


УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА




# ЗБОРНИК РАДОВА
## ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници
Година: XXVIII
Број: 18/2013

Нови Сад

*Едиција: „Техничке науке – Зборници“*
*Година: XXVIII* *Свеска*: 18

*Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад*
*Главни и одговорни уредник: проф. др Раде Дорословачки, декан Факултета техничких Наука у Новом Саду*

*Уређивачки одбор:*

*Проф. др Раде Дорословачки*
*Проф. др Владимир Катић*
*Проф. др Драгиша Вилотић*
*Проф. др Филип Кулић*
*Проф. др Срђан Колаковић*
*Проф. др Владимир Црнојевић*
*Проф. др Дарко Реба*
*Проф. др Драган Јовановић*
*Проф. др Мила Стојаковић*
*Проф. др Драган Спасић*
*Проф. др Драгољуб Новаковић*
*Проф. др Миодраг Хаџистевић*
*Проф. др Растислав Шостаков*
*Проф. др Војин Грковић*
*Проф. др Стеван Станковски*
*Проф. др Иван Луковић*
*Проф. др Ђорђе Лађиновић*
*Доц. др Милан Мартинов*

*Редакција:*

Проф. др Владимир Катић, уредник
Проф. др Жељен Трповски, технички уредник
Проф. др Зора Коњовић
Проф. др Драгољуб Новаковић
Мр Мирослав Зарић
Бисерка Милетић

*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 Радош Радивојевић*

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

**ПРЕДГОВОР**

Поштовани читаоци,

Пред вама је осамнаеста 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 web сајту ФТН-а (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 мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 01.12.2013. до 31.12.2013. год., а који се промовишу 27.01.2014. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.
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 18., објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства,
- саобраћаја и
- графичког инжењерства и дизајна.

У свесци са редним бројем 19. објављени су радови из области:

- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите животне средине,
- математике у техници и
- геодезије и геоматике.

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

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

**„Високо место у друштву најбољих“**

**Уредништво**

SADRŽAJ

**Strana**

## Radovi iz oblasti: Mašinstvo


1. Novica Marić,
   ANALIZA RADA PROCESNOG POSTROJENJA ZA DROBLJENJE KAMENE MINERALNE SIROVINE ..... 3271
2. Dragan Ljepoja,
   KONCEPCIJA REŠENJA GARAŽNE DVOSTUBNE ELEKTROMEHANIČKE DIZALICE (PODIZNE PLATFORME) ..... 3275
3. Branislav Brečko,
   STUBNA DIZALICA SA ZAKRETNOM KONZOLNOM STRELOM ZA RAD U MARINAMA..... 3279
4. Aron Kugli,
   PRILOG RAZVOJU JEDNODIMENZIONE METODE PRORAČUNA VIŠESTUPNIH TURBINA .... 3283
5. Роберт Немет,
   ПРИМЕНА МЕТОДЕ МИЛЕРА НА ПРОРАЧУН ЏУЛОВОГ ЦИКЛУСА СА МЕЂУХЛАЂЕЊЕМ И ДОГРЕВАЊЕМ ЗА ГАСНУ ТУРБИНУ ..... 3287


## Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo


1. Dimitrije Dukanac, Vesna Crnojević-Bengin,
   MIKROSTRIP REZONATORI I FILTRI NA BAZI PEANOVE FRAKTALNE KRIVE ..... 3291
2. Mićo Nešković,
   KONSTRUKCIJA I ANALIZA PERFORMANSI TCM ZASNOVANE NA SFERNIM KODOVIMA ... 3295
3. Zorana Zec,
   IZDVAJANJE KARAKTERISTIČNIH OBELEŽJA SIGNALA VIBRACIJA ZA DETEKCIJU KVAROVA LEŽAJA ELEKTROMOTORA ..... 3299
4. Ede Komarek,
   UŠTEDA ELEKTRIČNE ENERGIJE PRIMENOM METODE FUZZY UPRAVLJANJA NA SISTEM OSVETLJENJA ..... 3303
5. Darinka Ninić,
   SIMULACIONI MODEL SISTEMA FOTONAPONSKIH PANELA ..... 3307
6. Stefan Milošević,
   PODRŠKA INTEROPERABILNOSTI PROGRAMSKIH JEZIKA C++, C# I FORTRAN ..... 3311
7. Marko Milošević,
   ANALIZA PERFORMANSI JEDNOG SISTEMA BAZE PODATAKA ZA RAD U REALNOM VREMENU, ZASNOVANOG NA SOFTVERU EXTREMEDB ..... 3315
8. Dragan Krnjaić,
   USLUGE BAZIRANE NA LOKACIJI ..... 3319
9. Андрија Шинковић,
   МОДЕЛ АДАПТИВНОГ СИСТЕМА ЗА ПРЕПОРУКЕ ЗАСНОВАНОГ НА СОФТВЕРСКОЈ БИБЛИОТЕЦИ APACHE MAHOUT ..... 3323

10. Bojana Zorić,
ANALIZA MEHANIZMA REORGANIZACIJE UPITA NA PRIMERU ORACLE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE BAZAMA PODATAKA ..... 3327
11. Vukašin Anđelić, Dejan Vukobratović,
UPRAVLJANJE RESURSIMA U „SMART HOME“ OKRUŽENJU ..... 3331
12. Saša Kartalija, Ivan Letvenčuk, Jovica Grahovac, Jelena Kovačević,
JEDNO REŠENJE IMPLEMENTACIJE ASEMBLERSKOGUREĐIVAČA NA JAVA PLATFORMI UZ POMOĆ XTEXT OKVIRA; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2012. ..... 3335
13. Dušan Šijakov, Davor Sabo, Milena Mirković, Jan Zloh ,
JEDNA REALIZACIJA APLIKACIJE ZA PERSONAL VIDEO RECORDER, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013. ..... 3339
14. Mihalj Kanzel,
JEDINSTVENA PROVERA IDENTITETA POMOĆU SMART KARTICA ..... 3344
15. Savo Rikalo,
ANALIZA PREDLOGA NOVOG SRPSKOG STANDARDA ZA UZEMLJENJE ENERGETSKIH POSTROJENJA NAPONA IZNAD 1 kV - SRPS EN 50522:2013 ..... 3348
16. Vanja Knežević,
PRIMENA KLASTEROVANJA ZA PROCENU VREMENA POTREBNOG ZA OTKLANJANJE KVARA U ELEKTRIČNOJ MREŽI ..... 3352
17. Suzana Obradović,
METODI DETRENDOVANJA SA PRIMENOM NA VREMENSKI NIZ PULSNIH INTERVALA ..... 3356
18. Nemanja Janošev,
ANDROID KLIJENT ZA REPRODUKCIJU ANOTIRANOG VIDEO ZAPISA ..... 3360
19. Marko Savić,
JEDNO REŠENJE INSTALACIJE I KONFIGURACIJE PROGRAMSKE PODRŠKE SCADA SISTEMA ..... 3364
20. Zoran Subotić,
RAZVOJ APLIKACIJE ZA SNIMANJE KORISNIČKIH AKCIJA U MICROSOFT WINDOWS OKRUŽENJU ..... 3368
21. Marko Šuvački,
POBOLJŠANJE POUZDANOSTI ELEKTRODISTRIBUTIVNIH SISTEMA PRAVILNIM PLANIRANJEM ODRŽAVANJA STARIJE OPREME ..... 3372
22. Milan Savić, Ištvan Papp, Ivan Rešetar, Dušan Majstorović, Danijel Spasojević
IMPLEMENTATION OF SERVER PUSH MECHANISM BASED ON TR-069 AND TR-111 PROTOCOLS FOR NETWORK DEVICE MANAGEMENT; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013. ..... 3376
23. Petar Šantor,
PRIMENA FAZI LOGIKE KOD UPRAVLJANJA KOTLA NA BIOMASU ..... 3380
24. Strahinja Marić,
REGULACIJA PRITISKA U GRANAMA POTROŠAČA SA PRIORITETIMA SISTEMA ZA DISTRIBUCIJU VODE PRIMENOM FUZZY LOGIKE ..... 3384
25. Jelena Stanulović, Željen Trpovski,
RAZVOJ ŠIROKOPOJASNOG MERNOG UREĐAJA ZA GOVORNE APLIKACIJE ..... 3388
26. Branko Ivanić,
UTICAJ PARAMETARA TRANSFORMATORA NA STRUJE KRATKIH SPOJEVA I RELEJNU ZAŠTITU U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA ..... 3392
27. Milica Latinović,
FERO REZONANSA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA ..... 3396
28. Jasmina Petrov,
AUTOMATIZOVANO TESTIRANJE WEB APLIKACIJA UZ POMOĆ SELENIUMA ..... 3400
29. Nikola Stanisavljević,
VIZUALIZACIJA DIMENZIONIH PODATAKA XBRL INSTANCE ..... 3404

## Radovi iz oblasti: Građevinarstvo


1. Krešimir Jerinić, Srđan Kolaković,
   PROJEKAT NAVODNJAVANJA VOĆNJAKA U BLIZINI SELA MALA BUKOVICA ..... 3408
2. Dušan Burka, Mirjana Malešev,
   PROCENA STANJA I SANACIJA DRUMSKOG NADVOŽNJAKA U ULICI TOME MARETIĆA U PETROVARADINU ..... 3412
3. Мирослав Филиповић,
   УПОРЕДНА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА ЗА СРЕДЊУ И ВИСОКУ КЛАСУ ДУКТИЛНОСТИ ..... 3416
4. Igor Đogo, Nebojša Radović,
   OSNOVE METODOLOGIJE ZA PROJEKTOVANJE REHABILITACIJE PUTA – PRIMER REHABILITACIJE DEONICE PUTA M-7, MOST NA TISI – ZRENJANIN ..... 3420
5. Miloš Vujković, Nebojša Radović,
   PRIMENA I ODRŽAVANJE HORIZONTALNE SIGNALIZACIJE SA ASPEKTA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRBIJI ..... 3424
6. Miroslav Čupić, Nebojša Radović,
   ANALIZA METODA ZA DIMENZIONISANJE KRUTIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA ..... 3428
7. Ivana Lukić, Srđan Kolaković,
   ODVODNJAVANJE SPECIJALNOG REZERVATA PRIRODE „ZASAVICA“ ..... 3432
8. Бојана Бошковић,
   ПРОЦЕНА СТАЊА, ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА И РЕКОНСТРУКЦИЈА ДЕЧЈЕГ ВРТИЋА ''БАМБИ'' У БАЧКОЈ ПАЛАНЦИ ..... 3436
9. Marija Nikolić, Jasmina Dražić,
   IZBOR GLAVNOG KROVNOG NOSAČA PRI PLANIRANJU IZGRADNJE MONTAŽNE HALE ... 3440
10. Dejan Šeljem, Jasmina Dražić,
    PLANIRANJE IZGRADNJE STAMBENOG OBJEKTA SA IZBOROM NAČINA IZVOĐENJA TEMELJNIH ZIDOVA ..... 3444
11. Goran Jović, Duško Đurić,
    BRANA NA RECI PEŠTAN NA PROFILU NIZVODNO OD UŠĆA REKE BISTRICE U TRBUŠNICU ..... 3448


## Radovi iz oblasti: Saobraćaj


1. Savo Todorović,
   TREND I PERSPEKTIVE RAZVOJA TRŽIŠTA POŠTANSKIH USLUGA U CRNOJ GORI ..... 3452
2. Branislava Jovanović, Vuk Bogdanović,
   VREDNOVANJE PREDLOGA REŠENJA NA DELU ULIČNE MREŽE NOVOG SADA (KEJ ŽRTAVA RACIJE – BEOGRADSKI KEJ) ..... 3456


## Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn


1. Eva Galamboš, Bojan Banjanin,
   GENERISANJE FONTA ZAHARIJUS PISANA ANTIKVA POMOĆU PROGRAMA FONTLAB STUDIO 5 ..... 3460
2. Danijela Živković,
   OSVETLJAVANJE AKTA U FOTO STUDIJU ..... 3464
3. Mira Lasica, Savka Adamović, Miljana Prica,
   MIGRACIJA METALA IZ ŠTAMPANOG PLAKATA ..... 3468
4. Đorđe Stojanović, Dragoljub Novaković, Ivan Pinćjer,
   RAZVOJ BAZE ZNANJA ZA UČENJE NA DALJINU O OFSET ŠTAMPARSKOJ MAŠINI RAPIDA 75 ..... 3472
5. Slađana Supić, Jelena Kiurski,
   AMONIJAK U PROCESU KOPIRANJA ..... 3476
6. Ksenija Udovičić, Milan Vidaković,
   WEB APLIKACIJA ZA UPRAVLJANJE SISTEMOM ZA UDALJENU DIJAGNOSTIKU I NADGLEDANJE NAMENSKIH UREĐAJA ZASNOVANOM NA TR-069 PROTOKOLU ..... 3480

7. Pavle Josifidis,
RESPONSIVNI VEB SAJT ..... 3484
8. Branimir Todorović, Jelena Kiurski,
METIL ETIL KETON U TAMPON ŠTAMPI ..... 3488
9. Nikolina Dramlić, Miljana Prica, Savka Adamović, Sandra Dedijer,
FTIR STUDIJA UTICAJA RAZVIJAČA NA FLEKSO ŠTAMPARSKE FORME ..... 3492
10. Ivana Odanić, Gojko Vladić,
ISTRAŽIVANJE UTICAJA STAROSNE DOBI KORISNIKA NA PREFERENCIJU BOJE PROIZVODA ..... 3496
11. Jasmina Simonović, Gojko Vladić,
UTICAJ VISINE POVRŠINE RADNOG STOLA NA BRZINU UNOSA TEKSTA PUTEM RAČUNARSKE TASTATURE ..... 3500

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 629.3

# ANALIZA RADA PROCESNOG POSTROJENJA ZA DROBLJENJE KAMENE MINERALNE SIROVINE

# ANALYSIS OF THE WORK OF PROCESS PLANT FOR STONE PROCESSING MINERAL RESOURCES

Novica Marić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu prikazana je analiza rada postrojenja za drobljenje kamena i predloženo rešenje problema ponovnog drobljenja kamene frakcije 110/ 180mm. Prikazana je upotreba metode obilaska konture trakastog transportera i provera kapaciteta izabranog vibracionog transportera.*

**Abstract** – *This paper presents the analysis of the operation of crushing and proposed solution to the problem of re-crushing stone fraction 110/180mm. Is presented using the method of touring the contour belt conveyor and check the size and capacity of the selected vibratory conveyor.*

**Ključne reči:** *Drobljenje kamena, inercioni transporter, trakasti transporter, Metoda obilaska konture.*

## 1. UVOD

Eksploatacija kamene mineralne sirovine vrši se na površinskim kopovima. Uopšteno, površinski kopovi mogu biti visinskog i dubinskog tipa. Eksploatacija na površinskim kopovima se najčešće vrši tako što se pojedine etaže prethodno pripreme, izvrše se bušački radovi za miniranje, bušotine se napune privrednim eksplozivom i sredstvima inicijacije i miniraju. Nakon miniranja, vangabaritne stene se hidrauličnim čekićem usitnjavaju na potrebnu meru za proces prerade, pa se takva rovna ruda hidrauličnim bagerima tovari u damper kamione i transportuje na pogon za drobljenje i separaciju. U zavisnosti od vrste i prirode kamene mineralne sirovine, njenih fizičkih, mehaničkih i hemijskih karakteristika postoje različiti načini i tehnološki postupci dobijanja potrebnih kamenih agregata. Kvalitet i količine kamenih agregata određuje pravilan izbor odgovarajuće opreme za drobljenje i separaciju i postavljanje odgovarajućeg modela tehnološkog procesa. Na površinskom kopu „Jazovnik“ proces ponovnog drobljenja frakcije 110/180mm dovodi do angažovanja mehanizacije i stvaranja troška pri angažovanju iste. Stoga, izvršiće se analiza rada procesnog postrojenja za drobljenje kamene mineralne sirovine na površinskom kopu „Jazovnik“ i dati predlog rešenja problema u tehnološkom procesu prerade. Uklapanjem novog dela postrojenja, problem procesa ponovnog drobljenja bi bio unapređen, a troškovi smanjeni.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Spasojević, docent.**

## 2. ANALIZA RADA POGONA ZA DROBLJENJE I SEPARACIJU

U ovom radu posmatraćemo P.K. »Jazovnik«, na kom se vrši prerada kamene mineralne sirovine, a kapacitet pogona je od 80-100t/h i zasnovan je na tri tehnološke linije koje se mogu menjati prema potrebama za odgovarajućim frakcijama kamenog agregata. Tehnološki proces karakteriše nekoliko operacija: usitnjavanje krupnijih hidrauličnim čekićem, utovar bagerom guseničarem sa dubinskom kašikom u zglobne damper kamione, transport sirovine do drobiličnog postrojenja, istovar rovne rude u prihvatne koševe primarnih drobilica, primarno drobljenje na udarno čeljusnim drobilicama UČD 40 i Nordberg C100B, primarno prosejavanje, sekundarno drobljenje u mlinovima čekićarima, sekundarno prosejavanje i tercijalno prosejavanje. Frkacije koje su predmet posmatranja dobijaju se primarnim prosejavanjem, pa će se taj segment proizvodnje i posmatrati. Primarni proizvod je kamena frakcija 70/110mm koju koriste sve šećerane u R. Srbiji, ali se pri tehnološkom procesu drobljenja dobija i frakcija koju iste ne koriste, a koja nema skoro nikakvu upotrebu u privredi, a to je kamena frakcija 110/180mm. Ukupna godišnja proizvodnja na površinskom kopu je oko 380.000t, od čega se dobije 140.000 tona kamene frakcije 70/110mm, a frakcije 110/180mm oko 88.000t godišnje. Frakcija 110/180mm se koristi za proces ponovnog drobljenja pri čemu se brže i u većoj meri dobijaju ostale frakcije.



Slika 1. *Pogon za drobljenje i separaciju P.K. „Jazovnik“*

### 2.1. Proces ponovnog drobljenja frakcije 110/180mm

Količina frakcije ispod trakastog transportera je oko 430t, a ista se odlaže na privremenu deponiju sa koje se vrši utovar u damper kamion. U procesu ponovnog drobljenja

frakcije 110/180mm uključene su dve rudarsko građevinske mašine: damper Volvo A 25C i utovarač Komatsu WA 470. Postupak ponovnog drobljenja je da se frakcija sa deponije, utovaračem utovari u damper kamion, a isti frakciju transportuje na pogon za drobljenje gde se fracija ponovno drobi. Pomenute mašine su angažovane u ovom procesu i samim tim stvaraju trošak pri angažovanju. Vreme za koje utovarač utovari damper kamion je $t_{utovarača}$=285s, a ciklus transporta dampera je $t_{dampera}$=300s. Godišnje angažovanje ovih mašina iznosi oko $t_{utovarača,g.}$=370h, a dampera $t_{dampera,g.}$=400h.



Slika 2. *Prikaz utovara frakcije*

Troškovi koje mašine ostvare na godišnjem nivou su oko 2.345.000,00 dinara. Da bi se izbeglo angažovanje mehanizacije, i smanjili troškovi, proces ponovnog drobljenja može se organizovati na drugi način. Da bi se izbeglo angažovanje mehanizacije u procesu ponovnog drobljenja kamene frakcije 110/180mm, smanjili troškovi i poboljšao tehnološki proces proizvodnje, može se instalirati novi deo pogona koji bi se uklopio u već postojeće postrojenje. Novi deo pogona bi se sastojao od pufer deponije, inercionog transportera i trakastog transportera. Pufer deponiju bi činili betonski plato sa tunelom ispod platoa. Na platou je kvadratni otvor kroz koju bi kamena frakcija dolazila na inercioni transporter u tunelu, a inercioni transporter bi dozirao frakciju na trakasti transporter. Na Slici 3 dat je prikaz primera pufer deponije.




Slika 3. *Prikaz primera pufer deponije*

Trakasti transporter izlazi iz tunela i transportuje frakciju u prihvatni koš primarne drobilice UČD 40. Slika 4 prikazuje primer tunela sa inercionim i trakastim transporterom.




Slika 4. *Prikaz tunela i transportera*

## 3. PRORAČUN TRANSPORTNOG SISTEMA U OKVIRU POSTROJENJA ZA DROBLJENJE KAMENA

Da bi se izbeglo angažovanje rudarsko-građevinske mehanizacije, potrebno je, u postojeće postrojenje za drobljene i separaciju, uklopiti novi deo postrojenja koga čini pufer deponija sa trakastim i inercionim transporterom za transport kamene frakcije od pufer deponije u prihvatni koš primarne udarno čeljusne drobilice UČD 40, što je i predviđeno proračunati projektnim zadatkom. Predviđeni kapacitet projektnim zadatkom je 100t/h, pa će se na osnovu potrebnog kapaciteta izvršiti proračun trakastog transportera koji će biti ugrađen, kao i proračun kojim ćemo proveriti da li kataloška vrednost kapaciteta izabranog inercionog transportera zadovoljava potrebe.

### 3.1. Proračun inercionog transportera

Inercioni transporteri predstavljaju otvorene ili zatvorene oluke koji vrše periodično kretanje uz pomeranje materijala samo u jednom pravcu. Obično se koriste za transport suvih lakopokretljivih zrnastih i komadastih materijala. Inercioni transporteri se mogu podeliti u tri grupe: inercioni transporteri sa konstantnim pritiskom na dno oluka, sa promenljivim pritiskom na dno oluka i vibracioni transporteri. Vibracioni transporteri su posebna grupa inercionih transportera sa promenljivim pritiskom materijala na oluk kod kojih dolazi do odvajanja materijala od oluka tako da se transportovanje vrši u „mikroskokovima“ čestica ili komada materijala.

Izabrani inercioni transporter je švedske firme “Sandvik”sa oznakom “SP1023 U-lip“, nominalnog kapaciteta 130t/h za frakciju 110/180mm i prikazan je na Slici 5.



Slika 4. *Sandvik “SP1023“ inerc.transporter* [1]

Sa konstruktivne tačke gledišta i vrsti elemenata za učvršćivanje oluka, ovaj transporter spada u grupu visećih konstrukcija oluka. Prema dinamičkoj uravnoteženosti vibracionog oluka, razlikujemo dinamički neuravnotežene i dinamički uravnotežene vibracione transportere. Ovaj transporter spada u grupu jednocevnih dinamički neuravnoteženih transportera i preko opružnih elemetata obešen je o noseću konstrukciju.

Kapacitet vibracionog transportera dobija se iz izraza [2]:

$$Q=3600\cdot B\cdot h\cdot\psi\cdot v \tag{1}$$

gde je: $B$[m] - širina transportera,
$h$[m] - visina transportera,
$\psi$ – koeficijent punjenja oluka transportera ,
$v$[m/s] - brzina kretanja materijala.

Brzina kretanja materijala po površini oluka može se odrediti iz empirijskog izraza:

$$v=\left(k_1-k_2\sin\alpha\right)\cdot r\cdot\omega\cdot\cos\beta\cdot\sqrt{1-\frac{1}{k^2}} \tag{2}$$

gde je: $k_1$, $k_2$ – koeficijenti koji zavise od karakteristika materijala,
$\alpha$ [°] - ugao nagiba transportera,
$\beta$ [°] - ugao oscilovanja transportnog oluka,
$\omega$ [min$^{-1}$] - ugaona brzina,
$r$ [m] - amplituda oscilovanja,
$k$ - koeficijent režima rada.

Karakter pomeranja materijala zavisi u prvom redu od ubrzanja materijala koji se definiše koeficijentom režima rada:

$$k=\frac{r\omega^2\sin\beta}{g\cos\alpha} \tag{3}$$

Vibracioni transporteri rade sa koeficijentom režima rada $k>1$.

Izračunavanjem koeficijenta režima rada dobija se da je:

$$k=1,74>1$$

Uvrštavanjem parametara u empirijski izraz za brzinu kretanja materijala po površini transportera, dobija se:

$$v=0,184\text{m/s},$$

a zatim se iz izraza za kapacitet može dobiti da je:

$$Q=138,7\text{t/h}$$

Ovim je uslov kapaciteta zadovoljen.

### 3.2. Proračun trakastog transportera

Trakasti transporteri su najrasprostranjenija sredstva neprekidnog transporta i koriste se za transport nasipnog i komadnog materijala.Proračun trakastog transportera izvršiće se metodom obilaska konture [2]. Metodom obilaska konture omogućuje tačno određivanje veličina sila u karakterističnim tačkama trake transportera, a zasniva se na određivanju veličine otpora na pojedinim delovima transportera krećući se po konturi u smeru kretanja trake. Trakasti transporter je smešten u tunelu pufer deponije, a nakon približno 12,5m izlazi iz tunela. Nagib transportera je $\alpha$=17°, dužina $L$=44m, a rastojanje od mesta utovara do mesta istovara $L_1$=42,08m.

Iz izraza za kapacitet trakastog transportera, može se izraziti širina trake:

$$b=\sqrt{\frac{Q}{k_3\cdot a\cdot v\cdot\rho}} \tag{4}$$

gde je: $v$ [m/s] - usvojena brzina trake,
$k_3$ - koeficijent nagiba transportera,
$a$ - koeficijent oblika trake,
$\rho$ [kg/m$^3$] - zapreminska gustina materijala.

Stvarna širina trake računa se prema izrazu:

$$B=\frac{b+0,05}{0,95} \tag{5}$$

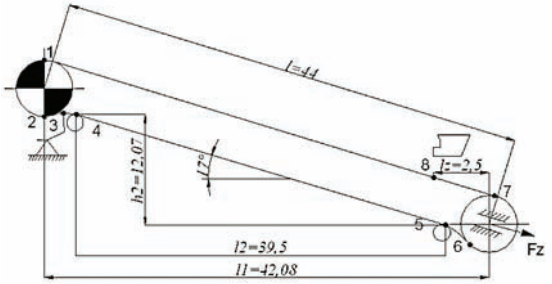
Dobijena vrednost širine trake je $B$=0,45m.
Pošto se radi o komadastom materijalu najveće dimenzije 180mm, proveru širine trake vršimo izrazom:

$$B\geq(3,3\text{-}4,0)\cdot a' \tag{6}$$

gde je: $a'=(a_{max}+a_{min})/2$ – nazivna krupnoća materijala, a $a_{max}$ i $a_{min}$ najveća i najmanja dimenzija materijala koji se transportuje. Prema tome, širina trake se dobija:

$$B\geq0,536\text{m}$$

Prva veća standardna širina trake je $B$=0,65m, pa se ta širina i usvaja.
Daljim proračunom dobijaju se prečnici bubnjeva, težina materijala po dužnom metru trake, težina trake po dužnom metru, težina obrtnih delova transportera na radnoj i povratnoj strani, korak valjaka na radnoj i povratnoj strani i utovarnom mestu.
Na Slici 6 dat je prikaz trakastog transportera sa karakterističnim tačkama za proračun. Pri proračunu metodom obilaska konture, kreće se od tačke u silaznom kraku trake sa pogonskog bubnja, tačka 2, a sila u toj tački je $S_2$ i ona je nepoznata.




Slika 6. *Raspored otpora i karkaterističnih tačaka transportera*

Sile u povratnoj strani trake:

$$S_2\text{-nepoznata} \tag{7}$$
$$S_3=S_2+\Delta S_{2\text{-}3} \tag{8}$$
$$S_4=S_3+\Delta S_{3\text{-}4} \tag{9}$$
$$S_5=S_4+\Delta S_{4\text{-}5} \tag{10}$$
$$S_6=S_5+\Delta S_{5\text{-}6} \tag{11}$$
$$S_7=S_6+\Delta S_{6\text{-}7} \tag{12}$$

Sile u radnoj strani trake:

$$S_8=S_7+\Delta S_{7\text{-}8} \tag{13}$$
$$S_1=S_8+\Delta S_{8\text{-}1} \tag{14}$$

Ovim je dobijen sistem jednačina u funkciji nepoznate sile $S_2$. Uvodjenjem dodatnog uslova, može se odrediti sila $S_2$, pa samim tim i ostale sile u karakterisstičnim tačkama.Dodatni uslov je $S_{min}$ – minimalna sila na radnoj strani, a to je na utovarnom mestu i može se odrediti preko izraza:

$$S_8 = S_{min} = 5 \cdot t_r \cdot (q + q_0) \quad (12)$$

gde je: $t_r$ – korak nosećih valjaka na radnoj strani,
$q$ [N/m] - težina materijala po dužnom metru,
$q_0$ [N/m] - težina trake po dužnom metru.

### 3.2.1. Proračun pogonskog mehanizma

U radu transportera ne sme dolaziti do klizanja trake po bubnju jer u suprotnom dolazi do intenzivnog trošenja, zagrevanja i mogućeg paljenja trake. Iz ovog razloga, definiše se stepen sigurnosti protiv proklizavanja.
Provera stepena sigurnosti protiv proklizavanja:

$$\varphi = \frac{e^{\mu \cdot \alpha} - 1}{\frac{S_1}{S_2} - 1} \geq 1{,}25 \quad (13)$$

gde je: $\mu$ - koeficijent trenja,
$\alpha$ - obuhvatni ugao trake oko pogonskog bubnja,

Dobijena vrednost je 2,35 što je veće od 1,25, tako da je ovaj uslov stepena sigurnosti zadovoljen.

### 3.2.2. Potrebna snaga za kretanje trake transportera

Snaga elektromotora koji pokreće bubanj određuje se preko izraza:

$$P = \frac{U \cdot v}{\eta} = \frac{(S_1 - S_2) \cdot v}{\eta} \quad (14)$$

gde je: $v$ [m/s] - usvojena brzina trake
$\eta$ - stepen iskorišćenja pogonskog mehanizma,
$S_1$ , $S_2$ - sila u nailaznom i silaznom kraku traka na i sa pogonskog bubanja.

Iz prethodne jednačine dobija se da je:

$P$=5991,25W $\Longrightarrow$ $P$= 6kW

Prema dobijenoj snazi, usvaja se elektromotor [3]:

Sever 1KZK 132 M-4

Karakteristike elektromotora su:

Snaga $P$=7,5kW,
Broj obrtaja: $n$=1440min$^{-1}$,
Obrtni moment: $T_N$=50Nm.

Provera elektromotora na mogućnost preoterećenja:

Uslov: $T_{O/M} < T_N$

Stvarni obrtni moment:

$$T_N = T_N^{KAT} \cdot f_H \cdot f_t \quad (15)$$

Moment otpora reduktora na vratilo elektromotora:

$$T_{o/M} = \frac{T_{NPB}}{i_{uk} \cdot \eta_{uk}} \quad (16)$$

gde je: $i_{uk}$ - stvarni ukupni prenosni odnos usvojenog reduktora,
$\eta_{uk}$ - stepen iskorišćenja reduktora,
$f_H$=1 - koeficijent korekcije nadm. visine, [4]
$h$<1000m – nadmorska visina, [4]
$f_t$=1 - koeficijent korekcije temperature, [4]
$t_{ok}$<40°C - temperatura okoline. [4]

Iz izraza se dobija da je vrednost momenta otpora reduktora na vratilo:

$T_{O/M}$=40,53Nm,

a, da je moment na pogonskom bubnju:

$T_N$=50Nm

Ovim je uslov zadovoljen:

$$T_{O/M} < T_N \quad (17)$$

### 3.2.3. Izbor reduktora

Prema dobijenoj snazi, broju obrtaja i obrtnom momentu iz kataloga proizvođača »Flender« bira se odgovarajući reduktor sa oznakom *Flender K.108* [5] sa obrtnim momentom na izlaznom vratilu $T_2$=1308Nm, prenosnog odnosa $i$=28,64, brojem obrtaja $n$=55min$^{-1}$ i pogonskim faktorom $f_B$=2,2. Da bi reduktor zadovoljio potrebne uslove vrši se provera, a uslov je da pogonski faktor reduktora bude veći od pogonskog faktora trakastog transportera $f_{Bge}$:

$$f_{Bges} = f_{B1} \cdot f_{B2} \cdot f_{B3} = 1{,}191 \quad (18)$$

gde je: $f_{B1}$=0,9 – pogonski faktor za uslove rada sa malim opterećenjem i klasifikacijom opterećenja „I“ i dnevno trajanje rada do osam radnih sati,
$f_{B2}$=0,98 – pogonski faktor radnog ciklusa po radnom satu,
$f_{B3}$=*1,35* – pogonski faktor temperature okoline u kojoj transporter radi (za spoljnu temperaturu 40°C)

Kako je $f_B$=2,2, ovim je uslov zadovoljen : $f_{Bges} \leq f_B$

## 5. ZAKLJUČAK

Oprema koja bi bila obuhvaćena projektom i svi radovi da bi se deo pogona realizovao imaju vrednost od približno pet miliona din., što daje period otplate oko dve i po godine. Ulaganje bi donelo poboljšanje proizvodnog procesa, izbeglo bi se angažovanje mehanizacije kako na utovaru i transportu frakcije, tako bi se izbeglo odlaganje frakcije na stalnu deponiju. Paralelno bi se mogla organizovati proizvodnja i proces ponovnog drobljenja kamene frakcije 110/180mm. Uklapanjem novog dela postrojenja svakako bi se olakšao tehnološki proces proizvodnje a ušteda bi bila značajna.

## 6. LITERATURA


[1] Sandvik, *Sandvik Rock processing manual*, 2008.

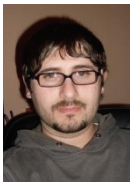
[2] Vladić, J., *Mehanizacija pretovara II*, FTN Novi Sad, 1991.

[3] „Sever“ Subotica, *Katalog elektromotora*

[4] Šostakov, R.: *Pogonski sistemi*, FTN Novi Sad

[5] Flender, *Motox-N drives & automation*


**Kratka biografija:**




**Novica Marić** rođen je u Šapcu 1978. god. Srednju mašinsku školu završio 1997. god. u Šapcu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Mašinstva – Procesna tehnika odbranio je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.9

# KONCEPCIJA REŠENJA GARAŽNE DVOSTUBNE ELEKTROMEHANIČKE DIZALICE (PODIZNE PLATFORME)

# DESING CONCEPT OF ELECTROMECHANICAL GARAGE DOUBLE POST CRANE (LIFTING PLATFORMS)

Dragan Ljepoja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast: MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj -** *Analiza postojećih rešenja dvostubnih garažnih dizalica. Prikaz idejnog rešenja. Analiza delovanja sila pri podizanju tereta. Analiza napona i deformacija elemenata podložnih najvećim opterećenjima. Provera nosivosti po standardu SRPS. Prikaz 3D modela.*

**Abstract -** *Analysis of existing solutions of the two post garage lifting platforms. Presentation of the adopted desing concept. Analysis of the impact of force when lifting loads. Analysis of stress and strain elements subjected to the greatest stress. Check capacity according to standard SRPS. Displaying 3D model.*

**Ključne reči:** *dvostubna elektromehanička garažna dizalica, stub, krak, naponsko stanje.*

## 1. UVOD

Nov proizvod da bi bio konkurentan na tržistu mora da zadovolji odnos između cene i kvaliteta. Svaki projektant se susreće sa tim problemom svakodnevno u želji da projektuje što bolji proizvod čija cena bi bila konkurentna na tržištu.

Da bi se projektovao i konstruisao takav proizvod najvažnije je uraditi dobar proračun kako same konstrukcije tako i ostalih podsistema koji čine kompletan proizvod. Softveri kojima se služimo danas kako za proračune tako i za konstruisanje olakšavaju posao. Koristimo ih za analizu i dobijamo precizne rezultate rada pre nego što izradimo proizvod. U dobijenim rezultatima u vidu različitih dijagrama može se videti na koji način može da se poboljša kvalitet i uštedi pri izradi. Takođe je potrebno pojednostavniti podsisteme, a zadržati funkcionalnost proizvoda. Isto tako važno je i da proizvod bude što jednostavniji za upotrebu.

U ovom master radu je analizirana dvostubna elektromehanička garažna dizalica. Na početku se treba upoznati sa materijom, odnosno upoznavanje čitaoca sa funkcijama, primenama, izgledu ovih dizalica, šta se sa njima postiže, gde i kako ih koristiti. Određuje se uopštena podela po konstrukciji dizalica, grupe i podgrupe. Zatim sledi upoznavanje sa postojećim rešenjima. Navode se neki od proizvođača, njihova rešenja, analiza njihovih rešenja i u koju grupu garažnih dizalica spadaju.

Kroz tu analizu se već mogu uočiti prednosti i mane postojećih rešenja kao i konstrukcione pripadnosti istih.

Posle istraživačkog rada, stvara se ideja za konstrukciono rešenje dizalice za koje će se analizirati opterećenja. U ovom radu analizira se konstrukcija i opterećenja dvostubne elektromehaničke garažne dizalice.

Na osnovu analize opterećenja nosećih delova dizalice kao i elemenata pogona i veza u skladu sa standardom SRPS izvršen je ujedno i proračun. Ovo je najobimniji deo rada i isto tako je nekim svojim delovima uvod u konstrukcionu izvedbu, 3D model.

3D model je prikaz kako bi trebao da izgleda krajnji produkt rada. Preko modela su predstavljeni sklopovi i pod sklopovi koji čine jednu celinu, dizalicu, kao i njihovo mesto i funkciju u tom istom sklopu.

## 2. ODLIKE DVOSTUBNIH GARAŽNIH DIZALICA

Dvostubne garažne dizalice su namenske dizalice i uglavnom se koriste u radionicama gde se vrši remont i popravka motornih vozila. Za ove dizalice je karakteristično da se primenjuju za podizanje vozila mase do 5 tona. Ovakve vrste dizalica omogućavaju lakši prilaz nedostupnom mestu na vozilu, podizanjem na visinu oko 2 metra, bez potrebe radnika da vrši popravku ili pregled vozila u nezgodnom položaju (slika 1).




Slika 1. *Dizalica u radu*

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Rastislav Šostakov.**

Dizalice ovog tipa su kompaktne i u prostorijama ne zauzimaju mnogo prostora. Jednostavno se montiraju tako da nisu potrebne posebne pripreme i uz uputstvo kupac može sam da montira dizalicu.
Teret koji se podiže (vozilo) mora biti raspoređen na četiri ugla pravougaonika čija širina odgovara širini raspona točkova na osovini, a dužina jednaka rastojanju između oslonih mesta za podizanje na vozilu.
Često proizvođači daju u uputstvu za korišćenje i skicu položaja nosećih krakova koji prihvataju vozilo. Ucrtani položaji odgovaraju vozilima različitih tipova, a dimenzije su preuzete direktno od proizvođača vozila. Time se otklanja problem vezan za oštećenja donjeg dela vozila prilikom pogrešnog postavljanja nosećih krakova. Svaki proizvođač vozila ojačava mesta na šasiji predviđena za oslanjanje podiznih stopa dizalice.
Ukoliko se kraci postave na pogrešno mesto velika je verovatnoća da će prilikom podizanja tereta doći do deformacije konstrukcije vozila usled velikog lokalnog napona. Mesta koja su oštećena podložna su koroziji.
Dvostubne garažne dizalice imaju elektromotorni pogon integrisan u sklop prenosnika snage i kretanja.
Prema tome dvostubne garažne dizalice se dele na :
-elektrohidrauličke,
-elektromehaničke.

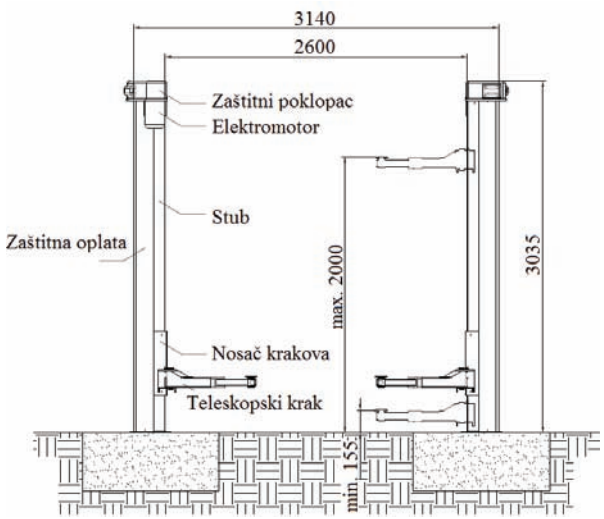
### 2.1. Elektromehaničke dvostubne garažne dizalice

Prva proizvedena dvostubna garažna dizalica napravljena je sa mehaničkim prenosnikom snage i kretanja. Odlikuje je jednostavan prenosni sistem kretanja, koji čine navojno vreteno i navrtka, sigurnost i bezbednost u radu. Današnja rešenja se karakterišu sa mnogo manjim gabaritima pogonskih elektromotora, kao i uprošćenim sistemima dizalica sa jednim elektromotorom.
Podela elektromehaničkih dvostubnih garažnih dizalica:
- dizalica sa dva pogonska elektromotora i
- dizalica sa jednim pogonskim elektromotorom.

Dvostubna elektromotorna garažna dizalica sa jednim elektromotorom je našla široku primenu u praksi i pokazalo se kao pouzdano rešenje ovog tipa. Karakterišu ga manja cena, kompaktna konstrukcija ali i kraći radni vek trajanja između remonta zbog habanja prenosnog elementa od stuba do stuba.
Prenosni element koji se nalazi između stubova je najčešće lanac, a sve više se primenjuje i zupčasti remen. Instalacija mehaničkih prenosnika snage je na površini poda, a ima rešenja sa planskom izradom objekta gde se unapred projektuje mesto za prenosnik snage u ravni poda [9, 10, 11].

## 3. IDEJNO REŠENJE ELEKTROMEHANIČKE DVOSTUBNE GARAŽNE DIZALICE

Na slici 2 dat je pregled osnovnih delova dvostubne dizalice. Pored osnovnih delova na slici su prikazane dispozicione mere:
- maksimalna visina dizanja 2000 mm,
- minimalno rastojanje gornje površine teleskopskog kraka od poda 155 mm,
- unutrašnje rastojanje između stubova 2600 mm,
- spoljašnje rastojanje između stubova 3140 mm,
- visina stuba 3035 mm.



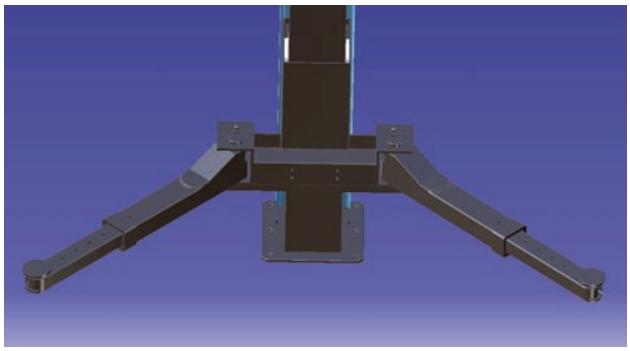

Slika 2. *Pregled osnovnih delova na dvostubnoj elektromehaničkoj garažnoj dizalici i gabaritne mere*

### 3.1. Noseći stubovi

Vrsta profila koja se odredi za noseće stubaove direktno utiče na način izrade i cenu. Profili se razlikuju u zavisnosti od mase tereta i od toga koliku čvrstoću i otpornost na savijanje i izvijanje je potrebno ostvariti. Cilj je usvojiti sto jednostavnije rešenje koji će imati zadovoljavajuće mehaničke osobine prilikom rada dizalice jer se izradom jednostavnijeg profila smanjuje cena same dizalice.
Kod dvostubnih garažnih dizalica manje nosivosti proizvođači uglavnom usvajaju debljinu lima do 6 mm, jer on obezbeđuje zadovoljavajuću krutost stubova. Kod dizalica sa većom nosivosti pojavljuje se i deblji lim kao i unutrašnja ojačanja koja dodatno komplikuju izradu i poskupljuju proizvod.

### 3.2. Teleskopski noseći kraci

Osnovna namena nosećih krakova je da se vozilo, teret, osloni u najmanje 4 tačke prilikom podizanja i spuštanja. Na svaki nosač krakova postavljaju se po dva noseća kraka u ležišta predviđena za njihovu montažu. Obrtanjem oko vertikalne ose na mestima uležištenja i teleskopiranjem krakova mogu da prihvataju vozila različitog tipa. Rešenje sa simetričnim kracima odgovara zadatku (slika 3).



Slika 3. *Prikaz simetričnih nosećih krakova kod analizirane dvostubne dizalice*

Na dvostubnoj elektromehaničkoj dizalici postoje dve vrste uređaja za zabravljivanje i oba uređaja su mehanička. Prvi uređaj se nalazi između navrtke i vretena koji su samokočivi. Samokočivost je samozaustavljanje usled zaustavljanja pogona. Ostvaruje se između navojnog vretena i navrtke. Druga vrsta sigurnosnog uređaja je mehanički uređaj za zabravljivanje sa sigurnosnom navrtkom. Sigurnosna navrtka je u vezi sa glavnom navrtkom i ne trpi opterećenje, u slučaju kidanja navoja glavne navrtke, opterećenje preuzima sigurnosna navrtka koja sprečava pad tereta. Merenjem zazora između navrtki utvrđuje se istrošenost glavne navrtke.

### 3.3. Prenosnik snage i kretanja

Navojno vreteno kod garažnih dizalica je prenosnik snage i kretanja. Opterećeno je u većini izvedenih rešenja dizalica na istezanje i uvijanje. Materijali koji se koriste za izradu navojnih vretena su čelici i odabrani su iz standarda koji propisuju određene karakteristike otpornosti na savijanje, istezanje i uvijanje.
Tip navoja koja se koristi kod navojnog vretena dizalice je trapezni jer je pogodan za pokretne navojne spojeve, prvenstveno za one koji su dvosmerno opterećeni. Za pogon dizanja dvostubne elektromehaničke dizalice usvojena su dva jednaka kavezna asinhrona elektromotora jednakih snaga.

## 4. PRORAČUN DVOSTUBNE ELEKTRO-MEHANIČKE GARAŽNE DIZALICE

Proračun dvostubne elektromehaničke garažne dizalice treba da obuhvati:
- noseće krakove,
- noseće stubove,
- navojno vreteno,
- pogonsku grupu sa reduktorom,
- zavrtanjske veze.

Dizalica se sastoji od dva identična stuba nosivosti od po 1 tonu. U proračunu će biti analiziran jedan stub.

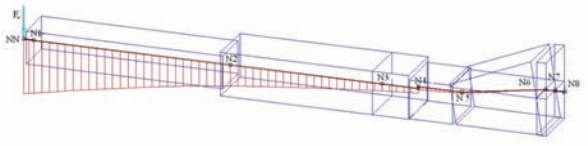
Veličine koje su potrebne za početak proračuna su :
- maksimalna dozvoljena masa dizanja od 2 tone,
- maksimalna visina dizanja od 2 metra,
- maksimalna dužina kraka $h$ = 980 mm,
- težište vozila.

Stvarno opterećenje krakova na dvostubnoj elektro-mehaničkoj garažnoj dizalici nosivosti do 2 tone zavisi od težišta vozila i od rastojanja između oslonih tačaka. Težište vozila se nalazi na 1/2 do 1/3 međuosovinskog rastojanja prema delu vozila gde je glavna masa (motor), za proračun se usvaja najnepovoljnije mesto odnosno 1/3 dužine međuosovinskog rastojanja od najopterećenije osovine. Za maksimalno rastojanje oslonih stopa kod vozila do 2 tone uzima se dužina od 2 metra. Kod većine automobila pozicije mesta za oslanjanje nikad ne prelazi 1,9 metara. Rastojanje između stubova je 2,6 metara, u odnosu na to rastojanje usvaja se najnepovoljnije prihvatanje vozila koje je širine do 2 metra. Opterećenje oslonih tačaka, odnosno reakcije oslonaca usled opterećenja računaće se kao prosta greda sa prepustima. Kod analize savijanja kraka elektromehaničke dvostubne garažne dizalice biće upotrebljen softver za analizu opterećenja metalnih konstrukcija Krasta (KranStatik). Analiziraće se jedan krak opterećen maksimalnim dozvoljenim opterećenjem od 1 tone (slika 4).



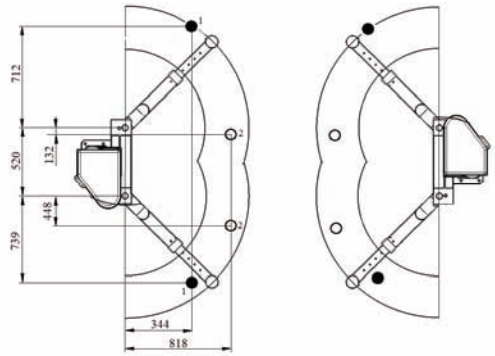
Slika 4. *Izgled jednog kraka koji se analizira*

Unošenjem podataka u softver, dobijeni su rezultati, visina pomeranja krajnje opterećene tačke NN u odnosu na mesto reakcije oslonca N7. Prikaz izgleda pomeranja tačke usled opterećenja u tački NN se vidi na slici 5. i prikazan je crvenom šrafurom.



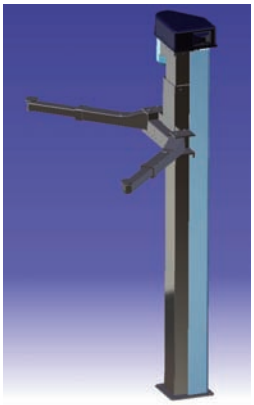
Slika 5. *Izgled uticaja sile na ugib kraka*

Za dalji tok proračuna biće uzeti položaji sa slike 6. Položaji predstavljaju najnepovoljnije realne mogućnosti opterećenja dizalice. Stub elektromehaničke dvostubne garažne dizalice, po kome se kreće nosač krakova, opterećen je momentom i silom. Opterećenje se prenosi preko krakova, nosača krakova i kliznih elemenata [2, 4].



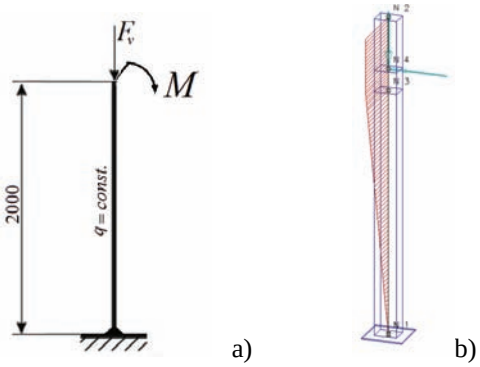

Slika 6. *Prikaz najnepovoljnijih oslonih položaja sa projekcijama na x-y ravan*

Krakovi se nalaze na visini od 2000 mm kao što je prikazano na slici 7.



Slika 7. *Prikaz položaja krakova pri analizi opterećenja*

Kod analize savijanja stuba elektromehaničke dvostubne garažne dizalice biće upotrebljen program za analizu mašinskih konstrukcija KranStatik - Krasta. Stub tokom analize u posmatranom slučaju nema mogućnosti translacije i rotacije i opterećen je momentom *M* i silom *F*, slika 8.




a) b)

Slika 8. *Šema stuba sa opterećenjem pod a) i prikaz ugib stuba pod uticajem sile* b)

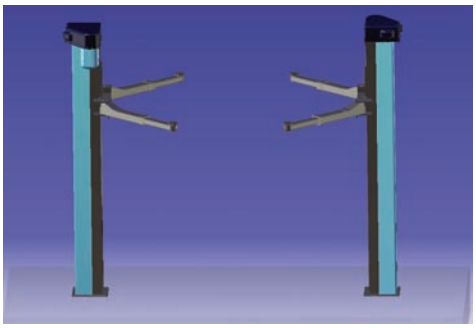
Kada su određena opterećenja koja deluju na stub pristupa se proračunu stuba po standardu SRPS, odnosno provera nosivosti centrično pritisnutih štapova sa jednodelnim poprečnim presekom proizvoljnih geometrijskih karakteristika i načina izrade [3, 5, 6, 7]. Nakon provere stuba, proračun se nastavlja prema pogonu elektromehaničke garažne dizalice, odnosno izboru elektromotora [1, 12]. Spojevi između stuba i gornje oslone ploče kao i između nosača krakova i nosača navrtke su vijčani.

Proračunom vijčane veze se utvrđuju tehnički uslovi za spojeve sa vijcima visoke klase čvrstoće u skladu sa standardom [8].

## 5. MODEL KONSTRUKCIJE DVOSTUBNE ELEKTROMEHANIČKE GARAŽNE DIZALICE

Modelirani su elementi koji su od značaja pri analizi čvrstoće konstrukcije, tako da se dobiju gabariti dizalice prilikom njene ugradnje i za ocenu njene funkcionalnosti.

Dizalica sadrži dva noseća stuba postavljeni jedan naspram drugog. Na nosećim stubovima se nalaze nosači krakova sa kracima.



Slika 9. *Elektromehanička garažna dizalica sa dva stuba, sklopljena u funkcionalnu celinu*

Osim toga pored nosećeg stuba se nalazi navojno vreteno sa nosećom navrtkom kao prenosnikom kretanja. Na slici 9. je prikazana elektromehanička garažna dizalica sa dva stuba, sklopljena u funkcionalnu celinu.

## 6. ZAKLJUČAK

Proces dobijanja rešenja za gotov proizvod (dizalicu) je postepen. Ideja kao uvod u definisanje izgleda proizvoda je prva etapa u istraživanju. Istraživanje treba da obuhvati analizu dosadašnjih postojećih rešenja, njihove prednosti i nedostatke. Pri analizi postojećih rešenja dolazi se do prvih zaključaka kako treba da izgleda novi proizvod i kako da se unaprede i poboljšaju nedostaci postojećih rešenja. Koncepcijsko rešenje treba da bude nešto novo po uzoru na provereno staro već postojeće rešenje. Kod analiziranog koncepta podizne platforme novo rešenje se karakteriše zatvorenom pravougaonom konturom poprečnog preseka stuba, preko koje klizi nosač krakova. Kod starijih rešenja nosač krakova se nalazio unutar stuba, a stub je bio sa otvorenom konturom što je komplikovalo izradu. Ovim rešenjem sa nosačem krakova koji se nalazi sa spoljašnje strane stuba dobijena je jednostavnija i jeftinija izrada dizalice, a i kontrola potrošenosti klizno kolutnih elemenata je uprošćena. Maksimalna nosivost dizalice i maksimalna visina dizanja definiše konstrukcionu izvedbu i dimenzije nosećih elemenata. Elementi koji su pod opterećenjem moraju zadovoljiti standard o maksimalnoj dopuštenoj nosivosti. U ovom delu analize, stvaranja novog rešenja dizalice, mogu se dimenzionisati svi elementi vezani za funkcionalnost i bezbedan rad. Takođe se definišu dimenzije potrebne u izradi 3D modela.

Tokom prikaza dizalice kao 3D modela, može se doći do zaključaka da je neko rešenje moglo da se zameni jednostavnijim. Spoljašnji izgled 3D modela može dati odgovor da li je rešenje ovog tipa nešto novo na tržištu.

## 7. LITERATURA

[1] Šostakov Rastislav: Materijal za predavanja iz predmeta Dizalice, FTN, Novi Sad, 2007.
[2] Šostakov Rastislav: Materijal za predavanja iz predmeta Pogonski sistemi, FTN, Novi Sad, 2007.
[3] Buđevac, M., Marković, Z., Tošić, D.: Metalne konstrukcije, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 1999.
[4] Miltenović Vojislav: Mašinski elementi, Univerzitet u Nišu, Niš 2002.
[5] SRPS U.E7.081: Centrično pritisnuti štapovi konstantnog jednodelnog preseka.
[6] SRPS U.E7.086: Određivanje dužine izvijanja štapova.
[7] SRPS U.E7.096: Štapovi izloženi pritisku i savijanju.
[8] SRPS U.E7.140: Spojevi sa vijcima visoke klase čvrstoće kod nosećih čeličnih konstrukcija.
[9] http://www.maha.co.uk. 18.06.2013.
[10] http://www.dunlopge.co.uk. 18.07.2013.
[11] http://www.omcn.it. 05.08.2013.

**Kratka biografija:**



**Dragan Ljepoja** rođen u Novom Sadu 1982. godine. Srednju mašinsku školu završio u Novom Sadu. Diplomski-master rad na FTN u Novom Sadu odbranio iz oblasti Mašinstvo – Dizalice 2013. godine.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.86

# STUBNA DIZALICA SA ZAKRETNOM KONZOLNOM STRELOM ZA RAD U MARINAMA

# PILLAR CRANE WITH ROTATING CONSOLE BOOM FOR WORK IN MARINAS

Branislav Brečko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MAŠINSTVO**

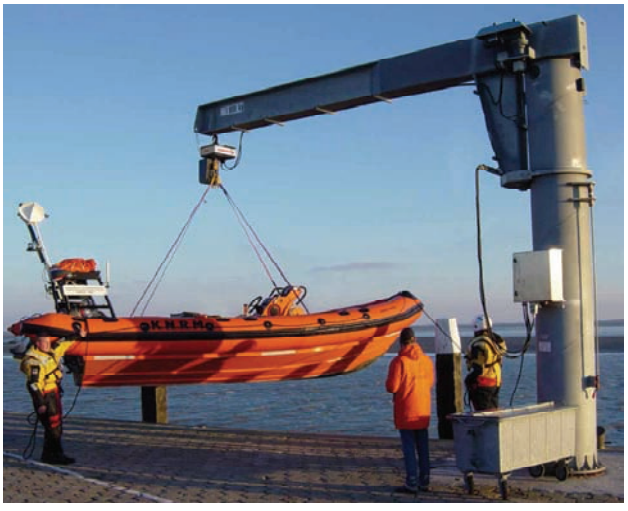
**Kratak sadržaj –** *U master radu dat je kratak pregled izvedenih rešenja stubnih dizalica sa obrtnom/zakretnom konzolnom strelom. Na osnovu datih polaznih podataka i analiziranih konstruktivnih izvedbi projektovana je dizalica za rad u marinama. Na kraju, kratko je objašnjen postupak izrade 3D modela dizalice i priložena je tehnička dokumentacija stuba dizalice.*

**Abstract** – *In this Master thesis, a short overview of known designs of pillar cranes with rotating console boom is given. Based on the given data and analyzed designs, the crane for working in marines is designed. At the end of this work, there is a short explanation of the process of making a 3D model of the crane and the technical documentation of the pillar is attached.*

**Ključne reči:** *stubna dizalica sa obrtnom konzolnom strelom, dizalica, stub.*

## 1. UVOD

Cilj ovog rada jeste da se projektuje stubna konzolna dizalica za spuštanje motornih čamaca u vodu (slika 1). Zahtevi koji treba da se postave pred ovu dizalicu (nosivost, dužina dohvata, visina stuba) se određuju na osnovu dimenzija i mase motornih čamaca kojima ova dizalica treba da manipuliše.



Slika 1. *Stubna konzolna dizalica za spuštanje čamaca u vodu*

Određeno je da nosivost treba da bude 1600 kg, visina stuba dizalice 5 m i dužina strele 5 m.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Rastislav Šostakov, red.prof.**

Strela i stub dizalice su određeni pomoću proračuna dok su pojedini elementi usvajani kao gotovi moduli iz kataloga renomiranih svetskih proizvođača.

## 2. STUBNE KONZOLNE DIZALICE SA ZAKRETNOM/OBRTNOM STRELOM

Konzolne dizalice se koriste za dizanje i prenošenje raznih tereta u proizvodnim halama, skladištima, pretovarnim stanicama, za utovar i istovar tereta iz kamiona ili vagona. Rukovanje dizalicom je jednostavno, velike su manipulacione mogućnosti uz maksimalno korišćenje radnog prostora.

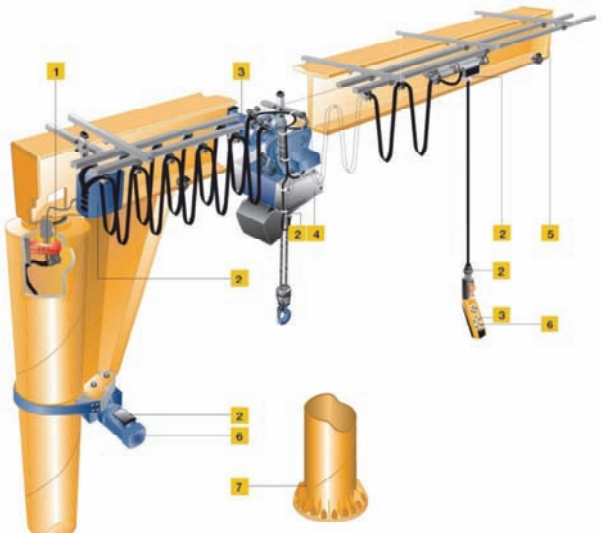
Konzolne dizalice mogu imati ograničen ugao rotacije (zakretanje) ili neograničenu rotaciju (pun krug) i vrši se oko vertikalne ose.

Dužina strele može da se kreće do 12 m a u zavisnosti od dužine nosivost ide do 12,5 t. Nedostatak im je što se mogu koristiti samo na ograničenom prostoru.

### 2.1. Pregled izvedenih rešenja

Stub konzolne dizalice je izrađen iz zavarene konstrukcije kvadratnog ili kružnog preseka, konzola iz valjanih profila ili su kutijaste izvedbe. Okretanje se ostvaruje ručno ili elektromotorom preko reduktora (360˚ ili manje) i ozubljenog venca a uležištenje je preko kotrljajnih ležajeva. Dizanje se ostvaruje preko električnog ili ručnog vitla. Kretanje kolica po konzoli ostvaruje se električnim pogonom ili ručnim, povlačenjem.

### 2.2. Elementi stubne dizalice sa obrtnom strelom



Slika 2. *Elementi stubne konzolne dizalice*

Na slici 2 prikazana je ABUS stubna konzolna dizalica sa obrtnom strelom i njeni elementi:

1) Klizni prstenovi - Napajanje pomoću kliznih prstenova omogućava obrtanje za n x 360˚.

2) Priključni konektori - Opremljeni isključivo konektorima za brzo povezivanje bez problema pri instalaciji i servisiranju.

3) Elektromotorni pogon kolica - Kreću se na pritisak dugmeta.

4) ABUS elektromotorni pogon dizanja sa lancem - Za pouzdano dizanje od 80 kg do 4 t.

5) Krajnja ploča pritegnuta zavrtnjevima - Za brzo postavljanje kolica bez prethodnog rastavljanja.

6) Elektromotorni pogon zakretanja - Elektromotorno zakretanje za glatko kretanje.

7) Bezbedna osnova stuba - Posebno projektovana baza stuba sa precizno zavarenim rebrima i nosećim prstenom daje veliku stabilnost i bezbednost.

## 3. ODABIR REŠENJA STUBNE DIZALICE SA ZAKRETNOM STRELOM ZA SPUŠTANJE MOTORNIH ČAMACA U VODU

Zahteva se da dizalica radi na otvorenom, pored obale reke (na primer Dunav), za spuštanje motornih čamaca u vodu. Potrebno je definisati početne veličine dizalice: nosivost, dužinu dohvata strele, visinu stuba itd. Odabir ovih parametara vrši se u odnosu na masu i dimenzije čamaca kojima treba da manipuliše ova dizalica.

### 3.1. Pregled motornih čamaca

Dizalica je predviđena za rad u marinama za čamce do 6 osoba a njihovim istraživanjem se došlo do podataka da su njihove dužine od 5 do 6,5 m, širine od 2 do 2,6 m i mase do 1400 kg. Na slici 3 je prikazan jedan motorni čamac (Quicksilver activ 595 cabin) za 6 osoba kojima treba da manipuliše ova dizalica.

QUICKSILVER ACTIV 595 CABIN

Dužina čamca: 5,73 m

Širina čamca: 2,29 m

Masa čamca: 1150 kg

Maksimalan broj osoba: 6




Slika 3. *Motorni čamac za 6 osoba (Quicksilver activ 595 cabin)*

Na osnovu istraživanja tj. na osnovu mase motornih čamaca se usvaja da je za dizalicu ove namene potrebna nosivost do 1600 kg, a na osnovu dimenzija motornih čamaca potreban dohvat strele 5 m i visina stuba 5 m.

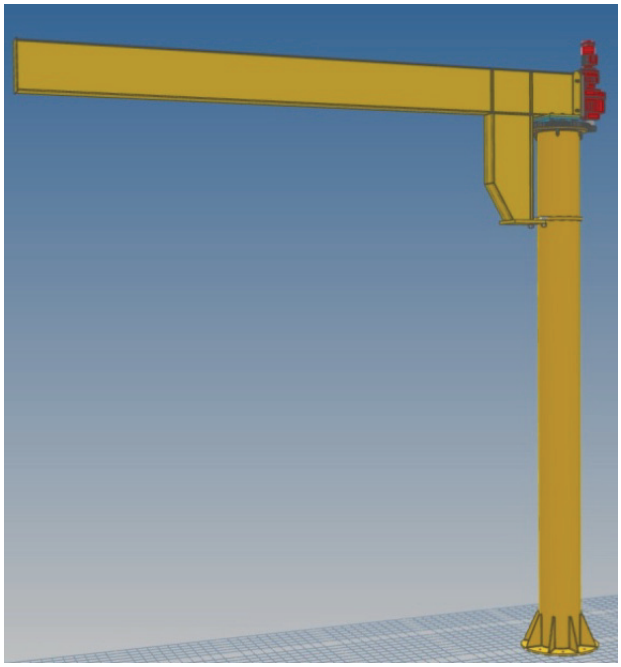
### 3.2. Analiza vodostaja Dunava

Kota najnižeg vodostaja Dunava kod Novog Sada je 70,83 a najviša 79,70 metara nadmorske visine. Najviši zabeleženi vodostaj je +778 cm i izmeren je 29.06.1965. godine a najniži -134 cm zabeležen 10.01.1909. godine. Nivo Dunava kod Novog Sada 19.08.2003. je pao na 26 cm i predstavlja najniži vodostaj za proteklih 30 godina [1].

Analiza vodostaja je izvršena kako bi se prilikom izbora lanca pogona dizanja odabrala njegova potrebna dužina i usvojeno je da bude L=8 m.

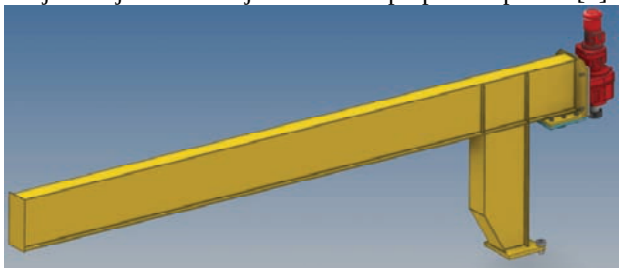
### 3.3. Koncepcija odabranog rešenja stubne dizalice

Na slici 4 je prikazano odabrano rešenje stubne dizalice sa zakretnom strelom kutijaste konstrukcije. Stub dizalice na sebi nosi zupčasti venac pomoću koga se vrši obrtanje strele pomoću motoreduktora. Na slici nisu prikazani pogon dizanja/kretanja koji se kreće po donjem pojasnom limu i ostali elementi vezani za strelu.



Slika 4. *3D model dizalice*

Za strelu dizalice se odabira kutijasta konstrukcija (slika 5) kao bolje rešenje u odnosu na na I profil jer je krutost I profila u horizontalnoj ravni mala pa se pri većim dohvatima strele mora vršiti dodatno ukrućenje. Kutijasti nosači se dobijaju zavarivanjem limenih traka različitih debljina koje se određuju na osnovu preporuka prema [2].



Slika 5. *Izgled kutijaste strele dizalice*

Pre nego što se pristupi proračunu kutijastog nosača prvo se vrši odabir pogona dizanja i elemenata koji su za njega vezani. Pogon dizanja se usvaja kao gotov modul iz kataloga proizvođača Demag Š3Ć. Predviđeno je da to budu viseća kolica koja se kreću po donjem pojasnom

limu kutijastog nosača a kao najpovoljnije rešenje je usvojen pogon oznake DC Pro 20 ZNK 100 B 8/2 nosivosti do 1600 kg (slika 6). Ostali elementi (trolni vod, branici, traverza itd.) se takođe usvajaju iz kataloga vodećih svetskih proizvođača [3].




Slika 6. *Usvojeno rešenje pogona dizanja*

Stub dizalice predstavlja cev za koju su zavareni ostali elementi koji su prikazani na slici 7:

- Bazna ploča kružnog oblika koja se zavaruje za donji kraj stuba i služi za pričvršćivanje dizalice na podlogu,
- Rebra (8 komada) se takođe zavaruju za donji kraj stuba kako bi se dodatno učvrstila konstrukcija,
- Ploča kružnog oblika se zavaruje na gornji kraj stuba,
- Kružni prsten koji ima ulogu vođice za valjke koji se oslanjaju na njega.



Slika 7. *Izgled stuba dizalice*

**3.4. Proračun kutijaste strele**

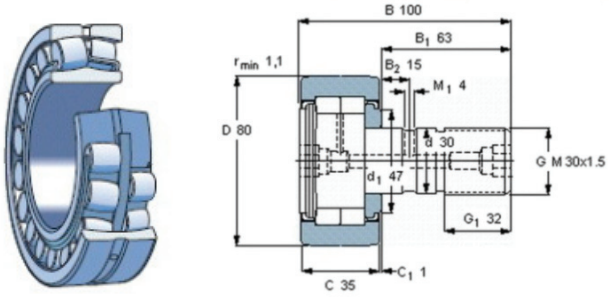
Odabirom pogona dizanja vrši se dimenzionisanje preseka kutijaste strele kao i određivanje težišta preseka na osnovu postojećih preporuka. U okviru proračuna strele su izvršene provere napona na savijanje u horizontalnoj i vertikalnoj ravni, provera lokalnog savijanja donjeg pojasnog lima po kojem se kreće usvojeni pogon dizanja, provera ugiba strele kao i provera zavara između bočnog i donjeg pojasnog lima i provera zavara između bočnog i gornjeg pojasnog lima.

**3.5. Proračun stuba dizalice**

Za stub dizalice se usvaja šavna cev Ø406,4 x 8. Proračun stuba dizalice izvršen je prema sledećim standardima: SRPS U.E7.086/1986 (provera izvijanja stuba), SRPS U.E7.081/1986 (provera nosivosti stuba) i SRPS U.E7.096/1986 (provera na pritisak i savijanje).

**3.6. Izbor ležajeva**

Izbor ležajeva gornjeg i donjeg oslonca je izvršen na osnovu izračunatih opterećenja koja deluju na dizalicu. Usvojeni su iz kataloga proizvođača SKF Š4Ć: za gornji oslonac buričasti dvoredi zatvoreni ležaj a za donji oslonac dve rolne međusobno postavljene jedna prema drugoj pod uglom od 60˚ (slika 8).




Slika 8. *Usvojeni ležaj BS2-2213-2CS (levo) i usvojeno rešenje rolni NUKR-80A (desno) prema katalogu SKF*

**3.7. Izbor zupčastog para**

Proračunom se određuju karakteristične dimenzije, broj zuba i širine zupčastog venca na stubu, odnosno, zupčanika na vratilu motoreduktora.

**3.8. Proračun otpora**

Proračun svih otpora koji deluju na kutijastu strelu je važan za izbor motoreduktora. Računaju se otpori obrtanju usled dejstva vetra na strelu i teret, otpori trenja u ležištima oslonaca, kontinualno raspoređena opterećenja strele i koncentrisano raspoređena opterećenja strele.

Preko zbira svih izračunatih otpora i uvrštavanja u potrebni obrazac dobija se traženi momoent koji deluje na vratilo motoreduktora a koji je merodavan za njegov izbor.

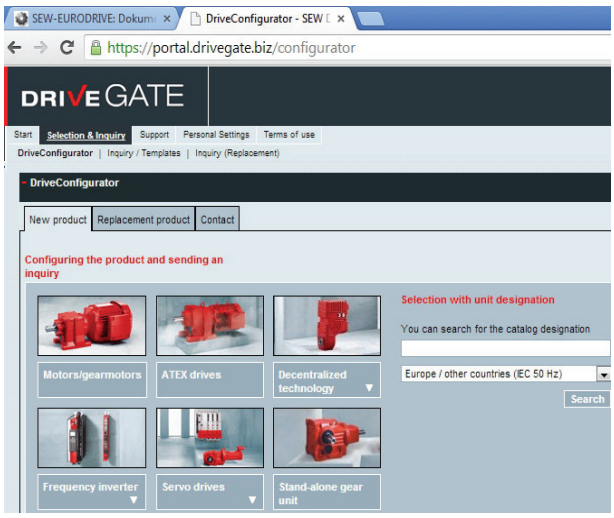
**3.9. Izbor motoreduktora**

Izbor se vrši prema dobijenom momentu na vratilu motoreduktora i željenoj brzini. Pri izboru modela motoreduktora se koristi internet portal Drive Gate (slika 9), poznatog Nemačkog proizvođača motoreduktora SEW EURODRIVE. Registracija na portalu je besplatna i sve što je potrebno za registraciju je ispravna e-mail adresa.

Treba napomenuti da je SEW jedan od vodećih svetskih proizvođača motoreduktora a modularni sistem im je koncipiran tako da ne prodaju zasebno motore i reduktore kao drugi proizvođači (npr. SEVER i drugi) već se motoreduktor usvaja tj. isporučuje kao gotov modul na osnovu željenih parametara.

U prvom koraku se vrši izbor vrste proizvoda i bira se kategorija motori/motoreduktori. U drugom koraku se vrši izbor osnovnih parametara motoreduktora (tip reduktora, vrsta motora, izlazna brzina, servisni faktor i broj polova motora). Na osnovu ovih parametara je usvojen željeni tip motoreduktora sa oznakom R87R57DR63M4.

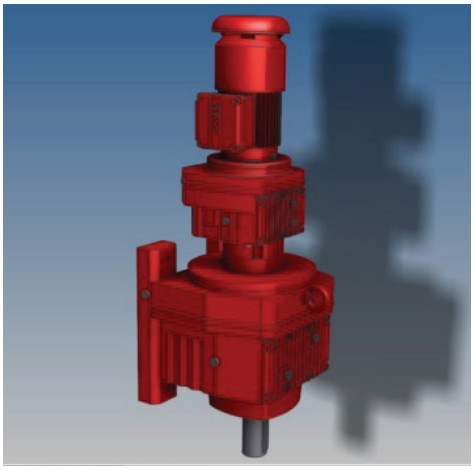
U sledećim koracima se daju opcije vezane za kočnicu, opcije stepena zaštite kao i dodatne opcije vezane za rad motoreduktora na otvorenom i mnoge druge.




Slika 9. *Izgled prozora internet portala Drive Gate*

Izborom željenih parametara se lako u nekoliko koraka dolazi do odabira potrebnog motoreduktora. Ukoliko postoji potreba za izmenom nekih parametara u svakom se trenutku može vratiti nazad i izvršiti korekcija željenih parametara.

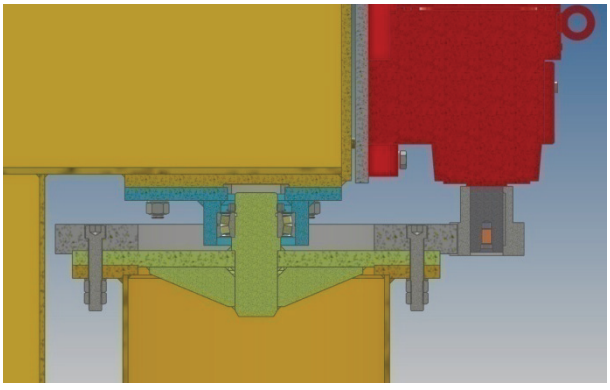
Model je moguće pomoću linkova za skidanje CAD modela preuzeti a njegov izgled u softverskom paketu AUTODESK INVENTOR 2014 je prikazan na slici 10.



Slika 10. *Model dabranog motoreduktora*

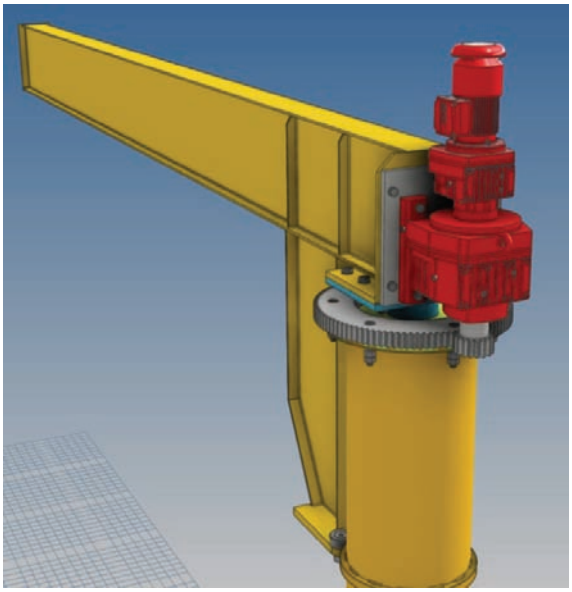
## 4. MODELOVANJE DIZALICE

3D model je izrađen u softverskom programu AUTODESK INVENTOR 2014. Na slici 11 prikazan je detalj oslanjanja kutijaste strele na stub dizalice.



Slika 11. *Oslanjanje kutijaste strele na stub dizalice*

Na slici 12 je dat jedan karakterističan pogled na model dizalice.



Slika 12. *3D model izrađen u programu AUTODESK INVENTOR 2014*

## 5. ZAKLJUČAK

Ideja za projektovanje stubne konzolne dizalice za spuštanje motornih čamaca je potekla iz neophodnosti postavljanja dizalice tog tipa (i u tu svrhu) na obalu reke Dunav kod Novog Sada.

U okviru rada su izvršeni proračuni stuba dizalice i kutijaste strele dok se pogoni dizanja, odnosno, zakretanja strele dizalice nisu proračunavali nego usvajali kao gotovi moduli iz kataloga renomiranih svetskih proizvođača iz tih oblasti. Zbog kretanja pogona dizanja po donjem pojasnom limu, poprečni presek kutijaste konstrukcije je modifikovan i prilagođen pogonu dizanja. To znači da je donji pojasni lim znatni deblji od ostalih limova što takođe znači da je poprečni presek nesimetričan u odnosu na *x*-osu.

Pošto vodostaji na rekama prilično variraju prilikom odabira pogona dizanja je vođeno računa da se odabere veća dužina lanca kako bi i pri nižem vodostaju dizalica mogla da radi normalno, bez ikakvih ograničenja.

Izgled najvažnijih elemenata dizalice je modelovan u softverskom paketu AUTODESK INVENTOR 2014.

## 4. LITERATURA

[1] www.rhmz.com (pregledano 05.12.2013.)

[2] R.Šostakov, *"Skripta Dizalice", FTN, Novi Sad, 2011.*

[3] Katalog: *"Demag-Kettenzug DC-Pro Daten"* www.demagcrane.com (pregledano 05.09.2013.)

[4] www.skf.com (pregledano 20.11.2013.)

**Kratka biografija:**



**Branislav Brečko,** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1982. godine. Srednju školu završio je u Novom Sadu. Diplomski-master rad na FTN u Novom Sadu je odbranio iz oblasti Mašinstvo – Dizalice 2013. godine.

Zbornik radova Fakultetatehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 621.18**

# PRILOG RAZVOJU JEDNODIMENZIONE METODE PRORAČUNA VIŠESTUPNIH TURBINA

# APPENDIX TO DEVELOPMENT OF CALCULATION OF MULTISTAGE TURBINES USING ONE-DIMENSIONAL METHOD

Aron Kugli, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je predstavljen proračun višestupnih turbina jednodimenzionom metodom. Prikazana je teorijska osnova, kao i detaljna razrada metode kroz postupak sprovođenja proračuna gasne četvorostupne turbine. Data je modifikacija osnovnog postupka proračuna, kao i uporedni prikaz rezultata kroz dijagrame po osnovnom i po modifikovanom postupku proračuna.*

**Abstract** – *This paper presents the calculation of multistage turbines using one – dimensional method. The theoretical basis and detailed proof of concept of the method through the process of calculation on a four – stage gas turbine is described.A modified version of the basic procedure of calculation is given, as well as a comparative overview of the results through diagrams by basic and by a modified procedure of calculation.*

**Ključne reči:** *gasna turbina, proračun*

## 1. UVOD

Određivanje dimenzije elemenata protočnih delova vrši se u okviru konstrukcionog proračuna toplotne turbomašine – takozvani direktni proračun. Za taj proračun moraju biti definisani zahtevani proizvodni (energijski) kapacitet mašine, i uslovi, odnosno parametri na granici mašine. Na primer, za turbine to su snaga (može biti i protok za protivpritisnu mašinu), stanje radnog tela ispred i pritisak iza mašine. Nekada se umesto parametara na granici mašine, za turbine uzimaju parametri termodinamičkog ciklusa po kome turbina treba da radi. Rezultat proračuna je geometrija protočnih delova, efekti transformacije energije i naprezanje elemenata mašine.

Predmet ovog rada će biti jednodimenziona metoda direktnog proračuna toplotnih turbomašina. Biće prikazana teorijska osnova ove metode, kao i praktična primena na konkretnom primeru.

## 2. METODA JEDNODIMENZIONOG PRORAČUNA

Prema metodi jednodimenzionog proračuna svi procesi u protočnom delu turbomašine smatraju se adijabatskim. To znači da je zanemarena razmena toplote sa okolinom, odnosno, da nema gubitaka energije zbog razmene toplote sa okolinom.

Zbog toga je pri strujanju radnog tela kroznepokretne rešetke totalna entalpija konstantna, a pri strujanju kroz pokretne rešetke njena promena jednaka je uloženom ili dobijenom korisnom radu. U ovom pogledu, izuzetak predstavljaju procesi u gasnim turbinama sa hlađenjem protočnih delova, gde zbog hlađenja proces ne može biti adijabatski.

Prema metodi jednodimenzionog proračuna, za aksijalne mašine, sve veličine koje definišu strujanje i stanje radnog tela i efekte transformacije energije, određuju se duž strujnice koja povezuje tačke na srednjem prečniku ispred i iza svakog venca lopatica. Srednji prečnik se određuje prema formuli:

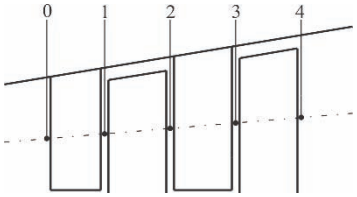
$$D_S = \frac{1}{2}\left(D_{vrha} + D_{korena}\right) \tag{1}$$

Za aksijalne mašine, svaka tačka proračuna određena je koordinatom $z$ u pravcu ose obrtanja, slika 1. Pri tome koriste se samo određene vrednosti koordinate $z$ koje definišu mesta proračunskih tačaka između dva venca. Prema tome, bilo koja proizvoljna veličina $\upsilon$, koja definiše strujanje ili stanje radnog fluida ili proces transformacije energije, funkcija je samo jedne celobrojne promenljive – rednog broja mesta duž ose turbine na kome se nalazi ravan u kojoj leži tačka na srednjem prečniku, za koju se vrše proračuni. Dakle, može se reći da je:

$$\upsilon = f\left(j\right) \tag{2}$$

gde je $j = 0, 1, 2, 3, \ldots z$.

Drugim rečima, proračun se vrši, koristeći egzaktne izraze, samo za strujnicu koja spaja sve tačke na srednjem prečniku ispred i iza svakog venca lopatica. Otuda i naziv jednodimenzioni proračun. Na ovaj način, vrlo složeni trodimenzioni procesi strujanja i transformacije energije koji se odvijaju u celokupnom strujnom prostoru zamenjuju se jednostavnim procesima duž jedne strujnice.




Slika 1. *Shematski prikaz metode jednodimenzionog proračuna*

## 3. DETALJNA RAZRADA METODE

U sledećem tekstu ilustrovana je detaljna razrada metode proračuna za gasne četvorostupne turbine. Proračun je obavljen na dva načina:

- prema osnovnoj metodi iz literature [3, 6], gde su poznate apsolutne i obimne brzine na ulazu i izlazu iz turbine

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vojin Grković, red.prof.**

- prema modifikovanoj metodi, sa nepoznatim apsolutnim i obimnim brzinama na ulazu i izlazu iz turbine - poznati su uglovi između obimne i apsolutne brzine $\alpha_j$ i stepen reaktivnosti stupnjeva $\rho_j$

### 3.1 Proračun po osnovnoj metodi

Polazni podaci za proračun turbine su: broj obrtaja $n$=50 $s^{-1}$, maseni protok $M$=350 kg/s, pritisak na ulazu$p_{Tu}$=1,6 MPa i izlazu $p_{Ti}$=0,1 MPa iz turbine, temperatura na ulazu u turbinu $T_{Tu}$=1470 K, brzina na ulazu u turbinu $c_{Tu}$=160 m/s, brzina na izlazu iz turbine $c_{Ti}$=240 m/s, obimna brzina na ulazu u prvo kolo$u_{1,1}$=324 m/s, obimna brzina na izlazu iz četvrtog venca lopatica$u_{2,4}$=394 m/s, broj stupnjeva turbine $z$=4.
Temperatura gasa na izlazu iz turbine je:

$$T_{Ti} = T_{Tu} \cdot \left( \frac{p_{Ti}}{p_{Tu}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}\eta_p} = 844,33\,\mathrm{K} \tag{3}$$

Rad turbine po jedinici masenog protoka na ulazu u turbinu:

$$L_{iT} \approx \Delta H_T = c_p \cdot \left( T_{Tu} - T_{Ti} \right) = 782,09\,\mathrm{kJ/kg} \tag{4}$$

Pretpostavljamo linearni zakon promene meridijalne brzine duž turbine, počev od vrednosti ulazne brzine $c_{Tu}$, do izlazne brzine $c_{Ti}$.
Iz jednačine:

$$D_j = \frac{u_j}{\pi \cdot n} \tag{5}$$

dobijamo vrednosti srednjeg prečnika prvog i poslednjeg stupnja i pretpostavljamo linearni rast prečnika stupnjeva.
Obimne brzine u svakoj tački izračunavamo iz jednačine:

$$u_j = D_j \cdot \pi \cdot n \tag{6}$$

Projekciju apsolutne brzine na ulazu u pokretni venac lopatica na obimni pravac izračunavamo iz jednačine za rad, uz uslov da je $\alpha_{j+1} = 0$:

$$c_{ju} = \frac{L_{Sn}}{u_j} \tag{7}$$

Temperaturu u svakoj neparnoj ravni izračunavamo, koristeći jednačinu energije, pa dobijamo:

$$T_j = T_{j-1} + \frac{c^2_{m(j-1)} - c^2_{mj} - c^2_{uj}}{2 \cdot c_p} \tag{8}$$

a temperaturu u svakoj parnoj ravni, analogno gornjem,iz formule:

$$T_{j+1} = T_{j-1} + \frac{-2 \cdot L_{Sn} + c^2_{m(j-1)} - c^2_{m(j+1)}}{2 \cdot c_p} \tag{9}$$

Apsolutna brzina u neparnoj tački $j$,$c_j$:

$$c_j = \sqrt{c^2_{ju} + c^2_{jm}} \tag{10}$$

Stepen reaktivnosti stupnja izračunavamo iz izraza:

$$\rho = \frac{h_{j+1} - h_j}{h_{j+1} - h_{j-1}} = \frac{T_{j+1} - T_j}{T_{j+1} - T_{j-1}} \tag{11}$$

Visine lopatica izračunavamo iz jednačine kontinuiteta:

$$l = \frac{\dot{M}}{\rho \cdot c_m \cdot \pi \cdot D} \tag{12}$$

Uglove: $\alpha_j$, $\beta_j$ i $\beta_{j+1}$ određujemo iz trouglova brzina, pa dobijamo:

$$tg\alpha_j = \frac{c_{jm}}{c_{ju}},\ tg\beta_j = \frac{c_{jm}}{c_{ju} - u_j},\ tg\beta_{j+1} = \frac{c_{(j+1)m}}{u_{j+1}} \tag{13,14,15}$$

Obimnu brzinu vrhova lopatica izračunavamo iz:

$$u_{vrj} = \left( D_j + l_j \right) \cdot \pi \cdot n \tag{16}$$

Obimnu brzinu korena lopatice izračunavamo iz:

$$u_{krj} = \left( D_j - l_j \right) \cdot \pi \cdot n \tag{17}$$

Projekciju apsolutne brzine na ulazu u pokretni venac lopatica u korenu lopatice $c_{jukr}$ izračunavamo analogno jednačini (7):

$$c_{jukr} = \frac{L_{Sn}}{u_{jkr}} = c_{ju} \cdot \frac{u_j}{u_{jkr}} \tag{18}$$

Temperaturu u korenu lopatica u ravni ispred pokretnog venca lopatica izračunavamo analogno jednačini (8):

$$T_{jkr} = T_{j-1} + \frac{c^2_{m(j-1)} - c^2_{mj} - c^2_{jukr}}{2 \cdot c_p} \tag{19}$$

Konačno, stepen reaktivnosti u korenu stupnja izračunavamo koristeći izraz:

$$\rho_{Skrn} = \frac{T_{j+1} - T_{jkr}}{T_{j+1} + T_{j-1}} \tag{20}$$

Rešavanjem svih ovih jednačina dobijamo rezultateproračuna geometrijskih parametara,rezultate proračuna procesa transformacije energije irezultate proračuna kontrolnih parametara.

### 3.2 Proračun po modifikovanoj metodi, druga iteracija

Kada su nepoznate meridijalne brzine na ulazu $c_{Tu}$ i izlazu iz turbine $c_{Ti}$, obimna brzina na ulazu u prvo kolo $u_{1,1}$ i obimna brzina na izlazu iz četvrtog venca lopatica $u_{2,4}$, u proračun se može ući na malo drugačiji način.
Za razliku od osnovnog proračuna, umesto masenog protoka znamo snagu turbine, koja iznosi $P_T$=274 MW.A poznati su još uglovi između obimne i apsolutne brzine $\alpha_j$ i stepen reaktivnosti stupnja $\rho_j$.Rad turbine je isti kao u osnovnom proračunu.
Maseni protok kroz turbinu izračunavamo iz uslova:

$$M = \frac{P_T}{L_{iT} \cdot \eta_m \cdot \eta_s} = 350\,\mathrm{kg/s} \tag{21}$$

Za razliku od osnovnog proračuna, sada ćemo pretpostaviti različite unutrašnje radove za svaki stupanj. Uglove $\alpha_j$ i stepene reaktivnosti $\rho_j$ ćemo takođe pretpostaviti (u ovom slučaju, radi jednostavnosti, ove vrednosti ćemo uzeti iz osnovnog proračuna). Ovi podaci su prikazani u tabeli 1.

*Tabela 1.*

| Stupanj | $L_{iS}$ | $\alpha_j$ | $\rho_j$ |
|---|---|---|---|
| | J/kg | ° | - |
| 1 | 190522,12 | 15,7 | 0,08 |
| 2 | 193855,12 | 18,5 | 0,18 |
| 3 | 197189,12 | 21,4 | 0,27 |
| 4 | 200522,12 | 24,3 | 0,34 |

Za pojedinačni stupanj sa proizvoljnom reaktivnošću $\rho$, optimalna vrednost odnosa brzina $u_j/c_j$ pri kojoj najveći deo raspoložive energije možemo da pretvorimo u koristan rad na obimu stupnja, određujemo iz uslova:

$$\frac{u_j}{c_j} = \frac{1}{2(1-\rho)}\cos\alpha \tag{22}$$

Pošto smo odredili rad svakog stupnja i pošto, prema pretpostavci $\alpha_{j+1} = 0$, iz svakog pokretnog venca lopatica gas izlazi aksijalno, pa je $c_{(j+1)u}=0$, jednačina za rad stupnja glasi:

$$c_{ju} \cdot u_j = L_{iS} \tag{23}$$

Iz trouglova brzina određujemo:

$$tg\alpha_j = \frac{c_{jm}}{c_{ju}} \tag{24}$$

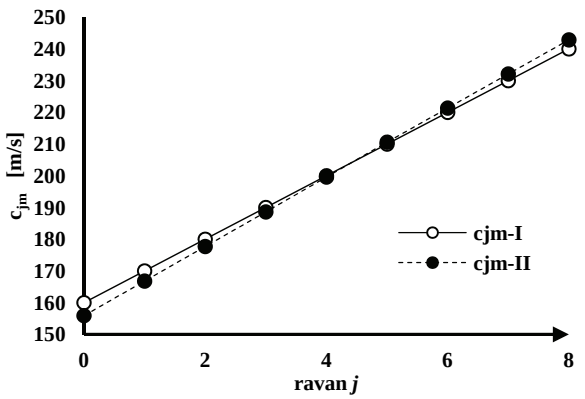
Apsolutna brzina u neparnoj tački $j$, $c_j$:

$$c_j^2 = c_{ju}^2 + c_{jm}^2 \tag{25}$$

Imamo četiri jednačine: 22, 23, 24, 25, sa četiri nepoznate $u_j$, $c_j$, $c_{ju}$, $c_{jm}$. Rešavanjem sistema jednačina dobijamo rezultate za $u_j$, $c_j$, $c_{ju}$, $c_{jm}$ za svaki stupanj.
Sada možemo rešiti jednačine od 3 do 20 i dobijamo rezultateproračuna geometrijskih parametara,rezultate proračuna procesa transformacije energije irezultate proračuna kontrolnih parametara.

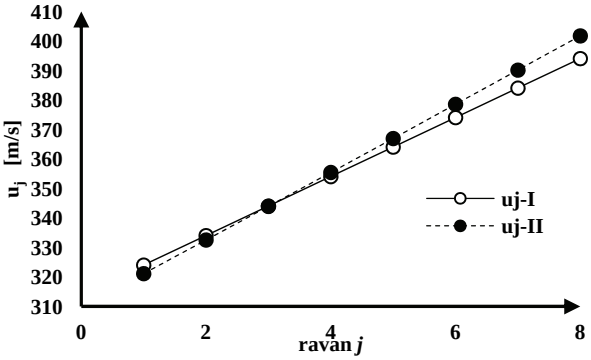
### 3.3 Uporedni pregled rezultata kroz dijagrame

U ovom poglavlju uporediće se najvažniji rezultati dobijeni u osnovnom proračunu i rezultati druge iteracije modifikovanog proračuna kroz dijagrame. U dijagramima sa "I" će biti označavan osnovni proračun, a sa "II" druga iteracija modifikovanog proračuna.
Iz dijagrama 1 vidimo promenu projekcije apsolutne brzine u meridijalnom pravcu.U principu, što je brzina veća to je protočni presek manji, ali gubici energije pri transformaciji će biti veći.



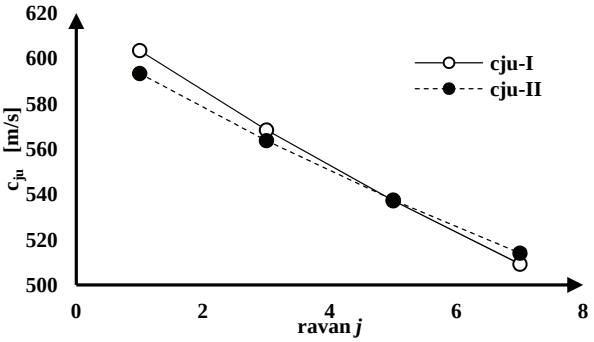

*Dijagram 1. Uporedni pregled apsolutnih brzina u meridijalnom pravcu $c_{jm}$*

Na dijagramu 2 prikazana je promena obimnih brzina duž turbine. Povećanje obimne brzine izaziva veće naprezanje materijala, što ima posledicu da se turbina treba napraviti od kvalitetnijeg, samim tim i skupljeg materijala.



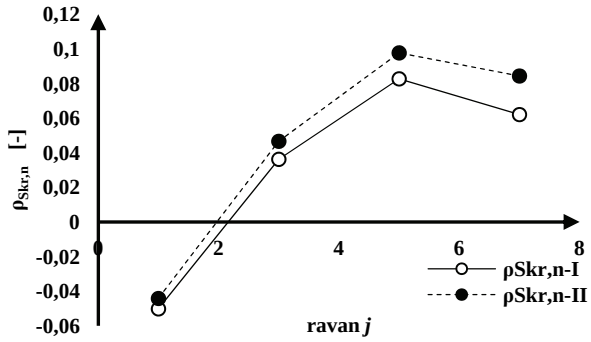

*Dijagram 2. Uporedni pregled obimnih brzina $u_j$*

Uporedni pregled projekcije apsolutne brzine na obimni pravac dat je u dijagramu 3. U ovom slučaju veća brzina znači da ćemo dobiti veći rad, pošto, zbog $\alpha_{j+1} = 0$, iz svakog pokretnog venca lopatica gas izlazi aksijalno, pa je $c_{(j+1)u}=0$.



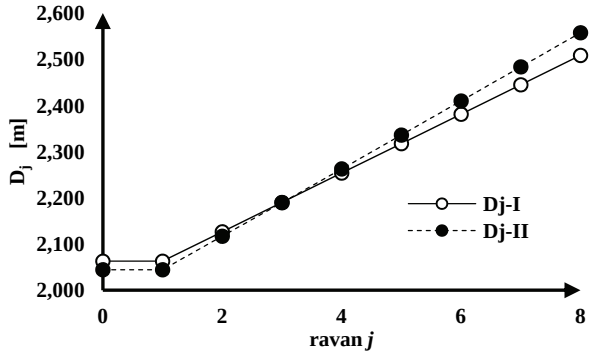

*Dijagram 3. Uporedni pregled apsolutnih brzina u obimnom pravcu $c_{ju}$*

U dijagramu 4 vidimo da smo u oba proračuna dobili negativnu reaktivnost u korenu prvog stupnja, što ukazuje na loš proces transformacije energije u tom stupnju. S tim da je u proračunu II stepen reaktivnosti u korenu stupnja malo bolji. Bilo bi najbolje kad bi ova vrednost bila pozitivna. Promenom određenih parametara ova vrednost se može dovesti do toga da se u sledećoj iteraciji dobiju prihvatljivija rešenja.



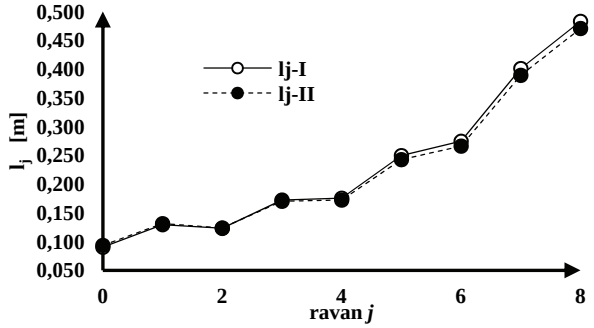

*Dijagram 4. Uporedni pregled stepena reaktivnosti u korenu stupnja $\rho_{Skr,n}$*

U dijagramu 5 data je promena prečnika duž turbine.Veći prečnik znači veće gabarite, samim tim i veću cenu turbine.




*Dijagram 5. Uporedni pregled prečnika turbina $D_j$*

Što je veća visina lopatice, relativni iznos gubitaka na krajevima je manji. Kao što vidimo iz dijagrama 4.21, nema značajnih razlika u visini lopatica kroz turbinu.




*Dijagram 4.21. Uporedni pregled visine lopatica $l_j$*

Cilj rada je bio da se istraže mogućnosti i efekti modifikovanja jednodimenzione metode proračuna iz literature [3, 6], i da se kroz dijagrame uporedi i analizira dobijeni rezultat. Iz svega gore izvedenog može da se zaključi sledeće:

- primena osnovne metode (osnovni proračun turbine jednodimenzionom metodom) zahteva prethodno iskustvo da bi se izabrale odgovarajuće vrednosti sa kojima se ulazi u proračun

- dok u slučaju modifikovane metode (modifikovan proračun jednodimenzione metode) proračun je više oslonjen na teoriju. Međutim nekad je potrebno da se uradi nekoliko iteracija, sve dok se ne dobije prihvatljiv rezultat.

## 4. ZAKLJUČAK

Ovim zadatkom se pokušalo dati odgovor na pitanje kako izgleda proračun gasne turbine jednodimenzionom metodom, kakva je njegova primena, koje su prednosti i nedostatci.

Jednodimenziona metoda predstavlja najstariju, najjednostavniju i najbržu metodu proračuna toplotnih turbomašina. Iz dosadašnjeg izlaganja moglo se videti da ova metoda u osnovi počiva na relativno jednostavnom matematičkom aparatu koji se dobija iz osnovnih zakona strujanja i termodinamike. Ona, međutim, ima i značajne nedostatke koje ćemo ukratko razmotriti.

Veličine koje se uzimaju ili izračunavaju za srednji prečnik ne moraju i najčešće ne odgovaraju procesima i efektima stvarnog prostornog strujanja. Jednodimenziona metoda ne daje nikakve podatke o promeni duž radijusa karakterističnih veličina koje opisuju strujanje i transformaciju energije u aksijalnim mašinama. Zbog toga njihova primena može da dovede do sistematskih grešaka.

U toku izlaganja teorijske osnove ovog metoda proračuna, primetno je da se prilikom dobijanja osnovnih matematičkih relacija uvodi određen broj pretpostavki i približenja.Prisutnost ovih pretpostavki i približenja uzrok su mnogih nepreciznosti.

Takođe računom smo dobili negativnu vrednost u korenu prvog stupnja, što, u principu, ukazuje na loš proces transformacije energije u tom stupnju. Bilo bi bolje, primenom raspoloživih projektnih metoda, povećati stepen reaktivnosti stupnja u korenu na vrednost veću od nule. To, na primer, možemo ostvariti usvajanjem $\alpha_{j+1}<90^o$ što će kao posledicu imati $c_{(j+1)u}<0$.

Ova metoda ima svoje prednosti i nedostatke koji dolaze uz njih, to se može videti i iz gore navedenog. Ali potrebno je reći da se ovaj proračun može određenim prilagođavanjima, na primer uvođenjem eksperimentalno određenih popravnih koeficijenata ili pomeranjem reaktivnosti u pojedinim stupnjevima, dovesti do toga da se dobiju prihvatljiva rešenja. Sa tim saznanjem, može se reći da ovaj proračun i pored svih navedenih nedostataka, predstavlja jedan praktičan i moćan alat za rešavanje problema u proračunima.

## 5. LITERATURA

[1] Popović M., Toplotne turbine, Naučna knjiga, Beograd, 1960

[2] Grković V., Toplotne turbomašine 1 – teorijski osnovi, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2008

[3] Grković V., Toplotne turbomašine 2 – višestupne mašine, procesi i konstrukcije, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2009

[4] Щляхин П. М., Паровые и газовые турбины, Энергия, Москва, 1974

[5] Braig., Vorlesung Turbomaschinen I, Institut für Luftfahrantriebe Universität Stuttgart, 1994

[6] Bitterlich W., Ausmeier S. und Lohmann U., Gasturbinen und Gasturbinenanlagen – Darstellung und Berechnung, B. G. Teubner, Stuttgart, Mai 2002

**Kratka biografija:**



**Aron Kugli** rođen je u Kikindi 1987. godine. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika / Toplotna i procesna tehnika odbranio je 2013. godine.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**УДК: 621.18**

# ПРИМЕНА МЕТОДЕ МИЛЕРА НА ПРОРАЧУН ЏУЛОВОГ ЦИКЛУСА СА МЕЂУХЛАЂЕЊЕМ И ДОГРЕВАЊЕМ ЗА ГАСНУ ТУРБИНУ

# APPLICATION OF MÜLLER'S METHOD ON CALCULATION OF JOULE CYCLE WITH INTERCOOLING AND REHEAT FOR GAS TURBINE

Роберт Немет,*Факултет техничких наука,Нови Сад*

**Област – МАШИНСТВО**

**Кратак садржај –** *У раду је представљен прорачун Joule-овог циклуса са међухлађењем и догревањем за гасну турбину са лопатицама хлађеним ваздухом. При изради математичког модела коришћена је метода Müller-a. Метода је проширена на постројење гасне турбине са једним међухлађењем при компресији и једним догревањем при експанзији. Примена проширене методе демонстрирана је прорачуном главних индикатора Јоуле-овог циклуса – јединичног рада и степена корисности. Резултати прорачуна су сређени и приказани табеларно и у облику дијаграма.*

***Abstract*** *– This paper presents a calculation of Joule cycle with intercooling and reheat for gas turbine with air cooled blades. A method of Müller is used in developing the mathematical model. The method is extended to a gas turbine with an intercooling during compression and a reheating during expansion. Application of the extended method is demonstrated by calculation of the main indicators of Joule's cycle - the unit work and efficiency. The calculation results are organized and presented in tables and diagrams.*

**Кључне речи:** *Гасна турбина, Joule-ов циклус са међухлађењем и догревањем*

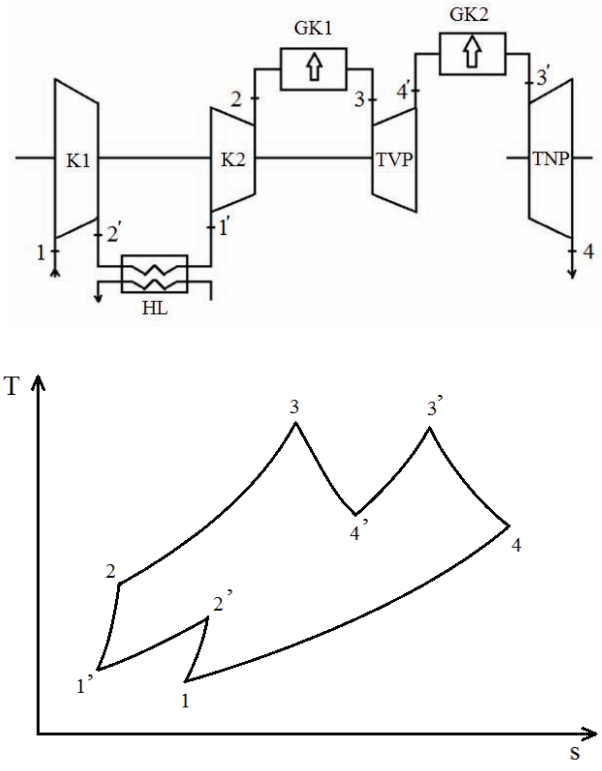
## 1. УВОД

У овом раду ће се анализирати постројење гасне турбине која ради по *Joule*-овом циклусу са међухлађењем и догревањем. Циљ овог рада је да покаже како степен компресије $\Pi_{K_1}$ и степен експанзије $\Pi_{T_2}$ утичу на главне енергетске карактеристике постројења – јединични унутрашњи користан рад $L_{iPGT}$ и степен корисности постројења гасне турбине $\eta_{PGT}$. При изради математичког модела коришћена је метода *Müller*-а, која је делимично модификована [1]. Метода је проширена на постројење гасне турбине са једним међухлађењем при компресији и једним догревањем при експанзији. Метода је базирана на коришћењу претпостављених количина ваздуха за хлађење и заптивање, сведених на јединицу масеног протока ваздуха на улазу у компресор.

**НАПОМЕНА:**
**Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Војин Грковић, ред.проф.**

## 2. ОПИС ПОСТРОЈЕЊА

Постројење гасне турбине са међухлађењем и догревањем схематски је приказано на слици 1.1 где је такође приказан и процес у T-s дијаграму. Постројење се састоји од два компресора са међухладњаком између њих, грејне коморе високог притиска, турбине високог притиска, грејне коморе ниског притиска и турбине ниског притиска.




*Слика 1.1 Схематски приказ Јоуле-овог циклуса са међухлађењем и догревањем и одговарајућег постројења гасне турбине*

Компресор ниског притиска усисава ваздух и сабија га до притиска $p_{2'}$. Након првог степена сабијања ваздух се хлади изобарно у међухладњаку до температуре $T_{1'}$. Охлађени ваздух се затим поново компреимује у компресору високог притиска до највећег притиска циклуса. У грејној комори високог притиска топлота се доводи сагоревањем горива и тако повишава температура радног тела до највише температуре у циклусу. Врели гасови – продукти сагоревања – експандирају у турбини високог

притиска до притиска $p_{4'}$. После ове прве експанзије, циклусу се поново доводи топлота спаљивањем горива у комори ниског притиска, при чему се гасови поново загревају до највише температуре у циклусу. Гас потом експандира у турбини ниског притиска до коначног атмосферског притиска.

## 3. ПРОШИРЕНА МЕТОДА ПРОРАЧУНА

Предмет анализе је постројење гасне турбине са ваздушним хлађењем липатица која ради по Joule-овом циклусу са међухлађењем и догревањем. Треба да се одреде главне енергетске карактеристике постројења – јединични унутрашњи користан рад $L_{mPGT}$ и степен корисности постројења гасне турбине $\eta_{PGT}$, као и њихова зависност од степена компресије $\Pi_{K_1}$ и од степена експанзије $\Pi_{T_2}$.

Степен компресије компресора $\Pi_K$ представља однос између притисака на крају и на почетку компресије:

$$\Pi_K = \frac{p_2}{p_1} \tag{3.1}$$

Када се компресија обавља у два степена са међухлађењем између њих, степен компресије је једнак:

$$\Pi_K = \frac{p_{2'}}{p_1} \cdot \frac{p_2}{p_{1'}} = \Pi_{K_1} \cdot \Pi_{K_2} \tag{3.2}$$

Међухлађење између два степена компресије се обавља при константном притиску, тако да су притисци $p_{2'}$ и $p_{1'}$ једнаки.

Анализу треба спровести за различите вредности $\Pi_{K_1}$. Вредности за $\Pi_{K_1}$ и $\Pi_{K_2}$ које ће се користити током анализе приказане су у табели 3.1.

*Табела 3.1*

| | $0{,}3\Pi_{K_2}$ | $0{,}4\Pi_{K_2}$ | $0{,}5\Pi_{K_2}$ | $0{,}6\Pi_{K_2}$ | $0{,}7\Pi_{K_2}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\Pi_{K_1}$ | 3 | 3,46 | 3,87 | 4,24 | 4,58 |
| $\Pi_{K_2}$ | 10 | 8,66 | 7,75 | 7,07 | 6,55 |

Степен експанзије у турбини одређен је формулом:

$$\Pi_T = \frac{p_4}{p_3} = \frac{p_{4'}}{p_3} \cdot \frac{p_4}{p_{3'}} = \Pi_{T_1} \cdot \Pi_{T_2} \tag{3.3}$$

Притисци $p_{3'}$ и $p_{4'}$ су једнаки.

Анализу треба спровести за различите вредности $\Pi_{T_2}$:

- Први случај када су $\Pi_{T_1}$ и $\Pi_{T_2}$ једнаки. $\Pi_{T_2} = \Pi_{T_1} = \sqrt{\Pi_T} = \sqrt{0{,}0355} = 0{,}018841$
- Други случај када је вредност $\Pi_{T_2} = 0{,}15$
- Трећи случај када је вредност $\Pi_{T_2} = 0{,}23$

Вредности $\Pi_{T_1}$ и $\Pi_{T_2}$ које ће се користити током анализе, приказане су у табели 3.2.

*Табела 3.2*

| | Prvi slučaj | Drugi slučaj | Treći slučaj |
|---|---|---|---|
| $\Pi_{T_2}$ | 0,15 | 0,18841 | 0,23 |
| $\Pi_{T_1}$ | 0,23667 | 0,18841 | 0,1543 |

За израчунавање температуре на крају првог степена компресије као и за израчунавање укупног рада компримовања расхладног и ваздуха за сагоревање по јединици протока ваздуха на улазу у компресор, прво је потребно израчунати специфичне топлоте ваздуха на почетку и на крају компресије.

Специфичне топлоте ваздуха и продуката сагоревања израчунавају се према формули (*G.J. Van. Wylen*):

$$c_p = \left[c_0 + \sum_{j=1}^{3} c_j \left(\frac{T}{100}\right)^{m_j}\right] \frac{1}{M_{mol}} \tag{3.4}$$

Формула има седам коефицијента. Они су различити за сваки саставни елемент гаса.

Специфична топлота горива се израчунава користећи специфичне топлоте појединих гасова и њихове заступљености у самом гориву:

$$C_{pg} = C_{pN_2} \cdot X_{N_2} + C_{pO_2} \cdot X_{O_2} + C_{pCO_2} \cdot X_{CO_2} + \\ + C_{pCO} \cdot X_{CO} + C_{pH_2O} \cdot X_{N_2O} \tag{3.5}$$

Тотална температура расхладног и ваздуха за сагоревање на крају првог степена компресије израчунава се према формули:

$$T_{2't} = T_{0t} \cdot \Pi_{K_1}^{\frac{R}{c_{pv}^{(1-2')}} \cdot \frac{1}{\eta_{pK}}} \tag{3.6}$$

Статичка температура расхладног и ваздуха за сагаревање на крају првог степена компресије је:

$$T_{2'} = T_{2't} - \frac{c_{Ki}^2}{2 \cdot c_{pv}^{(1-2')}} \tag{3.7}$$

Укупан рад компримовања расхладног и ваздуха за сагоревање по јединици протока ваздуха на улазу у компресор $L_{K1}$:

$$L_{K1} = c_{pv}^{(1-2')} \cdot T_{0t} \cdot \left( \Pi_{K1}^{\frac{R}{c_{pv}^{(1-2')}} \cdot \frac{1}{\eta_{pK}}} - 1 \right) \tag{3.8}$$

Тотална температура расхладног и ваздуха за сагоревање на крају другог степена компресије под претпоставком да је процес политропски, израчунава се према формули:

$$T_{2t} = T_{1't} \cdot \Pi_{K_2}^{\frac{R}{c_{pv}^{(1'-2)}} \cdot \frac{1}{\eta_{pK}}} \tag{3.9}$$

Статичка температура расхладног и ваздуха за сагаревање на крају другог степена компресије:

$$T_2 = T_{2t} - \frac{c_{Ki}^2}{2 \cdot c_{pv}^{(1'-2)}} \tag{3.10}$$

Укупан рад компримовања расхладног и ваздуха за сагоревање по јединици протока ваздуха на улазу у компресор $L_{K2}$:

$$L_{K2} = C_{pv}^{(1'-2)} \cdot T_{1't} \cdot \left( \Pi_{K2}^{\frac{R}{c_{pv}^{(1'-2)}} \cdot \frac{1}{\eta_{pK}}} - 1 \right) \tag{3.11}$$

Укупан рад компримовања 1-2:

$$L_K = L_{K1} + L_{K2} \tag{3.12}$$

Однос протока горива и ваздуха на улазу у грејну комору $b_1$ израчунава се према следећој формули:

$$b_1 = \frac{c_{pps}^{(1-3)} \cdot (T_{3t} - T_0) - C_{pv}^{(1-2)} \cdot (T_{2t} - T_0)}{\eta_{GK} \cdot \frac{H_u}{\rho_{gr}} - c_{pps}^{(1-3)} \cdot (T_{3t} - T_0)} \quad (3.13)$$

Однос протока горива и ваздуха на улазу у компресор:

$$\beta_1 = \frac{m_{g1}}{m_1} = (1 - z_{p1} - z_{p2} - r_{v1} - r_{v2}) \cdot b_1 \quad (3.14)$$

Количина топлоте доведена горивом по јединици масе ваздуха на улазу у компресор:

$$q_{do1} = \beta_1 \cdot \frac{H_u}{\rho_{gr}} \quad (3.15)$$

Рад продуката сагоревања у турбини високог притиска сведен на јединицу протока гасова на улазу у турбину високог притиска:

$$L_{ips1} = c_{pps}^{(3-4')} \cdot T_{3t} \cdot \left(1 - \Pi_{T2}^{\frac{R_{ps}}{c_{pps}^{(3-4')}} \cdot \eta_{pT}}\right) \quad (3.16)$$

Рад расхладног ваздуха у турбини високог притиска сведен на јединицу протока расхладног ваздуха:

$$L_{irv1} = c_{prv}^{(2-4')} \cdot T_{2t} \cdot \left(1 - \Pi_{T2}^{\frac{R_v}{c_{pps}^{(2-4')}} \cdot \eta_{pT}}\right) \quad (3.17)$$

Укупан унутрашњи рад турбине високог притиска сведен на јединицу протока ваздуха на улазу у компресор:

$$L_{iT1} = \left(1 - z_{p1} - z_{p2} - r_{v1} - r_{v2}\right) \cdot (1 + b_1) \cdot L_{ips1} + \\ + r_{v1} \cdot M \cdot L_{irv1} \quad (3.18)$$

Однос протока горива и ваздуха на улазу у грејну комору 2 израчунава се према следећој формули:

$$b_2 = \frac{c_{pps}^{(1-3')} \cdot \left(T_{3't} - T_0\right) - c_{pps}^{(1-3')} \cdot (T_{4't} - T_0)}{\eta_{GK} \cdot \frac{H_u}{\rho_{gr}} - c_{pps}^{(1-3')} \cdot (T_{3't} - T_0)} \quad (3.19)$$

Однос протока горива и ваздуха на улазу у компресор:

$$\beta_2 = \frac{m_{g2}}{m_1} = \left(1 - z_{p1} - z_{p2} - r_{v1} - r_{v2}\right) \cdot \\ \cdot (1 + b_1)\left(1 + z_{p1} + r_{v1}\right) \cdot b_2 \quad (3.20)$$

Количина топлоте доведена горивом по јединици масе ваздуха на улазу у компресор:

$$q_{do2} = \beta_2 \cdot \frac{H_u}{\rho_{gr}} \quad (3.21)$$

Рад продуката сагоревања у турбини ниског притиска сведен на јединицу протока гасова на улазу у турбину високог притиска:

$$L_{ips2} = c_{pps}^{(3'-4)} \cdot T_{3't} \cdot \left(1 - \Pi_{T1}^{\frac{R_{ps}}{c_{pps}^{(3'-4)}} \cdot \eta_{pT}}\right) \quad (3.22)$$

Рад расхладног ваздуха у турбини ниског притиска сведен на јединицу протока расхладног ваздуха:

$$L_{irv2} = c_{prv}^{(2-4)} \cdot T_{2t} \cdot \left(1 - \Pi_{T1}^{\frac{R_v}{c_{pps}^{(2-4)}} \cdot \eta_{pT}}\right) \quad (3.23)$$

Укупан унутрашњи рад турбине ниског притиска сведен на јединицу протока ваздуха на улазу у компресор:

$$L_{iT2} = \left(1 - z_{p1} - z_{p2} - r_{v1} - r_{v2}\right)(1 + b_1) \cdot \\ \cdot \left(1 + z_{p1} + r_{v1}\right)(1 + b_2) \cdot L_{ips} + r_{v2} \cdot M \cdot L_{irv} \quad (3.24)$$

Јединични унутрашњи користан рад постројења гасне турбине по јединици масеног протока ваздуха на улазу у компресор:

$$L_{iPGT} = L_{iT1} + L_{iT2} - L_{iK} \quad (3.25)$$

Степен корисности постројења гасне турбине (на спојници турбине):

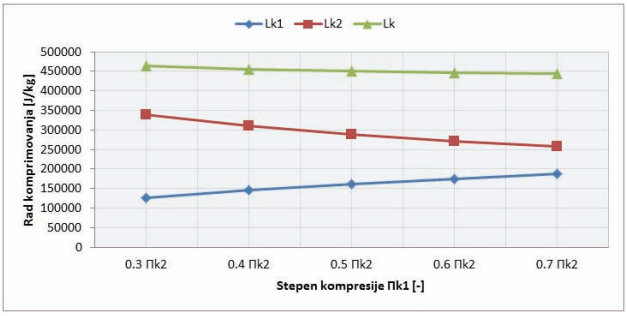
$$\eta_{PGT} = \frac{L_{iPGT} \cdot \eta_m}{q_{do1} + q_{do2}} \quad (3.26)$$

## 4. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА

Резултати прорачуна су сређени и приказани у облику дијаграма. На дијаграмима су приказане најважније величине које су потребне за оцењивање рада постројења гасне турбине.

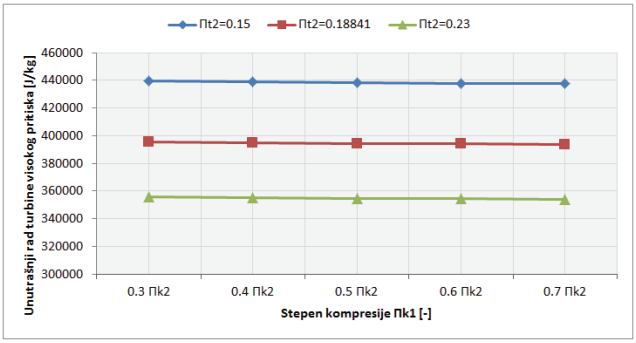
На слици 4.1 приказане су добијене вредности за укупан рад компримовања у првом ступњу $L_{K1}$, вредности за укупан рад компримовања у другом ступњу $L_{K2}$ и вредности за укупан рад компримовања $L_K$.

*Слика 4.1*



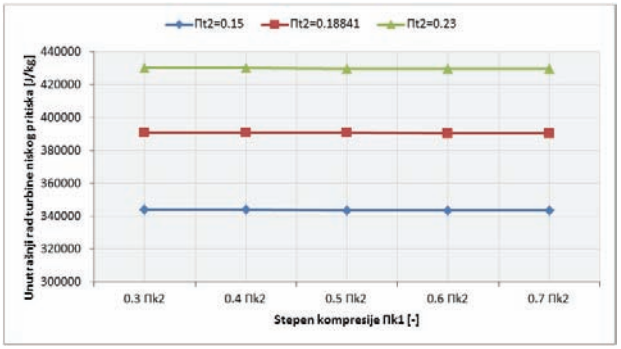

На слици 4.2 приказане су вредности за укупан унутрашњи рад турбине високог притиска $L_{iT1}$.

*Слика 4.2*



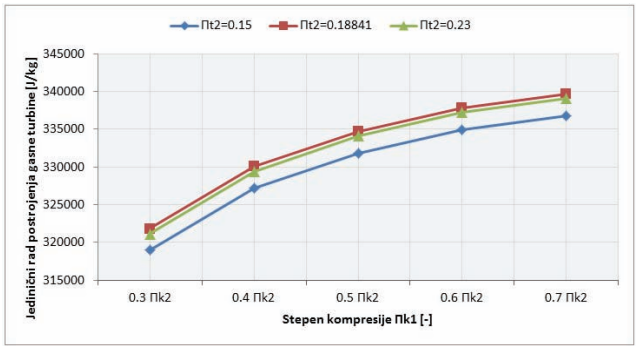

На слици 4.3 приказане су вредности за укупан унутрашњи рад турбине ниског притиска $L_{iT2}$ у зависности од степена компресије првог ступња $\Pi_{K_1}$ и од степена експанзије у турбини ниског притиска $\Pi_{T_2}$.

*Слика 4.3*



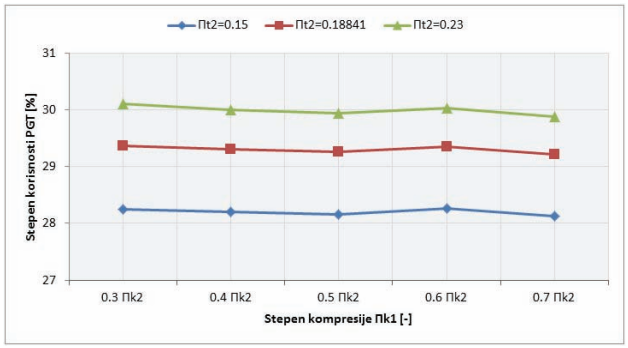

На слици 4.4 приказане су вредности за јединични унутрашњи користан рад постројења гасне турбине $L_{iPGT}$ у зависности од степена компресије првог ступња $\Pi_{K_1}$ и од степена експанзије у турбини ниског притиска $\Pi_{T_2}$.

*Слика 4.4*




На слици 4.5 приказане су вредности за степен корисности постројења гасне турбине $\eta_{PGT}$.

*Слика 4.5*




## 5. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА И ЗАКЉУЧАК

У раду је урађена анализа *Joule*-овог циклуса са међухлађењем и догревањем за гасну турбину са лопатицама хлађеним ваздухом. Циљ овог рада је био да покаже како степен компресије $\Pi_{K_1}$ и степен експанзије $\Pi_{T_2}$ утичу на главне енергетске карактеристике постројења – јединични унутрашњи користан рад $L_{iPGT}$ и степен корисности постројења гасне турбине $\eta_{PGT}$.

При изради математичког модела коришћена је метода *Müller* -а, која је делимично модификована [1]. Метода је проширена на постројење гасне турбине са једним међухлађењем при компресији и једним догревањем при експанзији. Метода је базирана на коришћењу претпостављених количина ваздуха за хлађење и заптивање, сведених на јединицу масеног протока ваздуха на улазу у компресор. Примена проширене методе демонстрирана је прорачуном главних индикатора *Joule*-овог циклуса – јединичног рада и степена корисности. Ова метода даје задовољавајуће резултате уз релативно једноставан поступак прорачуна.

Резултати прорачуна су сређени и приказани у облику дијаграма.

Резултати су логични и упоредиви су са резултатима из литературе [5] добијених за турбину без хлађења. Наиме, највећи јединични користан рад постројења се добија када су степени експанзије једнаки ($\Pi_{T_1} = \Pi_{T_2} = 0{,}18841$, slika 4.4). Такође у случају поделе степена компресије максимални рад се добија за тачку где су међусобно најближе вредности степена компресије ($\Pi_{K_1} = 0{,}7\Pi_{K_2}$).

## 6. ЛИТЕРАТУРА


[1] Војин Грковић, "*Топлотне турбомашине 1 теоријски основи*",ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2008.

[2] Војин Грковић, "*Топлотне турбомашине 2вишеступне машине, процеси и конструкције*", ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2009.

[3] Војин Грковић, "*Хлађење гасних турбина*", Дечје новине, Горњи Милановац, 1994.

[4] М. Богнер , " *Термотехничар 1*", СМЕИТС, Београд, 2004.

[5] Rice, I. G., "*The Combined Reheat Gas Turbine/Steam Turbine Cycle Part I – A Critical Analysys of The Combined Reheat Gas Turbine/Steam Turbine Cycle*", Transactions of the ASME, Journal of Engeneering for Gas Turbines and Power, Vol. 102, January 1980, pp. 35-41


**Кратка биографија:**




**Роберт Немет** рођен је у Србобрану 1987. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничлих наука из области Машинства – Енергетика и процесна техника / Топлотна и процесна техника одбранио је 2013.године.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 621**

# MIKROSTRIP REZONATORI I FILTRI NA BAZI PEANOVE FRAKTALNE KRIVE

# MICROSTRIP RESONATORS AND FILTERS BASED ON PEANO FRACTAL CURVES

Dimitrije Dukanac, Vesna Crnojević-Bengin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu predstavljen je mikrostrip rezonator na bazi Peanove fraktalne krive. Izvršeno je poređenje sa njemu odgovarajućim mikrostrip rezonatorom na bazi Hilbertove fraktalne krive. Na osnovu toga je predložen modifikovan rezonator na bazi Peanove fraktalne krive kome je potisnut drugi harmonik. Predstavljena je i filtarska konfiguracija na bazi Peanovog mikrostrip rezonatora, kao i filtarska konfiguracija na bazi modifikovanog Peanovog mikrostrip rezonatora sa poboljšanim karakteristikama u nepropusnom opsegu.*

**Abstract** – *In this paper we introduce microstrip resonator based on Peano fractal geometries. Also, its characteristic are compared with microstrip resonator based on Hilbert fractal curve. As result, it is presented modify Peano based microstrip resonator with supresed second harmonic. A bandpass filter has been designed based on 2nd iteration Peano fractal curve and a bandpass filter based on modify 2nd iteration Peano fractal curve with inpruved band-stop characteristic.*

**Ključne reči:** *Mikrostrip rezonator, mikrostrip filtar, Peanova fraktalna kriva*

## 1. UVOD

U poslednjim decenijama svedoci smo ubrzanog razvoja bežičnih komunikacionih sistema. Ovaj razvoj je prevashodno omogućen napretkom ostvarenim u minijaturizaciji elektronskih komponenti korišćenih u bežičnim uređajima, kao i regulativama i standardima koji ga usmeravaju.

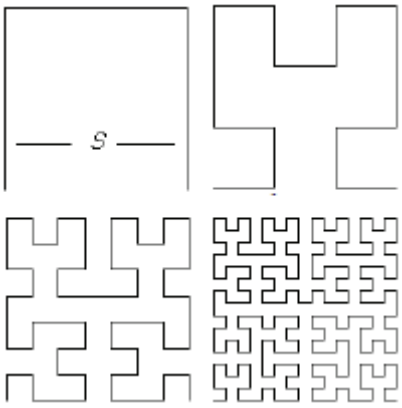
Sa aspekta daljeg razvoja bežičnih uređaja i komunikacija, minijaturizacija mikrostrip rezonatora i filtara kao njihovih nezaobilaznih delova, uz istovremeno poboljšanje performansi je i dalje imperativ i sve veći izazov.

Klasične kapacitivno spregnute mikrostrip konfiguracije se sastoje od λ/2 rezonatora, pa samim tim zauzimaju veliku površinu, posebno na nižim radnim učestanostima. Jedan od načina za prevazilaženje ovog problema je i korišćenje složenih geometrijskih konfiguracija koje omogućavaju postizanje velikih talasnih dužina uz istovremeno smanjenje zauzete površine.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Vesna Crnojević-Bengin.**

U tom smislu, fraktalne krive, kao krive beskonačne dužine koje zauzimaju konačnu površinu, se nameću kao rešenje problema. Naravno, kako je minimalna širina mikrostrip linije ograničena i određena raspoloživom tehnologijom fabrikacije to se za dizajn mikrostrip rezonatora koriste fraktalne krive konačnog reda. Međutim red fraktalne krive, pa samim tim i kompaktnost mikrostrip rezonatora nije ograničen samo tehnologijom fabrikacije već i performansama rezonatora koje opadaju sa povećanjem reda fraktalne krive.

Za realizaciju mikrostrip rezonatora koriste se brojne fraktalne krive, a ističe se Hilbertova fraktalna kriva obezbeđujući optimalan odnos performansi i kompaktnosti mikrostrip rezonatora. Na slici 1 su prikazane prve četiri iteracije Hilbertove fraktalne krive.




Slika 1. *Prve četiri iteracije Hilbertove fraktalne krive*

Peanova kao i Hilbertova fraktalna kriva je otvorena kriva dimenzije 2. Iako iste dimenzije Peanova fraktalna kriva postiže znatno veći stepen kompresije, što je očigledno i sa slike 2. Dužina linije u Peanovoj fraktalnoj krivoj je određena sa L(k) = (3k + 1)S, gde je k red fraktalne krive a S ukupna dimenzija (slika 2) [ 1]. U odnosu na dužinu linije u Hilbertovoj fraktalnoj krivoj, određenoj sa L(k) = (2k + 1)S, vidimo da će za isti red rezonator na bazi Peanove fraktalne krive postizati nižu rezonantnu učestanost.

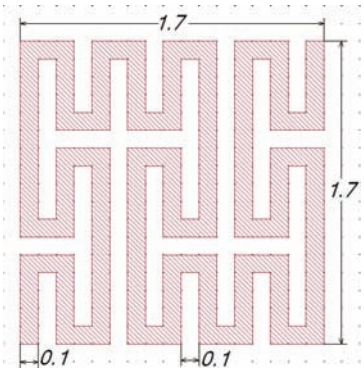



Slika 2. *Prve tri iteracije Peanove fraktalne krive*

## 2. MIKROSTRIP REZONATOR NA BAZI PEANOVE FRAKTALNE KRIVE

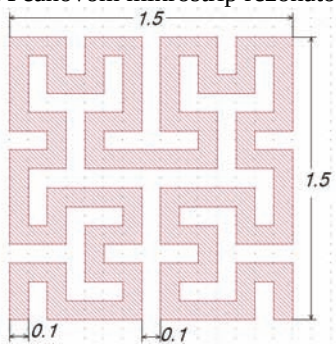
Peanova fraktalna kriva, kao otvorena kriva je pogodna za realizaciju kapacitivno spregnutih mikrostrip rezonatora. Na slici 3 je prikazan izgled mikrostrip rezonatora na bazi Peanove pre-fraktalne krive II reda.

Rezonator je spregnut procepom od 0.1 mm sa uvodnim 50-o omskim mikrostrip linijama centriranim u odnosu na rezonator. Širina mikrostrip linije i razmak između njih je jednak i iznosi 0.1 mm. Time su određene i ukupne dimenzije Peanovog mikrostrip rezonatora od 1.7x1.7 mm. Dielektrična podloga debljine 1.27 mm se karakteriše relativnom permitivnošću $\varepsilon_r=9.8$ i tangensom gubitaka $tg\delta=0.0025$. Kao provodnik je korišćen bakar.
Projektovanje i simulacija mikrostrip struktura prezentovanih u ovom radu urađena je u okviru programskog paketa Sonnet ver.13[2].




*Slika 3. Peanov mikrostrip rezonator, jedinice mere: mm*

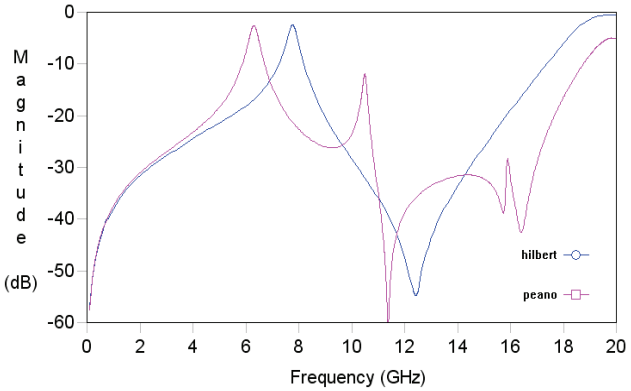
Da bi mogli da evaluiramo Peanov mikrostrip rezonator dizajniran je i rezonator na bazi Hilbertove pre-fraktalne krive III reda koji po dimenzijama najviše odgovara posmatranom Peanovom mikrostrip rezonatoru, slika 4.




*Slika 4. Hilbertov mikrostrip rezonator, jedinice mere: mm*

Uz širinu mikrostrip linije kao i njihov međusobni razmak od 0.1 mm, Hilbertov mikrostrip rezonator zauzima nešto manju površinu od 1.5x1.5 mm, te na osnovu toga očekujemo i da mu rezonantna učestanost bude viša.

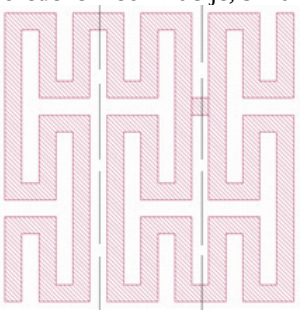
Na slici 5 je prikazan uporedni odziv Peanovog i Hilbertovog mikrostrip rezonatora.
Posmatrajući uporedni odziv pored nešto niže rezonantne učestanosti Peanovog mikrostrip rezonatora, što je i očekivano, upada u oči širok nepropusni opseg koji formira Hilbertov mikrostrip rezonator, potiskujući drugi harmonik.




*Slika 5. S21 odziv Peanovog i Hilbertovog mikrostrip rezonatora*

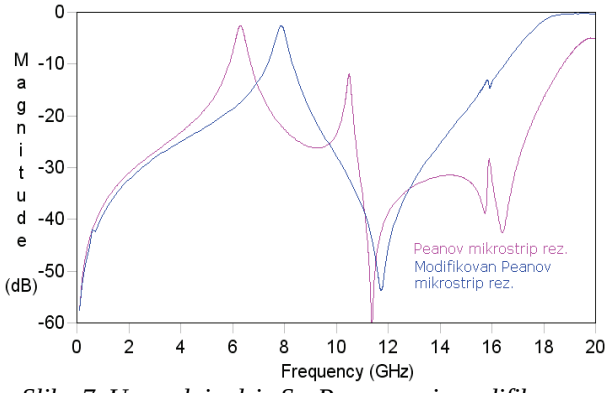
Ova osobina Hilbertovog mikrostrip rezonatora može biti od značaja pri projektovanju filtara, bilo single-band, obezbeđujući širok nepropusni opseg, bilo multi-band filtarskih konfiguracija.

Pokazuje se da se i Peanovim mikrostrip rezonatorom može postići odziv sličan Hilbertovom mikrostrip rezonatoru uz određene modifikacije, slika 6.



*Slika 6. Modifikovani Peanov mikrostrip rezonator*

Modifikacija se sastoji od kratkog spajanja poslednja dva segmenta Peanovog mikrostrip rezonatora čime se formiraju dve strujne putanje. Inače, pozicija na kojoj ćemo kratko spojiti segmente prevashodno određuje slabljenje trećeg harmonika koje narušava glatkoću karakteristike. U tom smislu na slici 6 je prikazano optimalno rešenje.
U suštini ovom modifikacijom se smanjuje efektivna električna dužina rezonatora a time se i rezonantna učestanost pomera ka višim frekvencijama. Nasuprot tome, poticija transmisione nule se ne menja čime se postiže potiskivanje drugog harmonika. Ako se pogleda slika 7 stvari postaju još očiglednije.




*Slika 7. Uporedni odziv $S_{21}$ Peanovog i modifikovanog Peanovog mikrostrip rezonatora*

U tabeli 1 prikazane su karakteristike sva tri simulirana rezonatora.

Tabela 1. Karakteristike simuliranih rezonatora

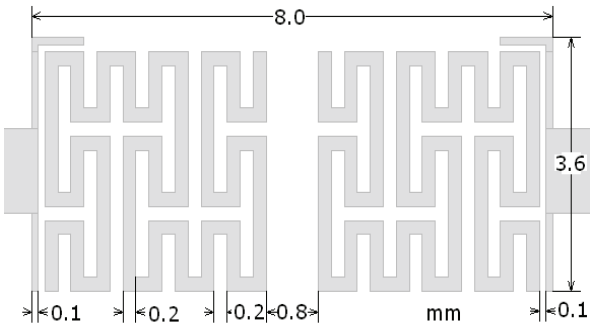
| | Peano II 1.7 x 1.7 mm | Hilbert III 1.5 x 1.5 mm | Peano II modifikovan 1.7 x 1.7 mm |
|---|---|---|---|
| $f_{r1}$ [GHz] | **6.3** | **7.76** | **7.875** |
| $f_{r2}$ [GHZ] | **10.486** | **19.7** | **19** |
| BW [MHz] | **391** | **440** | **375** |
| $S_{21}$ [dB] | **-2.56** | **-2.47** | **-2.6** |
| $Q_L$ | **16** | **18** | **21** |
| $Q_U$ | **35** | **41** | **46** |
| dimenzije | **0.09 $\lambda_g$** | **0.1 $\lambda_g$** | **0.15 $\lambda_g$** |

Gledajući rezultate iz tabele 1 jasno je da Peanov mikrostrip rezonator predstavlja najkompaktniju strukturu, što je praćeno i nešto većim gubitcima. Hilbertov mikrostrip rezonator se izdvaja nešto većim dimenzijama u odnosu na vođenu talasnu dužinu, ali i najmanjim gubitcima. Modifikovani Peanov rezonator se, pak, odlikuje nešto većim vrednostima faktora dobrote, ali i najvećim dimenzijama u odnosu na vođenu talasnu dužinu.

## 3. MIKROSTRIP FILTRI NA BAZI PEANOVOG REZONATORA

Iako su vrednosti faktora dobrote skromne, evidentan potencijal u pogledu minijaturizacije daje nam za pravo da razmotrimo mogućnost primene Peanovog mikrostrip rezonatora u filtarskim konfiguracijama.

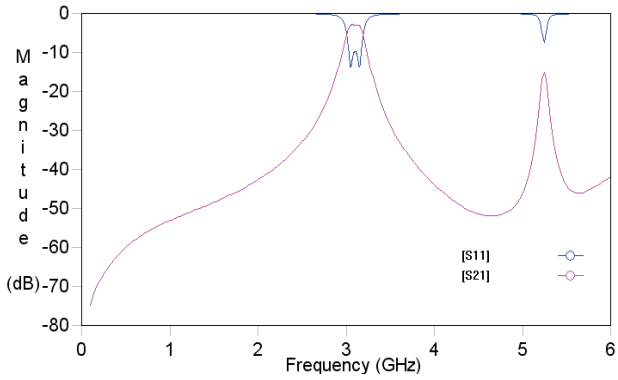
Na slici 8 vidimo predloženu filtarsku konfiguraciju sa Peanovim rezonatorima. Kao i u slučaju rezonatorskih struktura sprega sa uvodnim linijama je kapacitivna, uz minimalni procep od 0.1 mm kako bi minimizirali uneseno slabljenje.Takođe, karakteristike dielektrične podloge i korišćenog provodnika nisu menjanje i ostale su iste kao u slučaju prezentovanih mikrostrip rezonatora.




*Slika 8. Filtarska konfiguracija sa Peanovim mikrostrip rezonatorima*

Na slici 8 vidimo i da se koristi Peanov mikrostrip rezonator širine linije od 0.2 mm i procepom između linija od 0.2 mm, čime su ukupne dimenzije rezonatora povećane na 3.4x3.4 mm. Izborom ovih dimenzija rezonatora omogućeno nam je i da promenom odnosa širine provodne linije i procepa između istih utičemo na položaj propusnog opsega.

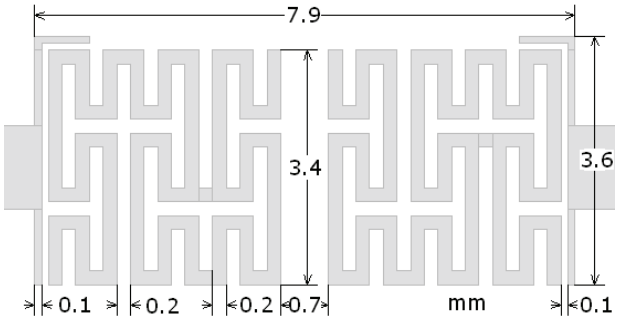
Slika 9 prikazuje $S_{11}$ i $S_{21}$ odziv filtarske strukture sa slike 8. Vidimo da se na rezonantnim učestanostima korišćenih rezonatora formira propusni opseg, dok je propusni opseg na drugoj rezonantnoj učestanosti potisnut na -15dB što em utiče na selektivnost propusnog opsega, em kvari performanse filtra u nepropusnom opsegu. Činjenica da je drugi propusni opseg na nižoj učestanosti od $2f_{c1}$ dodatno naglašava ovaj nedostatak.




*Slika 9. Odziv filtarske strukture sa Peanovim mikrostrip rezonatorima*

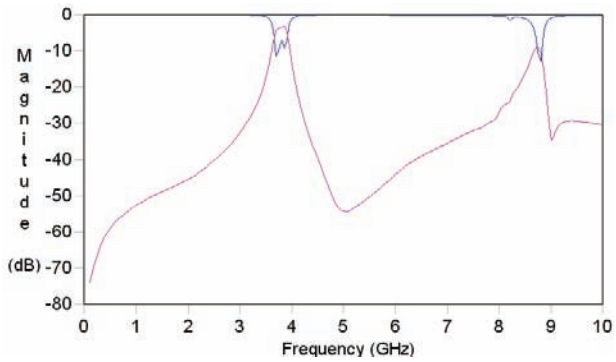
Videli smo da modifikovani Peanov mikrostrip rezonator obezbeđuje potiskivanje drugog harmonika. S obzirom na tu činjenicu filtarska konfiguracija sa modifikovanim Peanovim rezonatorom mogla bi da poboljša karakteristike odziva u nepropusnom opsegu.

Slika 10 prikazuje predloženu filtarsku konfiguraciju sa modifikovanim Peanovim mikrostrip rezonatorom. Na slici se uočava da je ukupna dužina filtarske konfiguracije za 0.1 mm manja, što je dobro sa aspekta minijaturizacije. Takođe, mesta na kojima su spojeni segmenti modifikovanog Peanovog mikrostrip rezonatora su dodatno podešavane kako bi se optimizovao odziv filtra.




*Slika 10. Filtarska konfiguracija sa modifikovanim Peanovim mikrostrip rezonatorima*

Odziv, prikazan na slici 11, pokazuje da su naša očekivanja bila opravdana. Neželjeni propusni opseg se nalazi na učestanosti od oko $2.5f_{c1}$ obezbeđujući širok nepropusni opseg. Naravno, ova filtarska konfiguracija formira propusni opseg čija je centralna učestanost na nešto višim frekvencijama, što je neizbežni kompromis.




*Slika 11. Odziv mikrostrip filtra sa modifikovanim Peanovim rezonatorom*

Promenom odnosa između širine provodne linije **w** i razmaka između istih **g** moguće je menjati rezonantne učestanosti korišćenih mikrostrip rezonatora, pa samim tim i centralne učestanosti filtra. U Tabeli 2 su sumirane karakteristike filtra na bazi Peanovog rezonatora za tri vrednosti parametra **w** i njemu pripadajućeg parametra **g**.

Tabela 2. Karakteristike simuliranih filtarskih konfiguracija na bazi Peanove fraktalne krive II reda

| | w/g 0.1/0.3 mm | w/g 0.2/0.2 mm | w/g 0.3/0.1 mm |
|---|---|---|---|
| $f_{r1}$ [GHz] | **2.775** | **3.1** | **3.4** |
| BW [MHz] | **186** | **200** | **208** |
| FBW [%] | **6.7** | **6.4** | **6.1** |
| IL [dB] | **-4.2** | **-2.9** | **-2.7** |
| RL [dB] | **7.8** | **9.6** | **12.4** |
| D x Š | **$0.18\lambda_g$ x $0.08\lambda_g$** | **$0.20\lambda_g$ x $0.09\lambda_g$** | **$0.23\lambda_g$ x $0.1\lambda_g$** |

U tabeli 3 su prikazane karakteristike simuliranih filtarskih konfiguracija na bazi modifikovane Peanove fraktalne krive II reda za tri vrednosti parametra **w** odnosno **g.**

Tabela 3. Karakteristike simuliranih mikrostrip filtara na bazi modifikovanog Peanovog rezonatora

| | w/g 0.1/0.3 mm | w/g 0.2/0.2 mm | w/g 0.3/0.1 mm |
|---|---|---|---|
| $f_{r1}$ [GHz] | **3.4** | **3.8** | **4.13** |
| 3dB [MHz] | **250** | **260** | **270** |
| 3dB FBW [%] | **7.3** | **6.8** | **6.5** |
| IL [dB] | **-4.9** | **-3.6** | **-3.3** |
| Dimenzija | **$0.22\lambda_g$x$0.1\lambda_g$** | **$0.25\lambda_g$x$0.12\lambda_g$** | **$0.28\lambda_g$x$0.13\lambda_g$** |

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prezentovan mikrostrip rezonator na bazi Peanove fraktalne krive II reda čija kompaktnost obećava primenu u dizajnu minijaturnih filtara. Na osnovu njega je projektovan mikrostrip filtar drugog reda dimenzija oko $0.2\lambda_g$x$0.1\lambda_g$ što ga čini kandidatom za primenu u kompaktnim bežičnim uređajima. Takođe je pokazano da se promenom faktora ispune (**w**/**g**) može uticati na položaj centralne učestanosti, u diskretnim vrednostima od oko 300 MHz (tabela 2), bez uticaja na ostale karakteristike filtra.

Takođe, prikazan je i modifikovan Peanov mikrostrip rezonator koji obezbeđuje širok nepropusni opseg uz nešto manju kompaktnost. Na osnovu njega je projektovan filtar koji ima poboljšane karakteristike u nepropusnom opsegu uz nešto veće dimenzije u odnosu na vođenu talasnu dužinu $\lambda_g$ .

Na osnovu svega iznetog može se konstatovati da predložene filtarske konfiguracije poseduju potencijal za primenu u kompaktnim bežičnim uređajima, ali i da ima prostora za dalje poboljšanje njihovih performansi.

## 5. LITERATURA

[1] Jawad K. Ali „Peano Fractal-based Dual-mode Microstrip Bandpass Filters for Wireless Communication Systems", 2012.

[2] Sonnet_User's_Guide_v13

**Kratka biografija:**



**Dimitrije Dukanac** rođen je u Čačku 1983. god. Diplomski-master rad odbranio je 2013.god na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika.



**Vesna Crnojević-Bengin** rođena je u Novom Sadu 1972. Doktorirala je na Fakultetu Tehničkih Nauka 2006. god., a od 2011 izabrana je u zvanje vanrednog profesora. Oblast interesovanja su RF i mikrotalasna tehnika, telekomunikaciona elektronika

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 621.39**

# KONSTRUKCIJA I ANALIZA PERFORMANSI TCM ZASNOVANE NA SFERNIM KODOVIMA

# CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF TCM PERFOMANCES BASED ON SPHERICAL CODES

Mićo Nešković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu predstavljena je konstrukcija trelis-kodovane modulacije primjenom iterativnog algoritma zasnovanog na metodi promjenljive odbojne sile, uz korišćenje trodimenzionih sfernih kodova pripremljenih za optimalnu podjelu skupa.*

**Abstract** – *This paper examines the idea of constructing trelis coded modulation using iterative algorithm based on variable repulsive force method with use of already partitioned three-dimensional spherical codes.*

**Ključne riječi:** *trelis-kodovana modulacija, podjela skupa tačaka, sferni kodovi, raspoređivanje tačaka na površini sfere.*

## 1. UVOD

Trelis-kodovana modulacija (eng. Trellis Coded Modulation, TCM) jeste postupak koji kombinuje zaštitno kodovanje i modulaciju i time značajno povećava robusnost digitalnog prenosa. TCM omogućava efikasan prenos informacija preko kanala sa ograničenim propusnim opsegom bez potrebe za smanjenjem brzine prenosa.

Pojava TCM-a omogućila je upotrebu konvolucionog (linearnog trelis) kodovanja i za nebinarnu modulaciju sa skupom signala proizvoljne veličine, što do tada nije predstavljalo prikladno rješenje u slučaju ograničenog propusnog opsega.

U ovom radu prikazan je iterativni algoritam, zasnovan na metodi promjenljive odbojne sile, za konstrukciju TCM korišćenjem trodimenzionih sfernih kodova pripremljenih za optimalnu podjelu skupa. Ovaj pristup konstrukciji TCM na bazi sfernih kodova je prvi put predstavljen u radu [5].

Rezultati simulacije primjene dobijenih TCM kodova u kanalu sa Gausovim šumom izloženi su u glavi 5.

## 2. SFERNI KODOVI

Svaki zaštitni blok kod C predstavlja skup od M različitih nizova simbola:

$$C = C(M,N,A) = \{\vec{x}_m = (x_{m1},\dots,x_{mN})\}_{m=1}^{M}, \quad (1)$$

koje čine kodne riječi jednakih dimenzija N, pri čemu svi simboli pripadaju nekom alfabetu A. Alfabet može imati konačan broj simbola $q$ (diskretni blok kodovi), ili neograničen broj simbola kada je A⊂ℝ (euklidski blok kodovi).

Euklidski blok kod je energetski ograničen po srednjoj energiji Es ako je ispunjen uslov:

$$\sum_{m=1}^{M} P(\vec{x}_m)\cdot|\vec{x}_m| = E_s. \quad (2)$$

Ako uz to važi $|\vec{x}_m| = E$, za $m = 1,\dots,M$, u pitanju je sferni blok kod čije sve kodne riječi leže na površini N-dimenzionalne hipersfere $\Omega_N$ , poluprečnika $r_s=\sqrt{E}$ .

Svaki blok kod se može snabdjeti nekom metrikom d koja određuje rastojanja između kodnih riječi $m$ i $l$. Kod diskretnih blok kodova se najčešće koristi Hemingova metrika, a kod euklidskih blok kodova euklidska metrika. Euklidsko rastojanje između kodnih riječi $x_m$ i $x_l$ blok kodova u N-dimenzionalnom euklidskom prostoru $\mathbb{R}_N$ definisano je izrazom:

$$d_{ml} = d(\vec{x}_m,\vec{x}_l) = \sqrt{\sum_{n=1}^{N}(x_{mn}-x_{ln})^2}\,. \quad (3)$$

Ukoliko se ekvienergetski signali koriste na ulazu u telekomunikacioni kanal u kom djeluje aditivni Gausov šum, čija se normalizovana realizacija označava sa

$\underline{\vec{n}} = (\underline{n}_1,\dots,\underline{n}_N)$, kvadratna euklidska metrika:

$$\underline{d}^2(\underline{n},\underline{x}) = |\underline{n}|^2 = |\underline{r}-\underline{x}|^2 = \sum_{n=1}^{N}(\underline{r}_n-\underline{x}_n)^2, \quad (4)$$

u prostoru reprezentacije $\mathbb{R}_N$ eksplicitno izražava uticaj aditivnog Gausovog šuma na pouzdanost prenosa informacija. Stoga je za analizu pouzdanosti prenosa informacija kroz kanal sa aditivnim Gausovim šumom dovoljno razmotriti samo raspodjelu kvadratnih euklidskih rastojanja $D_{S^2}(N,M) = \{\underline{d}_{lm}^2 \mid l<m\}$ sfernog koda, gdje je:

$$\underline{d}_{lm} = \sum_{n=1}^{N}(\underline{x}_{ln}-\underline{x}_{mn})^2 = |\vec{x}_l-\vec{x}_m|^2. \quad (5)$$

kao i odnos signal-šum:

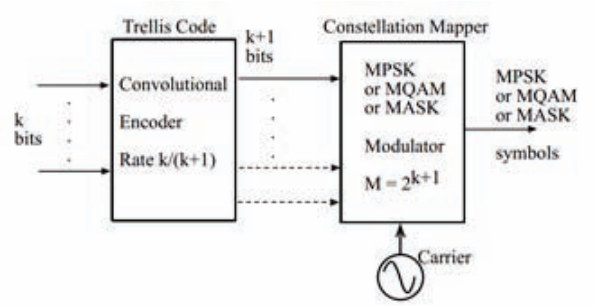
$$SNR = \frac{E}{N\sigma^2}\,. \quad (6)$$

## 3. TRELIS-KODOVANA MODULACIJA

TCM predstavlja kombinovanu tehniku kodovanja i modulacije za digitalni prenos informacija komunikacionim kanalima sa ograničenim propusnim opsegom koja ne zahtjeva povećanje propusnog opsega ili pak smanjenje brzine prenosa informacija. Prvobitni koncept predstavio je Gotfrid Ungerbek 1976. god.

Osnovna šema TCM-a prikazana je na slici 1. U osnovi, TCM kombinuje konvolucioni kod, kodne brzine R=k/(k+1), sa M-arnom modulacijom na takav način da redundantni biti dobijeni kodovanjem koriste za proširenje skupa signala na ulazu u kanal.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vojin Šenk.**




Slika 1. *Šema trelis-kodovane modulacije*

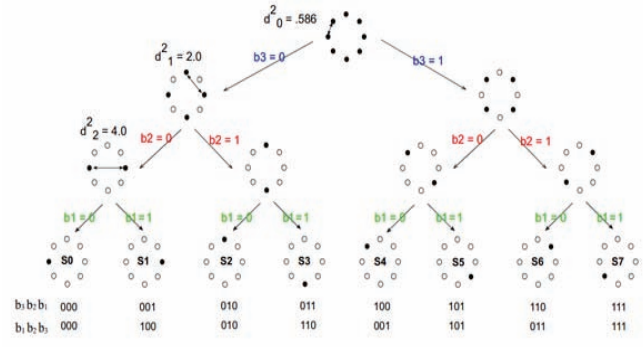
Osnovni principi TCM-a mogu se shvatiti poređenjem kodovanog 8-PSK sistema sa nekodovanim 4-PSK. Ako sa $\Delta_{min}$ označimo minimalno euklidsko rastojanje između tačaka konstelacionog dijagrama kodovanog signala, a sa $d_{min}$ minimalno rastojanje nekodovanog signala, očigledno da je $\Delta_{min} < d_{min}$, uz pretpostavku da su prosječne energije kodovanog i nekodovanog signala međusobno jednake.

Međutim, u slučaju kodovanog signala posmatraju se cjelokupne sekvence umjesto pojedinačnih signala. Minimalno moguće rastojanje između svih mogućih parova kodnih sekvenci naziva se slobodno rastojanje, $d_{free}$. Ovo rastojanje mora biti veće od minimalnog rastojanja nekodovanog sistema da bi se ostvario dobitak kodovanjem, koji se može izraziti formulom:

$$\gamma = \frac{d_{free}^2/E_{kodovano}}{d_{min}^2/E_{nekodovano}}, \qquad (7)$$

gdje su $E_{kodovano}$ i $E_{nekodovano}$ prosječne energije kodovanog i nekodovanog signala.

Podjela skupa signala (*eng. set-partition*) na podskupove jednake veličine obavlja se na takav način da se maksimizuje minimalno euklidsko rastojanje unutar svakog podskupa, pri čemu se u svakoj iteraciji dobijaju sve veća rastojanja, tj. $\Delta_0<\Delta_1<\Delta_2<...$ ($\Delta_i$ je minimalno euklidsko rastojanje između signalnih tačaka podskupa na i-tom nivou podjele). Primjena ove metode na skup signala za 8-PSK prikazana je na slici 2.

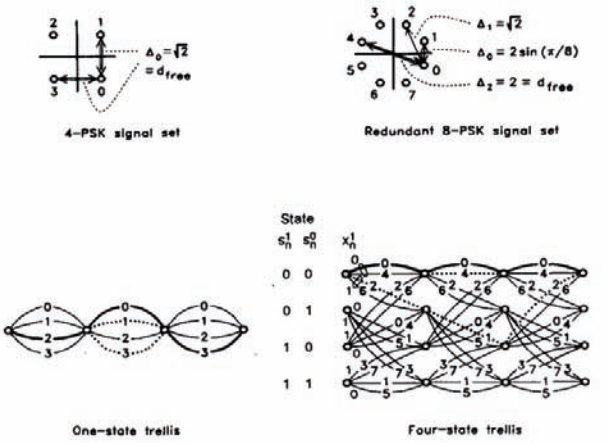



Slika 2. *Ilustracija metode podjele skupa*

Vjerovatnoća greške na prijemnoj strani najveća je za najniže bite kodne riječi, dok je u slučaju najvišeg bita (MSB) potrebna greška od čak 180° da bi došlo do pogrešnog prijema. Ovi biti se mogu ostaviti nekodovani, čime se smanjuje kodna brzina i povećava bitska efikasnost.

Trelis dijagram i skup signala za nekodovanu 4-PSK i kodovanu 8-PSK modulaciju su prikazani na slici 3. U slučaju 4-PSK nema kodovanja, te ne postoje ni ograničenja u pogledu sekvenci, i u svakom signalnom intervalu prisutna su 4 paralelna prelaza. Na trelisu za kodovanu 8-PSK iz bilo kog stanja moguće je nastaviti putanju jednom od dvije grane, pri čemu svakoj grani trelisa odgovaraju dva paralelna prelaza.

Podjelom skupa vrlo brzo dolazi se do vrijednosti euklidskog rastojanja između tačaka koja prevazilazi slobodno euklidsko rastojanje koda koje je moguće ostvariti za datu složenost samog koda. Stoga se obično koriste samo dvije ili tri iteracije, a zatim se tačke iz svakog podskupa pridružuju odgovarajućim paralelnim prelazima na trelisu.




Slika 3. *Skup signala i trelis dijagram za posmatrani primjer*

Sa $\delta_{free}^2$ može se označiti minimalno slobodno kvadratno euklidsko rastojanje između putanja na trelisu koje počinju iz istog stanja i završavaju se u istom stanju, a razlikuju se u više od jedne grane (zavisi od koda), a sa $\delta_{min}^2$ minimalno rastojanje između putanja koje se razlikuju u samo jednoj grani tj. između paralelnih prelaza (zavisi od euklidskih rastojanja na konstelacionom dijagramu). Manja vrijednost od ove dvije određuje vjerovatnoću greške na prijemu TCM signala, tj. važi:

$$d_{free}^2 = min\left[\delta_{free}^2, \delta_{min}^2\right]. \qquad (8)$$

## 4. KONSTRUKCIJA TCM NA BAZI SFERNIH KODOVA

Klasičan pristup konstrukciji TCM na bazi sfernih kodova podrazumjeva da se za dati broj kodnih riječi, M, i njihovu dužinu, N, odredi najbolji raspored M tačaka na površini N-dimenzionalne sfere (raspored sa najvećim minimalnim rastojanjem između tačaka), a zatim da se izvrši sukcesivna podjela osnovnog skupa na podskupove (*set partition* metodom).

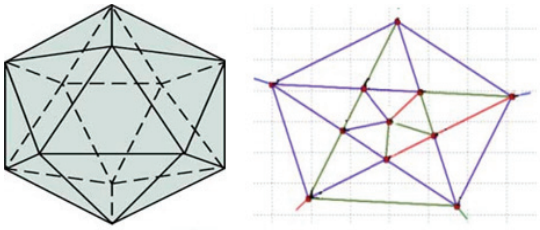
Za M=12 i N=3 najbolji sferni kod odgovara ikosaedru. Slika 4. prikazuje ikosaedar i njegovu stereografsku projekciju, tj. Šlegelov dijagram.

Minimalno euklidsko rastojanje za prikazani sferni blok kod iznosi $\delta_{min}$=1,05146.

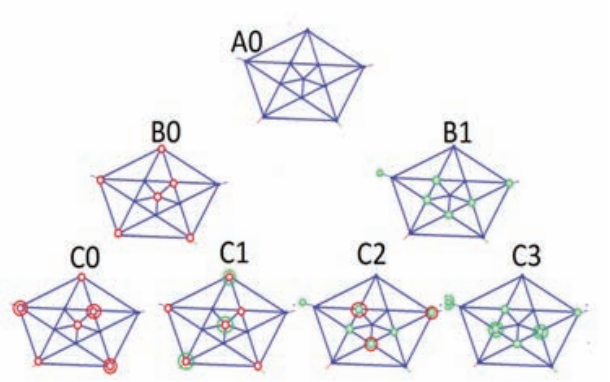
Ovaj osnovni skup se zatim iterativno dijeli na podskupove jednakih veličina. Na slici 5. prikazana je podjela datog skupa u dvije iteracije. Tačke koje pripadaju istom podskupu označene su istom bojom.

Na slici 6. prikazan je trelis dijagram sa osam stanja za dati sferni kod. Svakoj grani u trelisu odgovaraju 3

paralelna prelaza. Putanje koje se nalaze na minimalnom rastojanju označene su crvenom i zelenom bojom.



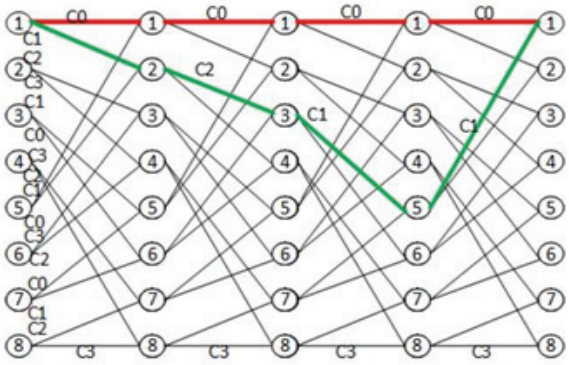
Slika 4. *Ikosaedar i odgovarajući Šlegelov dijagram*




Slika 5. *Podjela skupa najboljeg sfernog koda za M=12*

U pitanju je minimalno slobodno kvadratno euklidsko rastojanje ($\delta_{free}^2$). Minimalno rastojanje između paralelnih prelaza ($\delta_{min}^2$) zavisi od euklidskih rastojanja između tačaka u okviru podskupova na najnižem nivou podjele (C0,C1, C2 i C3).

U konkretnom primjeru je $\delta_{min}^2=(1{,}7013)^2=2{,}8944$, $\delta_{free}^2=4\delta_A$, te minimalno kvadratno euklidsko rastojanje iznosi $d_{free}^2=\delta_{min}^2=2{,}8944$.



Slika 6. *Upotrebljeni trelis dijagram sa 8 stanja*

### 4.1. Podjela skupa prilagođena unaprijed zadatom trelis kodu

Nešto drugačiji pristup problemu konstrukcije TCM sa naglaskom na ostvarivanju što boljeg euklidskog rastojanja unutar samih podskupova koji su prilagođeni unaprijed zadatom trelis kodu, predstavljen je u radu [5]. Osnovni algoritam je slijedeći:

- za dati početni raspored tačaka na sferi izvrši se podjela osnovnog skupa na odgovarajuće podskupove u neophodnom broju iteracija;
- zatim se odgovarajućim optimizacionim metodama tačke na površini sfere raspoređuju tako da se maksimizuje minimalno euklidsko rastojanje između tačaka unutar svakog podskupa;
- nakon toga se vrši maksimizacija minimalnog euklidskog rastojanja između samih podskupova.

Za raspoređivanje tačaka na površini sfere koristi se metoda promjenjive odbojne sile (*eng. Variable Repulsion Force Method*). U okviru ove metode tačke na sferi se modeluju generalizovanim elektronima koji se odbijaju. Svaki elektron, tj. kodni vektor se pomjera po jediničnoj sferi u smjeru odbojne sile kojom na njega djeluju drugi vektori, pri čemu intenzitet sile opada sa rastojanjem.
Početne koordinate vektora ($r_i^{'(1)}$ ,…, $r_i^{'(N)}$) biraju se u skladu sa normalnom raspodjelom $\mathcal{N}(0,1)$, a zatim se dobijeni vektori projektuju na jediničnu sferu $r_i = (r_i') / |r_i'|$. Nakon što je generisan početni raspored tačaka, osnovni skup se u neophodnom broju iteracija dijeli na podskupove.
Nakon što je izvršena podjela skupa, primjenjuje se metoda promjenjive odbojne sile u donekle izmjenjenom obliku radi maksimizacije minimalnog euklidskog rastojanja. U ovom slučaju, sila kojom generalizovani elektroni $i\in\{1,\ldots,M\}/j$ djeluju na elektron $j$ data je izrazom:

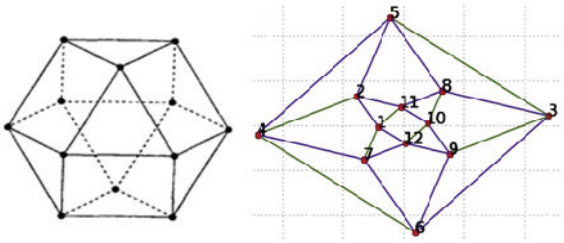
$$F'_{i\to j} = \sum_{i\in\{1,\ldots,M\}/j}\left(\frac{\mu_j}{a_{ij}|r_j-r_i|^2}\right)^{\beta/2}, \qquad (9)$$

gdje je:

$$\mu_j = min_{i\in\{1,\ldots,M\}/j}\, a_{ij}|r_j - r_i|^2. \qquad (10)$$

Parametar $a_{ij}\geq 1$, koji zavisi od para tačaka $r_j$ i $r_i$, bira se tako da prilikom računanja rezultujuće sile $F'_{i\to j}$ tačke iz istog skupa djeluju silama većeg intenziteta na tačku $j$ u poređenju sa tačkama iz preostalih skupova. U posmatranom primjeru gdje su dobijena 4 podskupa, parametar $a_{ij}$ uzima jednu od dvije moguće vrijednosti, $a^1$ i $a^2$ (pri čemu važi $a^2>a^1$).

Iterativnim postupkom za raspoređivanje tačaka na sferi za M=12 i N=3, uz vrijednosti parametara $a^1=100$ i $a^2=10000$, dobija se raspored tačaka koji odgovara kuboktaedru, prikazan na sl. 6.



Slika 7. *Kuboktaedar i odgovarajući Šlegelov dijagram*

U tabeli 1. izvršeno je poređenje minimalnih euklidskih rastojanja za ikosaedar i kuboktaedar, gdje je $\Delta_{min}$ minimalno rastojanje između svih tačaka osnovnog skupa, dok je $\delta_{min}$ minimalno rastojanje unutar podskupova.

Algoritam za usmjereno generisanje particije skupa izložen u [9] upotrijebljen je u ovom radu za pronalaženje optimalnog rasporeda tačaka većeg broja sfernih kodova uz primjenu različitih vrijednosti parametara $a^1$ i $a^2$. U

tabeli 2. su prikazana euklidska rastojanja za neke od dobijenih kodova.

Tabela 1. *Ostvarena minimalna euklidska rastojanja*

| ***Raspored tačaka*** | $\Delta_{min}$ | $\delta_{min}$ |
|---|---|---|
| Ikosaedar | 1,0515 | 1,7013 |
| Kuboktaedar | 1 | 1,7320 |

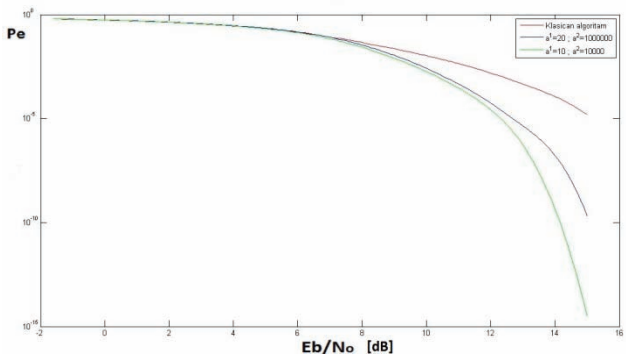
*Tabela 2. Euklidska rastojanja generisanih kodova*

| ***Broj tačaka*** | $\Delta_{min}$ | $\delta_{min}$ |
|---|---|---|
| **16** | 0,6923 | 1,6330 |
| **20** | 0,6996 | 1,4142 |
| **24** | 0,6038 | 1,4142 |
| **28** | 0,6310 | 1,2569 |
| **32** | 0,3844 | 1,2156 |
| **36** | 0,4034 | 1,1547 |

## 5. PERFORMANSE DOBIJENIH KODOVA U KODNOM KANALU SA GAUSOVIM ŠUMOM

Da bi se ocijenile performanse TCM kodova koji su dobijeni izloženom metodom, izvršena je simulacija za AWGN kodni kanal za sferne kodove sa 12, 16 i 24 tačke. Ostvareni rezultati su zatim upoređeni sa performansama sfernih kodova dobijenih klasičnim pristupom, gdje su particije skupa urađene ručno. Svi rezultati simulacija su realizovani korišćenjem trelisa prikazanog na sl. 6.

Na slici 8. dat je grafik vjerovatnoće greške ($P_e$) u zavisnosti od odnosa energije signala po bitu i spektralne gustine snage šuma ($E_b/N_0$ ) za sferni kod sa 16 tačaka. Crvenom linijom je prikazana ova zavisnost za sferni kod dobijen klasičnim pristupom, dok su plavom i zelenom prikazani rezultati za dva najbolja koda dobijena u radu.



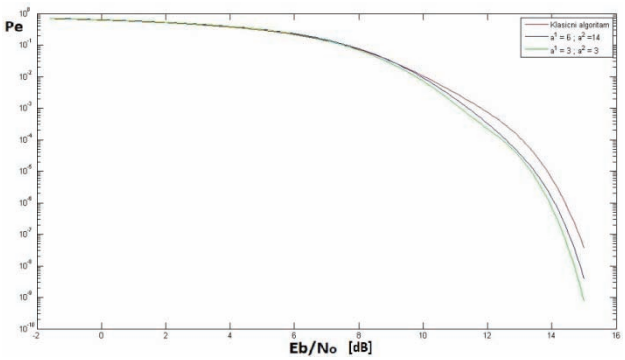

Slika 8. *Rezultati simulacije za M=16*

Na slici 9. prikazana je vjerovatnoća greške za kod sa 24 tačke.

## 6. ZAKLJUČAK

Rezultati simulacija pokazuju da se primjenom TCM kodova koji su konstruisani usmjerenim generisanjem particija skupa ostvaruje dobitak već za trelis sa osam stanja.

U poređenju sa TCM kodovima realizovanim klasičnim pristupom, predstavljeni algoritam generiše kodove kojima se postiže dobitak od oko 0,5dB za M=24, 1dB za M=12 i skoro 2,5dB za M=16. Primjenom trelisa sa većim brojem stanja moguće je ostvariti još bolje performanse.




Slika 9. *Rezultati simulacije za M=24*

U narednom periodu neophodno je istražiti performanse preostalih optimalnih kodova koji su dobijeni u toku rada na ovoj temi, performanse TCM sa većim brojem stanja trelisa, te uticaj različitih vrijednosti parametara $a^1$ i $a^2$ na konstrukciju optimalnih kodova.

## 7. LITERATURA


[1] G. Ungerboeck, "Channel Coding with Multilevel / Phase Signals", IEEE Trans. Inform. Theory, IT-28 : 55-67, January 1982.

[2] M. Obradović, D. Lazić, V. Šenk, J. Golić, M. Milosavljević, "Zaštitno kodovanje sa statističkim prepoznavanjem oblika", Beograd, 1989.

[3] Karolina Kasaš, "Reprezentacija signala pomoću rasporeda tačaka na sferi", Novi Sad, 1988.

[4] Shu Lin, Daniel J. Costello, "Error Control Coding (2nd Edition)", Pearson Prentice Hall, 2004.

[5] A. Minja, I. Stanojević, V. Šenk, "Konstrukcija trelis kodovane modulacije optimizacijom sfernih kodova", Novi Sad, 2013

[6] I. Stanojević, V. Šenk, V. Milutinović, "Application of Maxeler Dataflow Supercomputing to Spherical Code Design", Novi Sad, 2013.


**Kratka biografija:**




**Mićo Nešković** rođen je u Bijeljini 1983. god. Apsolvent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na odsjeku za telekomunikacije i obradu signala.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 621**

# IZDVAJANJE KARAKTERISTIČNIH OBELEŽJA SIGNALA VIBRACIJA ZA DETEKCIJU KVAROVA LEŽAJA ELEKTROMOTORA

# EXTRACTION OF VIBRATION SIGNAL CHARACTERISTIC FEATURES FOR ELECTRIC MOTOR BEARING FAULT DETECTION

Zorana Zec, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je prikazano izdvajanje obeležja iz signala vibracija i prednosti upotrebe tehnike analize envelope, koji su sastavni deo sistema za automatsko dijagnostikovanje kvara kugličnih ležajeva. Na osnovu prikupljenh podataka izračunata su obeležja u vremenskom i frekvencijskom domenu i formiran je vektor obeležja. Implementirana je tehnika analize envelope i prikazana detekcija kvarova.*

**Abstract** – *In this paper, features extraction from the vibration signal and advantage of usage envelope analysis, which are constituent part of automatic diagnosis of rolling element bearing failure, are shown. According to the collected data, features in time and frequency domain are given and features vector is formed. Technique of envelope analysis is implemented and detection of failure is shown.*

**Ključne reči:** *izdvajanje obeležja, analiza envelope, detekcija greške*

## 1. UVOD

Kvarovi na ležajevima kod rotacionih mašina mogu izazvati oštećenja, koja mogu voditi otkazu mašine ili pogona. Kako bi se izbegli ekonomski gubici jedan od primarnih zadataka u procesu održavanja mašine jeste utvrđivanje njenog stanja. Prediktivno održavanje omogućava da se prate i donose zaključci o operativnom stanju mašina, kao i da se preduzmu odgovarajuće mere kako bi se produžio radni vek mašine i smanjili troškovi prilikom zastoja u radu. Prema tome, postoji potreba za neinvazivnom prediktivnom tehnikom koja bi omogućila otkrivanje prisustva kvara u ranoj fazi.

Najsavremenije metode za dijagnostikovanje stanja ležajeva su zasnovane na analizi izmerenih signala vibracija i primeni odgovarajućih tehnika, koje kao osnovu za klasifikaciju (na ispravne i defektne ležaje) koriste isti ili gotovo isti vektor obeležja. Međutim, klasifikacioni pristupi se razlikuju i metode se mogu podeliti na one kod kojih se klasifikacija vrši na osnovu parametarske klasifikacione metode i one kod kojih se detekcija greške zasniva na neparametarskoj klasifikaciji.

Neuronska mreža i fazi logika, koje spadaju u grupu neparametarskih metoda, se često primenjuju prilikom rešavanja ovih vrsta problema i ovim alatima se postiže pouzdana klasifikacija.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željko Kanović.**

Nedostatak neparametrskih metoda je taj što proces zahteva dostupnost velikogobučavajućeg skupa (neuronske mreže) ili pak veliki broj parametara koji moraju biti izabrani ili prilagođeni (fazi sistemi), kako bi se dobio dobar klasifikacioni rezultat.

Kao polaznu tačku ovaj rad koristi rad [1], u kom je prikazan novi pristup u klasifikaciji grešaka kod kugličnih ležajeva na osnovu statističkog prepoznavanja oblika. Karakterizacija svakog snimljenog vibracionog signala se vrši kombinacijom statističkih parametara iz vremenskog domena i karakterističnih komponenti frekvencije greške ležaja dobijenih analizom envelope. Na ovaj način, na osnovu signala vibracija formiran je 18-dimenzionalni vektor, čije se dimenzije, nadalje, redukuju kako bi se dobio 2-dimenzionalni vektor, koji predstavlja set za obuku klasifikatora. Klasifikacija je izvršena na dve klase, defektne i funkcionalne. Glavna odlika klasifikatora je jednostavnost, za razliku od klasifikatora zasnovanog na neuronskim mrežama, koji ima kompleksne algoritme obuke.

U ovom radu je opisan način kreiranja 18-dimenzionalnog vektora obeležja, kao i prednosti upotrebe tehnike envelope.

## 2. ANALIZA SIGNALA VIBRACIJA

Signali vibracija se često koriste prilikom dijagnostikovanja greške mehaničkog sistema, jer nose informaciju o dinamičkom stanju samih mehaničkih elemenata. Analiza vibracija, ispravno primenjena, obezbeđuje otkrivanje malih kvarova pre nego što postanu pretnja za integritet mašine. Vibracije u mašini se javljaju tokom rotacionog kretanja, kao i prilikom transformacije rotacionog kretanja u translatorno. Vibraciju objekta obično izaziva sila pobude, pa se iz tog razloga analiza vibracija koristi za određivanje sile pobude kada je mašina u radu.

### 2.1. Karakteristične veličine vibracija

Osnovne veličine koje se koriste za merenje i opisivanje vibracija su: pomeraj d[m], brzina v[m/s] i ubrzanje a[m/$s^2$ ili G].

Ukoliko je signal pomeraja poznat, ostali parametri se mogu odrediti jednostrukim ili dvostrukim diferenciranjem ovog signala.

Priroda problema se može utvrditi na osnovu različitih vrednosti frekvencija vibracija, koje zavise od brzine rotiranja dela sistema, koji je neispravan ili ima smetnje.

Prilikom analize vibracija u mašinama od značaja je utvrditi izvore energije vibracija i delove mašina koje tu energiju preuzimaju. Energija vibracija se distribuira kroz mašinu u zavisnosti od stepena slobode, prirodne

frekvencije i prigušenja, ali i od frekvencije energetskog izvora, krećući se pri tom od izvora do prigušivača, gde se pretvara u toplotu.
Pojava pri kojoj se frekvencija pobude i prirodna frekvencija strukture izjednače se naziva rezonanca.
Ukoliko dođe do rezonance, rezultujući nivo vibracija može biti jako visok, izazivajući pri tom ogromnu štetu. Iz tog razloga treba voditi računa da do ove pojave ne dođe.
Amplituda je pokazatelj intenziteta poremećajne sile i promene amplitude vibracija znače promenu u mehaničkom ili procesnom stanju mašine. Najčešće, ova promena je u smeru povećanja amplitude, iako to nije uvek slučaj.

### 2.2. Akvizicija podataka

Signali vibracija su snimljeni putem akcelerometra, koji se postavlja što je bliže moguće samom ležaju koji se prati tako da se dobije što čistiji signal. Vibracije su indukovane delovanjem dinamičkih sila na ležaj.

Signal greške je rezultat vibracija generisan kada defekt - bilo na spoljašnjem, unutrašnjem prstenu ili, pak, kuglici interaguje sa rotirajućom površi.

U izvršenim eksperimentima vibracije su dobijene sa dva senzora, postavljena radijalno u odnosu na ram ležaja. Frekvencija odabiranja po kanalu je 96 kHz.

Vibracije su merene u odnosu na brzinu rotacije osovine 1.518 rpm, ili 25,3 Hz. Ispitano je 196 ležaja. Rezultati su pokazali da je njih 130 oštećeno, dok su od 66 ispravnih - 44 nova, a 22 od ranije korišćena.

## 3. FORMIRANJE VEKTORA OBELEŽJA

Nakon akvizicije podataka, dobijeni signali su obrađeni primenom alata za digitalnu obradu signala. Tehnike za izdvajanje obeležja se koriste kako bi se postigla lakša detekcija određenih komponenti signala greške ili pak bolji odnos signal/šum [2].

Na taj način je svaki ispitani uzorak okarakterisan skupom svojih obeležja (takođe, poznatih kao karakteristike ili potpisi), koji dati uzorak čine drugačijim od ostalih. Izdvajanjem obeležja u vremenskom i frekvencijskom domenu, generisan je vektor obeležja, koji sadrži dva tipa informacija o izmerenom signalu. Sledi kratak opis obeležja koja se koriste za opis signala vibracija.

### 3.1. Obeležja u vremenskom domenu

Za opis signala u vremenskom domenu korišćene su statističke veličine kao što su: srednja vrednost, koren srednje vrednosti kvadrata(efektivna vrednost ili RMS), indeks asimetrije, indeks spljoštenosti, itd.
Statistički parametri nose neke od važnih informacija o stanju posmatranog ležaja, npr. RMS ili efektivna vrednost opisuje energetski sadržaj signala vibracija, dok je C faktor ili krest faktor dobar pokazatelj naglih promena signala, koje se javljaju kod greške na spoljašnjem prstenu kugličnog ležaja.

### 3.2. Obeležja u frekvencijskom domenu

Za izdvajanje obeležja u frekvencijskom domenu korišćena je tehnika analize envelope, što je poboljšan pristup u odnosu na klasičnu Furijeovu transformaciju.

Tabela 1. *Obeležja u vremenskom domenu*

| | |
|---|---|
| Srednja aritmetička vrednost | $\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x(i)$ |
| Koren srednje vrednosti kvadrata (RMS) | $x_{rms} = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x^2(i)\right)^{1/2}$ |
| Kvadrat srednje vrednosti korena (SMR) | $x_r = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \lvert x(i)\rvert^{1/2}\right)^2$ |
| Indeks asimetrije (*skewness*) | $x_{ske} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} (x(i) - \bar{x})^2$ |
| Indeks spljoštenosti (*kurtosis*) | $x_{kur} = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x(i) - \bar{x})^4}{x_v^2}$ |
| C faktor | $C = \frac{pp}{x_{rms}}$ |
| L faktor | $L = \frac{pp}{x_r}$ |
| S faktor | $S = \frac{x_{rms}}{\bar{x}}$ |
| I faktor | $I = \frac{pp}{\bar{x}}$ |

#### 3.2.1 Karakteristične frekvencije greške

Vibracije generisane greškom predstavljaju jedan od najznačajnijih izvora podataka i mnoge metode su osmišljene sa ciljem izdvajanja frekvencije greške iz izmerenih vibracija. Greške kod kugličnih ležaja proizvode seriju impulsa, koji se ponavljaju periodično, sa periodičnošću koja zavisi od geometrije ležaja [3]. Udarni impuls se generiše svaki put kada kuglica udari u oštećenje na svojoj putanji, ili svaki put kada oštećeni deo kuglice udari o prsten ležaja. Svaki impuls ove vrste pobuđuje kratkotrajnu vibraciju u prirodnoj frekvenciji ležaja [4]. Uzastopni udari proizvode seriju impulsnih odziva koji mogu biti amplitudski modulisani, usled prolaska greške kroz zonu opterećenja [5].
Osim vibracijama ovi periodični impulsi rezultuju i zvučnim impulsima koji zrače kroz kućište ležaja i zbog toga se često zovu šok impulsi. Amplituda impulsa je mera snage šoka, a frekvencija oštećenja je određena geometrijom ležaja i brzinom osovine.
Lokalizacija kvara može biti ustanovljena ukoliko se 1/T poklopi sa jednom od sledećih frekvencija, izračunatih na osnovu geometrije ležaja, prikazanih u tabelama 2. i 3.

Tabela 2. *Karakteristične frekvencije greške*

| | |
|---|---|
| Greška na spoljašnjem prstenu | $f_{rpfo} = f_r \times \frac{N}{2}\left(1 - \frac{d}{D}cos\,\varphi\right)$ |
| Greška na unutrašnjem prstena | $f_{bpfi} = f_r \times \frac{N}{2}\left(1 + \frac{d}{D}\cos\varphi\right)$ |
| Frekvencija kugličnih elemenata | $f_{bsf} = f_r \times \frac{D}{2d}\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 cos^2\varphi\right]$ |
| Greška kuglice | $f_{bff} = 2 \times f_{bsf}$ |
| Greška kaveza | $f_{ftf} = f_r \times \frac{1}{2}\left(1 - \frac{d}{D}\cos\varphi\right)$ |

U prethodnoj tabeli su prikazane jednačine za izračunavanje karakterističnih frekvencija greške, gde je sa $f_r$ označena frekvencija rotacije osovine, sa *N* broj kugličnih elemenata u ležaju, sa $\varphi$ kontaktni ugao, sa *d* prečnik kuglice, a sa *D* prečnik „školjke“ ležaja.
Pregled vrednosti frekvencija korišćenih u eksperimentima, a izračunatih na osnovu prethodno navedenih formula, dat je u tabeli 3.

Tabela 3. *Očekivane karakteristične frekvencije ležaja*

| | |
|---|---|
| $f_{rpfo}$ | 77.41 Hz |
| $f_{bpfi}$ | 124.99 Hz |
| $f_{bsf}$ | 50.83 Hz |
| $f_{bff}$ | 101.67 Hz |
| $f_{ftf}$ | 9.67 Hz |

### 3.2.2 Analiza envelope

Veoma je teško detektovati bilo koju frekvenciju greške ležaja u osnovnom opsegu merenja, jer su komponente od značaja na niskim frekvencijama zamaskirane pozadinskim vibracijama, koje čine bezopasne vibracije, dok je na visokim frekvencijama usled šuma prisutno preklapanje harmonika. Ovaj problem se uspešno prevazilazi upotrebom tehnike envelope - niske frekvencije su eliminisane, a viši harmonici u envelop spektru postaju jasni, pa se specifične frekvencije greške mogu lako izdvojiti.

Koraci analize envelope obuhvataju :

- *Akviziciju vibracionog signala: y(t)*
- *Furijeovu transformaciju signala:* $y(t) \xrightarrow{FFT} Y(f)$
- *Filtraciju opsega u skladu sa projektovanim filtrom propusnikom opsega:* $Y(f) \xrightarrow{BPF} X(f)$
- *Inverznu Furijeovu transformaciju:* $X(f) \xrightarrow{IFFT} x(t)$
- *Hilbertovu transformaciju:* $x(t) \xrightarrow{HT} \hat{x}(t) = H\{x(t)\} = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} d\tau$
- *Sticanje analitičkog signala:* $\hat{x}(t) \rightarrow z(t) = x(t) + j\hat{x}(t) = |a(t)| \times e^{j\theta(t)}$
- *Izračunavanje modula (ekstrakcija envelope):* $|a(t)| = \sqrt{x^2(t) + \hat{x}^2(t)}$
- *Spektar envelope:* $|a(t)| \xrightarrow{FFT} |A(f)|$

Znači, prvo se vrši ispitivanje signala vibracija pronalaženjem odgovarajućeg frekvencijskog spektra na osnovu Furijeove transformacije vremenskog signala. Pri tom, porast nivoa u pojedinim frekvencijskim opsezima ukazuje na pojavu strukturne rezonance pobuđene greškom. Filtriranjem se izdvaja opseg od značaja. On sadrži strukturnu rezonancu sistema. Područje oko rezonance sistema je najpovoljnije za analizu, jer daje najveći odnos signal/šum. Nakon toga sledi pronalaženje odgovarajućeg vremenskog signala, koji sadrži jedino rezonantnu frekvenciju koja je modulisana frekvencijom udara. Hilbertovom transformacijom se generiše envelopa vremenskog signala. Envelopa signala x(t) se može dobiti uzimanjem amplitude kompleksnog signala, tako što je realni deo signala formiran na osnovu x(t), a njegov imaginarni deo čini Hilbertova transformacija datog signala. Zatim se envelopa frekventno analizira kako bi se utvrdila udarna frekvencija. Ovim se otkriva prisustvo greške ležaja. Tip i broj grešaka je određen na osnovu frekvencije udara.

Tabela 4. *Vektor(18x1) izdvojenih obeležja*

| ID | Opis obeležja | ID | Opis obeležja |
|---|---|---|---|
| 1 | Srednja aritmetička vrednost | 10 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $f_{rpfo} \pm 3\ Hz$ |
| 2 | Koren srednje vrednosti kvadrata (RMS) | 11 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $2 \times f_{rpfo} \pm 3Hz$ |
| 3 | Kvadrat srednje vrednosti korena (SMR) | 12 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $3 \times f_{rpfo} \pm 3Hz$ |
| 4 | Indeks asimetrije (*skewness*) | 13 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $4 \times f_{rpfo} \pm 3Hz$ |
| 5 | Indeks spljoštenosti (*kurtosis*) | 14 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $5 \times f_{rpfo} \pm 3Hz$ |
| 6 | C faktor | 15 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $f_{bpfi} \pm 3Hz$ |
| 7 | L faktor | 16 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $f_{bff} \pm 3Hz$ |
| 8 | S faktor | 17 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $f_{bsf} \pm 3Hz$ |
| 9 | I faktor | 18 | Suma amplituda u frekvencijskom domenu $f_{ftf} \pm 3Hz$ |

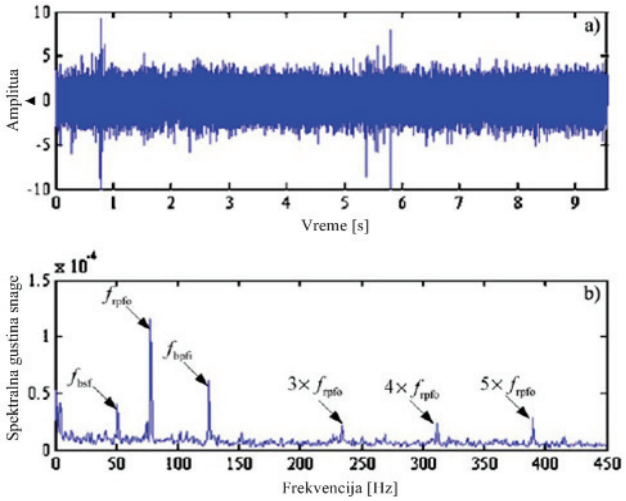
### 3.2.3 Vektor obeležja

Vektor obeležja je kreiran tako što je objedinjeno devet karakterističnih obeležja dobijenih analizom envelope sa devet parametara iz vremenskog domena. U Tabeli 4. prikazana su obeležja i njihov raspored u vektor koloni.

## 4. PROGRAMSKA REALIZACIJA I REZULTATI

Programsko rešenje je realizovano upotrebom softverskog paketa MATLAB. Na osnovu eksperimentalno prikupljenih podataka izračunata su statistička obeležja iz vremenskog domena. Prilikom implementacije metode envelope jedan od važnih zadataka bilo je pravilno

projektovanje filtra propusnika opsega. Naime, potrebno je bilo propustiti opseg koji sadrži rezonancu sistema. Postoje mnoge tehnike kojima se pronalazi centralna frekvencija filtra i opseg od interesa. Za posmatrani slučaj, došlo se do zaključka da centralna frekvencija filtra iznosi 14 kHz, dok je propusni opseg 2 kHz. Filtar je realizovan kao prvi tip Čebiševljevog filtra sa maksimalnim slabljenjem u propusnom opsegu od 0.5 dB i minimalnim slabljenjem u nepropusnom opsegu od 40 dB. Za procenu spektra korišćen je Velčov periodogram, uz upotrebu Hanove prozorske funkcije, pri preklapanju segmenata od 50% [1]. Karakteristike u frekvencijskom domenu su izračunate na osnovu dobijenog spektra envelope sumiranjem amplitude spektra u okolini svake karakteristične frekvencije ležaja. Na ovaj način, na osnovu opsega oko svake karakteristične frekvencije dobija se jedno obeležje signala u frekvencijskom domenu. Opseg u kom je vršeno sumiranje je $fc \pm 3$ Hz, gde je $fc$ karakteristična frekvencija ležaja. Za karakterističnu frekvenciju greške spoljašnjeg prstena kugličnog ležaja, osim osnovne karakteristične frekvencije, izdvojena su i obeležja sa drugog, trećeg, četvrtog i petog harmonika.




*Slika 1. Analiza envelope*

Na slici 1. prikazana je primena tehnike analize envelope za signal sa neispravanog ležaja. Sa slike se može videti da se za snimljeni signal vibracija mogu uspešno izdvojiti neke od karakterističnih frekvencija ležaja, koje ukazuju na kvar na spoljašnjem i unutrašnjem prstenu kugličnog ležaja.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisano je formiranje vektora obeležja na osnovu prikupljenih podataka iz signala vibracija. Vektor služi kao osnova pri projektovanju klasifikatora. Redukcijom dimenzionalnosti iz njega se biraju relevantne informacije, nakon čega sledi kreiranje i testiranje klasifikatora. Obrađena metoda za automatsku detekciju kvarova je značajna zbog svoje jednostavnosti i učinkovitosti.

Analiza envelope je moćan dijagnostički alat, koji je pogodan za detekciju početnih neispravnosti. Osim što se koristi za generisanje vektora obeležja, njenom primenom moguće je i vizuelno prepoznavanje tipa kvara.

Prvi znak istrošenosti kugličnih elemenata ležaja će biti porast nivoa amplitude u frekvencijskom spektru između 5kHz i 20kHz. Oštećenje na spoljašnjem prstenu će generisati niz impulsa, koji se ponavljaju sa stopom jednakom frekvenciji prolaska kuglice kroz spoljašnji prsten ležaja; kako je on nepokretan, amplituda impulsa će teoretski ostati ista, a kvar će se u frekvencijskom domenu pojaviti kao pojedinačni pik. Defekt na unutrašnjem prstenu će prouzrokovati seriju impulsa, koji se ponavljaju sa frekvencijom jednakom frekvenciji prolaska kuglice u odnosu na unutrašnji prsten, pošto se on okreće, kvar će ulaziti i izlaziti iz zone opterećenja izazivajući pri tom promene sile kontakta između kuglice i površi. Dok je u zoni opterećenja amplituda impulsa će biti najveća, a zatim će se smanjivati kako kvar napušta zonu, rezultujući signalom koji je amplitudski modulisan na frekvenciji koja odgovara unutrašnjem prstenu kugličnog ležaja.

Primenom ove tehnike, problemi sa viših frekvencija se svode na probleme na nižim frekvencijama, izolovanjem udarne stope ponavljanja. Konačnom analizom, moguća je identifikacija i separacija višestrukih kvarova prisutnih u složenim postrojenjima, kao što su: oštećeni kuglični ležajevi, napukline na zupcima zupčanika, istrošenost lopatica turbine, itd., čak i ukoliko su prisutni istovremeno. Zbog svega navedenog, ova tehnika se često koristi u ekspertskim sistemima za detekciju kvarova.

## 6. LITERATURA


[1] Stepanić P., Latinović V. I., Đurović Ž. (2009). A new approach to detection of defects in rolling element bearings based on statistical pattern recognition, Springer-Verlag, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology

[2] Yang H., Mathew J., Ma L. (2003). Vibration Feature Extraction Techniques for Fault Diagnosis of Rotating Machinery: a literature survey, In Asia Pacific Vibration Conference, Gold Coast, Australia Implementations", Springer Science, Boston, 2005.

[3] J. Courrech, M. Gaudet (1985). Envelope analysis—the key to rolling element bearing diagnosis. Brüel & Kjær, Denmark

[4] Ericsson S., Grip N., Johansson E., Persson L. E., Sjöberg R., Strömberg J. O. (2005). Towards automatic detection of local bearing defects in rotating machines. Mech Syst Signal Process 19(3):509–535.

[5] Ho D., Randall R. B. (2000). Optimisation of bearing diagnostic techniques using simulated and actual bearing fault signals. Mech Syst Signal Process


**Kratka biografija:**




**Zorana Zec,** rođena je u Vrbasu 1981. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, smer za automatiku i upravljanje sistemima.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007.5

# UŠTEDA ELEKTRIČNE ENERGIJE PRIMENOM METODE FUZZY UPRAVLJANJA NA SISTEM OSVETLJENJA

# THE APPLICATION OF FUZZY CONTROL METHOD IN THE ROOM LIGHTING SYSTEM AND ENERGY SAVINGS WITH THIS SYSTEM

Ede Komarek, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je opisana primena fuzzy upravljanja na sistem osvetljenja unutrašnjosti radne prostorije. Jedan od osnovnih ciljeva primene fuzzy upravljanja u ovakvom sistemu jeste ušteda električne energije i da se postigne kontinualna kontrola osvetljenja koja omogućava neprekidno podešavanje osvetljenja u prostoriji. Prikazan je simulacioni model sistema i opisan je projektovani Fuzzy logički kontroler za regulaciju intenziteta osvetljenja u prostoru primenom softverskog paketa 'MATLAB'.*

***Abstract*** *– This paper describes the application of fuzzy control to the lighting system inside the room. One of the main goals of the application of fuzzy control is saving electricity and to achieve continuous control of lighting, which allows continuous adjustment of the lighting in the room. This paper presents a simulation model of the system and describes the designed fuzzy logic controller to regulate the intensity of light in space using the software package 'MATLAB'.*

**Ključne reči:** *Osvetljenje prostorije, fuzzy logika, inteligentno upravljanje.*

## 1. UVOD

Zbog velikog značaja svetlosti za obavljanje zadataka i upoznavanje prostora, njeno se uvođenje u prostore može smatrati jednim od osnovnih činilaca u projektovanju. U ovom radu sistem kontrole osvetljenja u prostoriji je dizajniran tako da koristi metodu fuzzy upravljanja za konstantno podešavanje nivoa osvetljenosti unutrašnjosti prostorije u zavisnosti od osvetljenja koje se dobija od svetlosnih cevi i prisustva u prostoriji. Fuzzy kontroler kontroliše jačinu osvetljenja fluorescentne sijalice pomoću prigušnice u zavisnosti da li je neko prisutan u prostoriji i koliko je potrebno osvetliti prostoriju da bi dobili željeno osvetljenje. Oko 20% ukupno potrošene električne energije u svetu troši se na osvetljenje prostorija. Efikasnijim korišćenjem Sunca za osvetljenje, kao prirodnog izvora svetlosti, može se uštedeti velika količina električne energije.
Osvetljenje u poslovnim zgradama čini 25-35% od ukupne potrošnje energije. Smanjenjem korišćenja veštačkog osvetljenja. posebno tokom dana, dobija se još veća ušteda energije.

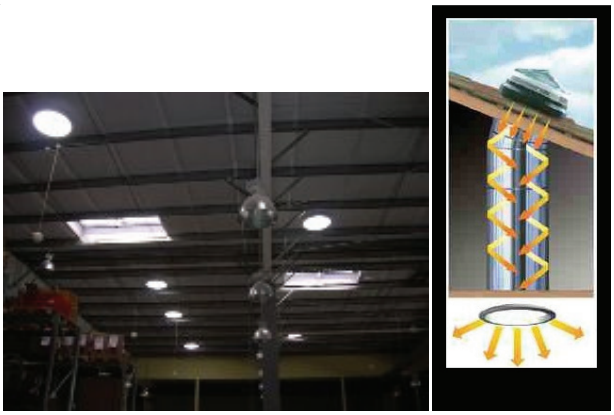
**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.**

## 2. UOPŠTENO O OSVETLJENJU

Oko 20% ukupno potrošene električne energije u svetu troši se na osvetljenje prostorija. Efikasnijim korišćenjem Sunca za osvetljenje, kao prirodnog izvora svetlosti, može se uštedeti velika količina električne energije.
Osvetljenje u poslovnim zgradama čini 25-35% od ukupne potrošnje energije. Smanjenjem korišćenja veštačkog osvetljenja. posebno tokom dana, dobija se još veća ušteda energije.

### 2.1. Vrste osvetljenja

**Klasična električna sijalica** je veštački izvor svetlosti, koja nastaje kada električna struja prolazeći kroz tanku nit zagreje nit do usijanja. Onda počinje emitovanje svetlosti. Emitovanje svetlosti prourokovano je toplotom.
**Fluorescentne sijalice** su veoma ekonomične i imaju efikasnost do 104 lm/W. Pored povoljnih energetskih karakteristika, dodatnu prednost predstavljaju i različite temperature boje svetlosti.
**Svetlosne cevi** su poslednji izum u oblasti prirodnog osvetljenja. Osim toga što umanjuju potrošnju električne energije i obezbeđuju svojevrsnu zdravstvenu korist, poseduju i veliku prednost jer se mogu koristiti na bilo kojoj vrsti krova, bilo kog oblika, stepena nagiba, nezavisno od materijala od kojeg je sačinjen. Na slici 1. prikazane su svetlosne cevi.



Slika 1. *Svetosne cevi*

## 3. OPIS STRUKTURE SISTEMA

Metode fuzzy upravljanja će u ovom primeru biti korišćene u svrhu uštede električne energije. Ceo sistem osvetljenja primenjen je u jednoj prostoriji koja se nalazi u podrumu neke stambene zgrade.

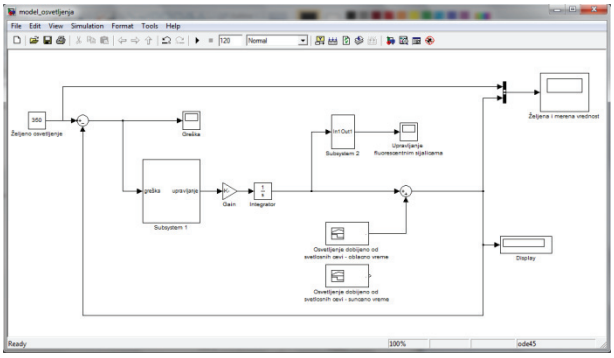
Soba nema prozora i jedini izvor osvetljenja su fluroscentne lampe (2 lampe) koje kontroliše fuzzy kontroler i svetlosne cevi koje svetle tako sto na krovu zgrade imamo svetlosnu cev koja sunčevu svetlost prenosi do tih svetlosnih lampi koje su u prostoriji. Tako da imamo 2 izvora osvetljenja koja se medjusobno dopunjuju da bi dobili željeni nivo osvetljenja od 350 lux-a.
U prostoriji postoje senzori prisustva i senzori koji nam daju informacije koliko je trenutno osvetljenje u prostoriji. Zadatak lampi koje kontroliše fuzzy regulator je taj da u zavisnosti od nivoa osvetljenja u prostoriji i prisustva, osvetljavaju prostoriju koliko je potrebno. Znači u slučaju prisustva ljudi željeno osvetljenje u postoriji je 350 lux-a.

### 3.1. Opis upravljačkog modela sistema osvetljenja

Ceo fuzzy sistem osvetljenja sastoji se iz 4 nivoa. Prvi nivo je ulazni nivo fazi kontrole u kom se definišu jezičke promenljive kao što su greška (razlika izmedju osvetljenja koje dobijamo od svetlosnih cevi i željene vrednosti osvetljenja) i promene greske. Drugi nivo je nivo stvaranja funkcije pripadnosti koji kompletira fazi operaciju, treći nivo je nivo fazi zaključivanja u kom se proveravaju prednosti i mane svakog pravila, četvrti nivo je izlazni nivo u kom se realizuju anti-fazi operacije - izlazna promenljiva je upravljački signal koji kontroliše rad fluroscentih lapmi u prostoriji.
U zavisnosti koliko osvetljenje se dobija od svetlosnih cevi, fluroscente lampe svetle onoliko koliko je potrebno da osvetljenje u prostoriji bude 350 lux-a.

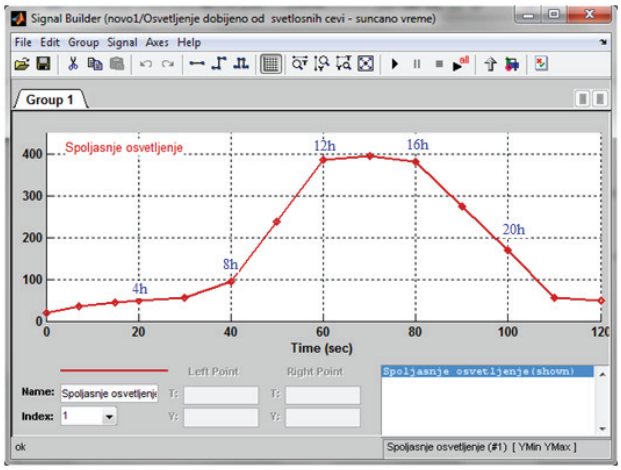
## 4. REALIZACIJA FUZZY UPRAVLJAČKOG SISTEMA U MATLAB-U

MATLAB/Simulink kao deo programskog paketa MATLAB omogućuje modeliranje, simulaciju i analizu raznih sistema. Podržava modeliranje linearnih i nelinearnih sistema, te modeliranje u kontinualnom ili diskretnom vremenu ili kombinaciju ova dva slučaja.
Kod modeliranja, MATLAB/Simulink koristi grafički korisnički interfejs, tako da diferencijalne jednačine koje opisuju modelirani objekat nije potrebno pisati u nekom programskom jeziku ili program.
Na slici 2. prikazan je Simulink model sistema koji se realizuje.

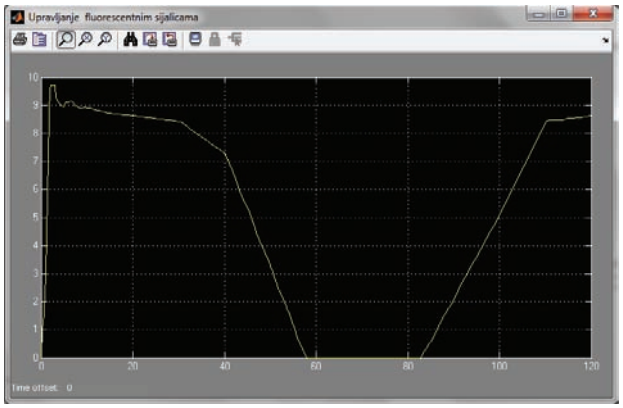


Slika 2. *Simulink model sistema*

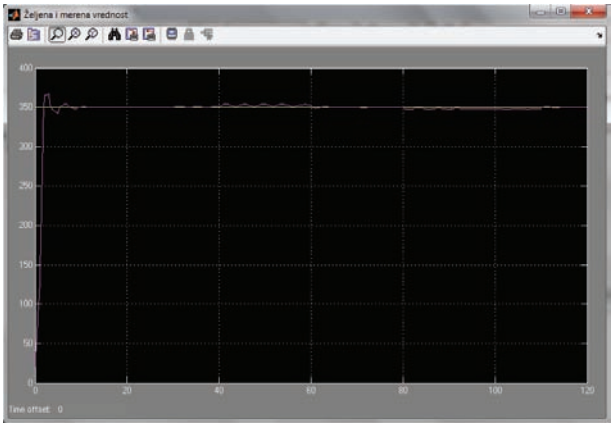
U ovom modelu prikazana je regulacija osvetljenja u slučaju da uvek ima prisustva. Na slici 3. je prikazano osvetljenje koje se dobija od svetlosnih cevi odnosno od Sunca. Signal se menja u toku vremena ( vreme : 0 – 120 ⇔ 00h – 24h ; jačina svetlosti 0 – 400 lux-a ).
Na slici 4. je upravljački signal ( izlazni signal iz fuzzy kontrolera ) za fluorescentne sijalice koje se kontrolišu preko prigušnice ( 0 - 10V <=> 0 – 350 lux ).
Na slici 5. se vidi željena vrednost osvetljenja (žuta linija) i merena vrednost u prostoriji koja se dobija upravljanjem.




Slika 3. *Ulazno osvetljenje dobijeno od svetlosnih cevi (sunčano vreme)*

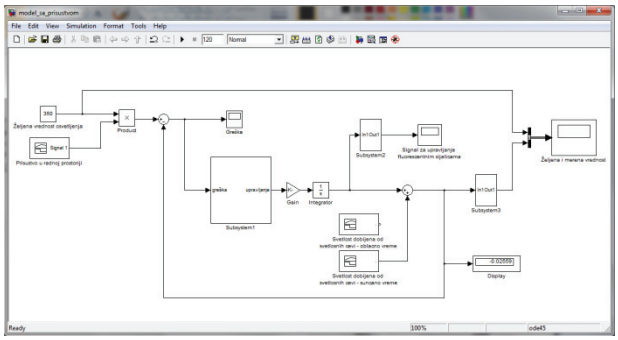



Slika 4. *Signal za upravljanje fluorescentnih sijalica – upravljački signal 0- 10 V (sunčano vreme)*



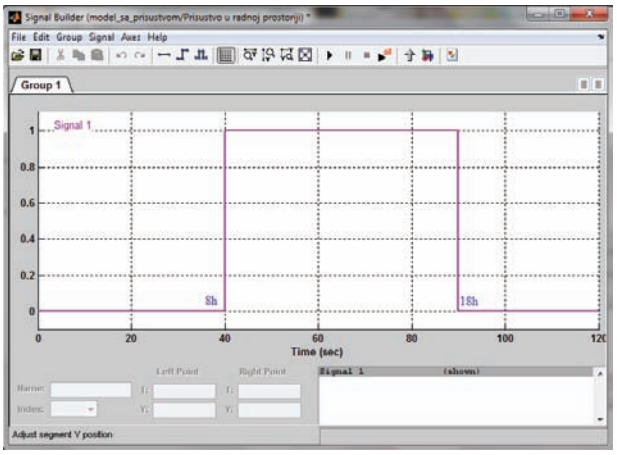

Slika 5. *Željena i merena vrednost osvetljenja u prostoriji*

Na slici 6. prikazan je model u Matlab-u koji reguliše nivo osvetljenja u prostoriji u zavisnosti od prisustva u prostoriji i osvetljenja koje se dobija od svetlosnih cevi.

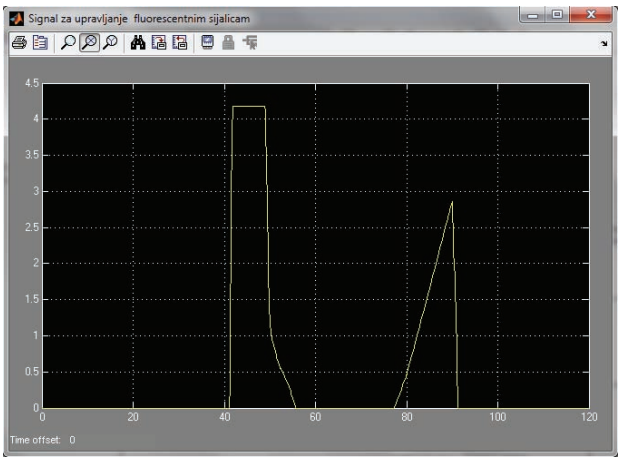


Slika 6. *Model sistema*

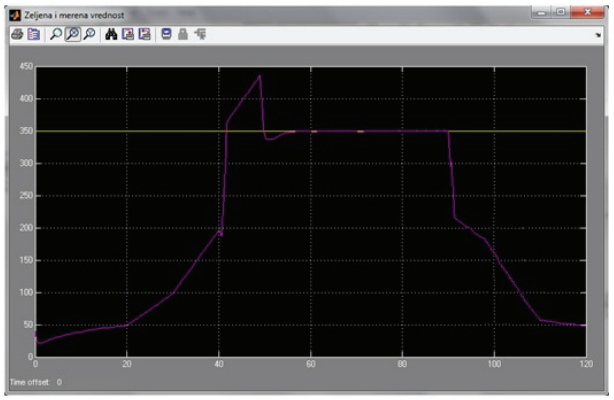
Za ulaze ovog sistema uzeti su ulazni signali sa slike 3. i slike 7. Slika 8. prikazuje upravljački signal za fluorescentne sijalice a na slici 9. vidi željena vrednost osvetljenja i merena vrednost u prostoriji koja se dobija upravljanjem.




Slika 7. *Prisustvo u radnoj prostoriji ( 8h-18:30h )*




Slika 8. *Signal za upravljanje fluorescentnih sijalica*




Slika 9. *Merena vrednost osvetljenja u prostoriji*

## 5. ANALIZA UŠTEDE ENERGIJE

Analiza obuhvata procenu potrošnje električne energije u toku radnog vremena u radnoj prostoriji korišćenjem klasične električne sijalice ( 100W ), fluoroscentnih sijalica ( 36W ), svetlosnih cevi i upotrebom svetlosnih cevi u kombinaciji sa fluoroscentnim sijalicama koje kontroliše fuzzy kontroler.
U radnoj prostoriji osvetljenje treba da bude uključeno u periodu od 8h do 18h, tako da će analiza uštede obuhvatati taj period.

Tabela 1. *Prikaz potrošnje električne energije u zavisnoti od vrste osvetljenja*

| Potrošnja →<br><br>Vrsta osvetljenja ↓ | dnevna ( period od 10h rada ) | Godišnja (250 radnih dana) |
|---|---|---|
| Klasična elek. sijalica (100 W) | 1 kW | oko 250kW |
| Fluorescentna sijalice ( 36 W ) | 0,36kW | oko 90kW |
| Svetlosna cev + fluorescentne sijalice ( zavisi od spoljašnjeg osvetljenja ) | 0,18kW-0,28kW | od 45kW do 70kW |
| Svetlosna cev + fluorescentne sijalice koje kontoliše fuzzy logika | zavisi od spoljašnjeg osvetljenja – do 80% u odnosu na fluorescentne sijalice | zavisi od spoljašnjeg osvetljenja – do 80% u odnosu na fluorescentne sijalice |

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega gore navedenog moguće je izvesti zaključak da sistem osvetljenja prostorije koji se zasniva na primeni metode fuzzy upravljanja omogućava pre svega značajnu uštedu energije u odnosu na sistem koji je veoma često u praktičnoj primeni, a samim tim primena ovakvog sistema pruža i ekonomsku isplativost. Pored toga, ovakav sistem zadovoljava i ispunjava kriterijume koji u svakoj zemlji postoje i koji određuju standarde za kvalitet, upotrebu i bezbednost, što mu je pored uštede energije i bio osnovni cilj.

## 7. LITERATURA


[1] R. Canziani, F. Peron, G. Rossi, Daylight and energy performances of a new type of light pipe, Energy and Buildings

[2] J.T. Kim, G. Kim, Overview and new developments in optical daylighting systems for building a healthy indoor environment

[3] Robert S. Simpson, „Lighting control – technology and applications", 2003.

[4] Incandescent_light_bulb, http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb

[5] Fluorescent_lamp, http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp

[6] Svetlosne cevi, http://www.czech-ceylon-impex.com/sunpipes/

[7] D. Jenkins, T. Muneer, J. Kubie, A design tool for predicting the performances of light pipes, Energy and Buildings

[8] Osnove fuzzy logike, http://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/osnove-fuzzy-logike.html

[9] Wang Guijuan, Wang Zuoxun, Gui Shuai. The design of fuzzy control System for power-saving lighting on MATLAB.

[10] S.D. Panjaitan, A. Hartoyo, A lighting control system in buildings based on fuzzy logic,

[11] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa,„Introduction to fuzzy logic using MATLAB", 2007.

[12] MATLAB Using Simulink and StateflowTM in Automotive Aplication, 1999.

[13] Ušteda elektične energije – rasveta, http://www.epcg.co.me/02_07_01_03.html

[14] S. Gorgulu, Control and monitoring of the room illuminated by a lightpipe with grid supported artificial lighting


**Kratka biografija:**




**Komarek Ede** rođen 11.09.1986. godine u Kikindi. Osnovnu školu *„Vuk Karadžić"* završio u Kikindi a srednju školu, smer Elektrotehničar računara, u tehničkoj školi *„Mihajlo Pupin"* takođe u Kikindi 2005. godine. Iste godine je upisao Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek elektrotehnika i računarstvo, smer računarstvo i automatika, usmerenje automatika i upravljanje sistemima. Juna 2012. godine brani diplomski – Bachelor rad i dobija zvanje Diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva. Upisuje Master studije na smeru Automatika i upravljanje sistemima.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007.5

# SIMULACIONI MODEL SISTEMA FOTONAPONSKIH PANELA

# A SIMULATION MODEL OF THE SYSTEM OF PHOTOVOLTAIC PANELS

Darinka Ninić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu su dati osnovni podaci o sunčevoj energiji, objašnjen je princip rada solarne ćelije, dat je model fotonaponskog panela i način određivanja optimalnog ugla panela.*

**Abstract** – *The paper presents basic facts about solar energy, explains the principle of the solar cell, a model of photovoltaic panel and method of determining the optimal viewing angle panel.*

**Ključne reči:** *solarna energija, solarne ćelije, fotonaponski paneli.*

## 1. UVOD

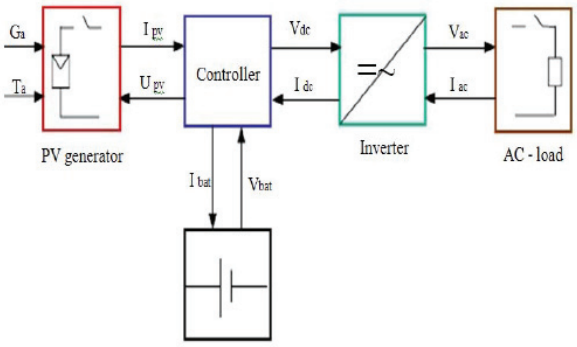
Višedecenijsko neracionalno trošenje različitih izvora energije dovelo je do pojave krize energenata. Svet se našao u opasnosti od gubitka izvora energije kako danas tako i u budućnosti. Rasipanje energije i neizvesna budućnost podstakli su stručnjake i članove društvene zajednice da se okrenu primeni alternativnih izvora energije. U alternativne izvore energije se ubrajaju: sunčeva energija, energija vetra, energija morskih talasa, geotermalna energija.

## 2. SUNCE KAO IZVOR ENERGIJE

Sunce je daleko najveći izvor energije u solarnom sistemu, jer je relativno malo u odnosu na ostale zvezde i jer je žuto. Od ukupno $3,8 \times 10^{26}$ W energije koju sunce zrači u svemir, Zemlja primi $7 \times 10^{17}$ W. Sunčeva energija je obnovljiv i neograničen izvor energije od kojeg, direktno ili indirektno, potiče najveći deo drugih izvora energije na Zemlji. Sunčeva energija u užem smislu podrazumeva količinu energije koja je prenesena Sunčevim zračenjem. Sunčeva energija se u svom izvornom obliku najčešće koristi za pretvaranje u toplotnu energiju za potrebe pripremanja tople vode i grejanja (u evropskim zemljama uglavnom kao dodatni energent) zatim u solarnim elektranama, dok se za pretvaranje u električnu energiju koriste fotonaponski moduli.

## 3. FOTONAPONSKI SISTEMI

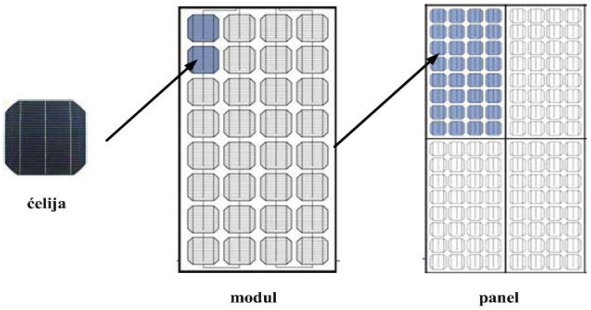
Osnovni elementi fotonaponskog sistema su: fotonaponski paneli, akumulator (baterija), invertor, regulator (kontroler), potrošač. Potrošači mogu biti naizmeničnog i jednosmernog karaktera. Jedan povezan fotonaponski sistem je prikazan na slici 1.




Slika 1. *Elementi fotonaponskog sistema*

### 3.1 Fotonaponski paneli

Fotonaponski (FN) paneli predstavljaju sredstvo pomoću kojeg se vrši konverzija energije sunčevog zračenja u električnu energiju. Solarni panel je u stvari niz koji se dobija spajanjem velikog broja fotonaponskih ćelija na određen način, koje kada se izlože svetlosti na svojim krajevima daju određeni jednosmerni napon. Obično je veličina jedne ćelije nekoliko kvadratnih centimetara i daje snagu otprilike jednog vata. Solarni panel definiše se kao grupa od nekoliko modula.




Slika 2. *Ćelija, modul, panel*

Nije teško zaključiti da ako želimo od odabranog broja FN ćelija, da dobijemo najveću moguću struju, onda te ćelije treba (električno) vezati paralelno. Ako je struja jedne ćelije $I_1$, a broj ćelija n, onda je, u idealnom slučaju, ukupna struja paralelno vezanih ćelija $I_{uk}=n \cdot I_1$.

Slično važi i za napon. Ako od odabranog broja ćelija, želimo dobiti što je moguće veći napon, onda date ćelije treba vezati redno. Ako je napon jedne ćelije $U_1$, a broj ćelija n, onda je ukupni napon, redno vezanih ćelija $U_{uk}=n \cdot U_1$. Sve ovo važi i u slučaju vezivanja većeg broja modula.

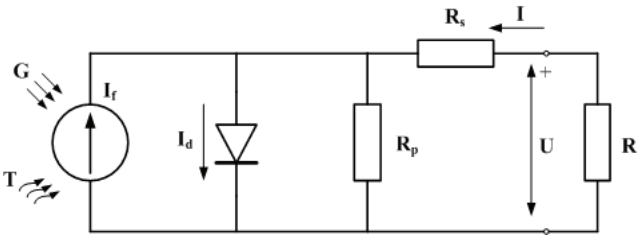
Pretvaranje energije Sunca u električnu energiju omogućeno je primenom fotoelektričnog efekta, po čemu su ove ćelije i paneli i dobili ime.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac.**

### 3.2 Fotoelektrični efekat

Fotonaponska (FN) ćelija temeljni je blok fotonaponskog sistema. Ona predstavlja p-n spoj koji pomoću fotonaponskog efekta sunčevo zračenje pretvara u električnu energiju. Sačinjena je od poluprovodničkog materijala (najčešće silicijuma). Usled apsorpcije sunčevog zračenja, u p-n spoju se javljaju parovi elektron-šupljina. Prilikom sunčevog zračenja unutar ili u blizini p-n spoja, unutrašnje električno polje razdvaja elektrone i šupljine. Pri tome se elektroni kreću prema n strani, a šupljine prema p strani p-n spoja, i kao posledica toga javlja se potencijalna razlika, odnosno napon. Kada se FN ćelija poveže u strujno kolo, kroz potrošač će poteći struja.

Osvetljena FN ćelija ponaša se dakle kao izvor stalne struje. Njena ekvivalentna šema prikazana je na slici 3. Izvor stalne struje paralelno je spojen sa diodom. Serijski otpor $R_s$ predstavlja otpornost p-n spoja, zavisi od materijala od koga je izgrađena FN ćelija i poželjno je da bude što manji. Paralelni otpor $R_p$ potiče od mikrodefekata i nečistoća unutar FN ćelije i zavisi od osobina ćelije i većinom je dovoljno veliki da ga možemo smatrati beskonačnim. Tipične vrednosti za $R_s$ i $R_p$, za silicijumske FN ćelije iznose $R_s<0{,}1\ \Omega$ i $R_p>500\ \Omega$.




Slika 3. *Šema fotonaponske ćelije*

Na osnovu date ekvivalentne šeme FN ćelije, i uz određena zanemarenja ($R_s=0$ i $R_p\to\infty$), može se napisati jednačina izlazne struje I:

$$I = I_f - I_d = I_f - I_0 \cdot \left( e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right) \qquad (3.1)$$

gde je:

$I_0$ – inverzna struja zasićenja diode,
$I_f$ – generisana fotostruja,
$U$, $I$ – izlazni napon i struja, respektivno.

### 3.3 Izlazni parametri FN ćelije

Jedan od najvažnijih parametara FN ćelije jeste njena elektromotorna sila, tj. napon na njenim krajevima u slučaju praznog hoda. Kada se stavi I=0 u jednačinu (3.1), dobija se napon praznog hoda:

$$U_{ph} = \frac{kT}{q} \cdot \ln\left( \frac{I_f}{I_0} + 1 \right) \qquad (3.2)$$

Na osnovu datog izraza (3.2) vidi se da napon praznog hoda $U_{ph}$ raste sa porastom $I_f$, a opada sa povećanjem $I_0$. Pošto inverzna struja zasićenja diode $I_0$ raste sa povećanjem temperature, sledi da sa porastom temperature opada napon praznog hoda. U uslovima kada serijski otpor nije zanemariv, dobija se:

$$U_{ph} = \frac{kT}{q} \cdot \ln\left( \frac{I_f}{I_0} + 1 \right) - R_s I \qquad (3.3)$$

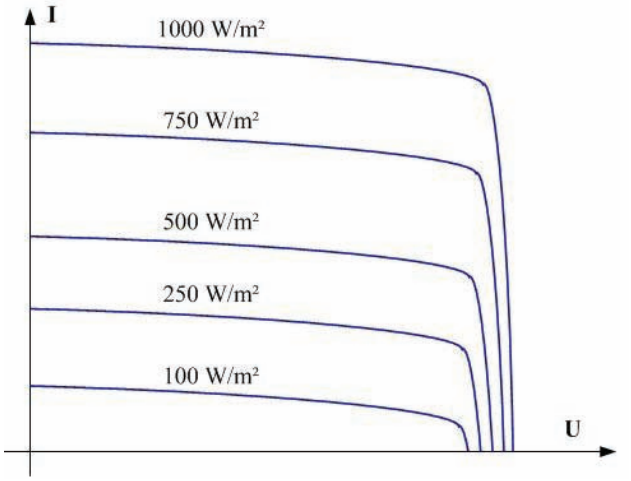
Elektromotorna sila FN ćelije zavisi od fotostruje (koja raste sa porastom nivoa zračenja) i od struje zasićenja diode za koju je poželjno da je što manja.

Važan podatak za ćeliju je i struja kratkog spoja $I_{ks}$, tj. jačina struje u slučaju kada su krajevi ćelije kratko spojeni. Kada se u jednačini (3.1) stavi da je U=0, dobijamo da je struja kratkog spoja jednaka fotostruji:

$$I_{ks} = I_f. \qquad (3.4)$$

Promena intenziteta zračenja (iradijacije) bitno utiče na UI karakteristiku ćelije. Struja kratkog spoja praktično je proporcionalna intenzitetu zračenja.

$$I_{ks} = I_{ks,nom} \cdot \frac{G}{G_{nom}} \qquad (3.5)$$




Slika 4. *Zavisnost struje kratkog spoja od sunčevog zračenja*

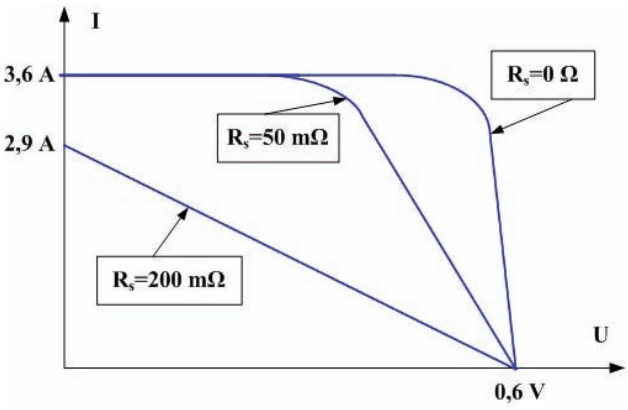
Za razliku od struje kratkog spoja, napon praznog hoda se menja po logaritamskoj funkciji sa intenzitetom zračenja. Ako se zračenje smanji dva puta (npr. sa 1000 W/m² na 500 W/ m² ) struja kratkog spoja smanji se dva puta, a napon praznog hoda oko 5%.

Svaka FN ćelija ima sopstvenu otpornost, koja se može ekvivalentirati preko serijskog i paralelnog otpora. UI karakteristika FN ćelije itekako zavisi od vrednosti ove dve otpornosti. Ovaj uticaj se može zanemariti u slučaju da je serijski otpor mnogo puta manji od karakterističnog otpora ćelije $R_s<<R_k$ ($R_k = \frac{U_{ph}}{I_{ks}}$), odnosno ako je paralelni otpor mnogo puta veći od karakterističnog otpora $R_p>>R_k$.

U realnom modelu FN ćelije potrebno je uzeti u obzir serijski $R_s$ i paralelni otpor $R_p$. Jednačina izlazne struje realne ćelije je:

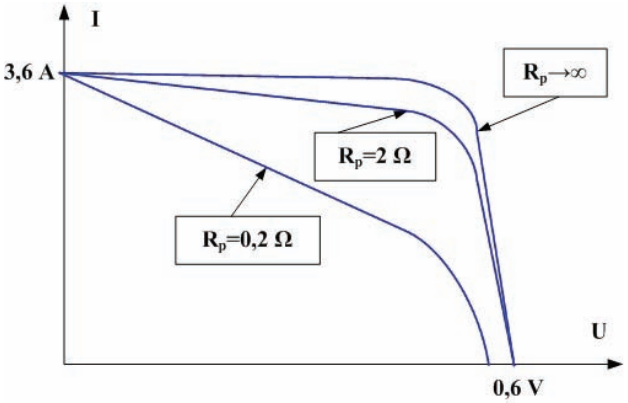
$$I = I_f - I_d = I_f - I_0 \cdot \left( e^{\frac{q\cdot(U+IR_s)}{nkT}} - 1 \right) - \frac{U + I \cdot R_s}{R_p} \qquad (3.6)$$

Na osnovu izraza (3.6) na sledeće dve slike biće prikazano kako promene pomenutih otpornosti utiču na UI karakteristiku FN ćelije.




Slika 5. *Uticaj otpornosti $R_s$ na oblik UI karakteristike FN ćelije*

Sa slike se može uočiti da postojanje male vrednosti serijske otpornosti $R_s$, itekako degradira UI karakterisitiku FN ćelije. Zbog toga je veoma bitno prilikom projektovanja same FN ćelije voditi računa da ta otpornost bude što je moguće manja.




Slika 6. *Uticaj otpornosti $R_p$ na oblik UI karakteristike FN ćelije*

Paralelna otpornost $R_p$ je reda nekoliko stotina oma, pa se sa slike može videti da prisustvo paralelne otpornosti ne utiče mnogo na oblik UI karakteristike FN ćelije.

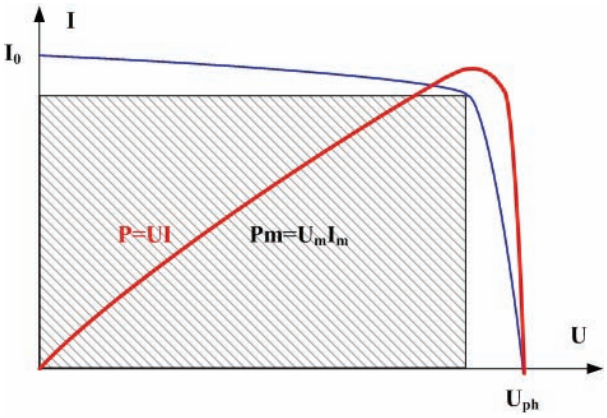
### 3.4 Snaga fotonaponske ćelije

Snaga koju daje fotonaponska ćelija dobija se kao proizvod napona i struje:

$$P = UI = U \cdot (I_f - I_0 e^{\frac{qU}{kT}} + I_0) \tag{3.7}$$

Maksimalna snaga koju idealna ćelija može dati $P_m=U_mI_m$ označena je na slici 7. šrafiranom površinom. Računski se može odrediti traženjem pravougaonika sa najvećom površinom.

Maksimalna snaga FN ćelije može se izraziti i preko napona praznog hoda i struje kratkog spoja:




Slika 7. *Snaga fotonaponske ćelije*

$$P_m = U_m I_m = U_{ph} \cdot I_{ks} \cdot F \tag{3.8}$$

gde je:

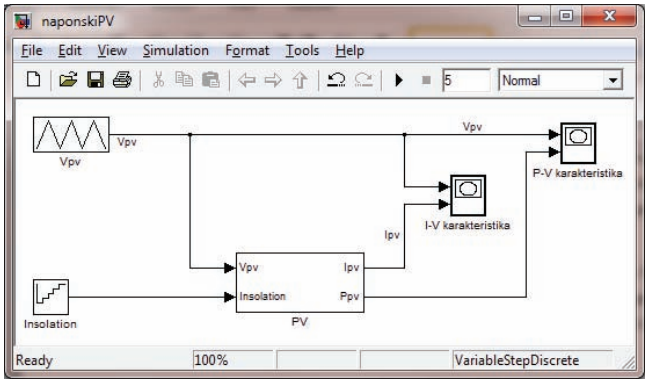
$$F = \frac{U_m I_m}{U_{ph} I_{ks}} \tag{3.9}$$

Ovaj odnos je poznat kao faktor ispune ili filing faktor FN ćelije. To je odnos površine pravougaonika sa stranicama $U_m$ i $I_m$, i pravougaonika sa stranicama $U_{ph}$ i $I_{ks}$ (obično važi da je 0,7 < F < 0,9). On pokazuje koliko se realna ćelija približava idealnoj, odnosno koliki je uticaj serijskog otpora ćelije. Filing faktor F opada linearno sa odnosom $R_s/R_k$ i $R_k/R_p$.

## 4. REALIZACIJA FN PANELA U MATLAB-u

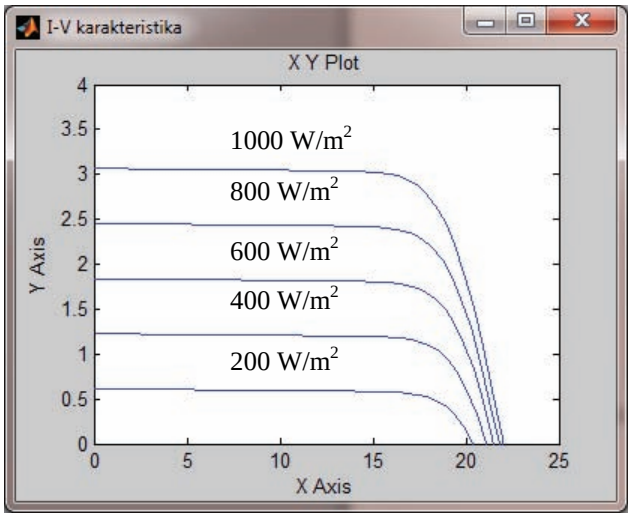
Matlab/Simulink je postao nezamenljiv i standaran alat u fazi projektovanja i analizi rada, modelovanih fotonaponskih sistema. Zahtevi za maksimalnim povećanjem efikasnosti, zatim činjenice da su ovi sistemi nelinearni, primorali su inženjere da u radu koriste kompjuterske simulacije za proučavanje i analizu rada, a da pri tome ne moraju da ih izgrađuju.

U praksi postoje dva postupka ili dve metode modelovanja FN modula, koji se koriste u zavisnosti da li nam na izlazu FN modula treba veći napon ili struja. Dakle postoji: serijski model, gde su solarne ćelije vezane serijski i paralelni model, kod koga su solarne ćelije vezane paralelno. Na slici 8. je prikazan naponski tip FN modela. Model pokazuje uticaj promene intenziteta zračenja na izlazne karakteristike pri konstantnoj temperaturi.

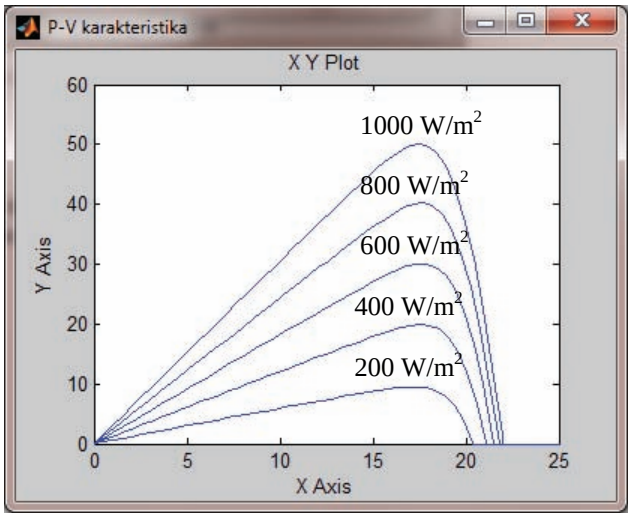



Slika 8. *MATLAB model FN panela*

Na sledećim slikama prikazani su rezultati simulacije, sa kojih se jasno može videti kako i u kolikoj meri promena intenziteta zračenja utiče na promenu izlaznih karakteristika FN modula.




Slika 9. *Promena UI karakteristike FN modula sa promenom intenziteta zračenja*




Slika 10. *Promena PU karakteristike FN modula sa promenom intenziteta zračenja*

Na slikama se vidi da struja, a takođe i snaga fotonaponskih modula, pokazuje linearnu zavisnost sa promenom inteziteta sunčevog zračenja.

## 5. ODREĐIVANJE OPTIMALNOG UGLA PANELA

Optimalan ugao panela može da se odredi na osnovu severne geografske širine (L), nadmorske visine lokacije (h) i rednog broja dana u godini (n). Prvo treba izračunati ugao deklinacije Sunca (δ), zenitni ugao Sunca i ugao elevacije (α).

Primer:

$L = 44^\circ 32'$
$n = 335$
$h = 0.142$ km
$\delta = 23.45 * \sin(360*(n-81)/365)$
$z = L - \delta$
$\alpha = 90^\circ - (L - \delta)$
$ugao = 90^\circ - \alpha$
$\delta = -22.1077^\circ$
$z = 66.6411^\circ$
$\alpha = 23.3589^\circ$
$ugao = 66.6411^\circ$

## 6. ZAKLJUČAK

Sunce je ogroman i nepresušan izvor energije koja je svima dostupna. Ako nauka i tehnologija u potpunosti ovladaju korišćenjem solarne energije i njenim efikasnim i ekonomski isplativim pretvaranjem u električnu energiju, čovečanstvo i planeta Zemlja neće osetiti posledice globalnog zagađenja i nestašice fosilnih energenata u budućnosti. Fotonaponski pretvarači solarne u električnu energiju su, verovatno, najbrži i najčistiji put rešavanja ovih problema.
Ipak, da bi se uspešno ovladalo bilo kojom novom tehnologijom, potrebna su prvenstveno ulaganja u obrazovanje. Specifičnost i multidisciplinarnost solarne energetike zahtevaju široku akciju obrazovnih institucija na svim nivoima, od osnovnih škola do Univerziteta, ali i podizanje opšte informisanosti u ovoj oblasti putem medija, jer neznanje i neinformisanost, po pravilu, koštaju više i od najskuplje tehnologije.

## 7. LITERATURA

[1] A. Perteši, *„Solarna energija“*, 2009
[2] U. Jeremić, *„Fotonaponsko pretvaranje energije (solarne ćelije)“*, 2007
[3] J. Dunlop, *„Photovoltaic Systems“*, 2009
[4] R. Messenger, J. Ventre, *„Photovoltaic Systems Engineering“*, 2010
[5] J. Nelson, *„The Physics of Solar Cells“*, 2003

**Kratka biografija:**



**Darinka Ninić** rođena je u Loznici 1989. godine. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Računarstvo i automatika završila je 2012. god. Trenutno student master studija na smeru Automatika i upravljanje sistemima.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 004.9**

# PODRŠKA INTEROPERABILNOSTI PROGRAMSKIH JEZIKA C++, C# I FORTRAN

# C++, C# AND FORTRAN INTEROPERABILITY SUPPORT

Stefan Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast–ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *Ovaj rad objašnjava jedan način uspostavljanja indirektne interoperabilnosti programskih jezika C# i Fortran, uz oslonac na C++ programski jezik. Takodje, u radu je objašnjena implementacija jezika specifičnog za domen, čiji je cilj da olakša i ubrza postupak uspostavljanja ove interoperabilnosti.*

**Abstract** – *This paper explains the way of establishing indirect interoperability of programming languages C # and Fortran, relying on C + + programming language. In addition, this paper explains the implementation of domain-specific language that aims to facilitate and accelerate the process of establishing this interoperability.*

**Ključne reči:** *interoperability, DSL, C++/CLI, managed, native, Fortran, .net*

## 1. UVOD

Izbor idealnog programskog jezika za implementaciju nekog programskog rešenja nije uvek jednostavan zadatak. Može se javiti slučaj da postoje tehnički zahtevi za brzinom izvršavanja, da postoji dosta već napisanih komponenti u nekom programskom jeziku koje se mogu iskoristiti, ili da korisnički interfejs bude modernog dizajna. U ovakvim slučajevima najbolje rešenje jeste implementacija uz pomoć više programskih jezika, gde svaki jezik najviše odgovara nekoj grupi zahteva. Za programske jezike koje zajedno koristimo u implementaciji nekog programskog rešenja kažemo da su interoperabilni. Ovaj rad bavi se problemom interoperabilnosti jezika C# i Fortran uz oslonac na C++/CLI jezik. Biće objašnjen pristup u kom se na osnovu modela podataka generiše programski kod koji ispunjava uslove neophodne za interoperabilnost. Za kreiranje modela podataka definisan je jezik "C#FI" specifičan za domen (*DSL*).

## 2. INTEROPERABILNOST PROGRAMSKIH JEZIKA C I FORTRAN

Fortran 2003 obezbeđuje standardizovan mehanizam za saradnju sa programskim jezikom opšte namene, C-om.

Programski jezici C i Fortan imaju drugačija pravila prilikom definisanja identifikatora. Na primer, jezik C osetljiv je na mala i velika slova, dok Fortran nije. Da bi se premostio ovaj problem, u Fortran jeziku uveden je koncept binding labele.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red. prof.**

Ako entitet u Fortranu ima *binding* labelu, na nju se može pozvati u C kodu. Postojanje *binding* labele je potrebno za interoperabilnost globalnih podataka, ali nije neophodno za komunikaciju preko argumenata procedura.

*ISO_C_BINDING* je ugrađeni Fortranski modul koji sadrži imenovane konstante, izvedene tipove i procedure, koji omogućuju da se interoperabilnost što lakše implementira.

### 2.1 Interoperabilnost prostih tipova

U programskom jeziku Fortan postoji koncept parametra tipa, dok u programskom jeziku C ne postoji. Na primer, u Fortranu postoji jedan celobrojni tip koji, u zavisnosti od parametra, može imati više reprezentacija u memoriji, dok u C-u za svaku reprezentaciju celobrojnog tipa u memoriji postoji poseban tip. Ugrađenom tipu u C-u odgovara Fortranski tip sa odgovarajućim parametrom tipa [1].

### 2.2 Interoperabilnost nizova

Da bi fortranski niz bio interoperabilan sa C-ovskim statičkim nizom, mora biti niz eksplicitno navedenog oblika ili niz pretpostavljene veličine [1]. Naravno, i tip elemenata niza mora biti interoperabilan.

### 2.2 Znakovni nizovi

Znakovni niz se u C programskom jeziku predstavlja kao niz elemenata tipa karakter, gde je poslednji element niza takozvani *null* karakter i predstavlja kraj znakovnog niza. *ISO_C_BINDING* modul sadrži imenovanu konstantu *C_NULL_CHAR*, kojom se u Fortranu predstavlja *null* karakter iz C jezika. U Fortranu se znakovni niz predstavlja preko tipa *CHARACTER* sa parametrom tipa *Length*, kojim se definiše dužina niza. Ovako definisan, on je interoperabilan sa *C*-ovskim znakovnim nizom, ali poslednji element niza mora biti *C_NULL_CHAR* konstanta.

### 2.3 Interoperabilnost pokazivača

Pokazivači u *C* programskom jeziku nisu direktno interoperabilni sa pokazivačima u *Fortranu*. Radi podrške interoperabilnosti pokazivača, u *ISO_C_BINDING* modulu ubačeni su tipovi *C_PTR* i *C_FUNPTR*, koji predstavljaju C pokazivač na neku promenljivu, odnosno C pokazivač na neku funkciju. Potprogrami u okviru modula *C_F_POINTER* i *F_C_POINTER* konvertuju C pokazivač u fortranski i obrnuto [1].

### 2.1.5 Izvedeni tipovi

Po standardu, da bi fortranski izvedeni tip bio interoperabilan sa C-ovskim izvedenim tipom, mora imati *Bind* atribut. Sledeća ograničenja se odnose na tip sa *BIND(C)* atributom [1]:

1. ne može imati *SEQUENCE* atribut,
2. ne može imati *EXTENDS* atribut,
3. ne može imati parametre tipa,
4. ne može imati procedure vezane za tip (*bound procedures*) i
5. komponenta ne može biti pokazivač ili alokatabilna komponenta.

Komponenta ne može biti tipa pokazivač, ali se zato mogu koristiti tipovi *C_PTR* i *C_FUNPTR* koji se, po potrebi, mogu konvertovati u Fortran pokazivače.

Izvedeni tip iz programskog jezika Fortran je interoperabilan sa C strukturom [1]:

1. ako je tip iz Fortrana interoperabilan,
2. ako tip iz Fortrana i iz C jezika imaju isti broj komponenti i
3. ako su tip i parametri tipa svake komponente iz Fortrana interoperabilni sa tipom odgovarajuće komponente iz C-a.

Ime tipa i imena komponenti se ne moraju poklapati, ali komponente moraju biti definisane u istom redosledu.

## 3. INTEROPERABILNOST *MANAGED* I *UNMANAGED* KODA

### 3.1 C++/CLI programski jezik

Ako C++ programski jezik proširuje jezik C objektno orjenitsanim svojstvima, onda je C++/CLI programski jezik koji proširuje jezik C++ *managed* karakteristikama [2]. Poprimajući *managed* karakteristike, C++/CLI postaje interpeterski jezik, odnosno njegovim prevođenjom se može dobiti kod koji se izvršava na virtualnoj mašini. Takođe u C++/CLI programskom jeziku je moguće kombinovati *managed* i *native* kod.

C++/CLI je zapravo samo specifikacija *Microsoftovog* jezika Visual C++, ali se u literaturi i programerskom žargonu naziv C++/CLI više koristi kao naziv jezika, pa će tako biti i u ovom radu.

### 3.2 Pristup *managed* i *unmanaged heap*-u iz programskog jezika C++/CLI

*Heap* je deo memorije koji služi za čuvanje dinamičkih promenljivih. U *native* programskim jezicima od programera se očekuje da adekvatno upravlja ovim memorijskim prostorom, tj. da zauzeti prostor oslobađa ukoliko više nema potrebu za njegovim korišćenjem. Kod *managed* progamskih jezika, dinamičkom memorijom upravlja virtualna mašina.

U programskom jeziku C++/CLI promenljive se mogu instancirati na oba *heap*-a [2].

### 3.3 Izvedeni tipovi u jeziku C++/CLI

U programskom jeziku C++/CLI mogu se definisati i *managed* i *native* izvedeni tipovi.

*Native* tipovi su:

1. *class – native* klasa i
2. *struct – native* struktura.

*Managed* tipovi su:

1. *ref class– managed* klasa,
2. *value struct – managed* struktura,
3. *interface–* interfejs i
4. *enum class*, *enum struct–* enumeracija.

Izvedeni tipovi mogu biti vrednosni ili referentni tipovi.

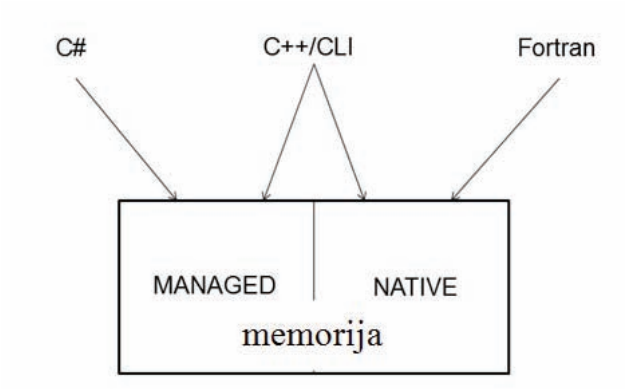
Prilikom definisanja polja i metoda izvedenih tipova u C++/CLI programskom jeziku dozovoljeno je mešanje *managed* i *native* tipova polja, odnosno *managed* i *native* tipova parametara i povratnih vrednosti metoda. Dozvoljene kombinacije date su u tabeli 3.1 [3].

Tabela 3.1 Dozvoljene kombinacije *managed* i *unmanaged* tipova

| | *Nativ* klasa | *Managed* klasa |
|---|---|---|
| Metode sa *native* tipovima parametara i povratne vrednosti | Dozvoljeno, i za referentne i za vrednosne tipove | Dozvoljeno, i za referentne i za vrednostne tipove ali se ove metode mogu pozivati samo iz C++/CLI jezika |
| Metode sa *managed* tipovima parametara i povratne vrednosti | Dozvoljeno, i za referentne i za vrednosne tipove | Dozvoljeno, i za referentne i za vrednostne tipove |
| Polja kao *native* tipovi | Dozvoljeno,i za referentne i za vrednosne tipove | Samo referentni tipovi |
| Polja kao *managed* tipovi | Dozvoljeno za vrednosne tipove, a referenti tip mora biti omotan gcroot template klasom | Dozvoljeno, i za referentne i za vrednosne tipove |

## 5. DEFINISANJE REŠAVANOG PROBLEMA

Ovaj rad pruža podršku programima pisanim C# programskim jezikom koji poziva funkcije koje su pisane u Fortranu. Najveći problem kod ovakvih programa jeste kako razmenjivati podatake između fortranske funkcije i ostatka programa pisanog u C#. Ovaj problem rešavamo tako što koristimo C++/CLI programski jezik koji ima pristup i *managed* i *native heap*-u, pa može kopirati podatke sa jednog *heap*-a na drugi (slika 5.1).




Slika 5.1 *Managed* i *native* deo memorije

Da bi interoperabilnost bila moguća, moraju se definisati modeli podataka u sva tri jezika. Pri tome se mora voditi računa da tipovi podataka u C++/CLI jeziku budu *native* tipovi koji su interoperabilni sa Fortran tipovima, a da istovremeno podaci mogu lako biti razmenjivani sa *managed* memorijom.

Takodje i za sve promene nad modelom podataka, koji se razmenjuje, potrebno je izvršiti promene nad definisanim tipovima podataka u sva tri jezika i izvršiti promene na delom koda koji se bavi kopiranjem podataka izmedju *managed* i *native* dela memorije.

Kako bi olakšali ceo ovaj proces, definisan je *DSL* u kome se na dijagramu kreira model podataka, a potreban kod za interoperabilnost se generiše na osnovu modela. Naziv *DSL*-a je "*C#FI*".

### 5.1 C#FI metamodel

Implementacija jezika "*C#FI*" urađena je pomoću *Microsoft DSL Tools.*

Svaki dijagram ima korenski element, što je u našem slučaju "*ModelRoot"*. Definisanjem atributa ovog elementa definišemo svojstva (*properties*) dijagrama koja na nivou instance metamodela možemo podešavati.

U *C#FI* jeziku izvedeni tipovi definišu se kreiranjem klasa i enumeracija. U metamodelu za ove tipove definisane su metaklase: *ModelClass* i *ModelEnum* koje nasleđuju apstraktnu metaklasu *ModelType.*

Na dijagramu modela podataka može se definisati tip za koji ne mora biti generisan kod u svim jezicima. *IsManaged i IsNative* predstavljaju atribute metaklase *ModelType, koji* se koriste ukoliko ne želimo da na dijagramu definišemo tip u C# jeziku (*isManaged=false*), ili u Fortranu (*isNative=false*).

U *C#FI* jeziku podržani su sledeći tipovi veza:

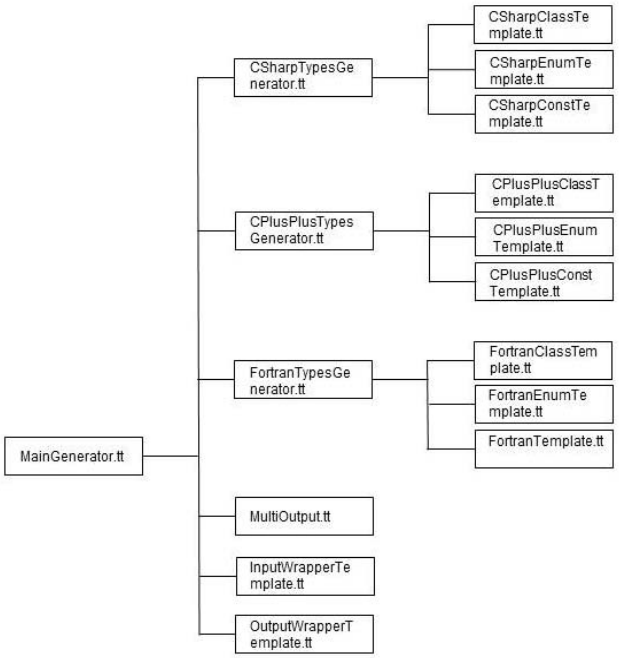
1. Asocijacija
    a. Agregacija
    b. Kompozicija
2. Generalizacija

Veze agregacije i kompozicije nasleđuju vezu asocijacije. Ukoliko su dva tipa povezana vezom agregacije, ili kompozicije, za tip iz koga potiče veza biće generisano polje tipa na koji veza pokazuje. Veza generalizcije može se uspostaviti između dve klase, dok se veze asocijacije, agregacije i kompozicije mogu uspostaviti između klase i bilo kog tipa (klasa, enumeracijai).

Iz modela klase imamo definisanu vezu ugrađivanja "*ClassHasAttributes*" ka modelu atributa. Atributom *Type* modela atributa definišemo tip atributa klase u modelu. On može imati vrednost iz konačnog skupa vrednosti koje predstavljaju ugrađene tipove u jeziku *C#FI*.

### 5.2 Generisanje koda

Generisanje koda vrši se preko *T4 text template*-a. Dijagramu modela je potrebno setovati polje *CustomTool* na vrednost "*C#FIDslCustomTool*", kako bi se pokrenuo proces generisanja koda prilikom svakog čuvanja dijagrama. Proces transformacije počinje izvršavanjem *MainGenerator.tt template* fajla, koji poziva ostale *tamplate* fajlove, zadužene za generisanje nekog segmenta koda u nekom od jezika. Struktura *tamplate* fajlova prikazana je na slici 5.2.




Slika 5.2 Struktura template-a

*MainGenerator.tt* iterira kroz model i pravi liste *managed* i *native* fajlova koje je potrebno generisati, kao i liste tipova koji će u tim fajlovima biti generisani. Zatim za svaki managed fajl poziva *CSharpTypesGenerator.tt tamplate* i prosleđuje listu *managed* tipova koje treba generisati u C# jeziku, odnosno za svaki *native* fajl poziva metode za generisanje iz *CPlusPlusTypesGenerator*.tt i *FortranTypesGenerator.tt tamplate*-a i prosleđuje listu *native* tipova koje treba generisati u jezicima C++/CLI i Fortran.

*CSharpTypesGenerator.tt tamplate* zadužen je da generiše sve imenske prostore (*namespace*), potrebne da bi se fajl uspešno kompajlirao. On iz prosleđene liste tipova za svaki tip zaključuje da li je tip klasa, enumeracija ili konstanta i na osnovu toga odlučujuje da li

za tip poziva metode iz *CSharpClassTemplate.tt*, *CSharpEnumTemplate.tt* ili *CSharpConstTemplate.tt template*-a.

Zadatak *CPlusPlusTypesGenerator*.tt *template*-a je da identifikuje nazive svih fajlova koje je potrebno uključiti (*include*) u trenutno generisani „h“ fajl. On takođe, iz prosleđene liste tipova, za svaki tip zaključuje da li je tip klasa, enumeracija ili konstanta i na osnovu toga odlučujuje da li za tip poziva metodu za generisanje iz *CPlusPlusClassTemplate.tt*, *CPlusPlusEnumTemplate.tt* ili *CPlusPlusConstTemplate.tttemplate*-a.

*FortranTypesGenerator.tt* iz prosleđene liste tipova za svaki tip zaključuje da li je tip klasa, enumeracija ili konstanta i na osnovu toga odlučuje da li za tip poziva metodu za generisanje iz *FortranClassTemplate.tt*, *FortranEnumTemplate.tt, ili FortranTemplate.tt template*-a.

*FortranClassTemplate.tt* na osnovu prosleđenog tipa generiše izvedeni tip u Fortran jeziku. Ovde je bitno napomenuti da generisani izvedeni tipovi nemaju *bind* atribut kao što je propisano standardom. Postojanje *bind* atributa, uslovljava izostavljanje *extend* atributa što bi u našem slučaju značilo da ne smemo imati veze generalizacije. Izostavljanjem *bind* atributa ispostavilo se da je interoperabilnost sa C++/CLI izvedenim tipom i dalje ostvariva.

*InputWrapperTemplate.tt* je *template* koji generiše C++/CLI kod koji kopira podatke iz *managed* memorije u *native* memoriju.

OutputWrapperTemplate.tt *je template koji generiše C++/CLI* kod koji kopira podatke iz *native* memorije u *managed* memoriju.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je jedan pristup interoperabilnosti programskih jezika C# i Fortran uz pomoć jezika C++/CLI i način realizacije ovakvog pristupa, pomoću posebno kreiranog jezika “*C#FI*” specifičnog za domen. Cilj ovakvog pristupa je da se interoperabilnost što lakše implementira kao i da održavanje bude što jednostavnije. *C#FI* jezik specifičan za domen se može dodati u *Visual Studio* instalacijom dodatka.

Pravci daljeg razvoja bi svakako mogli biti bolja saradnja između različitih dijagrama modela kao i mogućnost za validaciju modela.

## 7. LITERATURA

[1] Jeanne C. Adams, Walter S. Brainerd, Richard A. Hendrickson, Richard E. Main,e Jeanne T. Martin, Brian T. Smith**,** *The Fortran 2003 Handbook***,** Springer, 2009
[2] Gordon Hogenson, *Foundations of C++/CLI*, Apress, 2008
[3] http://manski.net/2011/04/cpp-cli-cheat-sheet/

### Kratka biografija



**Stefan Milošević** je rođen 1988.godine u Zaječaru. Završio je tehničku školu “Tehnička škola Zaječar” u Zaječaru, 2007. godine. Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu je upisao 2007. godine. Tu je završio osnovne i potom upisao master studije. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9

# ANALIZA PERFORMANSI JEDNOG SISTEMA BAZE PODATAKA ZA RAD U REALNOM VREMENU, ZASNOVANOG NA SOFTVERU EXTREMEDB

# A PERFORMANCE ANALYSIS OF A REAL TIME DATABASE SYSTEM, BASED ON THE EXTREMEDB SOFTWARE

Marko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U okviru rada predstavljen je problem rukovanja velikom količinom podataka u okviru jedne kompanijske real-time baze podataka. Predstavljena je ukratko kompanijska real-time baza podataka i dat kratak pregled karakteristika eXtremeDB real-time baze podataka. Kreirani su i implementirani servisi za testiranje sistema kompanijske real-time baze podataka i eXtremeDB sistema baze podataka. Testirane su operacije ažuriranja, čitanja i publikacije. Izvršeno je upoređivanje i analiza dobijenih rezultata merenja. Na osnovu izvršenih analiza, dat je predlog za korišćenje kreiranog eXtremeDB sistema za upravljanje bazom podataka u kompanijskom DMS softveru.*

**Abstract** – *In this paper the problem of management of great amount of data in real-time database of a specific company has been presented. We present the company real-time database and give a short overview of the eXtremeDB real-time database characteristics. We have developed and implemented services for testing the company real-time database and eXtremeDB database systems. Update, read and publication operations have been tested. The obtained results of the applied measurement have been compared and analyzed. On the basis of the performed analyzes, we propose the eXtremeDB system as a database management system in the company DMS software.*

**Ključne reči:** *Real-time baze podataka, DMS, in-memory baze podataka, eXtremeDB, analiza performansi.*

## 1. UVOD

Svojstvo današnjih sistema koje koristimo i koji nas okružuju jeste da oni prilikom svog rada proizvode veliku količinu podataka iz kojih se generišu informacije koje su neophodne za obezbeđenje upravljanja sistemom. Jedan od primera jeste *Distribution Management System (DMS)*, nadzorno-upravljački sistem za kontrolu i analizu distributivnih sistema elektro-energetske mreže.

Analogno porastu količina generisanih podataka povećava se i potreba za skladištenjem velike količine podataka. Sem skladištenja potrebno je obezbediti brz pristup tim podacima. Primarni medij koji se koristio za smeštanje podataka je jedinica diska. Razlozi koji su do toga doveli su njihov veliki memorijski kapacitet i relativno niska cena po jedinici kapaciteta.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red. prof.**

Razvoj memorijskih uređaja operativne memorije je obezbedio znatno jeftinije memorisanje podataka po jedinici kapaciteta i povećanje kapaciteta. Taj razvoj je doveo do razvoja *in-memory* baza podataka.

Kompanijski *DMS* softver sadrži kompanijsku *in-memory* bazu podataka, koja je zadužena za čuvanje velike količine brzopromenjivih podataka koji stižu iz elektro-energetske mreže. Ta baza podataka je koncipirana kao opšta *NoSQL* baza podataka.

Zbog konstantnog povećavanja broja elemenata u okviru elektro-energetske mreže, dolazi postepeno i do pada performansi kompanijskog *DMS* softvera smanjenjem brzine rukovanja podacima koji dolaze iz mreže. Kao jedna od mogućih alternativa kompanijskom sistemu za upravljanje bazama podataka, u radu se razmatra *eXtremeDB* sistem za upravljanje bazama podataka.

Cilj rada je izvršiti analizu opravdanosti zamene postojećeg kompanijskog rešenja *in-memory* baze podataka rešenjem zasnovanim na primeni *eXtremeDB* sistema baze podataka i ukazati na pozitivne i negativne efekte takve zamene. U radu je izvršeno testiranje i uporedna analiza performansi kompanijskog *real-time* sistema za upravljanje bazama podataka i *eXtremeDB* sistema za upravljanje bazama podataka. Za potrebe testiranja razvijeno je distribuirano okruženje koje simulira realnu elektro-energetsku distributivnu mrežu.

## 2. *REAL-TIME* SISTEMI BAZA PODATAKA

*Real-time* sistemi baza podataka (RTSBP) su takvi sistemi baza podataka koji treba da obezbede sve mogućnosti koje poseduju i tradicionalni sistemi baza podataka, dok u isto vreme primenjuju *real-time* ograničenja koje aplikacije mogu imati [1]. Kao i tradicionalni sistemi baza podataka, RTSBP poseduje funkcije koje se odnose na repozitorijum podataka i obezbeđuju efikasno čuvanje, dobavljanje i obradu podataka. Međutim, kao deo *real-time* sistema, zadaci imaju vremenska ograničenja, tako da RTSBP ima dodat zahtev da obezbedi određeni stepen sigurnosti rada u sistemu sa vremenskim ograničenjima [2].

### 2.1 Tehničke karakteristike *eXtremeDB*

*eXtremeDB real-time* sistem baze podataka je sistem koji bazu podataka organizuje u operativnoj memoriji i predstavlja tzv. ugrađeni sistem baze podataka (USBP). Ovakvom organizacijom eliminiše se kompleksna logika prilikom heširanja i, uopšte, rukovanja datotekama.

Pošto se podaci, koji čine bazu podataka, nalaze u operativnoj memoriji, smanjuje se broj ulazno/izlaznih operacija i samim ti se smanjuje opterećenje centralnog procesora.

*eXtremeDB* koristi dve biblioteke koje poboljšavaju performanse *eXtremeDB* sistema za upravljanje bazama podataka za 5%-15%. Prva biblioteka omogućuje korišćenje pokazivača za adresiranje memorije, dok druga biblioteka omogućava pristup lokacijama na osnovu zadatog rastojanja od početne adrese. Da bi se sprečilo moguće "curenje" memorije, *eXtremeDB* obavlja dinamičku alokaciju memorije samo na zahtev aplikacije koja ga koristi.

### 2.2 Svojstva *eXtremeDB* sistema baze podataka

*eXtremeDB Fusion* sistem za upravljanje bazama podataka predstavlja spoj poželjnih osobina baza podataka koje za medijum koriste operativnu memoriju i klasičnih baza podataka koje za medijum koriste disk.
*eXtremeDB* podržava principe atomičnosti, konzistentnosti, izolovanosti i trajnosti (*ACID*), koji garantuju integritet i konzistentnost podataka u bazi podataka.

## 3. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE ZA RAZVOJ OKRUŽENJA ZA TESTIRANJE

U radu je korišćeno *.NET* softversko okruženje [3]. *.NET* je izabran zato što podržava skoro sve programske jezike za koje postoji *eXtremeDB* interfejs, a to su programski jezici: *C,C++* i *C#*.
Kao razvojno okruženje korišćen je *Visual Studio 2010* [4]. Programski jezik koji je korišćen za izradu rada je *C#*. On je izabran zbog jednostavnosti pisanja izvornog koda.
Za imlementiranje distribuiranog okruženja je korišćeno *WCF* softversko okruženje [5]. *WCF* softversko okruženje predstavlja deo *.NET-a*, i služi za implementaciju servisno orijentisanih arhitektura (*SOA*). Servisi uglavnom podržavaju *Web Service Description Language* (*WSDL*) interfejs, tako da svaki klijent može koristiti servise nezavisno od instalirane platforme.

## 4. SPECIFIKACIJA I IMPLEMENTACIJA SERVISA ZA TESTIRANJE BAZE PODATAKA

Servisi koji će biti korišćeni u testiranju su *WPF* servisi. Prvi servis predstavlja simulaciju realne distributivne mreže i on ima ulogu klijenta, odnosno onog koji će preko *WCF* softverskog okruženja pozivati operacije nad bazom podataka. Drugi servis predstavlja servis na strani baze podataka i čini interfejs koji omogućava da se pristupa kompanijskoj *real-time* bazi podataka. U kompanijskoj bazi podataka postoje dva mehanizma koja se bave skladištenjem i obradom podataka. Jedan mehanizam služi da podatke koji dolaze sa uređaja čuva u operativnoj memoriji, a drugi da podatke smešta na disk.

### 4.1 Struktura podataka kompanijske baze podataka

Distributivna mreža se sastoji od električnih elemenata. Svaki elemenat ima svoj tip. Na osnovu tipa, element poseduje određene atribute.
Blok predstavlja geografski položaj elementa. U različitim blokovima mogu se nalaziti elementi istog tipa. Jedan blok može da sadrži elemente različitih tipova.
Svaki element pripada određenom bloku. Element se može identifikovati na dva načina. Prvi način je identifikacija na osnovu globalnog identifikatora, odnosno *ID-a*, a drugi način je na osnovu lokalnog identifikatora koji ga identifikuje unutar bloka, odnosno *LID-a*.

### 4.2 Operacije nad podacima kompanijske *real-time* baze podataka

Operacije koje se izvode nad podacima mogu se po dinamici podeliti u dve grupe. U prvu grupu spadaju operacije kreiranja i izmene same strukture podataka. S obzirom da se struktura mreže jako retko menja, i operacije kreiranja i izmene dešavaju se veoma retko.
Drugu grupu operacija nad podacima čine operacije ažuriranja vrednosti atributa. Vrednost atributa elemenata u mreži se neprekidno menja, te se i ažuriranje podataka vrši skoro neprekidno. Pored operacija ažuriranja, sledeća česta operacija je čitanje.
U radu su izdvojene i posmatrane tri operacije nad podacima:

- ažuriranje podataka,
- čitanje podataka i
- publikovanje podataka.

Operacija ažuriranja menja vrednost atributa elemenata u bazi podataka. Operacija čitanja čita trenutne vrednosti atributa elemenata. Operacija publikovanja vrši publikovanje podataka nakon promena vrednosti atributa elemenata.

### 4.3 *Publish/Subscribe* mehanizam u kompanijskom softveru

Baza podataka je u sprezi sa *Publish/Subscribe* mehanizmom. *Publish/Subscribe* mehanizam omogućava da zainteresovani servisi dobiju podatke o promenama i trenutnom stanju u bazi podataka. Servisi koji žele da dobijaju podatke o promenama koje nastaju u bazi podataka moraju se pretplatiti na *Publish/Subscribe* mehanizam. Pretplaćivanje znači da servisi pošalju *Publish/Subscribe* mehanizmu informacije o tome koje ih promene vrednosti atributa interesuju u okviru baze podataka i nakon toga će dobijati podatak kada se te promene dogode. Sa porukom o promeni dobiće i nove vrednosti atributa elemenata.

### 4.4 Struktura servisa koji simuliraju realno okruženje

Za potrebu simulacije realnih uslova izgrađeni su servisi koji oponašaju realne uslove. Potrebno je praćenje tri vrste akcija u sistemu. To su: ažuriranje, čitanje i publikovanje. Sve tri akcije su od krucijalnog značaja za merenje performansi baze podataka.
Sve tri akcije su objedinjene u okviru jednog klijenta. Taj klijent predstavlja *WCF* servis koji komunicira sa bazom podataka putem *WCF* softverskog okruženja.
U okviru klijenta postoje jedna glavna nit i više pomoćnih niti. Svaka glavna nit klijenta kreira tri pomoćne niti. Prva nit je zadužena za upis podataka u bazu podataka, druga nit za čitanje podataka iz baze podataka i treća nit za pretplaćivanje na određene teme i dobijanje publikacija. U okviru svake od navedene tri pomoćne niti, pokreću se nove niti. Svaka od njih zasebno, preko konekcije koju je klijent uspostavio, komunicira sa bazom podataka. Ideja je da se maksimalno multiplicira opterećenje baze podataka kako bi bili ostvareni što realniji uslovi.
Prilikom kreiranja klijenata definiše se vreme koje određuje na koliko će se stvarati nova nit, vreme koliko će nit "spavati" i životni vek niti.

## 5. IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKE KOMPONENTE ZA RUKOVANJE *eXtremeDB* SISTEMOM BAZA PODATAKA

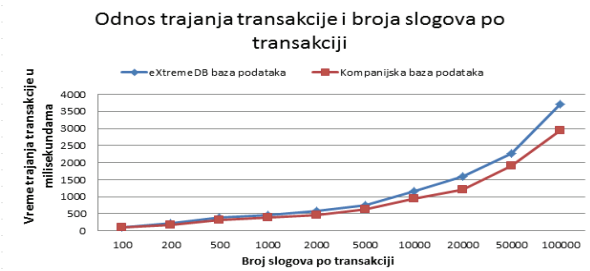
Kompanijska baza podataka ne predstavlja klasičnu relacionu bazu podataka, već NoSQL bazu podataka. S obzirom na to, potrebno je kreirati strukturu koja se može koristiti u *eXtremeDB* sistemu baza podataka.
Implementirana softverska komponenta omogućava kreiranje baze podataka i obezbeđuje vezu između *WCF* servisa i same baze podataka.
Da bi *eXtremeDB* baza podataka bila kreirana, potrebno je definisati klase čiji će objekti biti memorisani unutar baze podataka. Te klase moraju u izvornom kodu biti anotirane anotacijom *Persistent*. U toku izvršavanja aplikacije u čijem se sastavu nalazi baza podataka, putem refleksije, baza podataka dobija informacije o klasama i atributima tih klasa čiji se objekti smeštaju u bazu podataka.
Fizička organizacija baze podataka je stranična.
Implementirana softverska komponenta će omogućiti da se *eXtremeDB* bazi podataka, koja je kreirana za potrebe ovog rada, pristupa preko interfejsa kompanijske *real-time* baze podataka.

## 6. TESTIRANJE PERFORMANSI KOMPANIJSKE BAZE PODATAKA I *EXTREMEDB* BAZE PODATAKA I POREĐENJE DOBIJENIH PERFORMANSI

Predloženi testovi performansi izvršavani su na jednom računaru. Prvo su testovi primenjeni nad kompanijskom bazom podataka, a zatim nad *eXtremeDB* bazom podataka. Prvi test meri vreme trajanja transakcije ažuriranja u odnosu na broj slogova po transakciji, drugi test meri vreme trajanja transakcije čitanja, i poslednji test meri vreme potrebno za publikaciju prilikom promena.
Za potrebe testiranja definisana su dva tipa podataka: *Type1* i *Type2*. Ti tipovi predstavljaju električne elemente u elektro-energetskoj distribucionoj mreži.
Inicijalno u bazi podataka se kreira 50 blokova i svaki od tih blokova ima 1000 instanci tipa *Type1* i *Type2*.

### 6.1 Test ažuriranja podataka

Prilikom merenja vremena ažuriranja u bazama podataka, mereno je vreme koje je potrebno za ažuriranje podataka. Test ažuriranja iniciraju niti koje pripadaju klijentu. Svaka nit ima vreme spavanja između jedne i dve sekunde. Životni vek svake niti traje između dvadeset i trideset sekundi. Tačna vremena se dobijaju korišćenjem generatora slučajnih brojeva. Podaci su dobijeni korišćenjem kompanijske komponente za logovanje i obrađeni korišćenjem alata *Excel*.
Na Slici 1 prikazani su rezultati testa operacije ažuriranja.

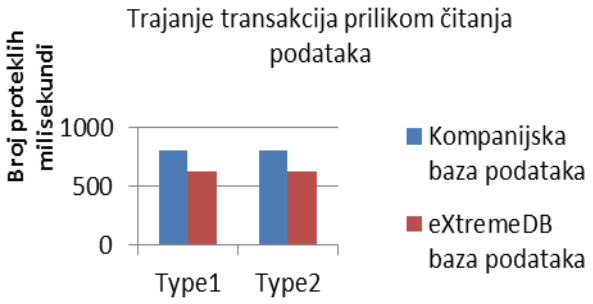



Slika 1. Rezultati testa operacije ažuriranja

Zavisnost vremena trajanja transakcija i broja promena po transakciji aproksimirana je eksponencijalnom funkcijom $y=83.91e^{0.348x}$ sa koeficijentom korelacije $R^2 = 0.981$. U slučaju *eXtremeDB* baze podataka, zavisnost vremena trajanja transakcija i broja promena po transakciji aproksimirana je eksponencijalnom funkcijom $y = 99.41e^{0.355x}$ sa koeficijentom korelacije $R^2 = 0.975$.
Kompanijska baza podataka je prilikom testa ažuriranja pokazala bolje performanse. Iako je promena performansi eksponencijalna, uočljiva je razlika u vremenu trajanja transakcija sa istim brojem slogova. Pretpostavka je da se ova razlika javlja zbog razlike između logične organizacije podataka između *eXtremeDB* i kompanijske baze podataka. Značajan uticaj na performanse obe baze podataka ima ažuriranje podataka na disku, pored ažuriranja podataka u operativnoj memoriji.

### 6.2 Test čitanja podataka

Operacija čitanja vrši čitanje iz baze podataka. Čitanje iz kompanijske baze podataka zasniva se na čitanju svih instanci istog tipa u jednoj transakciji. Kao rezultat ovog čitanja dobija se kursor. Kursor je skup objekata iz baze podataka koji se dobije pri operaciji čitanja. Do konkretnog objekta se dolazi iteracijom kroz kursor. Test čitanja iniciraju niti koje pripadaju klijentu. Svaka nit ima vreme spavanja između jedne i dve sekunde. Životni vek svake niti traje između dvadeset i trideset sekundi. Tačna vremena se dobijaju korišćenjem generatora slučajnih brojeva. Podaci su dobijeni korišćenjem kompanijske komponente za logovanje i obrađeni korišćenjem alata *Excel*. Na Slici 2 dat je uporedan prikaz vremena trajanja transakcija kod obe baze podataka u zavisnosti od tipa podataka čije se instance nalaze u bazi podataka.




Slika 2. Uporedni prikaz

Slika 2. pokazuje da je vreme potrebno za čitanje iz baze podataka skoro identično za oba tipa podataka u okviru jedne baze podataka. Kompanijska baza podataka je pokazala veće vreme potrebno za čitanje.
Deo uticaja na performanse se mora pripisati i mehanizmu za publikovanje podataka. Sam taj mehanizam u toku transakcije vrši sakupljanje podataka koji će biti publikovani. Publikuju se samo podaci za koje postoje pretplatioci. Ta činjenica implicira da povećavanjem broja pretplatilaca, odnosno broja tema na koje se pretplatioci pretplaćuju, utiče na povećanje vremena ažuriranja.
Publikovanje posebno utiče na vreme trajanja operacije ažuriranja u okviru *eXtremeDB* baze podataka. Taj uticaj proizilazi iz činjenice da u okviru *eXtremeDB* sistema baza podataka ne postoji mogućnost da se napravi procedura koja bi se izvršavala prilikom promene vrednostu atributa u bazi podataka. *eXtremeDB* sistem

baze podataka omogućava samo signaliziranje da je došlo do promene u *eXtremeDB* bazi podataka. Da bi se identifikovao atribut čija se vrednost promenila, potrebno je postojanje programskog praćenja svih promena u *eXtremeDB* bazi podataka.

### 6.3 Test publikovanja

Operacija publikovanja vrši publikovanje željenih promena koje nastaju u bazi podataka. Šta će biti publikovano zavisi od toga na šta su pretplatioci pretplaćeni. Svaki od pretplatioca kreira teme na koje će biti pretplaćen. Teme moraju biti iz skupa unapred predviđenih tipova tema. Pored teme se definiše i tip poruke koje će dobiti pretplatilac.

Podaci se mogu publikovati u dva slučaja. U prvom slučaju dolazi do publikovanja kada se klijent prvi put prijavi na servis za publikovanje. Prilikom te vrste publikovanja se šalju trenutne vrednosti iz baze podataka za određenu temu. Poruka koja se dobije na taj tip publikacije naziva se *IntegrityUpdate.* U drugom slučaju dolazi do publikacije, ako se desi promena vrednosti podataka u bazi podataka, a postoji tema koja prati promenu tih podataka.

Za potrebe testiranja korišćene su teme koje se mogu svrstati u dva moguća tipa:

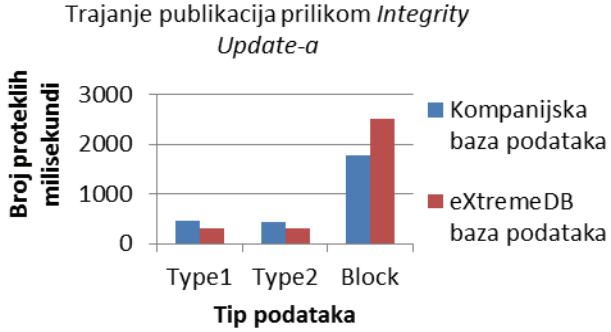
- *BlockTopic i*
- *TypeTopic.*

Kod teme tipa *BlockTopic* pretplatilac definiše broj bloka u okviru kojeg će se prati promena u bazi podataka i generisati publikacija. Pored bloka se navode i atributi čije promene vredosti su od interesa. Kao publikacija na ovu vrstu pretplate se dobija poruka tipa *BlockMessage* koja sadrži podatka o promenjenim atributima i njihovim sadašnjim vrednostima.

*TypeTopic* predstavlja vrstu teme gde se pretplatilac pretplati da dobija podatke određenog tipa. U okviru poruke tipa *TypeTopic* navodi se tip na koji se pretplaćuje i atributi čije se vrednosti posmatraju. Na promene podataka određenog tipa se dobija poruka tipa *TypeMessage.*

Test publikovanja iniciraju niti koje pripadaju klijentu. Svaka nit ima vreme spavanja između pet i sedam sekundi. Životni vek svake niti je između dvadeset i trideset sekundi. Tačna vremena se dobijaju korišćenjem generatora slučajnih brojeva.

Prilikom merenja vremena publikacije, mereno je vreme od trenutka pretplate na navedene teme do trenutka dobijanja *Integrity Update-a.* Na Slici 3. prikazani su uporedni rezultati dobijeni merenjem dveju posmatranih baza podataka i korišćenjem kompanijskog sistema za publikovanje.




Slika 3. Uporedni rezultati

Kompanijski softver je na ovom testu pokazao bolje rezultate, odnosno dobijeno je kraće vreme prilikom publikacije za temu koja predstavlja blok, dok je *eXtremeDB* baza podataka pokazala da je potrebno manje vremena za publikaciju na temu koja se odnosi na tip podataka.

## 7. ZAKLJUČAK

Kroz testove je pokazano da *eXtremeDB* sistem baze podataka može da rukuje podacima koji se jako brzo menjaju i koji su specifične strukture, a koji se koriste u kompanijskom rešenju *real-time* sistema baze podataka. Te strukture podataka su u toku testa prikazane kao simulacija realnih struktura podataka koje kompanijski *DMS* softver koristi. Pored strukture i vremena promena, vrednosti atributa u tim strukturama odgovaraju vrednostima atributa iz realnog sistema.

Rezultati testova nisu dali značajne razlike između performansi dveju posmatranih sistema baza podataka. Jedan od glavnih uzroka je što su testovi izvršavani na samo jednom računaru i nije bilo moguće stvoriti distribucioni sistem koji bi se nalazio na više računara povezanih u mrežu.

Na osnovu rezultata testova, došlo se do zaključka da se kompanijska baza podataka može zameniti bazom podataka predstavljenom u radu. Performanse rada kompanijskog *DMS* softvera bi, prilikom takve zamene, ostale nepromenjene. Da bi došlo do pojave značajnijih poboljšanja u performansama kompanijskog *DMS* softvera prilikom zamene kompanijske *real-time* baze podataka sa *eXtremeDB* bazom podataka, potrebno je koristiti *eXtremeDB* bazu podataka preko *C/C++* interfejsa. To bi omogućilo maksimalno iskorišćenje *eXtremeDB* sistema baze podataka.

Pravci daljeg razvoja bili bi merenje zauzeća memorije kod obe baze podataka u uslovima različitog opterećenja kompanijskog *DMS* softvera. Nakon toga bi usledio rad na optimizaciji baze podataka, kako bi bila smanjena vremena izvršavanja operacija analiziranih u radu.

## 8. LITERATURA


[1] A. Buchmann. *Real Time Database Systems*. Idea Group, 2002.

[2] B. Kao and H. Garcia-Molina.An overview of real-time database systems. In S. H. Son, editor, *Advances in Real-Time Systems*, pages 463–486. Prentice Hall, 1995.

[3] http://msdn.microsoft.com/en-us/library/w0x726c2.aspx%20 .NET framework

[4] http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd831853(v=vs.100).aspx Visual Studio 2010

[5] http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd936243.aspx Windows Communication Foundation





**Marko Milošević** rođen je u Vranju 1986. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2008. god. god. Master rad iz iste oblasti odbranio je 2013. god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007.5

# USLUGE BAZIRANE NA LOKACIJI

# LOCATION BASED SERVICES

Dragan Krnjaić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *U radu je predstavljena izrada aplikacije za mobilne telefone zasnovane na Android operativnom sistemu koja na osnovu trenutne geografske lokacije korisniku pruža informacije o njegovom okruženju. Korisnik aplikacije pretražuje mesta interesovanja koja se nalaze oko njega u datom trenutku, a to mogu biti bioskopi, kafići, bankomati, apoteke, galerije, restorani, picerije...*

**Abstract** – *The paper describes the development of application for mobile phones based on Android operating system, which is based on the current geographic location of the user with information about its environment. Application user browsing points of interest that are around at the moment, and it can be cinemas, bars, ATMs, pharmacies, art galleries, restaurants, pizzerias ...*

***Ključne reči:*** *LBS, Android.*

## 1. UVOD

Usluge bazirane na lokaciji (*Location Based Services* – LBS) su IT usluge za pružanje informacija koje su stvorene, sastavljene, odabrane ili filtrirane uzimajući u obzir postojeće lokacije korisnika, drugih lica ili mobilnih objekata. One takođe mogu da se pojave u kombinaciji sa konvencionalnim uslugama. Atraktivnost usluga baziranih na lokaciji leži u činjenici da su njihovi učesnici automatski praćeni iako ne moraju ručno da unose informacije o lokaciji [1].

Osnova sistema je pozicioniranje upotrebom različitih metoda za prikupljanje važnih parametara. Kada je informacija o lokaciji formirana, ona se dalje procesuira na više načina, uključujući transformaciju njenog formata i korelaciju sa drugim informacijama ili geografskim sadržajima.

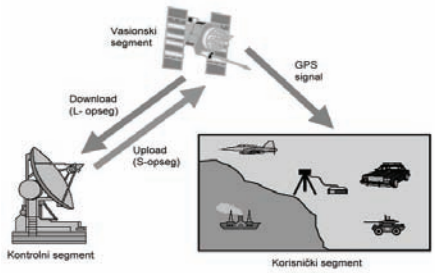
Sposobnost da se pronađe geografska lokacija je aspekt gde pametni telefoni imaju prednost u odnosu na tradicionalne računare. Za razliku od računara ili laptopa, pametni telefoni su prenosivi i u svakom trenutku mogu pristupiti aplikacijama zasnovanim na lokaciji kao što su mape, pretraga mesta od interesa, auto navigacija itd.

## 2. ARHITEKTURE I PROTOKOLI

GPS (*Global Positioning System*) je satelitski radio-navigacioni sistem. Omogućava određivanje tačne pozicije, brzine i vremena neograničenom broju korisnika koji poseduju odgovarajuću opremu.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Miro Govedarica.**

Najpoznatiji GPS sistemi su američki NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging*) i ruski GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*). GPS ima tri segmenta: kosmički i dva zemaljska – kontrolni i korisnički. Kosmički segment NAVSTAR – a, koji koristi ministarstvo odbrane SAD čine 24 satelita (21 aktivan i 3 rezervna) koji se nalaze na visini od 20200 kilometara iznad zemlje, raspoređenih u 6 orbitalnih ravni. GLONASS, koji kontroliše ministarstvo odbrane Rusije, ima 24 satelita raspoređenih u 3 orbitalne ravni, sa po 8 satelita u svakoj, na visini od 19100 kilometara. Kontrolni segment čine zemaljske stanice koje upravljaju satelitima i prate njihovo kretanje dok korisnički segment čini GPS prijemnik (slika 1) [2].




Slika 1. *GPS segmenti*

Za razliku od GPS-a koji najbolje rezultate pruža na otvorenom nebu, u ruralnim sredinama ili autoputevima, WiFi se koristi u urbanim sredinama i zatvorenom prostoru gde visoke zgrade i zidovi blokiraju GPS signal što rezultuje u drastičnom padu performansi ovog načina pretrage.

WiFi pozicioniranje se oslanja na sve veći broj "*access pointa*" u urbanim sredinama. Tačna lokacija telefona se računa merenjem intenziteta primljenog signala od strane okolnih "*access pointa*". Tačnost dobijene lokacije zavisi od broja WiFi pozicija koje su unete u bazu podataka. Pozicije se unose periodično pomoću Android Location Servisa tako što nakon uspešnog pronalska lokacije Android mobilni telefon šalje javno dostupan WiFi *access point* SSID (*Service Set Identefier*) i njegovu lokaciju koji se upisiju u bazu. Ova opcija periodičnog slanja lokacije se može isključiti u podešavanjima sistema. Ako je ova opcija omogućena, slanje lokacije u bazu će se vršiti periodično bez obaveštenja korisnika i bez obzira da li su trenutno pokrenute neke od aplikacija [3].

Alternativni metod za pronalaženje lokacije telefona ako ni GPS ni WiFi ne rade je korišćenje udaljenosti od okolnih baznih stanica (CellTower-a) mobilnog operatera. Udaljenost od svake od antena se računa na osnovu vremenske razlike koja protekne kada CellTower pošalje 'ping' ka telefonu i dobije odgovor (ping) nazad. Metod je sličan kao kod GPS trilateracije. Preciznost je u opsegu od 200-1000m [3].

## 3. TEHNOLOGIJE I ALATI

Kada su prvi put predstavljeni u javnosti, mobilni telefoni su bili veliki, nepraktični, veoma skupi, a neki su čak zahtevali i bazu koja je morala biti privezana uz telefon. Današnji mobilni telefoni obično su opremljeni sa GPS senzorima, akcelerometrima, Wi-Fi i 3G bežičnim konekcijama sa visokom propusnošću Internet sadržaja, ekranima osetljivim na dodir (touch-screen), ugrađenim kamerama, Bluetooth konekcijom.

### 3.1 Mobilnost i mogućnost traženja lokacije

Važnost i korisnost dostupnosti lokacije je široko prihvaćena uz sve veću popularnost GPS uređaja za navigaciju. Forma, arihetktura i prenosivost pametnih telefona ih čini idealnim za aplikacije ovog tipa. Zato ne iznenađuje da većina današnjih smart-telefona ima ugrađene mehanizme za što precizinije određivanje lokacije.
Budući da će ljudi koristiti mobilne telefone van kuće ili kancelarije, aplikacije koje svoje usluge temelje na lokaciji daju veliki značaj i upotrebljivost korisniku i tako mu pružaju dobar povratak na investiciju mobilnog uređaja.

### 3.2 Osnove android platforme

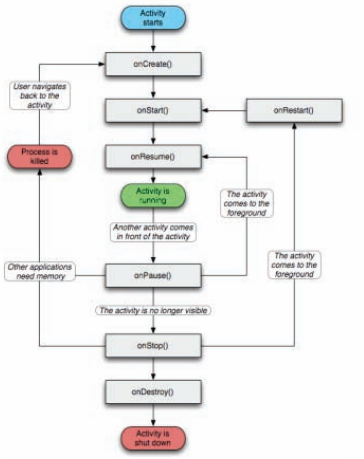
Android predstavlja softverski stek namenjen mobilnim telefonima i tabletima koji u sebi uključuje operativni sistem, posrednički softver kao i ključne aplikacije za normalno funkcionisanje. Tako na primer uz svaki Android mobilni telefon dolaze i preinstalirane aplikacije kao što su GoogleMaps, YouTube, GMail klijent ili Google pretraga.
Android SDK obezbeđuje alatke i API koji su neophodni za dalji razvoj aplikacija na Android platformi koristeći JAVA programski jezik [4].

Najbitnije karakteristike Android programskog okruženja:

• **otvorenost** - programeru omogućava potpunu slobodu u razvoju novih i već postojećih aplikacija, a proizvođaču uređaja slobodno korišćenje i prilagođavanje platforme bez plaćanja autorskih prava.
• **sve aplikacije su ravnopravne** - što znači da ne postoji razlika između osnovnih jezgarnih aplikacija uređaja (GMpas, GMail, GoogleSearch) i dodatnih aplikacija. Svim aplikacijama omogućen je ravnopravni pristup resursima pokretnog uređaja što daje mogućnost prilagođavanja uređaja specifičnim potrebama individualnog korisnika.
• **automatsko upravljanje životnim ciklusom aplikacije** - omogućava nadzor pokretanja i izvršavanja aplikacija na sistemskom nivou optimizovanim korišćenjem memorije i snage uređaja. Krajnji korisnik više ne brine o gašenju određenih aplikacija pre pokretanja drugih.
• **rušenje granica "klasičnih" aplikacija** - mogućnost razvoja novih i inovativnih aplikacija zasnovanih na međusobnoj kolaboraciji tehnologija.
• **brz i jednostavan razvoj aplikacija** - podržan je bogatom bazom korisnih programskih biblioteka (eng. *libraries*) i alata za izradu aplikacija.
• **visokokvalitetni grafički prikaz i zvuk** - podržana 2D vektorska i 3D OpenGL (engl. Open Graphics Library) grafika, te ugrađeni kodeci svih često korišćenih audio i video formata;
• **kompatibilnost sa većinom sadašnjeg i budućeg hardvera** - uključuje prenosivost Android aplikacija na ARM, k86 i ostale arhitekture, te prilagodljivost sistema ulaznim i izlaznim komponentama.

### 3.3 Osnove android aplikacije

Svaka aplikacija mora da poseduje svoj AndroidManifest.xml fajl u korenom folderu projekta. Naziv manifest fajla mora da bude AndroidManifest.xml. Manifest sadrži neophodne informacije o aplikaciji i o Android sistemu. Ove informacije sistem mora da poseduje pre početka izvršavanja aplikacije.
Aktivnost (*Activity*) predstavlja komponentu aplikacije koja se uglavnom može poistovetiti s jednim konkretnim prozorom aplikacije u kojem je korisnik u mogućnosti da izvrši određenu radnju. Na primer, aktivnost služi da bi korisniku mobilnog telefona omogućila pozivanje određenog broja, slikanje fotografije korišćenjem ugrađene kamere, slanje e-mail poruke, pregled mape i dr.
Životnim ciklusom aktivnosti jedne Android aplikacije (Slika 2) upravlja se implementacijom odgovarajućih metoda. Svaka aktivnost ima tri osnovna stanja:
- Resumed (Running) - Aktivnost je pokrenuta i fokusirana.
- Paused - Druga aktivnost je pokrenuta i fokusirana (u prvom planu), ali je tekuća aktivnost i dalje pokrenuta i vidljiva. Na primer, druga aktivnost je u prvom planu, dok je tekuća aktivnost vidljiva, ali ne zauzima ceo ekran.
- Stopped - Aktivnost čije je stanje *stopped* je i dalje „živa“, ali radi u pozadini. Objekat klase Activity i dalje se nalazi u memoriji, čuva sva stanja, ali se više ne nalazi u okviru window manager-a. Ovu aktivnost više ne vidi korisnik i u slučaju potrebe za memorijom sistem može da je „deaktivira“.



Slika 2. *Životni ciklus aktivnosti*

Intents API je moćan mehanizam Android sistema koji omogućava interakciju između komponenti aplikacije. Na primer jedna Aktivnost (ekran aplikacije) može da pošalje Intent (zahtev, nameru) Android sistemu da startuje drugu Aktivnost (ekran).

Intent se koristi i za prosleđivanje podataka između aplikacija ili ekrana u okviru iste aplikacije tako što tada obuhvata i dodatne podatke (extras). Da bi se dodatni podaci vezali za intent koristi se komanda putExtra() sa odgovarajućim tipom objekta koji se dodaje. Ovo je veoma korisno zato što na vrlo jednostavan način možemo prosleđivati podatke između ekrana aplikacije.
SQLite je open source baza podataka koja je ugrađena u Android. SQLite podržava standardne mogućnosti relacionih baza podataka kao što su SQL sintaksa, transakcije i prepared statements ali pored toga zahteva samo malo memorije tokom izvršavanja (oko 250 kbyte).
SQLite podržava TEXT vrste podataka (slično kao String u Java), INTEGER (slično kao long tip u Javi) i REAL (slično kao double tip u Javi). Sve ostale vrste podataka moraju se prethodno pretvoriti u jedan od ovih tipova pre nego što se upišu u bazu podataka. SQLite ne radi validaciju prilikom upisa u bazu [5].

Za iscrtavanje i korišćenje Google Mapa na Android mobilnim telefonima, posebna biblioteka sadržana u paketu "*com.google.android.maps*" je omogućena od strane Googla. Pošto Google Mape nisu deo standardne open source platforme Androida zahtevaju dodatni ključ da bi ih mogli koristiti. Ovaj ključ se mora uneti u XML definiciji prozora aplikacije koji će prikazivati mapu. Ako ključ nije validan mapa uopšte neće biti prikazana. Korišćenje Google Mapa takođe zahteva dozvolu za pristup Internetu jer se odatle čitaju i iscrtavaju svi potrebni podaci.

## 4. IMPLEMENTACIJA I MODEL

Cilj projekta je izrada aplikacije za mobilne telefone zasnovane na Android operativnom sistemu koja na osnovu trenutne geografske lokacije korisniku pruža informacije o njegovom okruženju. Korisnik aplikacije pretražuje mesta interesovanja koja se nalaze oko njega u datom trenutku, a to mogu biti bioskopi, kafići, bankomati, apoteke, galerije, restorani, picerije... Kao rezultat pretrage dobija se lista mesta određene kategorije (na primer lista svih bankomata) koja je sortirana po udaljenosti od trenutne lokacije korsinika. Odabirom neke od lokacija iz liste rezultata pružaju se osnovne informacije o mestu interesovanja (adresa, slike mesta, kratak opis, kontakt telefon, web sajt) kao i akcije koje jednim klikom omogucavaju korisniku da vidi tačnu poziciju lokacije na mapi u odnosu na njegovu trenutnu lokaciju, da zove kontakt telefon (da na primer naruči hranu iz restorana), podeli informacije o loakciji sa prijateljima iz liste kontakata putem sms-a , ode na web prezentaciju lokacije ili da 'bookmark-uje' lokaciju tj. doda je u listu omiljenih lokacija koje može kasnije da pregleda.
Za skladištenje podataka aplikacije Android sistem koristi SQLite bazu podataka. Za potrebe ovog projekta korišćena je baza sa sledećim tabelama (slika 3.) [5].

table: ns_places

Columns (9)

| Column ID | Name | Type | Not Null | Default Value | Primary Key |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | _id | integer | 0 | | 1 |
| 1 | title | text | 1 | | 0 |
| 2 | address | text | 1 | | 0 |
| 3 | body | text | 1 | | 0 |
| 4 | type | text | 1 | | 0 |
| 5 | phone | text | 1 | | 0 |
| 6 | website | text | 1 | | 0 |
| 7 | lat | double | 1 | | 0 |
| 8 | lon | double | 1 | | 0 |

table: menu_icons

Columns (4)

| Column ID | Name | Type | Not Null | Default Value | Primary Key |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | icon_id | integer | 0 | | 1 |
| 1 | title | text | 1 | | 0 |
| 2 | image | blob | 0 | | 0 |
| 3 | show | integer | 1 | | 0 |

Slika 3. *SQLite Database 5*

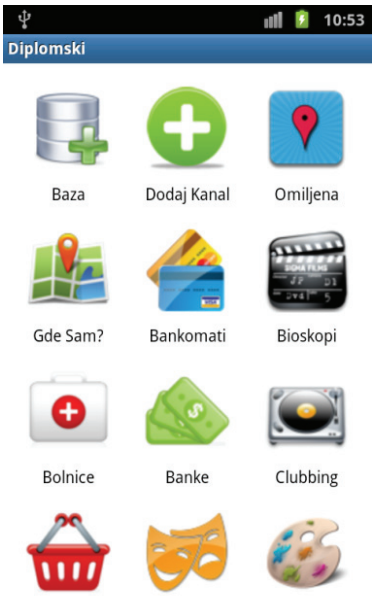
## 5. UPOTREBA I SLUČAJEVI KORIŠĆENJA

Razvojem novih tehnologija, proizvode se uređaji sa mnogo većim memorijskim kapacitetima tako da je moguće i klijentski i serverski deo da se izvršavaju na istoj strani (na uređaju), za razliku od klasične LBS šeme, gde su serverski i klijentski deo razdvojeni. U ovoj aplikaciji konkretno, klijent sam može da unosi nova mesta koja su njemu od interesa, vrstu objekta, njihovu geofrafsku dužinu i širinu, naziv, opis, itd.

### 5.1 Pretraga lokacija po kategorijama

Po startovanju aplikacije automatski se učitava lokacija korisnika. Za pretragu lokacije se koristi GPS, WiFi ili bazna stanica. Ovo može da potraje 6-7 sekundi. Nakon toga biranjem neke od kategorija iz glavnog menija (slika 4.) se prikazuje lista lokacija i njihova udaljenost od korisnika.
Svaki element liste sadrži ime lokacije, udaljenost od korisnika i malu sliku lokacije sa leve strane naslova.

Lokacije su sortirane po udaljenosti od korisnika od najbliže do najdalje (Slika 5).




Slika 4. *Glavni meni*

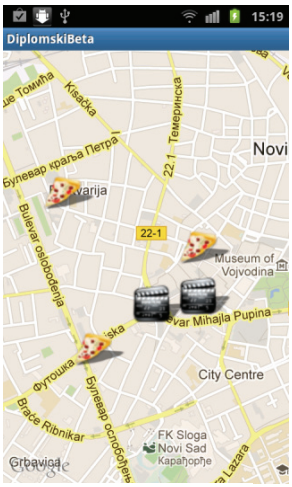
Prikaz mape sa trenutnom lokacijom poziva se klikom na ikonicu 'Gde Sam' iz glavnog menija i prikazuje mapu sa trenutnom lokacijom korisnika i svim lokacijama koje se nalaze u radijusu od 2 km oko njega (slika 6).

### 5.2 Pregled/izmena lokacije

U administratorski deo aplikacije se ulazi klikom na ikonicu "Baze" sa glavnog menija. U novom prozoru se prikazuje lista svih unetih lokacija. Moguće akcije su Pregled, Izmena, Brisanje prikazanih lokacija kao i Dodavanje nove lokacije u internu bazu.

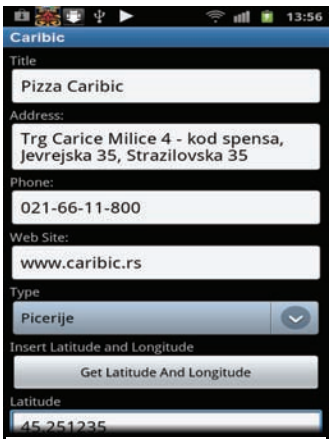



Slika 5. *Lokacije objekata*




Slika 6. *Prikaz mape*

Odabirom neke od lokacija (slika 7) prikazuju se sve informacije o toj lokaciji.
Prikazani su naslov, adresa, telefon, web sajt, tip lokacije, geografske koordinate, info i slike lokacije(ako su unete u bazu). Svako polje je promenljivo i može se izmeniti/editovati. Nakon željenih izmena klikom na dugme Save promene su unete u bazu podataka.




Slika 7. *Informacije o lokaciji*

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu su prikazane osnovne karakteristike usluga baziranih na lokaciji, kao i oblasti u kojima se koriste. Pažnja je usmerena ka LBS na adroid platformi. Date su osnove razvoja softvera za android operativni sistem, kao i opis Google API-ja koji je korišćen za manipulaciju mapama. Dinamičnim razvojem tehnologija, kao i android operativnog sistema, proporcionalno će se razvijati i LBS. Realizovana je aplikacija koja podržava funkcionalnosti LBS. Opisani su i pomoću UML dijagrama prikazani model podataka i slučaj korišćenja. Takođe su dati i drugi detalji implementacije, opis korišćenja, kao i nekoliko primera primene.
Na osnovu svega priloženog se vidi da je suština aplikacije da korisnik u svakom trenutku ima detaljne podatke o njegovom trenutnom okruženju. Iako postoji već dosta sličnih aplikacija na zadatu temu nijedna nije potpuno i precizno urađena, uglavnom su siromašne sa lokacijama koje pružaju i imaju prilično komplikovan i neintuitivan interfejs.

## 7. LITERATURA

[1] Kupper A, Location – Based Services: Fundamentals and Operation, John Wiley & Sons, Ltd. 2005.
[2] Stefan Steiniger, Moritz Neun, Foundations of Location - Based Services, 2003.
[3] Josef Bajad, Mobile Positioning for Location Dependent Services in GSM Networks, Department of Computer Science and AI, University of Malta, 2005.
[4] http://developer.android.com/index.html
[5] http://stackoverflow.com/
[6] http://www.anddev.org
[7]http://www.vogella.com/articles/AndroidLocationAPI/article.html

**Kratka biografija:**



Dragan Krnjaić rođen je 02.02.1984. godine u Vršcu. Završio je srednju tehničku školu „Nikola Tesla“ u Vršcu, 2003. godine. Iste godine je upisao Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek elektrotehnika i računarstvo. Osnovne akademske studije završava u aprilu 2012. godine.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 519.246.8**

# МОДЕЛ АДАПТИВНОГ СИСТЕМА ЗА ПРЕПОРУКЕ ЗАСНОВАНОГ НА СОФТВЕРСКОЈ БИБЛИОТЕЦИ APACHE MAHOUT

# MODEL OF AN ADAPTIVE RECOMMENDER SYSTEM BASED ON APACHE MAHOUT LIBRARY

Андрија Шинковић, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Област - ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

**Кратак садржај** – *У овом раду представљен је модел адаптивног система за препоруке. Системи за препоруке имају за циљ да датом кориснику на основу његових преференција (укуса), и преференција других корисника, препоруче филм, књигу, предмет за куповину итд. Адаптивност система приказаног у овом раду огледа се у томе да се врло лако може прилагодити произвољној врсти предмета за препоруку. Систем користи два алгоритма за препоруке које пружа Apache Mahout библиотека. Прототипска имплемнтација и експериментални резултати демонстрирани на препоруци филмова потврђују квалитет система.*

**Abstract** – *This paper presents a model of an adaptive recommender system. The goal of the system is to provide recommendations (of books, movies, items of purchase etc.) based on user's own preferences and preferences of other users. The system is adaptive in a sense that it allows recommendations of any type of item. Two recommendation algorithms provided by Apache Mahout library were used. The system is demonstrated on the prototypical implementation of a movie recommender application. Experimental results confirm the quality of the system*

**Кључне речи:** *Истраживање и анализа података, Системи за препоруке, Data Mining, Apache Mahout*

## 1.УВОД

Да би привукли пажњу корисника и повећали њихово задовољство добијеним резултатима претраге, људи који раде на развоју Интернет претраживача и продавниц покушавају да предвиде корисникове жеље на основу понашања самог корисника. Предикција корисникових жеља реализује се помоћу система за препоруке (*recommender system*). Ови системи користе технике машинског учења и истраживања података да би открили сличност између великог броја корисника и предмета.

У овом раду биће приказан модел адаптивног система за препоруке. Адаптивност система, реализована је и кроз могућност рада са произвољним типом објекта за препоруке.

Генерално систем функционише на следећи начин. Корисници креирају своје профиле, оцењују филмове које су већ погледали и на основу тога им систем препоручује нове филмове за које је процењено да одоварају њиховом укусу. Препоруке се добијају на основу сличности са оценама других корисника за те исте филмове, или самим подударањем корисничких профила: година, места рођења, пола, образовања итд.

Рад је организован у 6 одељака. Први одељак описује области истраживања података и машинског учења на којима се заснивају системи за препоруке. Други одељак приказује неопходне теоријске основе везане за систем за препоруке који је представљен у овом раду. Трећи одељак садржи модел адаптивног система за препоруке. У четвртом одељку дат је пример употребе система кроз препоруку филмова. Пети одељак садржи експерименталне резултате. Шести одељак доноси закључак и правце даљег рада.

### 1.1 Машинско учење

Машинско учење представља скуп парадигми, алгоритама, теоријских резултата и примена из различитих области вештачке интелигенције и еволуционих модела (у смислу претраживања) али и других области: статистике и вероватноће (Бајесов класификатор, расподеле и тестови) и области као што су математика, теорија израчунљивости, теорија (адаптивног) управљања, информациона теорија, психологија и неуробиологија (неуронске мреже) итд.

### 1.2 Истаживање података

Постоји неколико дефиниција термина истраживање података (*data mining*, DM). Истраживање података се може дефинисати као процес проналажења скривених законитости и веза међу подацима. То је техника претраживања података у циљу идентификације тражених узорака и њихових међусобних релација. Једноставно речено, DM је поступак издвајања интересантних, нових и потенцијално корисних информација или узорака, садржаних у великим базама података, а све у циљу доношења исправних пословних одлука [1].

## 2. СОФТВЕРСКА БИБЛИОТЕКА APACHE MAHOUT

У овом делу рада биће описана софтверска библиотека *Apache Mahout* помоћу које је реализован адаптивни систем за препоруке као и теоријске основе самих алгоритама за препоруке који су коришћени у реализацији овог система.

---

**НАПОМЕНА*:***
**Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Александар Ковачевић.**

*Apache Mahout* је софтверска библиотека отвореног кода која се користи за машинско учење [2]. Поред уобичајеног скупа техника машинског учења као што су класификација, кластеровање, асоцијативна правила итд. ова билотека пружа могућност коришћења два алгоритма за препоруке.
Два понуђена алгоритма ослањају се на две чињенице везане за начин на који људи добијају препоруке у реалном животу. Један од начина је проналажење људи сличних интересовања (укуса) који онда пружају препоруке. Овај тип алгоритма назива се препорука на основу корисника (*User based recommender*). Други начин је проналажење предмета сличних онима који одговарају укусу корисника (бирамо филм жанра који нам се допада или књигу са полице на којо су књиге аутора који нам се допада итд.). Овај тип алгоритма назива се препорука на основу предмета *(Item based recommender*).

### 2.2 Преференције

Кључни део свако система је моделовање и складиштење укукуса корисника. У софтверској библиотеци *Apache Mahout* за ту сврху користе се преференције. Преференције представљају везе између корисника и предмета. Та веза се складишти помоћу јединствених идентификатора корисника и предмета као и вредношћу који одређује „јачину“ корисникове преференције према конкретном предмету (Табела 1).

| User ID | Item ID | Rating |
|---|---|---|
| 1 | 101 | 5 |
| 1 | 102 | 3 |
| 1 | 103 | 2.5 |
| 2 | 101 | 2 |
| 2 | 102 | 2.5 |

Табела 1. *Пример преференција*

### 3.2 User based reccomender

*User based recommender* врши препоруке датом кориснику на основу препорука сличних корисника система [3]. Псеудо код на којем се базира алгоритам за user based recommender дат је у листингу 1:

*for every item i that u has no preference for yet*

*for every other user v that has a preference for i*

*compute a similarity s between u and v*

*incorporate v's preference for i, weighted by s, into a running average*

*return the top items, ranked by weighted average*

Листинг 1. *Псеудо код User based reccomender* -а

Спољна петља узима у обзир све познате предмете за које корисник још није дао преференцију као кандидате за препоруку. Унутрашња петља тражи корисника који је дао преференцу ка овом предмету, и гледа вредност препоруке. На крају, вредности се усредњавају и долази се до процењене - тежинске вредности. Свакој вредност преференце се у просеку додаје тежина која се добија из сличности тренутно корисника са корисником за који се врши препоручивање. Што су корисници сличнији, већа тежина се додаје преференци.

### 3.3 Item based recommender

Помоћу овог *Item based recommender* алгоритма препоруке се добијају на основу сличности између преференци самих предмета [3]. Псеудо код на којем се базира алгоритам престављен је у листингу 2:

*for every item i that u has no preference for yet*

*for every item j that u has a preference for*

*compute a similarity s between i and j*

*add u's preference for j, weighted by s, to a running average*

*return the top items, ranked by weighted average*

Листинг 2 *Псеудо код item based recommendera*

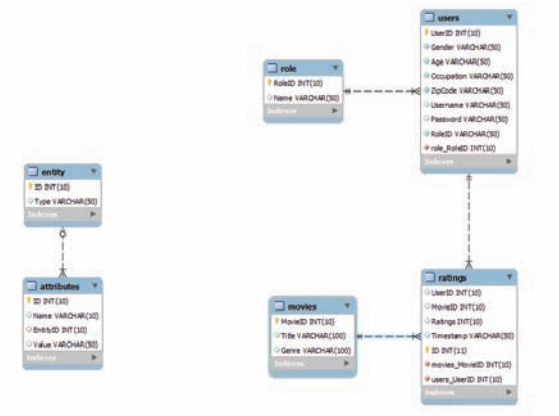
У трећој линији овог псеудо кода се види разлика између *user based* и *item based recommendera* – рачуна се сличност између предмета i и предмета j. Овај алгоритам се најбоље примењује када имамо велики број корисника и реалтивно мали број предмета које хоћемо да препоручимо.

## 3. МОДЕЛ АДАПТИВНОГ СИСТЕМА ЗА ПРЕПОРУКЕ

У овом делу раду биће описан модел адаптивног система за препоруке као и прототипска имплементација везана за препоруку филмова.

### 3.1 Концептуални модел базе података

На слици 1 дат је концептуални модел базе података коришћене за потребе овог система.




Слика 1. *Концептуални модел базе података*

Адаптивност овог система се огледа у томе да је за препоруке могуће користити било који тип предмета који корисник дефинише (табела *Entity*) који садржи произвољне атрибуте (табела *Attributes*). Табела Ratings служи за складиштење преференција корисника који су дефинисани у табели *Users*, за предмете из табеле *Entity*.

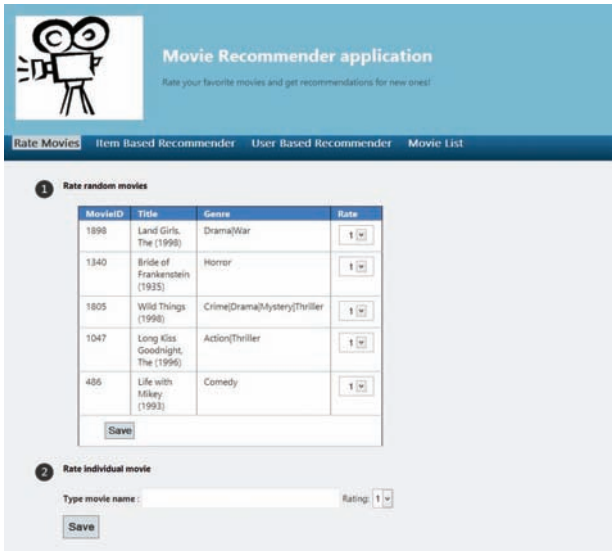
### 3.2 Прототипска имплементација

Прототипска имплементација представља веб апликацију која се састоји из два дела: Администраторски део који служи за креирање нових ентитета и кориснички део који служи за креирање профила корисника, задавање преференција и само препоручивање. Табела 2 фромално приказује могућности администратора и корисника кроз случајеве коришћења.

| | |
|---|---|
| Администратор | Креирање нових ентитета<br>Креирање нових атрибута ентитета<br>Креирање нових објеката ентитета |
| Корисник | Корисник оцењује насумично изабране филмове<br>Корисник оцењује жељени филм<br>Препорука филмова применом Item Based алгоритма за препоруке<br>Препорука филмова применом User Based алгоритма за препоруке |

Табела 2. *Случајеви коришћења имплементиране апликације*

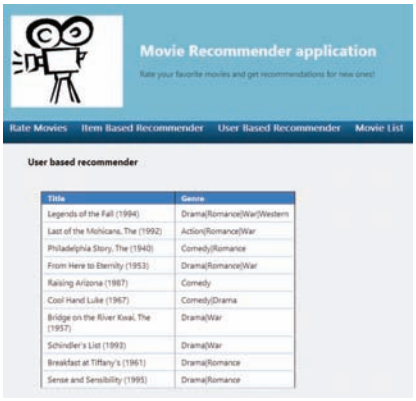
На слици 2 приказана је веб страница имплементиране апликације на којој корисник може оценити неки од понуђених филмова.




Слика 2. *Веб страница за оцену филмова*

Избором ставке менија „User Based Recommender“ добијамо препоруке за нове филмове применом *User Based Recommender* алгоритма. Листа филмова добијених на овај начин дата је на слици 3.

Аналогно овој страници, реализована је веб страница на којој препоруке добијамо применом item based алгоритма.




Слика 3. *Веб страница са препорученим филмовима*

## 4. РЕЗУЛТАТИ

У овом одељку рада биће приказани резултати извршавања *item* и *user based* recommender алгоритама. Сваки од препоручених филмова се састоји од три карактеристике: вредности препоруке, жанра филма и назива филма. Приликом одређивања експерименталних резултата коришћен је скуп података *Movie Lens* [4] који садржи кориснике и њихове оцене (преференције) филмова.

Пре приказа самих резултата дата је табела са преференцама филмова за корисника за кога се препорука врши (Табела 3).

| Name | Genre | Rating |
|---|---|---|
| 3 Strikes (2000) | Comedy | 3 |
| Spanish Prisoner, The | Drama\|Thriller | 4 |
| Live Flesh (1997) | Drama | 5 |
| Thing From Another World,The (1951) | Sci-Fi | 5 |
| Modern Times (1936) | Comedy | 4 |
| Friends & Lovers (1999) | Comedy\|Drama\|Romance | 5 |
| Shadow Of Angels (1976) | Drama | 5 |
| Ride (1998) | Drama | 5 |

Табела 3. *Приказ преференција датог корисника за који се препорука врши*

Применом алгоритма за item based recommender за одабраног корисника, добијамо резултате који су приказани у табели 4 (дато је седам најбоље рангираних филмова).

Из табеле 4 можемо видети да је филм „Skipped Parts” најбоље рангиран од стране система јер вредност препоруке за њега 5.0, док је филм “For All Mankind” најлошији препоручени филм са вредности 4.2991905 за препоруку. Из табеле 3 може се видети да је дати корисник најбоље оцењивао филмове који су претежно жанра драма па је сходно свом начину функционисања *item based* алгоритам препоручио најсличније филмове за које се може видети да су генерално добро оцењени филмови жанра драма.

| Name | Genre | Preference |
|---|---|---|
| Skipped Parts (2000) | Drama\|Romance | 5.0 |
| Lamerica (1994) | Drama | 4.611811 |
| Foreign Student (1994) | Drama | 4.554097 |
| Dry Cleaning | Drama | 4.5 |
| Gate Of Heavenly Peace, The (1995) | Documentary | 4.4963026 |
| I Am Cuba (1964) | Drama | 4.3519397 |
| For All Mankind (1989) | Documentary | 4.2991905 |

Табела 4. *Приказ препоручених филмова помоћу item based алгоритма*

Применом алгоритма *user based recommender* препоруке за једног корисника, добијамо резултате који су приказани у табели 5. Из табеле 5 можемо видети да је филм „American Beauty" најбоље препоручен филм јер је вредност препоруке за њега 5.0, док је филм „L.A. Confidential" најлошији препоручени филм са вредности 3.5 за препоруку. Ове препоруке су добијене на основу алгоритма који се заснива на сличности између корисника, и рачунању препорука на основу преференција тих корисника. Поново можемо уочити да су најбоље оцењени филмови жанра драме, што нам говори да су стварно одабрани корисници који имају сличан укус као одабрани корисник.

| Name | Genre | Preference |
|---|---|---|
| American Beauty (1999) | Comedy\|Drama | 5.0 |
| Bridge On The River Kwai, The (1957) | Drama\|War | 4.5 |
| E. T. The Extra-Terrestrial (1982) | Drama\|Fantasy\|Sci-Fi | 4.5 |
| Being John Malkovich (1999) | Comedy | 4.5 |
| L.A. Confidential (1997) | Crime\|Film-Noir\|Mystery\|Thriller | 3.5 |

Табела 5. *Приказ препоручених филмова помоћу user based алгоритма*

## 5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду приказан је модел адаптивног система за препоруке који је заснован на софтверској библиотеци *Apache Mahout*.

У првом делу рада дате су потребне теоријске основе. Након тога представљена је софтверска библиотека *Apache Mahout*, уз детаљан приказ алгоритама за препоруке. У централном делу рада описан је модел адаптивног система за препоруке. Дат је концептуални модел базе података као и најзначајнији случајеви коришћења. Затим је представљена прототписка имплементација систам кроз веб апликација за препоруку филмова.

Приказани експериментални резултати за једног корисника потврђују квалитет система, уз напомену да је укус корисника субјекитван појам па је евалуција резултата реализована кроз слагање метаподатака (жанр филма) и оцена филмова са преференцијама датог корисника.

Праваци даљег развоја апликације укључују експериментисање са различитим алгоритмима за препоруке који нису део Apache Mahout библиотеке као и тестирање хардверске захтевности система на већим скуповима података.

## 6. ЛИТЕРАТУРА


[1] P-N Tan, M. Steinbach, V. Kumar "Introduction to Data Mining", *Addison-Wesley*, 2005.

[2] Apache Mahout machine learning library, http://mahout.apache.org/ , pregledano 6.12.2013.

[3] S. Owen, R. Anil, T. Dunning, E.Friedman. "Mahout in Action", *Manning Publications*, 2011.

[4] Movie Lens dataset, http://www.grouplens.org/datasets/movielens/ , pregledano 6.12.2013.


## БИОГРАФИЈА




Андрија Шинковић је рођен 05.03.1985. године у Вршцу. Основну школу „Јован Стерија Поповић" завршио је 2000. године. Гимназију „Борислав Петров-Браца" у Вршцу завршио је 2004. године. Исте године уписао се на Факултет техничких наука, одсек Рачунарство и аутоматика. Школске 2004/2005. године уписао се на смер Рачунарске науке и информатика.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004

# ANALIZA MEHANIZMA REORGANIZACIJE UPITA NA PRIMERU ORACLE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE BAZAMA PODATAKA

# AN ANALYSIS OF THE QUERY REORGANIZATION TECHNIQUES ON THE EXAMPLE OF ORACLE DATABASE MANAGEMENT SYSTEM

Bojana Zorić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj -** *U radu je izvršeno ispitivanje načina rada mehanizma reorganizacije upita. Analiziran je način rada materijalizovanih pogleda.*
*Nad kreiranom Datawarehouse bazom podataka vršena su ispitivanja plana izvršenja reorganizovanih upita, korišćenjem prethodno definisanih materijalizovanih pogleda, za izabrane karakteristične pite.*
**Abstract -** *In this paper we have analyzed principles of query rewrite mechanisms. Principles and usage of materialized views are also elaborated. Query rewrite plan executions for specific queries with a usage of previously defined materialized views have been analyzed over a given Datawarehouse database.*
**Ključne reči:** *Materijalizovani pogledi; Mehanizam reorganizacije upita;*

## 1. UVOD

Preformanse informacionog sistema predstavljaju važnu karakteristiku o kojoj treba voditi računa. Jedan od faktora koji direktno utiče na performanse informacionog sistema je vreme odziva na postavljeni upit. Vreme odziva predstavlja vreme koje protekne od trenutka kada je upit postavljen do trenutka kada se dobije odgovor na upit. U današnje vreme nastoji se da se vreme odziva što više smanji, odnosno brzina odziva poveća. Velika količina podataka utiče na očekivano vreme odziva na upit, pa se tako može desiti da se na odgovor čeka duže od očekivanog vremena. Jedan od mogućih pristupa za rešavanje navedenog problema jeste i primena sistema skladišta podataka (eng. *Data Warehouse*, DW). DW sistemi omogućavaju da se kompleksne analize podataka, kao i zahtevi korisnika koji se realizuju kroz upite, izvršavaju na efikasniji način u odnosu na iste ili slične upite, koji se izvršavaju nad OLTP bazom podataka [5]. Savremeni sistemi za upravljanje bazama podataka automatski vrše skraćivanje vremena odziva sistema baze podataka pomoću optimizatora upita. Zadatak optimizatora upita jeste da uoči i prikaže razlog loših performansi, da proceni koji SQL upit od više ekvivalentnih upita omogućava bolje performanse baze podataka kao i da izvrši reorganizaciju upita, ukoliko je ona moguća, kako bi se dobio efikasniji odziv. Mehanizam reorganizacije upita (MRU) predstavlja optimizacionu tehniku koja transformiše korisnički upit, napravljen nad tabelama i pogledima, tako da se on izvršava brže, dobavljajući podatke iz materijalizovanih pogleda.
Cilj ovog rada jeste da objasni osnovne principe rada mehanizma reorganizacije upita, koji je ugrađen u Oracle sistem za upravljanje bazom podataka i čijom upotrebom može da se postigne poboljšanje performansi sistema baze podataka. Očekivani rezultat ovog rada je stvaranje osnova i preporuka za obezbeđenje efikasnije realizacije upita, smanjenja troškova iskorišćenosti procesora i troškova ulazno/izlaznih operacija korišćenjem mehanizma reorganizacije upita.
Nakon uvoda, u drugom poglavlju opisana je struktura šema baza podataka izvornog OLTP sistema i DW sistema za praćenje izvršenih obaveza studenta. Zatim, u trećem poglavlju, sledi koncept prikaza materijalizovanog pogleda, jer se reorganizacija upita izvršava korišćenjem materijalizovanih pogleda. U četvrtom polavlju opisan je put koji SQL upit prolazi od sistema za upravljanje bazom podataka (eng. *Database Management System*, DBMS) do odgovora i analizrani su sastavni delovi plana izvršenja upita. U petom poglavlju prikazana su osnovna pravila reorganizacije upita. U ovom delu rada prikazane su i metode i načini rada mehanizma za reorganizaciju upita. U šestom poglavlju prikazani su rezultati primene mehanizma reorganizacije upita nad izabranim sistemom. Izvršeno je poređenje upita koji nije reorganizovan sa reorganizovanim upitom, u pogledu troškova korišćenja i zauzeća računarskih resursa. U zaključku se diskutuju postignuti rezultati, kao i dalji mogući pravci rada na ovoj problematici.

## 2. OPIS REALNOG SISTEMA I ŠEME BAZE PODATAKA

U ovom poglavlju detaljno je opisana struktura šema baza podataka izvornog OLTP sistema i DW sistema za praćenje izvršenih obaveza studenta. Nad bazom podataka DW sistema sprovedena su i analizirana istraživanja rada mehanizma reorganizacije upita.

### 2.1. Šema baze podataka studentske službe

Relacioni model organizacije izvorne baze podataka sastoji se od 23 tabele. U tabeli SKOLSKA_GODINA čuvaju se podaci o školskim godinama u kojima se realizuju nastavni planovi. Tabela FAKULTET sadrži informacije o organizacionim jedinicama na kojima se vrši proces nastave. Odnos između organizacionih jedinica definiše se u tabeli DEPARTMAN. Podaci o svim nastavnim planovima čuvaju se u tabeli NASTAVNI_PLAN. Evidentiraju se i podaci za sve realizacije plana. Ovi podaci čuvaju se u istoimenoj tabeli (REALIZACIJA_PLANA). Tabela PREDMET čuva informacije o svakom predmetu. Vođenje evidencije o podacima vezanim za svaki semestar realizovano je uz pomoć tabele SEMESTAR. Kako su predmeti organizovani po semestrima, tabela PREDMET_U_SEMESTRU sadrži informacije o realizaciji predmeta u semestru. U tabeli USLOV_PREDMETA čuvaju se podaci o međusobnoj zavisnosti predmeta. NASTAVNO_OSOBLJE je tabela koja čuva podatke o nastavnom osoblju (nastavnicima i asistentima). U tabeli NASTAVNIK se čuvaju podaci o

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red.prof.**

nastavnicima. U tabeli ASISTENT se nalaze podaci o asistentima. Tabela GRUPA_ZA_PREDAVANJE čuva podatke o grupama za predavanja.
Tabela GRUPA_ZA_VEZBE čuva podatke o grupama za vežbe. Kod ovakvih sistema nameće se potreba za vođenjem evidencije o studentima. U tabeli STUDENT čuvaju se podaci o studentima. Podaci za svakog studenta, koji nose informacije kojoj grupi za predavanja student pripada na svakom predmetu koji pohađa, čuvaju se u tabeli POHADJA_PREDAVANJA. Tabela POHADJA_VEZBE čuva podatke o tome kojoj grupi vežbi pripada student na svakom predmetu koji pohađa. Evidendicija o podacima, koje predmete sluša svaki student, vodi se u tabeli UPISAN_PREDMET. U tabeli TIP_OBAVEZE definišu se tipovi obaveze na predmetima koje student treba da izvrši, dok se u tabeli JEDINICA_MERE čuvaju osnovni podaci o jedinicama mere koje se koriste kao kriterijum za izvršavanje obaveza studenata.
Podaci o opštenastavnim obavezama predmeta čuvaju se u tabeli OBAVEZA_PREDMETA.Tabela koja sadrži podatke o obavezama koje su vezane za predmet je tabela SADRZANA_OBAVEZA. Podatke o svim izvršenim obavezama svakog studenta sadrži tabela IZVRSENA_ OBAVEZA. Pored podataka o studentu, predmetu i vrsti obaveze koja je izvršena, evidentira se i nastavnik koji je ocenio studenta, kao i vrednost koju je student postigao. Ova tabela je centralana tabela ovog modela i predstavlja izvor činjenica posmatranog DW sistema.

### 2.2. Šema baze podataka DW sistema

Šema baze podataka DW sistema, koja je korišćena prilikom izrade ovog rada, sastoji se iz šest tabela dimenzija i jedne tabele činjenica. Tabela dimenzije StudentDim vodi evidenciju o studentima koji su upisani na fakultet. Tabela dimenzije NastavniciDim je tabela koja vodi evidenciju o nastavnom osoblju, profesorima i asistentima, zaposlenima na fakultetu. Tabela dimenzije TipObavezeDim je tabela koja vodi evidenciju o podacima vezanim za tip obaveze koju studenti treba da izvrše na određenom predmetu. U tabeli dimenzije DepartmanDim čuvaju se podaci neophodni za vođenje evidencije o organizacionim jedinicama fakulteta. Tabela dimenzije PredmetDim vodi evidenciju o predmetima koji se slušaju na fakultetu, organizovanim po studijskim programima. U ovoj tabeli napravljena je hijerarahija u dva nivoa. Prvi nivo hijerarhije je nivo PREDMET, a drugi je nivo STUDIJSKIPROGRAM. Tabela dimenzije VremeDim se razlikuje od ostalih dimenzija, zbog toga što u OLTP bazi podataka ne postoji odgovarajuća tabela koja bi se brinula o vremenu. Vodi se evidencija izvršenih obaveza po godinama i semestrima.Tabela činjenica je tabela IzvršenaobavezaFact, u kojoj se beleže sve izvršene obaveze studenta na nivou detaljnosti tipa obaveze. Ova tabela činjenica povezana je sa dimenzijama NastavniciDim, PredmetDim, DepartmanDim, StudentDim, TipobavezeDim i VremeDim. Sadrži i kolonu *vrednost* koja predstavlja meru i u njoj se čuva vrednost izvršene obaveze studenta po tipovima obaveze.

## 3. MATERIJALIZOVANI POGLEDI

Matrijalizovani pogled (eng. *Materialized View*, MP) predstavlja tabelu ili skup tabela sa agregiranim podacima čiji se sadržaj generiše na osnovu sadržaja tabela činjenica i dimenzija DW baze podataka [1]. Dostupna su dva načina kreiranja materijalizovanog pogleda. Ukoliko se odabere BUILD IMMEDIATE opcija, osim kreiranja samog materijalizovanog pogleda, kao objekta u rečniku podataka, vrši se i popunjavanje njegovog sadržaja izvršenjem zadatog SELECT izraza. Alternativno, klauzula BUILD DEFERRED kreira materijalizovani pogled bez podataka, omogućavajući time da on bude popunjen kasnije upotrebom DBMS_MVIEW.REFRESH paketa. Kada je materijalizovani pogled kreiran, može da se koristi procedura DBMS_ MVIEW.EXPLAIN_REWRITE kako bi se saznalo da li će (ili zašto neće) određeni upit biti reorganizovan. Tehnike osvežavanja materijalizovanih pogleda su: *complete* (prilikom kompletnog osvežavanja materijalizovanog pogleda svi podaci iz materijalizovanog pogleda se brišu, a potom se ponovo dodaju), *fast* (inkrementalno osvežavanje, koje funkcioniše tako što se detektuju sve promene u tabelama sa originalnim podacima, a zatim se vrše izmene sadržaja materijalizovanih pogleda referenciranih na te tabele), *force* (izvršavanje *fast* osvežavanja ukoliko je dostupno, a u suprotnom *complete*), *partition change tracking* (ovu tehniku je pogodno koristiti u situacijama kada je potrebno izvršiti brzo osvežavanje materijalizovanog pogleda, kada je pre toga izvršeno particionisanje tabela na kojima je baziran materijalizovan pogled). Vreme osvežavanja sadržaja materijalizovanog pogleda može biti trenutno (ON COMMIT) i odloženo (ON DEMAND). Trenutno osvežavanje predstavlja osvežavanje u momentu izvršavanja transakcije nad originalnim podacima. Odloženo osvežavanje sadržaja može biti: u zadatom trenutku vremena, u regularnim vremenskim intervalima, na zahtev prilikom izvođenja upita nad materijalizovanim pogledom, ili na eksplicitni zahtev administratora. Tipovi materijalizovanih pogleda sa stanovišta oblika primenjene SELECT naredbe su: materijalizovani pogledi sa agregacijama, materijalizovani pogledi koji sadrže samo *join*-ove, ili ugnježđeni materijalizovani pogledi.

## 4. IZVRŠAVANJE MRU

U ovom delu rada biće objašnjen način rada MRU. Takođe, biće detaljno opisan put kojim upit prolazi kada je moguće izvršiti reorganizaciju datog upita. MRU spada u optimizacione tehnike zasnovane na troškovima. Optimizator upita zadužen je da odredi najbrži plan izvršavanja SQL upita.
Svaki put kada se započne izvršavanje SQL upita, optimizator upita kreira plan izvršavanja. *Oracle* optimizator upita vrši optimizaciju ulaznog upita sa ili bez reorganzacije i bira alternativu koja ima najmanje troškove. *Oracle* optimizator upita će nakon parsiranja pokušati da reorganizuje upit kako bi pristupio nekom materijalizovanom pogledu umesto tabelama na kojima je taj materijalizovani pogled zasnovan. Ukoliko MRU ima izbor između više materijalizovanih pogleda koje može da iskoristi prilikom reorganizacije bloka upita, odabraće onaj materijalizovani pogled čijim korišćenjem će doći do učitavanja najmanje količine podataka. Nakon što je materijalizovani pogled izabran za reorganizaciju, optimizator upita izvodi reorganizaciju i zatim testira da li se takav reorganizovan upit može dalje reorganizovati sa drugim materijalizovanim pogledom. Ovaj proces se nastavlja do momenta u kojem dalje reorganzacije nisu moguće. Kada se reorganizacija upita izvrši, reorganizovani upit (ili upiti) biva parsiran i zatim optimizovan uporedo sa originalnim upitom. Optimizator upita zatim vrši upoređivanje ova dva optimizovana upita i bira onaj koji ima najmanje troškove za izvršavanje.

### 4.1. Analiza plana izvšavanja reorganizacije upita

Reorganizacija upita sprovodi se automatski. Potrebno je koristiti EXPLAIN PLAN naredbu ili DBMS_MVIEW.EXPLAIN_REWRITE proceduru da bi se utvrdilo da li se dogodila reorganizacija upita [4].

#### 4.1.1. *EXPLAIN PLAN*

Ukoliko se eksplicitno ne specificira tabela u koju će se smestiti rezultat, *Oracle* kreira tabelu "PLAN_TABLE" prilikom izvršavanja skripte utlxplan.sql. Upit "EXPLAIN PLAN" je oblika:

*EXPLAIN PLAN FOR SQL_Statement*

Sadržaj tabele "PLAN_TABLE" podrazumeva "SELECT" upit nad ovom tabelom, oblika:

*SELECT kolone tabele "plan_table " koje treba prikazati*
*FROM plan_table start with id = 0*
*connect by prior id=parent_id;*

#### 4.1.2. *DBMS_MVIEW.EXPLAIN_REWRITE*

Korišćenjem ove procedure dobijaju se informacije o tome kada će upit biti reorganizovan i ako ne, zbog čega neće biti reorganizovan. Izlaz iz procedure DBMS_MVIEW.EXPLAIN_REWRITE može biti dobavljen na dva načina. Prvi je da se koristi tabela, dok je drugi način da se kreira niz u koji će biti smešten izlaz procedure. Tabela REWRITE_TABLE može da bude kreirana izvršavanjem *Oracle*-ove skripte utlxrw.sql. Sledi primer sintakse kada se koristi izlazna tabela:

*DBMS_MVIEW.EXPLAIN_REWRITE (query VARCHAR2(2000),*
*mv VARCHAR2(30),*
*statement_id VARCHAR2(30));*

Ukoliko se izlaz iz EXPLAIN_REWRITE procedure želi smestiti u niz umesto u tabelu, procedura treba biti pozvana na sledeći način:

*DBMS_MVIEW.EXPLAIN_REWRITE (query VARCHAR2(2000),*
*mv VARCHAR2(30),*
*output_array SYS.RewriteArrayTyp));*

## 5. MEHANIZAM REORGANIZACIJE UPITA

*Oracle* optimizator upita koristi dva različita metoda da bi utvrdio kada da reorganizuje upit koristeći materijalizovane poglede [2]. Prvi metod baziran je na upoređivanju teksta SQL naredbe sa tesktom SQL naredbe korišćene za definisanje materijalizovanog pogleda. Optimizator koristi dve metode reorganizacije zasnovane na poređenju teksta: potpuno podudaranje teksta i delimično podudaranje teksta. Ukoliko se koristi metoda potpunog podudaranje teksta, celokupan tekst upita se upoređuje sa celokupnim tekstom definicije materijalizovanog pogleda [3]. Ukoliko ovaj metod nije uspešan, optimizator upita koristi drugi, opštiji metod, u kojem upoređuje tabele koje se spajaju, selekcije kolona podataka, kolone po kojima se vrši grupisanje torki i funkcije agregacija koje se nalaze u definiciji upita i materijalizovanog pogleda. Nekoliko faktora utiče na to da li će zadati upit biti reorganizovan koristeći materijalizovane poglede ili ne, npr: omogućavanje ili onemogućavanje MRU, nivoi integriteta reorganizacije i postojanje dimenzija i ograničenja. Omogućavanje ili onemogućavanje MRU vrši se putem *Oracle* DBMS inicijalizacionog parametra QUERY_REWRITE_ENABLED postavljanjem na vrednost *true*. Nivo integriteta reorganizacije predstavlja stepen tolerancije optimizatora upita na konzistentnost podataka u materijalizovanom pogledu. MRU nudi tri nivoa integriteta reorganizacije koji su kontrolisani inicijalizacionim parametrom QUERY_REWRITE_INTEGRITY, koji se može podesiti ili kroz datoteku parametara ili korišćenjem ALTER SYSTEM ili ALTER SESSION izraza. Tri vrednosti koje mu mogu biti dodeljene su: *enforced* – optimizator upita koristi materijalizovani pogled koji ima osvežene podatke, *trusted* – optimizator upita ne proverava osveženost podataka u materijalizovanom pogledu i *stale_tolerated* – optimizator upita toleriše neosveženost podataka u materijalizovanom pogledu. Metode reorganizacije upita se dele u dve grupe:

- metode zasnovane na poređenju teksta, kod kojih se vrši poređenje i traži podudaranje teksta upita i definicije materijalizovanog pogleda i
- opšte metode reorganizacije upita, kod kojih se vrši poređenje i traži podudaranje podataka koji se dobijaju kao rezultat izvršavanja upita i podataka u materijalizovanom pogledu.

### 5.1. Metode reorganizacije zasnovane na poređenju teksta

Optimizator koristi dve metode reorganizacije zasnovane na poređenju teksta: potpuno podudaranje teksta i delimično podudaranje teksta. Ukoliko se koristi metoda potpunog podudaranje teksta, celokupan tekst upita se upoređuje sa celokupnim tekstom definicije SELECT izraza materijalizovanog pogleda. Korišćenjem metode delimičnog podudaranja teksta, tekst koji počinje od FROM klauzule upita poredi se sa tekstom koji počinje od FROM klauzule u definiciji materijalizovanog pogleda.

### 5.2. Opšte metode reorganizacije upita

Opšte metode reorganizacije upita su: (i) kompatibilnost selekcija - *Oracle* optimizator upita mora da utvrdi da li su podaci zatraženi u upitu sadržani u podacima uskladištenim u materijalizovanom pogledu; (ii) kompatibilnost spoja - spojevi u upitu se upoređuju sa spojevima u materijalizovanom pogledu; (iii) dovoljnost podataka - optimizator utvrđuje da li se zahtevani podaci iz upita mogu dobaviti iz materijalizovanog pogleda korišćenjem ekvivalentnosti jedne kolone sa drugom; (iv) kompatibilnost grupisanja - optimizator upita prvo utvrđuje da li je grupisanje podataka koje je zatraženo od strane upita isto kao grupisanje podataka uskladišteno u materijalizovanom pogledu; i (v) kompatibilnost agregacija - optimizator upita određuje da li agregacije zahtevane u upitu mogu da budu izvedene ili izračunate iz jedne ili više agregacija sadržanih u materijalizovanom pogledu.

## 6. REZULTATI PRIMENE MEHANIZAMA REORGANIZACIJE UPITA

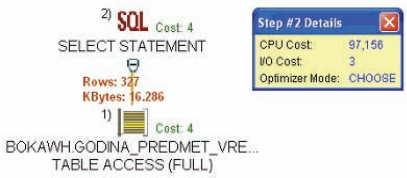
U ovom poglavlju biće razmatran primer u kojem je ilustrovana metoda reorganizacije upita zasnovana na poređenju teksta:

```
create materialized view
godina_predmet_vrednost refresh complete
enable query rewrite as
select p.pl_prednazivpredme
"Nazivpredmeta",p.pl_predbrojsemesta
"BR Semestra",v.vremelevel_vreskgod
"Godina", avg(io.vrednost) "Prosek"
from vremedim v, predmetdim p,
izvrsenaobavezafact io where
io.vremelevel_vreid=v.vremelevel_vreid
and io.pl_predid=p.pl_predid group by
p.pl_prednazivpredme,p.pl_predbrojsemesta,
v.vremelevel_vreskgod;
```

Sledeći upit će biti reorganizovan:

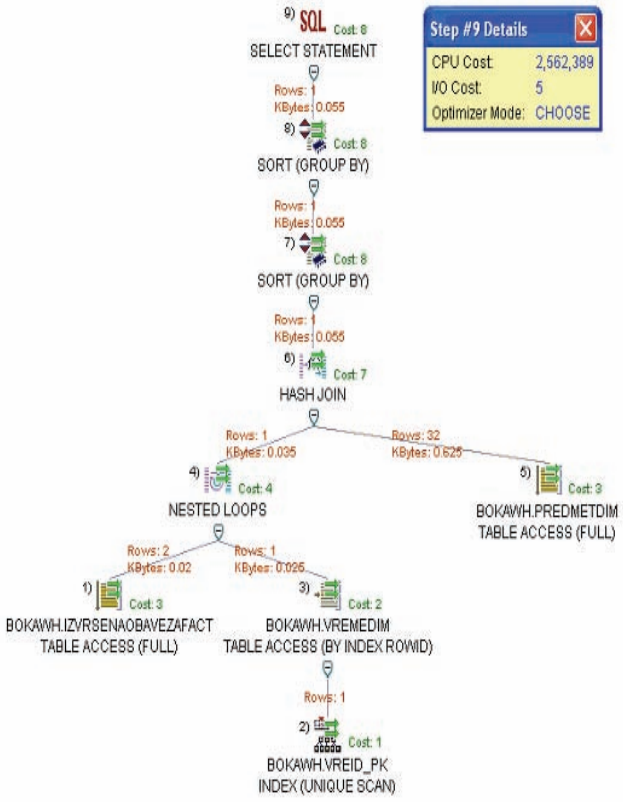
```
select p.pl_prednazivpredme "Naziv
predmeta",p.pl_predbrojsemesta "BR
Semestra",v.vremelevel_vreskgod
"Godina",avg(io.vrednost) "Prosek"
from vremedim v, predmetdim p,
izvrsenaobavezafact io where
io.vremelevel_vreid=v.vremelevel_vreid
and io.pl_predid=p.pl_predid group by
p.pl_prednazivpredme,p.pl_predbrojsemesta,
v.vremelevel_vreskgod;
```

Kada je omogućen MRU, iščitavanjem iz tabele EXPLAIN_PLAN, dobijaju se sledeći rezultati, prikazani na slici 1.




*Slika 1. Plan izvršavanja reorganizovanog upita korišćenjem MP godina_predmet_vrednost*

Kada je inicijalizacioni parametar QUERY_REWRITE_ENABLED podešen na FALSE, onemogućava se reorganizacija upita. Iščitavanjem rezultata iz tabele EXPLAIN_PLAN, dobijaju se rezultati kao na slici 2.




*Slika 2. Plana izvršavanja upita bez korišćenja MP godina_predmet_vrednost*

Kada je upit reorganizovan, troškovi izvršavanja upita iznose 4, CPU troškovi su 97,156, a troškovi ulazno/izlaznih operacija su 3. Kada upit nije reorganizovan, troškovi izvršavanja upita iznose 8, CPU troškovi su 2,562,389, a troškovi ulazno/izlaznih operacija su 5. Ovi rezultati prikazani su na slikama 1 i 2. U ovom primeru vidimo da su primenom MRU postignuti niži CPU troškovi i troškovi ulazno/izlaznih operacija, kao i da se smanjio broj redova obuhvaćenih selekcijom što pokazuje da je upit izvršen efikasnije primenom MRU.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu objašnjeni su osnovni principi rada MRU zasnovanog na metodi reorganizacije upita poređenjem teksta, koji je ugrađen u *Oracle* sistem za upravljanje bazom podataka. Nad kreiranim DW sistemom za praćenje nastavnih aktivnosti na fakultetu ili univerzitetu izvršena je reorganizacija upita prilikom koje su korišćeni predhodno definisani materijalizovani pogledi. Očekivani rezultat bio je postizanje što kraćeg odziva sistema baze podataka na postavljeni upit kao i manjih troškova korišćenja ili zauzeća računarskih resursa. Rezultati su pokazali da se prilikom izvršavanja reorganizovanog upita zaista smanjuju troškovi izvršenja upita, kao i troškovi iskorišćenosti procesora i troškovi ulazno/izlaznih operacija. Zbog male količine podataka koja se nalazila u DW bazi podataka nad kojom su izvršavani primeri upita, poboljšanja u skraćenju vremena nije bilo moguće proveriti, jer su se u oba slučaja (sa i bez korišćenja mehanizma za reorganizaciju upita) dobijale približno iste vrednosti. Pretpostavka je da bi u sistemima, koji sadrže znatno veće količine podataka, brzina odziva na upit, koji je uz pomoć MRU reorganizovan, bila znatno uočljivija i veća. Mogući dalji pravci razvoja mogu se ogledati u izučavanju MRU nad još nekim sistemima za upravljanje bazama podataka, kao što su *MySQL* ili *Microsoft SQL Server*. Različiti DBMS-ovi se razlikuju međusobno po načinima optimizacije upita, performansama, po pitanju cene, namene, sigurnosti, sintakse, tipova podataka koje podržavaju, tipova tabela koje sadrže, eksterne programske podrške, mogućnosti migracije šema baza podataka, tipova skladišnih struktura, ili fizičke i logičke organizacije podataka. Poređenje različitih DBMS-ova na osnovu svih ovih kriterijuma bi pomoglo korisniku da se odluči za jedan od navedenih DBMS-ova, koji bi najviše zadovoljavao potrebe i olakšavao upotrebu njegove baze podataka. Optimizator upita je vremenom poboljšavan i razlikuje se između verzija *Oracle* DBMS-a. Pojedine karakteristike optimizatora su ostale nepromenjene, dok su mnoge unapređene. Jedan od daljih pravaca razvoja bi mogao biti i proučavanje rada različitih verzija optimizatora upita, kako bi se utvrdilo koja verzija najbolje zadovoljava korisničke zahteve. Materijalizovani pogledi u ovom radu korišćeni su prvenstveno u svrhu demonstracije rada MRU. Nad DW bazom podataka, koja je korišćena u ovom radu, mogu se implementirati dodatni materijalizovani pogledi koji bi omogućili da što veći broj korisničkih upita bude reorganizovan. Tako bi jedan od pravaca razvoja mogao da ide u smeru ispitivanja strategija za kreiranje potrebnih materijalizovanih pogleda u DW sistemima.

## 8. LITERATURA

[1] I. Luković, *Skripte iz predmeta Sistemi skladišta podataka*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehnickih nauka, 2011.
[2] K. Ghoshal, Autonomic Query Optimization in Oracle9i, IBM India Software Labs
[3] J. Goldstein and P. Larson. Optimizing queries using materialized views: a practical, scalable solution. In SIGMOD Conf., pages 331–342, 2001.
[4] Query Optimization in Oracle9i, An Oracle White Paper, February 2002.
[5] Oracle9i Data Warehousing Guide Release 2 (9.2) Part Number A96520-01, http://docs.oracle.com/cd/B10500_01/server.920/a96520/toc.htm

**Kratka biografija:**



**Bojana Zorić** rođena je u Novom Sadu 1988. god. Fakultet tehničkih nauka upisala je 2007. god. Bečelor rad iz oblasti Industrijsko inženjerstvo i menadžment - Industrijsko inženjerstvo odbranila je 2011. god. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranila je 2013. god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 004.9**

# UPRAVLJANJE RESURSIMA U „SMART HOME“ OKRUŽENJU

# ENERGY RESOURCES MANAGEMENT IN „SMART HOME“ ENVIRONMENT

Vukašin Anđelić, Dejan Vukobratović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *Cilj ovog rada jeste predstavljanje rada pametne kuće i načina upravljanja energetskim resursima unutar iste. Upravljanje energetskim resursima u pametnoj kući odnosi se na dobijanje informacije o potrošnji ukupne električne energije, kao i potrošnji pojedinačnih uređaja unutar pametne kuće . U radu će biti objašnjena tri načina za dobijanje informacije o potrošnji električne energije pojedinačnih uređaja.*

**Abstract** – *The purpose of this study is to present the way how smart home works and how to manage energy resources in smart home environment. Energy resources management in smart home refers to obtaining information about total electricity consumption, and electricity consumption of individual appliances within smart home. In this work three way for obtaining information about electricity consumption of individual appliances will be presented.*

**Ključne reči:** *Pametna mreža, Pametna kuća, Upravljanje energetskim resursima u „Smart home“ okruženju, protokoli*

## 1. UVOD

Povećanje broja mašina u svetu uticalo je na povećanje interesovanja u ostvarivanju njihove međusobne komunikacije M2M (machine-to-machine). Pametna mreža predstavlja jedan vid M2M komunikacije, koja je nastala sa ciljem da se smanji opterećenje distributivne mreže i da se smanje troškova krajnjih korisnika. Sistem kućnog upravljanja energetskim resursima je deo Pametne mreže koji se nalazi na korisničkoj strani i služi za prikupljanje podataka od kućnih uređaja koristeći pametna brojila.

Upravljanje energetskim resursima u Smart Home okruženju bi omogućila korisniku da upravlja potrošnjom svojih uređaja preko računara, tableta, telefona i sličnog. Upravljanjem energetskim resursima u Smart Home okruženju bi se smanjili troškovi potrošnje električne energije.

## 2. SMART GRID

Smart Grid je moderna električna mreža koja koristi informacionu i komunikacionu tehnologiju, kako bi sakupila bitne informacije, kao što su ponašanja proizvođača i potrošača, kako bi poboljšala efikasnost, pouzdanost, ekonomičnost i održivost proizvodnje i distribuciju električne energije.

---

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović.**

Pametno brojilo skuplja podatke o potrošnji od kućnih uređaja i šalje ih koncetratoru (traffic concetrator) RF putem, koji dalje prosleđuje WAN (wide area network) baznoj stanici. WAN bazna stanica prikuplja podatke od određenog broja kuća i prosleđuje ih kontrolnom centru (control center) za dalju obradu i skladištenje.Ovi podaci se koriste za optimizaciju proizvodnje električne energije i njenu isporuku. Kad primi podatke od pametnog brojila, kontrolni centar uspostavi ugovor sa proizvođačem i otkupljuje električnu energiju.

## 3. PROTOKOLI U SMART HOME-U

U ovom radu su opisani sledeći protokoli, koji se koriste za umrežavanje uređaja unutar pametne kuće:

- KNX
- X10
- Insteon
- ZigBee

### 3.1. KNX protokol

KNX je naslednik i konvergencija prethodna tri standarda: EHS, BaitBus i EIB.

KNX definišu nekoliko komunikacionih medijma:

- Parica (Twisted pair) – brzina prenosa 9600bit/s
- Energetski kabl (Powerline) – brzina prenosa 1200bit/s
- Bežični prenos (KNX RF) – brzina prenosa 16384bit/s
- Infrared
- Ethernet kabl

### 3.2. X10 protokol

X10 protokol koristi postojeću kućnu mrežu i sastoji se od odašiljača i prijemnika. Naredba, odnosno informacija koju šaljemo, frekvencije 120 kHz, sastoji se od osam bita (jedan prolazak sinusoide kroz nulu predstavlja jedan bit) i utisnuta je u talas nosioca, sinus 50 Hz gradske mreže. Možemo adresirati maksimalno 256 uređaja koji mogu raditi nezavisno jedan od drugog, a i više njih u slučaju da nekima dodelimo iste adrese, ako nam odgovara da se neke radnje izvode paralelno. Postoje dve verzije X10 uređaja, sa jednosmernom komunikacijom i sa dvosmernom komunikacijom.

### 3.3. Insteon

Insteon protokol koristi kućnu mrežu i RF frekvenciju kako bi komunicirao sa uređajima. Svaka poslata poruka se potvrđuje da je primljena, i ukoliko postoji greška u prijemu, poruka se automatski ponovo šalje. Insteon predstavlja “petljastu” (mesh) mrežu, gde se svaki uređaj

ponaša kao primopredajnik, prima i šalje poruke svim ostalim uređajima u mreži, za razliku od drugih petljastih mreža, gde samo napredni čvorovi mogu glumiti primopredajnike.

### 3.4. ZigBee

ZigBee je komunikacijski protokol namenjen upotrebi u bežičnim senzorskim mrežama, gde omogućava visoku propusnost sa malim kašnjenjem. Karakteriše ga niska brzina prenosa 250kbps (data rate), mala snaga (baterija traje od nekoliko meseci do nekoliko godina) i domet od 10 do 100 metara. Komunikacija se odvija na frekvenciji od 2.4 GHz-a širom sveta, gde ujedno postiže i najveću brzinu prenosa od 250 kbps i dozvoljava do 16 kanala (868 MHz u Evropi, gde mu je brzina prenosa 20 kbps i dozvoljava jedan komunikacioni kanal, 915 MHz u Americi , Australiji i slično, gde je brzina prenosa 40 kbps i dozvoljava do 10 kanala, a od 2006. god i do 30 kanala). MAC (sloj kontrole pristupa medijumu– media access control) je dizajniran da podrži više topologija:

- zvezda,
- stablo (tree network topology) i
- generička petljasta mreža (generic mesh network).

Postoje dve vrste fizičkih ZigBee uređaja: potpuno funkcionalni uređaji (FFD) i uređaji ograničenih funkcija (RFD). FFD su uređaji koji mogu da komuniciraju sa bilo kojim drugim uređajem i mogu biti mrežni koordinatori, dok RFD uređaji mogu da komuniciraju samo sa mrežnim koordinatorima. Postoje tri logička tipa ZigBee uređaja i to su: PAN, usmerivač i krajnji uređaj. PAN i usmerivač su uvek uređaji sa potpunim funkcijama, dok je krajnji uređaj ED pretežno uređaj ograničenih funkcija, koji može da se obraća samo koordinatoru i ima mogućnost odlaska u režim mirovanja, čime je omogućeno da baterija traje duže, i do nekoliko godina.

## 4. SMART HOME

Pametna kuća (Slika 1.) predstavlja automatizovanu kuću, odnosno ona može da sadrži centralizovano upravljanje, svetlima, HVAC (grejanje, ventilacija ili klima), kućnim uređajima, otključavanjem, zaključavanjem i drugim sistemima, kako bi poboljšala udobnost, komfor, energetsku efikasnost i bezbednost. Pod standardnom opremom jednog sistema pametne kuće spadaju, LCD ekran osetljiv na dodir (može biti i tablet ili smartphone), centralna konzola, kontroleri, aktuatori i senzori.




Slika 1. *Primer čime sve može da se upravlja u pametnoj kući*

Inteligentna kuća može pružiti lep komfor svom korisniku, ujutru pre nego što korisnik ustane, sistem uključi bojler kako bi zagrejao vodu za jutarnje tuširanje, podgreje vodu za kafu, podigne sam roletne. Moguće je ovu radnju isprogramirati da se svaki dan radi u isto vreme ili korisnik sam da jedan dan ranije zadaje šta sistem u koje vreme da uradi. Automatsko podizanje i spuštanje roletni je jednostavnije od podizanja i spuštanja svake roletne ponaosob. Korisniku se daje mogućnost da sam upravlja roletnama, ili sistem automatski spušta i podiže roletne u određeno doba dana. Pored vremenskog nameštanja rada roletni, moguće je ukombinovati rad roletni sa detektorom nivoa dnevnog svetla, pa na osnovu jačine svetla da sistem sam spušta i podiže roletne. Uz automatski rad roletni, moguće je ukombinovati i automatsko navlačenje zavesa, gde na osnovu merenja nivoa dnevnog svetla u prosrtoriji moguće je upravljati zavesama. Senzor sistema upravljanja meri nivo dnevnog svetla u prostoriji te zavisno od nivoa skuplja ili širi zavese.

### 4.1. Dinamičko tarifiranje

Ako bi uz sve gore opisane opcije, i još mnoštvo opcija koje pruža pametna kuća, mogli da obezbedimo korisniku informaciju o trenutnoj potrošnji električne energije svakog uređaja ponaosob, onda bi uspeli da napravimo promenu i u tarifnom sistemu. Trenutno, korisnik jedinu informaciju o potrošnji električne energije u realnom vremenu koju dobija je ukupna potrošnja svih uređaja u kući, i ta informacija se može proveriti na pametnom brojilu.

Ako bi korisnik, kao i sistem, u realnom vremenu imali informaciju o potrošnji električne energije svakog uređaja, onda bi oni mogli njima da upravljaju i samim tim da upravljaju sa ukupnom potrošnjom električne energije. U ovom slučaju, elektro distribucija ne bi imala potrebu da koristi jeftinu i skupu tarifu u tačno određenim vremenskim periodima, već bi mogla dinamički da ih menja. Ovakav vid tarifiranja bi igrao značajnu ulogu u razvoju pametnih kuća, ali najznačajnija uloga bi bila kod energetske efikasnosti.

Ovakvim vidom tarifiranja, novčanu uštedu bi ostvarili i proizvođači i potrošači.

Proizvođači bi ostvarili novčanu uštedu, jer bi smanjili potrošnju energenata i produžio bi se vek rada mašina, dok bi potrošači češće bili u jeftinoj tarifi, pa bi samim tim i imali manje račune.

## 5. UPRAVLJANJE ENERGETSKIM RESURSIMA U „SMART HOME“ OKRUŽENJU

U sklopu pametne kuće moguće je pri instalaciji sistema, na mestu gde se nalaze aktuatori dodati još i male pametne brojače koji će sistemu slati informaciju o potrošnji tog uređaja, ovakva metoda praćenja potrošnje električne energije pojedinačnih uređaja se naziva IALM (Intrusive appliance load monitoring – praćenje potrošnje nametljivih uređaja).

Drugi način jeste da se kod pametnog brojila instalira dodatni modul, koji će komunicirati sa sistemom i davati informaciju o ukupnoj potrošnji i potrošnji pojedinačnih uređaja, i ovakva metoda praćenja potrošnje lektrične energije pojedinačnih uređaja se naziva NIALM (Nonintrusive appliance load monitoring).

### 5.1. Ialm

Kao što je već gore spomenuto, ova metoda podrazumeva postavljanje dodatnih malih pametnih brojača, koji se nalaze između uređaja i priključnice na mrežu. Ovi uređaji se sa jedne strane direktno povezuju na mrežu unutar domaćinstva, a sa druge strane su spojeni sa uređajem čiju potrošnju treba da mere. U daljem tekstu će biti objašnjen jedan način praćenja potrošnje električne energije pojedinačnih uređaja, putem IALM metode. Jedna od opcija praćenja potrošnje električne energije pomoću IALM metode je korišćenjem ZigBee uređaja. ZipaBox je kontroler koji radi na Linux operativnom sistemu, podržava više protokola (ZigBee, Z-wave, KNX ...) i preko cloud servera se unose pravila rada uređaja (mogući scenariji). Uređaj je malih dimenzija i poseduje mogućnost montaže na zid ili din šinu, kao i mogućnost proširivosti modula za 3G konekciju i KNX protokol.

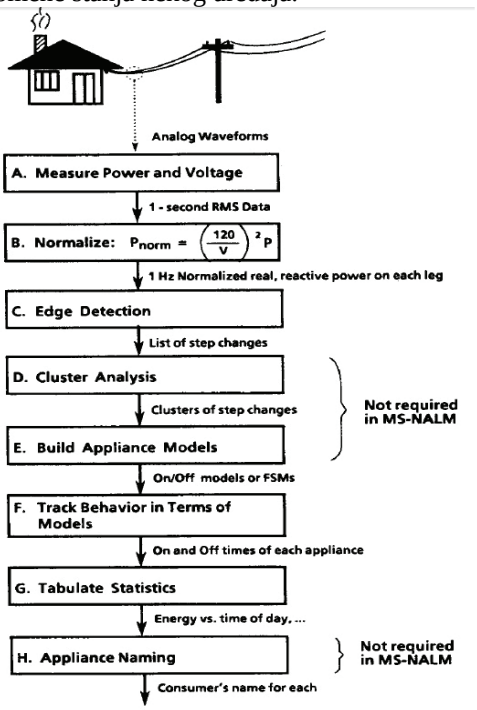
Da bi korisnik pomoću ZipaBox-a i cloud servera mogao da očitava potrošnju svojih uređaja, potrebno je da na uređaje postavi ZigBee aktuatore sa meračem potrošnje električne energije. Postavljanjem merača na svaki uređaj zasebno, centralna jedinica dobija uvid u potrošnju električne energije svakog uređaja u realnom vremenu. Informacija koju korisnik dobija o potrošnji električne energije uređaja je veoma tačna, jer svaki merač meri jedan uređaj.

### 5.2 Nialm

U daljem tekstu biće opisan način merenja potrošnje električne energije uređaja pomoću modula koji se postavlja pored pametnog brojila, i iz ukupne potrošnje električne energije određuje koji uređaji su uključeni i koliko troše, odnosno NIALM metoda.Da bi se iz ukupne potrošnje električne energije moglo odrediti koji uređaji su uključeni i koliko troše električne energije, potrebno je prvo proučiti kako ti uređaji rade. NIALM (Nonintrusive Appliance Load Monitoring ) praćenje opterećenja nenametljivih uređaja, može da odredi potrošnju uređaja u ukupnoj potrošnji, detaljnom analizom struje i voltaže.
Postoje dva načina praćenja potrošnje električne energije pomoću NIALM-a:

- Pomoću dodatnih merača koji prvo uče ponašanje uređaja – MS-NIALM, potrebno je na uređaj postaviti merač koji će pratiti rad uređaja, uključivanje i isključivanje
- Samopodesivi uređaji – AS-NIALM, sami se podešavaju posle izmerene potrošnje, koristeći prethodno znanje o karakteristikama i mogućim uređajima

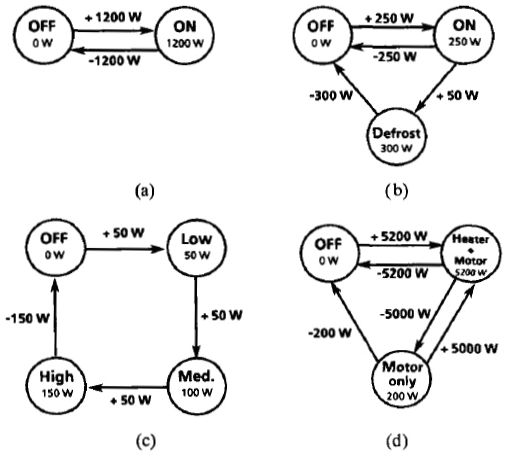
Rad NIALM sistema je prikazan na slici 2. sa koje se može primetiti da NIALM sistem prvo radi merenje voltaže i snage, gde izmerenu snagu normalizuje kako bi mogao da odradi detekciju ivice, a analiziranje klastera i pravljenje modela uređaja se radi samo u slučaju AS NIALM-a, jer MS NIALM u sebi već sadrži modele uređaja, posle pravljenja modela ide praćenje ponašanja tih modela i vođenje statistike rada uređaja. Imenovanje modela kod MS-NIALM-a nema potrebe raditi u algoritmu, jer se on radi u fazi podešavanja MS-NIALM-a, tako da imenovanje uređaja je potrebno samo kod AS-NIALM-a. Merenje voltaže se radi pomoću senzora koji se postavljaju pored pametnog brojila, meri se potrošena snaga u intervalu od jedne sekunde. Normalizacija ukupne potrošnje se računa za svaku fazu na intervalu od 1 sekunde, bitno je uraditi normalizaciju pre detekcije ivice. Normalizovana snaga se dovodi u algoritam za detekciju ivice, gde algoritam pronalazi sva vremena i veličine svih promena koraka. Posmatrane promene se grupišu u klastere, odnosno setovi događaja koji su približno slični u svim komponentama. Svaki klaster predstavlja jednu vrstu promene stanja nekog uređaja.




Slika 2. *NIALM algoritam*

Kako bi se ukupna potrošnja mogla razdeliti na uređaje koji je čine, potrebno je definisati generičke modele tih uređaja. Uređaji se dele na:

- Uređaji sa ON/OFF stanjima
- Uređaji sa konačnim brojem stanja (Finite State Machine - FSM)
- Kontinualna promenljiva (Continuously Variable)




Slika 3. *FS modeli uređaja a) ON/OFF model, u pitanju je toster b) Model sa tri stanja, u pitanju je frižider c) Model sa četiri stanja, u pitanju sijalica sa tri režima rada d) Model sa tri stanja, u pitanju je veš mašina*

Kad se napravi model, kao što je pokazano na slici 3. onda je praćenje ponašanja jednostavno pomoću Viterbijevog algoritma. Svaki događaj sa vremenskom markicom potpisa odgovara promeni stanja uređaja, i može se odrediti koji događaj se nalazi u klasteru, jer klasteri predstaljvaju lukove kod FSM-a. U tabelu se unose podaci o potrošnji pojedinačnih uređaja, koliko dugo su u uključenom stanju, koliko dugo su u isključenom stanju, kao i njihova potrošnja tokom dana, nedelje pa čak i meseca. Prethodni koraci rada NIALM-a su izvedeni bez poznavanja potrošačevih imena uređaja za AS-NIALM. Krajnji zadatak AS-NIALM-a je da imenuje svaki uređaj pomoću prikupljenih podataka.

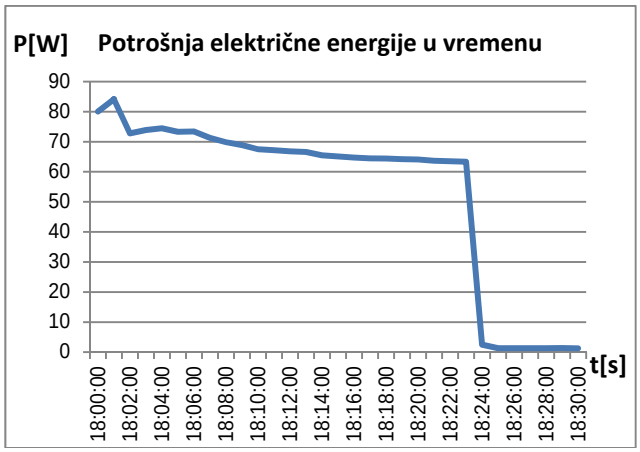
## 6. PRAĆENJE POTROŠNJE UREĐAJA POMOĆU VOLCRAFT ENERGY LOGGER-A

Iznad su objašnjena dva načina merenja potrošnje električne energije uređaja IALM i NIALM, u ovom poglavlju će biti pokazan još jedan IALM način merenja električne energije. Volcraft merač (slika 4.) meri snage u rasponu od 1,5W do 3500W i poseduje dodatni memorijski slot, u koji može da se ubaci kartica do 32GB-a, kako bi se podaci sačuvani u njegovoj internoj memoriji prebacili na SDHC karticu. Uz uređaj se dobija i CD sa Volcraft programom, koji služi kako bi se podaci sa SDHC kartice očitali u računaru i grafički predstavili.




Slika 4. *Izgled Volcraft Energy Logger-a*

U daljem delu rada biće pokazana slika rada frižidera, koja je zabeležena pomoću Volcraft Energy Logger-a. Pomoću ovog uređaja je moguće napraviti generičke modele uređaja, koji se kasnije koriste u NIALM-u kako bi se pravili specifični modeli uređaja.




Slika 5. *Potrošnja frižidera jedne četvoročlane porodice u vremenskom periodu od 30 min*

Sa slike 5. vidi se da pri radu frižider ima nagli skok dok ne uspostavi temperaturu. Svaki put pri uključivanju frižidera javlja se ovaj skok i njegovo pojavljivanje zavisi od broja otvaranja vrata frižidera, koliko je napunjen frižider itd.

Za generički model frižidera potrebno je normalizovati aktivnu snagu. Frižider poseduje otrpilike tri stanja, ON, Defrost i OFF stanje.

## 7. ZAKLJUČAK

Pokazana su tri načina merenja električne energije pojedinačnih uređaja. Ukoliko korisnika interesuje merenje potrošnje svakog uređaja u kući, onda treba da se opredeli na jednu od dve opcija iz IALM-a. IALM pomoću ZigBee-a je skuplji u odnosu na Volcraft IALM, ali pruža veći komfor i estetski ne narušava izgled prostorija. Ukoliko se korisnik odluči da meri potrošnju samo većih uređaja unutar domaćinstva, onda treba da razmisli o NIALM metodi, jer pomoću jednog uređaja koji se smešta pored pametnog brojila, može da dobije željenu informaciju

## 8. LITERATURA


[1] Dusit Niyato, Lu Xiao, Ping Wang: *Machine-to-Machine Communications for Home Energy Management System in Smart Grid*, Nanyang Technological University, Singapore

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee

[3] George W. Hart: *Nonintrusive appliance load monitoring*, senior member, IEEE

[4] http://www.zipato.com/

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation

[7] http://en.wikipedia.org/wiki/X10_(industry_standard)

[8] http://en.wikipedia.org/wiki/Insteon

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/KNX_(standard)


**Kratka biografija:**



**Vukašin Anđelić** rođen jeu Novom Sadu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2013.god.

# Jedno rešenje implementacije asemblerskog uređivača na Java platformi uz pomoć Xtext okvira

Saša Kartalija, Ivan Letvenčuk, Jovica Grahovac, Jelena Kovačević, *Member, IEEE*

***Sadržaj* - U radu je opisana implementacija uređivača teksta (engl. *text editor*) za razvoj asemblerskog koda na DSP platformi, korišćenjem Xtext okvira za razvoj. Ovaj uređivač podržava specifične asemblerske instrukcije. Pored samog uređivača realizovan je i skup dodatnih alata koji u znatnoj meri olakšavaju korisniku korišćenje i razvoj asemblerskog jezika. Korisniku su na raspolaganju dodatna podešavanja samog uređivača, praćenje sadržaja uređivača, prepoznavanje istih instrukcija kao i automatski asistent koji na bazi predviđanja, korisniku nudi određene opcije pri razvoju jezika.**

**Xtext pruža moderan API za opisivanje različitih aspekata DSL programskih jezika. Jezik razvijen u Xtext okviru je nezavisan od Eclipse razvojnog okruženja i može se koristiti u bilo kom Java okruženju.**

***Ključne reči* — Xtext okvir, Eclipse, DSL, IDE, asembler uređivač, gramatika, Java**

## I. Uvod

PROGRAMSKI jezici se prema širini oblasti primene mogu podeliti na dve osnovne kategorije:

1. Jezici opšte namene (engl. *General Purpose Language - GPL*), kao što su: JAVA, C i C++ [3].
2. Usko namenski jezici (engl. *Domain Specific Language - DSL*), kao što su: Xtext, SQL, HTML, Verilog, VHDL,

Jezici opšte namene se koriste za razvoj i održavanje širokog spektra algoritama na računarskim sistemima u čemu se i ogleda njihova prednost u odnosu na usko namenske jezike.

Ogromna primena ovih jezika je u izradi aplikacija za mobilne telefone, tablične računare, digitalne uređaje za reprodukciju video i audio signala, pa sve do kompleksnih web servera, baza podataka i korporativnih aplikacija.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32029.

Saša Kartalija, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: 381-64-2786187, e-mail: sasa.kartalija@rt-rk.com).

Ivan Letvenčuk, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: ivan.letvencuk@rt-rk.com).

Jovica Grahovac, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: jovica.grahovac@rt-rk.com).

Jelena Kovačević, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (e-mail: jelena.kovačević@rt-rk.com)

I pored široke primene GPL jezika, određeni računarski sistemi i algoritmi zahtevaju drugačiji pristup razvoju programske podrške. DSL jezici, kao specijalizovani jezici za rešavanje specifičnih problema, obezbeđuju lakoću korišćenja, elegantnije, i rešenje koje u potpunosti ispunjava zahteve problema a istovremeno je jednostavno i razumljivo. SQL je najpoznatiji primer DSL jezika na kojem se ne neće uspeti napisati web aplikacija ali zato je za manipulaciju velikom količinom podataka nenadmašan.

Oblast primene jednog DSL jezika je praktično svedena na jedan specifičan problem. DSL jezik se od samog početka dizajnira i razvija za konkretan problem i upravo iz tog razloga ga nazivamo usko namenski jezik. Tako da za svaki DSL jezik koji je razvijen postoji tačno predodređena namena. Pošto je predodređen uskoj nameni od početka se definišu sintaksna i semantička pravila koja opisuju rešenje problema [4].

Da bi se problem uspešno rešio potrebno je učenje sintakse, koja može biti jako složena u nekim situacijama. Upravo to predstavlja, pored širine oblasti primene, još jedan od nedostataka ovog jezika. Glavni nedostatak ovog pristupa razvoju programske podrške je neprimenjivost na razvoj programske podrške pri rešavanju nekog drugog računarkog problema.

Zbog postojanja različitih ciljnih platformi od kojih su trenutno najpoznatije ARM (engl. *Advanced RISC Machine and Acorn RISC Machine*), MIPS (engl. *Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages*)[2], javljaju se različiti tipovi sintakse asemblerskog jezika prilagođeni ciljnoj platformi. Upravo iz tog razloga za potrebe kompanije *Starkey[1]* ovim radom je razvijen uređivač teksta radi razvijanja nove sintakse asemblerskog jezika.

Da bi se od samog početka napisala specifična gramatika asemblerskog jezika, bilo je potrebno koristiti DSL jezik odnosno Xtext okvir u Eclipse razvojnom okruženju. Uređivač je deo Eclipse priključka koji omogućava:

1. Bojenje sintakse asemblerskog jezika (engl. *Syntax coloring*)
2. Prediktivni asistent (engl. *Code completion*)
3. Sadržaj uređivača sintakse (engl. *Outline view*)
4. Putanja kroz sadržaj uređivača (engl. *Source-code navigation*)
5. Indeksiranje (engl. *Indexing*)
6. Poređenje sadržaja (engl. *Compare view*)
7. Izmena imena u celokupnom sadržaju uređivača (engl. *Rename refactoring*)

**NAPOMENA:**
**a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Saše Kartalije. Mentor je bila dr Jelena Kovačević.**
**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2012.**

Svaka od prethodno navedenih stavki je razvijena za ciljnu DSP platformu.

Rad je strukturiran na sledeći način: u drugom poglavlju su date teorijske osnove Eclipse razvojnog okruženja, kao i osnovni koncepti Xtext jezika, kao Eclipse priključka; u trećem poglavlju opisan je primer razvijenog jezika, kao i objašnjenje rešenja zadatka po koracima; četvrto poglavlje sadrži zaključak koji proizilazi iz ovog rada.

## II. RAZVOJNO OKRUŽENJE

Integrisano razvojno okruženje poznato i kao IDE (engl. *Integrated Development Environment*) je programska podrška koja programerima pruža širok skup objekata za razvoj programskih aplikacija. Uobičajeno se sastoji od: uređivača izvornog koda, kompajlera (interpretera), alata za građenje koda i pronalaženje grešaka.

### *A. Eclipse*

Eclipse je programsko razvojno okruženje koje pruža proširivu razvojnu platformu. Razvijeno je na Java programskom jeziku, a koristi se za razvoj alata, aplikacijskih okruženja kao i samostalnih aplikacija (engl. *Rich Client Platform – RCP).*

Eclipse SDK (engl. *Eclipse Software Development Kit*) je kombinacija nekoliko Eclipse projekata, uključujući Platform, Java Development Tools (JDT) i Plug-in Development Environment (PDE). Eclipse SDK je integrisano razvojno okruženje za razvoj Java aplikacija i izgradnju proizvoda baziranih na Eclipse platformi. Ova platforma, nezavisna od proizvođača, sastoji se od jezgra (engl. *core*) i raznih priključaka (engl. *plugin*). Jezgro pruža usluge za upravljanje priključcima, a priključci pružaju potpunu funkcionalnost.

PDE (engl. *Plugin Development Environment*) je okruženje za razvoj priključaka i predstavlja skup alata dizajniranih da pomažu Eclipse programeru u razvoju, ispitivanju, izgradnji izvršnih arhiva i isporuci (engl. *deployment*) Eclipse dodataka, fragmenata, mogućnosti (engl. *features*) i RCP aplikacija.

Eclipse platforma koristi model zajedničkog radnog prostora (engl. *Workbench*) u koje se integrišu svi alati koristeći dobro definisane tačke proširenja (engl. *extension points*). Na taj način platforma pruža korisniku jedinstveni izgled svih alata i pruža integrisano upravljanje svih resursa (projekata, direktorijuma, datoteka) kojima manipulišu ti alati.

### *B. Xtext okvir*

U domenu razvoja jezika sa specifičnom sintaksom, namenjenom za konkretan problem, značajno mesto zauzima Xtext usko namenski jezik. Ovaj DSL jezik je nastao kao deo oAW3 (engl. *openArchitectureWare*) projekta. Domen Xtext DSL jezika je kreiranje DSL jezika tako da možemo reći da Xtext predstavlja meta-jezik [7].

Implementacija je zasnovana na kreiranju odgovarajućeg parsera i objektnog meta-modela na osnovu opisa zadatih na meta-jeziku pri čemu je Xtext meta-jezik.

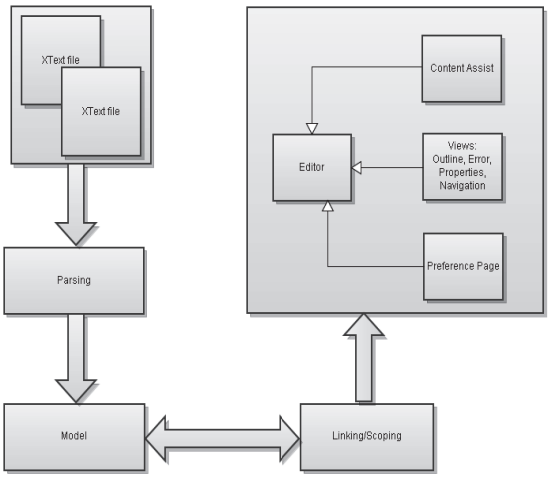
Rezultat parsiranja Xtext gramatike u ovom radu je asemblerski uređivač koji podržava asemblerske instrukcije. Ovaj pristup omogućava ugrađivanje složenih izraza. Kao rezultat rada dobija se celovito razvojno okruženje i potpuno integrisan Eclipse IDE. Bez obzira da li želimo da napravimo mali tekstualni usko namenski jezik ili pak jezik opšte namene [6].

Pošto su DSL jezici predodređeni za manju ciljnu oblast, u tom duhu je i u ovom radu upotrebljen Xtext okvir za razvoj uređivača čija je namena razvijanje specifičnog asemblerskog jezika.

### *C. Karakteristike Xtext-a*

Xtext definiše sledeće:

1. Skup AST klasa predstavljenih kao EMF (engl. *Eclipse Modeling Framework*) meta-model,
2. Parser koji je u mogućnosti čitati tekstualnu sintaksu, nakon čega vraća generisani meta-model,
3. Eclipse uređivač koji nam omogućava predstavljanje pravila sintakse jezika u više boja, prediktivnog asistenta dopune programskog koda, konfigurisanu listu koju čine elementi sintakse, kao i proveru grešaka u sintaksi.



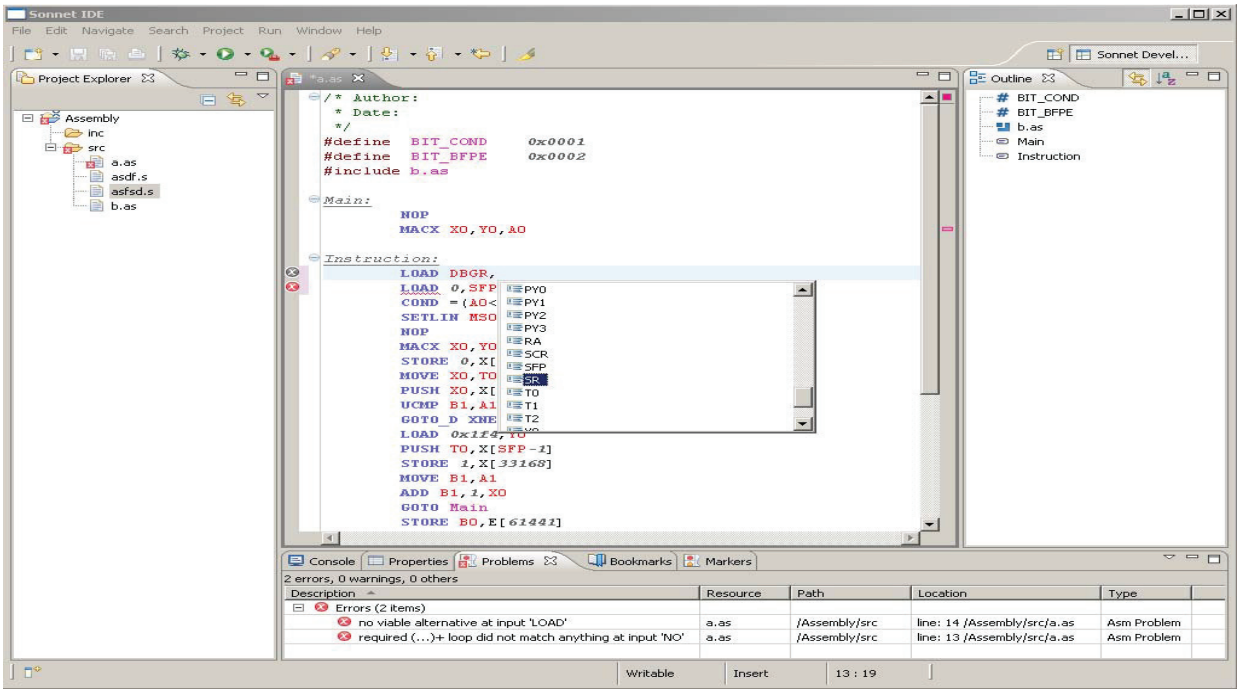

Sl. 1. Blok šema modela

Na slici 1. prikazana je blok šema modela koja predstavlja smer razvoja uređivača sa podrškom za razvoj asemblerskog jezika.

Nakon što je na pravi način sagledan problem pravi se model koji će dovesti do rešenja. Na početku se pišu pravila jezika odnosno u ovom slučaju specifična asemblerska gramatika. Od toga kako je definisana gramatika, u daljem procesu razvijanja nam zavisi funkcionalnost automatskog prediktivnog asistenta, sam sadržaj liste koju sačinjavaju elementi sintakse, kao i mogućnost verifikacije grešaka.

Nakon ispravno definisane gramatike vrši se parsiranje iste i kao rezultat dobija se model sa pravilima novog jezika. Međusobna veza unutrašnjih pravila zavisi od načina definicije istih. Pravila se pišu u formi stabla sa početkom na vrhu pa kroz propadanje i grananje dolazi se do najsitnijih detalja.

U sledećem koraku vrši se povezivanje kao i automatsko generisanje pojedinih delova modela. Sve ovo omogućava Xtext okvir, kao i samu izmenu svih generisanih klasa. Pravilnim definisanjem sintakse dobija se lista sa sadržajem asemblerskog uređivača, automatski prediktivni asistent, spisak grešaka koje je korisnik napravio, kao i stranica sa mogućim dodatnim podešavanjima koja su vezana za rezultujući uređivač.




Sl. 2. Asembler uređivač sa elementima

Na slici 2. prikazan je uređivač sa svim svojim dodatnim elementima poput liste sadržaja uređivača, liste napravljenih grešaka od strane onog ko razvija sintaksu, automatskog asistenta koji pomaže razvoj sintakse.

Ovom slikom su obuhvaćeni samo bitniji delovi uređivača.

## III. XTEXT GRAMATIKA

U ovom primeru predstavljen je veoma mali deo procesa razvijanja uređivača sa podrškom za specifičnu asemblersku sintaksu. Priloženi primer je veoma jednostavan i za zadatak ima da pokaže na koji način se može definisati gramatika u Xtext okviru da bi se u asemblerskom uređivaču mogle koristiti labele (engl. *Label*) kao i celobrojne konstante (engl. *Integer_constant*).

```
grammar sonnet.ide.xtext.Asm with
org.eclipse.xtext.common.Terminals
generate asm "http://www.ide.sonnet/xtext/Asm"
import "http://www.eclipse.org/emf/2002/Ecore" as ecore

Model: (instr+=Instruction)*;
Instruction: Label | Dot | Preprocessor_commands;
Label: LabelWithPunkt | LabelWithEndl;
LabelWithPunkt: FirstOfLabel command+=Commands+ ;
FirstOfLabel: (name=ID | name1=INT) punkt=Punkt;
Punkt: punkt=(':' | '::');
. . .
Numbers: Integer_constant | Floating_point_constant;
Integer_constant: Binary | Octal | Decimal | Hexadecimal;
Decimal: INT | INTDECIMAL;
Hexadecimal: HEXA;
Binary: BINARY;
Octal: OCTAL;
. . .
terminal BINARY: '-'? '0b' ('0' | '1')+;
terminal OCTAL: '-'? '0' ('0'..'7')+;
terminal HEXA: '-'? '0x' ('a'..'f' | 'A'..'F' | '0'..'9')+;
terminal INT returns ecore::EInt: ('0'..'9')+;
terminal INTDECIMAL: '-'? ('0'..'9') ('0'..'9')*;
terminal ID: '^'? ('a'..'z' | 'A'..'Z' | '_') ('a'..'z' | 'A'..'Z' | '_' | '0'..'9' | '.')*;
```

Pravila - Osnovno parsiranje gramatike može biti odvojeno u sledeće faze:

1. Leksička analiza (engl. *Lexing*),
2. Parsiranje (engl. *Parsing*),
3. Povezivanje (engl. *Linking*),
4. Potvrđivanje (engl. *Validation*).

Xtext definiše određena semantička pravila na nivou gramatike. Ova pravila omogućavaju izvođenje semantičke analize nad stablom parsiranja samo na osnovu tekstualnog opisa jezika [5].

Neka od semantičkih pravila koja se navode na nivou Xtext gramatike su:

1. Dodele vrednosti – iskaz *(instr += Instruction)*;* definiše gramatičko pravilo prepoznavanja većeg broja iskaza koji su tipa Instruction. Ovaj iskaz istovremeno opisuje semantiku koja kaže da će se kreirati atribut instr koji će predstavljati listu objekata tipa Instruction a sve to zbog kvantifikatora zvezde (*)
2. Akcije koje se definišu unutar zagrade *'{'*. Na kraju iskaza se nalazi takođe zagrada *'}'* koja definiše kraj iskaza. Akcije u Xtext-u omogućavaju redefinisanje povratnog tipa
3. Reference predstavljene sa *instr = [Instruction];* predstavljaju gramatičko pravilo koje će u trenutku kada naiđe na ukazivač na Instruction prepoznati je. Rezultujući objekat će za vrednost ukazivača instr imati ukazivač na Instruction.

Xtext implementacija koja je deo EMF-a pored kreiranja parsera i odgovarajućeg meta - modela kreira i odgovarajući uređivač koji se u potpunosti integriše u Eclipse okruženje.

Prilikom parsiranja, u prvoj fazi niz karaktera odnosno tekstualni ulaz se deli na tokene (engl. *tokens*). Token je kratak deo ulaznog niza karaktera i sadrži jedan ili više karaktera. Token je pokazivač na neko drugo pravilo ili na neko od ugrađenih terminal pravila (ID, INT itd.) Terminal pravila su takođe tokeni. Postoji konvencija o imenovanju

terminal pravila velikim slovom. Xtext automatski pravi meta model iz definisane gramatike.

Pravila parsiranja u primeru su: *Model, Instruction, Label, LabelWithPunkt, FirstOfLabel, Punkt, Numbers, Integer_constant, Binary, Hexadecimal, Octal, Decimal,* dok su terminal pravila: *BINARY, OCTAL, HEXA, INT, INTDECIMAL, ID*. Telo pravila se nalazi iza dvotačke i sastoji se od definicije terminala i neterminala. Terminali se navode kao konstante karaktera (npr. ključna reč *'0b'* kod pravila *BINARY*) dok se neterminali kreiraju uvezivanjem na druga pravila parsiranja. Operatorima dodele je omogućeno definisanje vrednosti atributa instanci klasa odgovarajućeg meta modela. Takođe je moguća upotreba standardnih kvantifikatora:

1. ? - nula ili jedan broj pojavljivanja u sintaksi
2. * - nula ili više puta je moguće pojavljivanje u sintaksi
3. + - jedan ili više ponavljanja u sintaksi
4. kao i predikata: ! - ne i & - i

Kao što vidimo gramatika počinje sa određenim zaglavljem koje definiše neke karakteristike gramatike. Prvi deo zaglavlja predstavlja ime gramatike dok drugi deo definiše drugu postojeću gramatiku koja može da se iskoristi.

Prvo pravilo u primeru (Model) se naziva ulazno pravilo. Ono predstavlja skup svih instrukcija obuhvaćenih gramatikom kojom se realizuje podrška asemblerskog jezika. Pravilo koje omogućava podršku za pisanje imena (engl. *Label*) počinje ID ili INT pravilom (a-z, A-Z, 0-9, _) koje obuhvata navedene karaktere, cifre, kao i donju crtu. Nakon ovog pravila stavlja se dvotačka iza koje sledi bilo koja instrukcija iz seta instrukcija Commands.

Druga instrukcija je nekoliko celobrojnih konstanti:

1. Binarna (engl. *Binary*)
2. Decimalna (engl. *Decimal*)
3. Oktalna (engl. *Octal*)
4. Heksadecimalna (engl. *Hexadecimal*)

Svaka od ovih konstanti osim decimalnog formata zapisa počinje sa prefiksom na koji se nastavlja niz cifara. Pa tako za binarni format prefix je 0b, za oktalni 0 a za heksadecimalni 0x. Na prefikse se nastavlja niz cifara dok za heksadecimalni format pored niza cifara imamo i karaktere A-F, a-f.

Opisali smo DSL jezik sa nekoliko linija koda i kao rezultat dobili uređivač sa mogućnošću razvijanja asemblerskog jezika. U ovom radu objašnjena je podrška za samo nekoliko pravila koji su dati kao primer. Xtext alati generišu tekstualni uređivač, koji se koristi kao priključak za Eclipse.

## IV. ZAKLJUČAK

Usko namenski jezici igraju sve važniju ulogu u razvoju softverskih proizvoda. Razvoj jezika i pratećih alata je u prošlosti bio složen posao koji je zahtevao značajne resurse. Danas, razvojem okvira za razvoj DSL jezika, to više nije slučaj.

Jedan od najpopularnijih alata za razvoj tekstualnih DSL jezika je Xtext okvir za razvoj, koji omogućava generisanje okruženja za razvoj u vidu Eclipse priključaka na osnovu opisa na jeziku sličnom BNF-u. Xtext se razvija u sklopu EMP podprojekta Eclipse platforme.

Ovim radom potpuno je razvijen uređivač čija je namena razvoj asemblerskog jezika za specifičnu DSP platformu. Na osnovu specifikacije DSP platforme razvijeni jezik je predodređen i optimizovan za istu.

Da bi se stekla bolja slika o obimu uloženog truda u razvoj uređivača za ciljnu platformu, navodi se da je napisano oko hiljadu linija koda gramatike, iz kojih je Xtext okvir izgenerisao mnoštvo klasa i metoda (par desetina hiljada linija koda), zatim su proširene postojeće klase namenjene proveri grešaka, formatiranju sadržaja uređivača, bojenju sintakse, listi sadržaja uređivača itd. Ova proširenja za cilj su imala poboljšanje prvobitne funkcionalnosti (dobijene Xtext okvirom).

Dalja poboljšanja idu u smeru još bolje optimizacije jezika, kao i grafičkih komponenti uređivača, prvenstveno dela koji ukazuje na sadržaj samog uređivača, kao i automatskog prediktivnog asistenta kako bi mu se poboljšala osobina predikcije, da bi u svakom trenutku mogao čitati misli programera koji razvija jezik.

## LITERATURA


[1] Starkey, Official web page Available: http://www.starkey.com, accessed 27.9.2012.

[2] Marjan M., Jan H., Antony M., *When and how to develop domain-specific languages,* ACM Computing Surveys (CSUR), Volume 37 Issue 4, New York, USA, December 2005.

[3] Volter. M., *DSLs for Product Lines: Approaches, Tools, Experiences*, Software Product Line Conference (SPLC), 2011 15th International Conference of the IEEE, Stuttgart, Germany, August 2011.

[4] Irazábal, J., *Supporting Modularization in Textual DSL Development*, Chilean Computer Science Society (SCCC), 2010 XXIX International Conference of the IEEE, Buenos Aires, Argentina, November 2010.

[5] Savic, D., Antovic, I., Vlajic, S., Stanojevic, V., Milic, M., *Language for Use Case Specification*, Software Engineering Workshop (SEW), 2011 34th IEEE, Limerick, June 2011.

[6] *Xtext – Language Development Made Easy*, www.eclipse.org/Xtext/documentation.html, accessed 25.9.2012.

[7] *oAW Xtext: A framework for textual DSLs,* www.voelter.de/data/workshops/EfftingeVoelterEclipseSummit, accessed 27.9.2012.

[8] Dejanović, I.; Milosavljević, G.; Perišić, B. & Tumbas, M., *A Domain-Specific Language for Defining Static Structure of Database Applications*. Computer Science and Information Systems, 2010, 7, 409-440


## ABSTRACT


In this paper, using the Xtext framework describes the implementation of an assembler editor for the development of assembly code. This editor supports specific assembler instructions. In addition to the editors realized the set of additional tools which substantially facilitate the development and to use assembler editor. User, are available to other settings of the editor, the editor content monitoring, recognizing the same instructions and an automatic assistant to the prediction based on the user provides certain features of the language development.

Xtext provides modern API for describing different aspects of DSL programming languages. Language developed in Xtext framework is independent of Eclipse and can be used in any Java environment.


## ONE SOLUTION OF IMPLEMENTATION ASSEMBLER EDITOR ON THE JAVA PLATFORM USING THE XTEXT FRAMEWORK


Saša Kartalija, Ivan Letvenčuk, Jovica Grahovac, Jelena Kovačević

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

# Jedna realizacija aplikacije za personal video recorder

Dušan Šijakov, Davor Sabo, Milena Mirković, Jan Zloh

***Sadržaj* — U ovom radu je prikazano proširenje postojeće programske podrške PVR (Personal Video Recorder) aplikacijom. Aplikacija je razvijena i testirana na satelitskom STB (Set-top box) uređaju sa Neotion NP6 SoC (System-on-chip) i Linux operativnim sistemom. Realizovane su funkcije odloženog gledanja (eng. time-shift), snimanje trenutno gledanog servisa (eng. recording), snimanje preko tajmera i trik modovi.**

***Ključne reči* — DTV (Digital television), Neotion, NP6, PVR (Personal video recorder), recording, time-shift, STB (Set-top box)**

## I. Uvod

Od pojave televizije u boji pa sve do sredine devedesetih godina skoro da nije bilo nikakvog značajnog napretka u konceptu distribucije i prikaza televizijskog signala. Tek u poslednjoj deceniji počinje ponovni nagli razvoj televizije koji se može podeliti u četri pravca: povećanje dimenzija i prelazak na tehnologije ravnih ekrana, povećanje rezolucije slike (HDTV), primena multimedijalnih i internet tehnologija, pojava digitalne televizije

Postojeća tehnologija za emitovanje analogne televizije ne može da zadovolji tekuće potrebe korisnika kao ni zahteve novih tehnologija pa se zbog toga vrši prelazak na digitalnu televiziju. U digitalnoj televiziji prenos audio i video zapisa i drugih dodatnih sadržaja vrši se u digitalnom formatu. Svi podaci su binarno kodovani pa se sadržaj može kompresovati. Kompresija omogućava emitovanje približno deset digitalnih kanala umesto jednog analognog pri čemu je kvalitet slike i zvuka daleko bolji u odnosu na analognu televiziju. Kompresija digitalnih podataka olakšava mogućnost njihovog lokalnog čuvanja na nekom memorijskom medijumu.

---

**NAPOMENA:**

**a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Dušana Šijakova. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.**

**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.**

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat III-44009.

Dušan Šijakov, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801152, e-mail: dusan.sijakov@rt-rk.com).

Davor Sabo, RT-RK, Narodnog Fronta 23A, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801208, e-mail: davor.sabo@rt-rk.com).

Milena Mirković, RT-RK, Narodnog Fronta 23A, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801208, e-mail: milena.mirković@rt-rk.com).

Jan Zloh, RT-RK, Narodnog Fronta 23A, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801218, e-mail: jan.zloh@rt-rk.com).

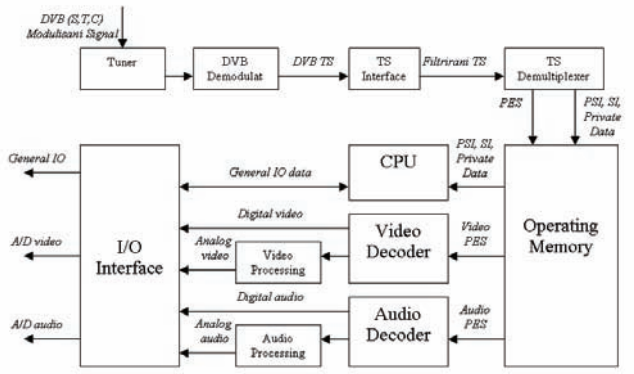
Digitalne tehnologije počinju da se primenjuju u kontroli TV prijemnika (DTV). Obradu slike i zvuka (deinterlacing, up-scan, deflection, frame-rate conversion) počinju da kontrolišu digitalni procesori. Digitalizacija pruža mogućnost za uvođenje novih aplikacija i servisa u televiziju koji su ranije bili dostupni samo uz pomoć personalnih računara. Aplikacije mogu biti različitog stepena složenosti. Neke od njih su: video na zahtev (Video on Demand VoD), elektronski programski vodič (Electronic Program Guide EPG), personalni video rekorder (PVR), Interaktivna Televizija (ITV), Igre, internet...

## II. Personalni video rekorder

Složeniji STB uređaji mogu u sebi imati ugrađen hard disk ili priključke za eksterne memorijske kartice na koje se može snimati TV program u digitalnom formatu i kasnije reprodukovati. Ova mogućnost se naziva PVR - Personal Video Recorder. PVR pruža nove mogućnosti u praćenju TV programa kao što su stalno i odloženo snimanje (Permanent Recording i Time Shift Recording). Time Shift Recording (TSR) funkcija omogućava korisniku da u toku praćenja TV programa pritisne pauzu i kasnije nastavi gledanje. Permanent Recording funkcija omogućava da PVR uređaj neprekidno snima TV servis koji se prati te je uvek moguće "premotati" program unatrag, slično kao i na video rekorderu. Period programa koji se neprekidno snima zavisi od više faktora koji su često međusobno povezani pa tako na primer ciljana krajnja cena uređaja uslovljava i količinu memorije koja će biti dostupna za snimanje što direktno utiče na podržano vreme snimanja PVR uređaja itd. Standardno se period programa koji se može snimati kreće od 30 minuta do 16 časova, zavisno od proizvođača. Kada korisnik pauzira emitovanje TV programa, otpočinje njegovo snimanje na hard disk ili neku drugu za tu namenu predviđenu stalnu memoriju. Korisnik može vratiti emitovanje programa unazad i reprizno odgledati odabrani deo a zatim se vratiti na praćenje programa od trenutka kada je prekinuto. PVR snima program koji se emituje za to vreme i koji je nekoliko minuta ili sati ispred onoga što gledalac prati.

## III. Fizička arhitektura DTV prijemnika

Na slici Sl. 1. prikazana je fizička arhitektura digitalnog televizijskog prijemnika.

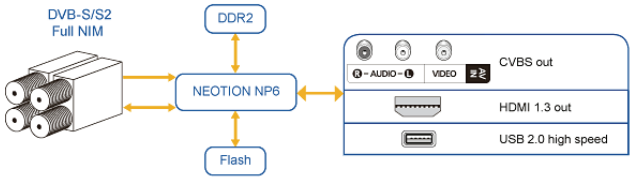



Sl. 1. Fizička arhitektura DTV prijemnika.

Rad svih komponenti prijemnika kontroliše i koordiniše procesor opšte namene (CPU). Modulisani DTV signal pristiže u prijemnik kroz birač kanala – Tuner. Njegova uloga je da izdvoji i primi modulisani DTV signal koji se emituje na frekvenciji zadatoj od strane centralnog procesora. Izdvojeni signal sadrži modulisani TS koji se prosleđuje odgovarajućem DTV demodulatoru (satelitskom, kablovskom ili zemaljskom). Izlaz iz demodulatora je digitalni tok podataka pod nazivom (DVB) Transport Stream (TS). TS Interface vrši sinhronizaciju demultipleksera na TS i filtriranje paketa. Propuštaju se samo oni TS paketi koji imaju PID vrednosti selektovane od strane centralnog procesora. TS Demultiplexer obavlja demultipleksiranje TS i asembliranje njihovog sadržaja. Demultipleksirani podaci se smeštaju u operativnu memoriju. Ove podatke dalje preuzima centralni procesor, video i audio dekoder. Video Decoder obavlja dekodovanje MPEG-2 video ES. Audio Decoder obavlja dekodovanje MPEG-2 audio ES.

## IV. Ciljna platforma

Ciljna platforma je STB (set-top box) uređaj za prijem i reprodukciju DVB-S/S2 (Digital Video Broadcasting - Satellite) signala. Uređaj čine Neotion NP6+ SoC (System-on-Chip), dva DVB-S/S2 NIM (Network Interface Module) koji u sebi sadrže tjuner i demodulator i namenjeni su za prijem i demodulaciju digitalnog satelitksog TV signala, jedan LNB (Low noise block downconverter), raspolaže sa 128 MB DDR2 memorije i 32 MB flash memorije. Poseduje HDMI 1.3 (High-Definition Multimedia Interface), CVBS (Composite Video Baseband Signal) i USB 2.0 (Universal Serial Bus).



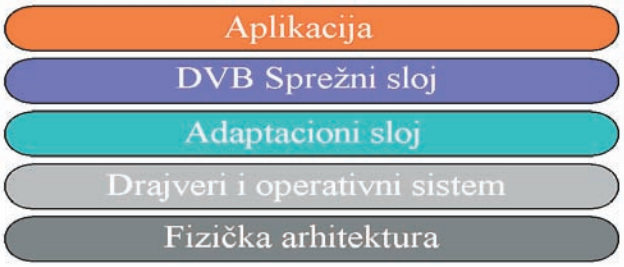

Sl. 2. Blok dijagram STB uređaja.

Neotion NP6+ predstavlja treću generaciju MPEG-4 Neotiuon SoC. Poseduje ARM 1176-JZFS procesor na 333 MHz, 32 Kb BootROM koji može da bude u zaštićenom modu, 64 Kb SRAM. Podržava 128 MB DDR2 (2x64 MB), JTAG. Sposoban je da dekoduje MPEG-4 HD, MPEG4-SD i MPEG-2 video. Podržava PAL/SECAM i NTSC analogne formate. Poseduje 3 video DAC. Sposoban je da dekoduje MPEG-2, AAC, HE-AAC, AC3 i Dolby AC3 audio.

## V. Arhitektura DTV programske podrške

Arhitektura DTV programske podrške podeljena je u više slojeva. Na slici Sl. 3. iznad fizičke arhitekture prikazana su 4 sloja koja čine DTV programsku podršku.

Operativni sistem (OS) je prvi sloj programske podrške koji naleže na fizičku arhitekturu. Najvažnija uloga OS u DTV prijemniku je da obezbedi okruženje sa podrškom za multitasking zahteve viših slojeva DTV programske podrške, što obuhvata upravljanje procesima, memorijom i sistemskim resursima. Ograničeni resursi DTV prijemnika zahtevaju da memorija koju koristi OS bude minimalna i da OS obezbedi što veću brzinu procesora (minimalan OS overhead), apstrakciju programskih resursa (programske niti, semafori, vremenske kontrole,...) i pomoćnih programskih alata (npr. busybox). Najzastupljeniji operativni sistem koji se koristi je Linux, koji se koristi i u ovom zadatku, a pored njega još su u upotrebi: pSOS, Nucleus+, Windows CE / Mobile, Android...




Sl. 3. Arhitektura DTV programske podrške

Iznad operativnog sistema nalazi se adaptacioni sloj. Ovaj sloj raspolaže skupom funkcija koje apstrahuju funkcionalnosti vezane za korišćeni operativni sistem i obaveštava više programske slojeve o nastalim događajima. Omogućava razvoj viših programskih slojeva bez detaljnog poznavanja arhitekture korišćene platforme. Adaptacioni sloj se deli na: sistemske funkcije (programske niti, semafori, vremenske kontrole) i DVB programske module (audio, video, demultiplekser, demodulator, itd.).

Treći po redu je sprežni sloj programske podrške (Middleware). On obezbeđuje usluge višeg nivoa koje su sastavni deo DTV funkcionalnosti i omogućava izvršavanje naprednih DTV aplikacija. Nalazi se iznad adaptacionog sloja i predstavlja najkompleksniju i najvredniju komponentu programske podrške. Kontrola i realizacija najvažnijih operacija (raščlanjavanje DVB podataka, kontrola pristupa i organizacija servisa, prikupljanje EIT podataka, podrška za snimanje, kontrola podsetnika, dekodovanje multimedijalnih sadžaja) se odvija u okviru ovog sloja. Komunikacijom sa nižim slojevima programske podrške se kontroliše fizička arhitektura.

Na sprežni sloj naleže DTV aplikacija koja omogućava korisniku da vrši interakciju sa uređajem. Iako sprežni sloj (middleware) čini jezgro DTV prijemnika, funkcije koje su zaista vidljive krajnjem korisniku su deo DTV

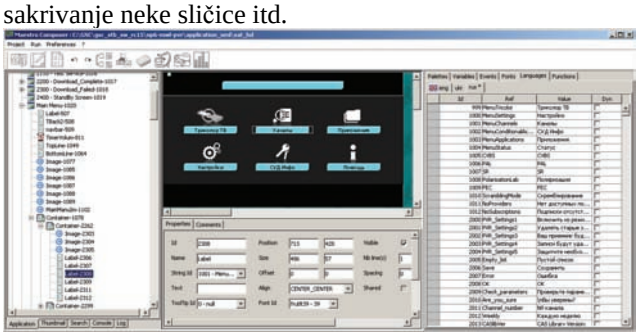
aplikacije. Sa aspekta korišćenja sistemskih resursa najzahtevniji je programski deo koji zahteva velike memorijske blokove za smeštanje statičkih elemenata (fontovi, slike, stringovi...).

Unutar sprežnog sloja postojeće DTV programske podrške je već realizovana neka osnovna podrška za PVR funkcionalnost koju je potrebno proširiti ili izmeniti po potrebi. Unutar aplikativnog sloja ne postoji nikakva podrška za PVR aplikaciju pa ju je potrebno napraviti u celosti. PVR aplikacija čija je realizacija opisana u ovom radu kreirana je u Maestro razvojnom okruženju.

## VI. MAESTRO INTEGRISANO RAZVOJNO OKRUŽENJE

Maestro predstavlja razvojno okruženje za definisanje korisničkog interfejsa uređaja. Maestro IDE (eng. Integrated Development Environment) čine tri komponente: Maestro Composer, Maestro Generator i Maestro Player.

Maestro Composer je alat za generisanje i modifikovanje STB aplikacija. Alat može biti korišćen pod Windows i Linux operativnim sistemom. Maestro Composer koristi funkcije i događaje koji su omogućeni u programskoj podršci TV prijemnika. Pozivanjem podržanih funkcija, generišu se događaji, koji se mogu registrovati. Kada se registruje neki događaj može se izvršiti neka druga funkcija, može se preći na neki drugi prozor ili se izvršiti neka akcija u trenutnom ekranu ili prozoru kao što je ispis nekog teksta, prikazivanje ili sakrivanje neke sličice itd.



Sl. 4. Izgled Maestro Composer okruženja

U levom delu glavnog prozora Maestro Composer aplikacije su prikazani direktorijumi unutar kojih su grupisani ekrani i prozori koje prikazuje TV aplikacija. Svaki ekran i prozor ima jedinstveni ID identifikacioni broj, ime i paletu boja sa kojom se iscrtava. Unutar njih nabrojani su svi njihovi elementi koje sadrže. Ovi elementi takođe imaju svoj ID identifikacioni broj. Maestro Composer ima mnoštvo podržanih elemenata od kojih su najkorišćeniji labele, slike, brojači, liste, kontejneri, prozori za prikaz videa, animacije, polja za unos teksta...

U desnom delu glavnog prozora Maestro Composer-a su prikazane kartice. Ove kartice su podeljene po grupama i unutar njih su smeštene palete boja, promenljive, događaji, fontovi, podržane funkcije i jezici koji se koriste u aplikaciji.

U sredini se nalazi izgled odabranog ekrana ili prozora TV aplikacije, a ispod njega je u karticama prikazan spisak mogućih opcija za selektovanu komponentu. Ako je u levom delu ekrana selektovan neki element ovde se mogu podešavati neki njegovi parametri kao što su pozicija, veličina, putanja do slike itd. Za trenutno selektovani ekran ili prozor ovde se može prikazati njegov kod u skriptnom jeziku kojim se grafički elementi uvezuju sa programskom podrškom TV prijemnika.

```
on Init()
{
   do
   {
      SETUP_ExitOSDMenu(v$vNOTHING);
      SETUP_GetOSDTransparencyLevelPreference(v$vNOTHING);
      SetText(503,s$MenuSettings);
      Show(503);
      SetSel(11201,v$vSetupFocus);
      SetFocus(11201);
   }
}
```

Sl. 5. Primer koda napisan u skriptnom jeziku

Aplikacija se sastoji od direktorijuma koji uključuju XML (eng. Extensible Markup Language) datoteke. DTV prijemnik koristi binarni format aplikacije. Maestro Generator je alat za prevodjenje koji aplikaciju koja je u XML formatu prevodi u binarni format koji se snima u flash memoriju ciljne platforme. Maestro Player je izvršitelj aplikacije koji izvršava, prethodno generisanu aplikaciju u binarnom formatu, na ciljnoj platformi.

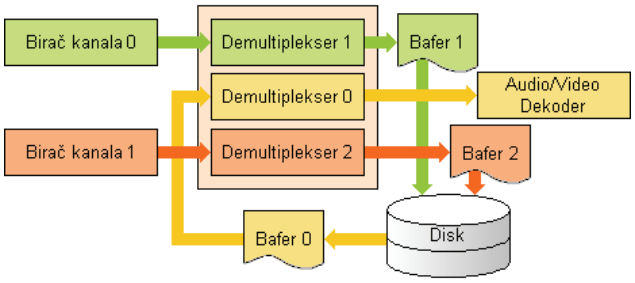



Sl. 6. Razvojni proces korisničkog interfejsa kroz Maestro

## VII. IZMENE U SPREŽNOM SLOJU

Kao što je već spomenuto većina funkcija potrebnih za PVR je već realizovana i nalazi se unutar sprežnog sloja aplikacije. Izmene unutar ovog sloja su neophodne zbog nekih nedostataka fizičke arhitekture ciljne platforme. NP6 SoC nema podršku za trik modove na fizičkom nivou, kao što su brzo premotavanje unapred ili unazad, pa se ova podrška mora realizovati programski. Trik modovi su realizovani tako što tokom snimanja nekog video toka detektuju pozicije I frejmova [1]–[3], koji predstavljaju celu sliku. Kada korisnik predje u trik mod, na osnovu informacija o pozicijama I frejmovi se izdvajaju iz snimljenog video strima i šalju direktno na video dekoder.

Unutar sprežnog sloja postojao je mehanizam koji je omogućavao istovremeno snimanje nekog servisa sa drugog birača kanala (Tuner) dok je korisnik u modu odloženog gledanja na prvom. Na slici Sl. 7. prikazana je blok šema i tok podataka između logičkih objekata u PVR modu.




Sl. 7. Blok šema i tok podataka između logičkih objekata

Zbog ograničenja fizičke platforme ovaj mehanizam je morao da se promeni. Najveći problem je brzina pristupa i količina RAM memorije. Ograničenja zahtevaju smanjenje broja memorijskih bafera i softverskih demultipleksera. Posledica ovih izmena je da nije bilo moguće realizovati funkciju odloženog gledanja trenutnog servisa i snimanje drugog servisa u isto vreme. Nakon izmena u osnovnom modu gledanja trenutnog kanala postoji samo jedan softverski demultiplekser dok u najgorem mogućem slučaju postoje dva demultipleksera i dva memorijska bafera.

## VIII. Izrada Aplikacije

Pošto je većina funkcija potrebnih za PVR već realizovana unutar sprežnog sloja aplikacije najveći deo posla je realizacija ekrana i prozora koji će u interakciji sa korisnikom da koriste funkcionalnost implementiranu unutar sprežnog sloja.

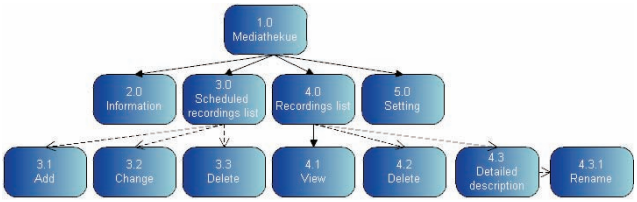
Ekran za prikaz videa potrebno je proširiti signalnim sličicama pomoću kojih će korisnik znati u kom režimu rada se nalazi STB uređaj. Na slici Sl. 8. prikazane su korišćene sličice.




Sl. 8. Sličice za prikaz režima rada PVR uređaja

Prva sličica se prikazuje kada korisnik pritisne pauza/pusti taster na trenutno gledanom servisu ili pri gledanju snimljenog videa. Ukoliko je korisnik u režimu odloženog gledanja trenutno gledanog servisa ili modu reprodukcije nekog snimljenog videa prikazaće se druga sličica. Treća sličica se iscrtava kada je u toku snimanje nekog servisa. Sličica 4 se prikaže na nekoliko sekundi pri izlasku iz moda odloženog gledanja, završetku ili prekidanju reprodukcije nekog snimljenog videa i stopiranju trenutno započetog snimanja. Sličica 5 je primer sličice koja se iscrtava prilikom nekog od trik modova.

Pritiskom na meni taster daljinskog upravljača i odabirom podmeni opcije Aplication, otvara se prozor u kome su prikazane sve realizovane aplikacije. Treća aplikacija u toj listi je PVR aplikacija koja nosi naziv Mediatheque. Broj ekrana i prozora koji su realizovani je velik pa će biti opisani ili prikazani samo oni najvažniji. Osnovna strktura menija Mediatheque aplikacije prikazana je na slici Sl. 9.




Sl. 9. Struktura Mediatheque menija

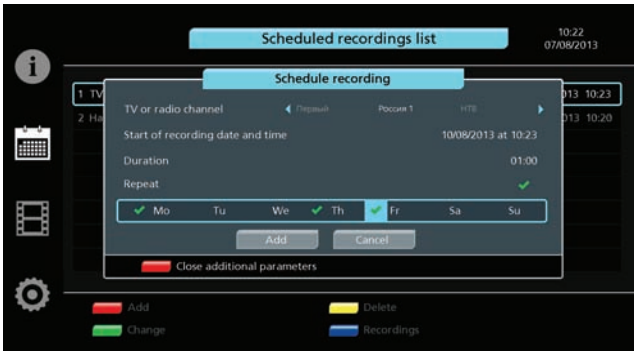
Uz levu ivicu ekrana jedan ispod drugog prikazani su glavni podmeniji PVR aplikacije. Na tastere gore i dole selektuje se odgovarajući podmeni pri čemu se sa desne strane prikazuje njegov izgled. Pritiskom na taster OK nestaju imena podmeni opcija i ostaju prikazane samo njihove sličice. Na slici Sl. 10. je prikazan glavni Mediatheque meni kada je u njemu selektovan prvi Informations podmeni koji je iscrtan sa desne strane.




Sl. 10. Izgled Mediatheque menija

U njemu su prikazane informacije o zauzetosti memorije memorijske kartice predviđene za PVR funkcionalnost. Ekran prikazuje koliko memorije je zauzeto SD snimcima, koliko HD snimcima i koliko memorije je još slobodno. Takođe proračunava koliko se još minuta HD ili SD sadržaja može snimiti na slobodnom memorijskom prostoru.

Drugi po redu je Scheduled recording list podmeni. U ovom ekranu je prikazana lista tajmera koji započinju snimanje na nekom od servisa. U listi je prikazan naziv servisa ili događaja koji se snima, vreme započinjanja snimanja i vreme trajanja. Moguće je dodavanje novih i izmena ili brisanje već postojećih opcija. Svaka od ovih opcija ima jedan ili više prozora i podprozora. Najzanimljiviji je prozor za dodavanje novih tajmera. Svaka od njegove prve tri opcije ima podprozor. Pomoću podprozora se lakše bira servis koji želi da se snima, unosi se vreme započinjanja snimanja i vreme trajanja. Pritiskom na crveno dugme otvara se još jedna dodatna opcija pomoću koje može da se odabere kojim danima da se snimanje ponovi. Na slici Sl. 11. je prikazan izgled Scheduled recording list ekrana preko koga je iscrtan prozor za dodavanje novog tajmera za snimanje. Sa leve strane se vidi izgled Mediatheque menija kada je otvoren neki od njegovih podmenija.




Sl. 11. Izgled Scheduled recording list podmenija

Treći podmeni je Recording lists. U ovom podmeniju je prikazan spisak svih snimljenih videa. Izgledom podseća na prethodni Scheduled recording list podmeni. Moguće je videti neke osnovne podatke za svaki snimak. Takođe je moguće sortiranje snimaka po imenu, trajanju i dužini, njihovo zaključavanje i brisanje.

Poslednji je Settings podmeni. Ovaj meni ima samo dve opcije dostupne korisniku. Prvom se bira da li da se uređaj sam uključi iz stanja mirovanja i započne snimanje kada istekne vreme nekog tajmera za snimanje, dok se drugom opcijom bira da li da uređaj sam briše snimke ukoliko je u toku snimanje a više nema mesta na memorisjkoj kartici.

## LITERATURA


[1] International Standard ISO/IEC 13818-1, *Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems Recommendation H.222.0*, 25. april 1995.

[2] International Standard ISO/IEC 14496-2, *Information technology - Coding of audio-visual objects*, 1. decembar 2001.

[3] Walter Fischer, *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*.


## ABSTRACT


This paper presents the extension of an existing software with PVR application. The application is developed and tested on the satellite STB device with Neotion NP6 SoC and the Linux OS. Implemented functions are time-shift, recording of current viewed service, recording via timer and trick modes.


## ONE PROPOSAL OF SOLUTION FOR PERSONAL VIDEO RECORDER


Dušan Šijakov, Davor Sabo, Milena Mirković, Jan Zloh

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.455

# JEDINSTVENA PROVERA IDENTITETA POMOĆU SMART KARTICA

# SINGLE SIGN ON USING SMART CARDS

Mihalj Kanzel, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je predložen sistem za proveru identiteta uz upotrebu SSO (Single Sign-On) tehnologije, CAS (Central Authentication Service) sistema i smart kartica. Upotrebljen je i LDAP sistem za skladištenje korisničkih akreditiva. Sistem obezbeđuje jedinstvenu proveru identiteta uz oslonac na PKI standard upotrebom smart kartica. Implementacija obuhvata CAS SSO sistem i Java EE tehnologiju.*

**Abstract** – *This paper proposes a system for authentication using the SSO (Single Sign-On) technology, the CAS (Central Authentication Service) system and smart cards. Also, the LDAP system is used for storing users' credentials. The system provides the SSO authentication that relies on the PKI standard using smart cards. The prototype implementation relies on the CAS SSO system and the Java EE technology.*

**Ključne reči:** *Autentifikacija, SSO, CAS, smart kartice*

## 1. UVOD

Porastom zavisnosti od informacionih tehnologija sigurnost informacija je postala veoma značajna. Zbog toga se danas korisnici, prilikom pristupa velikom broju različitih aplikacija, susreću sa različitim vidovima autentifikacije.
Protokol za autentifikaciju predstavlja proces u realnom vremenu kojim se utvrđuje identitet, a čiji rezultat može biti pozitivan (korisnikov identitet je autentičan) ili negativan (korisnikov identitet nije autentičan). Identitet korisnika se može utvrditi pomoću više faktora [1]:

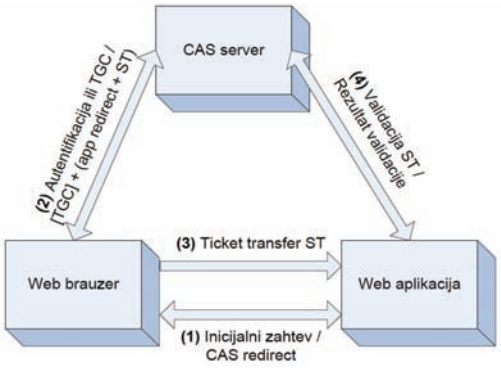
- nečega što zna – lozinka, lični identifika-cioni broj (*Personal Identification Number, PIN*) i slično.
- nečega što ima (poseduje) – token, *smart* kartica, mobilni telefon, ključ, generator vremenski zavisnog PIN koda i slično.
- nečega što je njegova karakteristika – otisak prsta, oblik/karakteristika lica, retina, prepoznavanje glasa, i slično.

Autentifikacija je pouzdanija ukoliko se koristi više faktora (lozinka se može pogoditi, ključ/kartica se može izgubiti, prepoznavanje lica još uvek daje značajan procenat za „*false positives*" rezultata).
*Smart* kartice obezbeđuju pouzdanu zaštitu osetljivih podataka i kao takve mogu se iskoristiti za čuvanje autentifikacionih podataka korisnika.
U ovom radu opisano je poboljšanje zaštite osetljivih korisničkih podataka uz korišćenje SSO sistema sa *smart* karticama, čime će se samim korisnicima ostaviti vrlo malo prostora da svojom greškom na neki način otkriju (izlože) ili pak izgube bitne podatke.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Sladić.**

## 2. CAS SSO Sistem

Kako se IT sistemi umnožavaju da bi podržali poslovne procese, korisnici i administratori sistema, da bi realizovali svoje zadatke, suočeni su sa potrebom autentifikovanja na brojne sisteme, što zahteva odgovarajući broj dijaloga za prijavljivanje, od kojih svaki može da podrazumeva drugačije akreditive, što prvenstveno dovodi do smanjenja produktivnosti (osnovna namena IT sistema).
„Single sign-on" (SSO) predstavlja centralizovanu proveru identiteta, odnosno predstavlja svojstvo sa kojim se korisnik može jednom prijaviti (autentifikovati) i dobiti pristup svim sistemima bez ponovnog zahteva da se prijavi na svaki od njih posebno [2].
Central Authentication Service (CAS) [3] je single sign-on sistem namenjen prvenstveno za web bazirane aplikacije i služi da omogući korisniku pristup ka više aplikacija pružajući akreditive samo jednom. Takođe omogućava web aplikacijama da autentifikuju korisnika bez dobijanja pristupa korisnikovim sigurnosnim akreditivima (kao što je lozinka). Konceptualni model procesa autentifikacije korisnika za pristup web aplikaciji uz oslonac na CAS sistem prikazan je na slici 1.




Slika 1. *Autentifikacija uz oslonac na CAS sistem*

CAS protokol uključuje najmanje tri strane: klijenta (web pretraživač), aplikaciju (web baziranu) koja zahteva autentifikaciju i CAS server koji sprovodi autentifikaciju. Takođe, može da uključi i pozadinske (*back-end*) servise kao što je server baze podataka. Korisnik posredstvom svog pretraživača upućuje inicijalni zahtev za pristup aplikaciji (1). Po prijemu ovog zahteva aplikacija prosleđuje pretraživaču HTTP redirekciju na CAS server (1). Pretraživač, zatim preko sigurne (HTTPS) veze pristupa serveru (2). Ako korisnik prethodno nije pristupao drugim aplikacijama, tj. nije autentifikovan na

CAS sistemu, server će korisnika redirektovati na stranicu za autentifikaciju. Po uspešno izvršenoj autentifikaciji server prosleđuje pretraživaču TGC (*Ticket-Granting Cookie*) cookie i HTTP redirekciju na aplikaciju kojoj je korisnik prethodno pokušao pristupiti zajedno sa izgenerisanim ST-om kao parametrom u URL-u aplikacije (2). U slučaju da je klijent prethodno bio autentifikovan na CAS sistemu pretraživač će već posedovati TGC cookie koji će proslediti serveru u okviru HTTP zahteva. Server na osnovu prosleđenog cookie-a zna da je klijent već autentifikovan i neće zahtevati ponovnu autentifikaciju već samo proslediti pretraživaču zahtev za redirekciju na aplikaciju pri čemu će URL aplikacije sadržati kao parametar kreirani ST (*Service Ticket*) (2). Potom pretraživač ponovo pristupa aplikaciji, ali se sada u zahtevu kao parametar nalazi i ST (3). U poslednjem koraku (4) aplikacija vrši validaciju primljenog ST-a. Validacija se vrši posredstvom sigurne veze. Ukoliko CAS sistem izvrši uspešnu validaciju ST-a, aplikaciji se prosleđuje identitet korisnika. Svaki ST ima svoj rok trajanja, može da se validira samo jednom i validacija je moguća jedino ako je zahteva aplikacija za koju je ST i generisan.

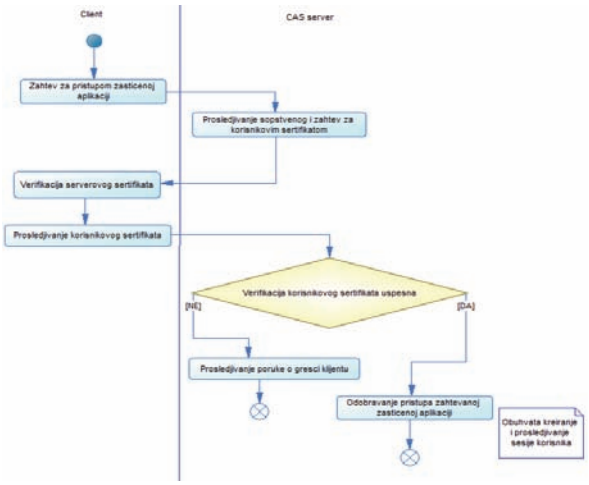
## 3. MODEL SISTEMA

Realizacija predloženog modela (model jedinstvene provere identiteta baziran na CAS sistemu i smart karticama) obuhvata specifikaciju PKI modula za autentifikaciju, koji se sastoji od dva podsistema:

- podsistem za PKI autentifikaciju po principu dvosmerne SSL autentifikacije i
- podsistem za autentifikacija bez korišćenja SSL protokola.

### 3.1. Model dvosmerne SSL autentifikacije

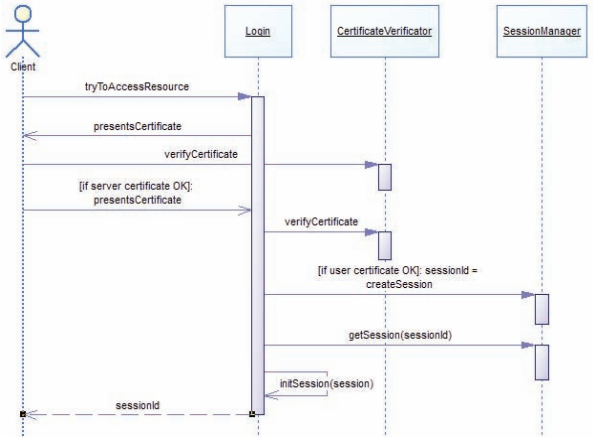
PKI modul zasnovan na principu dvosmerne SSL autentifikacije, koja se bazira na sertifikatima, oslanja se na podršku web pretraživača za dvosmernu SSL autentifikaciju. Dijagram aktivnosti na slici 2, prikazuje konceptualni model dvosmerne SSL autentifikacije.




Slika 2. *Konceptualni model obostrane autentifikacije*

Proces obostrane autentifikacije započinje zahtevom klijenta za pristup zaštićenom resursu (aplikaciji), nakon koga server prosleđuje klijentu sopstveni sertifikat i od klijenta zahteva njegov (korisnički) sertifikat. Klijent verifikuje dobijeni sertifikat, i ukoliko je verifikacija uspešna, prosleđuje svoj serveru. Potom server verifikuje korisnikov sertifikat, pa u slučaju neuspeha, obaveštava klijenta o grešci, dok u slučaju uspešne verifikacije odobrava korisniku pristup zaštićenom resursu. Korak u kom se vrši verifikacija korisnikovog sertifikata uključuje proširenje ove implementacije dodatnom proverom korisnika na LDAP serveru.

Dijagramom sekvenci na slici 3 prikazan je proces provere primljenih i poslatih autentifikacionih akreditiva u slučaju dvosmerne SSL autentifikacije.




Slika 3. *Proces obostrane provere autentifikacionih akreditiva*

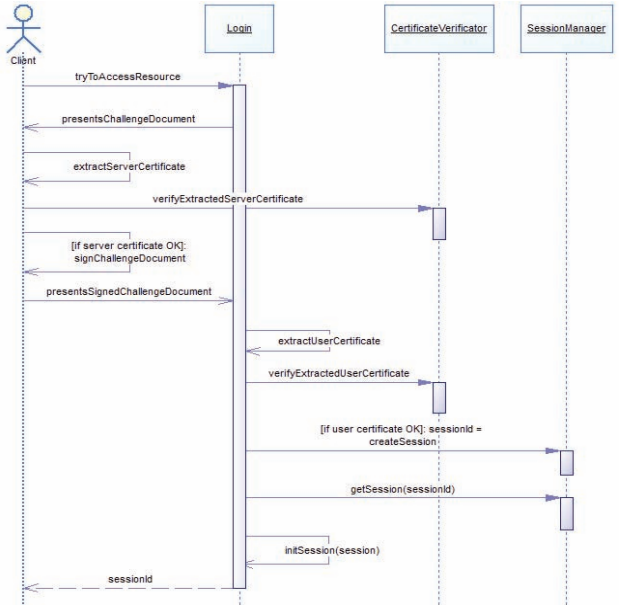
Izvršenje procesa prikazanog na slici 3 rezultuje pozitivnim ili negativnim odgovorom, od strane servera, odnosno dobijanjem ili nedobijanjem identifikatora sesije. Posedovanje identifikatora sesije korisniku omogućava pristup željenom zaštićenom resursu, a samim tim i izvršavanje planiranih radnih procesa. Kao *CertificateVerificator* koristi se klasa *CASX509TrustManager*. Ova klasa implementira metode neophodne za verifikaciju korisnikovog sertifikata, ali i vrši samu proveru sertifikata (akreditiva) na LDAP serveru (metodom *checkClientTrusted*).

### 3.2. Model autentifikacije bez korišćenja SSL protokola

PKI modul zasnovan na principu autentifikacije bez prisustva SSL protokola, takođe, podrazumeva autentifikaciju baziranu na sertifikatima. Tačnije, ovaj podsistem je realizovan po *challenge-response* mehanizmu uz oslonac na JAWS (*Java Web Start*) [4] modul. Kao i prethodno opisani podsistem, obuhvata obostranu autentifikaciju, s tim što se na strani korisnika prvenstveno verifikuje serverov sertifikat (dobijen iz *challenge* poruke), a potom se nakon potpisivanja *challenge* poruke, na strani servera vrši verifikacija korisnikovog sertifikata.

Sa slike 4 vidi se da klijent pre potpisivanja *challenge* poruke vrši izvlačenje serverovog sertifikata i zatim se on proverava.

Samo u slučaju ispravnog serverovog sertifikata sledi potpisivanje i prosleđivanje odgovora. Na strani servera se prvo izvlači sertifikat korisnika i vrši njegova verifikacija i tek nakon uspešne verifikacije se kreira sesija, čiji se identifikator zatim prosleđuje klijentu i time se omogućava pristup zaštićenom resursu.

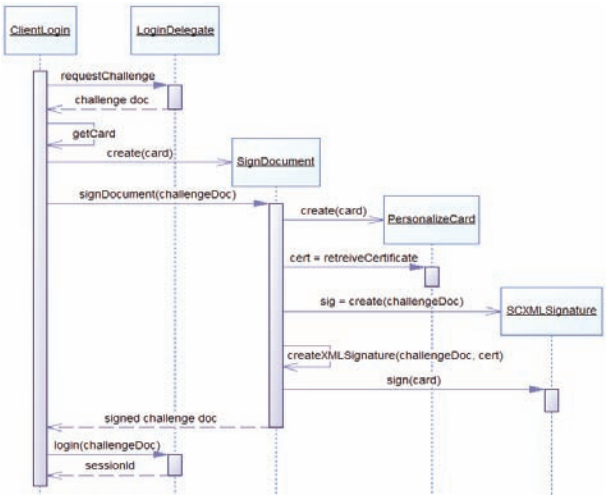



Slika 4. *Proces obostrane provere autentifikacionih akreditiva uz oslonac na implementirani PKI modul*

### 3.3. JAWS modul za povezivanje sa CAS PKI modulom

JAWS modul podrazumeva klijentsku aplikaciju putem koje se vrši autentifikacija korisnika.

Sa stanovišta korisnika, proces autentifikacije prikazuje slika 5. Na samom početku ovog procesa, korisnik zahteva *challenge* poruku. Nakon dobijanja poruke, vrši njeno potpisivanje korisničkim privatnim ključem i potom se vraća serveru kao akreditiv za autentifikaciju. Server, ukoliko je korisnik uspešno autentifikovan, vraća korisniku identifikator sesije.

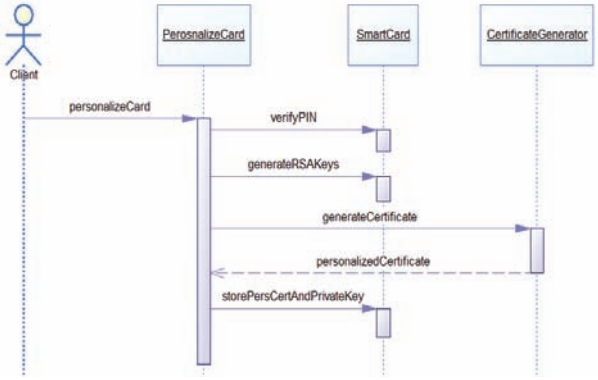



Slika 5. *Dijagram sekvenci procesa autentifikacije sa stanovišta korisnika*

### 3.4. Modul za inicijalizaciju i presonalizaciju smart kartica

Prvi korak u pripremi kartica je inicijalizacija, koja se vrši po PKCS#15 (*Public-Key Cryptography Standards*) standardu [5], uz oslonac na OpenSC [6] alat.

Dijagramom sekvenci na slici 6 prikazan je proces personalizacije smart kartice. Metoda *generateRSAKeys* generiše 1024 bitni RSA [7] privatni i javni ključ. Za izvršenje ove metode potrebna je prethodna verifikacija korisničkog PIN koda (poziv *vertifyPIN* metode). Izgenerisani javni ključ se koristi kao jedan od parametara potrebnih za registraciju korisnika. Potom se kreira personalizovani korisnički sertifikat, koji se, na kraju, po okončanju registracije korisnika, memoriše na *smart* karticu zajedno sa privatnim ključem (poziv metode *storePersCertAndPrivateKey*).




Slika 6. *Dijagram sekvenci personalizacije smart kartice*

Nakon personalizacije kartice, memorisani korisnički sertifikat se čuva i u okviru korisničkog direktorijuma na LDAP serveru.

## 4. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

CAS PKI modul za autentifikaciju je sastavljen od dva podsistema, koji se razlikuju prema načinu autentifikacije. Prvi podsistem realizuje autentifikaciju kada je obezbeđen SSL protokol, dok se prema drugom načinu autentifikacije rešenje oslanja na JAWS tehnologiju, pogodnu u internoj mreži (gde nije neophodan SSL).

### 4.1. PKI modul dvosmerne SSL autentifikacije

Kao PKI modul sa obezbeđenim SSL protokolom, koristi se postojeća funkcionalnost CAS servera, tj. CAS-ova implementacija autentifikacije sa X.509 sertifikatima kao akreditivima, proširena proverom korisnika na LDAP serveru.

Ovaj podsistem podrazumeva određena podešavanja konfiguracionih fajlova CAS servera. Potrebno je definisati način utvrđivanja korisničkog identiteta postojećim „rukovaocima" X.509 sertifikata, a potom i odrediti principale autentifikovanog korisnika. Za ove potrebe implementirane su klase koje vrše verifikaciju korisnikovog sertifikata, kao i za proveru postojanja korisnika na LDAP serveru (po UID kriterijumu), a potom i proveru poklapanja korisnikovog sertifikata prosleđenog u zahtevu za autentifikaciju sa sertifikatom skladištenim u okviru korisničkog direktorijuma na LDAP serveru.

### 4.2. PKI modul bez prisustva SSL protokola uz korišćenje JAWS tehnologije

Realizacija ovog modula definiše nove akreditive (*challenge-response* poruke), koje će korisnik koji pokušava da se autentifikuje poslati serveru.

U procesu autentifikacije, korišćenjem ovog modula, se prvenstveno vrši provera podržanosti akreditiva, a zatim konkretna provera poslatih akreditiva u šest koraka:

- Izdvajanje XML dokumenta i niza sertifikata iz *challenge-response* poruke,

- Izdvajanje korisnikovog sertifikata i UID identifikatora,
- Provera ispravnosti (validnosti) korisnikovog sertifikata,
- Provera svih ostalih sertifikata koji se nalaze u *challenge-response* poruci,
- Provera pokušaja, tj. zaštita od tzv. *replay* napada,
- Provera postojanja i ispravnosti poslatih korisnikovih podataka na LDAP serveru.

Nakon uspešnog izvršenja prethodno pomenutih šest koraka sledi određivanje podataka koje CAS server vraća klijentskoj aplikaciji. Osim CAS TGC cookie-a i eventualne redirekcije na servis sa kog se došlo do stranice za prijavu CAS sistema, podaci koji su još potrebni su principali koji identifikuju autentifikovanog korisnika/subjekta. Konkretno, vraća se još i UID korisnika kao njegov identifikator. Po završetku procesa autentifikacije, server odgovara klijentu o uspešnosti pokušane autentifikacije.

Pokretanje (preuzimanje) JAWS klijentske aplikacije, neophodne za autentifikaciju, vrši se klikom na odgovarajuće dugme na CAS stranici za prijavu.

Prednost ovog pristupa je što ne zavisi od konkretnog web pretraživača, već je primenljiv gotovo na većinu postojećih. Pored toga, ne zahteva specifična konfigurisanja korišćenih pretraživača.

### 4.3. JAWS klijentska aplikacija za povezivanje sa CAS PKI modulom

Klijentska aplikacija je realizovana za potrebe podsistema (bez SSL protokola) koji rešava probleme koje izaziva SSL konfiguracija web pretraživača, kao i za interne sisteme gde SSL nije neophodan.

Prilikom pokretanja aplikacije vrši se provera potpisa servera preuzetog iz challenge poruke. Zatim se preuzimaju i ostali potrebni podaci iz poruke (tip servera, model i tip autentifikacije, itd.), koji se prikazuju na glavnom prozoru aplikacije. Glavni prozor sadrži još i dugme koje, pritiskom na njega, otvara dijalog za unos PIN koda. Zatim, nakon unetog validnog PIN koda, vrši se potpisivanje poruke na samoj smart kartici, posle čega se potpisana poruka vraća serveru kao korisnikov akreditiv. Server potom, ukoliko je autentifikacija uspešna kreira sesiju korisnika i prosleđuje JAWS aplikaciji njen identifikator (CASTGC), u suprotnom obaveštava korisnika o grešci.

### 4.4. Inicijalizacija i personalizacija smart kartica

Pre samog korišćenja kartice postoji potreba za njenom inicijalizacijom, koja podrazumeva kreiranje inicijalne direktorijumske i fajlovske strukture na samoj kartici, kao i potreba za njenom personalizacijom, koja podrazumeva deblokiranje korisničkog PIN koda (ukoliko je blokiran), generisanje privatnog i javnog ključa korisnika i potom, nakon registracije korisnika, memorisanje njegovog sertifikata na smart karticu. Takođe, potreba za korišćenjem LDAP servera obuhvata skladištenje personalizovanih korisničkih podataka u okviru korisničkih direktorijuma kako bi bili u mogućnosti da verifikujemo funkcionalnost proširenja CAS sistema pomenutim modulima.

## 5. ZAKLJUČAK

SSO predstavlja sigurnosnu tehnologiju, čiji je osnovni zadatak jedinstvena autentifikacija korisnika. Jedna od najznačajnijih prednosti SSO sistema je što omogućuje olakšan rad (povećanu produktivnost) korisnika jer korisnik ne mora posebno da se autentifikuje za rad sa svakom aplikacijom. Druga vrlo bitna prednost je bezbednost, postoji samo jedno autentifikaciono mesto, tj. korisnik se autentifikuje na samo jednom mestu i to obično preko sigurne (SSL) veze. Aplikacije ne pristupaju autentifikacionim podacima korisnika već samo dobijaju informaciju da li je korisniku odobren ili zabranjen pristup.

Dok smart kartice obezbeđuju pouzdanu zaštitu osetljivih podataka i kao takve mogu se iskoristiti za čuvanje autentifikacionih podataka korisnika.

Kombinacija SSO tehnologije sa smart karticama, omogućava korisnicima jedan još viši aspekt bezbednosti uz naravno povećanu produktivnost koju obezbeđuje SSO.

Mogući dalji pravci razvoja sistema su implementacija multifaktorske autentifikacije, kao i implementacija klijentskih modula za desktop bazirane aplikacije.

## 6. LITERATURA


[1] “Strong authentication“ Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Strong_authentication

[2] “Single sign-on“ Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Single_sign-on

[3] “Central Authentication Service“ Internet: http://www.jasig.org/cas

[4] “Java Web Start“ Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Java_Web_Start

[5] “Cryptographyc Token Information Format Standard“ Internet: http://www.emc.com/emc-plus/rsa-labs/standards-initiatives/pkcs-15-cryptographic-token-information-format.htm

[6] “OpenSC Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/OpenSC

[7] “RSA Cryptography Specifications“ Internet: http://www.ietf.org/rfc/rfc2437.txt


**Kratka biografija:**




**Mihalj Kanzel** rođen je u Kikindi 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Primenjene računarske nauke odbranio je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.316

# ANALIZA PREDLOGA NOVOG SRPSKOG STANDARDA ZA UZEMLJENJE ENERGETSKIH POSTROJENJA NAPONA IZNAD 1 kV - SRPS EN 50522:2013

# ANALYSIS OF THE PROPOSAL FOR THE NEW SERBIAN STANDARD FOR EARTHING OF POWER ISTALLATIONS EXCEEDING 1 KV – SRPS EN 50522 2013

Savo Rikalo, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je dat prikaz novog srpskog standarda za uzemljenja energetskih postrojenja napona iznad 1 kV. U okviru analize dat je opis postupka proračuna dozvoljenog napona dodira i koraka i prikazan postupak dimenzionisanja sistema uzemljenja. Opisane su metode mjerenja otpornosti uzemljenja kao i postupci kontrole i pregleda sistema uzemljenja. Dat je postupak procjene rizika od moguće pojave nekog neželjenog scenarija.*

**Abstract –** *This paper presents an overwiew of the new Serbian standard for power system substations grounding systems. The procedure for grounding systems design and permissible touch voltage ordering are also described.. The methods for impedance of grounding system measurements as well as control and examination methods are discussed in the paper. The paper presents the procedure for the risk assessment of the possible occurrence of an unwanted scenario intensity of unintended consequences calculation.*

**Ključne reči –** *Razvodna postrojenja, sistem uzemljenja, impedansa uzemljenja, napon dodira, napon koraka, procjena rizika.*

## 1. UVOD

Pod pojmom uzemljenja u elektroenergetskom sistemu podrazumjeva se skup sredstava i mjera koje se preduzimaju u cilju obezbjeđenja uslova za normalan rad sistema, bezbjedan rad i kretanje ljudi i životinja u blizini objekata koji mogu doći pod napon u normalnim ili havarijskim situacijama i zaštitu ljudi i opreme od struja i napona koji se javljaju pri atmosferskim pražnjenjima.
Nakon uvoda, u kome je ukazano na značaj novog standarda uzemljenju elektroenergetski postrojenja, u drugom poglavlju je opisana zavisnost dozvoljenog napona dodira od dodatnih otpornosti.
U trećem poglavlju opisan je postupak dimenzionisanja uzemljivača prema toplotnim opterećenjima i dozvoljenim naponima dodira i koraka.
U četvrtom poglavlju opisani su uslovi za projek-tovanje i izvođenje uzemljenja u razvodnom postrojenju.
U petoj glavi opisane su metode za mjerenje, kontrole i preglede sistema uzemljenja.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragutin Salamon, vanr. prof.**

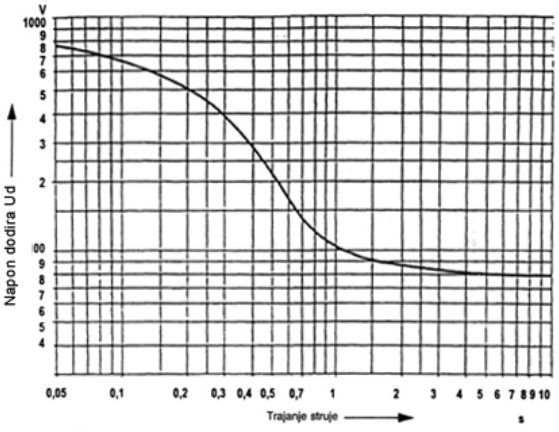
U šestom poglavlju data je procjena rizika od mogućih napona dodira za osobe koje borave u postrojenju kao i u njegovoj neposrednoj blizini. U sedmom i osmom poglavlju je dat zaključak i spisak korišćene literature.

## 2. PRORAČUN DOZVOLJENOG NAPONA DODIRA

Potencijalna razlika dodira $E_d$ predstavlja razliku potencyjala koja postoji između uzemljenih objekata i stajališta koju se može premostiti dodirom. Pri dodiru, strujno kolo se zatvara preko ruke (ruku) i stopala čovjeka, pri čemu su čovjekova stopala udaljena 1 m od uzemljenog uređaja. Stvarni napon dodira kojem se čovjek izlaže prilikom dodira manji je od potencijalne razlike $E_d$ za pad napona na prelaznoj otpornosti tlo-stopalo. Pojmovi napona koraka i dodira i njihove definicije u današnjoj praksi odnose se samo na slučajeve naizmjenične ili jednosmjerne struje, ali ne i na slučajeve atmosferskih pražnjenja zbog njihovog kratkog trajanja i nemogućnost kontrole pražnjenja.

### 2.1 Napon dodira i struja kroz tijelo

Različite mogućnosti dodira određuju tok struje kroz čovjeka i na taj način se dobijaju različite vrste dodira, ruka-ruka ili ruka–noga [1]. Na Slici 2.1 prikazana je zavisnost dozvoljenog napona dodira od vremena trajanja prolaska struje kroz tijelo čovjeka.




*Slika 2.1 - Dozvoljeni napon dodira*

Za proračun dozvoljenog napona dodira u uvedene su sledeće pretpostavke:

- tok struje kvara je između ruke i stopala
- 50% vjerovatnoća impedanse tijela
- 5% vjerovatnoća fibrilacije srca
- nema dodatnih otpora

Da bi se dobila dozvoljena vrednost napona dodira u postrojenju potrebno je poznavati i impedansu ljudskog tijela. Ova impedansa zavisi od vrste dodira i putanje kojom struja prolazi kroz tijelo čovjeka.

### 2.2 Mjerenje napona dodira

Za mjerenje napona dodira koristi se metoda zasnovana na struji koja se injektira u mjernu elektrodu. Pri tome se usvaja da je impedansa čovječjeg tijela 1000 Ω. Za mjerenje napona dodira mjernu elektrodu treba postaviti na rastojanju od 1 m od mjesta za koje je vezana. Pri tome, podlogu treba nakvasiti ukoliko se radi o betonu ili suvom zemljištu. Jedan kraj voltmetra je vezan za elektrodu koja simulira ruku, a drugi na elektrodu koja simulira stopalo čovjeka. Na ovaj način se pri toku kroz struje u elektrodu dobija vrijednost napona dodira koji se upoređuje sa dozvoljenom vrijednošću.

## 3. DIMENZIONISANJE SISTEMA UZEMLJENJA

### 3.1 Izbor materijala i presjeka uzemljivača

Kao materijal za uzemljivače u tlu koriste se čelik pocinkovan slojem cinka debljine najmanje 70 μm i bakar bez ili sa spoljašnjim slojem cinka, kalaja ili olova. Mogu se koristti i drugi materijali sa odgovarajućim toplotnim, mehaničkim i hemijskim karakteristikama [2].

### 3.2 Struje mjerodavne za toplotni proračun sistema uzemljenja

U mreži sa izolovanom neutralnom tačkom provodnici uzemljivača ne provjeravaju se na toplotna naprezanja kod kvarova. Ako se jednofazni zemljospoj u mreži isključuje u vremenu kraćem od 2h, sabirni zemljovod i zemljovodi se ne provjeravaju na toplotna naprezanja.

U mreži sa neutralnom tačkom koja je uzemljena direktno ili preko impedanse sabirni zemljovod i zemljovodi dimenzionišu se prema tranzijentnog struji jednofaznog zemljospoja.

### 3.3 Dimenzionisanje sistema uzemljenja prema dozvoljenim naponima dodira i koraka

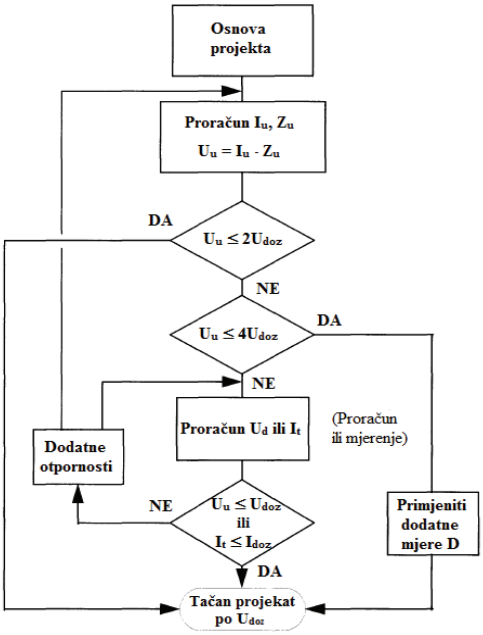
Uslovi za dimenzionisanje uzemljenja postrojenja prema naponima dodira određeni su vrstom uzemljenja neutralne tačke mreže i vrstom primjenjene zemljospojne zaštite.

Na Slici 3.1 prikazani su glavni koraci potrebni u izradi sistema uzemljenja. Uzemljivač se dimenzioniše tako da naponi dodira ne prelaze dozvoljene vrijednosti, što se dokazuje proračunom i mjerenjima na izvedenom postrojenju prije puštaja u pogon. Granice dozvoljenih vrijednosti napona dodira se mogu mijenjati uzimajući u obzir odgovarajući faktor srca i putanju struje kroz tijelo čovjeka.

## 4. PROJEKTOVANJE I IZVOĐENJE SISTEMA UZEMLJENJA

### 4.1 Osnova za projektovanje

Kada se uzemljuje neki objekat polazi se od idealizacije zemlje kao idealnog provodnika. Time se smatra da se ona ne suprotstavlja odvođenju struje sa uzemljivača u okolno tlo. Međutim, pri projektovanju nekog uzemljivača vrlo često se dešava da se proračunske vrednosti otpora rasprostiranja znatno razlikuju od onih koje se pojavljuju u realnosti. To se događa zbog toga što zemlja nije homogena, već je veoma promenljivog sastava od mjesta do mjesta, a i po dubini. Zbog toga se zemlja karakteriše otporom koji pruža prolasku struje - specifičnom otpornošću $\rho$. Specifična otpornost bitno zavisi od vlažnosti. Ona će biti manja što je vlažnost veća, i obrnuto.




*Slika 3.1 - Algoritam izrade sistema uzemljenja*

Otpor rasprostiranja uzemljivača $R_u$ je otpor koji tlo suprotstavlja odvođenju struje sa uzemljivača. Ovaj otpor ima praktično aktivni karakter. Određuje se kao odnos potencijala uzemljivača pri odvođenju struje u odnosu na referentnu zemlju. Otpor rasprostiranja uzemljivača zavisi od specifične otpornosti tla kao i od dimenzija uzemljivača. Uticaj dimenzije uzemljivača najviše zavisi od dužine, a manje od poprečnog presjeka.

### 4.2 Redukcioni faktor zaštitnog provodnika nadzemnog voda i električne zaštite podzemnog kabla

Zaštitni provodnik nadzemnog voda i električna zaštita kablovskog voda mogu se koristiti i kao elementi uzemljivačkog sistema, za odvođenje dijela struje kvara u zemlju. Redukcioni faktor voda $r$ je odnos dela trostruke nulte komponente struje koja se odvodi u tlo u odnosu na ukupnu trostruku nultu komponentu struje voda pri kvaru. Redukcionim faktorom se obuhvata uticaj magnetne sprege faznih i zaštitnih provodnika nadzemnog voda, odnosno magnetne sprege faznih provodnika i metalnog plašta ili električne zaštite kablovskog voda. Do smanjenja redukcionog faktora i povećanja struje koja se odvodi u tlo dolazi uslijed smanjenja rastojanja između zaštitnog i faznog provodnika kao i smanjenjem otpornosti zaštitnog provodnika nadzemnog voda.

### 4.3 Oblikovanje uzemljivača

Uzemljivač se oblikuje tako da se, u zavisnosti od raspoloživog prostora, rasporeda opreme i drugih uređaja koji se uzemljuju, kao i vrste tla, postignu povoljne vrijednosti otpora uzemljenja i napona dodira i koraka.

Ako se uzemljivač izvodi u obliku mreže horizontalno položenih provodnika, sve uzemljene metalne mase na području uzemljivača moraju da se nalaze unutar spoljašnje konture uzemljivača i da budu udaljene najmanje 1 m od ove konture u horizontalnom pravcu. Horizontalni uzemljivači se postavljaju na dubinu od 0,5 m do 1m. Vertikalni i kosi uzemljivači se pobijaju u tlo na međusobnom rastojanju najmanje za dužinu štapa. Njihova primjena je opravdana kada niži slojevi tla u koje prodiru imaju specifičnu električnu otpornost koja je manja od specifične električne otpornosti višeg sloja. Pri pobijanju u tlo koriste se pomoćni alati i sredstva kako bi se izbjeglo moguće oštećenje uzemljivača.

Stezaljke za galvansko povezivanje uzemljivača moraju imati odgovarajuće dimenzije kako bi se izdržala sva električna i mehanička naprezanja ekvivalentna onima koje trpe uzemljivači. Uzemljivači moraju biti otporni na koroziju. Stezaljke treba da budu čvrste i da imaju istu mehaničku čvrstoću kao štapni uzemljivači što je veoma bitno kod nabijanja u tlo. Kod metala koji nisu otporni na koroziju, potrebno je izvršiti zaštitu trajnim sredstvima od kontakta sa elektrolitima u okruženju.

### 4.4 Postavljanje i povezivanje zemljovoda

Metalne mase u postrojenju povezuju se sa uzemljivačem direktno preko zemljovoda koji se bez prekidanja izvodi iz tla, galvanski spaja za metalnu masu i ponovo vraća u tlo. Spojevi treba da imaju dobru električnu provodljivost čime se spriječava porast temperature u slučaju kvara. Oni ne smiju biti olabavljeni i moraju biti zaštićeni od korozije. Za spajanje zemljovoda sa uzemljivačem, glavnim zemljovodom i bilo čim od metalnih masa, koriste se odgovarajuće stezaljke koje će izdržati sva mehanička i električna naprezanja. Spojevi treba da budu takvi da ih je nemoguće rastaviti bez specijalnog alata.

### 4.5 Smanjenje uticaja visokofrekventnih smetnji

Iako je sistem uzemljenja prvenstveno namjenjen uzemljenju mreža industrijskih frekvencija, mogu se uzeti u obzir i zahtjevi za uzemljenjem pri visokofrekventnim pojavama. Do takvih pojava dolazi pri atmosferskim pražnjenjima ili komutacijama sa opremom u visokonaponskom postrojenju. Dobijene tranzijentne struje mogu izazvati poremećaje kod upravljačkih ili zaštitnih uređaja. Smanjenje smetnji modifikacijom postojećeg sistema uzemljenja iziskuje velika novčana sredstva, pa pri projektovanju i izradi sistema uzemljenja putanja strujnog kola mora imati malu vrijednost induktivnosti. Radi bolje elektromagnetne zaštite, metalne kontrukcije objekata i čelik postavljen u beton moraju biti vezane na sistem uzemljenja.

### 4.6 Mjere za uzemljenje električne opreme i metalnih masa

Na uzemljivač postrojenja moraju da se vežu svi metalni dijelovi opreme i aparata koji ne pripadaju strujnim kolima, kao i svi drugi metalni djelovi koji u slučaju kvara mogu da dođu pod napon. To su ograde i mreže oko aparata u postrojenju, cjevovodi, kotlovi, armature armiranobetonskih konstrukcija i dr. Takođe na uzemljivač moraju biti vezane sve metalne mase u tlu postrojenja, metalni plaštevi, električne zaštite i armature kablova, zaštitni i neutralni provodnici niskonaponske mreže sopstvene potrošnje, gromobrani i dr.

## 5. MERENJA, KONTROLE I PREGLEDI SISTEMA UZEMLJENJA

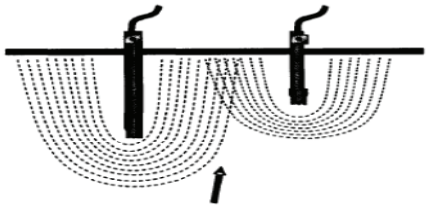
Mjerenja u sistemu uzemljenja se obavljaju prije svakog puštanja u pogon kao i u periodu eksploatacije sistema. Mjerenjem se ispituju otpornosti uzemljivača, otpornosti spojeva kao i ukupne otpornosti. U slučaju novih postrojenja, mjerenjima se dokazuje ispravnost sistema uzemljenja. Vrijednosti izmjerene ukupne otpornosti trebaju se uporediti sa proračunatim vrijednostima. Za postojeća postrojenja gdje je za mjerenje potrebno odvojiti uzemljivač, treba uzeti u obzir da će to imati uticaja na konačne vrijednosti rezultata mjerenja. Mnogi noviji instrumenti za mjerenje otpornosti sistema uzemljenja imaju mogućnost mjerenja bez prethodnog odvajanja od uzemljivača.

### 5.1 Sigurnost

Pravilno izvođenje sistema uzemljenja je od suštinskog značaja kako bi se obezbjedio siguran i nesmetan rad električne mreže. U slučaju da sistem uzemljenja nije dobro izveden, može doći do ugrožavanja bezbjednosti ljudi koji se nađu u postrojenju i njegovoj neposrednoj blizini. Periodični pregledi i ispitivanja neophodni su da bi se ustanovilo stanje sistema i preuzeli određeni koraci za njegovo moguće poboljšanje. Pogrešno je shvatanje mnogih da je sistem uzemljenja sam po sebi bezbjedan. Iako to generalno važi za sisteme koji su dobro projektovani, izvedeni i održavani, loše izvedeni sistemi uzemljenja mogu predstavljati veliku opasnost.

### 5.2 Međusobni utjecaj ispitnih sondi

Uzemljivač kao celina sa zemljovodom i geološkim provodnikom ima otpor koji se sastoji iz otpora zemljovoda, otpora samog uzemljivača, prelaznog otpora (otpor koji se javlja pri prelasku struje sa uzemljivača u zemlju) i otpora širenju struje kroz zemlju (na većoj dubini otpor je manji). Prva dva otpora zanemarljivo su mala dok druga dva daju veličinu koja se naziva otpor uzemljivača ili otpor rasprostiranja. Oko štapnog uzemljivača-elektrode uspostavlja se *"oblast (sfera) utjecaja"* koja određuje udaljenost nakon koje se zanemaruje promjena potencijala zemlje, izazvana strujom koja se odvodi sa uzemljivača. Širina te oblasti zavisi od vrste zemljišta u koju je postavljen uzemljivač. U vlažnom zemljištu njegova vrijednost iznosi svega nekoliko metara dok u oblastima veće specifične otpornosti, kao što su suva, pjeskovita i kamenita područja, ta vrijednost može iznositi i nekoliko stotina metara. Međusobni uticaj elektroda se javlja uslijed preklapanja oblasti djelovanja nedovoljno udaljenih elektroda kao što je prikazano na Slici 5.1.



*Slika 5.1 - Sprega elektroda*

Preklapanje opsega djelovanja narušava dobijanje prihvatljivih podataka o otpornosti/impedansi uzemljenja.

### 5.3 Mjerenje impedanse sistema uzemljenja

Impedansa uzemljenja je pretežno aktivna jer je reaktansa zanemarljiva u odnosu na rezistantnu (otpornu) komponentu. Ovo ne važi za velike sisteme uzemljenja elektroenergetskih postrojenja, većih međusobno povezanih kablovskih sistema ili kod uzemljenih dalekovoda, sa vrijednošću impedanse ispod 0.5 Ω. Proračuni i iskustva pokazuju da, u datom zemljištu, efikasnost uzemljivačke mreže u najvećoj mjeri zavisi od veličine te mreže. Dodavanje ukopanih provodnika i šipki unutar uzemljenja samo donekle će smanjiti impedansu uzemljenja.

U skladu sa vrstom elektroenergetskog postrojenja, određuje se metoda koja će se koristiti za mjerenje. Pažnju treba posvetiti činjenici da dok se vrši priprema mjerenja, tokom mjerenja, a i nakon njega mogu javiti opasni naponi dodira na i između uzemljenih djelova postrojenja. Najefikasnije metode za mjerenje otpornosti uzemljenja su:

- metoda pada potencijala,
- metoda nagiba,
- metoda zvjezda – trougao,
- *"Clamp-on"* metoda
- metoda injektiranja test struje.

### 5.5 Mjerenje specifične otpornosti zemljišta

Mjerenje specifične otpornosti zemljišta je neophodno izvršiti prije izrade projekta, jer, bez obzira na prilično neizvjesne i promjenljive rezultate mjerenja, omogućava da se odredi prva aproksimacija vrijednosti otpora sistema uzemljenja**.** Specifična električna otpornost zemljišta može se mjeriti pomoću tehnike električnog sondiranja, odnosno Venerovom metodom (metoda četiri tačke) nazvanoj po Frenku Veneru.

## 6. PROCJENA RIZIKA KOD UZEMLJENJA

Rizik predstavlja mjeru vjerovatnoće pojave nekog neželjenog scenarija i inteziteta neželjenih posljedica. Pristup upravljanja rizikom počinje sa prepoznavanjem vjerovatnoće da dođe do zemljospoja u postrojenju. Jednostavno rečeno, to znači da jedanko treba voditi računa o vjerovatnoći pojave zemljospoja kao i o pojedincu koji može biti izložen opasnom naponu. Ukupna vrijednost vjerovatnoće $P$ dobija se kao proizvod tri posebne vjerovatnoće:

$$P = P_F \cdot P_{FB} \cdot P_E$$

gdje je $P_F$ – vjerovatnoća zemljospoja u EES,
$P_{FB}$ – vjerovatnoća fibrilacije srca,
$P_E$ – vjerovatnoća slučajnog kontakta.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je proračun vrijednosti dozvoljenog napona dodira kojem čovjek može biti izložen u elektroenergetskom postrojenju. Na jednom mjestu je dat cjelokupan opis procedure za dimenzionisanje sistema uzemljenja prema toplotnim opterećenjima kao i prema dozvoljenim naponima dodira i koraka, kako bi uzemljivači i zemljovodi mogli izdržati struje zemljospoja i atmosferskog pražnjenja. Opisana je važnost kontrole, pregleda kao i procjena rizika sistema uzemljenja elektroenergetskog postrojenja kako ne bi došlo do neočekivanih posljedica po ljudske živote. Ovaj rad može biti dobar priručnik za pisanje novog standarda o uzemljenju elektroenergetskih postrojenja iznad 1 kV.

## 8 .LITERATURA


[1] Technical Committee CENELEC TC 99X, "*Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c"*, 2010.

[2] Pravilnik o tehničkim normativima za uzemljenje elekroenergetskih postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V, ( *Službeni list* SRJ, br. 61/95 ).

[3] Nahman J., Mijailvić V., " *Razvodna postrojenja*", Beograd, 2005.


**Kratka biografija:**




**Savo Rikalo** rođen je u Trebinju 1989. godine. Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je 2008. god., smijer energetika, elektronika i telekomunikacije. Diplomirao je na osnovnim studijama 2012. god, smijer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva je odbranio 2013. godine.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 004.9**

# PRIMENA KLASTEROVANJA ZA PROCENU VREMENA POTREBNOG ZA OTKLANJANJE KVARA U ELEKTRIČNOJ MREŽI

# ESTIMATION OF POWER SYSTEMS RESTORATION TIME BASED ON CLUSTERING METHOD

Vanja Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

***Kratak sadržaj*** *– U radu je razmotreno šta utiče na dužinu otklanjanja kvara u eletričnoj mreži. Pripremljena je istorijska baza podataka, relevantnih za procenu vremena potrebnog za otklanjanje kvara u električnoj mreži. Primenjen je postupak klasterovanja na raspoložive istorijske podatke za brzu i preciznu procenu vremena potrebnog za otklanjanje kvara u električnoj mreži. Na bazi postupka klasterovanja razvijen je odgovarajući softverski sistem.*

***Abstract*** *– The paper discuses what affect the length of restoration time in power system. A historical database, relevant for assessing the time required to repair a defect in the power system, is prepared. Clustering procedure is applied to available historical data for fast and accurate estimation of the time required to repair a defect in the power system. Appropriate software system is developed based on the clustering process.*

***Ključne reči:*** *Klaster analiza, k-sredina algoritam, procena vremena, električna mreža*

## 1. UVOD

U ovom radu je opisano jedno rešenje problema procene vremena potrebnog za otklanjanje kvara (incidenta) nastalog u električnoj mreži. Na osnovu istorijskih podataka o kvarovima u električnoj mreži, vrši se procena vremena koje je potrebno za rešavanje nekog novonastalog problema u električnoj mreži. Procena se zasniva na naprednim metodama klaster analize.

U radu je dat detaljan opis bitnih podatka koji opisuju jedan kvar i način na koji oni utiču na vreme trajanja popravke u električnoj mreži. Podaci o već rešenim incidentima se čuvaju u bazi istorije incidenata. Transformisani istorijski podaci o incidentu, iz baze istorije incidenata, korišćeni su kao ulazi u procesu klaster analize.

Klaster analiza je uopšteno ime za veliki broj procedura koje se mogu koristiti za klasifikaciju. Ove procedure formiraju klastere, grupe ili veoma slične entitete. Klaster analiza počinje skupom podataka koji sadrži informacije o uzorku entiteta i pokušava da reorganizuje ovaj entitet u relativno homogene grupe. Klaster analiza se u radu koristi za pronalaženja obrazaca

ponašanja među podacima i grupisanja incidenata sa sličnim trajanjem popravke kvara.

**NAPOMENA:**

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

## 2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA

Prvi korak u rešavanju problema predviđanja vremena trajanja oporavka od novonastalih incidenata je proučavanje semantike podataka koji opisuju jedan incident i u najvećoj meri utiču na vreme trajanja popravke nastalog kvara. Podaci koje se koriste za analizu su istorijski podaci iz baze istorije incidenata.

Kada se prijavi incident, pamti se broj potrošača koji su pogođeni datim incidentom i još se pamti ako je neki od potrošača ustanova od posebnog značaja. Potrošače kao što su zdravstvene ustanove, obrazovni objekti i druge bitne ustanove nazivamo kritičnim potrošačima. Trajanje popravke kvara, zavisiće od prioriteta incidenta, koji se računa na osnovu broja pogođenih potrošača i pogođenih kritičnih potrošača, kao i pojave mogućih dodatnih problema. Što je veći broj pogođenih potrošača kvarom i što je veći broj kritičnih pogođenih potrošača, to je veći prioritet tog incidenta. Uglavnom, incidenti sa većim prioritetom predstavljaju ozbiljnije kvarove i vreme trajanja njihove popravke je kraće, nego vreme trajanja popravke incidenta sa manjim prioritetom. Naravno, prioritet postoji da bi se znalo kojim redosledom se rešavaju incidenti, tako da će se pre rešavati incidenti sa većim prioritetom nego incidenti sa manjim prioritetom. To će uticati da se malim delom smanji vreme čekanja na početak popravke. Vreme trajanja popravke kvara predstavlja vremenski period od trenutka prijave do trenutka rešavanja kvara. Na vreme trajanja popravke kvara utiče i tip uređaja koji je otkazao i uzrok koji je doveo do kvara. Broj potrošača pogođenih incidentom, broj kritičnih potrošača pogođenih incidentom, prioritet incidenta, uzrok kvara, tip uređaja koji je otkazao, zajedno sa vremenom prijavljivanja incidenta i završetka popravke kvara, se čuvaju u bazi istorije incidenata i opisuju jedan incident. Vremenski interval od početka prijave incidenta do trenutka popravke kvara predstavlja vreme trajanja oporavka od incidenta.

## 3. KLASTER ANALIZA

### 3.1 Razlozi klaster analize

Razlozi grupisanja, odnosno klasifikacije mogu biti brojni. Klasifikaciona šema može jednostavno predstavljati pogodan metod za organizovanje velikog skupa podataka tako da se on može lakše razumeti, a informacije o njemu da budu razumljivije. Da bi se razumele i lečile bolesti u medicini, one se najpre klasifikuju i, u suštini, ta klasifikacija će imati dva osnovna cilja. Prvi će biti odvajanje bolesti koje imaju

različite načine lečenja, a drugi će biti istraživanje uzroka različitih vrsta bolesti. Sličan pristup je korišćen za rešavanje problema ovog rada. Problem klasterizacije se definiše određivanjem zajedničkih osobina entiteta u grupama koje su rezultat klasterizacije [1]. Izbor ovih osobina ili definisanje klastera, je osnova rešavanja problema klasterizacije. Onog momenta kada se klaster definiše, tada je vrlo lako napraviti razliku između dobre i loše klasifikacije.

U ovom radu opisana je primena hibridne k-sredina klaster analize.

### 3.2 K- sredina algoritam

Postupak nehijerarhijskog grupisanja počinje inicijalnom podelom skupa objekata u izabran broj grupa. Potom se odredi odstojanje između svakog objekta i svake grupe. Objekti se lociraju u grupe kojima su najbliži po navedenim osobinama. Nakon pridruživanja objekta nekoj grupi, izračunava se centroid grupe iz koje je objekat otišao i grupe kojoj se pridružio. Ponovo za svaki objekat izračunava se njegovo odstojanje od centroida grupa i vrši preraspodela objekata između grupa sve dotle dok izabrana funkcija kriterijuma to sugeriše.

Razmotrićemo najpopularniju među nehijerarhijskim metodama klaster analize, a to je metoda k-sredina (engl. ***k-means method***). Metoda k-sredina je razvijena 1967. godine od strane ***Queen***-a [2]. On predlaže ovo ime za opis svog algoritma, jer se svaki objekat pridružuje klasteru koji ima najbliži centroid (sredinu). Ovaj proces se sastoji od sledeća četiri koraka:

1. Razvrstavanje objekata u k početnih klastera.
2. Pridruživanje objekta klasteru čiji centroid (sredina) je najbliži.
3. Ponovno izračunavanje centroida za klastere kome se objekat pridružio i za klaster iz kojeg je objekat otišao.
4. Ponavljanje koraka 2 sve dok ima mogućnosti pridruživanja objekata klasterima, tj. sve dok nije ispunjen kriterijum optimalnosti.

Algoritam k-sredina je metoda kojom se pokušava n objekata grupisati u k grupa prema određenom svojstvu. Metoda k-sredina je dobro poznata metoda za klasterizaciju velikog broja podataka [3]. Modifikovana k-sredina metoda korištena je za rešavanje problema ovog rada. Modifikovanjem je ova metoda dobila osobine i particionog i hijerarhijskih algoritama. Cilj korišćenja i particionih i hijerarhijskih osobina je to što k-sredina minimizuje iznos unutar-grupne varijanse, dok modifikovan hijerarhijski deo minimizuje među-grupnu varijansu.

## 4. OPIS REŠENJA PROBLEMA

Podsistem za rad sa incidentima, koji je predmet ovog rada, je dio jednog velikog sistema za rad sa električnim mrežama. Osnovni cilj ovog rada je da se potrošačima da informacija o proceni trajanja oporavka od novonastalog incidenta. Zato je neophodno da se razvije aplikacija koja bi obavila prethodnu pripremu i analizu podataka iz baze istorije incidenata, tako da vreme odgovora na zahtev za procenom, bude dovoljno kratko. Jedno od rešenja opisanog problema je dato u ovom radu i predstavlja sistem zasnovan na klaster analizi prethodno normalizovanih podataka iz baze istorije incidenata. Aplikacija koja je razvijena u ovom radu, za procenu trajanja oporavka od incidenta, radi u dve faze. Prva faza predstavlja fazu pronalaženja klastera. Ova faza će se izvršiti pre korišćenja aplikacije. U ovoj fazi se kreiraju klasteri, grupe sa sličnim osobinama incidenta i karakterističnim trajanjem vremena popravka kvara. Za potrebe klaster analiza koristi se pomenuti modifikovani k-sredina algoritam. Druga faza obuhvata postupak predviđanja. Na osnovu već kreiranih klastera iz faze jedan, pronalazi se ona grupa incidenta sa najsličnijim osobina novonastalom incidentu. Pronađena grupa sa sličnim osobinama ima karakteristično vreme oporavka za njene incidenate. To vreme trajanja incidenta predstavlja izlaz iz druge faze, tj. predstavlja rezultat predviđanja. Prvu fazu nazivamo postupak klaster analize, a drugu nazivamo postupak predviđanja.

### 4.1 Postupak klaster analize

Postupak klaster analize obuhvata korake predstavljene na slici 1. Prvi korak u analizi jeste korak selekcije podataka i normalizacije. Zatim sledi korak određivanja mere sličnosti. Na kraju dolazi primena klaster analize.

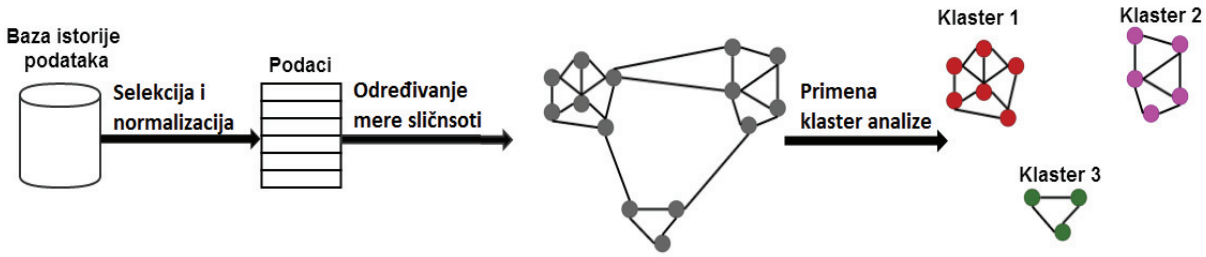
#### 4.1.1 Normalizacija podataka

Vreme trajnja incidenta predstavlja razliku između vremena kraja incidenta i vremena kreiranja incidenta. U bazi istorije incidenata se posebno čuva vreme kreiranja i vreme kraja incidenta. Računa se vremenska razlika između ta dva vremena u minutama. Podatak, koji predstavlja vreme trajanja popravke, se normalizuje deljenjem vrednosti sa njenim mogućim opsegom. To znači na primer, ako neki incident traje 60 minuta, a mogući opseg trajanja incidenta u bazi istorije incidenata je od 0 do 120 minuta, normalizovan podatak će biti rezultat deljenja 60 sa 120. Što je normalizovana vrednost veća, tj. bliža vrednosti 1, to je vreme trajanja incidenta duže. Normalizacija se koristi zbog ***Gower***-ove mere sličnosti [4] koja se koristi za ove podatke. Potrošača, koji su pogođeni incidentom, može biti relativno dosta. Isto važi i za broj kritičnih potrošača koji su pogođeni incidentom. Tip ovih podataka je isti. Kao i za vreme trajanja popravke, i ovi podaci se normalizuju deljenjem vrednosti sa njenim opsegom vrednosti. Podaci koji predstavlju prioritet, uzrok i uređaj na kome se desio kvar nazivamo kategoričkim podacima. Zbog toga što su kategoričkog karaktera, u bazi istorije su predstavljeni kao enumeracije, i pošto im vrednosti ne mogu biti velike, ovi podaci se ne normalizuju.

#### 4.1.2 Određivanje mere sličnosti

Drugi korak postupka klasterovanja je određivanje mere sličnosti među podacima. Na osnovu sličnosti između podataka izvršiće se postupak njihove klasterizacije. Bitna stavka kod grupisanja podataka jeste poznavanje koliko su objekti međusobno slični (bliski), odnosno koliko su različiti (udaljeni). Dva objekta su bliža kada je razlika među njima mala, odnosno sličnost velika. Jedna od najpoznatiji i najzastupljenijih mera sličnosti je ***Gower***-ova mera sličnosti. Njegova uopštena mera sličnosti data je sledećim koeficijentom:

$$s_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{p} w_{ijk} s_{ijk}}{\sum_{k=1}^{p} w_{ijk}},$$




Slika 1. *Koraci prve faze razvoja softverskog sistema*

gde je $s_{ijk}$ sličnost između i-tog i j-tog objekta merena k-tom promenljivom, a $w_{ijk}$ je 0 ili 1, zavisno od toga da li je ili nije, posmatrana sličnost validna. Za kategoričke podatke sa više od dve kategorije, komponenta sličnosti $s_{ijk}$ uzima vrednost 1 kada objekti imaju istu vrednost, a 0 inače. Za ostale podatke ***Gower*** predlaže korišćenje mere sličnosti:

$$s_{ij} = 1 - \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{R_k},$$

gde je $R_k$ opseg opservacije za k-ti podatak. Iz ***Gower***-ove formule o meri sličnosti može se zaključiti da je normalizacija za nekategoričke podatke pogodna za ***Gower***-ovu analizu. Za dva incidenta, koja imaju slično vreme trajanja popravke, ***Gower***-ova vrednost za vreme trajanja popravke će biti približno jednaka 1. ***Gower***-ovu meru sličnosti koristimo i za broj potrošača pogođenih kvarom i broj kritičnih potrošača, kao i za sve podatke.

**4.1.3 Primena klastera analize**

Modifikovan k-sredina algoritam je korišćen za rešenje zbog njegove jednostavnosti. Osnovni k-sredina algoritam deli podatke iz baze istorije incidenata na grupe sa karakterističnim osobina i vremenom trajanja popravke kvara. Te grupe imaju dobro definisanu unutar-grupnu varijansu, dok je međusobna povezanost grupa slaba. Modifikovani deo sa osobinama hijerarhijskog algoritma nam služi da imamo evidenciju o grupama (klasterima) sa sličnim osobinama.

U radu je implementiran k-sredina algoritam koji automatski povećava k (broj klastera) sve dok nivo ukupne greške nije ispod dozvoljene vrednosti. Normalizovani podaci ulaze u proces klaster analize. U nastavku rada, za podatke, koji utiču na klaster analizu, koristićemo izraz vektor podataka. Jedan vektor podataka obuhvata vrednosti svih podataka koje utiču na vreme trajanja popravke. Na početku algoritma zadajemo broj početnih centroida. Centroid je predstavnik jednog klastera (grupe). Centroid je jedan vektor podataka. Svi vektori podataka koji imaju slične osobine sa odgovarajućim centroidom, čine jedan klaster (grupu). Za ovu analizu broj početnih centroida je pet. Broj početnih centorida može se promeniti na klijentskom delu namenjenom za podešavanje parametara klaster analize. Klijentski deo aplikacija je implementiran u ***WPF*** tehnologiji. Analiza kreće sa biranjem vektora podatka koji će predstavljati početne centroide. Početni centroidi su neki slučajni vektori podataka iz skupa podataka baze istorije podataka. Nakon inicijalizacije početnih centroida, kreće proces određivanja koji skup vektora podataka pripada kom centroidu. Centorid predstavlja vektor podataka, koji kao vrednosti svojih podataka sadrži srednje vrednosti svih vektora podataka u jednom klasteru. Vektori podataka podele se na trenutni broj centroida. Postupak podele vektora podataka na trenutni broj centroida će se pozivati sve dok nivo ukupne greške trenutne podele ne bude veći od nivoa ukupne greške prethodne podele. To znači da smo dobili optimalnu podelu vektora podataka na trenutni broj klastera. Zbog mogućnosti da se nikada ne dostigne tolerantan nivo greške, ograničen je broj maksimalnih poziva ove podele. Za svaki vektor podataka se prolazi kroz sve centroide i na osnovu mera sličnosti određuje se koji vektor podataka ima najsličnije osobine sa određenim centroidom. Tačnije, za svaki vektor podataka računa se njegova ukupna ***Gower***-ova slučnost sa svakim centroidom. Pod ukupnom ***Gower***-ovom sličnošću podrazumeva se zbir svih ***Gower***-ovih mera za sve podatke. ***Gower***-ova mera sličnosti, za jedan podatak, za dva incidenta je približno jednaka ili tačno jednaka jedan, ako su ta dva incidenta slična ili ista za taj podatak. Podaci koji utiču na analizu su broj potrošača pogođenih incidentom, broj kritičnih potrošača pogođenih incidentom, prioritet incidenta, uzrok incidenta, tip uređaja koji je otkazao i vreme trajanja oporavka od incidenta. ***Gower***-ova ukupna sličnost predstavlja sličnost dva incidenta po svim navedenim podacima. Dva incidenta su slična ako im je ***Gower***-ova ukupna mera sličnosti približno jednaka ili tačno jednaka broju šest, jer analizu vršimo po šest navedenih podataka.

Kada je izvršena inicijalna podela na početne klastere, računaju se nove vrednosti centroida. Računa se za svaki novonastali klaster srednja vrednost svih vektora podataka koje pripadaju tom klasteru, za svaki podatak. Izračunate srednje vrednosti podataka, formiraju vektor podataka koji se proglašava novim centroidom grupe. Zatim se računa nivo greške. Prvo se izračuna lokalni nivo greške u svakom klasteru, a zatim se računa ukupni nivo greške za sve klastere, na osnovu izračunatih lokalnih nivoa grešaka. Ukupni i lokalni nivoi greške računaju se kao razlika maksimalne vrednosti ukupne mere sličnosti sa srednjom vrednošću ukupne mere sličnosti. Ukoliko je ukupna greška u trenutnoj iteraciji manja od greške u prethodnoj, ponovo će se obaviti postupak deljenja podataka na trenutni broj centroida. Kada je postignuta optimalna rapodela vektora podataka za trenutni broj klastera, povećava se broj klastera. Pronalazi se onaj klaster koji ima najveći nivo greške. Zatim se pronalazi vektor podataka koji ima najveću grešku u tom klasteru. Taj vektor podataka se proglašava za novi centroid. Zatim

se prethodno opisan postupak ponavlja. Ako smo imali inicijalni broj klastera pet, posle gore navedenog postupka postojaće šest klastera i postupak će da se ponavlja sve dok je ukupna greška svih klastera veća od dozvoljene ili u krajnjem slučaju ako smo dostigli maksimalan broj klastera.

Dok nehijerarhijski algoritam povećava međugrupne razlike, hijrearhijski ima za cilj da prođe još jednom kroz sve klastere i da pronađe sličnosti između onih klastera koji imaju slično vreme izvršavanja. Hijerarhijski deo algoritma radi tako što se prvo sortiraju svi klasteri po vremenu trajanja incidenta. Za sve klastere se izračuna ***Gower***-ova mera sličnosti za sve podatke, osim za vreme trajanja incidenta. Za svaki klaster se označe njegovi susedi sa sličnim vremenom trajanja incidenta. Za svaki sused se proverava ***Gower***-ova mera sličnosti sa trenutnim klasterom. Klasteri za koje je ***Gower***-ova mera sličnosti približno jednaka vrednosti pet, spajaju se. Na kraju klaster analize, svi klasteri se čuvaju u bazi podataka. Za svaki klaster čuvaju se karakteristične ili srednje vrednosti kategoričkih podataka i srednje vrednosti ostalih (nekategoričkih) podataka.

### 4.2 Postupak predviđanja

Nakon primene postupka klasterovanja, kreirane klaster grupe su predstavnici grupa incidenata sa karakterističnim vremenom trajanja popravke kvara. Na osnovu osobina grupa (klastera) vršimo predviđanje trajanja oporavka od novonastalih incidenata. Ukoliko je moguće pronaći grupu (klaster) sa sličnim osobinama, može se i dati odgovor o približnom trajanju novonastalog incidenta. Ovaj rad bazira se na velikom skupu podataka iz baze istorije podataka. Verovatnoća da se u nekoliko godina staroj istoriji incidenata desio sličan incident je velika. Nakon kreiranja svih klastera iz prve faze, može se pokrenuti postupak predviđanja. Pokrenuće se postupak sličan postupku klasterizacije opisane u prethodnom delu. Razlika između postupka predviđanja i postupka klasterizacije je što su se u postupku klasterizacije za ulaze koristili svi podaci, pa i vreme trajanja incidenta, koje u postupku predviđanja treba da bude izlaz. Kroz sve klastere se prolazi i gleda se ***Gower***-ova mera sličnosti između novonastalog vektora podataka (novonastali incident) i centroida svakog klastera. Ova ***Gower***-ova mera sličnosti je ustvari ***Gower***-ova ukupna mera sličnosti za sve podatke, izuzev za vreme trajanja oporavka od incidenta. Znači, ova ***Gower***-ova ukupna mera sličnosti se razlikuje od ukupne ***Gower***-ove mere sličnosti korišćene u postupku klasterizacije. Prolazeći kroz sve klastere gleda se da li je ***Gower***-ova ukupna mera sličnosti između centorida i novonastalog vektora podataka približno jednaka broju pet. Moguće je da ne možemo da predvidimo vreme trajanja oporavka od novonastalog incidenta, jer ne možemo da nađemo klaster sa sličnim osobinama. Tada se na klijentskom delu prikazuje poruka sa obaveštenjem da nije nađen klaster sa sličnim osobinama. Ovakvih slučajeva skoro da i nema, jer je obučavajuća baza, baza istorije incidenta starih nekoliko godina. Kao izlaz iz postupka predviđanja daje se vreme trajanja incidenta u minutama. Za potrebe aplikacije, ova vrednost će se dodati na vreme kreiranja incidenta i prikazaće se u formatu datuma.

## 5. TESTIRANJE

Testna baza istorije podataka, koja se koristi u ovome radu, sadrži 4513 incidenata. Vreme koje nam je potrebno da taj broj podataka dodelimo klasterima zavisi od više faktora. Testiranjem rešenja utvrđeno je da se vreme trajanja postupka klaster analize povećava sa brojem ulaznih podataka. Jednogodišnja baza istorije incidenata u proseku ima oko 3500 incidenata. Za kreiranje klastera nad jednogodišnjom incident bazom podataka, potrebno je oko 4 minuta. Testiranjem je takođe utvrđeno da ukoliko se izabere mali broj početnih klastera, proces klaster analize će biti sporiji, u odnosu na veći broj početnih klastera, ali rezultati klaster analize će biti precizniji. Preciznost rezultata zavisiće i od ukupne ***Gower***-ove sličnosti. Što je manja ***Gower***-ova ukupna mera sličnosti, to je predviđanje lošije.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu korištene su metode klaster analize za postupak klasifikacije i postupak predviđanja vremena trajanja oporavka od incidenata u električnoj mreži. Implementirana aplikacija za kreiranje klastera i proces predviđanja ispunila je sve osnovne zahteve. Vreme kreiranja klastera je prihvatljivo, a vreme predviđanja je zanemarljiivo malo. Korišćena k-sredina modifikovana klaster analiza, sa particionim i hijerarhijskim osobinama, za proces klasterizacije ima sledeće osobine:

- ekstenzija na više klasa je jednostavna,
- metoda za klasterizaciju se bazira na srednjoj vrednosti,
- ***Gower***-ova mera sličnosti lako se primenjuje,
- postupak je jednostavan.

Loša strana ovog rešenja je to što za ***Gower***-ovu meru sličnosti moramo unapred znati opseg vrednosti. Još jedna loša strana je to što je baza istorije incidenata testna baza, sa testnim podacima. U cilju daljeg poboljšanja rada, preporučuje se da se postupak klaster analize pokrene nad realnom bazom istorije incidenata.

## 7. LITERATURA


[1] *http://en.wikipedia.org/wiki/Cluster_analysis, Cluster analysis*

[2] *Claire Cardie, Kiri Wagsta, Seth Rogers, Stefan Schroed, Constrained K-means Clustering with Background Knowledge, Eighteenth International Conference on Machine Learning, 2001*

[3] *Data Mining and Knowlage Discovery, Kluwer Academic Publishers, Septembar 1998, Volume 2, Issue 3*

[4] *J. C. Gower, A General Coefficient of Similarity and Some of Its Propertie, Biometrics, Vol. 27, No. 4, pp. 857-871, 1971*


**Kratka biografija:**




**Vanja Knežević** rođena je 1989. godine u Tuzli. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisala je 2008. godine. Diplomirala je 2012. godine na usmerenju Primenjene računarske nauke i informatika.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.391:616-7

# METODI DETRENDOVANJA SA PRIMENOM NA VREMENSKI NIZ PULSNIH INTERVALA

# DETRENDING METHODS WITH APPLICATION TO PULSE INTERVAL TIME SERIES

Suzana Obradović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *Svrha ovog rada jeste upoznavanje sa osnovnim metodima detrendovanja uz primenu na signal varijabilnosti srčanog ritma. Predstavljena su 4 metoda detrendovanja: smoothness priors (SPA), smoothing by Gaussian process priors (SGP), diskretna wavelet transformacija i metod empirijske dekompozicije (EMD). Navedene tehnike detrendovanja su korišćene u praktičnom delu rada i primenjene su na vremenski niz restraint pulsnih intervala. Rezultati metoda detrendovanja su uporedjeni i prikazani u vremenskom i spektralnom domenu.*

***Abstract*** *– The aim of this article is to describe the basic characteristics of detrending methods and its application of heart rate variability signal. In the main part of the article, advanced detrending methods are presented: smoothness priors (SPA), smoothing by Gaussian process priors (SGP), descrete wavelet transform and empirical mode decomposition. These techniques were used in the practical part of the work. Methods are applied to the restraint PI time series. The results are compared in time and frequency domain.*

**Ključne reči:** *vremenski niz pulsnih intervala, metodi detrendovanja*

## 1. UVOD

Varijabilnost srčanog ritma jeste vremenska promena između sekvenci uzastopnih otkucaja srca i predstavlja parametar koji u poslednje vreme dobija sve veći značaj, ne samo u medicini, već i u domenu inženjerskih nauka. S obzirom na brojne fiziološke uticaje koji oblikuju varijabilnost, praćenjem varijabilnosti se može na jednostavan način pratiti zdravstveno stanje ne samo srčanog i krvnog sistema, nego i ostalih delova organizma, kao što je npr. nervni ili endokrini sistem. U realnim signalima treba odvojiti promene koje odražavaju trajno stanje organizma od promena koje nastaju pod uticajem raznih psihofizioloških uslova, npr. pod uticajem stresa, umora, fizičke aktivnosti i sl. Takvi „trenutni“ artefakti maskiraju realne rezultate i negativno utiču na analizu varijabilnosti srčanog ritma. Mogu se podeliti na 2 grupe: brzopromenljive visokofrekventne smetnje (različiti šumovi) i sporopromenljive niskofrekventne smetnje (trend) koje unose nestacionarnost u signal.

Da bi se sprečila pogrešna procena rezultata, prvi korak je uklanjanje ovakvih promena iz signala pre analize varijabilnosti srčanog ritma. U radu ćemo se baviti samo izdvajanjem trenda. Postupak kojim se trend uklanja iz signala naziva se detrendovanje. Predstavljena su 4 metoda detrendovanja: *SPA*, *SGP*, diskretna *wavelet* transformacija i *EMD*. U radu su, pored opisanih postupaka detrendovanja, predstavljeni i rezultati primene metoda na *restraint* vremenski niz pulsnih intervala. *Restraint* vremenski nizovi potiču od signala srčanog ritma laboratorijskog pacova sa blago povišenim krvnim pritiskom (*BHR - borderline hipertensive rats*) i pacova sa normalnim krvnim pritiskom, koji su izlagani *restraint* stresoru (pacovi se zatvaraju u cevi od pleksiglasa 1h dnevno, a zatim se kroz duži vremenski period posmatra promena kardiovaskularnih parametara) [1].

## 2. METODI DETRENDOVANJA

### 2.1. Detrendovanje *SPA* metodom

Neka je vremenski niz predstavljen u sledećem obliku:

$$z = (R_2\text{-}R_1,\ R_3\text{-}R_2,\ \dots,\ R_N\text{-}R_{N-1})^T \in \mathbb{R}^{N-1} \qquad (1)$$

gde je N broj detektovanih pulsnih intervala, odnosno dužina vremenskog niza.

Može se smatrati da se vremenski niz sastoji od dve komponente:

$$z = z_{stat} + z_{trend} \qquad (2)$$

gde je $z_{stat}$ skoro stacionaran vremenski niz od interesa, a $z_{trend}$ je niskofrekventna aperiodična komponenta trenda. Komponenta trenda može da se modeluje linearnim opservacionim postupkom:

$$z_{trend} = H\Theta + v \qquad (3)$$

gde je $H \in \mathbb{R}^{N\times M}$ opservaciona matrica, $\Theta \in \mathbb{R}^{M}$ su regresioni parametri, a *v* je opservaciona greška [2]. Zadatak jeste estimirati parametre nekom procedurom uklapanja tako da predikcija $\hat{z}_{trend}=H\hat{\Theta}$ bude procenjeni trend. Ovde se koristi opštiji pristup estimaciji Θ, tzv. regularizovano rešenje najmanjih kvadrata:

$$\hat{\Theta}_\lambda = \text{argmin}\ \{||H\Theta - z||^2 + \lambda^2 ||D_d(H\Theta)||^2\} \qquad (4)$$

gde je λ regulizacioni parametar, a $D_d$ ukazuje na diskretnu aproksimaciju d-tog derivacionog operatora. Ovo je očigledno modifikacija običnog rešenja najmanjih kvadrata koja omogućava da norma $||D_d(H\Theta)||$ postane manja. Na ovaj način mogu se implementirati informacije o predviđenom trendu HΘ na estimaciju. Rešenje jednačine (4) se može zapisati u obliku

$$\hat{\Theta}_\lambda = (H^TH + \lambda^2 H^T D_d^T D_d H)^{-1} H^T z \qquad (5)$$

$$\hat{z}_{trend} = H\hat{\Theta}_\lambda \qquad (6)$$

gde je $\hat{z}_{trend}$ estimirani trend koga treba ukloniti.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Bajić, red.prof.**

Opservacionu matricu H treba izabrati u skladu sa nekim poznatim osobinama podataka z. Npr. može da se koristi generički skup funkcija Gausovog oblika. Međutim, poželjno je izbeći probleme proistekle iz osnovnog izbora. Zbog toga se koristi trivijalni izbor za opservacionu matricu, jedinična matrica $H = I \in \mathbb{R}^{(N-1)x(N-1)}$.

Regularizacioni deo matrice H se koristi da bi se skrenulo rešenje prema nultom prostoru regularizacione matrice $D_d$. Nulti prostor matrice razlika drugog reda sadrži sve krive prvog reda i stoga je $D_2$ dobar izbor za estimiranje aperiodičnog trenda vremenskog niza pulsnih intervala. Matrica razlika drugog reda $D_2 \in \mathbb{R}^{(N-3)x(N-1)}$ je oblika

$$D_2 = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 & -2 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Sa ovim specifičnim izborima, metod je nazvan *smoothness priors* metod, a detrendovani, skoro stacionarni vremenski niz pulsnih intervala može biti zapisan kao:

$$\hat{z}_{\text{stat}} = z - H\hat{\Theta}_\lambda = (I - (I + \lambda^2 D_2^T D_2)^{-1})z. \quad (8)$$

Izraz uz z predstavlja vremenski promenljiv *FIR* filtar propusnik visokih učestanosti.

### 2.2. Detrendovanje *SGP* metodom

*SPA* pristup ima dva ograničenja. Prvo ograničenje je konceptualno: algoritam zahteva da se ponovo odabira primenom interpolacije na vremenski niz. Drugo ograničenje je praktično: implementacija u *MATLAB*-u je kompjuterski neefikasna i skupa, a često i veoma spora.

Metod *smoothness by Gaussian process priors* (*SGP*) ne zahteva da se ponovo odabira i izvršava se u *MATLAB*-u bar za red veličine brže od SPA metoda [3]. Primenom ovog metoda dvaput u vremenskom nizu, postiže se detrendovanje i niskofrekventno filtriranje.

Upotreba $D_2$ operatora podrazumeva uniformno odabiranje podataka, i u slučaju periodograma srčanog ritma, zahteva se da neobrađeni podatak bude projektovan na pravilnu vremensku osu, primenom neke vrste interpolacije. Projekcija se često odnosi na ponovljeno uzorkovanje, što je nepoželjno jer izobličuje, prvenstveno, komponente na višim učestanostima. Uobičajena aproksimacija izvoda podrazumeva da svaki red matrice $D_2$ predstavlja konstantni vektor [1, -2, 1]. Zbog toga, da bi se izbeglo novo uzorkovanje, koristi se drugačija aproksimacija drugog izvoda. Drugačija aproksimativna formula za izvod, koja ne podrazumeva uniformno odabiranje, može se takođe dobiti Tejlorovim proširenjem sa neuniformnim priraštajima. Redovi matrice $D_2$ više nisu konstantan vektor, već su elementi tog vektora vremenski zavisni.

Parametar uglačavanja $\lambda$ više nije konstanta, već zavisi isključivo od normalizovane granične frekvencije $\omega_c$:

$$\lambda^2 = (\sqrt{2} - 1)(2\tan(\tfrac{\omega_c \pi}{2}))^{-4} \quad (9)$$

Kako broj tačaka uglavnom utiče na estimaciju niskih frekvencija, očekuje se da aproksimacija bude dobra u opsegu niskih frekvencija.

Inverzija matrice je veoma skupa u pogledu kompjuterske realizacije i treba je izbegavati kad god je moguće. Mnogo efikasnije rešenje je upotreba *backslash* operatora (\), koji u *MATLAB*-u implementira rešenje linearnog sistema uz pomoć eliminacije Gausovog šuma. Ipak, matrica $(I+\lambda^2 D_2^T D_2)$ može biti blizu singularna i loše uslovljena, u zavisnosti od parametra $\lambda^2$. Da bi se zaobišao ovaj rizik, izveden je tzv. *Cholesky* faktor matrice, *L*, pa je

$$LL^T = (I + \lambda^2 D_2^T D_2). \quad (10)$$

Sa ovom dekompozicijom, inverzija matrice može da se prikaže kao sekvenca od dva trougaona sistema linearnih jednačina, što je veoma brz i numerički stabilan postupak:

$$\hat{\theta}_\lambda = L^T \backslash (L \backslash z) \quad (11)$$

Dakle, *SGP* algoritam je vremenski promenljiv filtar odziva drugog reda koji koristi podatke koji su neekvidistantno odabirani, bez ugrožavanja tačnosti komponenata na niskim frekvencijama.

### 2.3. Detrendovanje primenom diskretne *wavelet* transformacije

Diskretna *wavelet* transformacija se zasniva na izdvajanju niskofrekventnih i visokofrekventnih koeficijenata iz signala, odnosno izdvajanju aproksimacija i detalja, respektivno, koji se koriste u rekonstrukciji [4]. Koeficijent detalja i koeficijent aproksimacije su izraženi formulama, respektivno.

$$D_{m,n} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\, \psi_{m,n}(t) dt \quad (12)$$

$$A_{m,n} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\, \phi_{m,n}(t) dt \quad (13)$$

Pošto je trend u signalu $x(t)$ deo aproksimacije, prag *Thr* služi da postavi koeficijente, koji odgovaraju trendu, na nulu, kao što je pokazano u izrazu (14):

$$\hat{A}_{\text{m,n}} = \begin{cases} A_{m,n}, ako\ A_{m,n} \geq T_{hr} \\ 0, ako\ A_{m,n} < T_{hr} \end{cases} \quad (14)$$

Na diskretnom nivou, svaki *wavelet* algoritam je definisan parom *FIR LF-HF* filtara za dekompoziciju i rekonstrukciju (*FIR – Finite Impulse Response*) [5]. Koeficijenti filtara za rekonstrukciju u potpunosti određuju oblik *wavelet* funkcije. Dva para filtara za dekompoziciju i rekonstrukciju čine sistem *Quadrature Mirror Filter*. Par *LF-HF* filtara za dekompoziciju deli ulazni signal u dva podopsega, niskofrekventni i visokofrekventni opseg. Filtri koji propuštaju različite frekvencije, analiziraju signal na različitim skalama. Filtriranjem će se menjati rezolucija, a skale decimacijom i *upsampling*-om. Niskofrekventnim filtriranjem i decimacijom sa faktorom 2, dobijaju se grube aproksimacije u signalu, dok se visokofrekventnim filtriranjem i decimacijom sa faktorom 2 dobijaju detalji u signalu. Detalji se dalje ne mogu razlagati, dok se na aproksimacije može više puta primeniti filtriranje istim filtrima za dekompoziciju i decimacija sa faktorom 2, da bi se dobile finije aproksimacije. Prilikom deljenja na podopsege može doći do pojave *aliasing*-a, tj. do preklapanja podopsega. Koliko će se preklapati, zavisi od koeficijenata niskofrekventnog i visokofrekventnog filtra.

Rekonstrukcija se radi tako što se na koeficijente *wavelet* transformacije primeni *upsampling* sa faktorom 2 onoliko puta koliko je potrebno da bi se vratile originalne dimenzije signala, pri tom vodeći računa da se nakon svakog *upsampling*-a, koeficijenti propuštaju kroz par *LF-HF* filtara za rekonstrukciju. Rekonstruisani koeficijenti aproksimacije iz *LF* grana, dobijeni na izlazu iz poslednjeg *LF* filtra za rekonstrukciju, predstavljaju

procenjene koeficijente trenda. Izlazni signal se dobija sumom rekonstruisanih koeficijenata aproksimacije iz *LF* grane i rekonstruisanih koeficijenata detalja iz *HF* grane. Stacionarni deo signala predstavlja razliku ulaznog signala i aproksimiranog trenda.

### 2.4. Detrendovanje *EMD* metodom

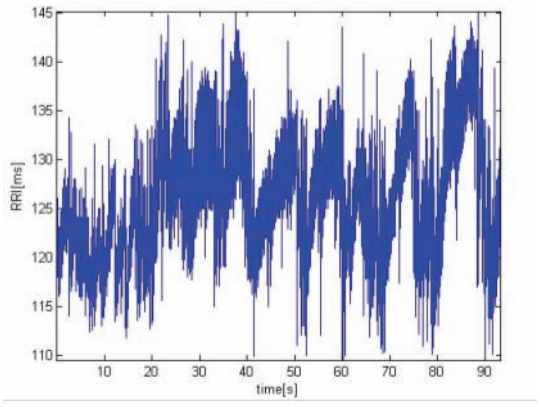
Svi lokalni minimumi i maksimumi u signalu x(t) su povezani kubnom krivom koja se deli na donju anvelopu $e_l(t)$ i gornju anvelopu $e_u(t)$. Srednja vrednost ove dve anvelope se izdvaja iz signala. Ovaj postupak se naziva *sifting* procedura [4]. *Sifting* procedura se ponavlja sve dok se ne dobije prva svojstvena funkcija (*IMF - intrinsic mode function*). Ova funkcija mora da zadovoljava dva uslova: prvi, u celom skupu podataka broj ekstrema i broj nula mora biti jednak ili da se razlikuje za najviše jedan, i drugi uslov, u bilo kojoj tački, srednja vrednost anvelopa lokalnih minimuma i lokalnih maksimuma je nula. Prva *IMF* komponenta, $c_1(t)$, je različita od x(t), pa se dobija ostatak $r_1(t) = x(t)-c_1(t)$, koji se tretira kao novi signal. Zatim, mogu se dobiti druge *IMF* komponente, $c_2(t)$, $c_3(t)$,...$c_N(t)$. Rezultat dekompozicije je N *IMF* funkcija i signal ostatka. Suma *IMF* funkcija velikog indeksa (sporih oscilacija) i signala ostatka predstavlja aproksimirani trend. *IMF* funkcije malih indeksa (brzih oscilacija) čine stacionarni deo signala.

## 3. IMPLEMENTACIJA I REZULTATI

Implementacija metoda detrendovanja je urađena u *MATLAB* programskom okruženju. Metodi su primenjeni na 12 različitih signala sastavljenih od pulsnih intervala, a rezultati su upoređeni u vremenskom i spektralnom domenu.

U obzir su uzeti samo signali koji su sadržali dosta nestacionarnosti. Na svaki signal, u svakom algoritmu, primenjena je kubna *spline* interpolacija, u cilju dobijanja ravnomerno uzorkovanog niza i mogućnosti poređenja nizova različitih dužina.

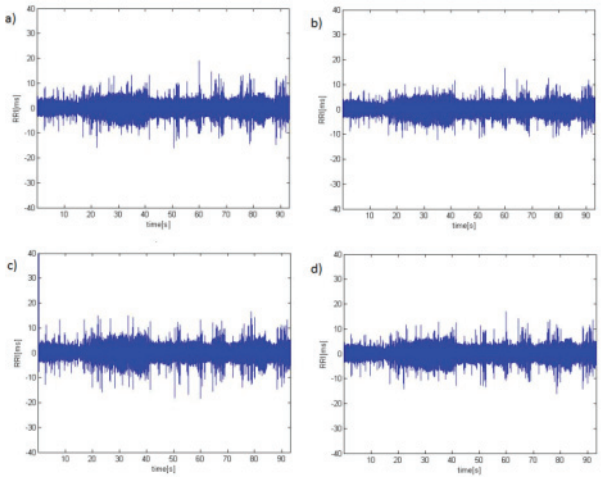
Za detrendovanje u slučaju *SPA* metoda je korišćen parametar uglačavanja $\lambda = 300$, što odgovara graničnoj frekvenciji od 0.043 Hz. Da bi se prikazao efekat detrendovanja pri analizi u vremenskom domenu, postupci su primenjeni na 3 različita statistička parametra. To su srednja vrednost svih pulsnih intervala, standardna devijacija svih pulsnih intervala (*SDNN*) i kvadratni koren srednje kvadratne razlike uzastopnih pulsnih intervala (*RMSSD*). Na Slici 1 je prikazan jedan od signala srčanog ritma iz studije.



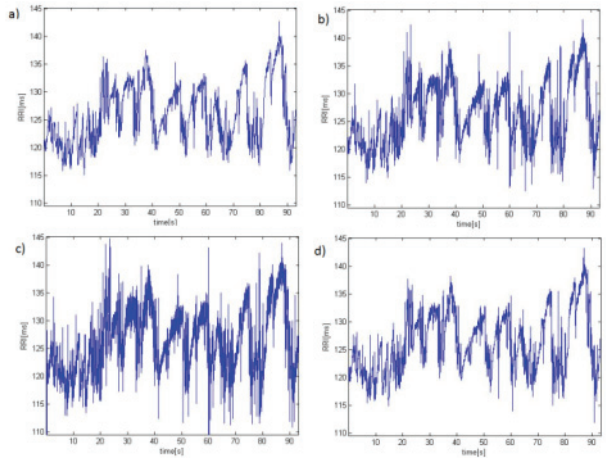

Slika 1. *Originalni vremenski niz*

### 3.1. Rezultati u vremenskom domenu

Na Slici 2 i Slici 3 su prikazani detrendovani signal i izdvojeni trend, respektivno, dobijeni nakon primene *a) SPA b) SGP c) wavelet d) EMD* metoda detrendovanja.




Slika 2. *Detrendovani signal*




Slika 3. *Izdvojeni trend*

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da algoritmi daju slične rezultate u pogledu detrendovanih signala i izdvojenog trenda. Razlika postoji u stepenu stacionarnosti u detrendovanom signalu i stepenu uglačanosti trenda, što je u zavisnosti od parametra uglačavanja kod *SPA* i *SGP*, i broja dekompozicionih koraka kod *wavelet* i *EMD* metoda detrendovanja.

U Tabeli 1 su prikazani efekti procesa detrendovanja na 3 parametra u vremenskom domenu i vreme izvršavanja algoritama za jedan vremenski niz *pulsnih* intervala.

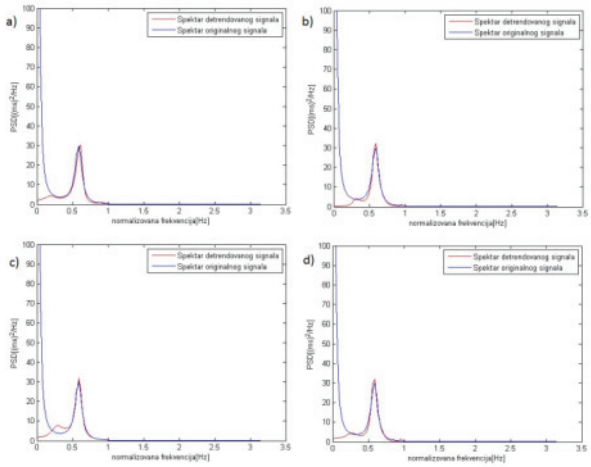
Tabela 1. *Statistički parametri pre i posle detrendovanja*

| | Original | SPA | SGP | WAVELET | EMD |
|---|---|---|---|---|---|
| SR_VR[ms] | 126.0502 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0058 | -0.0104 |
| SDNN[ms] | 5.8414 | 2.3801 | 2.1986 | 2.5439 | 2.3484 |
| RMSSD[ms] | 1.2571 | 1.2559 | 1.2388 | 1.2920 | 1.2553 |
| TIME[s] | | 84.9448 | 25.0212 | 26.4286 | 28.5729 |

### 3.2. Rezultati u spektralnom domenu

Efekat detrendovanja u spektralnom domenu prikazan je primenom *AR* spektra reda modela 14. Svaki spektar je ograničen na 100 $(ms)^2/Hz$ da bi se omogućilo poređenje spektara pre i posle detrendovanja. Sve frekvencije su normalizovane i u opsegu 0 – 3.5 Hz. Na Slici 4 su

prikazane procenjene spektralne gustine snage za originalni (plava linija) i detrendovani niz (crvena linija), nakon primene a) *SPA b) SGP c) wavelet d) EMD* metoda detrendovanja.



Slika 4. *AR spektar*

U svakom originalnom estimatu spektralne gustine snage, intenzitet komponente na veoma niskoj frekvenciji (*VLF-Very Low Frequency*) je očito jači od intenziteta komponente na niskoj frekvenciji ili visokoj frekvenciji. U *AR* spektru originalnog signala, pik u blizini frekvencije 0.3 Hz je lažno prekriven jakom *VLF* komponentom. Ipak, u *AR* spektru je nakon detrendovanja dobijena komponenta na učestanosti bliskoj 0.3 Hz. Posmatrajući *AR* spektar, dolazi se do zaključka da je komponenta trenda na veoma niskoj učestanosti kod *SGP* metoda u potpunosti uklonjena, dok je u slučaju ostalih metoda, ta komponenta delimično uklonjena. Takođe, posmatrajući samo spektre u slučaju *wavelet*-a, primećeno je da je novootkrivena komponenta na učestanosti bliskoj 0.3 Hz izraženija nego kod spektara dobijenih nakon primene drugih metoda detrendovanja.

## 4. ZAKLJUČAK

Predstavljena su 4 metoda detrendovanja, a rezultati su upoređeni u vremenskom i spektralnom domenu. Zaključeno je da svi implementirani metodi detrendovanja daju slične rezultate u oba domena. Razlika postoji u stepenu stacionarnosti detrendovanog signala i stepenu uglačanosti trenda. Ipak, na osnovu dobijenih rezultata, ne može se sa sigurnošću reći koji algoritmi daju najlošije, a koji najbolje rezultate. Posmatrajući spektralne karakteristike, primećeno je da je komponenta trenda na veoma niskoj učestanosti najbolje uklonjena kod *SGP* i *EMD* metoda, dok je kod *wavelet*-a i *SPA* metoda ta komponenta delimično uklonjena. Ipak, kod *wavelet* metoda je najbolje izražena komponenta na niskoj učestanosti nakon detrendovanja, koja je u originalnom signalu bila potisnuta veoma jakom komponentom na veoma niskoj učestanosti. U pogledu vremena izvršavanja i računarske efikasnosti, najlošije performanse ima *SPA* metod, dok ostali metodi imaju vreme izvršavanja bar za red veličine kraće.

Domen proučavanja sporih, nestacionarnih trendova i postupaka njihove analize se konstantno razvija u skladu sa dostignućima, kako u medicini, tako i u tehnici. Svakodnevno se radi na otkrivanju novih metoda i poboljšanju postojećih. Srčani ritam i uzroci njegove varijabilnosti još uvek predstavljaju nedovoljno istraženo polje nauke i podstiču nova istraživanja. Otkrivanje novih činjenica u ovoj oblasti može pomoći u preciznijem objašnjenju fenomena nestacionarnosti, ali i u objašnjenju funkcionalnosti, ne samo kardiovaskularnog sistema, nego i nervnog i endokrinog sistema.

## 5. LITERATURA


[1] O. Šarenac, M. Lozić, S. Drakulić, D. Bajić, J. F. Paton, D. Murphy, N. Japundžić-Žigon, "Autonomic mechanisms underpinning the stress response in borderline hypertensive rats", *Exp Physiol 00.00 pp 1-16*, Mart 2011.

[2] M. P. Tarvainen, P. O. Ranta-aho, P. A. Karjalainen, "An advanced detrending method with application to HRV analysis", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 49, no. 2, str. 172-174, Februar 2002.

[3] A. Eleuteri, A. C. Fisher, D. Groves, C. J. Dewhurst, "An Efficient Time-Varying Filter for Detrending and Bandwidth Limiting the Heart Rate Variability Tachogram without Resampling: MATLAB Open-Source Code and Internet Web-Based Implementation", *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Vol. 2012, Novembar 2011.

[4] L. Li, C. Liu, K. Li, C. Liu, "Comparison of detrending methods in spectral analysis of heart rate variability", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(9)*, str. 1014-1021, Septembar 2011.

[5] A. Bjelopera, "Poželjna svojstva diskretne wavelet transformacije za primjenu u kompresiji slike", rad za KDI, *Sveučilište u Dubrovniku, Odjel za elektrotehniku i računarstvo*, 2012.


**Kratka biografija:**



**Suzana Obradović** rođena je u Loznici 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2013. god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9

# ANDROID KLIJENT ZA REPRODUKCIJU ANOTIRANOG VIDEO ZAPISA

# ANDROID CLIENT FOR REPRODUCTION OF ANNOTATED VIDEO CONTENT

Nemanja Janošev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu pažnja je posvećena pretraživanju anotiranog video zapisa. Ustanovljen je značaj anotacije prilikom rukovanja multimedijalnim podacima. Prikazane su prednosti u rešavanju raznih problema, sa kojima se susreću korisnici. Opisana je struktura projekta za pretraživanje anotiranog video zapisa, koja se sastoji od dve celine, serverske i klijentske. Prikazan je opšti model rešenja, kao i implementacija koja se može primeniti u praksi. Opisana je demonstracija gotovog rešenja, gde je objašnjeno kako se može vršiti pretraživanje anotiranog sadržaja.*

**Abstract** – *In this paper, attention is given to search of annotated video content. It has been presented how annotation helps in handling multimedia data. It shows how using annotation helps to develop an appropriate approach to solving various problems faced by user. The structure of the project for search of annotated video content is described, which consists of two parts, server and client. It describes the solutions general model, and implementation that can be applied in practice. Demonstartion of final product is shown, which demonstrates how search of annotated video content can be done.*

**Ključne reči:** *Anotacije, tehnike anotiranja, pretraživanje anotacijskih podataka, reprodukcija sadržaja, android video plejer*

## 1. UVOD

Pretraživanje multimedijalnog sadržaja iz dana u dan postaje sve veći problem. Sa povećanjem količine multimedijalnog sadržaja sve je teže doći do željenih informacija. Ubrzan razvoj elektronike, telekomunikacija i računara, koji je kulminirao naglim razvojem interneta, doveo je do ogromne količine multimedijalnog materijala na internetu. Javlja se potreba za markiranjem video sadržaja i unapređivanjem tehnika pretraživanja radi lakšeg snalaženja u mnoštvu informacija.

Komunikacione tehnologije imaju veliki uticaj na razvoj savremenog društva. Da bi se što efikasnije koristili računarski potencijali, prezentacija informacija treba da bude adekvatno struktuirana. Označavanje i klasifikacija tog materijala, što se naziva indeksiranjem, kao i efikasno pretraživanje audio-vizuelnih sadržaja, predstavlja veliki problem profesionalnim organizacijama.

Anotacija predstavlja kritičnu ili objašnjavajuću belešku ili više beleški koje su dodate tekstu, dijagramu, slici ili videu. Anotacija podrazumeva vezivanje podataka za neko drugo parče podataka kako bi se pojednostavio pristup. Video anotacije se koriste za uzimanje informacija o videu. Dodavanje ovih informacija videu mogu pomoći pretraživanje, analizu, preuzimanje, poređenje i kategorizaciju. Postoje različite tehnike koje se mogu koristiti za anotiranje, a ovde će biti razmotrene neke od njih.

Video anotiranje se vrši kako bi se omogućilo semantičko pronalaženje videa ili sekvence unutar jednog video zapisa iz velikog skladišta video materijala. Na primer, odgovor na semantički zahtev da se pronađe video u kojem osumnjičeni nosi crvenu majicu može se dobiti veoma lako ako je video anotiran semantički. Nivoi anotiranja videa mogu biti kompletan video, scena, grupa, snimci, ili nivo frejma [1]. Video se sastoji od audio, vizuelne i ponekad tekstualne informacije. U ovom radu biće predstavljene anotacijske tehnike koje koriste vizuelne ili tekstualne informacije iz videa.

Na početku rada, pažnja je posvećena tehnikama za anotiranje video zapisa. U nastavku rada prikazan je opšti model za anotiranje video sadržaja koji se koristi u rešenju. Opisani su *web* servisi koji se koriste za rukovanje skladištem anotacijskih podataka. Prikazan je opis ciljne platforme kao i implementacija rešenja klijentske aplikacije.

## 2. VIDEO ANOTACIJSKE TEHNIKE

Anotacije se koriste kako bi se pojedini video zapisi proširili dodatnim informacijama. Anotiranje dobija sve više na značaju jer se pomoću njega lakše pronalazi željena slika ili video zapis iz velikog broja dostupnih izvora. Jedan od pokazatelja koliko se anotacija multimedijalnog sadržaja shvata ozbiljno jeste poveći broj pristupa i tehnika za anotiranje koji su predstavljeni u nastavku. U radu je dat fokus na tipu informacija i istraživanju tehnika koje anotiraju video semantički. Tehnike prikazane u ovom radu mogu izvući neke karakteristike nižeg nivoa i odraditi dalje procesiranje na njima da bi anotirale video sa sadržajem opisnim informacijama.

### 2.1. Tehnika zasnovana na slobodnom tekstualnom opisu

Slobodan tekstualni opis može biti pridodat uz video i pomoći u pristupanju videu. Ne postoji unapred određena struktura za anotaciju što čini ovakav vid anotiranja veoma jednostavnim. Na primer, kada korisnik doda video snimak na youtube.com on može pored toga dodati i kratak tekstualni opis vezan za pomenuti video snimak. Bilo koja kombinacija reči i rečenica može biti upotrebljena u tekstualnom opisu. Takav vid anotacija

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red.prof.**

pomaže u pristupanju videa. Pošto ne postoji nikakva posebna struktura anotiranje je veoma jednostavan zadatak ali se moraju koristiti efikasne tehnike za pronalaženje. Pogodak u pretrazi multimedijalnog skladišta u ovom slučaju zavisi samo od deskriptivne sposobnosi autora tekstualnog opisa.

### 2.2. Tehnika zasnovana na tekstu u videu

Tekstualne informacije koje postoje u slikama i video sekvencama se nazivaju srodan tekst (*collateral text*). Ova tehnika je korišćena kako bi se ključne reči i potencijalno bogatija reprezentacija izvukle iz delova teksta. Tekstualni podaci izvor su visoko semantičkih informacija i prema tome ako su dostupni omogući će filtriranje i pretraživanje video podataka od strane korisnika u mnogo intuitivnijem i prirodnijem putu. Tekst ugrađen u slike i video pruža kratke i važne sadržajne informacije kao što su naslov, datum događaja, lokacija, ime voditelja, itd.

### 2.3. Tehnika zasnovana na mašinskom učenju

Karakteristike niskog nivoa mogu biti izvučene iz videa ili slike. Različite tehnike mašinskog učenja mogu biti korišćene kao što su *Support Vector Machine* (*SVM*), Bajseove mreže, Grupisanje, sličnosti i metričko učenje.
Radni okvir koji eksploatiše globalne odlike, lokalne odlike i odlike pokreta je korišćen za semantičko anotiranje video događaja. Korišćenjem ovih karakteristika video klip može biti enkodiran kao skup karakteristika vektora. Zatim prema različitim karakteristikama *SVM* klasifikatori su tretirani i korišćen je genetski algoritam zasnovan na hromozomima da bi se dobili optimalni klasifikatori i relevantne optimalne težine zasnovane na treniranom nivou. Sa optimalnim setom klasifikatora i optimalnim težinama, maksimalna sličnost između video klipa u originalnoj bazi podataka i neobeleženog video klipa smatra se da je finalni rezultat oznake.

### 2.4. Tehnika zasnovana na učenju pravila

Video karakteristike mogu se direktno izvući iz videa ili slike. Ove karakteristike niskog nivoa mogu biti korišćene za anotiranje ali postoji raskorak između informacija koje se mogu izvući automatski od vizuelnih podataka i interpretacije da iste podatke ima za korisnika u datoj situaciji: *the semantic gap*. Pravila su napravljena kako bi se zaključio skup od koncepata visokog nivoa od deskriptora niskog nivoa.

### 2.5. Tehnika zasnovana na Grafu

Učenje zasnovano na Grafu je polunadgledani metod. Grafovi sa označenim i neoznačenim čvorovima se koriste. Ovi čvorovi su uzorci. Ivice odražavaju sličnost između parova uzoraka. Funkcija se procenjuje na grafikonu zasnovanom na označenoj čistoj pretpostavci. Ove metode se već uspešno primenjuju u analizi sadržaja slike i snimka.

### 2.6. Tehnika zasnovana na ontologiji

Ontologija je definisana kao eksplicintna specifikacija konceptualizacije. To je veliki klasifikacioni sistem koji klasifikuje različite aspekte života u hijerarhijske kategorije. Ovo je slično klasifikaciji po ključnim rečima, ali činjenice da ključne reči pripadaju hijerarhiji obogaćuje anotacije. Na primer, može biti pronađeno da je "soba" podklasa klase "kuća". Ontologija se sastoji od entiteta i njihovih veza, koji mogu biti organizovani kao klase i podklase. Svaka klasa može se sastojati od jedne ili više instanci.

## 3. MODEL PODATAKA

Kako bi se pretraga multimedijalnog sadržaja vršila što efikasnije potrebno je postaviti odgovarajuće ciljeve i što je bolje moguće definisati i opisati strukturu podataka koja će se koristiti u pretrazi. Struktura podataka predstavlja osnovu sistema i mora biti dobro organizovana kako bi mogla da odgovori na sve korisničke zahteve.
Realizovana klijentska aplikacija treba da omogući svojim korisnicima da pretraže postojeći skup podataka. Pretraga mora da rezultuje informacijama da li je video zapis anotiran i ako jeste moguće je preuzeti sve anotacije u toku video zapisa sa vremenskim periodom u kojem su postavljene. Struktura koja opisuje anotaciju koja će biti povezana sa videom može sadržati opis koji bliže opisuje trenutnu scenu. Moguće je postojanje jedne ili više ključnih reči koje bliže opisuju trenutnu scenu i koje krajnjem korisniku olakšavaju pretragu. Anotacija može u sebi da sadrži i vezu na drugi deo ili delove istog filma, odnosno drugih filmova. Pored alfanumerika, deskriptor može da sadrži i slike, audio.
Veoma je važno razumeti vezu između anotacije i videa. Video može sadržati jednu ili više anotacija. Potrebno je još dodatno opisati granulitet. Granulitet anotacije može biti:

- frejm,
- sekund i
- kadar.

U ovom radu opredeljeno je se da granulitet bude na nivou sekunde. Ovo je učinjeno prvenstveno zbog ograničenja ciljne platforme i lakše upotrebe video plejera.

## 4. SPECIFIKACIJA *WEB* SERVISA

Android klijent za pretraživanje anotiranog video sadržaja baziran je na upotrebi *web* servisa. *Web* servisi su metod komunikacije između dva uređaja koja se oslanjaju na internet kao komunikacioni kanal. *Web* servisi su programi koji su dizajnirani da podrže interoperabilnost između računara preko mreže i predstavljaju programe koji su dostupni putem javno objavljenih interfejsa.

### 4.1. Primena *RESTful web* servisa

*RESTful* predstavlja alternativu za razvoj *web* servisa u odnosu na standardni *SOAP+WSDL* pristup. Svaki entitet na *webu* je resurs. Svaki resurs je identifikovan svojim *URI*-jem i nad resursima se obavljaju jednostavne operacije kao *HTTP* metode kao što su:

- *GET*, čitanje,
- *POST*, kreiranje,
- *PUT*, ažuriranje,
- *DELETE*, brisanje.

### 4.2. *Web* servis za pretraživanje anotiranog video sadržaja

*Web* servis za pretraživanje anotiranog sadržaja treba da obezbedi prijem zahteva od strane klijenta, da izvrši obradu primljenog zahteva i vrati odgovarajući rezultat klijentu.
Korisnik definiše kriterijume pretrage i pravi zahtev ka servisu. Moguće je dodati jedan ili više parametara u pretragu kao što su tekst i ključne reči. Nakon što je odabrao parametre pretrage šalje se *HTTP GET* zahtev prema *URL-u* servisa za dobavljanje anotacija. Servis za anotacije prihvata ovakav zahtev i vrši proveru validnosti podataka. Ukoliko podaci nisu validni vraća se statusni kod 500 sa odgovarajućom porukom o nastaloj grešci. Ukoliko su podaci pristigli uz zahtev validni pozvaće se poslovna logika koja treba da dobavi sve anotacije koje sadrže odgovarajući tekst u sebi i ključnu reč. Formira se upit nad bazom podataka i kao rezultat servis formira *JSON* odgovor koji prosleđuje nazad klijentu. U okviru ovog odgovora biće poslate sve pronađene anotacije. U okviru anotacija postoji vreme kada one počinju i upravo to vreme će se koristiti za kasniju reprodukciju video snimka.

## 5. IMPLEMENTACIJA KLIJENTSKOG REŠENJA

Za reprodukciju anotiranog video sadržaja opredeljeno je da klijentska aplikacija bude razvijena za potrebe mobilnih uređaja zasnovanih na android platformi [2]. Android platforma je trenutno najzastupljenija na našem području. Implementirano rešenje u vidu šeme baze podataka i servisa zaduženog za pretraživanje i dopremanje anotiranog sadržaja nezavisno je od same klijentske aplikacije. Zbog toga se celokupno projektno rešenje može relativno jednostavno proširiti i obuhvatiti i neke druge platforme i omogućiti različitim ciljnim grupama da koriste pretraživanje anotiranog video sadržaja i njegovu reprodukciju. Ovde će biti dat kraći opis ciljne platforme i struktura klijentskog rešenja. Biće prikazana komunikacija android klijenta sa servisom za dopremanje anotiranog video sadržaja, prikaz dobijenih informacija kao i primena odabranog video plejera u reprodukciji anotiranog video zapisa.

### 5.1. Realizacija komunikacije sa *web* servisom i mapiranje podataka

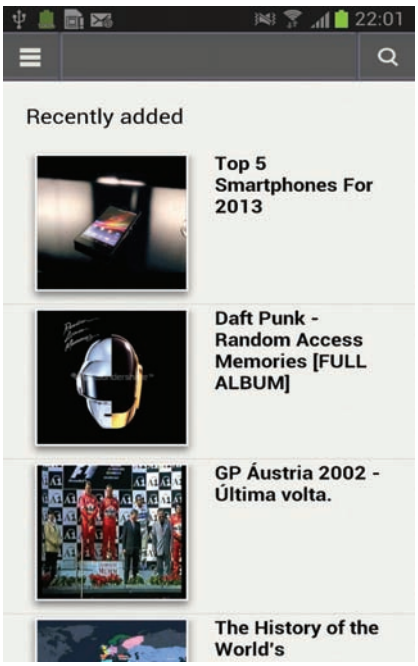
Skladište podataka sa anotiranim skupom multimedijalnog sadržaja kao i servis za dopremanje i pretraživanje tog sadržaja nalaze se negde na internetu. Android klijent treba da podrži komunikaciju sa *web* servisom kako bi mogao da izvrši pretragu anotiranog multimedijalnog sadržaja i na kraju na osnovu dobijenih rezultata treba da izvrši reprodukciju video sadržaja. Za ostvarivanje ove komunikacije osnovni uslov je da android mobilni uređaj poseduje internet konekciju. Aplikacija izvršava proveru da li postoji internet konekcija.
Ukoliko internet konekcija ne postoji, android aplikacija obaveštava korisnika aplikacije adekvatnom porukom o nastaloj grešci. Za komunikaciju sa *web* servisom je napravljena posebna java biblioteka koja je zadužena samo za pravljenje zahteva prema servisu, prihvatanje odgovora od strane servisa, provere statusnog koda odgovora i mapriranje podataka na odgovarajuće entitete koji će kasnije biti korišćeni u okviru aplikacije.

### 5.2. Testiranje komunikacije i provera dobijenih rezultata

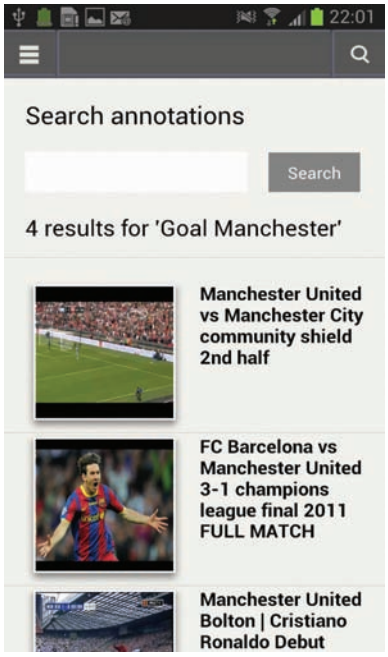
Bitan korak u razvoju softvera predstavlja njegovo testiranje. Testiranje programa je u principu komplikovan proces koji se mora izvršiti što je moguće sistemačnije kako bi se obezbedila adekvatna pouzdanost. Testiranjem se prvo utvrđuje u kojoj meri program obavlja posao za koji je namenjen, a zatim i kako se ponaša u različitim eksploatacionim uslovima.
U okviru realizovane android aplikacije testiranje je upotrebljeno kako bi se izvršila provera komunikacije sa *web* servisom za dobavljanje anotiranog multimedijalnog sadržaja. Ovo je veoma korisno zato što se biblioteka za komunikaciju sa *web* servisom može nezavisno testirati od ostatka aplikacije. Dobra praksa je da se pišu upravo ovakvi testovi zato što je kasnije moguće znatno lakše testirati samo pojedine delove programskog koda i lakše otklanjanje grešaka.
Skladište anotacijskih podataka sadrži 30 anotacija u trenutku pravljenja upita za anotacijama. Kao rezultat testa u kojem je napravljen zahtev za svim anotacijama vraćeno je svih 30 anotacija i test se smatra uspešnim. U slučaju pravljenja zahteva za pretragom skladišta anotacijskih podataka za golom na utakmici mančestera kao rezultat dobija se ukupno 4 rezultata. Kao primer promašaja gde nije dobijen nijedan rezultat može se uzeti npr. pretraga gde se pravi upit sa zahtevom za golom na utakmici Japana. S obzirom da u trenutku pravljenja upita u skladištu nije postojala nijedna anotacija vezana za gol na utakmici Japana test se smatra uspešnim.

### 5.3. Realizacija korisničkog interfejsa i prikaz rezultata pretrage

Prilikom prvog pokretanja android aplikacije prikazuje se stranica koja predstavlja početnu stranicu aplikacije. Početna stranica je zadužena da zatraži poslednjih deset video zapisa koji su dodati u sistem i izvrši njihov prikaz. Na Slici 1 prikazana je početna stranica realizovane android klijentske aplikacije.
Na vrhu stranice postoje dva dugmeta, jedno za pristup meniju, a drugo za pretragu skladišta video zapisa. U središnjem delu početne stranice aplikacije prikazuje se poslednjih deset dodatih video zapisa prezentovanih slikom i imenom koji ih bliže opisuju. Klikom na neku od ovih slika korisnik se preusmerava na stranicu sa detaljima vezanim za izabrani video zapis. Ova stranica sadrži detalje vezane o postavljenoj anotaciji kao što su naziv, ključne reči i vreme kada je anotacija postavljena. Klikom na sliku može se izvršiti reprodukcija video sadržaja. Reprodukcija sadržaja započinje od momenta u videu za koji je anotacija povezana.
Odabirom dugmeta za pretragu iz glavnog menija korisnik se preusmerava na stranicu koja mu omogućava da pretraži skladište video zapisa. Na stranici za pretragu korisnik može ukucati ključne reči po kojima će skladište anotacijskih podataka biti pretraženo. Na slici 2 prikazan je izgled rezultata izvršene pretrage.
Slika 2. prikazuje rezultate pretrage izvršene u potrazi za anotacijama sa golom na jednoj utakmici. Nakon što je izvršena pretraga, prvo što se prikazuje jeste broj rezultata koji odgovara zadatom upitu, a nakon toga i svi video zapisi koji su pronađeni u skladištu video padataka, a koji odgovaraju zadatom terminu pretrage.




Slika 1. *Početna stranica realizovane android aplikacije*




Slika 2. R*ezultat pretrage izvršene u potrazi za anotacijama sa golom na jednoj utakmici*

Kao rezultat pretrage prikazuje se slika koja je povezana sa videom koji predstavlja pretrage i njegov pun naziv sa desne strane slike. Korisnik ima mogućnost da ovde izabere jedan od rezultata i klikom na sliku ili naziv videa otvori stranicu na kojoj može da pregleda detalje vezane za video i izvrši reprodukciju željenog sadržaja.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazane su tehnike anotiranja multimedijalnog sadržaja, njihove prednosti i značaj prilikom pretraživanja i rukovanja video zapisom. Akcenat je stavljen na problem svakodnevnog povećanja količine multimedijalnog sadržaja i snalaženju od strane korisnika u želji da nađe pravu informaciju u ogromnom skladištu multimedijalnih sadržaja. Kao rešenje ovog problema predstavljene su različite tehnike anotiranja video zapisa. Objašnjen je pojam anotacije, njena upotreba i granulitet između anotacije i video sadržaja. Kao rešenje prikazana je android klijentska aplikacija koja se koristi za pretraživanje i reprodukciju anotiranog video sadržaja.

Na početku rada, pažnja je posvećena pretraživanju veće količine multimedijalnog sadržaja i opisu problema koji se rešava. Opisan je pojam i značaj uvođenja upotrebe anotacije u problemima sa kojima se korisnici susreću. Markiranje sadržaja vrši se kako bi se gledaocima naglasili neki delovi video zapisa koje bi možda prevideli. Obezbeđuje se semantička pretraga video zapisa, kao i poređenje sa drugim materijalom. Anotacija se takođe koristi kako bi se pojedini video zapisi proširili sa dodatnim informacijama. Prikazane su različite tehnike anotiranja video zapisa. Konačni sistem i implementacija rešenja prikazani su kroz model. U okviru modela opisana je struktura podataka koja anotira kao i struktura podataka koja povezuje anotaciju za video. Predstavljena je android klijentska aplikacija i primena sistema za pretraživanje i reprodukciju anotiranog video zapisa na android platformi. Predstavljeni su problemi koji su pratili izradu rada, kao što je bio reprodukcija anotiranog sadržaja na android platformi, ograničenost platforme i na koji način se mogu veoma brzo potrošiti svi sistemski resursi ukoliko se ne vrši pravilno rukovanje video plejerom.

Ovaj rad predstavlja gotovo rešenje, koje treba da pruži korisniku pretraživanje anotiranog skupa podataka i njegovu reprodukciju na android platformi. Treba napomenuti da zvaničnih projekata ove vrste ima vrlo malo, pa mesta za napredak ima mnogo. Dalji smerovi razvoja mogli bi da budu razvoj boljeg algoritma za pretraživanje multimedijalnog sadržaja.

Trenutno klijentska aplikacija podržava pretraživanje i reprodukciju anotiranog sadržaja i mogla bi se proširiti tako što bi se korisnicima aplikacije omogućilo dodavanje novih anotacija koje će bliže opisati neke delove multimedijalnog sadržaja koji gledaju. Pored dodavanja anotacija, aplikacija bi se mogla proširiti i sa dodavanjem komentara na već postojeće anotacije u video zapisu i pregledu komentara od strane ostalih gledalaca. Ovo bi omogućilo korisnicima aplikacije da imaju uvid u pozitivne i negativne kritike od strane drugih korisnika vezane za neku definisanu anotaciju.

## 7. LITERATURA

[1] X. Zhu, J. Fan, X. Xue, L. Wu and A. K. Elmagarmid, "*Semi-automatic video content annotation*", *Proceeding of Third IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia*, pp. 37-52, 2002.

[2] http://developer.android.com Android platform

**Kratka biografija:**



**Nemanja Janošev** rođen je u Zrenjaninu 1989. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2008. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 004.3**

# JEDNO REŠENJE INSTALACIJE I KONFIGURACIJE PROGRAMSKE PODRŠKE SCADA SISTEMA

# AN APPROACH TO SCADA SOFTWARE INSTALLATION AND CONFIGURATION

Marko Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U velikim SCADA sistemima proces instalacije i konfiguracije programske podrške je skup i dugotrajan proces. Ovo rešenje je polazna osnova prelaska SCADA programske podrške na cloud. Predstavljeno je jedno rešenje koje znatno smanjuje vreme potrebno za instalaciju i konfigurisanje i pritom pruža fleksibilan pristup ka cloud okruženju. Rešenje je predstavljeno kao praktična izvedba i napisano je u programskom jeziku C# koristeći .Net 4.5 radni okvir. Izvršeno je potpuno razdvajanje procesa instalacije od procesa konfiguracije uz korišćenje XML datoteka kao ulaznih parametara.*

**Abstract** – *In enterprise SCADA software solutions process of installation and confguration is expensive and time consuming process. This paper presents a solution that significantly reduces the duration and thereby provides a flexible approach to the cloud environment. The solution is presented as a practical design and it is coded in C# using NET 4.5 framework. Completely separates the installation process of the configuration process and uses XML files as input parameters. This solution is the starting point of crossing SCADA software to cluod.*

**Ključne reči:** *Instalacija, Konfiguracija, SCADA sistem*

## 1. UVOD

U velikim programskim rešenjima kao što je programska podrška SCADA (eng. *Supervisory Control And Data Acquisition*) sistema, proces uvođenja u rad predstavlja period koji najčešće oduzima puno vremena, truda i novca. Programska podrška ovakvog obima je najčeše distribuirana i za stavljanje u promet su zaduženi pored administratora i razvojni inženjeri što proces dodatno komplikuje i poskupljuju.

Proces od završetka razvoja do trenutka kada programska podrška postaje respoloživa korisnicima u opštem slučaju obuhvata instalaciju i konfiguraciju. Tipičan način na koji se obavlja instalacija i konfiguracija podrazumeva jedan celovit proces u kojem se prepliću ovi elementi. U tom procesu neophodna je sprega sa korisnikom, koji pored upravljanja instalacijom mora da obezbedi i konfiguracione podatke. U slučajevima velikih programskih rešenja, koja su pritom i distribuirana, ranije spomenut način instalacije i konfiguracije nije praktičan iz razloga što oduzima dosta vremena, jer svaka mašina mora ponaosob da se instalira i konfiguriše, a takav proces je spor i podložan je greškama. U skladu sa novim trendovima koji se nameću u softverskom inženjerstvu [1], prvenstveno misleći na *cloud* zasnovane aplikacije, proces instalacije i konfiguracije je potrebno podići na odgovarajući nivo kako bi se ispratili zahtevi *cloud-ready* aplikacija.

U ovom radu biće objašnjeno rešenje koje razdvaja proces instalacije od procesa konfiguracije. Uklanjanjem zavisnosti između instalacije i konfiguracije omogućeno je da se instalacije može obaviti bez prethodnog znanja o konfiguraciji sistema. Dalje, biće prikazan način na koji se rešava zavisnost među komponenta programske podrške kao i način na koji se obavlja konfiguracija korišćenjem XML datoteka. Rešenje konfiguracija i instalacija u ovom radu je namenjeno za operativni sistem *Windows Server 2012*, napisano je u programskom jeziku *C#* koristeći radni okvir .NET verzije 4.5 (eng. *.Net Framework*). Takođe, u ovom radu biće reči o primeni ovakvog tipa instalacije i konfiguracije u privatnom *Cloud* okruženju, oslanjanjem na *System Center 2012* tehnologije.

Ovaj rad je organizovan na sledeći način: nakon uvodnog dela dat je uvod u instalacione alate, u trećem poglavlju iznet je kratak uvod u *SCADA*-u i njenu programsku podršku. Nakon toga, u četvrtom poglavlju je iznet predlog rešenja, zatim jedan način primene u privatnom *cloud* rešenju, a šesto i sedmo poglavlje su zaključak i literatura, respektivno.

## 2. INSTALACIONI ALATI

Da bi aplikacija mogla da se izvrši na ciljnoj platformi neophodno je da se urade instalacione i konfiguracione procedure. Pod pojmom instalacije podrazumeva se smeštanje programske podrške na odgovarajuću lokaciju i povezivanje sa neophodnim komponentama operativnog sistema. Iako postoji mogućnost da se instalacija obavi ručno u praksi se to izbegava i za tu nemenu se koriste specifični alati tzv. instaleri. Zadatak instalera je da na intuitivan način korisnika provede kroz proces instalacije. Razvoj instalera je usko vezan za razvoj programske podrške tako da su i oni kao i programska podrška vremenom evoluirali. U ovom rešenju korišćen je alat *Windows Installer XML* (WiX) koji predstavlja radni okvir (eng. *Framework*) za pravljenje različitih instalera namenjenih *Windows* operativnom sistemu. Tradicionalni alati ove namene su koristili programski i skript zasnovan pristup kako bi opisali različite korake koje instalacija treba da obavi. WiX u odnosu na takav imperativno opisni (eng. *Imperativ description*) pristup koristi deklarativni [2]. *Umesto da se opisuju individualni koraci,* deklarativnim pristupom se specificiraju stanja u kojima

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.**

se ciljana mašina nalazi pri različitim fazama instalacije. Ovakvim pristupom instaler je u mogućnosti da se nosi sa nepredviđenim događajima i da sistem uvek ostavi u konzistentnom stanju što je od velike važnosti za programere. Umesto alata sa grafičkim interfejsom koji omogućavaju programerima da prikupe datoteke i različite podatke neophodne za kreiranje instalera, WiX skup alata više liči na programski jezik. Koristi se tekstualni fajl (u XML formatu) da bi se opisali elementi instalacionog procesa. Alat poseduje kompajler i linker kako bi kreirao instaler od izvornog koda na vrlo sličan način kao i standarde aplikacije. Ova osobina omogućava da se WiX može jednostavno integrisati u *build* proces bilo koje aplikacije.

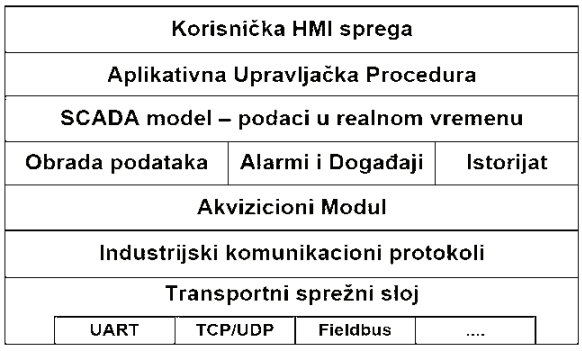
## 3. SCADA SISTEM I SCADA PROGRAMSKA PODRŠKA

SCADA predstavlja sistem koji obezbeđuje efikasnu akviziciju podataka, nadzor i upravljanje nad proizvoljnim fizičkim procesom korišćenjem digitalnih računarskih komponenti [3]. Ovakvi sistemi obuhvataju širok spektar opreme, podsistema i tehničkih rešenja koji zajedno omogućavaju prikupljanje, obradu podataka i reagovanje na adekvatan način.

Programska podrška SCADA sistema (*eng. SCADA software*) predstavlja aplikaciju ili najčešće skup aplikacija koje se izvršavaju nad operativnim sistemom odredišnog računara u SCADA okruženju. Drugim rečima SCADA programska podrška je skup međusobno distribuiranih aplikacija u okviru SCADA sistema koje zajedničkim delovanjem obezbeđuju transparentan prikaz i upravljanje SCADA sistemom.

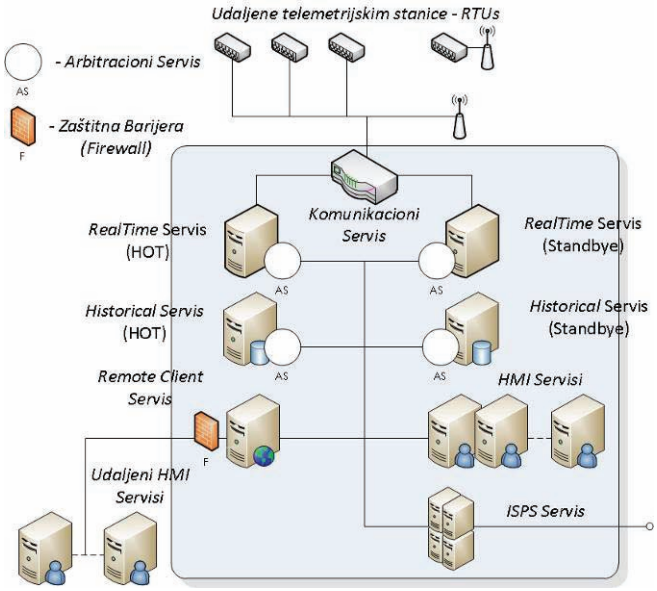
Programska podrška SCADA-e je najčešće razvijena korišćenjem aktuelnih informacionih tehnologija i projektovana je za izvršavanje na standardnim računarskim i komunikacionim komponentama.

Slika 3.1 prikazuje osnovne komponente SCADA programske podrške naglašavajući slojevitost.




Slika 3.1. *Slojevi SCADA programske podrške [3]*

Vrlo često su SCADA sistemi zaduženi za kritične zadatke (eng. *mission critical*) gde je cena otkaza vrlo velika. U takvim situacijama SCADA sistemi i podsistemi se udvajaju. Npr. udvaja se SCADA servis koji rukuje modelom podataka u realnom vremenu (*RealTime*) ili neka druga kritična komponenta koja u slučaju otkaza dovodi do katastrofalnih posledica. Takođe, kod sistema koji su od velike važnosti, a postoji mogućnost otkaza usled prirodnih katastrofa, čitavi SCADA sistemi se udvajaju u dve geografski dovoljno udaljene lokacije. Da bi ovakvi sistemi mogli da funkcionišu pored fizičke infrastrukture neophodno je da programska podrška isprati ove zahteve. Na slici 3.2 prikazan je SCADA sistem sa stanovišta programske organizacije.




Slika 3.2. *Uopšten prikaz SCADA programske podrške*

Na slici 3.2 su navedene osnovne komponente programske podrške, međutim u praktičnoj izvedbi programska arhitektura SCADA sistema znatno varira od proizvođača do proizvođača. Sa tim u vidu, u ovom radu rešenje instalacije i konfiguracije biće zasnovano na uopštenoj arhitekturi SCADA-e.

## 4. OPIS REŠENJA

Ovo rešenje je organizovano u tri odvojena procesa (funkcionalne celine) a to su: instalacija nezavisnih programskih alata (u daljem tekstu 3rd parti softver, eng. *3rd Party Software*), instalacija SCADA komponenti i konfiguracija komponenti.

Programske komponente SCADA-e u ovom rešenju su podeljene u dva hijerarhijska nivoa: *roles* (role) i *features* (fičere). Role predstavljaju servise koji objedinjuju više fičera i predstavljaju nezavisnu funkcionalnu celinu. Sa druge strane fičeri su manje programske celine koje se stavljaju na raspolaganje rolama i predstavljaju gradivne infrastrukturne komponente distribuiranog sistema. Svaki fičer i rola (u daljem tekstu komponenta) sadrži zasebnu instalaciju i konfiguraciju. Praktično svaka komponenta se može instalirati i konfigurisati pokretanjem odgovarajućeg instalacionog paketa (.msi datoteke) i izvršavanjem skupa funkcija iz odgovarajuće konfiguracione datoteke. Međutim zbog velikog broja komponenti koje su međusobne zavisne neophodno je obezbediti mehanizam kojim se razrešava zavisnost.

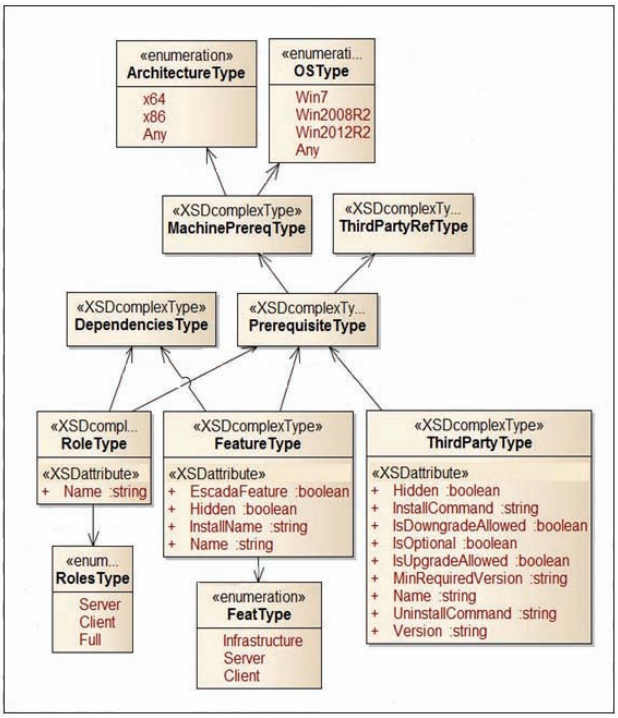
U nastavku teksta objašnjenjen je model zavisnosti i proces instalacije i konfiguracije, respektivno.

### 4.1 Model zavisnosti

Da bi se instalirala i konfigurisala određena komponenta ili 3rd parti softver neophodno je obratiti pažnju na dva uslova.

Prvi je da postoje odgovarajući tehnički uslovi na zadatoj mašini (Slika 4.1, *PrerequisiteType*), a drugi je da su instalirane sve neophodne komponente od kojih

instalirana komponenta zavisi (Slika 4.1, *DependenciesType*). U slučaju da makar jedan od traženih uslova nije zadovoljen, instalaciju komponente nije dozvoljeno obaviti. Pod odgovarajućim tehničkim uslovima podrazumevaju se dve podgrupe uslova, a to su: uslovi koje mašina mora da zadovolji u pogledu fizičke arhitekture i operativnog sistema (Slika 4.1, *MachinePrereqType*) i drugi uslov je da neophodni 3rd parti softver bude instaliran (Slika 4.1 *ThirdPartyRefType*).




Slika 4.1. *Jedan primer modela zavisnosti*

Ovaj model zavisnosti je definisan korišćenjem XML *Schema* standarda. Unošenje podataka u model zavisnosti je prepušten razvojnim inženjerima SCADA programske podrške a čuva se u xml datoteci.

### 4.2 Instalacija SCADA programske podrške

Instalacija SCADA programske podrške je organizovana u dve celine:

- Instalacija 3rd parti softvera - predstavlja skup svih neophodnih dodatnih alata za funkcionisanje programske podrške.
- Instalacija SCADA programske podrške - sadrži sve datoteka neophodne za izvršavanje.

Pod 3rd parti softverom smatraju se sve one programske komponente ili aplikacije koje su napisane od strane drugog proizvođača. Upravo iz toga razloga napravljena je podela između instalacije SCADA programske podrške i 3rd parti softvera, a sve u cilju jednostavnijeg održavanja. Ove dve celine se nalaze u dve različite izvršne datoteke (u daljem tekstu instalera).

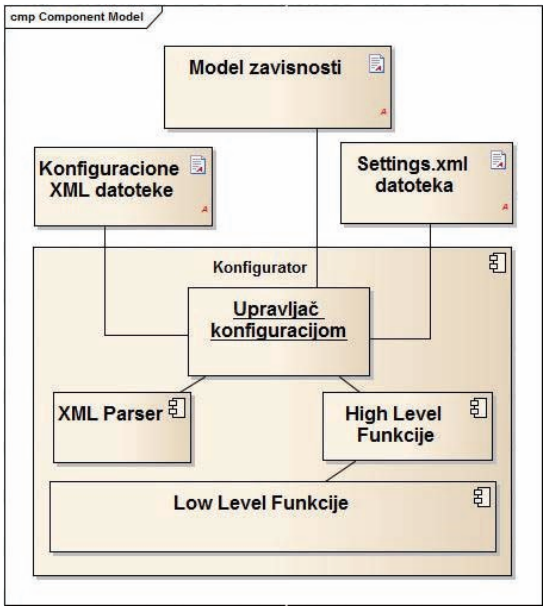
Oba instalera pružaju grafički korisnički interfejs koji omogućuje izbor komponenti (roli i fičera) na identičan način. Da bi mogli da razreše zavisnost oba modela imaju pristup XML datoteci u kojoj je zapisana zavisnost. Instaler pored kopiranja fajlova ima zadatak da podatke koje je uneo korisnik a koji su od interesa za konfiguraciju unese u posebnu XML datoteku (Settings.xml). Settings.xml datoteka ima zadatak da privremeno čuva zajedničke podatke instalacije i konfiguracije. Ovakvim pristupom je izbegnuto korišćenje promenljivih okruženja (eng. *Environment variable*).

### 4.2 Konfiguracija SCADA programske podrške

Konfiguracija se obavlja nakon instalacije i izvršava niz operacija kojim se sistem dovodi u stanje „spremno za izvršavanje“. Napravljena je kao dodatni modul (eng. *Plugin*) i pokreće se iz univerzalnog alata (konfiguratora) namenjenog za konfigurisanje. Konfigurator je zadužen za spregu sa korisnikom, logovanje i upravljanje greškama. Takođe obezbeđuje izbor komponente koja se konfiguriše, a proverom prethodno pomenutog modela zavisnosti konfigurator brine o redosledu konfiguracije komponenti. Tako na primer ukoliko se označi konfiguracija klijentske HMI sprege, prethodno će se obaviti konfiguracija *RealTime* komponente. Konfigurator u ovom rešenju nije neophodan, ali je praktičan iz razloga što pruža bogat korisnički interfejs, a pritom se može iskoristiti za više tipova konfiguracije.

Konfigurisanje se obavlja tako što se sekvencijalno pozivaju funkcije koje obavljaju specifične konfiguracione procedure. Konfiguracija je organizovana na skupove funkcija koji imaju zadatak da konfigurišu pojedinačne komponente SCADA programske podrške.

Slika 4.2 prikazuje programsku organizaciju konfiguracije.




Slika 4.2. *Programska organizacija konfiguracije*

Redosled izvršavanja funkcija u toku konfiguracije jedne komponente je određen redosledom zapisanih funkcija u XML datoteci. Dakle, svakoj SCADA komponenti odgovara jedna XML datoteka (iz skupa konfiguracionih XML datoteka, slika 4.2) u kojoj je zapisan redosled izvršavanja konfiguracionih funkcija. Ovakvim pristupom konfiguracija komponenti je pregledna i na jednostavan način se može izmeniti ili dodati nova konfiguraciona funkcija.Skup svih promenljivih koje su prikupljene u fazi instaliranja se nalaze u *Settings.xml* (Slika 4.2) datoteci i za vreme konfiguracije su dostupni svim konfiguracionim funkcijama.

Pethodno je spomenuto da se konfiguracija obavlja pozivanjam funkcija, međutim da bi se omogućio jednostavan pristup ovim funkcijama, one su razdvojene u dva hijerarhijska nivoa:

- funkcije niskog nivoa (eng. *Low Level Functions*),
- funkcije visokog nivoa (eng. *High Level Functions*).

Funkcije niskog nivoa predstavljuju radni okvir (eng. *Framework*) za rad sa resursima *Windows* operativnog sistema. Npr. rad sa datotekama, rad sa konfiguracionom bazom podataka (eng. *Registry database*), mrežnim podešavanjem, upravljanje servisima i procesima itd. Iz tog razloga funkcije su grupisane prema nameni, pa tako imamo:

- *IO* – rad sa datotekama, stvaranje, kopiranje i brisanje datoteka, provera i izmena nad pravima datoteka i sl.
- *Registry* – rad sa *Registry* bazom, dodavanje, izmena i brisanje ključeva.
- *Security* – provera i izmena prava pristupa.
- *Services and process* – grupa funkcija zadužena za rad sa servisima i procesima, pokretanje, zaustavljanje, instaliranje, brisanje servisa itd.
- *Utils* – ostale funkcije koje nisu dovoljno specifične.

Sa druge strane, funkcije visokog nivoa objedinjuju pozive ka funkcijama niskog nivoa u logičke celine i direktno su mapirane sa xml datotekama. Drugim rečima, iz XML datetaka je moguće referencirati poziv isključivo ka funkcijama visokog nivoa.

## 5. PRIMENA REŠENJE U PRIVATNOM *CLOUD* OKRUŽENJU

U ovom poglavlja dat je jedan primer korišćenja gore prikazanog rešenja u privatnom *cloud*-u.

*System Center 2012* (u daljem tekstu sistem centar) je skup tehnologija koji pored ostalog pružaju mogućnost kreiranje privatnog *cloud* okruženja. Komponenata sistem centra koja je od interesa za ovo rešenje je *Virtual Machine Manager* (VMM) koja služi za upravljanje virtuelnim mašinama u LAN mreži. Oslanjanje na VMM moguće je podići virtuelnu mašinu (VM), instalirati operativni sistem i celokupnu SCADA programsku podršku i tu mašinu proglasiti za uzorak. Na primeru sa dva korisnika (Sistem A i Sistem B) i jednom Test virtuelnom mašinom, prikazane su prednosti korišćenja primene ovakvog rešenja instalacije i konfiguracije.

**Primer:** Ukoliko sistem A zahteva dodatnu virtuelnu mašinu (test VM) u svojoj sistem. Imajući u vidu da je na test VM već instalirana prog. podrška (OS i SCADA) sledi da je potrebno obaviti samo konfiguraciju za sistem A. To praktično znači da se proslede odgovarajući konfiguracione datoteke i pozove izvršavanje konfiguracije. Ukoliko sistem A iz nekog razloga nema više potrebe za Test mašinom, ona se isključuje iz Sistema A i ponovo konfiguriše za potrebe korisnika B bez potrebe da se ponovo instalira. Ovakvim pristupom se isključuje potreba za instalacijom prilikom podizanja virtualne mašine za traženi sistem.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je rešenje instalacije i konfiguracije SCADA programske podrške na računarima na kojima se nalazi instaliran samo operativni sistem. Instalacija je predstavljena kao dve zasebne instalacije i to 3rd parti softver i instalacija SCADA-e. Takođe u okviru instalacije prikazan je jedan način rešavanja zavisnosti između komponenti sistema korišćenjem modela zavisnosti. Prednosti korišćenja modela zavisnosti su najočiglednije prilikom izmene ili dodavanja komponente u toku razvoja jer se na vrlo jednostavan način može izmeniti zavisnost.

Konfiguracija je predstavljena kao dodatni modul u okviru konfiguratora. Prikazan je način konfiguracije koji SCADA programske komponente razdvaja u XML konfiguracione datoteke koje imaju zapisan redosled izvršavanja konfiguracionih funkcija. Korišćenjem dva hijerarhijska sloja konfiguracionih funkcija obezbeđena je efikasnija iskoristivost koda a pritom je postignuta preglednost.

Ovo rešenje je praktično spremno za *cloud* i predstavlja prvi korak u integraciji SCADA-e u *cloud*.

Dalji razvoj ovog rešenje bi bio na postizanju veće automatizacije procesa instalacije i konfiguracije. To bi praktično značilo da korisnik može da skicira plan instalacije i konfiguracije, unese potrebne parametre i prepusti sistemu da se instalira i samokonfiguriše.

Ovo rešenje je primenjeno u komercijalnom SCADA sistemu i pokazalo se kao značajno unapređenje pre svega u vremenu trajanja instalacije i konfiguracije ali i smanjenju kompleksnosti procesa koji je korisnik morao da obavi.

## 7. LITERATURA


[1] http://www.computer.org/portal/web/membership/13-Top-Trends-for-2013

[2] http://wix.tramontana.co.hu/tutorial

[3] Branislav Atlagić, *Softver sa kritičnim odzivom u elektroenergetskim sistemima*, skripta 2013, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

[4] Hyoun-Mi Choi; Mi-Jung Choi; Hong, J.W., "*Design and implementation of XML-based configuration management system for distributed systems*," Network Operations and Management Symposium, 2004. NOMS 2004. IEEE/IFIP, vol.1, no.,pp.831,844 Vol.1, 23-23 April 2004.

[5] Kalyanaraman, R., "*A Rule based static configuration validation technique in an Autonomous Distributed Environment*," Systems, 2007. ICONS '07. Second International Conference, vol., no., pp.53,53, 22-28 April 2007.


**Kratka biografija:**




**Marko Savić** je rođen 20.09.1989. godine u Novom Sadu. Srednju elektrotehničku školu “Mihajlo Pupin” u Novom Sadu završio je 2008. godine. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, na odseku Elektrotehnika i računarstvo. Bsc diplomu je stekao 2012. godine na usmerenju Računarska tehnika i računarske komunikacije. Iste godine upisuje master studije na usmerenju Primenjene računarske nauke i informatika.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007.5

# RAZVOJ APLIKACIJE ZA SNIMANJE KORISNIČKIH AKCIJA U MICROSOFT WINDOWS OKRUŽENJU

# IMPLEMENTATION OF APPLICATION FOR RECORDING USER ACTIONS IN MICROSOFT WINDOWS ENVIRONMENT

Zoran Subotić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

***Kratak sadržaj*** *– Ovaj rad daje rešenje za snimanje i reprodukovanje korisničkih akcija na Microsoft Windows operativnim sistemima. Akcije se reprodukuju korišćenjem Tesla jezika. Cilj rada je da se jednom snimljene akcije nad nekom aplikacijom koriste za regresiono testiranje.*

***Abstract –*** *This paper offers a solution for recording and reproduction of user actions in Microsoft Windows systems. Actions are reproduced by using Tesla lenguage. The basic idea is that recorded actions are used for regression testing.*

***Ključne reči:*** *GUI, TESLA jezik, UI Automation*

## 1. UVOD

Softver kao proizvod se razlikuje od svih drugih pre svega po tome što se njegov razvoj kroz održavanje nastavlja i u toku ukupnog životnog veka na tržištu. Stoga je po svakoj izmeni programskog koda ili operativnog sistema neophodno ponoviti niz testova koji potvrđuju njegovu ispravnost ili otkrivaju eventualne greške. Ovi testovi, obično nazivani regresionim, najčešće polaze od konkretnih korisničkih akcija, predstavljenim klikom miša ili unosom sa tastature i potom prate reakciju ispitivanog programskog sistema. Automatizacija ovakvih testova je izuzetno važna sa stanovišta pouzdanosti proizvoda i troškova njegovog održavanja.

Cilj ovog rada je razvoj rekordera koji će snimati sve akcije koje korisnik preduzima prilikom rada na računaru, kao i da omogući naknadno reprodukovanje snimljenih korisničkih akcija. Rekorder je razvijan za *Microsoft Windows* operativne sisteme i sadrži jednostavan grafički korisnički interfejs (*GUI*) koji korisniku omogućuje lako snimanje i reprodukovanje korisničkih akcija. Zamišljeno je da se rekorder koristi kao alat prilikom regresionog testiranja drugih aplikacija. Tačnije, cilj je da se tokom razvoja neke aplikacije utvrdi ispravan odziv aplikacije na neki niz korisničkih akcija i da se taj niz akcija ručno izvede i snimi. Kasnije, prilikom daljeg razvoja i odražavanja aplikacije, puštanjem snimljenih akcija bi se utvrdilo da li je ispravno funkcionisanje aplikacije narušeno. Na ovaj način se ubrzava testiranje aplikacija, a samim tim i njihov razvoj, jer je dovoljno da korisnik pokrene ranije snimljene akcije i kasnije samo pregleda izveštaje koji su generisani prilikom njihovog izvršavanja. Na taj način se štedi mnogo ljudskog učešća i ukupnog vremena pri proveri da li je došlo do problema u funkcionisanju ispitivane programske komponente.

Na tržištu postoje dva tipa ovakvih alata. Prvi tip alata se oslanja na poziciju grafičkih kontrola prilikom snimanja. Tu se pamte pozicije na radnoj površini gde se nalaze elementi sa kojim je korisnik u interakciji.

Problem kod ovakvih rešenja jeste taj što pozicije elementa prilikom reprodukovanja akcija ne moraju biti iste. Na primer, korisnik je pomerio ikonice na radnoj površini ili rezolucija monitora nije ista kao prilikom snimanja akcija. Drugi tip rešenja ne pamti pozicije elementa nego njihove parametre. Jedno od ovakvih rešenja je *Squish GUI Testing* [1].

Ovakva rešenja su fleksibilnija ali i znatno skuplja. Zbog očiglednih prednosti drugog tipa rešenja ovaj alat je razvijen tako da pamti parametre a ne samo pozicije grafičkih kontrola.

## 2. TESTIRANJE SOFTVERA

Proces pisanja softvera podložan je pravljenju grešaka. Testiranjem se otkriva da li se softver ponaša u skladu sa zadatom specifikacijom. Cilj testiranja je da se te greške uoče pre nego što softver bude isporučen korisniku. Zbog toga testiranje predstavlja neizostavan i veoma važan korak u razvojnom ciklusu softvera.

Prema uobičajenim procenama u fazi prvobitne realizacije testiranje softvera učestvuje sa 30% do 40% vremena a u fazi eksploatacije i održavanja sa oko 9% [2].

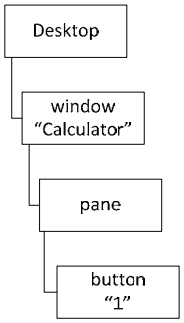
Testiranje softvera vrše inženjeri koji su za to obučeni. Ručno testiranje softvera je zamoran i monoton posao. Kako oduzima dosta vremena to je i prilično skup proces. Da bi se ljudi oslobodili monotonih radnji a razvoj softvera ubrzao i učinio jeftinijim, nastoji se da se testiranje automatizuje.

Razvoj automatskih testova podrazumeva pisanje testova u nekom od za to predviđenih programskih jezika. Automatski testovi treba a simuliraju akcije korisnika i proveravaju odziv softvera. Automatizovanjem testova izbegavaju se greške koje mogu nastati usled zamora čoveka. Automatizaciju testiranja često nije moguće u potpunosti ostvariti. Da bi automatsko testiranje bilo moguće potrebno je prilikom razvoja softvera voditi računa o mogućnostima testiranja. Promene prilikom održavanja softvera mogu zahtevati i poromene u automatskim testovima.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.**

## 3. ORGANIZACIJA GRAFIČKIH KONTROLA U MICROSOFT WINDOWS OPERATIVNIM SISTEMIMA

Sve kontrole u *Microsoft Windows* operativnim sistemima organizovane su u strukturu stabla. Koren te strukture je uvek radna površina (*desktop*). Strukturu kontrola je moguće videti raznim alatima, a jedan od njih korišćen pri izradi rada je *UISpy.* Na slici 1 data je shema koja opisuje poziciju tastera broja jedan kalkulatora na operativnom sistemu *Microsoft Windows 7.*




Slika 1 – *Pozicija tastera „1" kalkulatora*

Glavni prozor kalkulatora pripada radnoj površini, odnosno on je njen *child* element. Prozor je tipa *window* i nosi naziv Calculator. Unutar glavnog prozora kalkulatora nalizi se element tipa *pane* čije ime nije specificirano. Unurar *pane* elementa nalazi se taster broja jedan, odnosno *pane* element je njegov *parent* element.

***UI Automation*** biblioteka je *Microsoft* biblioteka koja pruža mogućnost programskog pristupa grafičkim kontrolama na *Microsoft Windows* sistemima [3]. Biblioteke podržava *Windows XP* operativni sistem ili noviji.

Ova biblioteka omogućava kretanje po strukturi stabla u kojoj se nalaze grafičke kontrole. Takođe omogućava filtriranje strukture stabla. *UI Automation* biblioteka pruža mogućnost pregleda stabla sa različitim nivoima preglednosti.

***Raw View*** je je potpuno stablo svih *AutomationElement* objekata čiji koren je *desktop*. Ovaj pregled je najdetaljniji**.**

***Control View*** je podskup *Raw View*-a. Ovaj pregled sadrži sve elemente vidljive korisniku. U izradi ovog rada pristup elementima se vršio koristeći ovaj prikaz.

***Content View*** je najednostavniji prikaz. Ovaj prikaz sadrži samo elemente sa kojima korisnik može biti u interakciji. Ipak za pristupanje pojedinim elementima pogodniji je *Control View* prikaz.

Elementi stabla predstavljaju se *AutomationElement* klasom. Podaci unutar *AutomationElement* kalase koji su korišteni prilikom pretrage stabla su:

- ***AutomationId*** je podatak koji koji je za svaku instancu pokrenute aplikacije. On je jedinstven među elementima istog tipa na istom nivou hijerarhije stabla. Ukoliko se ovaj element postavi prilikom razvoja aplikacije on umnogome olakšava razvoj automatskih testova.
- ***Type*** podatak nam govori kog tipa je kontrola, na primer *button*, *combo box* i slično.
- ***Name*** predstavlja ime kontrole. Ono ne mora da bude isto za svaku instancu pokrenute aplikacije. Koristi se za pretragu stabla ukoliko *automationid* nije postavljen.

Za svaki element stabla predstavljen *AutomationElement* klasom moguće je dobiti *parent* element. Takođe je moguće dobiti elemente na hijerarhiskom nivou neposredno ispod datog elementa, ove elemente u daljem tekstu ćemo nazivati *child* elementima. Moguća je takođe pretraga po elementima na istom nivou hijerarhije.

## 4. TESLA JEZIK

Korisničke akcije u ovom radu reprodukuju se pomoću *Tesla* jezika. Jezik je namenjen za automatsko testiranje grafičkog korisničkog interfejsa [4], i koristi biblioteku za automatsko testiranje [5]. Jezik omogućava simuliranje tastature i miša. Takođe omogućava generisanje vremenskog kašnjenja između simuliranih akcija.

Osnovni koncept jezika je postojanje objekata koji sadrže informacije i mogu primati poruke. Svrha slanja poruka je iniciranje akcija nad objektima. Akcije nad objektima definisane su u biblioteci jezika i zavise od tipa objekta. Postoje tri tipa poruka.

- **Unarne poruke** sadrže samo identifikator poruke koji se vodi iza objekta kome se šalje. Primer ovakve poruke je poruka "*click*" koja se šalje objektu tipa *button.*
- **Binarne poruke** predstavljaju binarne operatore. Iza binarne poruke se navodi jedan parametar.
- **Parametarske poruke** mogu sadržati jedan ili više parametara. Svaki parametar mora biti imenovan. Iza imena parametra se pise karakter ":" a zatim vrednost parametra.

Jezik podražava postojanje promenjivih. Promenjive su uvedene da bi kod bio čitljiviji. Promenjivim se mogu dodeljivati reference na objekte. Promenjive se definišu ključnom rečju "*var*". Dodela vrednosti vrši se pomoću operatora ":=".

Pozicioniranje na željeni element unurar stabla moguće je direktno iz koda *Tesla* jezika. Do željenog elementa se dolazi krećući se od korena strukture odnosno radne površine. Drugi način pretrage stabla je na osnovu parametara koji su zapisani u *XML* datoteci, koja se naziva repozitorijum.

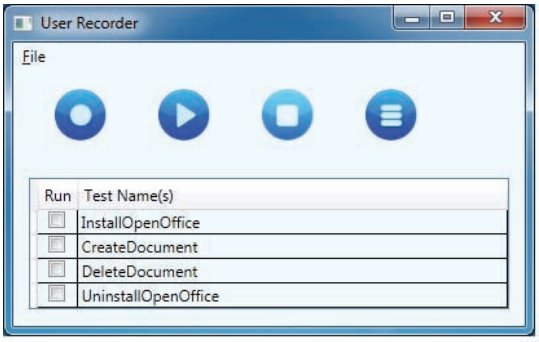
U repozitorijumu se nalaze podaci na osnovu koji se elementi pronalaze unutar stabla. Grafički element u repozitorijumi predstavljen je item *elementom*. Za svaki element definisana je putanja do njega (*path).* Putanju cine *rule* polja. *Rule* polja sadrže parametre *parent* elemenata a poslednje *rule* polje definiše parametre datog elementa. Kao parametri *rule* polja mogu se navesti *automationid*, *type* i *name*. Parametar *type* je obavezan. Da bi se ispoštovala hijerarhijska struktura *item* elementi mogu sadržati druge *item* elemente (*children* elemente).

U nastavku je dat *XML* kod koji definiše dugme ”1“ na kalkulatoru. *Item window0* predstavlja kalkulator. Taster broja jedan predstavlja *item* element sa imenom *button0*. Ukoliko se u *Tesla* kodu želi referencirati na ovo dugme navodi se *”window0.pane0.button0*“.

```
<repository version="2"
xmlns="http://at.com/at/repository/">
  <item name="window0">
      <path>
        <rule>
          <name>Calculator</name>
          <type>window</type>
        </rule>
      </path>
      <children>
        <item name="pane0">
          <path>
            <rule>
              <type>pane</type>
            </rule>
          </path>
          <children>
            <item name="button0">
              <path>
                <rule>
                  <name>1</name>
                  <automationid>
                    131
                  </automationid>
                  <type>button</type>
                </rule>
              </path>
            </item>
          </children>
        </item>
      </children>
  </item>
</repository>
```

## 5. PROGRAMSKO REŠENJE

Izgled glavnog prozora rekordera prikazan je na slici 2.




Slika 2 – *Glavni prozor aplikacije*

Na glavnom prozoru se nalaze tasteri za početak snimanja akcija, zaustavljanje snimanja, puštanje već snimljenih akcija i selektovanje liste snimljenih akcija koja se želi pustiti. Nakon zaustavljanja snimanja pojavljuje se prozor za izbor lokacije za snimanje i imenovanje snimljene akcije. Snimanje poslednje akcije je moguće i pomoću *file* menija.

Da se tokom snimanja akcija korisnik ne bi ometao u radu proces generisanja repzitorijuma i generisanja *Tesla* jezika izvodi se tek nakon što korisnik zaustavi snimanje. Tokom samog snimanja snimaju se samo neophodni podaci o korisničkim akcijama. Biblioteka za razvoj automatskih testova omogućava rukovanje korisničkim akcijama nad tastaturom i mišem. Dovoljno je pretplatiti se na događaje pritiska tastera i klika nekog od tastera miša.

Tokom samog snimanja akcija potrebno je snimiti vrstu akcije koju je korisnik preduzeo i vremenski pečat akcije. Takođe je potrebno snimiti podatke o elementu nad kojim je akcija izvršena. Da bi grafički element bio jednoznačno određen potrebno je pronaći sve njegove *parent* elemente. To omogućuje klasa *AElement* koja sadrži *AutomationElement* klasu i nudi neke dodatne mogućnosti. Podaci o elementima se snimaju kao instance klase *AElement*. Do problema dolazi ukoliko korisnikova akcija nad nekim elementom rezultuje uklanjanjem tog elementa sa radne površine. Tada nije moguće dobiti podatke o njemu i njegovim *parent* elementima.. Da bi se ovaj problem rešio svi podaci moraju se snimiti pre zatvaranja prozora i pre naredne korisničke akcije. Na sreću *Microsoft Windows* operativni sistemi pružja *API* koji omogućava blokiranje korisničkih akcija iz programskog koda. Prilikom rukovanja korisničkim akcijama na početku rukovaoca korisničke akcije se blokiraju dok se ne snime sve potrebne informacije. Nakon snimanja korisničke akcije ona se simulira i omogućavaju se dalje korisničke akcije.

Uz korisničke akcije snima se i vremenski pečat akcije da bi se kasnije tokom reprodukovanja korisničkih akcija one izvršavale se vremenskim razmacima u kojima ih je i korisnik realizovao.

Algoritami koji obrađuju pritisak tastera tastature i akcije mišem su slični. Kod obrade akcija pritiska tastera na tastauri pamtimo element koji je u fokusu a kod obrade akcija mišem elemetnt na koji je korisnik kliknuo. Pošto tokom rada korisnika fokus često ostaje na istom elementu, na primer tokom kucanja teksta u nekom dokumentu, u algoritmu za obradu akcija nad tastaturom se proverava da li se fokus promenio od protekle akcije. Ukoliko nije, ne traže se parent elementi nego se samo snima vremenski pečat i kod tastera. Ovo je urađeno da bi se skratilo vreme obrade događaja.

Nakon što korisnik završi snimanje korisničke akcije ostaju snimljene u dve liste. U jednoj su akcije koje si izvršene nad tastaturom, a u drugoj nad mišem. Akcije su u liste dodavane u redosledu u kom ih je korisnik i preduzimao. Svaki element liste sadrži vrstu korisničke akcije (na primar levi ili desni klik miša, taster tastature), vremenski pečat i listu sa elementom sa kojim je korisnik bio u interakciji i njegovim parent elementima. Ovakva struktura ne odgovara strukturi stabla u kojoj su se elementi nalazili i mora biti transformisana u stablo čiji je koren radna površina.

Formiranje stabla kreće od korena. Prvo se formira element koji predstavlja radnu površinu. Nakon toga se prolazi kroz gore pomenute liste sa grafičkim elementima i pronalazi prvi element na hijerarhijskom nivou ispod radne površine (njegov *child* element). Za pronađeni element se zatim pronalazi njegov prvi *child* element, i tako redom dok se ne stigne na najniži nivo hijerarhije. Na ovaj način se formira prvo podstablo radne površine. Postupak se ponavlja dok se svi elementi iz lista ne smeste u stablo vodeći pri tom računa da se neki element ne doda više puta.

Prilikom dodavanja svakog novog elementa stablu ono se upisuje u repozitorijum kao *item* element i generiše mu se ime koje se koristi u *Tesla* kodu. Ime se generiše tako što se uzme tip elementa i njemu doda indeks elementa (na primer *button0*, *button1*, *button2*). Opisana imena nisu potpuna. Da bi ime bilo potpuno u imenu treba dodati i imena *parent* elemenata. Da bi se pristupilo nekom elementu mora se prvo pristupiti svim njegovim *parent* elementima. Uporedo sa generisanjem repozitorijuma formira se *dictionary* struktura koja preslikava redni broj akcije na potpuno ime elementa nad kojim je izvršena. Ova struktura se kasnije koristi prilikom generisanja *Tesla* koda.

Na početku generisanja *Tesla* koda učitava se repozitorijum. Repozitorijum i datoteka sa *Tesla* kodom imaju isti naziv. Nakon toga se pronalazi prva akcija koju je korisnik izvršio. Akcije nad tastaturom i misem se nalaze u dve odvojene liste. Koja akcija je pre izvršena vidi se na osnovu vremenskog pečata. Za tu akciju se ponalazi puno ime elementa nad kojim je izvršena i poruka koja koja u *Tesla* kodu reprezentuje tu akciju. Za sledeći akciju se poredi vreme prethodne akcije i unosi se vremensko kašnjenje da bi se akcije reprodukovale sa vremenskom razlikom kako su i snimane. Sledi primer *Tesla* koda koji reprezentuje sabiranje dva broja na kalkulatoru.

```
var tm := System from: 'core' import: 'Time'
var repo := Repository load: 'Test1.xml'
timeMenagemet wait: 2
repo.window0.pane0.button0 click
timeMenagemet wait: 6
repo.window0.pane0.button1 click
timeMenagemet wait: 2
repo.window0.pane0.button2 click
timeMenagemet wait: 8
repo.window0.pane0.button3 click
```

Promenjiva *tm* omogućava rad sa vremenom. Sadržaj repozitorijuma se smešta u promenjivu *repo*.

Prva akcija je u stvari vremensko čekanje od dve sekunde što znači da korisnik u prve dve sekunde nije preduzimao akcije. Objekat *repo.window0.pane0.button0* predstavlja traster broja jedan na tastaturi. Respektivno slede pritisci tastera plus, dva i jednako sa odgovarajućim vremenskim kašnjenjima.

## 6. PROBLEMI PRILIKOM REALIZACIJE

Zbog mogućeg uklanjanja prozora sa radne površine nakon korisničke akcije dalje akcije korisnika su blokirane tokom obrade akcije. Ovo može predstavljati problem ukoliko obrada akcije traje duže od vremenskog kašnjenja između dva klika miša koji predstavljaju dvoklik. Podrazumevano vremensko kašnjenje je 500 milisekundi. Ukoliko se ovo vreme za snimanje rada nad nekim aplikacijama pokaže nedovoljnim *Microsoft Windows* operativni sistemi pružaju mongućnost podešavanja ovog vremena.

Nepostavljanje vrednosti za *automationid* tokom razvoja softvera stvara probleme realizovanom rešenju. Ukoliko *automationid* nije postavljen pristupiće se prvom elementu datog tipa na istom nivou hijerarhije. Ovo može dovesti do greške.

## 7. ZAKLJUČAK

Automatsko testiranje može razvoj softvera učininti bržim i jeftinijim. Da bi se softver mogao automatski testirati, o mogućnostima automatskog testiranja neophodno je voditi računa prilikom njegovog razvoja. Ukoliko se o tome vodi računa, realizovano rešenje pruža mogućnost brzog razvoja automatskih testova. Testove razvijene na ovaj način ponekad je potrebno ručno doraditi, na primer dodati provere vrednosti određenih tekst boksova i slično.

Opisano rešenje ostavlja dosta prostora za poboljšanja. Kod generisan na ovaj način nije dovoljno pregledan jer su imena promenljivih nejasna (*window0, window1*...). Ovaj problem bi mogao biti rešen davanjem korisniku mogućnosti da tokom rada definiše imena pojedinih kontrola u repozitorijumu, na primer upisivanjem imena za trenutno aktivnu kontrolu u neki tekst boks koji će biti prisutan svo vreme snimanja. Ovo bi zahtevalo prilično velike izmene, usporilo bi snimanje akcije, ali bi značajno doprinelo naknadnoj razumljivosti snimljenog testa.

Biblioteka za razvoj automatskih testova sadrži određena ograničenja. Ta ograničenja odnose se pre svega na nepodržavanje svih grafičkih kontrola koje se mogu pojaviti pod *Microsoft Window*s operativnim sistemima, kao na primer kontrola za izbor datuma i vremena (*DateTimePicker*). Ova ograničenja onemogućavaju snimanje akcija nad kontrolama koje data biblioteka ne podržava. Proširenje mogućnosti za rad sa ovim kontrolama zahtevalo bi proširenje mogućnosti biblioteke za automatsko testiranje, a zatim i proširenje samog rekordera.

## 8. LITERATURA


[1] *Squish GUI Testing*. 2013. *http://www.froglogic.com/squish/gui testing/ index.php.*

[2] Dušan T. Malbaški, “Odabrana poglavlja metoda programiranja”, Zrenjanin, 2001.

[3] *MSDN.UI Automation Overview.2013. http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms747327*

[4] Bojan Delić, “Programski jezik za automatizovano testiranje grafičkog korisničkog interfejsa”, Diploski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.

[5] Bojan Delić, “Softver za automatizovano testiranje funkcionalnosti grafičkog korisničkog interfejsa”, Master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.


**Kratka biografija:**




**Zoran Subotić** rođen je 1986. godine u Doboju. Višu tehničku školu u Doboju završio je 2008. godine, a tri godine kasnije stekao bečelor diplomu na Fakultetu tehničkih nauka, usmerenje Računarska tehnika i računarske komunikacije.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.31

# POBOLJŠANJE POUZDANOSTI ELEKTRODISTRIBUTIVNIH SISTEMA PRAVILNIM PLANIRANJEM ODRŽAVANJA STARIJE OPREME

# IMPROVEMENT OF RELIABILITY ON AGING POWER DELIVERY INFRASTRUCTURES WITH PROPER MAINTENANCE PLANNING

Marko Šuvački, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** - *U ovom radu opisane su karakteristike stare opreme i njen negativan uticaj na pouzdanost elektrodistributivnih sistema. Biće predložena rešenja problema stare infrastrukture iz aspekta planiranja sistema uz postugnut visok nivo ekonomičnosti.*

**Abstract** – *In this paper, the characteristics of aging equipment and its deleterious impact on the reliability of electric power distribution systems are described. It will be proposed solutions to the problems of aging infrastructure from the aspect of the planning system to achieve high level of cost-effectiveness.*

**Ključne reči***: stara infrastruktura, pouzdanost, planiranje.*

## 1. UVOD

U ovom radu će biti prikazano da ostarela elektrodistributivna infrastruktura zahteva komplikovane interakcije između menadžerskih, operativnih, inženjerskih i dizajnerskih aktivnosti tokom planiranja održavanja. Zbog svoje izrazite kompleksnosti, ne postoji konkretna definicija ovog problema koja u potpunosti pokriva sve situacije.
Ali za većinu elektroenergetskih preduzeća, ta definicija može glasiti ovako: „Stara infrastruktura predstavlja oblast sistema čiji je prosečni radni staž veći od predviđenog veka trajanja opreme od koje je sistem sagrađen". Ona identifikuje starost opreme kao aktivni činilac starenja sistema i podrazumeva da je to razlog zbog kojeg preduzeća imaju mnogobrojne probleme. Ipak, ukupna starost opreme, ili starost sistema, je najjednostavniji, najefikasniji način da se okarakteriše stara infrastruktura i da se identifikuju delovi sistema koji pate od tih problema.

## 2. ZASTARELA INFRASTRUKTURA

Mnoga preduzeća u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) i ostalom delu sveta imaju elektrodistributivne sisteme sa visokim procentom veoma stare opreme [1].
Količina takve opreme se povećava, i pogoršanja u vezi sa tim, u većini slučajeva, počinju da imaju štetan uticaj na pouzdanost sistema. U budućnosti će tako stara oprema biti sve kritičnija i u smislu povećanja troškova koji su posledica intenzivnijih aktivnosti za ocenu njenog stanja i povećanog broja otkaza. Rešavanje problema stare infrastrukture zahteva veliku korporativnu i regulatornu posvećenost.

Ali pre nego što se krene na razmatranje ovog problema, potrebno je sagledati stvar sa druge tačke gledišta: „Zašto se uopšte brine o starosti opreme?“ Postoje mnogobrojni odgovori na ovo pitanje, ali ovde će biti obrazloženi samo oni najvažniji, a to su:

- Povećana verovatnoća pojave kvara.
- Povećani su troškovi održavanja.
- Rezervni delovi se teško mogu ponovo upotrebiti, ali i nabaviti.
- Stara oprema postaje tehnološki zastarela.
- Povećani su troškovi potrošačima zbog prekida napajanja.

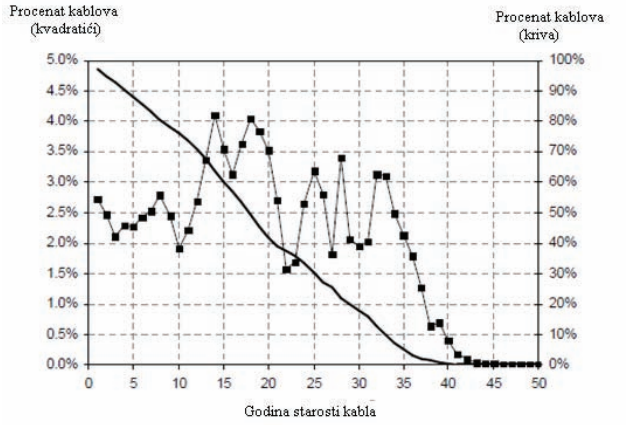
Starosni profil opreme je jednostavan dijagram koji prikazuje procenat opreme unutar različitih starosnih kategorija. Za veći broj opreme, korisno je imati odvojene kategorije za svaku godinu. Za manji broj, ima smisla grupisati opremu po npr. petogodišnjim (1-5, 6-10, 11-15) ili desetogodišnjim kategorijama (1-10, 11-20, 21-30, ...). Na Sl.1. je dat primer starosnog profila podzemnog kabla. Kvadratići se posmatraju prema levoj vertikalnoj osi i označavaju procenat kablova čija je starost u vrednosti između posmatrane godine i prethodne godine. Npr. prvi kvadratić koji se nalazi skroz levo na slici, pokazuje da je oko 2,7% kablova staro između 0 i 1 godine starosti. Slično tome, oko 3,5% kablova je starosti između 19 i 20 godina itd.

Starosni profili opreme sadrže mnogo podataka, ali ponekad mogu biti teški za interpretaciju pošto postoji velika razlika, iz godine u godinu, između datuma kupovine opreme, datuma njenog instaliranja i datuma remonta i vraćanja opreme u mrežu, što rezultira promenljivim dijagramom. Iz tih razloga, često je korisnije posmatrati „krivu preživljavanja“ koja prikazuje procenat kablova koji su „preživeli“ zadatu godinu. U slučaju da je 5% od svih kablova starosti između 0 i 1 godine, to znači da je 95% svih kablova „preživelo“ više od 1 godine. Slično tome, ako je 5% kablova starosti

---

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Miroslav Nimrihter, vanr. prof.**

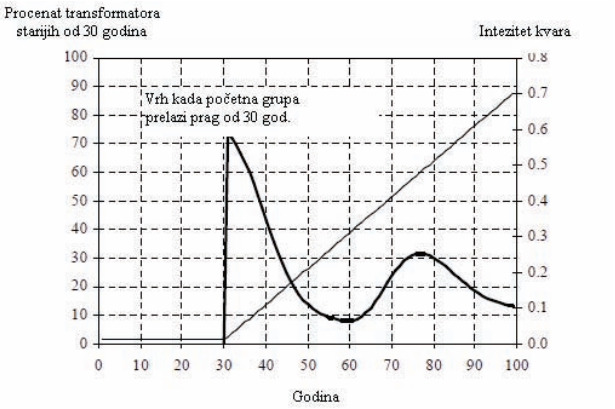
između 1 i 2 godine, tada je 90% kablova starije od 2 godine, itd. „Kriva preživljavanja“ je, takođe, prikazana na **Sl.1** gde je predstavljena debljom linijom i odgovara desnoj vertikalnoj osi. Npr. pokazuje da je oko 50% kablova starije od 18 godina. To se određuje tako što se prati horizontalna linija od desne vertikalne ose od vrednosti 50% sve dok se ne preseče kriva, a zatim se spušta vertikalno do vrednosti na horizontalnoj osi od oko 18 godina. Na sličan način, može se odrediti da je oko 20% kablova starije od 29 godina i oko 10 % kablova starije od 33 godine. U ovom slučaju, veoma mali broj kablova je stariji od 40 godina.




*Slika 1. Dijagram starosnog profila i „kriva preživljavanja“*

Međutim, niska srednja godina starosti može biti rezultat povećanja broja opreme, pa je iz tih razloga bolje posmatrati količinu veoma stare opreme umesto srednju godinu starosti. Razmatra se grupa od 1000 transformatora. Jedan način je posmatrati dijagrame i „krive preživljavanja“ koji postaju glomazni pri ispitivanju trendova tokom više godina. A drugi, bolji pristup je obeležavanje početnog praga hronološke starosti i merenje procenta opreme koji taj prag prelaze. Prema tome, konkretno u ovom slučaju za transformatore, od interesa je znati procenat opreme koja je starija od 30 godina. Ta informacija je prikazana na Sl.2. Prvih 30 godina nijedan deo opreme ne ispunjava kriterijum. 31. godine, oko 73% transformatora je još uvek u pogonu i prekoračuje prag od 30 godina. Nakon što se brzo zamene, količina veoma stare opreme starije od 30 godina će pasti na ispod 10% do 60. godine, nakon čega se ponovo povećava.

Kako se radni vek delova opreme približava svome kraju, tako, do tada konstantan, intezitet kvara počinje da se povećava i komponente počinju da se ubrzano troše. U cilju modelovanja inteziteta kvara, i podaci o brojnosti opreme i podaci o otkazu se moraju dobiti. Podaci o otkazima, minimalno što treba da sadrže u sebi su godine kada su se desili otkazi za svaki deo opreme. Podaci o osobinama opreme omogućuju razvoj različitih modela za različite vrste opreme. Poželjno je imati što više podataka o otkazima da bi više kombinacija moglo da se ispita bez gubitka značaja statitistike. Nakon uvrštavanja brojnosti i statistike kvarova, poželjno je identifikovati model koji najbolje opisuje starosne karakteristike u odnosu na kvarove.




*Slika 2. Procenat transformatora starijih od 30 godina*

Za uspešno prilagođavanje modela, najčešće se koriste 3 forme modela: eksponencijalni model, model sa konstantnim eksponentom i linearni model. Nakon što je razvijen model starenja u odnosu na intezitet kvara za različite vrste opreme, često je poželjno ispitati uticaj stare opreme na pouzdanost sistema. To može biti urađeno za osnovni slučaj i za različite proaktivne strategije zamene. Uobičajene metrike pouzdanosti sistema od interesa su konačan broj kvarova, SAIFI i SAIDI. Da bi se modelovali SAIFI i SAIDI, neophodno je odrediti srednji broj prekida i trajanje prekida, za različite kategorije opreme.

Proces modelovanja sistema:

1. Odrediti trenutnu količinu opreme za svaku kategoriju i za svaku godinu (ili za svaki interval godina). Svakom intervalu odgovara intezitet otkaza $\lambda$.
2. Odrediti očekivani broj kvarova za svaki interval, koji je jednak proizvodu $\lambda$ i količine opreme u odgovarajućem intervalu.
3. Odrediti količinu opreme koja će biti zamenjena u svakom intervalu zbog kvarova. To je jednako proizvodu očekivanog broja kvarova i srednjeg broja zamenjene opreme usled kvara. Smanjiti količinu opreme u nekom intervalu, i dodati istu količinu opreme u početni interval novonastale kategorije zamenjene opreme.
4. Odrediti koliki je doprinos pokazateljima „SAIFI“ i „SAIDI“ zbog kvarova na opremi.
5. Izvršiti proaktivnu zamenu. Da bi se to uradilo, treba identifikovati opremu koja treba da bude zamenjena, ukloniti željenu količinu iz odgovarajućeg intervala, i dodati istu količinu u početni interval kategorije zamenjene opreme.
6. Izdeliti svaki interval po godinama i odrediti $\lambda$ u skladu sa tim.
7. Vratiti se na korak 2 i ponavljati postupak sve dok ne budu simulirane sve zadate godine.

## 3. METODE PREDVIĐANJA EFEKATA STARENJA INFRASTRUKTURE

Planiranje predstavlja proces donošenja odluka koji nastoji da identifikuje moguće opcije aktivnosti održavanja i odredi koja je najbolja u datoj situaciji [3].

Namera je odrediti optimalniji raspored budućih resursa i akcija zarad postizanja ciljeva kompanije. Obično, među najvećim brigama planiranja su finansijska razmatranja – smanjivanje troškova, povećanje profita ili tome slično. Naravno, kvalitet i pouzdanost usluge se skoro uvek razmatraju. Često su i drugi kriterijumi važni, uključujući uticaj na životnu sredinu, sliku u javnosti i drugi niz faktora koji su važni za preduzeća za proizvodnju energije i njenu distribuciju. Bez obzira, planiranje predstavlja proces identifikovanja alternativa i izbor najboljih među njima. Pre početka planiranja, najbolje za kompaniju je da pregleda svoje pravilnike, tj. da definiše šta je vodeći cilj i da definiše sistem vrednosti. To je posebno bitno u pogledu suočavanja sa izazovom kao što je starenje infrastrukture. Nakon što su utvrđeni pravilnici, može se sprovoditi proces planiranja koji je ovde predstavljen u 5 koraka:

Korak 1 - identifikacija obima problema (pre upuštanja u skupljanje podataka, studiju, i analizu, svaka grupa planera treba da identifikuje svoje ciljeve – tačno šta svako od njih treba da radi).

Korak 2 - identifikacija ciljeva (česta greška koja se javlja kod planera je početi rešavanje pre nego što se specificiraju ciljevi za sve delove procesa planiranja. Jedna stvar može biti identifikacija problema, ali ciljevi moraju biti objašnjeni do detalja da bi planeri tačno znali šta treba da postignu).

Korak 3 - identifikacija alternative (treći korak je često najkritičniji deo planiranja. Treba naći šta treba da bude urađeno – planeru su sve alternative otvorene. Koje su moguće opcije? Koje promene su moguće u tim opcijama? Ova funkcija obuhvata određivanje opsega mogućnosti za rešavanje problema).

Korak 4 - procena alternative (sve alternative treba da budu procenjene uz opšte i obimne standarde, da se razmotre iz svakog aspekta značajnog za sve opcije i da adresiraju sve ciljeve. Alternative moraju biti procenjene i po kriterijumu i po atributima. Kriterijum predstavlja zahteve i ograničenja sa kojima se plan mora susresti, i sadrži: napon, promenu frekvencije, ostale standarde usluge, pravila za neočekivana dešavanja, ograničenja snage, bezbedonosne i zaštitne standarde itd. Neki kriterijumi su zadovoljeni samo ako: npr. standard dozvoljava pad napona za 5%, tada je alternativa prihvatljiva ako napon ne padne ispod tih 5%. Sa druge strane, atributi predstavljaju ekonomske vrednosti sa kojima planer želi da postigne najbolje moguće rezultate u okviru ograničenja koja su postavljena sa drugih aspekata problema. Atribut je minimalna ili maksimalna vrednost sa kojom se ispunjavaju svi kriterijumi.

Korak 5 - odabiranje optimalne alternative (u mnogim procedurama planiranja, ova funkcija kombinuje se sa funkcijom procene i teško je naći gde se procena završava, a gde počinje odabiranje. U stvari, efikasne metode planiranja na računaru koje pomažu inženjerima da za kraće vreme i sa manje napora završe proces planiranja, teže kombinovanju koraka od 3. do 5. u jednom procesu. Ali bez obzira, najvažnija tačka u identifikaciji procesa procene i odabiranja je definicija „sparivanja“ onog najboljeg što je do tada korišćeno).

## 4. MOGUĆA REŠENJA PROBLEMA STARE INFRASTRUKTURE

Prva preporuka: implementacija multifunkcijskog i mnogodelnog upravljanja postignutim rezultatima– RDM. Ovde je reč o prioritetu trošenja sredstava na koordinisan način fokusiran na pouzdanost sistema. RDM (eng. *Results Driven Management - RDM*) predstavlja osnovni koncept koji leži u srcu održavanja na bazi pouzdanosti, u određivanju prioriteta u ograničenom budžetu, u optimizaciji na osnovu pouzdanosti i u spajanju svega toga za potrebe efikasnijeg funkcionisanja preduzeća. Taj koncept jednostavno glasi: trošiti sredstva na onom mestu gde će se ostvariti najveći napredak u smislu poboljšanja usluge potrošačima. Biti spreman za izmene fondova od jednog budžeta do drugog, i trošiti sredstva na netradicionalan način ukoliko će takav pristup dovesti do veće pouzdanosti sistema za isti iznos ulaganja.

Ovde će biti predstavljene ideje, koncepti i akcioni programi od kojih će svaki individualno smanjivati neki od problema pouzdanosti zastarele infrastrukture. Najefikasnije je ako se one sprovode u dobrom upravljačkom programu ili koordiniranom RDM programu. Preporučena rešenja su:

1. Redukcija napona u primarnom delu distributivne mreže (redukcija napona može produžiti vek trajanja i smanjiti intezitet kvara opreme čija je zamena često veoma skupa i gotovo sigurno će izazvati prekide potrošačima prilikom kvara. To se može sprovesti veoma brzo uz minimalne troškove).

2. Prihvatanje planiranja na osnovu pouzdanosti i inženjerskih metoda (preduzeća moraju proširiti upotrebu tradicionalnih alata sa modernim inženjerskim alatima i alatima planiranja koji direktno funkcionišu sa očekivanom pouzdanošću usluge. To su numerički alati koji mogu proceniti mere koje obezbeđuju pouzdanost usluge, efikasno postižući zadate ciljeve koje je preduzeće postavilo u smislu kvaliteta usluge potrošačima. Ovakvo korišćenje nekih alata će imati 3 pozitivna efekta na rezultate koje preduzeće dobija od sistema i od svih novih kapitalnih investicija: poboljšan kvalitet usluge potrošačima, smanjenje troškova i poboljšano predviđanje rezultata).

3. Korišćenje metoda planiranja pri ograničenom budžetu (generalno, prioriteti kapitalnih projekata, odabiranje i odobravanje faze procesa planiranja i inženjerskog procesa, treba da budu izvršeni u skladu sa tzv. metodama planiranja pri ograničenom budžetu (eng. *Budget Constrained Planning – BCP*). BCP metode treba da se koriste u cilju usklađivanja unutar biznis modela i da dozvole pravilno poređenje troškova između odeljenja koje efikasno balansiraju između kapitalnih i operativnih troškova. Pomoću BCP metoda se smanjuju kapitalni troškovi za više od 30%, uz zadovoljavajući nivo pouzdanosti sistema.

U svakom slučaju, izvršni menadžment treba da očekuje, kada se sprovodi BCP unutar struktura RDM, povećanje broja zaposlenih i povećanje troškova (za 10% ili više) za potrebe inženjeringa i pravljenja funkcija planiranja. Generalno, veoma je efikasno trošiti novac na bolje alate koji su posvećeni poboljšanju pouzdanosti, jer oni ostvaruju značajne rezultate).

4. Optimizacija prema PBR pravilima (eng. *Performance Based Rates*). PBR predstavlja ugovor koji nagrađuje preduzeće za pružanje pouzdane usluge ili ga kažnjava ako nije zadovoljen dogovoreni nivo pouzdanosti usluge (uglavnom postoji tzv. ”mrtva zona” u kojoj nema ni nagrada ni kazni, npr. ako je vrednost indeksa SAIDI između 2 i 3 sata godišnje). Ugovor može biti sproveden u odnosu na indekse pouzdanosti ili može biti drugačije formulisan prema zahtevima korisnika usluga.

5. Preispitivanje i prerada svih standarda i direktiva (deregulacija, konkurentnost, izmene u očekivanju potrošača, novi inženjerski alati i alati za planiranje, operativni IT alati i PBR, sve to znači da će se odluke i prioriteti značajno promeniti kada se prerade standardi, direktive i politike.

6. IT (eng. *Information technology*) treba da se fokusira na uslugu potrošačima (tokom 80 – tih i 90 – tih godina prošlog veka, elektrodistributivna preduzeća su počela implementaciju velikih informacionih sistema u upravljanju njihovih postrojenja, inženjerstvu i operativi. Ona sadrže AM/FM (eng. *Automated Mapping and Facilities Management*), ALS (eng. *Automated Line Switching*), AMR (eng. *Automated Meter Reading*), CAD (eng. *Computerized Automated Design*), OMS (eng. *Outage Management Systems*), WOM (eng. *Work Order Management*), RDM (eng. *Result Driven Management*) i DMS (eng. *Distribution Management System*) koji spajaju neke ili sve funkcije zajedno. Neki od ovih sistema (OMS) direktno utiču na kvalitet usluge potrošačima. Ostali indirektno utiču i uglavnom se opravdavaju na osnovu smanjenja troškova ili na osnovu efikasnosti poboljšanja. Odluke sistema, koje i koliko IT tehnologija treba sprovesti, i kako najefikasnije ih iskoristiti, treba da budu bazirane na principu „koliki je dobitak za uloženi novac“ koji je primenjen u svim ostalim odeljenjima i funkcijama).

7. Upravljanje opterećenjem transformatora (eng. *Transformer Load Management–TLM*) predstavlja jedan od mnogih IT sistema koji se primenjuju u elektrodistributivnim sistemima. Zaslužuje specijalnu pažnju zbog toga što može dosta efikasno da poboljša uslugu potrošačima, da direktno doprinese smanjenju inteziteta otkaza među transformatorima i poseduje najviši odnos dobijenog i uloženog među IT aplikacijama.

## 5. ZAKLJUČAK

Probleme stare infrastrukture, dodatno otežavaju povećana opterećenja opreme. Povećano oterećenje opreme ne samo da ubrzava njeno pogoršanje, već i ograničava mogućnost obnavljanja napajanja nakon pojave kvara. Uglavnom, većina potrošača u prekidu može se napajati sa drugog fidera preko normalno otvorenog rastavljača. Međutim, danas, zbog velikih opterećenja, preduzeća nisu u mogućnosti da deluju na ovakav način, što dovodi do preopterećenja opreme. Rešavanje ovog problema zahteva instaliranje dodatnih fidera i/ili pronalaženje dodatnih lokacija za normalno otvorene rastavljače, što iziskuje povećanje investiranja. U izvesnom smislu, zastarela infrastruktura menja celokupnu poslovnu paradigmu za mnoga elektrodistr-ibutivna preduzeća. U prošlosti, važno je bilo graditi nove stvari. U budućnosti će fokus biti na upravljanju starim stvarima. U prošlosti, suština konkurentnosti je bilo efikasno izvršavanje konstruktivnih projekata.

U budućnosti, suština konkurentnosti se mora pomeriti na rigoroznu pouzdanost i upravljanje troškovima na osnovu podataka procene i detaljnih modela pouzdanosti. U prošlosti, planovi kapaciteta nisu implicitno u sebi podrazumevali pouzdanost; problemi pouzdanosti su rešavani reaktivno. U budućnosti, planovi pouzdanosti i planovi kapaciteta se moraju razmatrati simultano; problemi pouzdanosti se moraju rešavati proaktivno.

Starost infrastrukture dovodi i do povećanja regulatorne i medijske pažnje na performansama pouzdanosti. Dok potrošači očekuju visok nivo performansi, zastarela oprema čini pouzdanost sve lošijom iz godine u godinu. Za rešavanje ovog paradoksa, uspešna elektro-distributivna preduzeća moraju rešavati probleme pouzdanosti na rigorozan i sveobuhvatan način, tako da akcionari budu uvereni da će zadati ciljevi u smislu pouzdanosti biti postignuti po najnižim mogućim troškovima.

## 6. LITERATURA


**[1]** Richard E. Brown: „Electric Power Distribution Reliability“, Taylor & Francis Group, 2009.

**[2]** R. E. Brown, G. Frimpong, H. L. Willis: „Failure Rate Modeling Using Equipment Inspection Data”, IEEE Transactions on Power Systems, May 2004.

**[3]** H. Lee Willis, Gregory V. Welch, Randall R. Schrieber: „Aging Power Delivery Infrastructures“, ABB Power T&D Company Inc. Raleigh, North Carolina, 2001.

**[4]** K. Abdolall, G. L. Halldorson, D. Green: “Condition Assessment and Failure Modes of Solid Dielectric Cables in Perspective”, IEEE Transactions on Power Delivery, 2002.


**Kratka biografija:**




**Marko Šuvački** rođen je u Zrenjaninu 1985. god. Diplomski- master rad odbranio je 2013. godine na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.

# Implementation of server push mechanism based on TR-069 and TR-111 protocols for network device management

Milan Savić, Ištvan Papp, *Member, IEEE,* Ivan Rešetar, Dušan Majstorović and Danijel Spasojević

***Abstract* — This paper proposes and evaluates an approach for managing devices over the network using TR-069 and TR-111 protocols. Method relies on a server push mechanism that enables instant initiation of interaction with a device. TR-069 foresees that the communication between a device and the configuration server is the sole responsibility of the device. Therefore the so called "connection request" mechanism that enables the server to initiate a session is necessary. The role of the mechanism is to enable the server to authenticate at the device side and in that way initiate a session with the client. In case of TR-069 the connection request mechanism is based on Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) and the device acts as an HTTP server. In a case when device is behind Network Address Translation (NAT) gateway TR-111 connection request is used, in which case the device acts as an UDP server.**

***Keywords* — TR-069, TR-111, server push, connection request.**

## I. Introduction

THE purpose of this paper is to propose an approach for network device management while utilizing a server push method. As shown in [1], TR-069 CPE WAN Management Protocol (CWMP) is a technical specification that defines remote management of end-user devices. It provides the communication between customer-premises equipment (CPE) and Auto Configuration Servers (ACS), as shown in Fig. 1.

Communication between CPE and ACS is initiated and terminated exclusively by the device. Connection request represents the mechanism that enables the ACS to notify the CPE to start a session. In case of the connection request CPE acts as a server and ACS acts as a client. Essentially it is an authentication process. After the authentication is completed CPE engages in a session with ACS. Session flow and termination are not under the influence of connection request.

When CPE has a routable IP address TR-069 connection request is used. In case when the device is behind a NAT gateway, TR-111 connection request is being used instead.

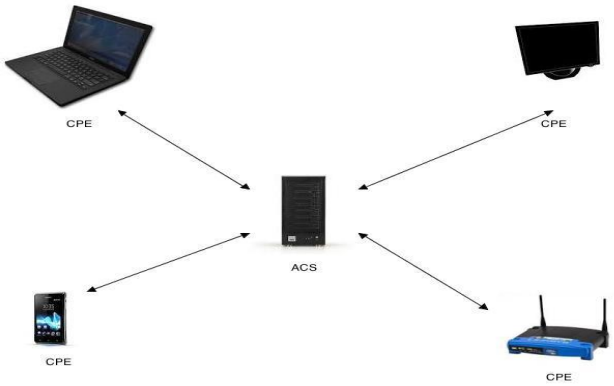



Fig. 1. TR-069 overview.

There are other solutions that provide server push mechanism [2], but they propose a customized version of the CWMP protocol which raises issues about compatibility. A method for establishing connection through NAT is presented in [3], where Transmission Control Protocol (TCP) is used instead of User Datagram Protocol (UDP). Both solutions are not standardized and are hard to implement in practice.

## II. Solution concept

When ACS has the need to inform CPE that it should engage in a session, an authentication process has to be performed. Authentication protocol depends on the system setup. If a CPE has the routable IP address TR-069 connection request is used and the device acts as a HTTP server. On the other hand, if NAT gateway resides between ACS and CPE, as shown in Fig. 2, a different approach must be taken. In that case device uses an UDP-based server.

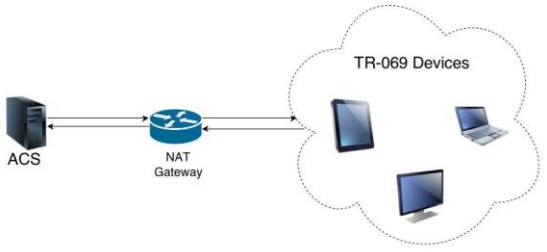



Fig. 2. Communication between ACS and CPE over a gateway

Milan Savić and Ištvan Papp are with the Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: msavic@ rt-rk.com).

Ivan Rešetar, Dušan Majstorović and Danijel Spasojević are with the RT-RK Institute for computer based systems, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia

**NAPOMENA:**

**a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Milana Savića. Mentor je bio dr Ištvan Pap.**

**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.**

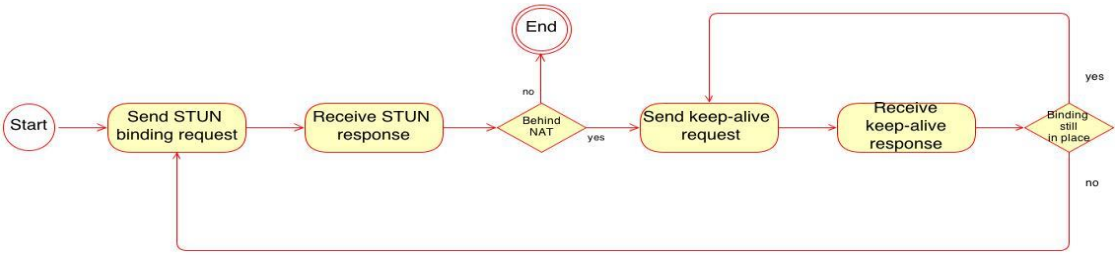



Fig. 3. STUN binding discovery process

### A. *TR-069 Connection request*

This mechanism is used when CPE is not behind the NAT gateway. Mechanism relies upon HTTP digest authentication [4]. CPE acts as a HTTP server and ACS has the client role. All the data necessary for authentication process are conveyed through HTTP messages and the rest of significant information is available in TR-106 data model [5]. As show in Fig. 4, successful authentication becomes a trigger to start a session. First, client sends HTTP 1.1 Get request and receives unauthorized request code with information that are essential for successful authentication. Combined with data model information client has all the needed information for successful authentication. Client then sends a HTTP 1.1 Get request with authorization information, whereas server responds with HTTP 200 OK code. This serves as a signal to the CPE that it should start a session with ACS. Although completely in control when it comes to session initiation, connection request has no further control over a session flow.

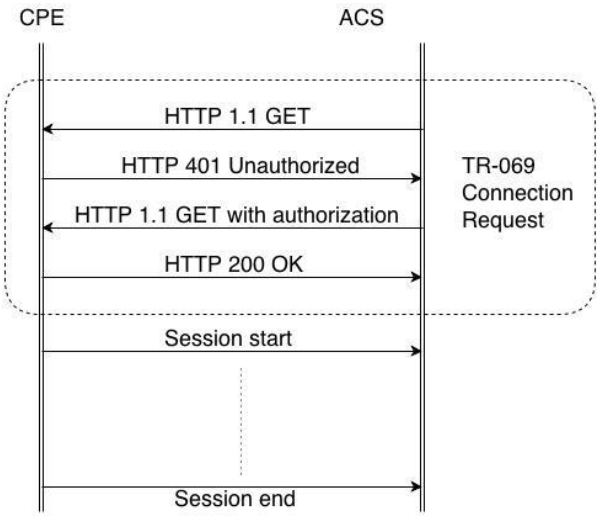



Fig. 4. Session flow between ACS and CPE

### B. *TR-111 Connection request*

When CPE is behind a NAT gateway TR-111 connection request is used [6]. As shown on Fig. 5, connection request comprises of two server/client parts, one being the STUN server and client and the other being a TR-111 server and client.

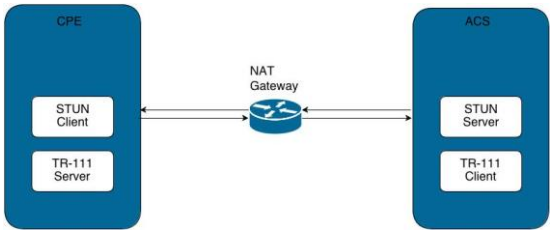



Fig. 5. Essential parts of TR-111 connection request

The purpose of STUN server and client is to discover address and port translation and to maintain binding over time. STUN server may or may not be hosted by the same server running the ACS, whereas client is part of CPE. Software mechanism is fairly simple. Client sends a request to the server and whereas server sends back the IP address where response should be sent. STUN client compares the IP address from a message with the IP address from which the original request was sent and determines if CPE is behind a NAT gateway. If that is the case then client and server must engage in periodic keep-alive sessions, where client sends the request from a secondary port in order to maintain the NAT binding. Request contains IP address where the response is going to be sent. If the message arrives on a primary port, then binding is still in place, if the message doesn't arrive or it arrives on a secondary port then binding has changed. In that case binding request should be repeated. Fig. 3 shows the binding discovery process. To ensure that a binding request is delivered without any problems STUN client retransmits the message until server responds or until timeframe for message retransmission expires.

One thing that should be taken into consideration is that STUN server must not be behind a gateway. This means that the server will not work if it is located in another private address realm [7].

Second part of the connection request is TR-111 server and client. Server is located on the CPE, as in the case of TR-069 connection request, but now it is a UDP-based server. This is a one direction communication, client sends request to a server and if authentication is successful CPE engages in a session and no response is generated from a server. TR-111 client has no means to discover status of authentication.

TR-111 connection request can be divided into two parts that run simultaneously:

- STUN part
- Connection request part.

STUN is completely independent from the rest of the system. It can be a part of ACS as shown in Fig. 5 or it

may be a completely independent module. Beside its main purpose to discover address and port translation, STUN server has an additional role in TR-111 connection request. It is responsible for delivering messages to a TR-111 server. Reason why that is the case is because both STUN server and TR-111 client must operate on the same port [6]. Fig. 6 shows how TR-111 connection request process looks like. Database is used to store all relevant information about TR-111 connection request, as well as NAT binding information that were discovered during STUN binding discovery process.

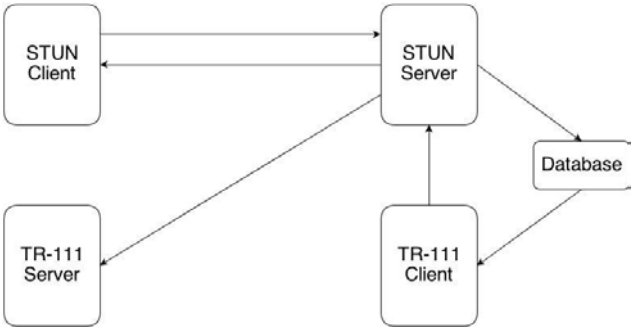



Fig. 6. TR-111 authentication process

### C. *Concept overview*

As shown in Fig. 7, TR-111 and TR-069 solutions coexist with each other. ACS is responsible for making the decision which connection request is going to be used, based on information gathered from STUN server. By having both connection requests ACS can interact with CPE regardless of system setup. However, major drawback is related to TR-111 connection request, where upon client/server authentication no response is generated from a server. Client has no knowledge of the authentication status. Due to packet losses client request may not be successful and for that reason client retransmits the message in order to ensure that at least one request will arrive at destination. First message that server receives undamaged is authenticated and other messages with the same content are discarded. If client tries to authenticate too often his requests are denied, that serves as a mechanism against distributed denial-of-service (DDoS) attacks.

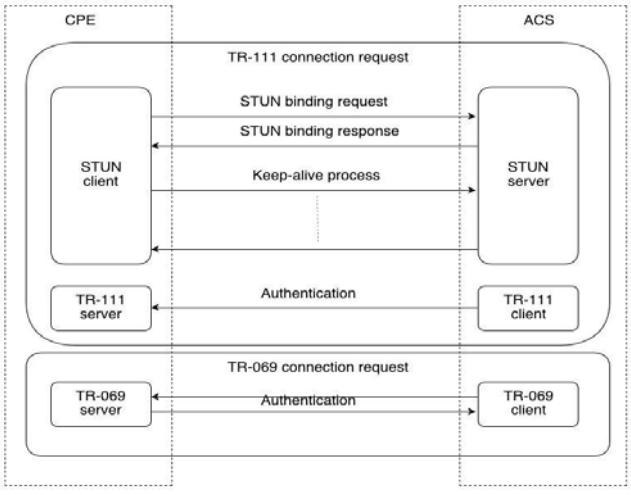



Fig. 7. Server push mechanism based on TR-111 and TR-069 connection requests

Combining TR-111 and TR-069 connection requests enables the device to be managed in a local network as a part of a small system, as well as a part of a larger scale system, as shown on Fig. 8. TR-069 and TR-111 server push mechanism is highly usable in smart house solutions. For example, user could monitor and manage his household appliances while at home, and also monitor them on the go as his house is a part of a large monitoring system.

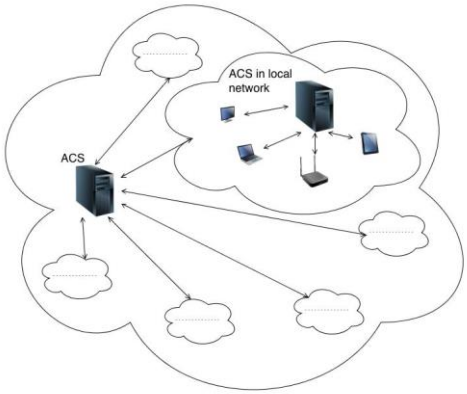



Fig. 8. Management of CPE devices on a smaller and larger scale

## III. Experimental Results

The proposed concept was validated on Linux based set-top-box (STB) with ARM processor for the CPE side and on Intel based server for the ACS side. In TR-069 all communication is done through periodic sessions and if there is no connection request implementation then data is transferred only through them. Problem with these periodic sessions is that when they are too frequent and there is a significant number of clients server gets overloaded and that affects the performance of the whole system. Usually periodic sessions in some cases are on daily basis, but for the purpose of measuring system response they were lowered to 5 seconds. Fig. 9 shows major advantage of server push mechanism and that is consistency. Results with periodic informs are unpredictable, user could zap channel or set a parameter on the device right in time when periodic inform is being performed and then a zap time would be significantly lower.

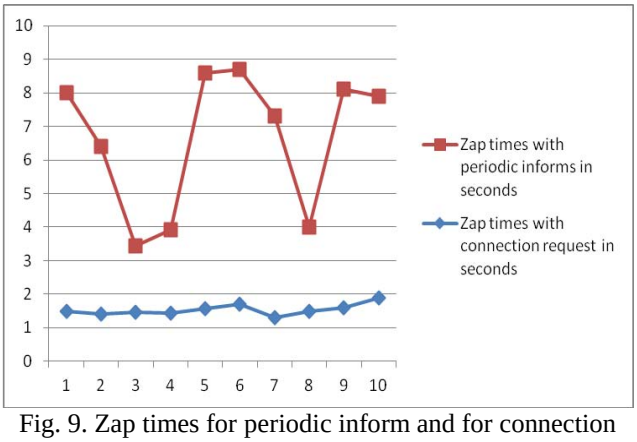



Fig. 9. Zap times for periodic inform and for connection request

## IV. Conclusion

By implementing server push mechanism, we have achieved almost instant client response. Waiting for data to update brings uncertainty to the whole system. Using the proposed server push mechanisms this issue is no longer valid. Proposed implementation of this method ensures that no matter the system setup, the device in which connection request is integrated will be reachable from the server. There are issues regarding TR-111 connection request in its lack of the successful authentication response. The problem is in UDP connection that is being used. This problem can be solved by inserting authentication status into the data model, but this would violate the standard specification. Another issue is privacy and it is not really a server push issue, it is a TR-069 issue. Sending private data to a server on a third location raises a big privacy concern. The solution might be in small household systems where the ACS would reside inside a house and would be used to monitor and control household appliances. Without a third person having access to your personal data, privacy issue is basically non-existing.

## Acknowledgment

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Grant TR-32014.

## References

[1] DSL Forum, "TR-069 CPE WAN Management Protocol v1.3", July 2011.

[2] Tiago Cruz, Paulo Simões, Patrício Batista, João Almeida, Edmundo Monteiro, "CWMP Extensions for Enhanced Management of Domestic Network Services", LCN 2010, Denver, Colorado.

[3] Jeffrey L. Eppinger," TCP Connections for P2P Apps: A Software Approach to Solving the NAT Problem", Institute for Software Research International, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 2005.

[4] "HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication", IETF RFC 2617, 1999.

[5] DSL Forum, "TR-106 Amendment 1 Data Model Template for TR-069 –Enabled Devices", November 2006.

[6] DSL Forum, "TR-111 Applying TR-069 to remote management of Home Networking Devices", December 2005.

[7] "STUN – Simple Traversal of User Datagram Protocol Through Network Address Translators", IETF RFC 3489, March 2003.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.18

# PRIMENA FAZI LOGIKE KOD UPRAVLJANJA KOTLA NA BIOMASU

# AN APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN CONTROL OF BIOMASS BOILER

Petar Šantor, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAĆUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu projektovan je fuzzy regulator za upravljanje dotokom energenta u kotao na biomasu. Dato je teorijsko objašnjenje pojma biomase, princip funckionisanja kotla na biomasu, fuzzy regulatori, njihova struktura i način projektovanja. Sistem je simuliran upotrebom PID i fuzzy regulatora i dobijeni rezultati su diskutovani. Testirano je kako spoljašni poremećaji utiču na odziv sistema.*

**Abstract** – *In this paper attention is paid to design of fuzzy logic control of fuel feed in biomass boiler. In theory is explained the term of biomass, principles of how biomass boilers function, fuzzy regulators, their structure and design. The system with designed fuzzy regulator and PID controller was simulated and results are discussed. System was tested with various disturbances and results are discussed.*

**Ključne reči:** *Kotao na biomasu, Fuzzy regulator, Simulink*

## 1. UVOD

Kotlovi na pelet biomase koriste se za zagrevanje kuća, stanova i poslovnih objekata. Najčešće se koriste za zagrevanje vode koja cirkuliše kroz sistem cevi i radijatora kao i kod klasičnog centralnog grejanja na drva ili ugalj samo što ovi kotlovi na pelet imaju potpuno automatski rad. Automtizacija je bitna jer omogućava optimalne uslove rada koji se mogu posmatrati iz dve perspektive - ekonomske i ekološke. Sa ekonomskog stanovišta želimo da održavamo željenu temperaturu u objektu sa što manje goriva tj. da obezbedimo maksimalnu efikasnost. Sa stanovišta ekologije, automatizacija omogućava najmanju koncentraciju štetnih komponenti u gasovima koji se oslobađaju prilikom procesa sagorevanja [1].

Svrha ovog rada je da se istraži opravdanost fuzzy regulacije kao alternativnog pristupa kontroli temperature u objektu regulacijom kotla na pelet biomase.

Akcenat je na projektovanju fuzzy regulatora za upravljanje dotokom energenta i ispitivanje uticaja promene spoljašnjih uslova na odziv sistema. Razlog projektovanja fuzzy regulatora je nemogućnost podešavanja parametara PID regulatora eksperimentalnim metodama zbog uticaja naglih promena spoljašnje temperature na željenu temperaturu u objektu usled nelinearnosti i inercije sistema. Za projektovanje fuzzy regulatora i simulaciju rezultata korišćen je programski paket Matlab i njegovi alati Simulink i Fuzzy Logic Toolbox. Program za automatsko upravljanje kotla na biomasu napisan je na osnovu iskustva i nije detaljno opisan način na koji je realizovan, već je osvrnuto na najbitnije delove. Sa druge strane, projektovanje fuzzy regulatora je detaljno objašnjeno. Za izradu rada korišćeni su objavljeni naučni radovi iz časopisa, sa konferencija, kao i knjige iz oblasti fuzzy regulatora.

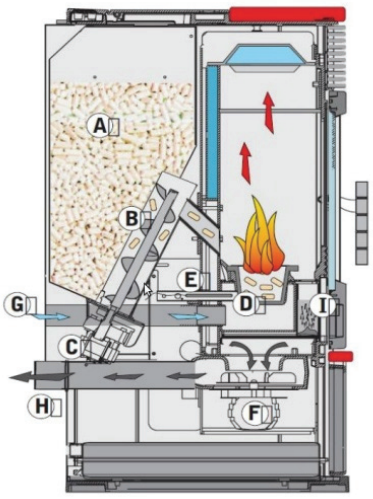
## 2. KOTAO ZA SAGOREVANJE PELETA BIOMASE

Biomasa je organska materija životinjskog ili biljnog porekla koja se pomoću različitih procesa pretvara u upotrebljivu energiju. Energija biljnog porekla predstavlja, procesom fotosinteze akumuliranu svetlosnu energiju kojom se svetlost transformisala u hemijsku energiju.

Drveni pelet je proizveden iz presovanog usitnjenog drveta ili piljevine, valjkastog je oblika širine od 6-8 mm i dužine od 10 do 30 mm. . Imaju vrlo nizak sadržaj vlage (ispod 10%) što omogućava vrlo visoku efikasnost sagorevanja.

### Princip rada kotla na pelet

Količinu potrebnog goriva i vazduha za sagorevanje, kao i rad pumpe, se kontroliše pomoću elektronske programske ploče kako bi se ostvarila najveća efikasnost iskorišćenja. Kotao sagoreva drveni pelet sa elektronski kontrolisanim sagorevanjem. Toplota koja se proizvede sagorevanjem najvećim delom zagreva vodu u sistemu, a samo mali deo toplote zrači u prostoriju u kojoj se kotao nalazi.




*Slika 1. Kotao na pelet biomase*

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.**

Spremište za pelet (A) se nalazi na gornjem delu kotla. Spremište se puni peletom kroz otvor ispod poklopca koji se nalazi na gornjoj ploči kotla. Gorivo (pelet) se automatski izvlači iz spremišta (A) i ubacuje u ložište u komori za sagorevanje (D) uz pomoć pužnog transportera za ubacivanje peleta (B) sa zupčastim elektro-motorom. Pelet se pali vazduhom užarenim preko grejača (E) koji se usisava u komoru za sagorevanje uz pomoć centrifugalnog ventilatora (F). Vazduh potreban za sagorevanje se usisava iz prostorije (u kojoj mora postojati ventilacioni otvor) radom ventilatora (F) kroz cev za usis vazduha (G). Dim proizveden sagorevanjem se izvlači iz ložišta uz pomoć istog centrifugalnog ventilatora (F) i izbacuje kroz otvor (H) na donjem delu zadnje strane kotla. Pepeo se skuplja u posudu za čićenje (I). Voda koja se nalazi u sistemu unutar kotla se zagreva i transportuje dalje u grejnu instalaciju putem pumpe koja je ugrađena u kotlu. Kotao poseduje ugrađenu ekspanzionu posudu i sigurnosni ventil [2].

## 3. FUZZY LOGIKA

Fuzzy sistem je bilo koji statički ili dinamički sistem koji koristi fuzzy logiku i odgovarajuću matematičku podršku (teorija fuzzy skupova, fuzzy pravila i fuzzy zaključivanje). Ovako široka definicija obuhvata fuzzy sisteme koji se koriste u različitim područjima i za koje se koriste nazivi poput: fuzzy ekspertski sistem (engl. fuzzy expert system), fuzzy regulator (engl. fuzzy logic controller, FLC), fuzzy model (engl. fuzzy model), sistem fuzzy pravila (engl. fuzzy rule based system).

Konvencionalne regulatore odlikuje jednostavnost strukture i postupka projektovanja. U slučajevima kada tačan model sistema nije poznat, kada su prisutni poremećaji ili fluktuacije parametara, upravljački sistemi bazirani na fuzzy logičkim regulatorima se mogu pokazati kao prihvatljivo rešenje. Fuzzy regulatori su robusniji u pogledu promene dinamike i imaju veći opseg stabilnosti. Jedna od osnovnih prednosti fuzzy regulatora je ta da se oni mogu projektovati i bez preciznih numeričkih informacija, tj. samo na bazi približnih i jezičkih informacija. Sa druge strane, ta činjenica često otežava razvoj fuzzy regulatora do željenog nivoa preciznosti.
Fuzzy regulator prati čovekov način razmišljanja, tako da je stalno prisutna fizička interpretacija redosleda i načina donošenja odluka. Svaki korak u algoritmu i svaki parametar fuzzy regulatora ima jasnu fizičku interpretaciju, što je od velike važnosti u industriji. Važnu prednost fuzzy regulatora predstavlja i činjenica da se bez obzira na složenost sistema može razviti upravljački algoritam bez postojanja bilo kakvog modela fizičkog sistema.

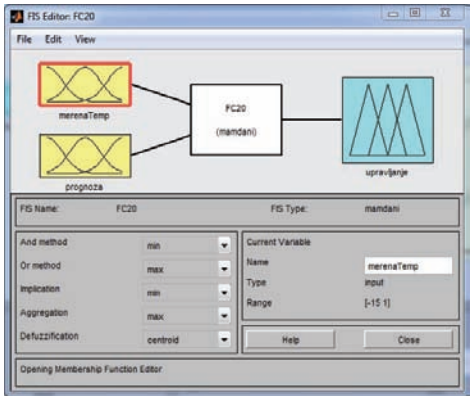
## 4. SIMULACIONI MODEL

Za modelovanje sistema i projektovanje fuzzy regulatora korišćen je programski jezik Matlab. Model je napravljen uz pomoć Simulink alata, dok je projektovanje samog regulatora izvođeno uz pomoć Fuzzy Logic Toolbox alata sa grafičkim interfejsom.

U nastavku su prikazani rezultati koji su dobijeni kao rešenje za upravljanje kotla na biomasu. U daljem nastavku će ti rezultati biti iskorišćeni za potrebe simulacije.

Pre početka projektovanja fuzzy regulatora potrebno je prvo definisati i usvojiti logiku rada samog regulatora. Princip primene fuzzy regulacije na zadati sistem se zasniva na merenju razlike između trenutne temperature i željene temperature. Dobijena razlika se upoređuje sa prognozom vremena za narednih pet sati. Na osnovu ovog poređenja se formira tablica kontrolne logike.

Posle dobro osmišljene strategije upravljanja prelazi se na kreiranje fuzzy regulatora. Pokretanjem Matlaba i ulaskom u FIS Editor postavljaju se osnovni parametri fuzzy regulacije, kao na primer: broj ulaza, broj izlaza, tip And metode, tip Or metode, tip implikacije, tip agregacije i defazifikacije (Slika 2).

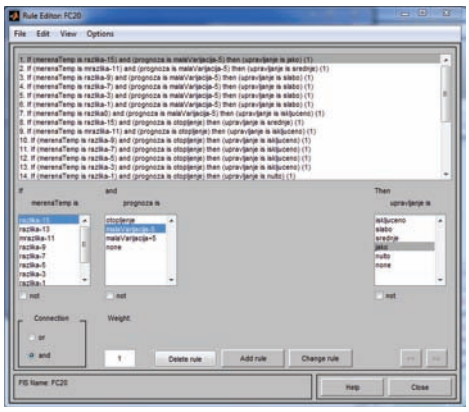



*Slika 2. Fuzzy kontroler za upravljanje dovodom energenta u kotao na biomasu*

Sledeći korak je definisanje ulaznih veličina koje regulator dobija od strane sistema tj. fazifikacija. Prvi ulaz je razlika između željene temperature i merene temperature u objektu. Primenjena je trougaona funkcija prilikom opisa pripadnosti. S tim u vezi, formirane su ulazne lingvističke promenljive merenaTemp, koja ima lingvističke vrednosti: razlika-15, razlika-13, razlika-11, razlika-9, razlika-7, razlika-5, razlika-3, razlika-1, razlika0 i lingvistička promenljiva prognoza sa vrednostima: malaVarijacija-5, otopljenje i malaVarijacija+5.

Po istom principu poput postavljanja ulaznih veličina potrebno je odrediti i izlazne veličine iz fuzzy regulatora, tj. defazifikaciju. Treba napomenuti da su izlazne vrednosti prikazane procentualno. Kao i kod ulaznih vrednosti i izlazne vrednosti su definisane primenom trougaone funkcije pripadnosti. Definisano je pet različitih vrednosti: nulto, isključeno, slabo, srednje i jako.

Kada se definišu svi ulazi i izlazi dolazi se do dela za unos pravila ponašanja fuzzy regulatora u Rule Editor-u (Slika 3). Treba obratiti pažnja da se ne pojave situacije s dva identična ulaza a različitim izlazima, iz tog razloga da ne bi došlo do narušavanja konzistentnosti unutar Baze pravila.

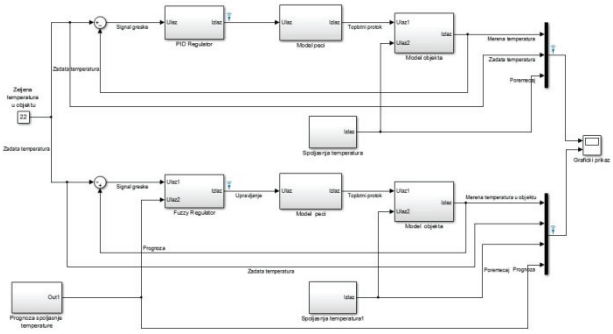


*Slika 3. Rule editor - Baza pravila*

### 4.1 Model u Simulinku

Potrebne sekvence u razvoju regulatora fuzzy logikom se sastoji od niza koraka [2]. Prvi korak je razumevanje ponašanja sistema korišćenjem znanja i iskustva. Drugi korak je direktno projektovanje algoritma upravljanja korišćenjem fuzzy pravila, koja opisuju principe dejstva regulatora u delu odnosa između njegovih ulaza i izlaza. Poslednji korak je simulacija i otklanjanje grešaka projektovanja. Ako performanse nisu zadovoljavajuće potrebno je samo modifikovati neka fuzzy pravila i pokušati ponovo. Iako je ova metodologija slična konvencionalnoj, fuzzy metodologija je u suštini jednostavnija za projektovanje. To daje sledeće bitne prednosti: uprošćavanje složenosti projektovanja, redukovanje ciklusa projektovanja, redukovanje troškova hardvera, pojednostavljena implementacija, bolje alternative u rešavanju nelinearnog upravljanja i poboljšanje performansi upravljanja.

Kako je već gore pomenuto, kada se projektuje regulator upravljanja za neki sistem potrebno je, pre implementacije regulatora u realan sistem, izvršiti simulaciju rada regulatora na modelu sistema. Model je dobijen na osnovu analize sistema kojim se upravlja [3]. U ovom slučaju nije bilo moguće sprovesti analizu rada peći na biomasu, tako da tačan model sistema izostaje. Da bi se simulacija ipak izvršila upotrebljen je model peći koji Matlab poseduje u svojoj bazi podataka [4]. Ovaj model nije identičan modelu peći na biomasu ali je sasvim zadovoljavajuć za potrebe simulacije.



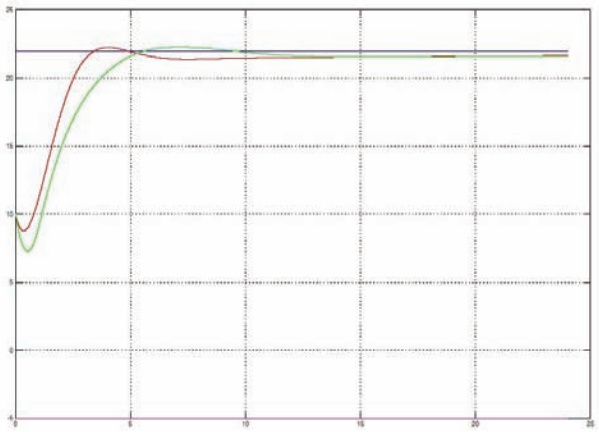
*Slika 4. Model sistema*

Model napravljen u Simulink-u sastoji se od sledećih elemenata:

- Željene temperature u objektu (kući) - za potrebe simulacije ima vrednost od 22 °C i konstantna je tokom 24 časa
- Signal greške - proračun greške tj. oduzimanje željene temperature od stvarne
- PID Regulator
- Fuzzy regulator - prethodno projektovan pomoću Fuzzy Logic Toolbox-a
- Model peći - funkcija prenosa prvog reda koja aproksimira ponašanje peći
- Spoljašnja temperatura - od osmog do dvanaestog sata simulacije linearno menja vrednost od -5°C do +5°C
- Model objekta - simulacioni model za grejanje objekta koji računa varijacije u temperaturi

### 4.2 Simulacija i analiza rezultata

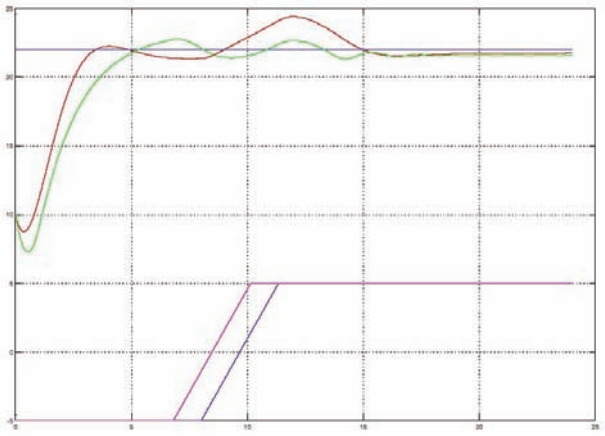
Radi poređenja, na istom grafiku (Slika 5) će biti prikazani rezultati simulacije sa fuzzy tipom regulacije i PID tip regulacije. Oba tipa regulacije će biti testirani pod istim uslovima. Referentna vrednost željene temperature unutar kuće je 22 °C. Spoljašnja temperatura je konstantna i iznosi -5 °C, tokom 24 sata. Spoljašnja temperatura se ponaša kao poremećaj koji izvlači energiju iz sistema. Prilikom startovanja simulacije usvojena temperatura unutar objekta je 10 stepeni. Na X-osi je predstavljeno proteklo vreme u satima a na Y-osi je predstavljena vrednost temperature izražena u °C.



*Slika 5. Poređenje PID (zeleno) i Fuzzy (crveno) regulacije za konstantan poremećaj*

Na rezultatu simulacije se može videti kako spoljašnja temperatura utiče na temperaturu unutar kuće u zavisnosti od tipa regulacije kada je spoljašnji porećaj konstantan. Može se zaključiti da se PID ponaša bolje tj ima manje vreme uspona i manji preskok od Fuzzy regulatora za slučaj kada je spoljašnji poremećaj nepromenljiv.

Na slici 6 je prikazan odziv tog istog sistema ali sa naglim skokom spoljašnje temperature tj kako spoljašnja temperatura utiče na temperaturu unutar kuće u zavisnosti od tipa regulacije. Na X-osi je predstavljeno proteklo vreme a na Y-osi je predstavljena vrednost temperature izražena u °C.



*Slika 6. Poređenje PID (zeleno) i Fuzzy (crveno) regulacije sa naglim skokom spoljašnje temperature*

Ukoliko je spoljašnja temperatura sporo promenljiva PID regulator bolje prati željenu temperaturu u kući od Fuzzy regulatora. Ali ako dolazi do naglih promena u spoljašnjoj temperaturi zbog inercije celog sistema regulator ne uspeva na vreme da snizi temperaturu i dolazi do neželjenog zagrevanja od skoro 3 stepena tokom 2 sata čime se gubi energija i negativno utiče na komfor unutar objekta.

U ovakvim uslovima do izražaja dolazi mogućnost Fuzzy regulatora da dovedemo još jedan ulaz koji predstavlja prognozu vremena za 5 sati unapred. Ako fuzzy regulator dobije informaciju da će temperatura početi naglo da raste on će sat vremena i 20 minuta ranije preventivno ugasiti dovod energenta i svesno spustiti temperaturu na 21 stepen °C koja će potom zbog povećanja spoljašnje temperature porasti u objektu na 23 °C i potom opet pasti na 21.5 °C kada će regulator nastaviti sa dovodom energenta i zagrejati prostor na 22 °C.

## 5. ZAKLJUČAK

Svrha kontrole zagrevanja prostora je obezbeđivanje toplotnog komfora u prostoru kao i ušteda energije [5]. Zbog velike inercije sistema za grejanje i prostora sa jedne kao i sve češćih naglih promena spoljašnje temperature, neophodno je predvideti te promene kako bi se ostvarilo što bolje upravljanje. Nagli porast spoljašnje temperature predstavlja potencijal za uštedu energije za zagrevanje, ali i rizik od prekomernog zagrevanja prostora [6].

Fuzzy regulator pruža mogućnost da se prognoza spoljašnje temperature uzme u obzir kako bi se izračunao optimalan upravljački signal i obezbedio optimalan odnos komfora i uštede energije. Rezultati simulacija prezentovani u ovom radi potvrđuju da je, za razliku od konvencionalnih tipova upravljanja, moguće ostvariti određene uštede u potrošnji energije uz održavanje toplotnog komfora u objektu.

Veštačka inteligencija je jedna od oblasti računarstva koja se poslednjih decenija najbrže razvija. Paralelno sa tim burnim razvojem rastu i očekivanja od ove discipline. Dok se za neke oblasti računarstva već smatra da su zaokružene i da se u njima ne očekuju novi značajni prodori, od veštačke inteligencije se rezultati tek očekuju, uprkos tome što su već razvijeni mnogi ”inteligentni” sistemi koji funkcionišu izuzetno dobro

## 6. LITERATURA


[1] V. Placek, C. Oswald, J. Hrdlicka, Optimal Combustion Conditions for a Small-scale Biomass Boiler, Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Instrumentation and Control, 2012

[2] Princip rada kotla na pelet, http://www.grejanje.com/, 2011

[3] M. Karadzic, M. Babic: Izbor koncepta fazi kontrolera za upravljanje mikroklimom, str 132-137, 2005

[4] Matlab Simulink: Thermal Model of a House, 2012

[5] V. Masa, M. Pavlas, I. Svarc, Mathematical Model of Biomass Boiler for Control Purposes, Institute of Process and Environmental Engineering, Brno University of Technology, 2010

[6] M. Kummert, P. Andre and J. Nicolas, Optimal heating control in a passive solar commercial building, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, 2001


**Kratka biografija:**




**Petar Šantor** rođen je u Somboru 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 681.5.017

# REGULACIJA PRITISKA U GRANAMA POTROŠAČA SA PRIORITETIMA SISTEMA ZA DISTRIBUCIJU VODE PRIMENOM FUZZY LOGIKE

# PRESSURE REGULATION IN BRANCHES OF CONSUMERS WITH PRIORITIES OF THE WATER DISTRIBUTION SYSTEM USING FUZZY LOGIC

Strahinja Marić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Област – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom diplomskom radu je prikazana regulacija pritiska u granama potrošača. Na osnovu vrednosti pritisaka u granama, pumpa ubrzava, uspovai ili zadržava trenutnu brzinu. Sama regulacija pritisaka je realizovana pomoću fuzzy logike. Definisane su funkcije za ulazne i izlazne parametre. Takođe je objašnjena logika određivanja baze pravila fuzzy regulatora, kao i detaljna analiza rezultata.*

**Abstract** – *In this master thesis pressure regulation in branches of consumers was presented. Based on values of pressure in branches, the pump is making a decision: to accelerate, to slow down or to keep it current speed. The pressure regulation itself is explained with a fuzzy regulator. We have defined membership functions for input and output parameters. We also explained the logic behind determining rule base fuzzy controller, as well as detailed analysis of the results.*

**Ključne reči:** *Pressure regulation, fuzzy logic*

## 1. UVOD

Pod vodovodima se, u širem smislu gledano ne podrazumevaju samo cevovodi za transport i distribuciju vode, već i sva postrojenja i uređaji koji su u funkciji razmatranog vodosnabdevanja. Šta će, pored cevovoda, vodovod da sadrži zavisi od namene vodovoda , vrste i mesta izvorišta, vodozahvata i drugih uticajnih faktora.
U opštem slučaju pored cevovoda vodovod čine vodozahvatni objekat, pumpne stanice, postrojenja za prečišćavanje i preradu vode, rezervoari, uređaji za zaštitu od hidrauličnog udara i dr. Gradski vodovodi su po pravilu višefunkcionalni, jer pored obezbeđenja potreba za pijaćom vodom, obezbeđuju i vodu za polivanje zelenih površina i pranje ulica, pa i potrebe industrijske vode koja ne zahteva kvalitet vode za piće.
Prema konfiguraciji sistema vodovodne mreže mogu biti:
**Granate -** kod kojih su tokovi su jednoznačno definisani, pa se prekidom protoka u jednoj deonici mreže prekida dovod vode svim potrošačima nizvodno od ove deonice.
**Prstenaste** - u kojima postoji više puteva (najmanje dva) kojima voda iz jednog čvora može da stigne do drugog čvora, pa i u slučaju prekida u jednoj od deonica mreže svi potrošači dobijaju vodu.

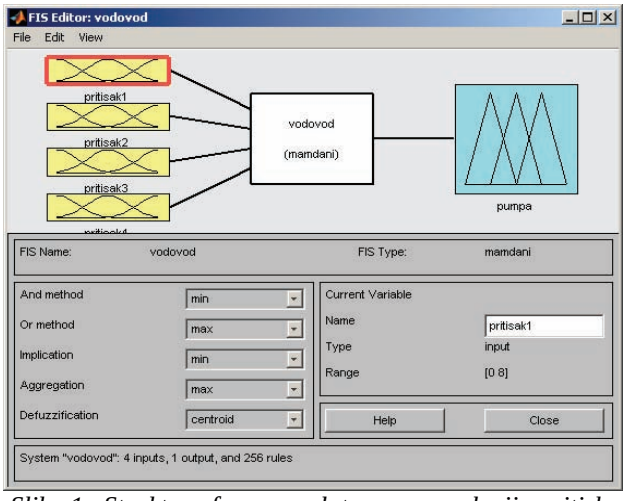
**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Velimir Čongradac, docent.**

**Mešovite** – koje su kombinacija prstenastih i granatih mreža, pa u nekim svojim delovima imaju svojstva prstenaste mreže, a u drugim svojstva granate mreže.[1]

## 2. FUZZY LOGIKA

U fuzzy logici nije precizno definisana pripadnost jednog elementa određenom skupu, već se pripadnost meri u, recimo, procentima. Ove mere pripadnosti, skalirane, mogu da uzimaju vrednosti od 0 do1.[3][4]
U fuzzy logici istinitost svakog tvrđenja meri se u procentima. Funkcija pripadanja predstavlja kontinualno merilo sigurnosti da li je naša promenjiva klasifikovana kao ta lingvistička vrednost. Ova funkcija određuje stepen pripadanja nekog objekta datom fuzzy skupu i kontinualna je. Tipične funkcije pripadnosti fuzzy skupa su: trougaona, trapezoidna, gausova…[8][9]
Fuzzy regulator prati čovekov način razmišljanja, tako da je stalno prisutna fizička interpretacija redosleda i načina donošenja odluka. Svaki korak u algoritmu i svaki parametar fuzzy regulatora ima jasnu fizičku interpretaciju. Važnu prednost fuzzy regulatora predstavlja i činjenica, da se bez obzira na složenost sistema može razviti upravljački algoritam bez postojanja bilo kakvog fizičkog sistema. [6]

## 3. STRUKTURA FUZZY REGULATORA

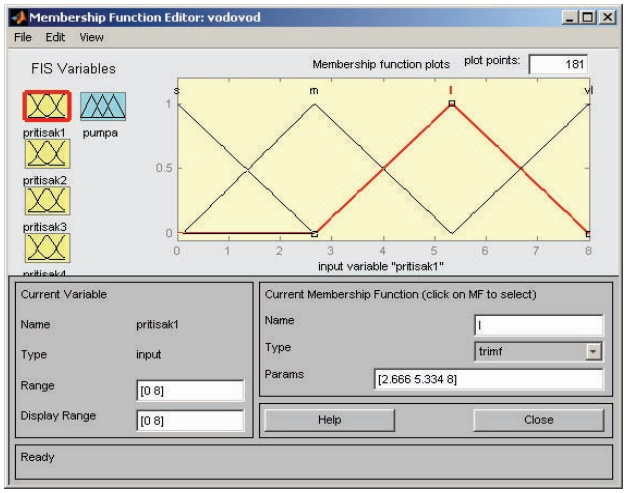



*Slika 1. Struktura fuzzy regulatora za regulaciju pritiska*

Na ulaze fuzzy regulatora se dovode pritisci u granama potrošača koji su različitog prioriteta, dok se na izlazu nalazi pumpni agregat. U zavisnosti koliki su pritisci u granama, pumpa će se kretati odgovarajućom brzinom.

## 4. FUNKCIJE PRIPADNOSTI ULAZA

Sve četiri vrednosti pritisaka će imati identične funkcije pripadnosti koje su prikazane na slici 2.

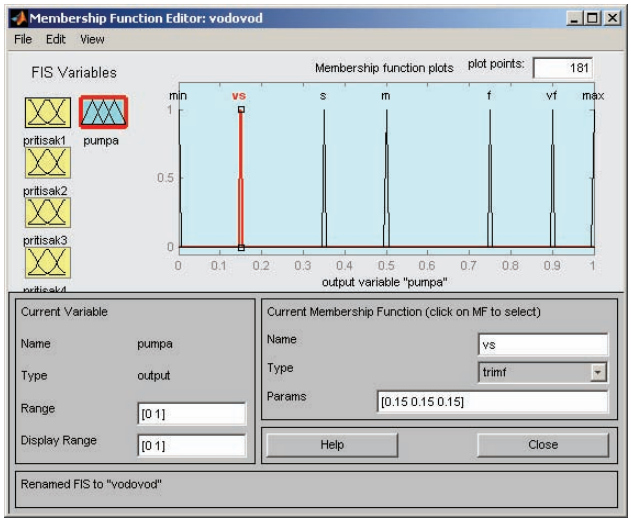



*Slika 2. Funkcije pripadnosti ulaza*

Pritisak u svakoj grani je raspoređen u 4 nivoa: s (small), m (medium), l (large), vl (very large).

## 5. FUNKCIJE PRIPADNOSTI IZLAZA

U projektu postoji samo jedna fuzzy izlazna promenljiva, a to je brzina pumpe. Njene funkcije pripadnosti su prikazane na slici 3.



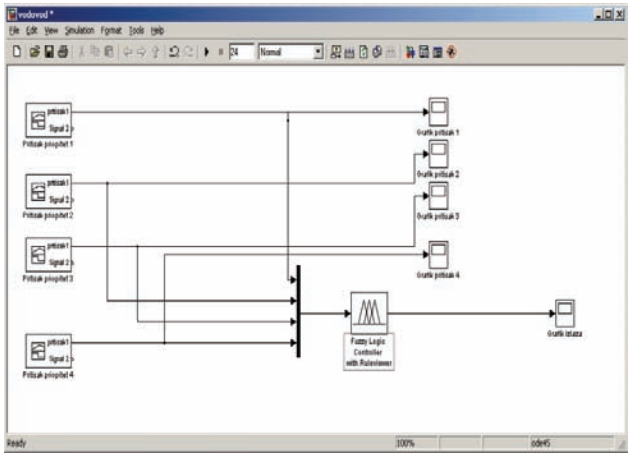

*Slika 3. Funkcije pripadnosti izlaza*

Rad pumpe je raspoređen u sedam nivoa: min (minimum), vs (very slow), s (slow), m (medium), f (fast), vf (very fast) i max (maximum).

## 6. MODEL SISTEMA

Na slici 4 prikazan je model sistema napravljen u Simulinku.

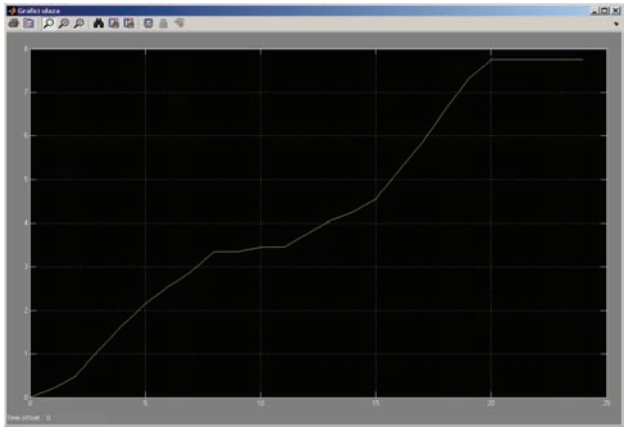
Model čine četiri signala koji ulaze u fuzzy kontroler, i 5 grafika izlaza za pritiske i brzinu pumpe.



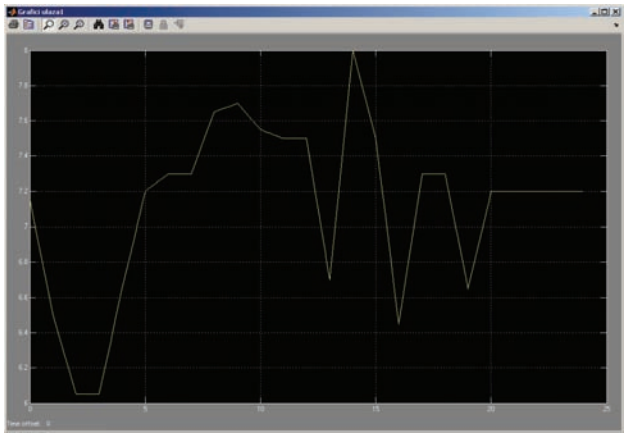
*Slika 4. Model sistema*

## 7. ANALIZA REZULTATA

Kroz više primera ćemo grafički prikazati rezultate, ali i obrazložiti zašto je do takvih rezultata došlo.
Razmatramo slučaj kojom brzinom će pumpa raditi kada su pritisci u 3 grane veoma dobri, a pritisak u grani sa najvećim prioritetom je veoma slab na početku, i povećava se tokom vremena.

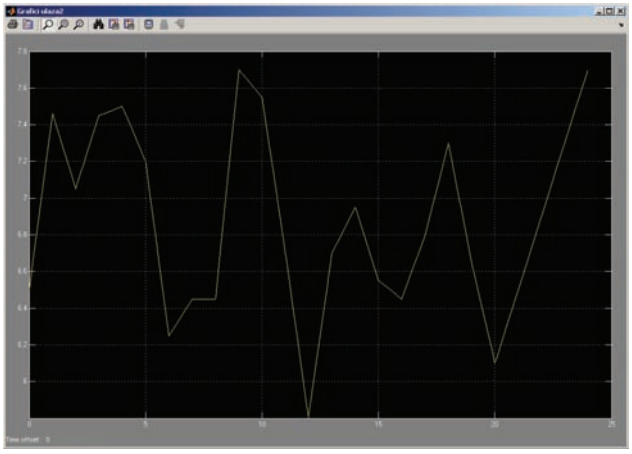


*Slika 5. Pritisak prioritet 1*

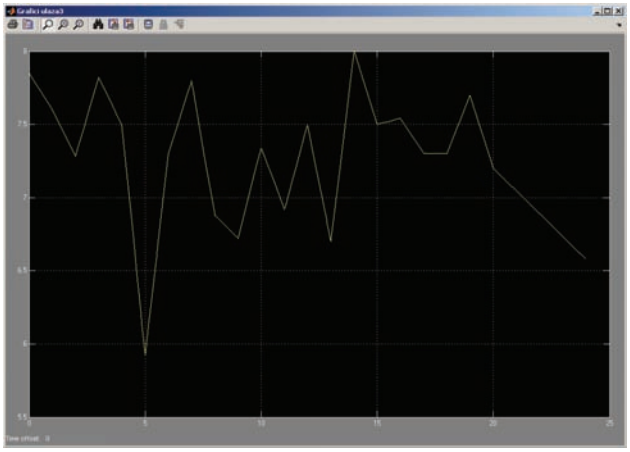


*Slika 6. Pritisak prioritet 2*

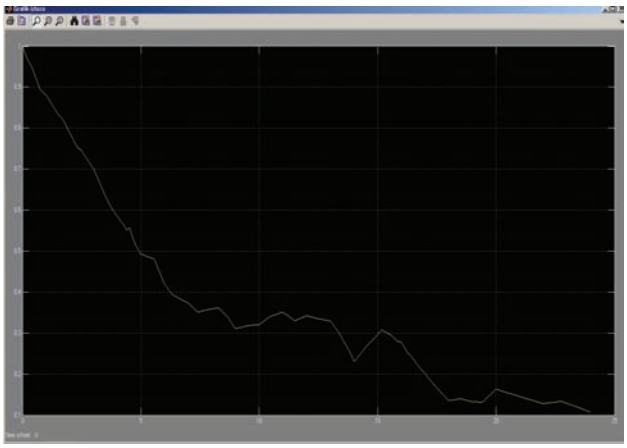
Sa grafika možemo primetiti da pumpa na početku radi maksimalnom brzinom. Razlog tome je što smo fuzzy pravila definisali tako da ako je pritisak u grani najvećeg prioriteta nivoa s, tada pumpa radi brzinom max, bez obzira kakve su vrednosti drugih pritisaka.



*Slika 7. Pritisak prioritet 3*



*Slika 8. Pritisak prioritet 4*



*Slika 9. Brzina pumpe*

Ta pravila su dominantna dok vrednost pritiska ne poraste do vrednosti 1,33. U tom trenutku vrednost pritiska ima podjednaku pripadnost nivou s i nivou m. Kako pritisak1 raste tako pumpa sve više usporava, dok se na kraju skoro ne smanji na 0 jer su svi pritisci vrlo visoki. Brzina bi bila tacno 0 ukoliko bi svi pritisci imali vrednost 8.

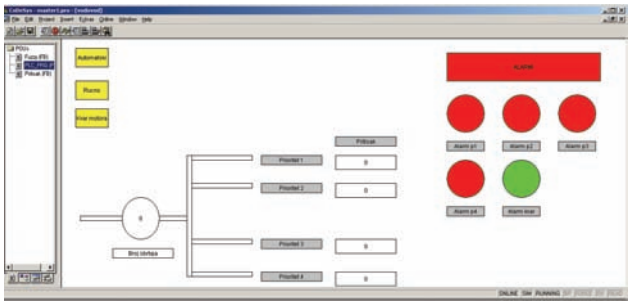
## 8. FUNKCIONALNI OPIS RADA SISTEMA

Obezbeđena su dva režima rada u sklopu našeg sistema, ručni i automatski režim rada. Izbor režima rada omogućen je prebacivanjem grebenaste sklopke u određeni položaj, koja se nalazi na vratima razvodnog ormana.

U normalnom radu postrojenje treba da je u automatskom režimu rada što se ostvaruje prebacivanjem sklopke u položaj Automatski.
Automatski režim rada podrazumeva da PLC upravlja sa svim uređajima u skladu sa implementiranim softverom, a u zavisnosti od podataka o trenutnom i željenom ponašanju sistema da PLC zadaje željenu brzinu obrtanja motora.
U slučaju da želimo da ručno upravljamo sistemom, prelazimo na ručni režim rada prebacivanjem sklopke u položaj Ručno. Operater tada ručno zadaje brzinu motora i na osnovu toga reguliše protok.

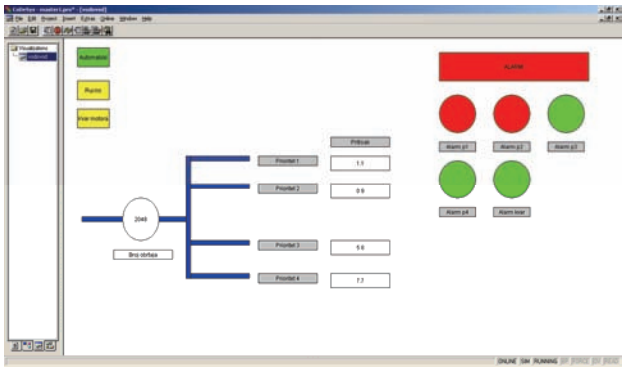
## 9. REALIZACIJA SOFTVERSKOG REŠENJA

Softversko rešenje, kod za PLC i vizualizacija, je rađeno u programskom paketu CodeSys, programskim jezikom ST (Structured Text).



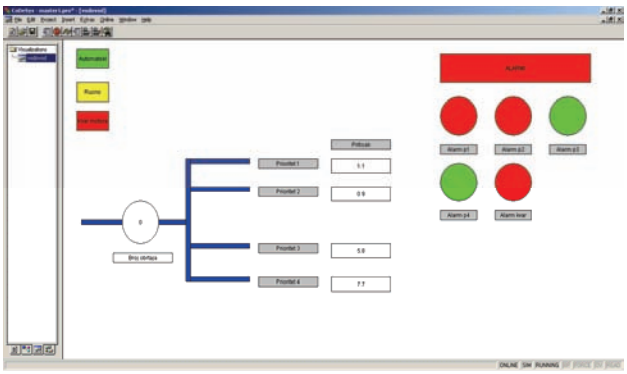
*Slika 10. Sistem za distribuciju vode*

Sistem sadrži četiri senzora za merenje pritiska u granama potrošača, prekidače za automatski i ručni režim rada, kao i alarme za sva četiri pritiska i alarm za signalizaciju kvara motora.
Ukoliko se neki od merenih pritisaka nađe u zoni između 0 i 1,33 bara, uključuje se alarm za slab pritisak u toj grani, što je prikazano na slici 11.



*Slika 11. Alarmi pritisaka*

U slučaju kvara motora, ceo sistem se zaustavlja i pumpa se gasi, odnosno brzina obrtaja pada na nulu. Takođe se i pali alarm koji detektuje kvar na motoru.



*Slika 12. Kvar motora*

## 10. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada bila je izrada elektro projekta automatike sistema za distibuciju vode. Upravljački sistemi koji su realizovani na ovakvim postrojenjima su često dotrajali i prevaziđeni tako da smanjuju efikasnost i radni vek mašina. Ulaganjem u modernizaciju upravljačkog sistema može se postići višestruka korist. Radni vek postrojenja će se produžiti i povećaće se kvalitet rada.

Izborom opreme i izradom softvera, koji predstavlja način upravljanja pogonom, obezbeđuje se veća sigurnost, jer se svi upravljački procesi vrše automatski i čovek dosta ređe ima direktan dodir sa pogonom. Tako se smanjuje ljudski faktor kao uzrok kvara, koji može imati loše posledice. U slučaju da dođe do kvara ili alarmnih situacija, računar će dobiti informaciju o tome i automatski će preduzeti zaštitne mere i time smanjiti mogućnost veće štete.

U samom radu je objašnjena regulacija pritiska u potrošačkim granama različitih prioriteta pomoću pumpe. Akcenat rada je bio na fuzzy regulatoru. Prikazane su funkcije pripadnosti ulaza i izlaza, i objašnjen način određivanja fuzzy pravila regulatora. Kroz nekoliko slučajeva je prikazano kako se pumpa ponaša u određenim situacijama. Za grafičko predstavljanje promenljivih korišćen je programski paket Matlab.

Kao pravac daljeg razvoja sistema, moguće je povezivanje na odgovarajući SCADA sistem, zbog odrešenih prednosti koje takva konfiguracija pruža, kao što su nadzor relevantnih veličina u sistemu, daljinsko rukovanje parametrima od značaja i drugi.

## 11. LITERATURA


[1] www.mfkv.kg.ac.rs
[2] www.masfak.ni.ac.rs
[3] www.automatika.rs
[4] http://www.intelligent-systems.info
[5] Zora Konjovic, Fuzzy logic. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
[6] Dragan Kukolj, „Sistemi zasnovani na računarskoj inteligenciji“, Novi Sad 2007.
[7] Vojislav Kecman, „Learning and soft computing“, London 2001.
[8] Leonid Reznik, „Fuzzy controllers“, Melburn 1997.
[9] L.A. Zadeh, ”Fuzzy algorithms,” Info. & Ctl., Vol. 12, 1968, pp. 94-102.
[10] M. Hellmann, Fuzzy logic introduction. Epsilon Nought Radar Remote Sensing Tutorials, 2001.
[11] User Manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3
[12] Visualisation in CodeSys V2.3.
[13] Srbijanka Turajlić, „Programabilni logički kontroleri“, Beograd, 2008 godina.
[14] Dr Zoltan Jegeš, „Upravljanje primenom PLC uređaja“, Subotica, 2002 godina.
[15] M.R. Chamani, S. Pourshahabi, F. Sheikholeslam, „Fuzzy genetic algorithm approach for optimization of surge tanks“, Isfahan, 2012.
[16] William Andrés Ocampo Duque, „On the development of decision-making systems based on fuzzy models to assess water quality in rivers“, Taragona, 2008.
[17] Shu-Kuang Ning, Ni-Bin Chang, „Optimal expansion of water quality monitoring network by fuzzy optimization approach“, Tainan, 2003.
[18] William Ocampo-Duque, Carolina Osorio, Christian Piamba, Marta Schuhmacher, José L. Domingo, „Water quality analysis in rivers with non-parametric probability distributions and fuzzy inference systems: Application to the Cauca River, Colombia“, Kali, 2012.


### Kratka biografija



Strahinja Marić je rođen 30.09.1985. godine u Zrenjaninu. Nakon završetka osnovne škole upisuje “Zrenjaninsku gimnaziju”, prirodno-matematički smer, koju završava 2004. godine i iste godine se upisuje na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek elektrotehnika i računarstvo, smer računarstvo i automatika, usmerenje automatika i upravljanje sistemima. Diplomski – bachelor rad iz oblasti elektrotehnike i računarstva, odbranio je 2012. godine.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.395.36

# RAZVOJ ŠIROKOPOJASNOG MERNOG UREĐAJA ZA GOVORNE APLIKACIJE

# DEVELOPMENT OF WIDEBAND MEASUREMENT SYSTEM FOR VOICE APPLICATIONS

Jelena Stanulović, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu prikazan je razvoj širokopojasnog mernog uređaja za govorne aplikacije. Kreiran je firmware u C programskom jeziku koji omogućava funkcionalnost mernog uređaja. Takođe, u Matlab-u je kreiran interfejs koji omogućava automatizaciju procesa testiranja i merenja. Kao hardver za implementaciju sistema korišćene su dve ploče, DUSLIC™-xT [1]i Smart SLIC™-R, firme Lantiq Gmbh.*

**Abstract** – *In this paper is presented development of wideband measurement system for voice applications. The firmware which provides functionality of the equipment is created in C language. In Matlab is developed interface which allowes automatisation of measurement process. As a hardware for the implementation of the system are used two chipsets, DUSLIC™-xT i Smart SLIC™-R, from Lantiq Gmbh.*

**Ključne reči:** *POTS sistem, prenos govora, merenja.*

## 1. UVOD

U tradicionalnom telefonskom sistemu opseg za prenos govornog signala obihvata opseg učestanosti od 340 Hz do 3400 Hz. Ovaj opseg se naziva uskopojasni kanal i u praksi ima širinu od 4 kHz. Poslednjih godina usled razvoja tehnologije i doslo je i do promena u telefoniji. Danas se telefonska parica koristi i za prenos podataka a ne samo govora. Zahvaljujući digitalizaciji, danas se i na strani korisnika i telefonskih centrala, nalaze digitalni setovi čipova koji omogućavaju sistem prenosa govora i podataka kompatibilan nekadašnjem sistemu.

Čipovi koji se koriste u mrežnim karticama omogućavaju prenos govora i u dvostruko širem opsegu, do 8 kHz. Ova vrsta prenosa govora u širokom opsegu naziva se visokokvalitetna telefonija, jer se na taj način omogućava prenos mnogo više detalja koji doprinose kvalitetu govornog signala. Kod standarnog uskopojasnog prenosa se testiranja vezana za parametare prenosa vrše standardnom mernom opremom, u ovom projektu PCM4 firme Wandel & Goltermann.

Usled nemogućnosti standardne merne opreme da izvodi merenja i u širokom opsegu, javila se potreba za razvojem sistema koji će oponašati rad PCM4, ali i u širokom opsegu. Stoga je i tema ovog rada razvoj takvog sistema.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Željen Trpovski.**

[1] Specifikacija ovog čipa kao i ostalih navedenih može se pogledati na web stranici kompanije www.lantiq.com

## 2. RAZVOJ FIRMWARE

Firmware je kreiran u C programskom jeziku. Kao osnov za razvoj sistema korišćen je firmver za SuperVip čipset. SuperVip je izabran kao kontroler u ovom sistemu zbog svoje procesorske snage. Bilo je neophodno proširiti njegovu funkcionalnost da bi ispunio zahteve ovog projekta - da omogući izvršavanje svih standardnih merenja u govornim sistemima kako u uskopojasnom tako i u širokopojasnom opsegu.

### 2.1 Stadardna merenja u govornim sistemima i PCM4

Standardna merenja za testiranje performansi sistema za prenos govora su: merenja nivoa signala, merenje eha i refleksija, merenje šuma, merenje longitudinalnog balansa signala, itd.

#### 2.1.1 Implementacija merenja

U radu su osnov činila merenja nivoa signala a sva ostala su implementirana daljom dogradnjom. Merenje nivoa signala podrazumeva generisanje signala određene frekvencije, slanje tog signala, primanje signala, izračunavanje naponskog nivoa primljenog signala rms metodom, i prikaz rezultata u dBm0 jedinicama. Za generisanje signala korišćen je ton generator koji omogućava biranje frekvencije i amplitude signala. Za merenja nivoa signala standardna amplituda je -10dBm0 a frekvencija se menja u opsegu od 20Hz do 4000Hz za uskopojasno, odnosno 8000Hz za širokopojasno merenje, sa korakom od 100Hz. Ovi parametri su uzeti u skladu sa ITU preporukama. Da bi se signal generisao neophodno je prevesti zadati željeni nivo iz dBm0 u digitalni fullscale signal, i to je rađeno sledećom formulom:

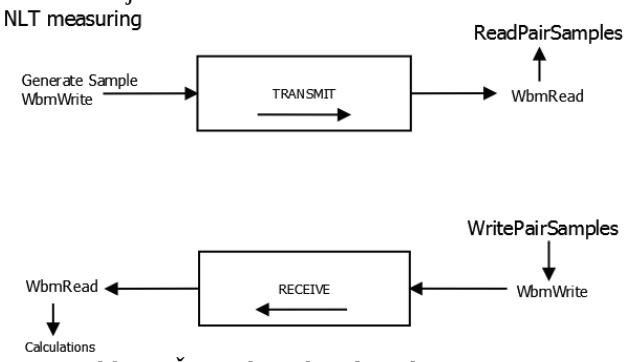
$$DigitalniNivo = 32768 * 10^{\frac{(NivodBm0-3.14)}{20}}$$

U pločama korišćenim u ovom projektu, omogućen je prenos signala i ka analognoj strani- korisničkoj parici i ka digitalnoj strani – telefonskoj centrali. Stoga je bilo neophodno realizovati i funkcije za slanje generisanog signala ka analognoj i digitalnoj strani. Za slanje se koriste Fifo registri i to dva registra za čuvanje 4 ili 8 odbiraka. Kako je takt na kom radi procesor SuperVip-a 2 kHz ako je frekvencija odabiranja za uskopojasna merenja 8 kHz tada se u svakom taktu generiše 4 odmerka, dok je u slučaju širokopojasnog merenja frekvencija odabiranja 16kHz pa se generiše 8 odbiraka. Za slanje signala ka analognoj strani postoje dve funkcije u zavisnosti od broja odbiraka pa su i pozivane u skladu sa tim.

Zbog dizajna same ploče, dva fifo registra u kojima se čuvaju odbirci se sabiraju pa je neophodno u drugi koji se u tom merenju ne koristi uvek upisati nulte odbirke da ne bi došlo do greške.

Zatim su kreirane funkcije za slanje signala ka digitalnoj strani. Kako korišćeni čipset ima ugrađen PCM interfejs i

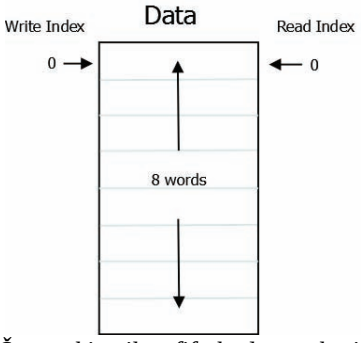
neophodne registre, ideja je bila da se generisani odmerci direktno upisuju u Rx(receive) i Tx(transmit) Pcm registre i da se timeslotovi konfigurišu direktno u zavisnosti od korišćenog kodera. Međutim, zbog određenih nedostataka softwera bilo je neophodno promeniti pristup slanju signala ka digitalnoj strani. Posle više nedelja uspeli smo u drugom pristupu koji podrazumeva korišćenje funkcija Read and Write Pair Samples. Te funkcije su izabrane jer se pozivaju i sa drugog jezgra u PCM interfejsu. Mi smo ih za potrebe ovog projekta modifikovali tako da čitaju i upisuju odbirke iz naših, za to definisanih fifo nizova a kasnije kada budu pozvane odrade svoju prvobitnu funkciju, odnosno omoguće slanje ili primanje odbiraka sa digitalne strane. Na slici 1. prikazan je šematski prikaz ovih funkcija.




Slika 1. *Šematski prikaz digitalnog merenja*

Za potrebe ovih funkcija kreiran je i poseban tip WbmFifo i njemu pristupaju funckcije za upis i čitanje odiraka. Oni su kreirani tako da budu dužine 8 i imaju indekse za upis i čitanje.

Na slici 2. prikazan je fifo kada su oba indeksa 0. Ovo ukazuje na to da je Fifo prazan. Međutim, indeksi će imati istu vrednost i ako je fifo pun. Ovaj problem smo otklonili tako što smo virtuelno produžili fifo za još 8, tako da indeksi mogu uzimati vrednosti od 0 do 15. Tada je broj odbiraka u fifu (WIdx-RIdx+length)%length a broj slobodnih mesta (RIdx-WIdx+length)%2length.




Slika 2. *Šematski prikaz fifa kada su oba indeksa 0*

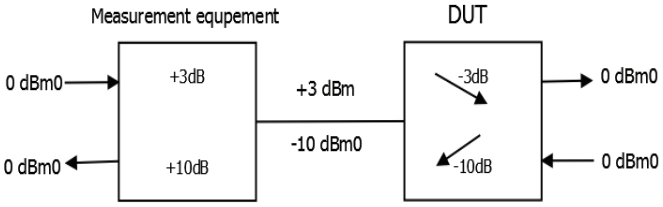
Kod osnovnih tipova merenja kao što je i navedeno generiše se signal određene amplitude, po preporuci -10dB0 a frekvencije koja se menja od 20Hz do 4000Hz ili 8000Hz sa korakom 100Hz.

Na ovaj način se izvode merenja frekvencijske karakteristike signala u prijemu i slanju kao i merenje transhibrdnog gubitka signala kao i reflektovanog signala. Gain tracking merenja se rade tako što je frekvencija signala fiksna i standardno iznosi 1024Hz a amplituda se menja od -55dB do +3dB sa korakom od 0.5dB. Merenje odnosa signal šum je isto kao gain tracking merenje s tim što se koristi i pojasni filtar koji razdvaja koristan signal od šuma. Merenje longitudinalnog balansa potpuno je realizovano u Matlab-u.

## 3. DALJI RAZVOJ FIRMWARE

### 3.1. Izračunavanje koeficijenata filtera

Svaki uređaj ima svoj relativni nivo signala. Na slici 3. prikazani su merna oprema i uređaj koji se testira (DUT-Device Under Test). DUT pri prenosu unosi slabljenje signala od 3dB a pri prijemu od 10dB. Ova slabljenja je neophodno kompenzovati time što će merni uređaj unositi odgovarajuće pojačanje signala.

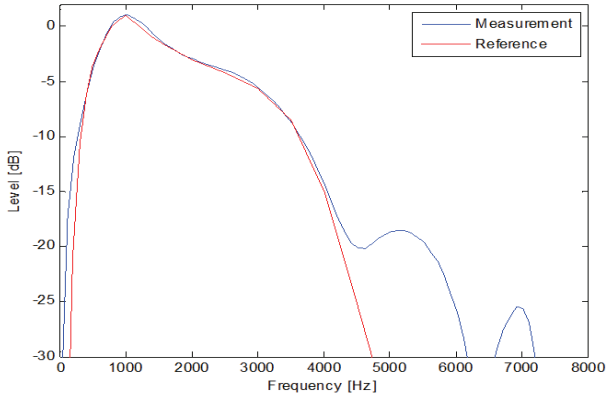



Slika 3. *Prikaz relativnih nivoa signala*

Ovo pojačanje ili smanjenje intenziteta signala koje je neophodno da merna oprema unese je u ceo projekat implementirano izračunavanjem odgovarajućih koeficijenata filtera. Za izračunavanje koeficijenata napisane su funkcije u Matlab –u.

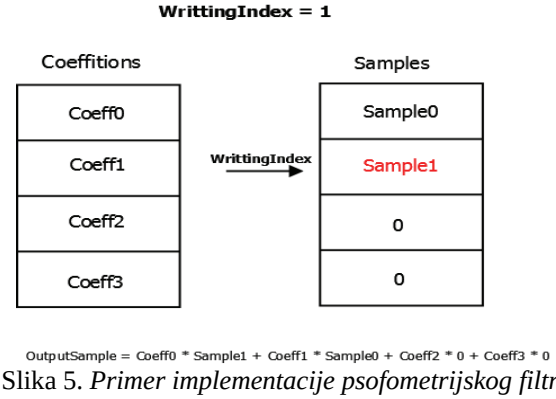
### 3.2. Psofometrijski filtar

Psofometrijski filtar bilo je neophodno kreirati kako bi se poboljšao nivo šuma u sistemu. Ovaj filtar kreiran je po ITU preporuci O.41. Kreiran je kao kombinacija FIR i pojasnog ifltra. FIR filtar imao je 8 koeficijenata koji su izračunati posebno optimizacionim algoritmom.




Slika 4. *Frekvencijska karakteristika psofometrijskog filtra*

Najefikasnije za procesor bilo je da se filtar kreira pomoću dva niza i pokazivača, slika 5.

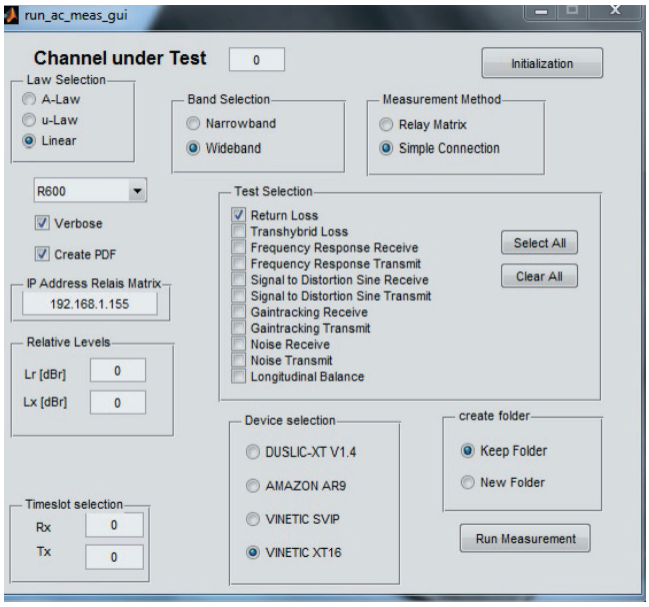



Slika 5. *Primer implementacije psofometrijskog filtra*

U jednom nizu čuvaju se koeficijenti filtra, a u drugi se upisuju odbirci koje treba filtrirati. Pokazivač označava na koju poziciju u nizu se upisuje sledeći odbirak i na taj način se radi filtriranje. Na slici je prikazan primer filtriranja kada pokazivač ima vrednost 1 a filtar 4 koeficijenta.

## 4. AUTOMATIZACIJA MERENJA

Funkcije za automatizaciju merenja su već postojale ali su za potrebe ovog projekta modifikovane u Matlab-u.
Omogućen je izbor svih potrebnih parametara za jedno merenje. Osnovni parameter je izbor uskopojasnog ili širokopojasnog merenja što je i suština ovog projekta, slika 6. Zatim je omogućen izbor kodera, metod merenja, relativnih nivoa signala, izbor timeslota za prenos signala kod digitalnih merenja, uređaja na kome se vrši testiranje terminalna impedansa sistema i još nekih parametara vezanih za kreiranje dokumentacije.

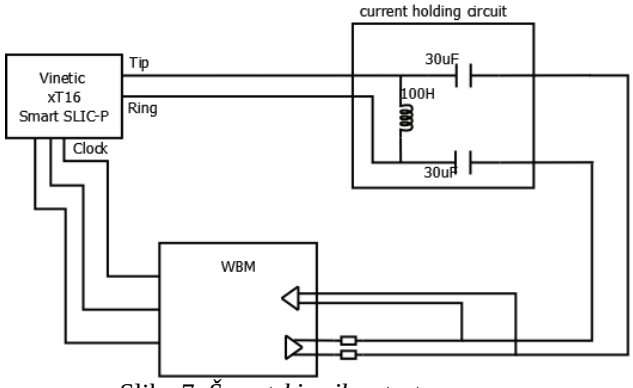



Slika 6. *Prikaz Matlab Gui prozora za automatizovano merenje*

## 5. TESTIRANJE

Tesitranje je podrazumevalo dve faze:

1. testiranje u uskopojasnom opsegu i poređenje dobijenih rezultata sa rezultatima dobijenim korišćenjem PCM4 uređaja
2. testiranje u širokopojasnom opsegu




Slika 7. *Šematski prikaz test opreme*

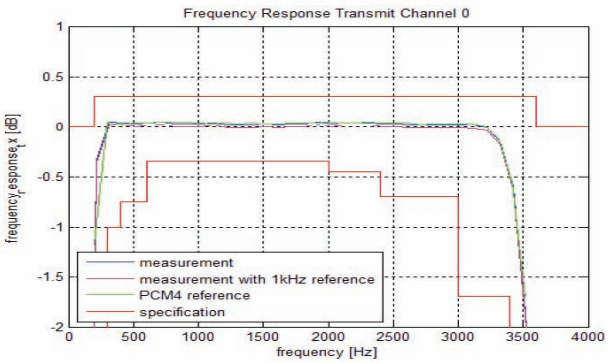
Rezultati dobijeni poređenjem sa PCM4 mernom opremom pokazuju poklapanje i služe kao potvrda da je merni uređaj u ovom projektu zadovoljio zahteve. Zbog velikog broja testova, u ovom radu je prikazan samo rezultat merenja frekvencijskog odziva signala pri slanju vidi se da je poklapanje potpuno u celom spektru.

### 5.2. Rezultati merenja u širokopojasnom opsegu sa Vinetic xt16 pločom

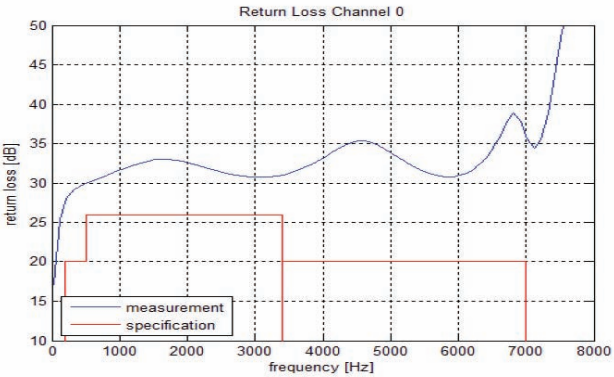
Merni uređaj je testiran merenjem na Vinetic xT16 pločom. Parametri testiranja su sledeći:

- Test impedansa: 600Ω
- Test metod: simple
- Relativni nivo u RX: 0dBr
- Relativni nivo u TX: 0dBr
- Zakon kodovanja: linearno
- opseg: širokopojasni.

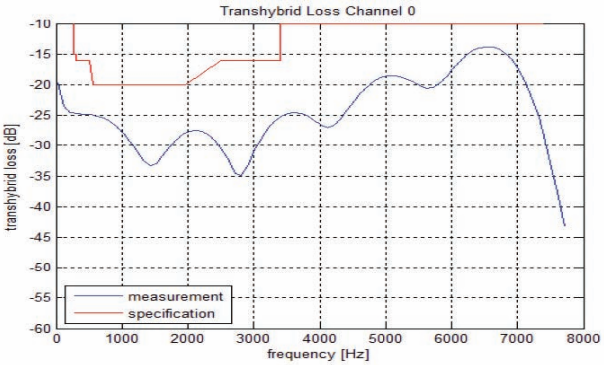
Na narednim slikama prikazani su rezultati merenja.



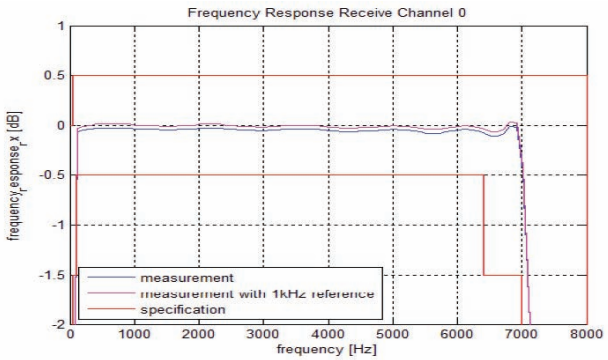

Slika 8. *Merenje frekvencijskog odziva*



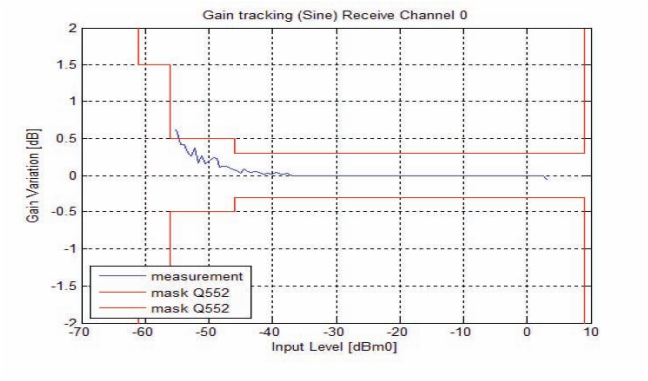

Slika 9. *Merenje gubitaka usled refleksija*



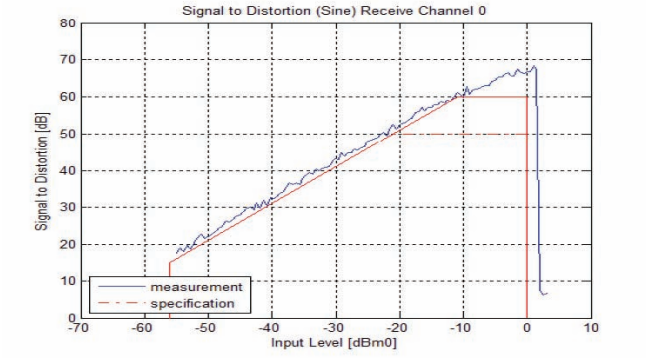

Slika 10. *Merenje gubitaka usled hibrida*




Slika 11. *Frekvencijska karakteristika u prijemu*




Slika 12. *Praćenje nivoa signala*




Slika 13. *Merenje odnosa signala i šuma*

| Idle Channel Noise Receive Channel 0 | | |
|---|---|---|
| **Measurement Number** | **Receive reference [dBm0]** | **Receive Measured [dBm0]** |
| **10** | **-72** | **-75.95** |
| **Idle Channel Noise Transmit Channel 0** | | |
| **Measurement Number** | **Receive reference [dBm0]** | **Receive Measured [dBm0]** |
| **10** | **-72** | **-71.254** |

Slika 14. *Rezultati merenja šuma na slobodnoj liniji*

Dobijeni rezultati pokazuju da je za većinu merenja merni uređaj kreiran u ovom projektu daje validne rezulate u skladu sa maskama dobijenim ITU preporukama. Osnovni problem koji nije mogao da se prevaziđe je nešto viši nivo šuma od dozvoljenog i to je uticalo na rezultate odnosa signal šum i gain tracking merenja na nižim frekvencijama.

Pretpostavlja se da je šum iazvan interferencijom između ploča. Međutim do sada nismo uspeli da redukujemo šum.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom projektu napravljena je merna oprema za testiranje čipsetova za prenos govora u saradnji sa firmom Lantiq Gmbh. Kao osnov za mernu opremu korišćen je jedan od čipova sa procesorom dovoljne snage i njegova funkcionalnost je modifikovana tako da može da izvršava standardna merenja.

Merenja su kreirana u C programskom jeziku sa dopunama u Matlab-u. Takođe omogućeno je i automatizovano merenje takođe u Matlabu. Oprema je prvo tesitrana u uskom opsegu i rezultati su porešeni sa PCM4 mernom opremom a zatim su rašena testiranja u širokom opsegu.

Kao rezultat ovog projekta dobijena je validna merna oprema za testiranje performansi govornih čipova u širokom opsegu.

Kao jedini problem javio se visok nivo šuma koji do sada nije uspešno uklonjen. To takođe predstavlja motivaciju za dalji rad na ovom projektu radi postizanja boljih rezutata.

## 7. LITERATURA

[1] V.I. Utkin, “Variable structure control systems with sliding modes”, *IEEE Trans. Automat. Control*, Vol. AC-22, pp. 210-222, April 1977.

[2] A.E. Bryson, Y.C. Ho, *“Applied Optimal Control”*, New York, Wiley, 1975.

**Zahvalnost:**
Ovaj rad praktično je realizovan u saradnji sa firmom Lantiq GmbH iz Minhena.

**Kratka biografija:**



**Jelena Stanulović** rođena je u Sremskoj Mitrovici 1989. God. Master rad na Fakultetu tehničkh nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2013. 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.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.316.925

# UTICAJ PARAMETARA TRANSFORMATORA NA STRUJE KRATKIH SPOJEVA I RELEJNU ZAŠTITU U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

# IMPACT OF TRANSFORMER PARAMETERS ON SHORT CIRCUIT CURRENTS IN DISTRIBUTION NETWORK

Branko Ivanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *U okviru ovog rada razmotren je uticaj parametara transformatora u distributivnoj mreži na struje kratkih spojeva. Proračunate su struje kratkih spojeva u zavisnosti od promene parametara transformatora. Na primerima promene parametara transformatora pokazano je ispravno delovanje relejne zaštite.*

**Abstract** – *This paper examined the impact of transformer parameters in distribution network on the short circuit currents. It's given a calculation of three phase short-circuit current for transformer parameters variation. Paper also provides examples where is shown the operation of relay protection, e.g. changing transformer parameters*.

**Ključne reči:** *Struje kratkih spojeva, uticaj parametara transformatora na struje kratkih spojeva i relejnu zaštitu*

## 1. UVOD

Električna energija predstavlja osnovni vid energije i preduslov razvoja privrede svake države. S ciljem da se obezbedi neprekidnost u napajanju i proizvodnji električne energije uz što je moguće manje troškove, elektrane, prenosna mreža i transformatorske stanice povezuju se u jedinstven elektroenergetski sistem. Tema ovog rada je da se analizira zavisnost struje kratkih spojeva i podešenja relejne zaštite u funkciji promene parametara transformatora. U drugoj glavi je predstavljena opšta teorija transformatora. Treća glava se sastoji od kratkog objašnjenja o relejnoj zaštiti kao i o tipovima zaštite transformatora. U četvrtoj glavi su prikazani matematički modeli kratkih spojeva, dok je u petoj i šestoj glavi predstavljen proračun struja kratkih spojeva kao i zavisnost struja od parametara transformatora. U sedmoj glavi je dat zaključak, a nakon toga i literatura korišćena prilikom izrade ovog rada.

## 2. OPŠTA TEORIJA TRANSFORMATORA

Energetski transformatori su statički električni uređaji koji električnu energiju transformišu sa jednog naponskog nivoa na drugi, niži ili viši naponski nivo, ali po pravilu iste frekvencije.

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

Pri velikim vrednostima napona nepraktično je i skupo (pogotovo u gradskim sredinama) graditi velike upetljane mreže kojima se električna energija distribuira na područje koje čini potrošački čvor. Zato se snižava naponski nivo električne energije na vrednosti primerene distribuciji 10, 20, 35 kV, naravno opet energetskim transformatorom. Zbog još uvek previsokog napona za masovne potrošače električnoj energiji se mora još jednom spustiti napon energetskim transformatorom tipično na 220/380 V, odnosno na napon za koji je i konstruisana velika većina električnih potrošača [1].

## 3. RELEJNA ZAŠTITA

Automatski zaštitni uređaji elektroenergetskih postrojenja obuhvataju uređaje u postrojenjima za proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije koji imaju zadatak da upozore na abnormalne režime rada pojedinih elemenata elektroenergetskih sistema, a u slučaju pojave kvarova svojim delovanjem brzo isključe oštećeni elemenat i na taj način smanje razaranje i negativan uticaj kvara na rad elektroenergetskog sistema.

### 3.1 Vrste relejne zaštite na transformatoru

Prilikom zaštite transformatora uslovi su komplikovaniji jer su nominalne struje ispred i iza štićenog transformatora različite. Za zaštitu transformatora od kvarova korišćeni su sledeći tipovi relejne zaštite:

- Diferencijalna relejna zaštita
- Zemljospojna relejna zaštita
- Prekostrujna relejna zaštita

#### 3.1.1 Diferencijalna relejna zaštita

Najvažnija zaštita energetskih transformatora je upravo diferencijalna zaštita. Ona štiti transformatore od međufaznih kratkih spojeva, faznih kratkih spojeva i jednofaznih kratkih spojeva, ako je zvezdište transformatora direktno uzemljeno. Diferencijalni strujni releji deluju na razliku struja koje izlaze iz štićenog objekta. Ako su struje jednake po iznosu i faznom pomeraju, razlika im je jednaka nuli u normalnom pogonu. U slučaju kvara, ova diferencijalna struja više nije jednaka nuli, relej zatvara kontakte i deluje na isključenje prekidača.

#### 3.1.2 Zemljospojna relejna zaštita

Zemljospoj je proboj izolacije prema uzemljenim delovima postrojenja. Može se desiti da struje kratkih spojeva budu istog reda ili čak manje od veličine struje pri kojoj se deluje diferencijalnom zaštitom, pa postoji

opasnost da jedan deo kratkih spojeva ne bude detektovan. U takvim slučajevima koristi se zemljospojna zaštita koja upoređuje nultu komponentu struje iz mreže i struju štićenog transformatora.

### 3.1.3 Prekostrujna relejna zaštita

Zaštita od spoljašnjih kratkih spojeva rešena je primenom prekostrujne zaštite, koja se izvodi trofazno, nezavisno od načina uzemljenja zvezdišta. Podešavanje zaštite bi trebalo da bude dovoljno visoko da bi se osiguralo da zaštita ne reaguje kod havarijskih uslova za rad. Takođe se treba postaviti dovoljno nisko da bi se osiguralo da reaguje na minimalne jednopolne kratke spojeve sa zemljom[2].

## 4. OPŠTA TEORIJA KRATKIH SPOJEVA

Do kratkog spoja dolazi pri proboju izolacije između delova električnog postrojenja koji se nalaze na različitim potencijalima. Za razmatranja u ovom radu su od interesa 4 osnovna tipa kratkog spoja koji se daju u nastavku.

### 4.1 Matematički model kratkih spojeva

Izvedeni su matematički modeli sledećih kratkih spojeva:

- trofazni kratak spoj
- jednofazni kratak spoj
- dvofazni kratak spoj
- dvofazni kratak spoj sa zemljom

### 4.1.1 Trofazni kratak spoj

Struja trofaznog kratkog spoja:

$$\bar{I}_{3fks} = \frac{\bar{E}d}{\bar{Z}d} \tag{4.1.1}$$

### 4.1.2 Jednofazni kratak spoj

Struja jednofaznog kratkog spoja:

$$\bar{I}_{1fks} = \frac{3\bar{E}d}{\bar{Z}d + \bar{Z}i + \bar{Z}o} \tag{4.1.2}$$

### 4.1.3 Dvofazni kratak spoj

Struja dvofaznog kratkog spoja:

$$\bar{I}_{2fks} = \frac{\sqrt{3}\bar{E}d}{\bar{Z}d + \bar{Z}i} \tag{4.1.3}$$

### 4.1.4 Dvofazni kratak spoj sa zemljom

Struja dvofaznog kratkog spoja sa zemljom:

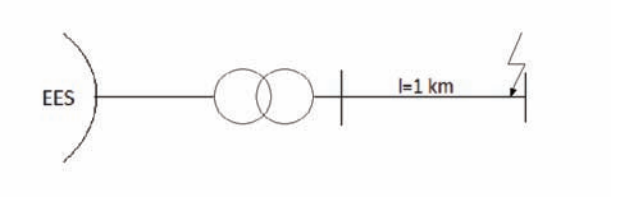
$$\bar{I}_{2fksz} = \frac{3\bar{Z}i\bar{E}d}{\bar{Z}d\bar{Z}i + \bar{Z}d\bar{Z}o + \bar{Z}i\bar{Z}o} \tag{4.1.4}$$

## 5. PRIMER PRORAČUNA

Dat je test primer sa podacima potrebnim za izračunavanje struja kratkih spojeva u kablovskim mrežama. Nakon proračuna struja kratkih spojeva objašnjeno je kako parametri transformatora utiču na struje kratkih spojeva.

### 5.1 Primer proračuna sa analizom rezultata

Kolo se sastoji iz mreže na naponskom nivou 138 [kV], transformatora prenosnog odnosa 138/12.5 [kV/kV] i kablovskog voda. Proračun je urađen kada su elementi povezani kablovskim deonicama pri čemu je dužina voda 1 [km]. Proračuni struja kratkih spojeva su izvršeni na mestu kvara naznačenom na slici 5.2.1., pri čemu su menjani parametri transformatora, dok je dužina voda ostala ista.




*Slika 5.2.1. – Šema test primera sa izabranim mestom kvara*

### 5.2. Zavisnost struja kratkog spoja od promene napona kratkog spoja transformatora

Prilikom proračuna struja kratkog spoja korišćene su sledeće vrednosti napona kratkog spoja:

$u_{k1}$=11.2%,
$u_{k2}$=12.4%,
$u_{k3}$=13.6%

### 5.2.1 Izračunavanje struja kratkog spoja na mestu kvara

Vrednosti struje kratkog spoja u [kA] za različite vrednosti napona kratkog spoja su prikazane u tabeli 5.2.1.

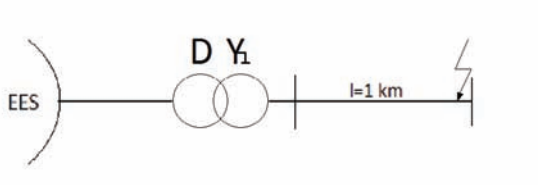
*Tabela 5.2.1. – Struje kratkog spoja*

| $u_k$(%) | $I_{1fks}$ | $I_{2fks}$ | $I_{2fksz}$ | $I_{3fks}$ |
|---|---|---|---|---|
| $u_{k1}$=11.2 | 5.802 | 5.018 | 5.899 | 5.803 |
| $u_{k2}$=12.4 | 5.358 | 4.634 | 5.346 | 5.359 |
| $u_{k3}$=13.6 | 4.977 | 4.305 | 4.972 | 4.978 |

U ovom paragrafu je prikazan postupak za proračun struja kratkih spojeva u delu distributivne mreže. Kao što se iz priloženog vidi za različite vrednosti napona kratkog spoja struje kratkih spojeva su približno jednake što nas dovodi do zaključka da promene vrednosti napona kratkog spoja znatno ne utiču na vrednosti struja kratkih spojeva.

### 5.3. Zavisnost struja kratkog spoja od sprege namotaja transformatora

Proračuni struja kratkih spojeva su izvršeni na mestu kvara naznačenom na slici 5.3.1, prilikom proračuna struja kratkih spojeva menjane su sprege transformatora dok su ostali parametri nepromenjeni.




*Slika 5.3.1. – Šema test primera 2 sa izabranim mestom kvara*

Slovne oznake koje su korišćene za iskazivanje načina povezivanja trojki namotaja na istoj strani transformatora su:

Y ili y – za namotaje povezane u zvezdu
D ili d – za namotaje povezane u trougao

Kada se slova N ili n nalaze u subskriptu oznake Y ili y (namotaji povezani u zvezdu), to ukazuje na uzemljeno

zvezdište transformatora. Kada tih subskripta nema, zvezdište je izolovano.

### 5.3.1 Izračunavanje struja kratkog spoja na mestu kvara

Vrednosti struja kratkog spoja u [kA], u zavisnosti od sprege namotaja transformatora, prikazane su u tabeli 5.3.1.

*Tabela 5.3.1. – Struje kratkog spoja*

| Sprega | $I_{1fks}$ | $I_{2fks}$ | $I_{2fksz}$ | $I_{3fks}$ |
|---|---|---|---|---|
| $Y_Ny_n$ | 5.367 | 4.645 | 5.371 | 5.372 |
| $Dy_n$ | 5.367 | 4.645 | 5.371 | 5.372 |
| $Y_Ny$ | 0 | 4.645 | 5.362 | 5.372 |
| $Dy_{nR}$ | 0.278 | 4.645 | 1.301 | 5.372 |
| Dy | 0 | 4.645 | 5.362 | 5.372 |
| Dd | 0 | 4.645 | 5.362 | 5.372 |
| Yd | 0 | 4.645 | 5.362 | 5.372 |
| Yy | 0 | 4.645 | 5.362 | 5.372 |

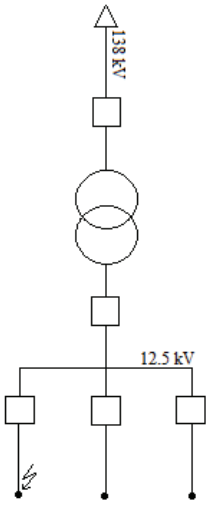
S obzirom da impedansa nultog redosleda ne utiče na proračun struja trofaznog kratkog spoja, vrednosti struja su identične za bilo koji tip sprege.

## 6. PRORAČUNATE VREDNOSTI STRUJE KVARA I DELOVANJA ZAŠTITE

### 6.1 Primer dela distributivne mreže

Na slici 6.1 dat je primer dela distributivne mreže koji čine:

- VN izvor nominalnog napona 138 [kV]
- transformator prenosnog odnosa 138/12.5 [kV/kV]
- napon kratkog spoja 12.4 %
- nominalna snaga transformatora 18[MVA]
- SN sabirnica nominalnog napona 12.5 [kV]
- kablovski vodovi čije su karakteristike r=0.5 [Ω/km] ; x=0.1 [Ω/km] ; l=1 [km]
- odgovarajuća rasklopna oprema




*Slika 6.1. – Test primer dela distributivne mreže*

Simulirani su kratki spojevi u delu distributivne mreže pomoću naprednih softverskih alata za različite tipove sprege namotaja transformatora, nakon toga su dobijene vrednosti struja kratkih spojeva prikazane u tabeli 6.1:

*Tabela 6.1. – Struje kratkog spoja u zavisnosti od sprege namotaja transformatora*

| Sprega | $I_{1fks}$ | $I_{2fks}$ | $I_{2fksz}$ | $I_{3fks}$ |
|---|---|---|---|---|
| $Y_Ny_n$ | 6.979 | 6.844 | 8.074 | 7.979 |
| $Dy_n$ | 6.968 | 6.743 | 8.074 | 7.979 |
| $Y_Ny$ | 0 | 6.910 | 6.910 | 7.979 |
| $Dy_{nR}$ | 0.257 | 6.910 | 3.659 | 7.979 |
| Dy | 0 | 6.910 | 6.910 | 7.979 |
| Dd | 0 | 6.910 | 6.910 | 7.979 |
| Yd | 0 | 6.910 | 6.910 | 7.979 |
| Yy | 0 | 6.910 | 6.910 | 7.979 |

Evidentan je uticaj sprege na vrednosti struja.

Za proračune je korišćen program razvijen u Matlabu. U ovoj distributivnoj mreži je zatim testiran rada relejne zaštite u zavisnosti od napona kratkog spoja kao i od sprege namotaja transformatora.

### 6.2 Delovanje prekostrujne relejne zaštite

Podešenja prekostrujne relejne zaštite su:

- Strujno podešenje = 960 [A]
- Time dial = 3
- Karakteristika : ANSI Extremly Inverse

Rezultati su dati u tabeli 6.2.

*Tabela 6.2. – Struje i vreme delovanja prekostrujne relejne zaštite za različite vrednosti napona kratkog spoja transformatora (dvopolni kratak spoj)*

| Napon kratkog spoja [%] | Proračunata vrednost [A] | Vreme reagovanja [s] |
|---|---|---|
| $u_{k1}$=11.2 | 6854.2 | 0.45 |
| $u_{k2}$=12.4 | 6210.1 | 0.49 |
| $u_{k3}$=13.6 | 5707.1 | 0.59 |

Evidentan je uticaj napona kratkog spoja na vrednosti struja.

### 6.3 Struja i vreme delovanja prekostrujne zaštite u zavisnosti od sprege transformatora (dvopolni kratak spoj sa zemljom)

Rezultati su dati u tabeli 6.3.

*Tabela 6.3. – Struje i vreme delovanja prekostrujne relejne zaštite u zavisnosti od vrste sprege (dvopolni kratak spoj sa zemljom)*

| Vrsta sprege | Proračunata vrednost [A] | Vreme reagovanja [s] |
|---|---|---|
| $Y_Ny_n$ | 5707.1 | 0.59 |
| $Dy_n$ | 5807.1 | 0.56 |
| $Y_Ny$ | 4869.3 | 0.72 |
| $Dy_{nR}$ | 4976.2 | 0.69 |
| Dy | 4869.3 | 0.72 |
| Dd | 4869.3 | 0.72 |
| Yd | 4869.3 | 0.72 |
| Yy | 4869.3 | 0.72 |

Evidentan je uticaj sprege na vrednosti struja.

### 6.4 Delovanje zemljospojne relejne zaštite (jednopolni kratak spoj)

Podešenja zemljospojne relejne zaštite su:

- Strujno podešenje = 900 [A]
- Time dial = 3.5
- Karakteristika : ANSI Very Inverse

Prikaz rezultata u zavisnosti od napona kratkog spoja

Rezultati su dati u tabeli 6.4.

*Tabela 6.4. – Struje i vreme delovanja prekostrujne relejne zaštite za različite vrednosti napona kratkog spoja transformatora (jednopolni kratak spoj)*

| Napon kratkog spoja | Proračunata vrednost [A] | Vreme reagovanja [s] |
|---|---|---|
| $u_{k1}$=11.2 | 6808.1 | 0.62 |
| $u_{k2}$=12.4 | 6197.5 | 0.69 |
| $u_{k3}$=13.6 | 5687.6 | 0.72 |

Evidentan je uticaj napona kratkog spoja na vrednosti struja.

**6.5 Struja i vreme delovanja prekostrujne zaštite u zavisnosti od sprege transformatora (jednopolni kratak spoj)**

Rezultati su dati u tabeli 6.5.

*Tabela 6.5. – Struje i vreme delovanja prekostrujne relejne zaštite u zavisnosti od vrste sprege (jednopolni kratak spoj)*

| Vrsta sprege | Proračunata vrednost [A] | Vreme reagovanja [s] |
|---|---|---|
| $Y_Ny_n$ | 5687.6 | 0.72 |
| $Dy_n$ | 5687.6 | 0.72 |
| $Y_Ny$ | / | / |
| $Dy_{nR}$ | 0.257 | / |
| Dy | / | / |
| Dd | / | / |
| Yd | / | / |
| Yy | / | / |

Evidentan je uticaj sprege na vrednosti struja.

**Delovanje diferencijalne relejne zaštite**

Podešenja diferencijalne relejne zaštite su:

- Strujno podešenje = 5 [A]
- Karakteristika : Differential

**6.6 Prikaz rezultata u zavisnosti od napona kratkog spoja**

Rezultati su dati u tabeli 6.6.

*Tabela 6.6. – Prikaz delovanja diferencijalne relejne zaštite*

| Napon kratkog spoja [%] | Proračunata vrednost [A] |
|---|---|
| $u_{k1}$=11.2 | 33.58 |
| $u_{k2}$=12.4 | 31.49 |
| $u_{k3}$=13.6 | 30.65 |

Evidentan je mali uticaj napona kratkog spoja na rad zaštite.

**6.7 Prikaz rezultata u zavisnosti od sprege transformatora**

Rezultati su dati u tabeli 6.7.

*Tabela 6.7 – Prikaz delovanja diferencijalne relejne zaštite u zavisnosti od vrste sprege*

| Vrsta sprege | Proračunata vrednost [A] |
|---|---|
| $Y_Ny_n$ | 33.58 |
| $Dy_n$ | 33.58 |
| $Y_Ny$ | 33.58 |
| $Dy_{nR}$ | 33.58 |
| Dy | 33.58 |
| Dd | 33.58 |
| Yd | 33.58 |
| Yy | 33.58 |

Evidentno je da nema uticaja sprege na rad zaštite..

## 7. ZAKJUČAK

U ovom radu obrađen je uticaj napona kratkog spoja i sprege energetskih transformatora na struje kratkih spojeva u distributivnoj mreži, kao i na rad relejne zaštite. Na osnovu izračunatih vrednosti može se zaključiti da napon kratkog spoja ima najveći uticaj kod tropolnih kratkih spojeva, dok je sprega dominantna kod jednopolnih kratkih spojevakratki spojevi.

## 8. LITERATURA

[1] D. Popović, D. Bekut, V. Dabić: Specijalizovani DMS algoritmi

[2] D. Bekut: Relejna zaštita, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2009.

[3] V. Strezoski: Analiza elektroenergetskih sistema 1

**Kratka biografija:**



**Branko Ivanić** rođen je u Loznici 1989. godine. Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2008/2009, smer energetika, elektronika i telekomunikacije, diplomirao na osnovim studijama 2012. god, smer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva je odbranio 2013.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 621.314.2**

# FEROREZONANSA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

# FERRORESONANCE IN DISTRIBUTION NETWORKS

Milica Latinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

***Kratak sadržaj –*** *Ferorezonansa je nelinearna pojava koja nastaje usled oscilovanja energije između kapacitivnosti i nelinearne induktivnosti. Karakterišu je visoki prenaponi i prekostruje koji mogu dovesti do ozbiljnih problema u sistemu (oštećenje električne opreme), obično je narušena funkcionalnost transformatora. U ovom radu su navedeni mogući ferorezonantni modovi, različiti pristupi za proučavanje ferorezonanse kao i različite feorezonantne konfiguracije koje se mogu pojaviti u realnom sistemu, a sve u cilju sprečavanja indukovanja ferorezonanse.*

***Abstract*** *– Ferroresonance is a non-linear phenomenon that occurs when there is energy oscillation between capacitance and non-linear inductance. Its effect are characterized by high overvoltages and overcurrents leading to extremely dangerous consequences (electrical equipment damage), that mainly affect the functionality of transformers. This paper gives possible ferroresonant modes, different approaches for power system ferroresonace study, as well as different ferroresonant configurations that may take place in power system. The main goal is ferroresonace prevention.*

**Ključne reči:** *Ferorezonansa, naponski transformatori, energetski transformatori, prenaponi*

## 1. UVOD

Reč ferorezonansa označava rezonansu između elemenata mreže sa feromagnetskim materijalom i kapacitivnih delova mreže, a posebno u prisustvu neopterećenih ili slabo opterećenih transformatora [1]. U radu se obrađuje pojava ferorezonanse u elektroenergetskim sistemima, kako u prenosnim, tako i u distributivnim mrežama. U prvom delu izložen je koncept rezonanse u cilju kasnijeg poređenja sa ferorezonansom i njenog boljeg razumevanja.

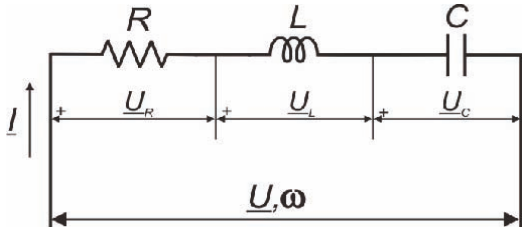
Osnovne karakteristike ferorezonanse date su u trećem delu. Obrađuju se prosto serijsko ferorezonantno kolo u cilju utvrđivanja mogućih radnih tačaka. Takođe, dato je poređenje prostog ferorezonantnog kola koje sadrži otpornik i prostog ferorezonantnog kola bez otpornika kako bi se utvrdio uticaj rezistivnog opterećenja na indukovanje ferorezonanse.

U četvrtom delu navedeni su tipovi ferorezonantnih modova, dok su u petom delu navedeni različiti pristupi za proučavanje ferorezonanse kao i prednosti i mane svakih od njih.

Kroz njihov opis navedene su i neke od mogućih situacija u elektroenergetskom sistemu koje mogu dovesti do pojave ferorezonanse. U sedmom delu je detaljnije opisana ferorezonansa u trofaznoj mreži s izolovanom nultom tačkom.

## 2. REZONANSA

Prosto rezonantno kolo, prikazano na slici 2.1, predstavlja rednu vezu otpornika, kalema i kondenzatora. Često se ovakvo kolo naziva i redno rezonantno kolo [2].




*Slika 2.1 – Prosto rezonantno kolo*

Impedansa kola i razlika faza napona i struje, pa time i efektivna vrednost struje i njena početna faza zavise od parametara kola R, L i C i kružne učestanosti priključenog napon $\omega$.

Promenom učestanosti priključenog napona ili parametara kola može se ostvariti takvo stanje u kolu da je razlika faza priključenog napona i struje jednaka nuli ($\varphi=0$). Kolo se tada ponaša kao da sadrži samo otpornost R, odnosno kao da je bez induktivnosti i kapacitivnosti. Reaktansa kola je tada jednaka nuli, odnosno:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} \Leftrightarrow \quad \omega L = \frac{1}{\omega C} \tag{2.1}$$

Kružna učestanost pri kojoj nastupa ova pojava naziva se rezonantna kružna učestanost prostog (rednog) rezonantnog kola.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \tag{2.2}$$

Učestanost pri kojoj nastupa rezonancija naziva se rezonantna učestanost prostog (rednog) rezonantnog kola.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{2.3}$$

## 3. FEROREZONANSA

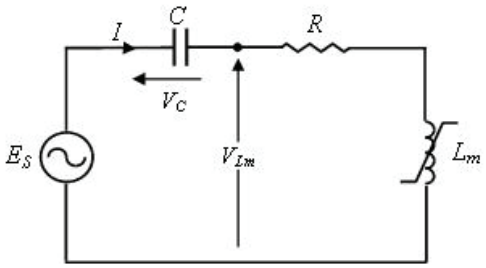
Jedan od najozbiljnijih problema u elektroenergetskim sistemima je mogućnost pojave prenapona izazvanih ferorezonantnim stanjem. Ferorezonansa se uobičajeno događa tokom debalansa (neuravnoteženosti) sistema, najčešće prilikom prekidačkih operacija koje dovode do serijske veze kapacitivnosti i impedanse magnećenja

---

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

transformatora. Rezultat mogu biti visoki prenaponi koji mogu oštetiti transformatore, kablove i odvodnike prenapona [1].

Za razliku od rezonantnog, ferorezonantno kolo umesto linearne induktivnosti sadrži nelinearnu indiktivnost, što znači da induktivna reaktansa ne zavisi samo od učestanosti, nego i od magnestkog fluksa gvozdenog jezgra prigušnice (npr. feromagnetsko jezgro transformatora) [3]. Dakle, ferorezonantno kolo sadrži serijsku vezu naizmeničnog izvora napajanja $E_s$, otpornosti R, kondenzatora C i nelinearne induktivnosti $L_m$. Prikazano je na slici 3.1



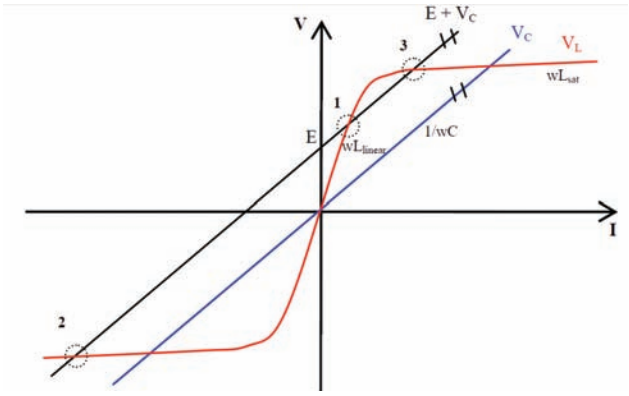

*Slika 3.1 – Ferorezonantno kolo*

Grafici sa slike 3.2 prikazuju 3 moguće radne tačke ferorezonantnog kola:

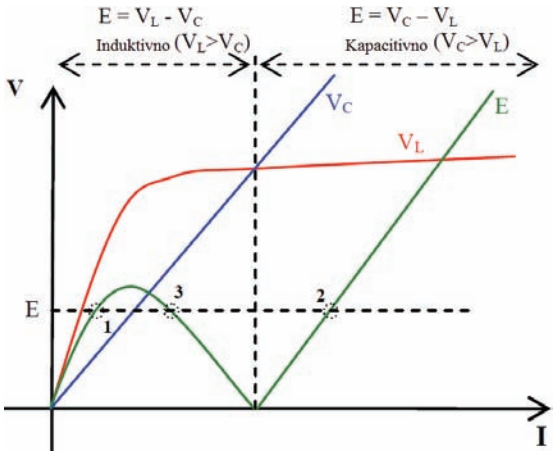
**Radna tačka 1**: Neferorezonanta stabilna radna tačka. Kolo je pretežno induktivno ( $X_{L-linear} > X_C \Rightarrow E = V_L - V$ )

**Radna tačka 2**: Ferorezonantna stabilna radna tačka. Kolo je pretežno kapacitivno ( $X_{L-sat} < X_C \Rightarrow E = V_C - V_L$ )

**Radna tačka 3**: Nestabilna radna tačka




(a)

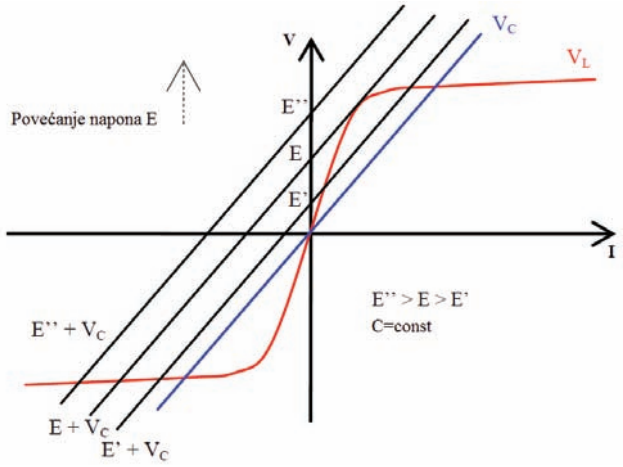



(b)

*Slika 3.2 – Grafička reprezentacija serijskog LC ferorezonantnog kola (R=0)*

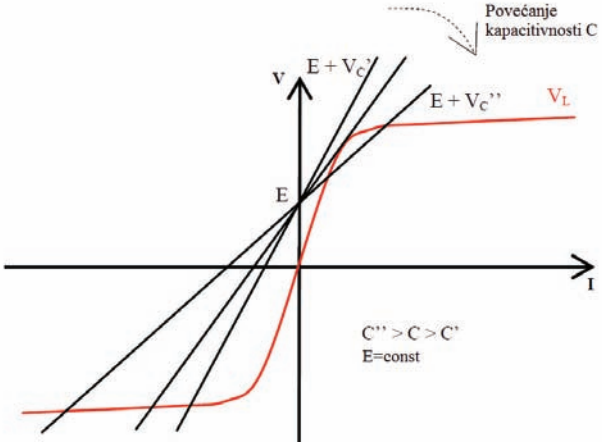
Kao što se može videti sa ovih grafika, glavna karakteristika ferorezonantnog kola su barem 2 stabilne radne tačke, pri čemu dolazi do naglih skokove napona ili struje prelaskom iz jedne u drugu stabilnu radnu tačku.

Dalje se razmatra ponašanje ferorezonantnog kola u zavisnosti od pozicije E+$V_C$ prave. Na slici 3.3 prikazan je odziv kola ukoliko se menja vrednost napna izvora, pri čemu se kapacitivnost održava konstantnom. Slično, slika 3.4 prikazuje odziv kola u slučaju kada se menja kapacitivnost pri konstantnoj vrednosti napona izvora. U prvom slučaju (slika 3.3) se primećuje paralelno pomeranje prave E+$V_C$. Pri odredjenoj vrednosti napona izvora E, prava E+$V_C$ je tangenta karakteristike magnećenja. Pri većim vrednostima napona napajanja (E''), kolo je uvek u ferorezonantnom stanju. Suprotno, pri nižim vrednostima izvora napona (E'), sistem ima dve moguće stabilne radne tačke, jednu ferorezonantnu i jednu neferorezonantnu. Konačna radna tačka će zavisiti od početnih uslova [3].




*Slika 3.3 – Odziv kola pri promeni napona izvora pri čemu je kapacitivnost kondenzatora nepromenjena*

U drugom slučaju (slika 3.4) prava E+$V_C$ rotira oko tačke E, što znači da se njen nagib smanjuje s porastom kapacitivnosti. Na slici 3.4 se može videti da je za razliku od rezonanantnog, ferorezonantno stanje moguće pri različitim vrednostima kapacitivnosti (u pitanju je širok opseg), pri datoj frekvenciji.




*Slika 3.4 – Odziv kola pri promeni kapacitivnosti kondenzatora, pri čemu je napon izvora nepromenjen*

## 4. TIPOVI FEROREZONANTNIH MODOVA

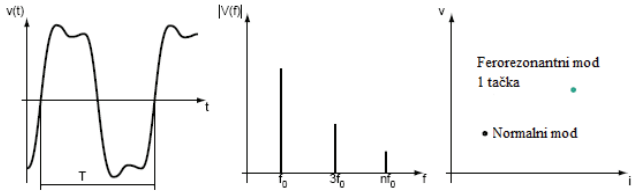
Posmatranje talasnih oblika koji se pojavljuju u elektroenergetskom sistemu, eksperimenti koji su izvođeni na uprošćenim modelima elektroenergetskog sistema zajedno sa numeričkim simulacijama, omogućavaju klasifikaciju ferorezonantnih stanja u četiri različite grupe. Različiti odzivi su posledica nelinearnosti ferorezonantnog kola [4].

Četiri različita odziva u ustaljenom stanju su (četiri različita tipa ferorezonance) [5]:

- Osnovni (fundamentalni) mod.
- Subharmonični mod.
- Kvazi-periodični mod.
- Haotični mod.

### 4.1 Fundamentalni mod

Naponi i struje su periodični i imaju istu periodu T kao elektroenergetski sistem. Spektar frekvencije signala je diskontinualan i sadrži dominantnu komponentu osnovne frekvencije elektroenergetskog sistema i neparne harmonike (treći, peti, sedmi i n-ti neparni harmonik). Dodatno, ovakav tip odziva se takođe može identifikovati korišćenjem stroboskopskog dijagrama ( Slika 4.1.1 c) koji se još naziva i *Poincare* grafik, koji se može dobiti simultanim semplovanjem napona *v* i struje *i* pri osnovnoj frekvenciji [1]. Sa stroboskopskog dijagrama se vidi da je tačka koja predstavlja ferorezonantni mod dosta pomerena u odnosu na tačku koja označava normalno stanje. Detaljnije objašnjeneje ovog dijagrama biće dato u sledećem odeljku.

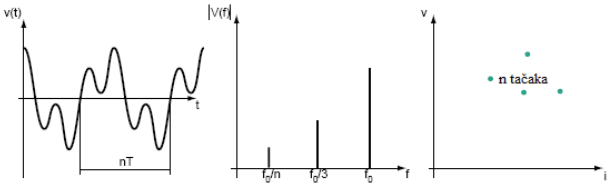



*(a) Periodični signal (b) Frekventni spektar (c) Stroboskopski dijagram*

*Slika 4.1.1 – Fundamentalni mod*

### 4.2 Subharmonični mod

Ovaj tip ferorezonantnog signala ima periodu koja predstavlja umnožak periode izvora, nT. Fundamentalni mod ferorezonanse se obično naziva period-1 (npr. f0/1 Hz) ferorezonansa gde je f0 učestanost elektroenergetskog sistema, a ferorezonansa sa umnoškom frekvencije elektroenergetskog sistema period-n (npr f0/n Hz) ferorezonansa. Alternativno, signali su opisani spektrom frekvencija koji odgovara izrazu f0/n gde f0 označava nominalnu frekvenciju, a n je ceo broj. Stroboskopski dijagram ovakvog signala sadrži n tačaka što označava predominantnost komponente osnovne frekvencije sa opadajućim harmonicima nižih frekvencija.

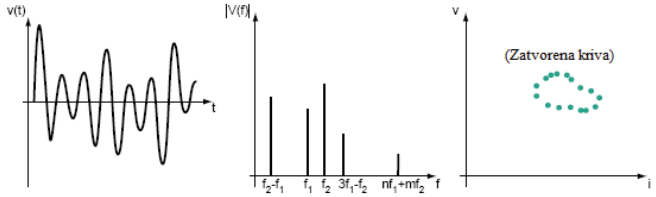



*(a) Periodični signal (b) Frekventni spektar (c) Stroboskopski dijagram*

*Slika 4.2.1 – Subharmonični mod*

### 4.3 Kvazi-periodični mod

Ovaj tip signala nije periodičan. U pitanju je diskontinualan spektar čije su frekvencije definisane kao nf1+mf2 (n i m su celobrojne vrednosti, a f1/f2 iracionalan realan broj). Stroboskopski dijagram ovog signala predstavlja zatvorenu krivu sačinjenu od blisko postavljenih tačaka. Set tačaka (zatvorena kriva) u dijagramu naziva se atraktor i predstavlja asimptotu za sve bliske orbite kada t tezi beskonačnosti, što je slučaj u ustaljenom stanju [1].

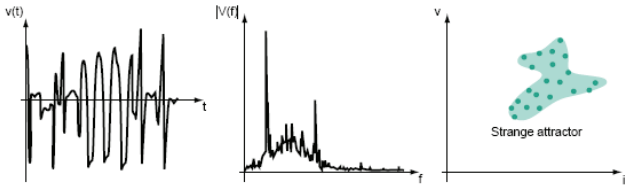



*(a) Periodični signal (b) Frekventni spektar (c) Stroboskopski dijagram*

*Slika 4.3.1 – Kvazi-periodični mod*

### 4.4 Haotični mod

Signal nije periodičan i ima kontinualan frekventni spektar, što znači da nije prekinut ni za jednu vrednost frekvencije. Stroboskopski dijagram sadrži n tačaka koje zauzimaju oblast označenu kao neobičan atraktor koji se nasumično pomera.




*(a) Periodični signal (b) Frekventni spektar (c) Stroboskopski dijagram*

*Slika 4.4.1 – Haotični mod*

## 5. RAZLIČITI PRISTUPI ZA PROUČAVANJE FEROREZONANSE

Prilikom proučavanja ferorezonanse često se koriste različiti simulacioni modeli. Stoga je neophodno izvršiti modelovanje svakog od elemenata koji čine integrisani elektroenergetski sistem. U praksi se porede rezultati simulacionih modela sa stvarnim odzivom sistema. Ukoliko rezultati simulacije ne zadovoljavaju očekivane vrednosti, neophodno je poboljšati simulacioni model, što se obično izvršava poboljšanjem modela pojedinih komponenti sistema [1].

Postoji pet različitih pristupa za proučavanje ferorezonanse: analitički pristup, analogna simulacija, testiranje u realnom vremenu, laboratorijska merenja, digitalni simulacioni modeli [1].

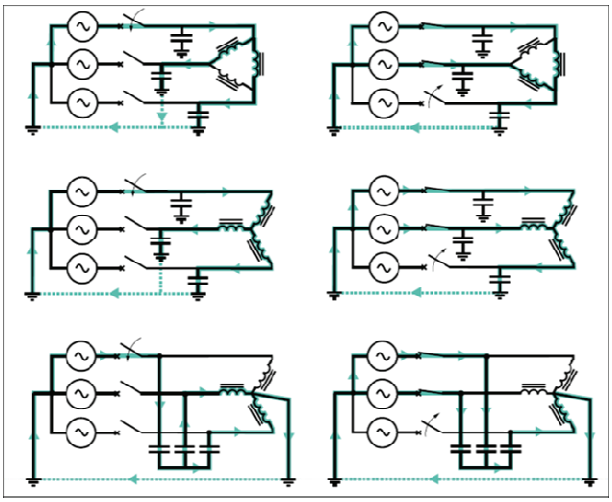
## 6. KONFIGURACIJE EES-A KOJE DOVODE DO POJAVE FEROREZONANSE

Identifikovanje ferorezonantnih uslova u elektroener - getskom sistemu nije jednostavan zadatak s obzirom na pojavu kapacitivnosti između faza i kapacitivnosti između kola u bezbroj mogućih konfiguracija. Na sreću, studije i događaji u stvarnom sistemu su pokazali da su određene konfiguracije elektroenergetskog sistema podložnije ferorezonansi od ostalih.

U narednom poglavlju predstavljena je jedna potencijalna konfiguracija koja dovodi do indukovanja ferorezonanse u distributivnim mrežama [6].

### 6.1 Nekompletna sklopna operacija

Veća je verovatnoća da će se u ovoj topologiji (slika 6.1.1) ferorezonansa indukovati u distributivnim mrežama s obzirom na upotrebu jednofaznih prekidača i osigurača. Sistem može biti uzemljen ili neuzemljen, premda su neuzemljene mreže podložnije ovoj pojavi.



*Slika 6.1.1 – Transformator slučajno energizovan u jednoj ili dve faze*

Naredna tri uslova moraju biti ispunjena kako bi se indukovala ferorezonansa:

- Barem jedna faza mora biti energizovana.
- Dovoljno velika vrednost kapacitivnosti između transformatora i otvorene faze.
- Opterećenje transformatora i gubici u transformatoru moraju biti mali.

## 7. KRITIČNA DUŽINA KABLA

Maksimalna dužina srednjenaponskog kabla koji može biti povezan na distributivni transformator koji se energizuje u jednoj ili dve faze, može biti izračunata upotrebom formule koja sledi [6, 7]:

$$L_{\text{kritično}} = \frac{0.6 \cdot I_{\text{mag\%}} \cdot \text{KVAn} \cdot 1000}{\left(1.58 + \frac{C'_{CC}}{C'_{CS}}\right) \cdot 62.8 \cdot (\text{kV}_N)^2 \cdot C'_{CS}} \; [m] \qquad (7.1)$$

gde je:

$L_{\text{kritično}}$ – kritična dužina kabla u metrima,
$I_{\text{mag\%}}$ – struja magnećenja transformatora (obično oko 0,8 %),
kVAn – snaga transformatora u kVA,
$\text{kV}_N$ – nominalni napon u kV,
$C'_{CC}$ – kapacitivnost kabla između provodnika u μF/km (međukapacitivnost),
$C'_{CS}$ – kapacitivnost kabla između provodnika i plašta u μF/km.

Na osnovu ove formule se može zaključiti da je kritična dužina kabla:

- Direktno proporcionalna kapacitetu transformatora.
- Direktno proporcionalna struji magnećenja transformatora.
- Inverzno proporcionalna kvadratu nominalnog napona.
- Inverzno proporcionalna specifičnoj kapacitivnosti kabla.

## 8. ZAKLJUČAK

U radu su detaljno opisani glavni faktori relevantni za indukovanje ferorezonanse koja može dovesti do značajnih oštećenja električne opreme i instalacija u distributivnim mrežama. Analizirane su situacije, odnosno konfiguracije elektroenergetskog sistema koje su podložne ferorezonansi. Na ovaj način moguće je dobiti širok pregled ove pojave, što omogućava brzu identifikaciju i moguće rešenje problema.

Pokazano je da u distributivnim mrežama najčešće dolazi do ferorezonanse kada se kabl i neopterećen transformator uklapaju upotrebom jednofaznih prekidača (nekompletna sklopna operacija). Ferorezonantni prenaponi se mogu izbeći adekvatnim prekidačkim manipulacijama. Ovo se odnosi na uklapanje transformatora zasebno od kabla, upotrebom prekidača na terminalima transformatora ili upotrebom trofaznih prekidača.

## 9. LITERATURA


[1] S.P. Ang: *"Ferroresonance Simulation Studies of Transmission System"*, The University of Manchester, 2010.

[2] B.Popović: *"Osnovi elektrotehnike 2"*, Naučna knjiga Beograd, 1989.

[3] V.Valverde, A. J. Mazón, I. Zamora, G. Buigues: *"Ferroresonance in Voltage Transformers: Analysis and Simulations"*, E.T.S.I.I, University of Basque Country, Alda.

[4] K. Milicevic, Z. Emin: "Impact of initial conditions on the initiation of ferroresonance", *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol 31, pp. 146 – 152, 2009.

[5] P.Ferracci, *"Ferroresonance"*, Cahier Technique, ECT 190, March 1998.

[6] WG C4.300:"Resonance and ferroresonance in power network" , *CIGRE*, 2011.

[7] A. Baitch, "FERRORESONANCE – its Occurrence and Control in Electricity Distribution Networks", *Annual conference of the Electric Energy Society of Australia*, Canberra, August 2000.


**Kratka biografija:**




**Milica Latinović** rođena je u Bosanskom Petrovcu 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 004:368**

# AUTOMATIZOVANO TESTIRANJE WEB APLIKACIJA UZ POMOĆ SELENIUMA

# AUTOMATED TESTING OF WEB APPLICATIONS USING SELENIUM

Jasmina Petrov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu opisano je automatizovano testiranje web aplikacije. Postoje različite tehnologije za implementaciju automatskih testova, a ovde je prikazana implementacija automatskih testova uz pomoć programskog jezika Java i Selenium (WebDriver) okvira za razvoj (framework).*

**Abstract** – *This paper presents automated testing of web application. There are various technologies that can be used for automation. One of them is described here. It is implementation of automated tests using Java programming language and Selenium (WebDriver) framework.*

**Ključne reči:** *Automatizovano testiranje, Selenium, WebDriver, web aplikacija*

## 1. KONCEPT TESTIRANJA

U okviru ovog poglavlja objašnjen je koncept testiranja aplikacija. Poseban akcenat je stavljen na automatsko testiranje aplikacija koje je obrazloženo u ovom radu. Da bi se uvideo značaj automatskog testiranja, prikazano je poređenje automatskog i manuelnog testiranja. Dve najzastupljenije strategije testiranja su testiranje pomoću crne kutije i testiranje pomoću bele kutije.

### 2.1. Testiranje softvera

Testiranje softvera je proces, ili serija procesa, koji su osmišljeni tako da provere da li kod radi na način koji zadovoljava zahteve klijenta, ali isto tako i da se utvrdi da ne radi ništa što nije u skladu sa zahtevima. Softver treba da bude konzistentan, predvidiv (u smislu da je korisnicima lako da ga koriste) i da zadovoljava potrebe korisnika. Testiranje predstavlja značajan deo procesa razvoja softvera, jer omogućava utvrđivanje i podizanje kvaliteta i/ili pouzdanosti softvera. Povećanje pouzdanosti softvera podrazumeva pronalaženje i uklanjanje grešaka. Dve najzastupljenije strategije testiranja su testiranje pomoću crne kutije i testiranje pomoću bele kutije.

#### 2.1.1. Metod crne kutije

Testiranje pomoću crne kutije je metod testiranja softvera koji ispituje funkcionalnost aplikacije bez zavirivanja u njene unutrašnje strukture [1]. Ovaj metod vizuelno je prikazan na slici 2.1.1.

Tester je svestan šta softver treba da radi, ali ne zna kako to radi. Na primer, zna se da određeni ulaz vraća određeni izlaz, koji je nepromenljiv, ali se ne zna kako softver proizvodi taj izlaz. Manuelno testiranje je testiranje pomoću crne kutije.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, vanr.prof.**




Slika 2.1.1. *Metod crne kutije*

#### 2.1.2. Metod bele kutije

Testiranje pomoću bele kutije je metod za testiranje softvera kojim se testira funkcionisanje aplikacije koristeći poznavanje unutrašnjih struktura komponenti ili sistema. Ovaj metod testiranja se može primeniti na 3 nivoa procesa testiranja softvera: jedinični, integracioni i nivo sistema [2].

Jedinično testiranje se vrši kako bi se osiguralo da kod radi kako treba, pre nego što dođe do bilo kakve integracije sa prethodno testiranim kodom.

Na integracionom nivou se vrši provera interakcije svih interfejsa međusobno.

Testiranje sistema je nivo procesa testiranja softvera gde je kompletan integrisani sistem/softver testiran. Svrha ovog testa je da proceni usaglašenost sistema sa navedenim zahtevima.

Automatsko testiranje je testiranje pomoću bele kutije.

#### 2.1.3. Automatsko testiranje web aplikacije

Mnoge softverske aplikacije danas, možda čak i većina njih, se pišu kao web-bazirane aplikacije koje se pokreću u Internet pretraživačima. Efikasnost testiranja ovakvih aplikacija veoma varira među kompanijama i organizacijama. U eri visoko interaktivnih i odgovornih softverskih procesa, često automatsko testiranje postaje uslov za projekte. Test automatizacija podrazumeva korišćenje nekog od softverskih alata za kontrolisanje izvršavanja testova, za ponavljanje testova kao i za poređenje stvarnih rezultata sa očekivanim rezuiltatima. Razvijeni automatski testovi mogu se pokrenuti brzo i više puta. To se mnogo puta pokazalo kao isplativo rešenje za testiranje softverskih proizvoda koji imaju dug život održavanja. Automatsko testiranje ima mnoge prednosti. One se najviše odnose na mogućnost ponavljanja testova i na brzinu kojom se testovi mogu izvršiti. Postoji veliki broj komercijalnih i besplatnih (*open source*) alata na raspolaganju za razvoj automatskih testova. Jedan od njih je Selenium. Test automatizacija ima specifične prednosti za poboljšanje dugoročne efikasnosti procesa testiranja.

Međutim, automatsko testiranje nije uvek najbolje rešenje. Na primer, ako se zna da će se korisnički interfejs aplikacije značajno promeniti u bliskoj budućnosti, onda bi svaki automatski test trebalo da bude napisan ispočetka, što, svakako, nije isplativo. Takođe, ponekad jednostavno nema dovoljno vremena da bi automatski

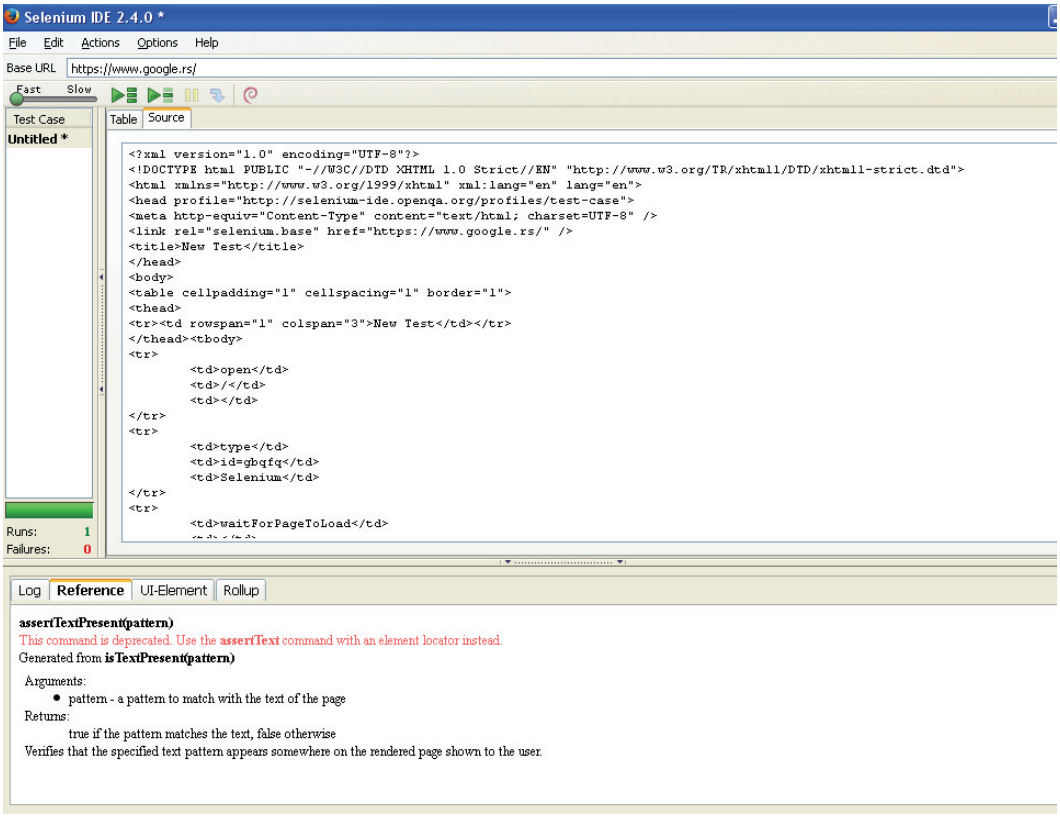
testovi bili implementirani. Za kratkoročne projekte manuelno testiranje može biti efikasnije. Ukoliko aplikacija treba da bude implementirana u veoma kratkom roku i pritom je imperativ da se testiranje završi u tom roku, a ne postoje automatski testovi na raspolaganju, onda je manuelno testiranje najbolje rešenje.

## 3. SPECIFIKACIJA ALATA

Prilikom implementacije automatskih testova za testiranje web aplikacije korišćen je programski jezik Java, integrisano razvojno okruženje *Eclipse*, web server *Apache Tomcat*, *Apache Maven* za kreiranje bilda (*build automation tool*), *MySQL* baza podataka i alati koji će biti detaljno opisani u ovom poglavlju, a to su *Selenium IDE* i *Selenium (WebDriver).*

### 3.1. Selenium IDE

Selenium IDE (*Integrated Development Environment*) je integrisano razvojno okruženje za Selenium testove prikazano na slici 3.1.




Slika 3.1 *Selenium IDE*

Implementiran je kao *plug-in* za *Firefox* i omogućava snimanje i editovanje testova kao i otklanjanje grešaka iz testova (*debugging*). Skripte se snimaju u posebnom test skripting (*test scripting*) jeziku za Selenium koji se naziva Seleniz (*Selenese*). Seleniz obezbeđuje komande za izvođenje raznih akcija u pretraživaču (klik na link, klik na dugme, unos teksta, izbor opcija itd.) kao i preuzimanje podataka sa rezultujućih stranica. Test skripta se prikazuje u dva formata u zavisnosti od toga koji tab se odabere.

Ako se odabere tab *Table*, u tabelarnom formatu će biti prikazane komande sa parametrima. Ako se odabere tab *Source*, test će biti prikazan u izvornom formatu u kom će biti sačuvan. Test može biti prikazan u programskim jezicima *Java*, *C#*, *Python*, *Ruby*, a ako se ne selektuje željeni programski jezik, onda će biti prikazan u *HTML-u* (*HyperText Markup Language*).

Pomoću Seleniz komandi može se testirati postojanje UI elemenata na osnovu njihovih HTML tagova, mogu se proveravati određeni sadržaji, linkovi, polja za unos, izlistane opcije, sabmitovane forme i podaci iz tabele. Pored toga, komande podržavaju testiranje veličine prozora, položaja miša, obaveštenja, *AJAX (Asynchronous JavaScript and XML*) funkcionalnosti, kao i mnoge druge funkcionalnosti web aplikacija.

Prednost Selenium IDE-a je to što podržava testove u nekoliko programskih jezika i što ima opciju za snimanje i izvršavanje snimljenih testova. Pomoću njega veoma brzo mogu da se kreiraju jednostavni testovi, a pritom je besplatan.

Međutim, Selenium IDE kao plagin je dostupan samo za *Firefox* pretraživač i drugi pretraživači ga ne podržavaju. Pored toga, nije pogodan za kreiranje kompleksnijih testova, ne može da rukuje sa *Windows*-ovim prozorom za autentikaciju, ne podržava uslovne petlje ni iteracije.

Zbog svega prethodno navedenog, Selenium IDE je u ovom projektu korišćen za kreiranje jednostavnih testova i za kreiranje tzv. kostura za složene testove.

### 3.2. Selenium (WebDriver)

Selenium je jedan od najpoznatijih okvira za razvoj testova (*testing framework*) u svetu koji je u upotrebi. Besplatan je i može da radi na bilo kom pretraživaču koji podržava *JavaScript.*

Za potrebe ovog rada korišćen je Selenium Web drajver. Selenium Web drajver je komponenta Seleniuma koja prihvata naredbe i šalje ih pretraživaču. Ovo je implementirano pomoću specifičnih drajvera za pretraživače koji zapravo šalju komande pretraživaču i preuzimaju rezultat.
Većina drajvera za pretraživače pokreće i kontroliše određeni pretraživač i pristupa web aplikaciji, kao što to, na primer, rade *Chrome, Firefox* i *Internet Explorer* web drajveri. Da bi Selenium web drajver mogao da se koristi, potrebno je da se u pom.xml fajlu *Mavena* doda *dependency* kao što je prikazano na slici 3.2.

```
<!-- Selenium WebDriver dependencies -->
<dependency>
    <groupId>org.seleniumhq.selenium</groupId>
    <artifactId>selenium-java</artifactId>
    <version>2.32.0</version>
</dependency>
```

Slika 3.2. *Dodavanje dela koda*

Ovaj dependency sadrži web drajvere za Chrome, Firefox, Internet Explorer, Android i iPhone tako da nema potrebe da se oni dodaju posebno. Potrebno je pokrenuti Maven komandom

mvn clean install

da bi Selenium i svi njegovi dependencies bili skinuti i ubačeni u projekat.

### 3.2.1. Lociranje elemenata

U ovom projektu lociranje web elemenata je vršeno preko instance Web drajvera, koristeći metodu findElement koja vraća objekat ili baca izuzetak. Metoda findElement koristi lokator By. Postoji nekoliko načina da se lociraju web elementi i to pomoću ID-a (id), imena klase (className), imena taga (tagName), imena (name), link teksta (linkText), CSS(cssSelector), Xpath (xpath), JavaScript (executeScript).

## 4. PRIKAZ I OPIS WEB APLIKACIJE

Web šop aplikaciju mogu da koriste anonimni i registrovani korisnici. Anonimnim korisnicima je dozvoljeno da pogledaju koji su proizvodi u ponudi, mogu da vide cene proizvoda, sniženja, mogu da dodaju proizvode u korpu, ali ne mogu da izvrše kupovinu dok ne kreiraju svoj nalog. Korisnici koji već imaju svoj nalog, treba da se prijave koristeći validnu mejl adresu i lozinku. Registrovani korisnici imaju mogućnost da pogledaju istoriju svoje kupovine. Prilikom pretrage proizvoda po kategorijama, korisnicima je omogućeno da dodaju proizvod u listu omiljenih kao i da dodaju proizvode u korpu. Na početku procesa plaćanja, korisnik bira mesto i datum isporuke proizvoda koji su prikazani u listi. Nakon odabira načina plaćanja, korisnik se redirektuje na stranicu gde se vrši plaćanje.

## 5. PRIKAZ I OPIS AUTOMATSKIH TESTOVA

Selenium test proverava funkcionalnost dodavanja proizvoda u listu omiljenih proizvoda. *WebDriver* koji se koristi u ovom radu je *ChromeDriver. SetUp()* metoda se pokreće pre svakog testa.
Pomoću te metode se kreira instanca drajvera koji će upravljati *Chrome* pretraživačem. Metoda *testAddToFavorites()* predstavlja Selenium automatski test.
Da bi se pristupilo web aplikaciji na početku testa, poziva se *get* metoda *WebDriver* –a kojoj se prosleđuje URL web aplikacije koja se testira.
Zatim se koriste lokatori da bi se pristupilo web elementima i da bi se izvršile određene akcije nad njima. U testu se prvo otvori pretraživač i pristupi se aplikaciji, zatim se klikne na *Login* dugme da bi se otvorila login stranica, unose se kredencijali i sabmituje se forma, otvara se stranica sa omiljenim proizvodima i proverava se da li ima proizvoda u listi omiljenih.
Ako ima proizvoda u listi, prikazuje se poruka o tome i klikom na *Logout* dugme, korisnik se izloguje i zatvara se prozor pretraživača. U suprotnom (ako nema proizvoda u listi), vrši se „kretanje kroz“ kategorije proizvoda i selektuju se omiljeni proizvodi nakon čega se ponovo odlazi na stranicu sa omiljenim proizvodima gde se vrši provera da li su prethodno dodati proizvodi zaista prikazani na stranici omiljenih proizvoda. Ako su svi ti proizvodi prikazani, korisnik se izloguje i zatvara se prozor pretraživača.
Metoda *tearDown()* će se pokretati nakon svakog izvršenog testa da bi instanca drajvera zatvorila prozor pretraživača. Tokom izvršavanja automatskog testa na ekranu se vide svi koraci prilikom testiranja. Znači vidi se kada drajver otvori prozor pretraživača, isto tako se vide stranice aplikacije koje se otvaraju kao i podaci koji se unose i prikazuju.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prezentovana implementacija Selenium automatskih testova za web šop aplikaciju. Na osnovu specifikacije projekta i analize web aplikacije, implementirani su automatski testovi koji proveravaju validnost najvažnijih funkcija u pomenutoj web aplikaciji.

Automatski testovi su implementirani u Javi uz pomoć Selenium okvira za razvoj testova, koji se može koristiti i uz druge programske jezike kao što su *C#, Python, Ruby*. Glavna prednost korišćenja ovog *framework*-a je to što njegova komponenta Web drajver postoji za *Chrome, Firefox, Internet Explorer, Android i iPhone*, a to je u današnje vreme, kada se brzo pojavljuju nove verzije pretraživača, prilično bitno za testiranje web aplikacija.
Uz to je vreme izvršavanja automatskih testova neuporedivo manje u odnosu na izvršavanje manuelnih testova. Još jedna prednost je to što se automatski testovi mogu izvršavati neograničeni broj puta.
Međutim, automatski testovi nisu uvek isplativi s obzirom na to da je mnogo više vremena potrebno za njihovu implementaciju nego za kreiranje manuelnih testova. Zbog toga je preporuka da se automatski testovi koriste za veće projekte čiji će razvoj trajati duže, jer je je u tom slučaju korišćenje automatskih testova isplativo.

## 7. LITERATURA


[1] Black-box testing *http://en.wikipedia.org/wiki/Black-box_testing*

[2] White-box testing *http://en.wikipedia.org/wiki/White-box_testing*

[3] Glenford J. Myers, Tom Badgett, Todd M. Thomas, Corey Sandler. *The Art of Software Testing*, 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004. ISBN 0-471-46912-2

[4] Test automation *http://en.wikipedia.org/wiki/Test_automation*

[5] Selenium IDE http://www.seleniumhq.org/docs/02_selenium_ide.jsp

[6] Selenium WebDriver http://en.wikipedia.org/wiki/Selenium_%28software%29#Selenium_WebDriver


**Kratka biografija:**




**Jasmina Petrov** rođena je u Zrenjaninu 1987. god. Mmaster rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranila je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 004**

# VIZUALIZACIJA DIMENZIONIH PODATAKA XBRL INSTANCE

# VISUALISATION OF DIMENSIONAL DATA FROM XBRL INSTANCE

Nikola Stanisavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je predstavljena implementacija vizualizacije dimenzionih podataka XBRL instance. Opisane su osnovne karakteristike i koncepti XBRL 2.1. standarda i XBRL dimenzione specifikacije. Vizualizacija podataka je implementirana u XSLT jeziku kao nadogradnja na ABRA XBRL procesor.*

**Abstract -** *This thesis proposes an implementation of visualization of dimensional data from XBRL instance. It describes basic characteristics and concepts of XBRL 2.1. standard and XBRL dimensions specification. Visualisation of data is implemented in XSLT language as an upgrade to ABRA XBRL processor.*

**Ključne reči:** XBRL, XBRL Dimensions, XML, XSLT

## 1. UVOD

U poslednje dve decenije teško je zamisliti bilo kakav poslovni sistem bez oslonca na računare i automatsku obradu podataka. Vrlo često je format razmene podataka u obliku monolitnih fajlova kao Excel, PDF, HTML ili obični tekstualni fajlovi. Ovakve fajlove bez interne strukture i konteksta je teško obrađivati automatski, što dovodi do gubljenja vremena, a samim tim i većih troškova. Iz ovih razloga nastao je proširiv jezik za poslovno izveštavanje XBRL (engl. *Extensible Business Reporting Language*). Ovaj jezik ima za cilj standardizovanje razmene podataka i kreiranje finansijskih izveštaja u formi koja je mašinski obradiva. XBRL standard se bazira na XML jeziku i tehnologijama koje ga prate. U ovom radu je opisana specifikacija osnovnog XBRL 2.1 standarda, i specifikacija XBRL dimenzija 1.0, koja dopunjuje osnovni standard. Predstavljena je implementacija vizualizacije podataka koji poštuju pravila modula XBRL dimenzija. Implementacija je urađena u XSLT jeziku.

## 2. PREGLED XBRL STANDARDA

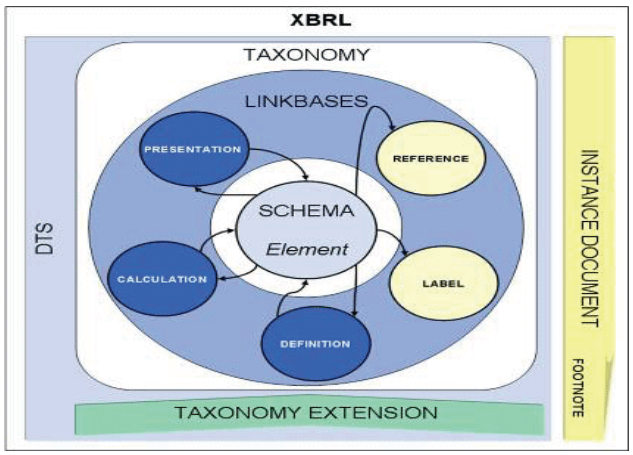
XBRL standard predstavlja način za komuniciranje i razmenu podataka između poslovnih sistema. Zasnovan je na XML jeziku i tehnologijama srodnih XML-u kao sto su XML šeme, XLink i XPath. Standard opisuje dve komponente i veze između njih:

1. XBRL taksonomija (engl. *XBRL Taxonomy*)
2. XBRL instanca (engl. *XBRL Instance*)

XBRL instanca je XML dokument koji je nosilac konkretnih informacija.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, vanr. prof.**

XBRL instanca mora biti povezana sa bar jednom XBRL taksonomijom. XBRL taksonomija opisuje pojmove izveštavanja, semantiku, veze i pravila između pojmova izveštavanja i drugih elemenata taksonomije. Konkretne vrednosti ovih pojmova izveštavanja se nalaze u instanci i moraju biti u skladu sa XBRL pravilima i pravilima koja su definisana u taksonomiji. XBRL taksonomija je skup šema taksonomija i linkbaza. Šema taksonomije je XML šema dokument sa određenim semantičkim i sintaksičkim pravilima, dok su linkbaze XML dokumenti u kojima su opisane relacije između pojmova izveštavanja. Skup međusobno povezanih dokumenata, šema taksonomija i linkbaza, naziva se DTS(*Discoverable Taxonomy Set).*




Slika 2.1. Dijagram XBRL standarda

### 2.1 XBRL šema taksonomije

Glavnu stvar koju u šemi taksonomije opisujemo su koncepti. Koncepti predstavljaju pojmove izveštavanja koji se mogu pojaviti u instaci. Oni daju ime i pravila u kojem obliku se podaci nalaze u instanci. Sintaksički se opisuju u šemi kao XSD elementi. Postoje dve vrste konepata:

1. Stavka (engl. *Item*)
2. Torka (engl. *Tuple*)

Ime koncepta mora biti jedinstveno u šemi taksonomije u kojoj se definiše.

Koncepti iz supstitucione grupe torka su sastavljeni od jednog ili više drugih koncepata. Koncepti od kojih je sastavljena torka mogu opet biti jednostavni koncepti, stavke, ili opet torke.

### 2.2 Linkbaze

Linkbaze u taksonomiji pružaju dodatne informacije o konceptima tako što vrše njihovo međusobno povezivanje i njihovo povezivanje sa dodatnom dokumentacijom o

konceptu. Postoji 5 vrsta linkbaza koje se mogu definisati u taksonomiji:

1. Prezentaciona (engl. *Presentation linkbase*)
2. Kalkulaciona (engl. *Calculation linkbase*)
3. Definiciona (engl. *Definition linkbase*)
4. Labela (engl. *Label linkbase*)
5. Referenca (engl. *Reference linkbase*)

Prve tri vrste linkbaze predstavljaju veze između samih koncepata, dok poslednje dve veze između koncepta i dokumentacije.[1]

Definisanje svake linkbaze mora početi elementom *linkbase*. Potom se u okviru ovog elementa može defnisati više različitih linkbaza. Svaka vrsta linkbaze počinje elementom za proširene veze u okviru koga se dalje definišu konkretne veze. Za kalkulacionu linkbazu to je element *calculationLink*, za prezentacionu *presentationLink*, za definicionu *definitionLink*, za reference *referenceLink* i za labele *labelLink*. Svaki od ovih elemenata služi kontejner u kojem se definišu konkretne veze. Takođe svaka vrsta linkbaze mora definisati rolu(engl. *role*) koja služi za grupisanje veza.

```
<linkbase>
<calculationLink xlink:role="http://www.xbrl.org
/2003/role/link"  xlink:type="extended">
<!--arcs -->
</calculationLink>
</linkbase>
```

Listing 2.1. Definisanje linkbaze

Međusobno povezivanje koncepata i povezivanje koncepata i dokumentacije u XBRL se radi uz pomoć lokatora(engl. *locator*) i lukova (engl. *arc*).

```
<loc xlink:type="locator"
xlink:href="schema.xsd#concept1"
xlink:label="concept1"/>

<loc xlink:type="locator"
xlink:href="schema.xsd#concept2"
xlink:label="concept2"/>

<calculationArc xlink:from="concept1"
xlink:to="concept2 order=”2” weight=”-1”
xlink:arcrole=”http://www.xbrl.org/2003/arcrole/
summation-item” xlink:type=”arc”/>
```

Listing 2.2. Primer kalkulacione veze

Lokatori su elementi koji identifikuju XML fragment koji se nalazi u nekom drugom dokumentu. Atribut *xlink:href* služi kao pokazivač na željeni XML fragment. Luk je element pomoću kojeg se definiše veza između XML fragmenata. Atributima *xlink:from* i *xlink:to* se vrši povezivanje lokatora.
Takođe možemo definisati više lokatora ili resursa sa istom vrednošću *xlink:label* atributa. Na taj način omgućavaju se i jedan na više, više na jedan i više na više relacije između XML fragmenata. Svaki luk u XBRL standardu ima svoj tip koji se defineše preko *xlink:arcrole* atributa.

Kalkulaciona linkbaza sadrži relacije između koncepata sa ciljem da se vrednosti ovih koncepata u instanci mogu proveriti. Relacije formiraju hijerarhiju koncepata tako da se niže pozicije sabiraju i daju rezultat za višu poziciju.

Poslovni izveštaji se uglavnom pripremaju kao tabele ili izrazi. Prezentaciona linkbaza sadrži relacije koncepata koje imaju svrhu da organizuju sadržaj taksonomije. Ovo omogućava da se koncepti organizuju u strukturu koja najbolje prikazuje hijerarhijske odnose između poslovnih podataka.[2]

Definiciona linkbaza pruža mogućnost da se pri pravljenju taksonomije definišu dodatni, po želji autora taksonomije, tipovi relacija između koncepata.

Linkbaza za labele služi za dodeljivanje labele konceptima, koje su namenjene ljudima za bolje razumevanje koncepta.[2] One takođe služe i da bolje opišu podatake iz instance kada se izvrši vizualizacija instance, odnosno generiše izveštaj koji je u čitljivijoj formi za čoveka od XML-a. Linkbaza za labele omogućava da se definiše više vrsta labela, na više jezika, gde svaka ima neki tip korišćenja.

Vrlo često je potrebno vezati neke propise za neke poslovne pojmove. Linkbaza za reference omogućava da se za koncepte veže neka spoljna dokumentacija. To su najčešće neki citati iz zakona ili drugih regulatornih dokumenata.

### 2.3. XBRL instanca

XBRL instanca je XML document u kojem definišemo konkretne podatke za koncepte definisane u taksonomiji. Ovi podaci se nazivaju fakti (engl. *fact*). XBRL instanca referencira jednu ili više šema taksonomija i linkbaza. Fakti koji se nalaze u instanci moraju odgovarati konceptima koji se nalaze u šemama taksonomija. Fakt se u instaci defniše elementom koji ima ime koje odgovara imenu koncepta. Za svaki fakt mora mora biti vezan kontekst (engl. *context*). U kontekst elementu se nalaze dodatne informacije o faktu za koji je vezan, kao što je period važenja fakta, scenario pod kojim se izveštava ovaj podatak itd. Kontekst element mora imati u sebi definisane elemente *entity* i *period*, dok elementi *segment* i *scenario* su opcioni i namerno ostavljeni otvoreni kako bi kreatori instance mogli dodatno definisati neke informacije o faktu.

## 3. XBRL DIMENZIJE

Dimenzije koje postoje sa osnovnim standardom su vreme i jedinica mere, koja se nekad može posmatrati kao dimenzija nekog fakta, a nekad kao atribut fakta. Specifikacija XBRL dimenzija dopušta autorima XBRL taksonomija da definišu i ograniče dimenzione informacije koje kreatori XBRL instance mogu koristiti u *segment* i *scenario* elementima u kontekstima u instanci. Ona omogućava mehanizam da se definišu dimenzioni metapodaci, veze između njih i da se isti referenciraju u instanci. [3]

### 3.1. Dimenziona taksonomija

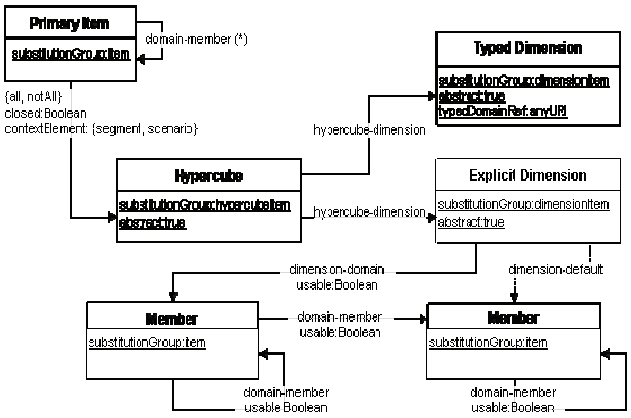
Dimenzione taksonomije su sintaksički identične taksonomijama definisanim sa osnovnim XBRL standardom sa određenim restrikcijama koje moraju biti zadovoljene. Definisanje svih veza između koncepata u dimenzionoj taksonomiji se radi u definicionoj linkbazi. Dimenziona specifikacija definiše dva nova tipa elementa:

1. hiperkocka-stavka (engl. *hypercubeItem*)

2. dimenzija-stavka (engl. *dimensionItem*)

Novi tipovi lukova koji su definisani ovim modulom su:

1. *hypercube-dimension*
2. *dimension-domain*
3. *domain-member*
4. *all*
5. *notAll*
6. *dimension-default*




Slika 3.1. Šema veza između dimenzionih elemenata

Na slici 3.1. dat je prikaz šeme povezivanja koja pokazuje na koji način se vrši povezivanje elemenata koji čine dimenzionu specifikaciju.

Primarnim elementom (engl. *Primary Item*) u ovoj specifikaciji se naziva koncept na čije fakte u instanci se moraju primeniti pravila dimenzionih taksonomija za vrednost *segment* i *scenario* elemenata u kontekstu. Ukoliko želimo da nekom konceptu, odnosno primarnom elementu dodelimo dimenziju prvo ga moramo povezati sa hiperkockom. Potom vršimo povezivanje hiperkocke i željene dimenzije.

Postoji dve vrste dimenzija koje se dele prema vrsti domena a to su:

1. Tipska dimenzija (engl. *Typed Dimension*)
2. Eksplicitna dimenzija (engl. *Explicit Dimension*)

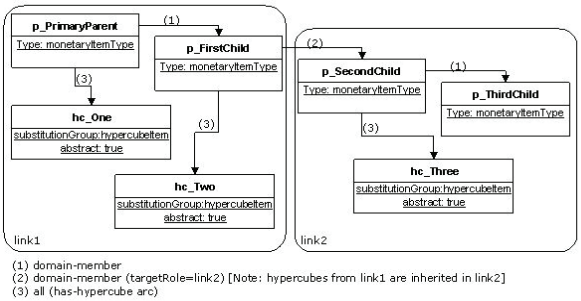
Tipska dimenzija u suštini predstavlja dimenziju koja ima domen članova koji nije konačan, već njen domen članova predstavljaju svi XML elementi koji zadovoljavaju svoju definiciju u XML šemi. Primer tipske dimenzije bi bio ugao, i on ima domen članova koji zadovoljavaju uslov da njihova vrednost bude od -180 stepeni do 180 stepeni.

Eksplicitna dimenzija u svom domenu definiše konačan skup članova. Dimenzija definiše svoje članove preko lukova u definicionoj linkbazi. Polazni luk od koncepta dimenzije je *dimension-domain*. Ovaj luk spaja dimenziju sa njenim prvim, korenim članom. Iza ovog člana se nalazi hijerarhija koncepata i ta hijerarhija se izražava lukom koji ima tip *domain-member*. Svi ovi koncepti koji se nalaze u hijerarhiji čiji koreni koncept je povezan sa dimenzijom se nazivaju članovima eksplicitne dimenzije(engl. *explicit member*).

Svaki tip luka koji imamo u dimenzionoj specifikaciji može imati atribut *targetRole*. Ovaj atribut omogućava autorima dimenzionih taksnomija da povežu dva uzastopna luka koji se nalaze u različitim rolama.

Kao što se mogu definisati hijerarhije članova eksplicitnih dimenzija na isti način je to moguće uraditi i sa primarnim elementima. Za međusobno povezivanje primarnih elemenata se isto koristi *domain-member* veza.

Ono što je karakteristično za međupovezivanje primarnih elemenata jeste da svaki sledeći element nasleđuje vezu sa hiperkockom od svog roditelja ili pretka. U slučaju da imamo hijerarhiju primarnih elemenata u kojoj više elemenata referenciraju različite hiperkocke dolazi do višestrukog nasleđivanja hiperkocki. Prilikom određivanja koje hiperkocke primarni element referencira mora se uzeti u obzir i za koju rolu se se određuje.




Slika 3.4. Ilustracija višestrukog nasleđivanja hiperkocki

Na slici 3.4. imamo ilustracija primera u kojem dolazi do višestrukog nasleđivanja. Na ovom primeru elementi *p_SecondChild* i *p_ThirdChild* za rolu *link2* referenciraju hiperkocku *hc_Three*, a za rolu *link1* hiperkocke *hc_One* i *hc_Two*.

### 3.2. Dimenziona instanca

Instanca dimenzione taksonomije sintaksički je potpuna ista kao instanca osnovne taksonomije, stim što se moraju poštovati pravila dimenzione taksonomije pri defnisanju *segment* i *scenario* elemenata u kontekstu.

```
<xbrldi:explicitMember dimension="tax:RegionDim"
>tax:Europa</xbrldi:explicitMember>
<xbrldi:typedMember dimension="tax:TeamDim">
        <tax:Drink>Beer</tax:Drink>
</xbrldi:typedMember>
```

Listing 3.1. Primer definisanja dimenzionih članova

*Segment* i *scenario* element moraju sadržati sve dimenzije koje primarni element ima u taksonomiji. Eksplicitni član se uvek definiše sa *xbrldi:explicitMember* elementom gde se dimenzija kojoj ovaj član pripada označava sa atributom *dimension* čija vrednost predstavlja ime dimenzije, a konkretan član se definiše u sadržaju elementa takođe putem imena. Definisanje tipskog dimenzionog člana se obavlja putem *xbrldi:typedMember* elementom, gde se dimenzija kojoj ovaj član pripada se definiše na isti način kao kod eksplicitnog člana, a konkretan tipski član se nalazi u sadržaju elementa.

## 4. OPIS IMPLEMENTACIJE

Za vizualizaciju XBRL instance korišćen je programski jezik XSLT 2.0 sa osloncem na javu. Ovo je urađeno iz razloga što već postoji softver koji na ovaj način vrši vizualizaciju nedimenzionih podataka iz XBRL instance i

njega je bilo potrebno nadograditi. Osim XSLT-a za procesiranje čistog XML-a, za procesiranje taksonomija korišćena je java biblioteka ABRA. Ova biblioteka je XBRL procesor i nudi funkcije koje olaksavaju navigaciju kroz grafove taksonomije i pristup metapodacima koje taksonomije definišu.

Sam proces vizualizacije se sastoji od nekoliko koraka od kojih su dva glavna:

1. Normalizacija instance
2. Kreiranje izlaznog formata

U koraku normalizacije instance potrebno je stvoriti XML strukturu u kojoj imamo sve informacije potrebne za vizualizovanje. Kada se ova struktura formira onda se vrši njeno procesiranje templejtima koji stvaraju izlazni format. Kao izlazni format je uzet XHTML, jer je već postojeća vizualizacija urađena u tom formatu. Primer postojeće vizualizacije je dat na slici 4.1.

| 2) Bilanz | |
|---|---|
| [EUR] | [2012-12-31] |
| Balance sheet | |
| Balance sheet, total assets | 10,000.00 |
| Unpaid contributions | <nil> |
| Fixed assets | 9,000.00 |

Slika 4.1. Vizualizacija nedimenzionih podataka

Kao forma vizualizacije izabrana je pivot tabela. Primer implementirane vizualizacije dimenzionih podataka jedne instance dat je na slici 4.2.

9) Statement of changes in fixed assets (net)

| 2012-01-01 .. 2012-12-31<br>EUR | | Total | Fixed assets | Tangible fi | Land, land rig building |
|---|---|---|---|---|---|
| Statement of changes in fixed assets (net) | Carrying amount at end of period (net) | 7,310,000.00 | 7,310,000.00 | 7,310,000.00 | 7,310,000.00 |
| | Carrying amount at beginning of period (net) | 7,800,000.00 | 7,800,000.00 | 7,800,000.00 | 7,800,000.00 |
| | Additions (net method) | 20,000.00 | 20,000.00 | 20,000.00 | 20,000.00 |
| | Depreciation, amortisation and write-downs (in the period) | 510,000.00 | 510,000.00 | 510,000.00 | 510,000.00 |

Slika 4.2. Vizualizacija dimenzionih podataka

### 4.1. Normalizacija instance

U samoj XBRL instanci nemamo nikakve informacije o metapodacima fakti i međusobnih veza koncepata fakti. Metapodaci kao labele i medjusobne veze dimenzionih članova nemamo u instanci, tako da je potrebno prvo kreirati XML dokument koji je pogodniji za vizualizovanje od same instance. U ovom XML dokumenu treba da se nalaze sve dimenzione tabele sa kompletnom strukturom dimenzija i članova koje treba vizualizovati.

Kako se dimenzioni fakti vizualizuju u formi tabele, potrebno je identifikovati sve moguće tabele u taksonomiji. To znači da je potrebno identifikovati koje skupove primarnih elemenata imamo koji referenciraju različite skupove dimenzija.

Svaku tabelu koju imamo u taksonomiji identifikujemo sa korenim primarnim elementom i rolom u kojoj se nalazi. U praksi dimenzione taksonomije imaju veliki broj dimenzija i članova, pa je takodje ovu vizualizaciju bitno implementirati na performantan način. Potrebno je krenuti od dimenzionih članova koji se nalaze u instanci prema gore i odrediti samo neophodne delove hijerarhija.

Kada konstruišemo hijerarhije dimenzionih članova primane i eksplicitne dimenzije tabela, potrebno je jos konstruisati vremensku i tipske dimenzije za svaku tabelu. Članove ovih dimenzija određujemo na osnovu fakti koji su instance primarnih članova tabela. Tipske članove određujemo tako što uzmemo skup tipskih članova vezanih za fakte iz jedne tabele, i napravimo distinkciju izmedju njih. Svaka različita vrednost tipske dimenzije predstavlja po jedan član. Na isti način konstruišemo i vremensku dimenziju. Ove dve dimenzije nemaju hijerarhiju.

### 4.2. Kreiranje izlaznog formata

Za kreiranje izlaznog formata korišćeni su već postojeći XSLT templejti koji od lista hijerarhija generišu XHTML pivot tabelu. Ovi templejti su se morali adaptirati za obradu normalizovane instance koja je kreirana u prvom koraku implementacije. Takođe bilo je potrebno još i ukombinovati fakte iz instance na pravo mesto u ćeliji tabele.

Što se tiče samog kombinovanja fakti u prave ćelije u tabeli, potrebno je u momentu generisanja identifikovati za svaku ćeliju presek dimenzionih članova. Potom je potrebno pronaći odgovarajući fakt u instance i uzeti njegovu vrednost.

## 5. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada je bila implementacija vizualizacije dimenzionih podataka iz XBRL instance specificiranih po XBRL dimenzionom standardu, modulu koji nadograđuje osnovni XBRL standard. Ovu imeplementaciju je bilo potrebno uraditi kao nadogradnju XBRL procesora ABRA. Kako je već postojeća imeplementacija za vizualizaciju podataka iz XBRL instance po osnovnom standardu urađena u XSLT jeziku, ovu implementaciju je takođe bilo neophodno uraditi u XSLT jeziku.

U radu su predstavljene osnovne karakteristike XBRL 2.1 standarda koje su neophodne za njegovo osnovno funkcionisanje i poslovno izveštavanja. Takođe je dat opis XBRL dimenzione specifikacije, kako proširuje i oslanja se na osnovni XBRL standard. Sama implementacija je urađena kompletno na XSLT jeziku uz oslonac na funkcije java biblioteke ABRA za procesiranje i navigaciju XBRL taksonomija. Implementacija je podeljena u dva koraka gde je prvi korak normalizacija instance, a drugi generisanje izlaznog XHTML formata u obliku pivot tabele.

## 6. LITERATURA


[1] Jos van der Heiden, *XBRL in Plain English*, Batavia XBRL BV

[2] *XBRL 2.1 31 December 2003*. XBRL International

[3] *XBRL Dimensions 1.0 Recommendation 18 September 2006.* XBRL International


**Kratka biografija:**




**Nikola Stanisavljević** rođen je u Šapcu 1988. god. Diplomski-bachelor rad odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2011. godine. Diplomski-master rad odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2013. godine. iz oblasti elektrotehnike i računarstva.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 626.8**

# PROJEKAT NAVODNJAVANJA VOĆNJAKA U BLIZINI SELA MALA BUKOVICA

# PROJECT OF IRRIGATION ORCHARD NEAR VILAGE MALA BUKOVICA

Krešimir Jerinić, Srđan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj**–*Zadatak ovog rada jeste projektovanje sistema za navodnjavanje voćnjaka po principu "kap po kap" i proračun bunara iz koga će se vršiti navodnjavanje predmetnog sistema i vještačkog jezera koje služi u rekreativno-turističke svrhe.*
*U okviru rada potrebno je odrediti hidromodul navodnjavanja, dimenzionisati cjevovod i odrediti odgovarajuću pumpu za dati sistem.*
**Abstract** - *The aim of this work is the design of the irrigation of orchards on a "drip" and a budget of wells from which will be made of the irrigation system and reservoir that serves as a recreational and tourist purpose. That it is necessary to determine the hydro-irrigation dimensioned pipeline and determine right pump for a given system.*
**Ključne reči:** *hidromodul navodnjavanja, evapotranspiracija, cjevovod, pumpna stanica*
**Key words:** *hydro-irrigation, evapotranspiration, pipeline, pump station.*

## 1. UVOD

Republika Srpska ima mnogo neiskorištenih prirodnih resursa među kojima je i voda. Zbog nedostatka finansijskih sredstava zaostaje za razvijenim zemljama u svim granama privrede, pa tako i u vodoprivredi. Melioracioni radovi predstavljaju najvažnije dejstvovanje za poboljšanje prinosa. Zbog globalnog zagrijavanja navodnjavanje se javlja kao osnova u poljoprivredi i zbog toga su donesene odredjene regulative na zasijedanju vlade Republike Srpske.
Usvajanjem Strategije razvoja poljoprivrede do 2015. godine, Republika Srpska je jasno definisala dugoročnu poljoprivrednu politiku sa osnovnim ciljevima i principima. Jedan od osnovnih ciljeva je i izrada Studije održivog razvoja irigacionih površina
na području Republike Srpske, kojom je predviđeno da se u narednom periodu, do kraja 2017.g, irigacijom privede oko 50.000 ha poljoprivrednih površina.
Strategijom je već konstatovano veliko zaostajanje Republike Srpske u oblasti navodnjavanja, u odnosu na praksu u svijetu. Republika Srpska se nalazi na donjem kraju svjetske ljestvice u pogledu razvoja sistema navodnjavanja.
Da bi se prevazišlo to vrlo nepovoljno stanje, i Republika Srpska približila zemljama koje navodnjavaju 10% do 15% obradivih površina, definisani su ciljevi razvoja navodnjavanja kojima se mogu dostići navedeni iznosi, a što podrazumijeva sledeće:

1. Revitalizacija postojećih sistema ;
2. Obnova zalivnih sistema, koji se sada tretiraju kao „van sistemi", poboljšanjem njihovih performansi i funkcionalnim i upravljačkim inkorporiranjem u veće sistemske cjeline;
3. Realizacija novih sistema, najprije na zemljištima najviših bonitetnih klasa.

## 2. OPŠTI DIO

### 2.1 Opis područja

Doboj ima izuztno povoljan geografski položaj i nalazi se na rijeci Bosni. Grad je smješten u aluvijalnoj ravni na 146 m nadmorske visine, na lijevoj obali rijeke Bosne između ušća Rijeka Usore I Spreče u Bosnu. Sjeverni dio opštine Doboj karakterišu brežuljkasti tereni izgrađeni od kenozoiskih naslaga, koje se blago spuštaju u ravničarske prostore sa aluvijalnim ravnima, dok ka jugu ovi brežuljkasti tereni postaju viši, oslanjajući se na planinske massive sa juga.



*Slika 1. Grad Doboj*

Na području opštine Doboj prije rata je živjelo više od 100 hiljada stanovnika, većina njih je boravište imalo u okolnim selima i bavilo se poljoprivredom. Doboj je imao i jednu od najvećih fabrika za preradu voća i povrća ''Bosanka'' koja je zapošljavala veliki broj radnika. Poslije rata fabrika je pala pod stečaj i zatvorena je. Tako da se sada nema uvid koliko je zemljišta pokriveno poljoprivrednom proizvodnjom jer se radi uglavnom o privatnim posjedima gdje se ljudi bave poljoprivredom isključivo za svoje potrebe.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.**

### 2.2 Raspoložive podloge i klimatski podaci

Za izradu reprezentativne osnovne karte izučavanog područja, korišćene su sve dostupne geodetske podloge, kao i elementi dobijeni iz odgovarajuće tehničke dokumentacije.
Osnovni izvori podataka za obradu i prikaz klimatskih karakteristika bili su podaci dobijeni iz meteoroloske stanice Doboj.

## 3.POTREBE ZA VODOM U NAVODNJAVANJU

### 3.1 Evapotranspiracija

Evapotranspiracija predstavlja jednu od najznačajnijih komponenti vodnog bilansa. Projektovanje hidromelioracionih sistema nije moguće bez poznavanja evapotranspiracije usjeva koji se gaje na području sistema.
Evapotranspiracija je sačinjena od veoma složenih međusobno zavisnih procesa kretanja vode iz zemljišta i kroz biljke u atmosferu.
Pogrešna procjena količina vode koje se sa poljoprivrednog zemljišta gube evapotranspiracijom neminovno dovodi do niza grešaka u projektovanju hidromelioracionih sistema.
Kako evapotranspiracija ima veliki značaj, treba što tačnije odrediti njenu vrijednost koja se dobija direktnim mjerenjima ili proračunom na osnovu klimatskih podataka.

### 3.2 Izbor računske metode

Na osnovu podataka koji su prikupljeni u MS Doboj, odabrana je Thornthwaite-ova metoda proračuna evapotranspiracije. Za odabir ove metode od klimatskih parametara potrebno je poznavati: temperaturu i osunčanost (sunčevu radijaciju).
Ova metoda nije najtačnija za proračun ETP, ali zbog nedostataka klimatskih parametara koje nije moguće dobiti iz MS Doboj metode FAO 24 Pan i Penman-ova metoda nisu uzete u razmatranje.
Ove dvije metode su najbolje i najtačnije jer uključuju sve klimatske parametre, za razliku od Thornthwaite-ove metode za koju je potrebno poznavati samo temperaturu i sunčevu radijaciju.
Osim Thornthwaite-ove metode korišćena je metoda proračuna potreba u vodi i preko hidrofitotermičkog koeficijenta dobijen na osnovu istraživanja na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu.

## 4. PRORAČUN HIDROMODULA NAVODNJAVANJA

### 4.1 Hidromodul navodnjavanja

Potrebna sposobnost opreme da nadoknadi deficite u vodi pri navodnjavanju definiše se *hidromodulom navodnjavanja*. Hidromodul se izražava preko potrebne količine vode u jedinici vremena po jednom hektaru (l/s/ha).
U inženjerskoj praksi poznate su sledeće vrijednosti hidromodula navodnjavanja:

#### 4.1.1 Prosječan hidromodul u vegetacionom periodu

Kao osnovni ulazni parametar za proračun hidromelioracionih sistema uzimaju se padavine a izlaz ETP.
Hidromodul se računa preko relacije (1) koja predstavlja srednju vrijednost manjkova za period od 30godina.

$$(1)\ q = \frac{\sum m}{T_n} = \frac{2214*10}{15*365*24*3600}$$

$$q = 4.68*10^{-5}\ \frac{L}{\frac{s}{ha}}$$

Σm- ukupan deficit u vodi za vrijeme vegetacionog perioda; $T_N$- broj posmatranih godina (posmatra se samo vegetacioni period koji traje 6 mjeseci)

#### 4.1.2Proračun hidromodula navodnjavanja na bazi hidrofitotermičkog koeficijenta

Direktnim mjerenjima na oglednom polju za neko klimatološki homogeno područje određuje se hidrofitotermički koeficijent. Određivanje ovog koeficijenta je povezano sa dugotrajnim, višegodišnjim mjerenjima.
Ovaj koeficijent je utvrđivan po fazama razvoja biljaka za određeno klimatski-homogeno područje. Stručnjaci Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu i Zemunu su nakon višegodišnjihistraživanja došli do ovog koeficijenta na području Vojvodine. Samim tim se i evapotranspiracija izražava preko ovog koeficijenta i srednje dnevne temperature vazduha ili njene mjesečne sume.

**ETP = Kf * $T_{sr}$ (mm/dan)**
**ETP = Kf * Σ$T_{sr}$ (mm/mjesec)**
Za mjesec u kome su najveće potrebe za vodom izračunava se hidromodul. Pomoću njega dimenzioniše se vodozahvat i glavna razvodna mreža.
Sam proračun potreba u vodi vrši se na osnovu sledeće jednačine :

$$(2)\ A = \frac{Kf * T_{sr} * B * C}{10}$$

A-potrebe u vodi;Kf-hidrofitotermički koeficijent;B-broj dana u datom mjesecu;C-procenat površine koju zauzima data kultura;Tsr-srednja dnevna temperatura

Najveće potrebe za vodom se javljaju u julu mjesecu i iznose 1133 $m^3$/ha. Vrijednost hidromodula uzevši u obzir vreme navodnjavanja je:

$$q = 0.56\ \frac{L}{\frac{s}{ha}}$$

#### 4.1.3 Proračun hidromodula na osnovu vodnog bilansa za kritični mjesec

Bilansom raspoloživih voda i potreba za vodom dolazi se do deficita od kojih su kritični periodi jul i avgust. Kod bilansiranja potrebno je raspolagati sa klimatološkim podacima za najbližu meteorološku stanicu područja za koje se vrši analiza, za statističku obradu koristi se normalna raspodjela. Poželjno je da broj analiziranih

godina bude veći od 30. Za dalju statističku obradu koriste se podaci o izračunatim deficitima vode u VII i VIII mjesecu. Od ovih podataka formira se opadajući statistički niz za koji se računa empirijska vjerovatnoća prevazilaženja po Weibull-u.
Dobijene empirijske vjerovatnoće nanose se na normalni papir vjerovatnoće i aproksimiraju se pravom linijom koja prolazi kroz sledeće 3 tačke:

**84 %, $m_{sr}$-σ**
**50 %, $m_{sr}$**
**16%, $m_{sr}$+ σ**

σ- standardno odstupanje od srednje vrijednosti
$m_{sr}$- srednja vrijednost sume manjkova
Rezerva tla je 109 mm. Ona se dobija na osnovu razlike poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i lentokapilarne tačke (LKT).
Poljski vodni kapacitet je vlažnost zemljišta pri kojoj vlada ravnoteža izmedju kapilarnih i gravitacionih sila. Lentokapilarna tačka nalazi se na granici kad voda počinje da se kreće pod dominantnim uticajem kapilarnih sila. U pedološkoj literaturi ova tačka se naziva i vlažnost prekida kapilarne veze.
Ovaj prelazak se odvija pri sili od 6.25 bara. Ova tačka vlažnosti je za većinu kultura minimum optimalne vlažnosti zemljišta. Nakon očitavanja mjerodavnog manjka sa normalnog papira vjerovatnoće za mjesec avgust (m=96 mm) računa se hidromodul:

$$(3)\, q = \frac{m * 1.15 * 1.1}{T_n} = \frac{96 * 1.15 * 1.1 * 10^4}{28 * 22 * 3600}$$

$$q = 0.54 \frac{\frac{L}{s}}{ha}$$

m- manjak vode učitan sa normalnog papira vjerovatnoće;
Dobijeni manjak je uvećan za 15% i 10% zbog mogućnosti pojave dužih bezkišnih perioda i gubitaka nastalih na zadržavanju dela veštačke kiše na površini biljaka.

## 5.PROJEKTOVANJE SISTEMA KAP PO KAP

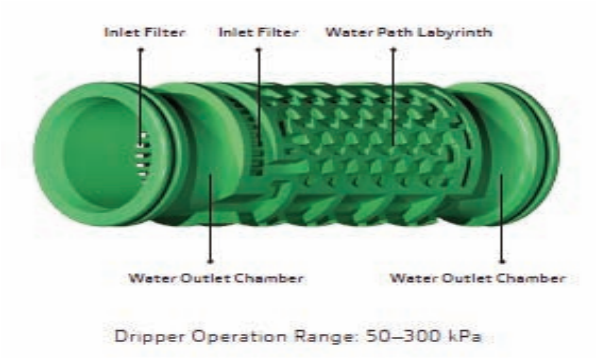
### 5.1 Dimenzionisanje laterala i cjevovoda

U voćnjaku razmak između redova sadnica jabuke je 7.5 m, tako da je parcela podijeljena na 13 laterala u vidu traka za navodnjavanje. Trake koje mogu da se koriste u ovom sistemu su na primjer „John Deere D5000“ trake. Ove trake su otporne na začepljenja od raznih čestica i regulišu pritisak i protok tako da na svakoj kapaljci uvijek ističe ista količina vode.

Kapaljke su postavljene na rastojanju od 50 cm i rade pod pritiskom od 1.5 bar-a, jer se pri toj vrijednosti pritiska ostvaruje zahtijevani protok od 2.1 L/h, slika 2.

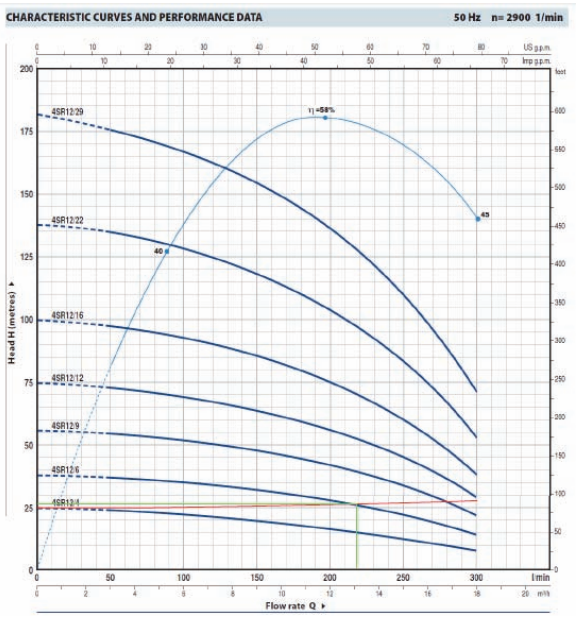
### 5.2 Model i karakteristike pumpe

Na osnovu karakteristike cjevovoda preporučuje se pumpa sa karakteristikama datim na slici 3. na primjer to može da bude pumpa „Pedrollo 4SR12/6“.




*Slika 2. Kapaljka*

Nivo podzemne vode u bunaru je 5.7 m zbog toga se uzima potapajuća pumpa. Pumpa je postavljena na dubini od 11 m. Prečnik bunara je 0.4 m i dubok je 12.1 m. Na slici 3. prikazane su karakteristike pumpi zajedno sa karakteristikom cjevovoda gd je prikazano da odabrana pumpa zadovoljava potreban protoki da pri tome radi pri maksimalnom koeficijentu korisnog dejstva. Protok koji je potreban je 132 L/min




*Slika 3. Karakteristike pumpe i cjevovoda*

## 6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada je projekat sistema za navodnjavanje voćnjaka po sistemu „kap po kap“ i projektovanje vještačkog jezera koje služi u turističko-rekreativne svrhe. Na osnovu ulaznih podataka koji su dobijeni iz MS Doboj izračunata je potencijalna evapotranspiracija na osnovu koje je određen hidromodul navodnjavanja na osnovu vodnog bilansa za kritični mjesec. Nakon određivanja hidromodula navodnjavanja, dimenzionisano je jezero i izračunate su potrebe vode za navodnjavanje ($Q=70m^3$/dan) kao i vrijednosti isparavanja ($I=10m^3$/dan) i infiltracije ($I=40m^3$/dan).
Poznavanje količine vode potrebne za navodnjavanje je veoma važan parametar pomoću kojeg su izračunati protoci i dimenzionisani cjevovod i lateralni kanali. Za lateralne kanale su usvojene trake za navodnjavanje sa

ugrađenim kapaljkama koje posjeduju regulatore pritiska i sistem samoprečišćavanja. Kapaljke su na razmaku od 0.5 m i rade na pritisku od 1.5 bar-a i ostvaruju protok od 2.1 L/h. Na sistemu je za dati cjevovod predložena pumpa „Pedrollo 4SR12/6“ koja je potopljena u bunar na dubini od 11 m. Bunar je prečnika 0.4 m i dubine 12.1 m.

## 7. LITERATURA

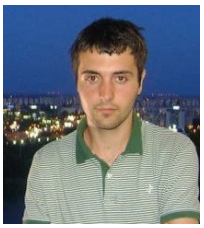
[1] Ivetić Marko : “Računska hidraulika-tečenje u cevima”, skripta,Beograd 2006

[2] Kolaković Srđan : „Hidrotehničke melioracije-odvodnjavanje“, knjiga, FTN Novi Sad 2006.

[3] Ljubisavljević Dejan : „Komunalna hidrotehnika-primeri iz teorije i prakse“, skripta, Beograd 2001.

[4] Petrović Jasna: „Uvod u hidrologiju“, skripta, Beograd 2001.

**Kratka biografija:**



**Krešimir Jerinić** rođen je u Doboju 1989. godine. Diplomirao je na FTN u aprilu 2013. godine na odsjeku gradjevinarstvo, smijer hidrotehnika. Master rad je odbranio u decembru 2013. godine iz oblasti hidrotehničke melioracije.



**Prof. dr Srđan Kolaković** je redovni profesor na Fakultetu Tehničkih nauka na Departmanu za građevinarstvo. Autor je velikog broja naučnih publikacija iz oblasti hidrotehnike. Mentor je na preko 140 diplomskih radova, na pet magistar-skih i pet doktorskih disertacija.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 624.014**

# PROCENA STANJA I SANACIJA DRUMSKOG NADVOŽNJAKA U ULICI TOME MARETIĆA U PETROVARADINU

# ASSESSMENT AND REPAIR OF THE ROAD OVERPASS IN TOME MARETICA STREET IN PETROVARADIN

Dušan Burka, Mirjana Malešev, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Zadatak ovog rada jeste procena stanja i sanacija drumskog nadvožnjaka na pruzi Petrovaradin - Beočin. U teorijskom delu izvršena je analiza vrsta i namena različitih tipova dilatacija mostova. U praktičnom delu izvršen je detaljni vizuelni pregled konstrukcije nadvožnjaka na osnovu čega je izvršena procena stanja elemenata konstrukcije. Dat je detaljan opis odabranih sanacionih rešenja registrovanih defekata i oštećenja. Urađen je kompletan proračun konstrukcije mosta za opterećenja prema Pravilnicima o tehničkim normativima za mostove iz 1948. i 1991. g. Dat je predlog ojačanja određenih elemenata noseće konstrukcije, kao i predmer sanacionih radova i radova na ojačanju konstrukcije.*

**Abstract** – *Task this thesis is repair of road overpass, on the railroad Petrovaradin - Beocin. In the theoretical part of the paper, different types of joints for bridges are analyzed. After visual survey which was conducted in the field, the assessment of the construction elements is done. Then, the work gives detailed description of most favorable repair solution for defects and damages found. The complete calculation of the bridge construction is done in accordance to Codes of Practice for Bridges from 1948. and 1991. year. Afterwards, the strengthening of the construction elements is proposed. Also, the quantity survey is given for repair work and strenghtening of the construction.*

**Ključne reči:** *nadvožnjak, dilatacije, defekti, oštećenja, procena stanja, sanacije, ojačanja.*

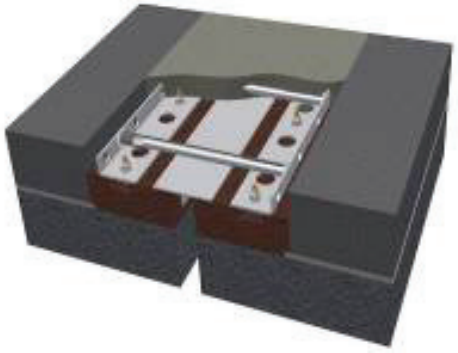
## 1. UVOD I PRIKAZ TEORIJSKOG DELA

Usled temperaturnih uticaja, različitih sleganja, kao i da bi se omogućilo slobodno pomeranje između delova konstrukcije mosta ili pomeranje konstrukcije u odnosu na okolinu, potrebno je predvideti mesta dilatiranja konstrukcije. Na mestima dilatiranja konstrukcije se ugrađuju dilatacije, raznih oblika i vrsta. Kod projektovanja objekata treba nastojati da se usvoji koncept integralnih mostova za kraće objekte, koji ne zahtevaju ugrađivanje dilatacija, odnosno takvim konceptima koji zahtevaju što manji broj dilatacija. Dilatacije po svojoj konstrukciji spadaju u vrlo osetljive elemente, posebno ako se radi o većim pomeranjima, radi toga se za njihovo projektovanje, ugrađivanje i izbor mora posvetiti pažnja. Ako se na jednoj deonici gradi više objekata, treba nastojiti da se upotrebi isti tip dilatacije sa čime se postiže jednostavnija kontrola, lakše održavanje i niža cena. Savremene dilatacije moraju se izgraditi tako, da odgovaraju sledećim zahtevima:

- da omoguće pomeranja u horizontalnom i vertikalnom smeru.
-da su besprekorne u pogledu vodonepropusnosti, odnosno omogućavaju sigurno odvodnjavanje,
-da nosivost elemenata dilatacije obezbeđuje granično stanje nosivosti, sva granična stanja upotrebljivosti i otpornost na zamor za čitavo vreme trajanja,
- da su mirne za vreme prelaska vozila i da odgovaraju za prelaz svih korisnika u prometu,
-da su otporne na koroziju u vreme upotrebe sredstava za topljenje (u zimskom periodu), u normalnim uslovima upotrebe, te otporne na habanje zbog uticaja peska sa kolovoza i točkova vozila,
- da omogućavaju jednostavnu kontrolu, održavanje, popravljanje i zamenu,
- da imaju dugi vek trajanja (u zavisnosti od tipa dilatacije, najmanje toliko kao asfaltni kolovoz uz dilataciju),
- da su prihvatljive u pogledu cene uz garantovanje odgovarajućeg kvaliteta.

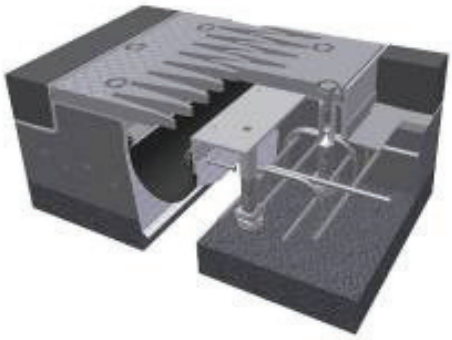
Pri projektovanju dilatacionih spojnica treba težiti jednostavnosti, jer takve dilatacije zahtevaju jednostavnije održavanje i imaju duži vek trajanja.

Dele se na dilatacije nepropusne za vodu sa nivoa puta (vodonepropusne) i dilatacije koje prime vodu sa nivoa puta u odvodne oluke koji su uklopljeni u konstrukciju mosta ili se montiraju u prostoru za dilatiranje ispod dilatacione spojnice. Takođe mogu biti asfaltne (slika 1.1) ili čelične (Slika 1.2).



Slika 1.1: Asfaltna dilatacija

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Mirjana Malešev.**



Slika 1.2: Čelična dilatacija sa olukom

Potrebno je posvetiti pažnju kvalitetnoj ugradnji dilatacija, jer i od toga zavisi vek trajanja. Dilataciona spojnica se isporučuje podešena za ugradnju na srednjoj temperaturi od +10°C. Betoniranje se vrši istovremeno sa obe strane dilatacije u što kraćem roku, betonom marke MB40 i nakon pola sata se oslobađaju pomoćni elementi. Potrebno je odraditi kvalitetnu antikorozionu zaštitu čeličnih dilatacija, a zamena se radi na isti način kao i ugradnja.

## 2. PROCENA STANJA NADVOŽNJAKA

### 2.1 Uvod

Radi procene stanja konstrukcije drumskog nadvožnjaka u ulici Tome Maretića u Petrovaradinu, izvršen je detaljan vizuelni pregled. Na Slici 2.1 dat je izgled nadvožnjaka.

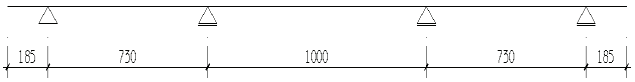


Slika 2.1: Izgled nadvožnjaka

Objekat se nalazi na lokalnom putu i koristi se za drumski saobraćaj, slabijeg intenziteta. Ispod se nalazi pruga koja više nije u funkciji. Ne postoji projektna dokumentacija, a prema materijalu od kog je sagrađen, pretpostavlja se da datira od pre II svetskog rata.

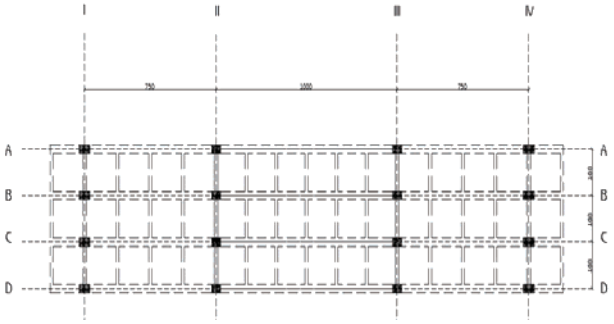
### 2.2. Konstruktivni sistem

Statički sistem nadvožnjaka je kontinualni armirano-betonski ram na tri polja, sa prepustima dužine po 1,85 m. Rasponi rama su 7,30+10,00+7,30 m. Širina kolovoza iznosi 4,8 m, a pešačkih staza po 0,8 m. Ukupna dužina mosta je 28.30 m, a širina 6,40 m. Napravljen je od betona MB30 i armature GA 240/360.




Slika 2.2: Statički sistem

Gornji stroj nadvožnjaka sastavljen je od četiri glavna podužna nosača, povezana međusobno sa 17 poprečnih nosača (roštilj). Glavni srednji podužni nosači su dimenzija 80,0 x 25,0 cm, na preseku bez vuta, a na delu sa vutama su dimenzija 115,0 x 25,0 cm. Ivični glavni nosači su višlji od središnjih za 20 cm, i na njih su oslonjene konzole pešačkih staza. Poprečni nosači u polju su dimenzija 45,0x16,0 cm, dok su poprečni nosači iznad oslonaca dimenzija 60,0 x 25,0 cm (slika 2.3). Svaki nosač ima četiri pojedinačna stuba, tj. ukupno ima 16 stubova visine po 6 m (ose 1 - 4). Način fundiranja mosta nije poznat.




Slika 2.3: Osnova mosta sa definisanim osama

### 2.3. Detaljan vizuelni pregled

Vizuelnom pregledu su podvrgnuti svi dostupni elementi konstrukcije, odnosno:

- kolovozna ploča
- konzole pešačkih staza
- podužni gredni nosači
- poprečni gredni nosači
- stubovi

Rezultati pregleda dati su u vidu fotografija koje ilustruju stanje objekta.
Vidljivi defekti uočeni vizuelnim pregledom su:

- nedovoljna debljina zaštitnog sloja,
- geometrijska imperfekcija,
- tragovi curenja betonske mešavine iz oplate,
- rupičasta površina betona,

Vizuelnim pregledom detektovana su sledeća oštećenja:

- tragovi curenja vode, vlažne mrlje i krečnjačke naslage,
- korozija armature,
- pukotine betona usled usled korozije armature,
- krunjenje površinskog sloja betona,
- biološka korozija,
- fizička korozija.
- korozija zaštitne čelične ograde mosta

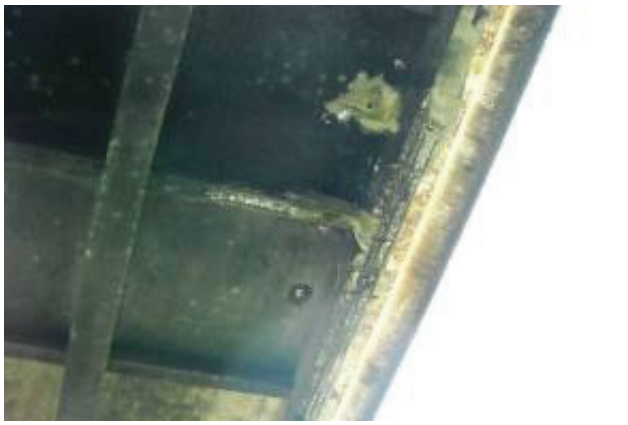
Prilikom asfaltiranja nadvožnjaka nije se vodilo računa o slivnicima, pa su svi oni zapušeni, što je dovelo do prelivanja vode sa mosta preko konzola i velikih oštećenja pešačkih staza i venaca, naročito u zimskom periodu. Na konzolama pešačkih staza je vidljiva glavna armatura koja

je zahvaćena jakom korozijom (slika 2.4), što ugrožava nosivost elementa. Ivičnjaci su visine 13 cm, i ne postoji odbojna ograda, pa i sa tog aspekta nadvožnjak nije u potpunosti bezbedan prema važećim standardima.




Slika 2.4: Korodirana armatura pešačke staze

Najveća oštećenja su na glavnom ivičnom grednom nosaču u srednjem rasponu prema Beočinu, gde je došlo do potpunog otpadanja zaštitnog sloja betona, i korozije glavne armature (slika 2.5).



Slika 2.5: Odvaljen zaštitni sloj betona i korozija glavne armature na spoju podužnog i poprečnog nosača

Klasična oštećenja stubova su podužne pukotine uz ivice, koje su posledica korozije i bubrenja glavne podužne armature (slika2.6).



Slika 2.6: Vertikalne pukotine na stubovima

**2.4. Nedestruktivna ispitivanja**

Da bi se imao uvid u kvalitet ugrađenih materijala urađena su nedestruktivna ispitivanja. Od nedestruktivnih metoda korišćeno je kuckanje čekićem i kolorimetrijska metoda. Radi provere čvrstoće betona na pritisak izvršena je metoda ispitivanja površinske tvrdoće betona sklerometrom. Kuckanjem čekićem po AB elementima utvrđeno je da nemaju unutrašnje pukotine. Kolorimetrijskom metodom je utvrđeno da je beton zahvaćen procesom karbonatizacije koji povećava rizik od korozije armature, a sklerometrom je dobijena zadovoljavajuća čvrstoća betona pri pritisku.

## 3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE NADVOŽNJAKA

Proračun i analiza elemenata konstrukcije izvršeni su korišćenjem programa za statičko-dinamičku analizu-Radimpex Tower 6.0 (Slika 3.1). Za proračun su uzeta opterećenja po važećem Pravilniku za opterećenje mostova kao i po Pravilniku iz 1948. godine, te je vršeno poređenje uticaja u elementima između starih i novih propisa. Sam proračun je izveden po važećoj teoriji graničnog stanja loma za armiranobetonske elemente.



Slika 3.1: Izgled modela nadvožnjaka

Proračun je vršen za pokretna opterećenja prema starim propisima (vozila m13 i guseničar 30t), i prema novim propisima (vozilo V300). Programskim paketom obuhvaćeni su sledeći elementi konstrukcije: kolovozna ploča, konzolni nosači, podužni gredni nosači, poprečni gredni nosači i stubovi.
Nakon izvršene provere naprezanja u ivičnim vlaknima glavnih nosača za opterećenja propisana prema starim i novim pravilnicima, zaključeno je da je potrebno izvršiti ojačavanje glavnih grednih nosača za novoprojektovano opterećenje.

## 4. PREDLOG SANACIJE NADVOŽNJAKA

Tokom vizuelnog pregleda nadvožnjaka, kao i nakon izrade ‘rejtinga mosta’, ustanovljeno je da je sanaciji neophodno podvrgnuti kako donji, tako i gornji stroj nadvožnjaka u cilju “popravljanja” uočenih defekata i oštećenja, kako bi se doveo na zadovoljavajući nivo bezbednosti, kako za pešake, tako i za saobraćaj.
U tabeli 1 date su operacije koje su predviđene u okviru sanacije i ojačanja za osnovne elemente konstrukcije.

Tabela 4.1. Operacije koje su predviđene u okviru sanacije i ojačanja za osnovne elemente konstrukcije mosta

| Elemenat konstrukcije | Predlog sanacije |
|---|---|
| zaštitna čelična ograda i ukrasni betonski stubići | uklanjanje i montaža nove čelične ograde |
| kolovozna ploča gornja površina | uklanjanje postojećeg asfalta, čišćenje površinskih nečistoća, sanacija korodirale armature (uslovno), zamena dotrajalog sistema za odvodnjavanje, postavljanje nove hidroizolacije, izrada novog asfaltnog sloja |
| kolovozna ploča donja površina | čišćenje površinskih nečistoća, sanacija korodirale armature i malog zaštitnog sloja, zamena dotrajalog sistema za odvodnjavanje, izvođenje zaštitnog premaza |
| gredni nosači | štemovanje trošnog betona, čišćenje površinskih nečistoća, sanacija korodirale armature, reprofilacija greda kod kojih je otpao zaštitni sloj reparaturnim malterom, sanacija prslina, ojačanje greda karbonskim trakama |
| konzolna ploča | čišćenje površinskih nečistoća peskarenjem, sanacija odlomljenih ivica betona, dodavanje nove glavne armature, betoniranje nadsloja pešačkih staza uz izvođenje novog venca |
| stubovi | čišćenje površinskih nečistoća, štemovanje trošnog betona i sanacija korodirale armature, reprofilacija stubova |
| prelazne ploče | predviđena je izrada potpornih zidova na krajevima mosta i nasipanje šljunčanih klinova koji će imati funkciju prelazne ploče |
| kegle | izvođenje novih kegli sa betonskim kaneletama za prihvatanje vode iz slivnika |
| dilatacije | izvođenje asfaltnih dilatacija na krajevima nadvožnjaka |

## 5. OJAČANJE KONSTRUKCIJE

Uzrok koji dovodi do potrebe za konstrukcijskom sanacijom predmetnog objekta jeste promena saobraćajnog opterećenja. Stoga je neophodno ojačanje konstrukcije, odnosno glavnih grednih nosača sa karbonskim trakama. Pored toga što se dodaju podužne karbonske trake za prijem momenata savijanja, dodavaće se i karbonske trake u poprečnom pravcu zbog nepostojanja klasičnih uzengija u gredama.
Ojačanje greda će se izvesti na sledeći način:
• nakon otkrivanja postojeće armature na najoštećenijem grednom nosaču, vrši se merenje armature i proračun sa redukovanim presekom;
• nakon reprofilacije greda, potrebno je utvrditi da li će postojati zadovoljavajući stepen athezije između betona i lepka, primenom pull off metode;
• nanošenje lepka i ugrađivanje karbonskih traka



Slika 5.1: Ojačavanje greda karbonskim trakama

## 6. ZAKLJUČAK O STANJU OBJEKTA

Na osnovu vizuelnog pregleda, uočenih defekata i oštećenja na nadvožnjaku može se zaključiti da je, lokalno gledano narušena nosivost i stabilnost ivičnog grednog nosača u osi A usled otpadanja zaštitnog sloja betona i korozije glavne armature, u srednjem polju na mestu najvećih momenata. Takođe je došlo do smanjenja preseka stubova usled otpadanja zaštitnog sloja betona, ali ne i do progresivnog propadanja armature usled korozije. Narušena je nosivost i stabilnost konzola pešačkih staza jer je glavna armatura otkrivena čitavom dužinom mosta i zahvaćena je jakom korozijom, a stanje se pogoršava, pogotovo u zimskom periodu kada se pojavi so na kolovozu.
Na osnovu svega ranije iznetog, zaključuje se da je potrebno pristupiti sanaciji svih defekata i oštećenja, kako bi se postigla odgovarajuća nosivost, stabilnost i funkcionalnost objekta.

## 7. LITERATURA


1. V. Radonjanin, M. Malešev: *Literatura za izvođenje nastave na predmetima „Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija“* i *„Sanacija betonskih konstrukcija“*, Fakultet tehničkih nauka - odsek građevinarstvo, Novi Sad, Novembar 2011.
2. Pravilnik o privremenim tehničkim propisima, 1948.g.
3. Pravilnik o opterećenju drumskih mostova 1991.g.
4. Pravilnik za beton i armirani beton-PBAB 87, Univerzitetska štampa,Beograd, 2000

Internet stranice:
http://srb.sika.com/
http://www.timizolirka.rs/
http://www.tiha-beton.rs/
http://www.jcb.ee/en
http://www.wobyhaus.co.rs/


**Kratka biografija:**




**Dušan Burka**, rođen je u Beogradu 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo–Modul Konstrukcije – Procena stanja i sanacija konstrukcija, odbranio je u decembru 2013. godine.





**Mirjana Malešev** rođena je u Zmajevu 1958. god. Doktorirala je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 2003 godine, a od 2013. god. je redovni profesor na FTN. Oblast interesovanja su materijali u građevinarstvu, tehnologija betona, procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.04:550.34.01

# УПОРЕДНА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА ЗА СРЕДЊУ И ВИСОКУ КЛАСУ ДУКТИЛНОСТИ

# COMPARATIVE SEISMIC ANALYSIS FOR MIDDLE AND HIGH DUCTILITY CLASS

Мирослав Филиповић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај –** *Тема овог рада је сеизмичка анализа дванаесто-етажне зграде према Еврокоду 8. Посебна пажња је посвећена димензионисању и обликовању детаља дуктилних зидова и рамова за различите класе дуктилности које су дефинисане у наведеном стандарду.*

**Abstract** – – *Subject of this paper is seismic analysis of twelve-story building according to European standards. Special attention is dedicated to dimensioning and shaping details of ductile walls and frames for different ductility classes which are defined in this standard.*

**Кључне речи:** У*поредна анализа, средња и висока класа дуктилности, Еврокод8*

## 1. УВОД

Сеизмички таласи при земљотресу изазивају кретање основне стене испод објекта, пропагирају кроз локално тло до темеља објекта и изазивају кретање темеља и објекта [4]. Конструкције у сеизмички активним подручјима морају бити пројектоване и изведене тако да се умереним релативно честим земљотресима супростављају радом у еластичној области, тј. без оштећења носеће конструкције, са евентуалним малим оштећењима неносећих елемената, док ће се јаком земљотресу, који се очекује једном у току експлоатационог века конструкције, супротстављати дуктилним, дисипативним, еласто-пластичним радом, уз одређена оштећења.

Независно од врсте конструктивног система, Еврокод 8 (у даљем тексту ЕЦ8) нуди избор између три нивоа пројектног оптерећења, који се односе на класе дуктилности:

- ДЦЛ – ниска класа дуктилности према којој се зграде пројектују за ниски капацитет дисипације енергије и ниску дуктилност, не примењујући мере асеизмичког пројектовања ( неће се разматрати у даљем тексту).
- ДЦМ – средња класа дуктилности (сеизмички отпорне бетонске зграде морају се пројектовати тако да се обезбеди капацитет дисипације сеизмичке енергије и укупно дуктилно понашање).

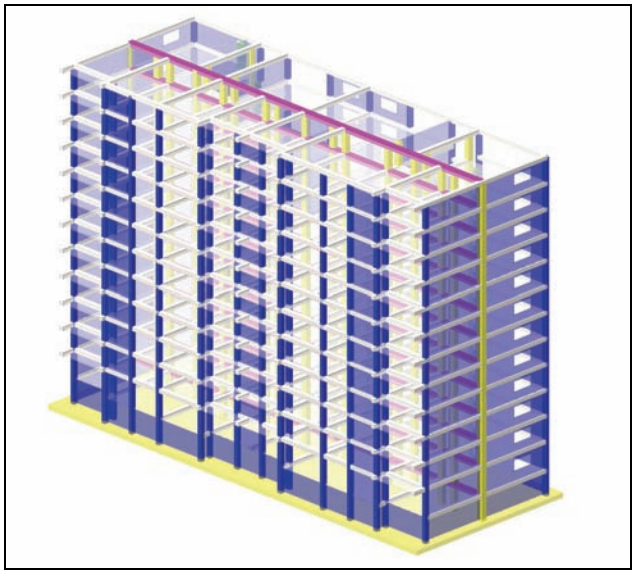
- ДЦХ – висока класа дуктилности (конструкције код којих се њиховим преласком у пластични механизам троши велика количина сеизмичке енергије).

Класе дуктилности ДЦМ и ДЦХ одговарају зградама за које су прорачун, димензионисање и обрада детаља урађени према посебним захтевима за сеизмичку отпорност, омогућујући да конструкција развије стабилне механизме који су способни за велику дисипацију енергије земљотреса под поновљеним повратним оптерећењем, без појаве кртог лома [1].

## 2. АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЈЕ

### 2.1. Основни подаци о објекту

Моделирање конструкције вршено је у програмском пакету Tower 6. Конструкција зграде може да се посматра као скуп вертикалних конструкцијских елемената, који су међусобно повезани таваницама [1].



Слика 1. *Просторни модел конструкције*

Главни конструктивни систем објекта је АБ скелетна конструкција са АБ зидовима за укрућење. Међуспратна конструкција је АБ плоча дебљине 18 цм, ослоњена на греде које су пресека 40/50цм у целој конструкцији осим у средњем подужном раму где је пресек греде 50/60цм.

Димензије попречних пресека стубова су 40/40цм осим у средњем подужном раму где су димензије стубова 50/50цм. Зидна платна са дебљином ребра од 20цм су постављени у два ортогонална правца и њихова примарна улога је да приме и пренесу

---

**НАПОМЕНА:**
**Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је др Ђорђе Лађиновић, ред. проф.**

хоризонтална сеизмичка оптерећења на темеље и допринесу укупној крутости објекта. Темељну конструкцију чини темељна плоча дебљине 60цм. Сви наведени конструктивни елементи бетонирају се бетоном C25/30, а за армирање се користи арматура S400.

### 2.2. Анализа оптерећења

Стално оптерећење потиче од сопствене тежине главних конструктивних и неконструктивних елемената (подова, плафона, преградних зидова). Сопствена тежина конструктивних елемената је аутоматски аплицирана помоћу програма за анализу конструкција а стално оптерећење од неконструктивних елемената је аплицирано као линијско или као равномерно расподељено оптерећење.

Корисна оптерећења проистичу из намене пројектованог простора. Примењене вредности корисних оптерећења су преузете из релевантног стандарда, у овом случају EN 1991-1-1:2002. Према овом стандарду површине стамбених, друштвених, трговачких и административних зграда су подељене у категорије у зависности од њихове специфичне употребе према табели 2.1.

Табела 2.1. *Категорија употребе*

| Kategorija | Specifična upotreba | Primer |
|---|---|---|
| A | Stambene površine | Sobe u stambenim zgradama i kućama; spavaće sobe i odeljenja u bolnicama; spavaće sobe u hotelima i prenoćištima; kuhinje i toaleti. |
| B | Kancelarijske površine | |
| C | Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi (sa izuzetkom površina definisanih u kategorijama A, B i D[1)]) | **C1:** Površine sa stolovima itd., na primer: površine u školama, kafeima, restoranima, trpezarijama, čitaonicama, salama za prijeme.<br>**C2:** Površine sa nepokretnim sedištima, na primer: površine u crkvama, pozorištima ili bioskopima, konferencijskim salama, učionicama, salama za skupove, čekaonicama, željezničkim čekaonicama.<br>**C3:** Površine bez prepreka za kretanje ljudi, na primer: površine u muzejima, izložbenim prostorijama itd., kao i pristupne površine u javnim i administrativnim zgradama, hotelima, bolnicama, predvorjima željezničkih stanica.<br>**C4:** Površine sa mogućim fizičkim aktivnostima, na primer: plesne dvorane, gimnastičke sale, pozornice.<br>**C5:** Površine osetljive na veliko okupljanje ljudi, na primer: u zgradama za javne događaje, kao što su koncertne dvorane, sportske dvorane, uključujući tribine, terase i pristupne površine, kao i željezničke platforme. |
| D | Prodajne površine | **D1:** Površine u maloprodajnim radnjama uopšte,<br>**D2:** Površine u robnim kućama |
| [1)] Obratiti pažnju na 6.3.1.1(2), posebno za C4 i C5. Videti EN 1990, kada treba da budu razmatrani dinamički uticaji. Za kategoriju E videti tabelu 6.3. | | |
| **Napomena 1:** U zavisnosti od njihove predviđene upotrebe, površine koje verovatno treba da budu kategorisane kao C2, C3, C4, po odluci investitora i/ili odredbi Nacionalnog aneksa mogu da budu kategorisane kao C5.<br>**Napomena 2:** U Nacionalnom aneksu mogu da budu date podkategorije za A, B, C1 do C5, D1 i D2.<br>**Napomena 3:** Videti 6.3.2 za skladišta ili industrijsku upotrebu. | | |

У складу са категоризацијом површина прописане су и вредности интензитета дејстава које се користи у прорачуну. Прописане вредности корисних дејстава приказане су у табели 2.2.

Табела 2.2. *Корисна оптерећења зграда*

| Kategorije opterećenih površina | $q_k$ [kN/m²] | $Q_k$ [kN] |
|---|---|---|
| **Kategorija A** | | |
| - podovi | 1,5 do 2,0 | 2,0 do 3,0 |
| - stepeništa | 2,0 do 4,0 | 2,0 do 4,0 |
| - balkoni | 2,5 do 4,0 | 2,0 do 3,0 |
| **Kategorija B** | 2,0 do 3,0 | 1,5 do 4,5 |
| **Kategorija C** | | |
| - C1 | 2,0 do 3,0 | 3,0 do 4,0 |
| - C2 | 3,0 do 4,0 | 2,50 do 7,0 (4,0) |
| - C3 | 3,0 do 5,0 | 4,0 do 7,0 |
| - C4 | 4,5 do 5,0 | 3,5 do 7,0 |
| - C5 | 5,0 do 7,5 | 3,5 do 4,5 |
| **Kategorija D** | | |
| - D1 | 4,0 do 5,0 | 3,5 do 7,0 (4,0) |
| - D2 | 4,0 do 5,0 | 3,5 do 7,0 |

#### 2.2.1. Анализа сеизмичког оптерећења

Одређивање сеизмичких дејстава је у свему урађено у складу са Еврокодом 8. За потребе израде овог рада усвојена је категорија тла Ц (табела 2.3), тип 1 еластичног спектра одговора, а пројектно убрзање је $\mathbf{a_g}$= 0.2g.

Табела 2.3 *Вредности параметара који описују препоручен тип 1 еластичног спектра одговора*

| Kategorija tla | $S$ | $T_B$ (s) | $T_C$ (s) | $T_D$ (s) |
|---|---|---|---|---|
| A | 1,0 | 0,15 | 0,4 | 2,0 |
| B | 1,2 | 0,15 | 0,5 | 2,0 |
| C | 1,15 | 0,20 | 0,6 | 2,0 |
| D | 1,35 | 0,20 | 0,8 | 2,0 |
| E | 1,4 | 0,15 | 0,5 | 2,0 |

За анализу сеизмичког дејства је изабрана мултимодална спектрална анализа. Да би се спровео овакав прорачун предходно се изврши модална анализа којом је обухваћен утицај свих својствених облика слободних вибрација који доприноси глобалном одговору.

Модалном анализом конструкције се поред сталног оптерећења у масу конструкције узима и део корисног оптерећења за који се сматра да ће бити присутно на конструкцији приликом земљотреса. Коефицијент за корисно оптерећење А, односно Д на таваницама износи 0.15, односно 0.30, респективно (удео корисног оптерећења у току земљотреса 15%, односно 30%).

Прва три периода својствених осцилација добијена модалном анализом приказана су у табели 2.4.

Табела 2.4. *Периоди осциловања конструкције*

| No | T [s] | f [Hz] |
|---|---|---|
| 1 | 0.859712 | 1.163181 |
| 2 | 0.711817 | 1.404855 |
| 3 | 0.409853 | 2.439897 |

Фактор понашања $q$ представља коефицијент којим се редукују резултати статичког прорачуна конструкције чиме се добијају пројектне вредности утицаја потребне за димензионисање елемената објекта. Одређује се према изразу:

$$q = q_o \cdot k_w \geq 1.5 \qquad (2)$$

Према захтеву да се зграда пројектује као конструкција средње класе дуктилности, фактор понашања $q$ износи 3.9, а за класу високе дуктилности износи 5.85.

Екстремна вредност неког утицаја у конструкцији одређује се као резултат свих разматраних

својствених облика вибрација на основу SRSS правила, тј. као квадратни корен збира
су квадрата појединих модалних одговора:

$$\max Z = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} Z_i^2} \qquad (3)$$

где је Z било која статичка или деформацијска величина а сеизмичке компоненте у X и У правцу дефинисане на следећи начин:

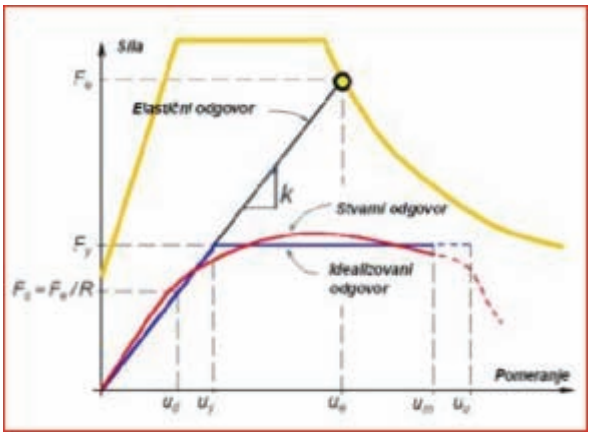
Faktori pravca zemljotresa:

| Naziv | Kx | Ky | Kz |
|---|---|---|---|
| Sx | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| Sy | 0.000 | 1.000 | 0.000 |

## 3. АНАЛИЗА ПРОЈЕКТНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА ПРЕМА ЕЦ8

### 3.1. Основни концепт прорачуна сеизмичког одговора конструкције

Својства конструктивних система да се земљотресним дејствима супроставе у нелинеарном домену омогућава њихово пројектовање са сеизмичким дејством смањеног интензитета. Основна филозофија пројектовања сеизмички отпорних конструкција може се објаснити ако се посматра веза сила-померање при еластичном и нееластичном одговору конструкције за пројектно сеизмичко дејство, слика 2.




Слика 2.- *Зависност сила – померање при линеарном и нелинеарном одговору конструкције*

Вредност утицаја у конструкцији услед прорачунске сеизмичке силе $F_d$, дефинише ниво сила за које се одређује потребна носивост конструкције. Та вредност је вишеструко мања у односу на вредност утицаја Fe који одговарају еластичном одговору система.

Прорачунска вредност сеизмичке силе $F_d$, као и одговарајућа вредност померања $u_d$ одређује се на основу линеарно-еластичног модела понашања, али за сеизмичко дејство које се добија смањењем стварног дејства путем фактора редукције R= $Fe/F_d$ чија бројна вредност, према EC8, одговара фактору понашања $q$. [3] Стварно понашање система ће бити приближно еластично све док не достигне носивост конструкције Fy при идеализованом одговору.

Да би се обезбедила довољна сеизмичка стабилност система, конструкција мора имати одређену способност деформисања, тј. морају се предузети одређене мере за обезбеђење довољног капацитета померања конструкције. При томе је за процену понашања конструкције за време земљотреса често важнији релативни однос нелинеарних и еластичних померања, него апсолутна вредност максималног померања. Због тога се стабилност неке конструкције у току земљотреса уобичајено процењује преко деформација, а мера за способност деформисања конструкције је дуктилност.

Ако је захтевана дуктилност мања од обезбеђене дуктилности ($\mu < \mu_u$), конструкција неће доживети лом у току земљотреса јер су максималне деформације мање од деформација на граници рушења.

### 3.2. Обезбеђење жељеног механизма оштећења конструкције – "Програмирано понашање"

Да би било могуће ограничити укупно сеизмичко оптерећење сложенијих конструкција, употребом приступа описаног у предходном поглављу, неопходно је да се правилним пројектовањем и конструисањем обезбеди одговарајући модел нелинеарног понашања.

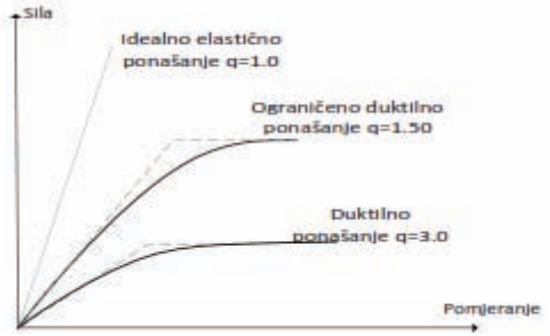
Концепт редукције сеизмичког оптерећења формирањем пластичног механизма лимитиране носивости подразумева да је пројектант предходно одабрао места формирања пластичних зглобова. У конструкцији која се "састоји" од области пластичних зглобова и области "еластичног понашања", пластични зглобови су "најслабији" делови конструкције, али са контролисаним понашањем, пројектовани на жељени ниво оптерећења. Осим обезбеђења захтеване дуктилности пластичних зглобова, поуздан механизам подразумева и да се они формирају у жељеним пресецима, као и да остали, на зглобове прикључени делови конструкције, од којих се очекује да се понашају еластично, могу да издрже највеће утицаје који се могу јавити у пластичним зглобовима при померањима услед земљотреса.

Обезбеђење остатка конструкције од преоптерећења услед побуђивања реалне носивости пластичних зглобова назива се концептом програмираног понашања ( изворно – *capacity design*).

### 3.3. Класе дуктилности по ЕЦ8

Бетонске зграде могу се класификовати у две класе дуктилности: ДЦМ ( средња класа дуктилности ) и ДЦХ (висока класа дуктилности). ДЦХ одговара нижем пројектном оптерећењу у односу на ДЦМ.

Помоћу фактора понашања $q$ се стварно сеизмичко дејство смањује на ниво дејства за који се конструкцији мора обезбедити потребна носивост (слика 3).




Слика 3. *Дуктилност изражена преко фактора понашања* $q$

Ако се при свим једнаким осталим условима (сеизмичност подручја, крутост конструкције, изабрани конструкцијски систем и сл.) за пројектовање зграде примени већи фактор редукције, по правилу ће се добити мања потребна носивост конструкције, а пластичне деформације ће да расту. При томе се сеизмички захтеви по деформацијама уобичајено исказују у виду захтеване дуктилности померања. Дуктилност је релативна мера и пораст деформација при смањењу не мора увек резултирати већим померањима у апсолутном износу. У зависности од тога који ефекат има већи утицај (смањење сеизмичког дејства или пораст нелинеарних деформација), величина померања у апсолутном износу може и да опада и да расте, што зависи пре свега од крутости конструкције и сеизмичности подручја.

## 4. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ

### 4.1. Анализа дуктилног зида према ДЦМ и ДЦХ

У раду је анализиран АБ зид издвојен из датог објекта, дужине 6,40 м и висине 40,12 м, према обема класама дуктилности. Зид је дебљине 20 цм са ивичним проширењима димензија 50/50 цм. Прорачун је извршен пратећи правила и услове који се захтевају у ЕЦ8. Вредности прорачунских статичких утицаја и карактеристични резултати димензионисања дати су у табели 2.

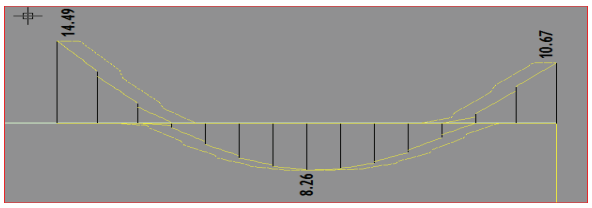
*Табела 2. Резултати прорачуна по ДЦМ и ДЦХ за дуктилни зид*

| | DCM | DCH |
|---|---|---|
| $maxM_{ED}$ [kNm] | 14694,49 | 12801,92 |
| $maxN_{ED}$ [kN] | 12918,80 | 12498,70 |
| $maxV_{ED}$ [kN] | 861,13 | 579,50 |
| Vertik.armatura rebra | ±RØ8/20 | ±RØ8/20 |
| Horizontalna armatura rebra | ±RØ6/15 | ±RØ6/15 |
| Podužna arm. utegnutog dela | 12RØ12 | 12RØ12 |
| Armatura za utezanje | uRØ10/7.5 | uRØ12/7.5 |
| Nosivost na smicanje | $V_{ED}$=861,13kN < $V_{RDC}$=1793,11kN | $V_{ED}$=579,50kN < $V_{RDC}$=1515,61kN |

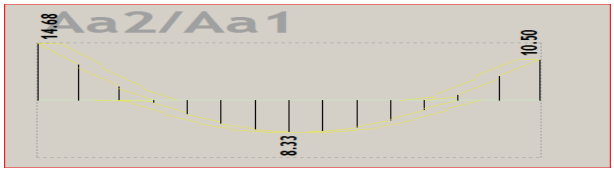
### 4.2. Анализа стубова и греда према ДЦМ и ДЦХ

У овом раду је из АБ оквира издвојена област која обухвата два чвора. Анализирани конструктивни елементи имају исте геометријске и механичке карактеристике, греде су димензија 40/50 цм, спољни стуб је 40/40 цм а унутрашњи стуб има димензије 50/50 цм.

Са обзиром да су сеизмички зидови својом крутошћу прихватили хоризонталне силе, рамовима је преостало да прихвате гравитационо оптерећење, што је резултирало добијањем исте подужне арматуре за обе класе дуктилности. Карактеристични резултати димензионисања за једну греду приказани су дијаграмима на слици 4 за ДЦМ и слици 5 за ДЦХ.




Слика 4. *Потребна подужна арматура греде за класу ДЦМ*




Слика 5. *Потребна подужна арматура греде за класу ДЦХ*

## 5. ЗАКЉУЧАК

Као последица велике крутости конструкције није дошло до знатних нелинеарних деформација. Дуктилни зидови су прихватили хоризонталне сеизмичке силе, док се рамовима углавном прихвата гравитационо оптерећење. За обе класе дуктилних зидова имамо једнаку потребу за подужном арматуром 12RØ12, једина разлика је у попречној арматури за утезање дуктилног пресека, за ДЦМ имамо uRØ10/7.5 а за ДЦХ добијамо uRØ12/7.5. Такође, код стубова и греда имамо једнаку количину подужне арматуре за обе класе дуктилности. За попречну арматуру греда добијамо uRØ8/12.5, за ДЦМ класу дуктилности а за ДЦХ класу дуктилности имамо uRØ10/10 на унутрашњем чвору, док на спољашњем чвору за обе класе дуктилности имамо uRØ8/10. Код попречне арматуре стубова добијамо захтев за усвајањем конструктивне количине арматуре за обе класе дукгтилности, једина разлика је у дужини пластичног зглоба која је дефинисана прописом, за ДЦМ : Lcr = hw, а за ДЦХ : Lcr = 1,5hw.

## 6. ЛИТЕРАТУРА


[1] Еврокод 8; Део 1: Општа правила, сеизмичка дејства и правила за зграде;

[2] Правилник о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима;

[3] Проф. др Ђ. Лађиновић, *Анализа конструкција зградана земљотресна дејства*, ФТН Нови Сад, 2004.

[4] Др Бошко Петровић:ОДАБРАНА ПОГЛАВЉА ЗЕМЉОТРЕСНОГ ГРАЂЕВИНАРСТВА,Грађевинска књига,Београд 1989 год.

[5] Група аутора: ЕВРОКОД 2: ПРОРАЧУН БЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА Део 1-1, Београд, фебруар 2006год.


**Кратка биографија:**




**Мирослав Филиповић** рођен 31.10. 1971. год. у Пожеги. Дипломирао је у октобру 2012. на Грађевинском одсеку ФТН-а. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Конструкције- Сеизмичка анализа конструкција, одбранио је 2013. год.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 005:625.7

# OSNOVE METODOLOGIJE ZA PROJEKTOVANJE REHABILITACIJE PUTA – PRIMER REHABILITACIJE DEONICE PUTA M-7, MOST NA TISI - ZRENJANIN

# METHODOLOGY FOR ROAD REHABILITATION PROJECTS – ROAD M-7 REHABILITATION PROJECT, SECTION TISA RIVER BRIDGE - ZRENJANIN

Igor Đogo, Nebojša Radović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu su prikazane osnove metodologije za projektovanje rehabilitacije puta. Prikazane su vrste slojeva i tehnološki postupak izvođenja rehabilitacije. Rehabilitacija može da se izvede površinskom obradom, mikro-zastorima, ultra-tankim zastorima i recikliranim slojevima. Navedeni su postupci i koraci pri tretiranju pukotina. Izvedena je analiza na nivou Idejnog projekta za deonicu puta M-7 od mosta na Tisi do Zrenjanina. Izvršeno je dimenzionisanje potrebnog pojačanja kolovozne konstrukcije za pojedine homogene poteze, definisanje konačnog rešenja sanacije i pojačanja uz odgovarajuća tehnička uputstva.*

**Abstract** – *This paper work contains the methodology for road rehabilitation design. The common types of layers used for rehabilitation are shown, as well their technological processes. These types of layers are: surface dressing layers, micro asphalts, ultra thin asphalt layers, and recycled layers. Basic actions for fixing the cracks are shown step-by-step. The concept design is done for the section Tisa River bridge – Zrenjanin, on road M-7. Rehabilitation is done by designing the thickness of the new asphalt layers for homogenus sections. The decision for the final rehabilitation project is done. Required technical manuals are included.*

**Ključne reči:** *Rehabilitacija, reciklaža, kolovozna konstrukcija*

## 1. UVOD

Na putnoj mreži Srbije više od 50% puteva je u lošem stanju. Iz tog razloga rehabilitacija puteva će biti u narednom periodu dominantna građevinska aktivnost. S obzirom na stanje puteva, sigurnost puteva, raspoložive finansijske resurse i gustinu putne mreže koja je na nivou evropskih zemalja, neophodne su hitne mere rehabilitacije za obezbeđenje prihvatljivog stanja kako ne bi došlo do značajnog pogoršanja sigurnosti i potpune razgradnje postojeće putne mreže.

Analiza postojećeg stanja se može opisati pomoću dijagrama kvaliteta na kome se prikazuje kvantitativna i kvalitativna analiza trase puta, poprečnog profila, kolovozne konstrukcije, putnih objekata, kontrole pristupa, saobraćaja i životne sredine.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Radović, docent.**

U radu su prikazani sledeći tipovi površinskih obrada: jednostruka, jednostruka ojačana i višestruka. Takođe su prikazani mikro-zastori, tanki i ultra-tanki asfalti sa postupcima za njihov dimenzionisanje. U okviru reciklaže razlikuju se postupci regeneracije, prerade zastora i podloge na licu mesta, prerade zastora u centralnim postrojenjima, prerade kolovozne konstrukcije po hladnom postupku i prerade asfaltnih zastora po toplom postupku.

Pri popravci pukotina u asfalt betonskim zastorima veoma je važno definisati kriterijume po kojima će se doneti ispravna odluka o tome da li pukotine treba zaptivati ili zapunjavati.

U radu je analizirano rešenje rehabilitacije državnog puta I reda M-7 na delu od mosta na Tisi do Zrenjanina. Na ovoj deonici puta postoji veliki broj poprečnih pukotina koje su se pojavile veoma brzo posle izgradnje puta. Rešenje rehabilitacije postojeće kolovozne konstrukcije sadrži deo koji se odnosi na pripremu kolovoza za pojačanje i deo koji se odnosi na ugradnju novog sloja.

## 2. TEORIJSKE OSNOVE METODOLOGIJE ZA PROJEKTOVANJE REHABILITACIJE PUTA

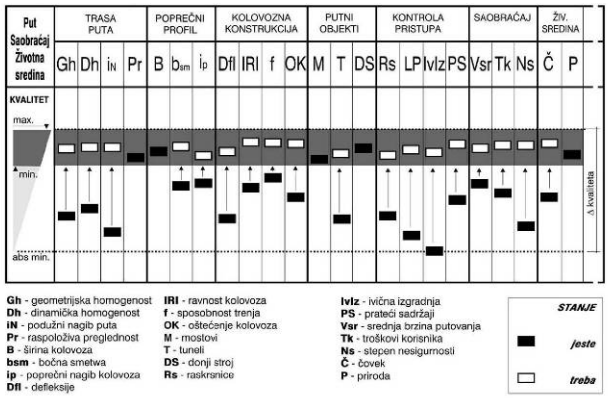
Proces održavanja puteva se može podeliti na deo koji se odnosi na funkcionalno održavanje u zimskim i letnjim uslovima i na deo koji obuhvata građevinsko održavanje odnosno rehabilitaciju (slika 1). Rehabilitacija obuhvata tri nivoa: presvlačenje (ojačanje) kolovoza, obnovu kolovozne konstrukcije i obnovu puta (kolovoz i prateći elementi kolovoza) u granicama putnog zemljišta [1].




Slika 1. *Ispuna prethodno obrađene pukotine*

Analiza postojećeg stanja pri rehabilitaciji puta treba da utvrdi podatke o geometrijskim osobinama puta, o donjem stroju puta, o kolovoznoj konstrukciji, o sposobnosti trenja, o stepenu oštećenja površine kolovoza, o odvodnjavanju, o putnim objektima, o raskrsnicama i sl.

Na slici 2 su prikazani različiti nivoi kvaliteta pojedinačnih parametara na osnovu čega se može racionalno definisati nivo rehabilitacije.

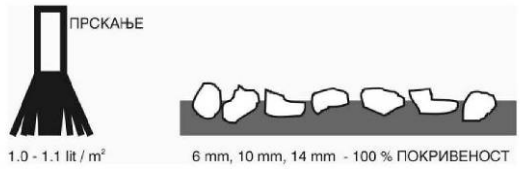



Slika 2. *Dijagram kvaliteta*

## 3. ASFALTNE MEŠAVINE PO HLADNOM POSTUPKU, RECIKLAŽA I REMIKS

### 3.1. Površinske obrade

Površinske obrade mogu biti jednostruke (slika 3) i višestruke. Veoma je bitno da se pri projektovanju pravilno definišu odnosi između veziva i kamene sitneži. Dodavanjem veziva, preko potrebne količine za vezivanje agregata, mogu se vršiti korekcije na postojećem asfaltnom zastoru [2, 3].




Slika 3. *Jednostruka površinska obrada*

Pre započinjanja radova na izvođenju jednostruke površinske obrade treba postaviti žicu vođicu duž ivice puta koja će definisati putanju raspršivača.

Brzina kretanja raspršivača zavisi od protoka kroz mlaznice, širine letve sa mlaznicama, količine materijala koji se rasprskava i od temperature vezivne mase pri prskanju. Dužina po kojoj treba izvesti prskanje i po njoj razastrti kameni agregat se određuje prema broju punih kamiona koji su uključeni u postupak.

Ne treba prskati vezivom površinu veću od one koja može biti pokrivena kamenim agregatom tokom jednog minuta. Vezivo treba da bude na temperaturi viskoznosti za prskanje. Tačna količina materijala se definiše tako što vozač održava prethodno određenu brzinu na pokazivaču - bitumetru.
Provera količine uzetog veziva se vrši posle svake vožnje raspršivača i ona se izražava u litrama po $m^2$, a zavisi od ukupne količine rasprskanog veziva, od temperature vezivne mase pri prskanju, od širine letve sa mlaznicama i od dužine razastiranja.

Pri kretanju raspršivača veziva unapred, razastirač agregata se nalazi neposredno iza njega. Rasprskano vezivo mora biti pokriveno agregatom u roku od jednog minuta. Ukoliko se zakasni, opada viskozitet veziva i teže se vezuje agregat, a i obavijenost zrna je manja. Takođe je važno da agregat bude razastrt ravnomerno u predviđenoj količini. U jednostrukoj obradi, pojedinačna zrna upadaju u vezivni sloj, tako da se mora voditi računa da ne bude više agregata nego što je proračunom previđeno za jedan sloj. Višak agregata, ukoliko se pojavi, treba odmah ukloniti lopatama.

Valjanjem se agregat utiskuje u sloj veziva. Postoje valjci sa peumaticima i valjci sa čeličnim točkovima. Valjci sa pneumaticima daju ravnomeran pritisak po celoj površini valjanja i mogu da valjaju odmah po razastiranju agregata. Dva samohodna valjka treba koristiti uz jedan razastirač. Valjanje se obavlja sve dok agregat ne ulegne propisno u vezivnu masu. Čim sloj postane čvrst, valjanje se prekida, da ne bi došlo do oštećivanja zrna agregata. Svaka deonica treba da se preklopi sa prethodnom za oko pola širine prednjeg točka valjka. Za dobro sabijanje agregata su potrebna najmanje tri prelaza. Tek 30 minuta posle razastiranja agregata može se vršiti sabijanje čeličnim valjcima. Oni moraju biti iza razastirača na rastojanju većem od 750 m. Valjci sa čeličnim točkovima lome zrna agregata, čime se smanjuje vek trajanja površinske obrade.

Višestruka površinska obrada se sastoji iz serije jednostrukih površinskih obrada sa istim nominalnim veličinama zrna po slojevima. Najčešće korišćena višestruka površinska obrada je dvostruka površinska obrada. Debljine slojeva su od 16 mm do 20 mm, a vek trajanja višestruke površinske obrade je oko 3 puta duži od jednostruke površinske obrade.

### 3.2. Mikro-zastori

Mikro-zastori se spravljaju po hladnom postupku. Oni su brzovezujuće polimerizovane bitumenske emulzije pomešane sa sitnozrnim mineralnim mešavinama, vodom i drugim dodacima. Koriste se za presvlačenje asfaltnih i ređe betonskih kolovoznih zastora. Projektovani su da budu primenjeni u polutečnom stanju pomoću specijalne mašine za mešanje i polaganje mase. Ovakav sistem može da nosi saobraćaj jedan sat posle ugrađivanja, dok debljina sloja nije veća od 13 mm, a polaže se na temperaturi od oko 24˚C i pri vlažnosti do 50%. Pri postavljanju mikro-zastora potrebno je površinu puta prethodno ovlažiti parom iz boksa za rasprskavanje. Količinu spreja treba prilagoditi tokom dana na odgovarajuću temperaturu, teksturu površine, vlažnost i osušenost zastora. Mikro-zastor mora imati potrebnu konzistenciju po izlivanju iz mašine za mešanje.

### 3.3. Tanki i ultra-tanki asfalti

Tanki asfaltni zastori su slojevi debljina do 40 mm, pravljeni po vrućem postupku. Postojeći postupci za dimenzionisanje tankih asfaltnih zastora, koji se za sada koriste, se odnose na određivanje debljina gornjeg i donjeg nosećeg sloja konstrukcije puta, čiji je zastor od dobro složenog agregata. Na takve podloge se postavlja tanak sloj asfalta. Bitumenizirani materijali za vrlo tanke i ultra-tanke zastore imaju slično područje primene. Koriste

se da poboljšaju postojeće karakteristike zastora u pogledu nosivosti i deformabilnosti. U postupcima održavanja, ove dve vrste asfaltnih materijala se koriste kao sloj nove kolovozne konstrukcije, ali i kao sloj za presvlačenje postojećeg zastora radi boljeg odvajanja funkcija novog zastora od postojećeg.

### 3.4. Reciklaža

Osnovni postupci prerade zastora su: prerada zastora, prerada zastora i podloge i prerada zastora u centralnim postrojenjima. Regeneracija predstavlja postupak u kome se uklanja i/ili ponovno prerađuje materijal iz kolovoza. Najčešće se primenjuje kod asfaltnih zastora koji se stružu do 5 cm ili kopaju znatno dublje i dobijeni materijal transportuje do stabilnih postrojenja radi dalje obrade. Najčešći oblik regeneracije je prerada struganjem dobijenog materijala i njegovo vraćanje u približno prethodni oblik u kolovoznu konstrukciju. Osnovna terminološka razlika između regeneracije i prerade - reciklaže, je što se u postupku prerade poboljšavaju fizičko-mehaničke karakteristike sastruganog materijala, dodatkom nedostajućih frakcija agregata ili osveživača veziva. Na ovaj način postupkom prerade, za razliku od regeneracije može se postići ustaljen kvalitet novodobijenog materijala. Oko 85% sastruganog asfalta se vraća nazad u zastore kolovoznih konstrukcija bilo postupkom prerade po toplom ili hladnom postupku, a znatno manje se koristi kao nevezani agregat za podloge i tampone. Prerada na licu mesta starih zastora od asfaltnog ili cementnog betona može da se radi sa konvencionalnom opremom kao što su buldožeri, vibracioni valjci, obični valjci, lomilice kolovoza, usitnjivači i mešači ili posebno konstruisanim mašinama. Osnovna prednost prerade na licu mesta je mogućnost povećanja nosivosti kolovozne konstrukcije bez promene geometrije puta, uz smanjenje ili eliminisanje reflektovanih pukotina, poboljšanje ravnosti zastora i povećanje otpora na klizanje. Najveći nedostaci su što kontrola kvaliteta nije dobra kao u centralnim postrojenjima, veoma otežano usitnjavanje betonskih zastora i prilično veliki troškovi zbog prekida u odvijanju saobraćaja. Prednost obrade zastora na licu mesta je što materijal može da se: ukloni i sa kvalitetnijim materijalom zameni, ukloni i zameni sa postojećim materijalom koji je stabiliozovan krečom, cementom ili bitumenom ili postojeći materijal preradi. Prerada sastruganih bitumenom ili cementom vezanih materijala iz zastora u stabilnim postrojenjima nekada je bila veoma popularna. Pored sastruganog materijala u stabilnim postrojenjima obrađuju se i izlomljeni delovi kolovoza. Osnovne vrste centralnih postrojenja za preradu bitumenom vezanih materijala su: zagrevanje sa direktnim plamenom, zagrevanje sa indirektnim plamenom i prethodnim zagrevanjem dodatog agregata. Cementom vezani materijali ako nisu dobijeni struganjem prethodno se drobe, a zatim prerađuju (mešaju sa cementom ili krečom) u centralnim postrojenjima po hladnom postupku. Postupak prerade - reciklaže po hladnom postupku koristi se za rekonstrukciju bilo koje fleksibilne kolovozne konstrukcije u cilju povećanja njene nosivosti. Ovim postupkom se saniraju oštećenja: poprečne pukotine, kolotrazi, rupe, sva površinska oštećenja ili njihove kombinacije. Posebno konstruisanim mašinama stružu se asfaltni slojevi, usitnjava iskopani materijal i meša sa tečnim vezivom i razastire u okviru projektovanog profila i nivelete. Preradom po hladnom postupku na licu mesta struže se postojeći asfaltni kolovoz, koriguje granulometrijski sastav, dodaje vezivo, meša, razastire i dobija nova kolovozna konstrukcija. Preko ovakve kolovozne konstrukcije radi se asfalt betonski zastor ili površinska obrada. Saobraćaj se može pustiti istog dana. Prerada asfaltnih zastora, po toplom postupku na licu mesta, počela je da se primenjuje od 1930. godine. Aktuelni postupci i tehnologije prerade asfaltnih zastora primenjuju se od 1990. godine. Postupak prerade po toplom postupku na licu mesta sastoji se od: zagrevanja zastora, mehaničkog grebanja - skidanja zastora, mešanja izgrebanog asfaltnog materijala iz zastora sa osveživačem veziva ili dodatnim agregatom, razastiranja i početnog sabijanja prerađene mešavine i razastiranja novog sloja asfaltne mešavine. Prednosti prerade po toplom postupku na licu mesta su: veoma dobar postupak za obnovu asfaltnih zastora na dubini od 4 do 6 cm, ekonomski veoma isplativ postupak i jeftiniji do 50% od novog sloja debljine od 5 cm, ušteda raspoloživih nacionalnih resursa i ušteda energije.

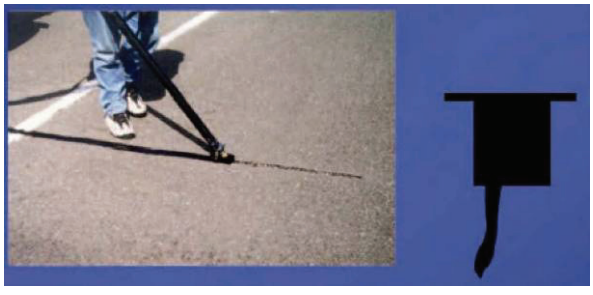
## 4. POSTUPCI POPRAVKI PUKOTINA

Pod pojmom zaptivanje pukotina se podrazumeva polaganje posebnih materijala preko ili u pukotine koje rade, sa ciljem sprečavanja prodora vode i nestišljivih materijala.

Pod pojmom ispunjavanja pukotina se podrazumeva polaganje materijala u pukotine koje ne rade sa ciljem da se bitno smanji prodiranje vode i poveže zastor sa jedne i druge strane pukotine.

Tri osnovne grupe materijala za obradu pukotina su: termoplastični materijali za primenu po hladnom postupku, termoplastični materijali za primenu po toplom postupku i termovezujući hemijski materijali - samoizravnavajući silikoni.

Završna obrada može se izvesti pomoću dodataka pričvršćenih za raspodeljivač koji u jednom koraku daje završni oblik obradi ili pomoću modle prikazane na slici 4, kojom se neposredno po prolasku raspodeljivača postiže željeni oblik. Prvom metodom se štedi u radnoj snazi, a drugom metodom je mnogo bolja kontrola kvaliteta izvedenog posla, posebno kod preklopa [4, 5].



Slika 4. *Ispuna prethodno obrađene pukotine*

## 5. PRIKAZ IDEJNOG PROJEKTA

Za potrebe projekta izvršena su sledeća ispitivanja: vizuelni pregled trase radi registrovanja oštećenja površine kolovoza i ocene stanja sistema za odvodnjavanje kolovoza i trupa puta, merenje defleksija Benkelmanovom gredom, iskop istražnih jama radi

utvrđivanja strukture tla i uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka, vađenje kernova iz postojećeg kolovoza radi utvrđivanja strukture bitumenom vezanih slojeva i laboratorijska obrada uzetih uzoraka.

Vizuelno snimanje oštećenja površine kolovoza je obavljeno krajem 2012. godine. Klasifikacija oštećenja je izvršena u skladu sa modelom HDM-4, s tim što su pukotine klasifikovane detaljnije, u skladu sa potrebama koje se postavljaju na nivou projekta, odnosno radi omogućavanja primene različitih mera sanacija.

Na slici 5 je prikazana karakterisitična poprečna pukotina, snimljena na predmetnoj deonici. Ovakve pukotine su evidentirane na rastojanju od 3 m - 10 m na celoj deonici.



Slika 5. *Karakterisitčna poprečna pukotina*

Potrebne dimenzije slojeva kolovozne konstrukcije određene su u zavisnosti od: geomehaničkih karakteristika materijala u posteljici (posteljica od slabo granulisanog peska i peskovite prašine, CBR = 4.0%) i veličine saobraćajnog opterećenja (ESO = 2.1 x $10^6$).

Pre nego što se pristupi radovima na pojačanju kolovozne konstrukcije ili obnovi zastora, potrebno je otkloniti uzroke koji su doveli do pojave oštećenja da bi se sprečila pojava istih oštećenja posle izrade slojeva za pojačanje. Posebno treba obratiti pažnju na sledeće radove: obezbeđenje pravilnog odvođenja površinske vode sa kolovoza i bankina uređenjem sistema za odvodnjavanje, pre izrade novih slojeva treba popraviti sve jače otvorene pukotine, pre izrade slojeva za pojačavanje potrebno je na jače deforimisanim potezima izraditi izravnavajući sloj tako da se postigne ravnost sa denivelacijama manjim od 1 cm ispod letve dužine 4 m i ako se izravnavajući sloj ugrađuje iznad ulegnutih ivičnih zona kolovoza na dužini većoj od 5 m stari asfaltni zastor se mora podužno zaseći do dubine od najmanje 4 cm kako bi se ostvario vertikalni bočni spoj između starog asfaltnog zastora u centralnoj zoni i izravnavajućeg sloja u ivičnoj zoni.

Linijske reflektovane podužne, poprečne i ostale pukotine otvora širine > 10 mm, na površini kolovoza, potrebno je sanirati pre izrade novih asfaltnih slojeva. Nadzorni organ, na osnovu vizuelnog pregleda zastora određuje i obeležava pukotine koje će biti sanirane po ovom postupku. Postojeći asfaltni zastor se mašinski frezuje u širini od min 0.5 m u zoni pukotine u debljini površinskog sloja zastora (4 - 6 cm). Odstranjeni materijal se odmah skuplja, tovari i odvozi na deponiju. Posle detaljnog čišćenja komprimovanim toplim vazduhom (T > $300^0$C) u sve pukotine se naliva masa za zalivanje spojnica. Obrađenu površinu pre izrade asfaltnog sloja a nakon zalivanja pukotina treba isprskati emulzijom. Emulzija se ravnomerno nanosi od minimum 300 g čistog bitumena po $m^2$. Posle toga ugrađuje se projektovani asfaltni sloj AB 16s.

Usvaja se rešenje pojačanja sa:

| | |
|---|---|
| AB 16s | 5 cm |
| BNS 22s | 6-9 cm |

Na osnovu izračunatih deformacija, vrši se provera na zamor kritičnih pozicija: u donjoj zoni asfaltnih slojeva se proverava otpornost na zamor usled napona zatezanja koji prouzrokuju pojavu pukotina po kriterijumu SHELL–ove laboratorije i po kriterijumu Asfaltnog instituta SAD i provera uticaja napona pritiska na pojavu trajnih deformacija nevezanih slojeva i posteljice.

Rezultati provera urađenih po svim navedenim kriterijumima su u dozvoljenim granicama.

## 6. ZAKLJUČAK

Vizuelnim osmatranjem tokom izvođenja terenskih istražnih radova konstatovano je da je postojeći kolovoz sa oštećenjima uglavnom u vidu poprečnih pukotina koje su posledica postojanja sloja cementne stabilizacije u konstrukciji kolovoza.

Potrebne debljine kolovozne konstrukcije određene su u zavisnosti od geomehaničkih karakteristika i nosivosti tla u posteljici za prognozirano saobraćajno opterećenje i u odnosu na defleksije.

Na delu puta M – 7 deonica Most na Tisi – Zrenjanin usvojeno je rešenje po kome se uklanjaju stari asfaltni slojevi i nanosi se novi sloj asfalt betona debljine 5 cm i bitumeniziranog nosećeg sloja debljine od 6 cm do 9 cm.

## 7. LITERATURA


[1] V. Anđus, "*Osnove projektovanja rehabilitacije vangradskih puteva*", Građevinski kalendar, Beograd, 2006.

[2] A. Cvetanović, B. Banić, "*Kolovozne konstrukcije*", Beograd, Akademska misao, 2007.

[3] A. Cvetanović, B. Banić, "*Ilustrovani tehnički uslovi za izgradnju i popravku puteva*", Beograd, Akademska misao, 2010.

[4] A. Cvetanović, B. Banić, "*Popravke kolovoznih konstrukcija*", Beograd, Akademska misao, 2011.

[5] N. Radović, "*Nove tehnike za održavanje i pojačanje kolovoza*", XX svetski kongres za puteve, Montreal, 1995.


**Kratka biografija:**



**Igor Đogo** rođen je u Novom Sadu 1989. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Putevi odbranio je 2013. god.



**Nebojša Radović** rođen je u Beogradu 1962. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2006. god., a od 2010. god. je u zvanju docenta na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja su putevi i saobraćajnice.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 656.12

# PRIMENA I ODRŽAVANJE HORIZONTALNE SIGNALIZACIJE SA ASPEKTA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA U REPUBLICI SRBIJI

# APPLICATION AND MAINTENANCE OF ROAD MARKINGS WITH RESPECT TO ROAD SAFETY IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Miloš Vujković, Nebojša Radović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Zadatak ovog rada jeste primena i održavanje horizontalne signalizacije sa aspekta bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji. U okviru rada date su tehničke specifikacije, koje se odnose na bezbednost saobraćaja, naglašavajući značaj horizontalne signalizacije. Prikazana je primena klasičnih materijala, a takođe i novijih, ekoloških materijala koji sačinjavaju putne oznake.*

**Abstract** – *The aim of this paper is application and maintenance of road markings with respect from road safety in the Republic of Serbia. Within framework of this work the tehnical specifications for road markings related to road safety in are given in general, with special emphasize the importance of road markings. The application of conventional materials, and also newer, environmentally friendly materials that make up the road markings is shown.*

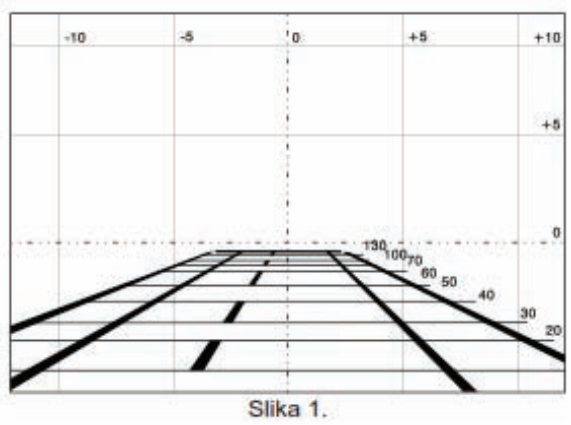
**Ključne reči:** *bezbednost saobraćaja, horizontalna signalizacija, materijali.*

## 1. UVOD

Problem podele kolovoza puta ili ulice na smerove kretanja, pojavio se uz razvoj transportnih sredstava i saobraćajne mreže. U početku, on nije mogao biti efikasno i trajnije rešen, jer su putevi i ulice uglavnom bili bez kvalitetnog kolovoznog zastora i čvrste podloge. Primena kamenih materijala omogućila je primenu nekih oblika horizontalne signalizacije. To je, pre svega, bila mogućnost da se kamena podloga izvede u nekoj teksturi ili od različito obojenog kamena, postavljenog po sredini kolovoza. Izgradnja savremenih puteva i ulica a posebno pojava velikog broja vozila na njima, istakla je problem odvajanja smerova kretanja, najviše zbog povećanja brzine kretanja vozila i pojava čeonih sudara vozila.

Oznake horizontalne signalizacije na ulici ili putu su vrlo važni delovi korišćene saobraćajne opreme jerse,po svom položaju, nalaze u centralnom polju pažnje vozača (*Slika 1).*

Kontinuiranost horizontalne signalizacije duž puteva i ulica omogućava prenošenje brojnih važnih i različitih informacija za vozače, koje su posledica uspostavljenog režima saobraćaja i izabranog načina upravljanja saobraćajem na njima. Ako skup tih informacija posmatramo kao sistematizovanu celinu, onda:




Slika 1. *Horizontalna signalizacija u centralnom polju vozača*

- horizontalna signalizacija definiše namenu kolovoza i drugih saobraćajnih površina na putevima i ulicama,
- horizontalnom signalizacijom se obezbeđuje podela prilaza i izlaza na krakovima raskrsnica, parkinga i sl.,
- horizontalnom signalizacijom se označavaju ivice kolovoza,
- horizontalnom signalizacijom se prenose pisane informacije, i
- horizontalnom signalizacijom se mogu prikazati pojedini saobraćajni znakovi (u tzv. horizontalnoj projekciji).

## 2. PUT KAO FAKTOR BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

Radi pravilnog sagledavanja, uzroka i nastanka saobraćajnih nezgoda, uobičajene analize sistema nastanka saobraćajnih nezgoda, sistema analize koje čine čovek, vozilo i put sa ciljem usmerenim ka što preciznijoj proceni uticaja svakodnevnih podsistema.

Istraživanja sprovedena u razvijenim zemljama tvrde da je uloga ljudskog faktora dominantna (preko 85%).

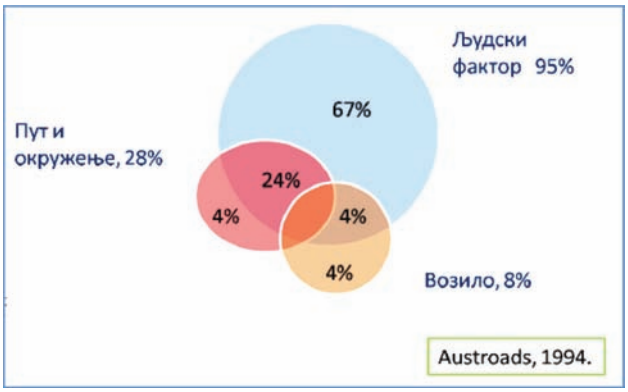
Navedena istraživanja u razvijenim zemljama pokazuju da je uticaj puta, nastanka saobraćajnih nezgoda najčešće procenjivan kao mali (4 – 12 %) kao što je prikazano na *Slici 2.*

### 2.1 Osnovni uzroci saobraćajnih nezgoda u R. Srbiji

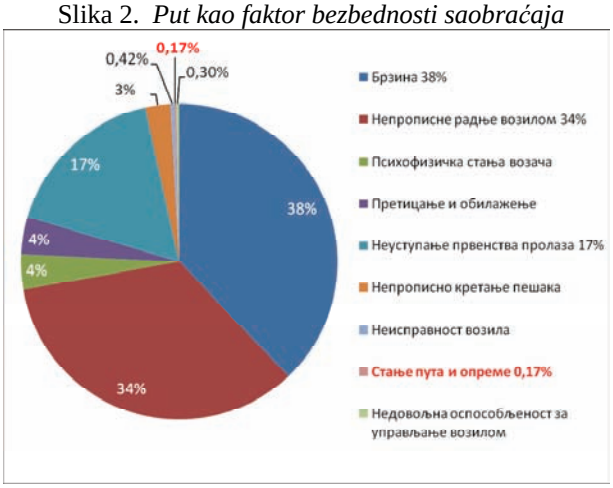
Stanje putne opreme je uzročnik manje od 1% (*Slika 3*) svih saobraćajnih nezgoda kako tvrdi JP "Putevi Srbija" ,

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc.dr Nebojša Radović.**

ali neke evropske i svetske statistike(npr. *Pavement Markings Role in Enhancing Road Safety Strategies* ), ukazuju na to da stanje putne opreme utiče čak i do 60%.




Slika 2. *Put kao faktor bezbednosti saobraćaja*




Slika 3. *Osnovni uzroci saobraćajnih nezgoda u R. Srbiji*

## 3. DEFINICIJA HORIZONTALNE SIGNALIZACIJE

Horizontalna signalizacija (HS) može se definisati kao skup posebno oblikovanih geometrijskih elemenata (linija, figura i polja) i natpisa, čijim se kombinovanjem (prilikom projektovanja) i ugradnjom (na kolovozu) formiraju oznake. HS postoji i na drugim (saobraćajnim) površinama: trotoarima,komunikacijama unutar garaža i parkinga, aerodromskim pistama i platformama itd.
Horizontalna signalizacija odnosno oznake HS se mogu upotrebiti praktično na svim (saobraćajnim) površinama na kojima postoji potreba da se prostor na neki način definiše, podeli ili kanališe.

### 3.1 Podela horizontalne signalizacije

Osnovna podela horizontalne signalizacije potiče od namene oznaka. Ova podela uslovljena je položajem oznaka u odnosu na simetralu kolovoza puta ili ulice. Tako postoje:

- uzdužne oznake,
- poprečne oznake, i
- ostale oznake.

U grupu uzdužnih oznaka spadaju različiti tipovi linija: razdelne linije, ivične linije, linije vodilje i sl.
U grupu poprečnih oznaka spadaju linije zaustavljanja (ova oznaka se često naziva i "stop" linija), pešački prelazi, prelazi biciklističkih staza, kosnici, graničnici itd. U grupu ostalih oznaka spadaju strelice, natpisi, polja ilinije za usmeravanje, oznake za parkiranje itd.

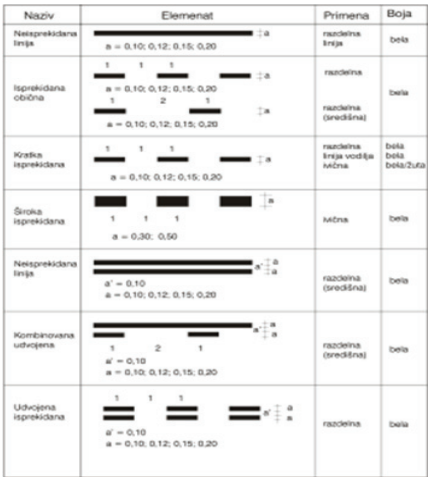
## 4. ELEMENTI HORIZONTALNE SIGNALIZACIJE

### 4.1 Uzdužne oznake

Uzdužne oznake su ustvari različite kombinovane linije (elementi) projektovane paralelno sa osom kolovoza. Služe za određivanje načina korišćenja kolovozne površine na putevima i ulicama.
Uzdužne oznake se grupišu kao:

- Razdelne linije
- Ivične linije
- Linije vodilje

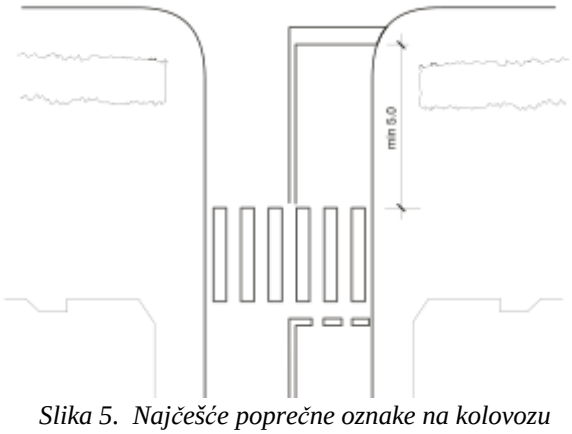
Mogu biti isprekidane i neisprekidane kao što je prikazano na *slici 4.*




Slika 4. *Sumarni pregled uzdužnih oznaka*

### 4.2 Poprečne oznake

Poprečne oznake na kolovozu su linije zaustavljanja, pešački prelazi (*Slika 5),* prelazi biciklističkih staza i kosnici i graničnici. Jednom reči, oznake koje se na kolovozu projektuju poprečno na smer kretanja ili pod malim uglom u odnosu na osu kolovoza.




*Slika 5. Najčešće poprečne oznake na kolovozu*

### 4.3 Ostale oznake na kovozu

U ovaj tip oznaka spadaju:

- strelice,
- polja za usmeravanje saobraćaja,
- linije usmeravanja,
- natpise na kolovozu,
- oznake na površinama posebne namene, i
- oznake mesta za parkiranje.

### 4.4 Saobraćajni znakovi u horizontalnoj ravni

Primena saobraćajnih znakova u horizontalnoj ravni pokazuje se kao vrlo korisna u slučajevima kada je potrebno istaći značaj neke zabrane, opomene ili obaveštenja. Saobraćajni znakovi u horizontalnoj ravni koriste se i na putevima i na ulicama. Videti *sliku 6*.




Slika 6. *Saobraćajni znakovi u horizontalnoj ravni*

## 5. UPOREDNA ANALIZA RAZLIČITIH TEHNIKA PRIMENE I ODRŽAVANJA HORIZONTALNE SIGNALIZACIJE NA SOBRAĆAJNICAMA

### 5.1 Materijali za horizontalne oznake

Iako su materijali od kojih su izražene na kolovozu mogu podeliti s obzirom na njihovu trajnost, reflektujuće osobine, postupak nanošenja, debljinu njihovog sloja, ipak je nabolja podela na one koje se vide i one koje se slabo vide.

#### 5.1.1. Tankoslojni materijali-boje

Istorijski posmatrano, boje se primenjuju kao različite forme i to: alkidne smole, kaučuk, modificirana ulja i vodorastvorljive boje. Boje su materije u tečnom stanju, koje u svom sastavu imaju pigmentne materije, vezivna sredestva, razređivače i materijal za popunjavanje. Boje pre nanošenja, mešaju se sa razređivačem u adekvatnom odnosu koji daje najpovoljniju smesu u smislu.

Svaka boja bi trebala u uputstvu za upotrebu da ima zapisano pod kojim uslovima one mogu biti nanošene. Tu se pre svega misli na vemenske uslove (temperature i vlažnost). Na ambalaži takođe mora biti jasno istaknuta opasnost ili simbola za opasnost (nagriza kožu, opasno za okolinu itd).

Takođe je važan i rok upotrebe jer boja kojoj je istekao rok upotrebe nije dozvoljena za upotrebu propisanim standardom. Većina izvođača horizontalne signalizacije sa tankoslojnim materijalima za svoj rad daju garanciju do godinu dana. Temperature vazduha pri kojima je dozvoljeno nanošenje boje je od 10$^{o}$C do 30$^{o}$C, pri temperature kolovoza od 5 $^{o}$C do 45 $^{o}$C i relativnoj vlažnosti vazduha do 85%. Na *slici 7* prikazano je mašinsko obeležavanje kolovoza bojom.



Slika 7. *Mašinsko obeležavanje ivične linije bojom*

#### 5.1.2. Termoplastika

Termoplastika se na tržištu može pojaviti u blokovima ili u prahu. Ovi materijali ne sadrže razređivač u svom sastavu i ugrađuju se u toplom stanju.Najčešće se upotrebljavaju termoplastični materijali, koji se nanose u toplom stanju na temperature od 180 $^{o}$C do 300$^{0}$ C,a za tu svrhu meša se u posebnim kotlovima kako bi se napravila kompaktna polutečna masa. Već desetak minuta nakon polaganja na kolovoz, masa se stvrdnjava i preko nje saobraćaj može da se odvija nesmetano (*Slika 8).*

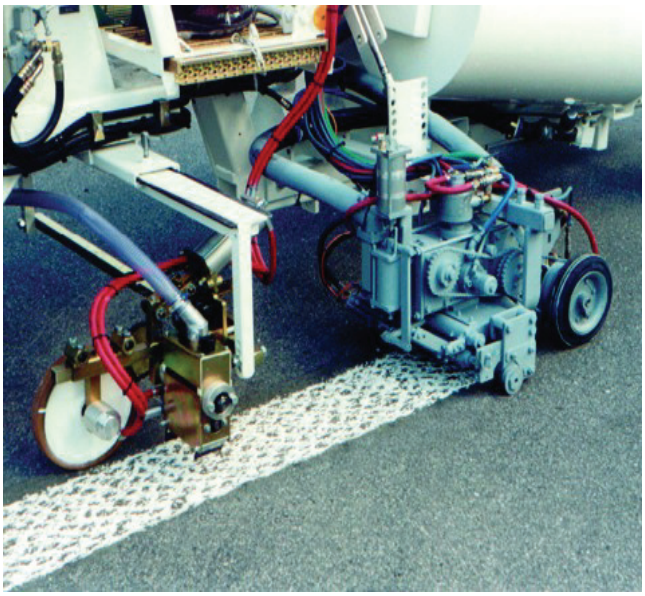
Termoplastični materijali mogu da se postavljaju in a beton.Prednost tih materijala je da su pri aplikaciji manje osetljivi na spoljašnju temperature i temperature kolovoza u odnosu na boju, što osigurava duži vremenski period u godini kada se mogu postavljati. Termoplastika se nanosi u slojevima od 3 mm i njeno trajanje je od 6-8 puta duže od farbanih oznaka.



Slika 8. *Termoplastika na kolovozu*

### 5.1.3. Hladna plastika

Hladna plastika je višekomponentni, najčešće dvokomponentni materijal koji se koristi za dugotrajno obeležavanje horizontalne signalizacije.
Mešanjem ove komponente sa aktivatorom – peroksidom, dobija se materijal koji je spreman za ručno ili mašinsko nanošenje na kolovoz (*Slika 9)*. Hladna plastika se izrađuje u beloj, žutoj, crvenoj, zelenoj i plavoj boji.
Poseduje hemijsku i fizičku otpornost na ulja, benzin i so. Garantovana postojanost hladne plastike je 3 godine.



Slika 9- *Postavljanje hladne plastike na kolovoz*

### 5.1.4. Vidljivost horizontalnih oznaka

U noćnim i kišnim uslovima klasične horizontalne oznake napravljene pomoću boja se ne vide dobro jer voda pravi tanak sloj filma po oznakama od koje svetlost od farova odbija unapred odnosno reflektuje se. Zato u poslednje vreme se sve više primenjuju debloslojni materijali zbog izbočenosti (debele crte) koja ne zadržava vodu, nego ona otiče sa oznaka a samim tim nestaje i vodeni film što je ključno za retrorefleksiju svetlosti koja čoveku obezbeđuje dobru vidljivost noću i po lošim vremenskim uslovima.

Za dobru noćnu vidljivost horizontalnih oznaka se koriste staklene kuglice ( perle ) koje se posipaju (prosečno 200 – 300 g/m$^2$) na sveže nanete oznake. Posipanje staklenih kuglica se može obavljati mašinski ili ručno. Mašinsko nanošenje je kvalitetnije jer si bolje utiskuju u materijal horizontalne oznake jer se nanose pod pritiskom od 2,5 bara. Pokrivenost oznake mora biti min 80%.

## 6. ZAKLJUČAK

Danas se od oznake horizontalne signalizacije traži veća bezbednost za vozače, kao i ekološki aspect ugrađenih materijala, koji će prema okolini biti “prijateljski” naklonjeni. Bitna karakteristika jeste i dobra vidljivost oznaka u svim uslovima vožnje (noć, magla, kiša, susnežica itd.). Neki debeloslojni materijali u sebi već sadrža retroreflektivne elemente, koji daju dobru vidljivost koja se može poboljšati i naknadnim dodavanjem staklenih kuglica (peril). Da bi se postigla ujednačenost kvaliteta oznaka na kolovozu neophodno ih je ispitivati na celokupnoj dužini izvedene deonice ili barem na više mernih odsečaka, čime je moguće dobiti potpuniju sliku stanja kvaliteta vidljivosti oznaka na kolovozu.

## 7. LITERATURA


[ 1 ] “Horizontalna signalizacija” Stanić B.,Zdravković P.
[ 2 ] http://book.tsp.edu.rs/mod/page/view.php?id=685
[ 3 ] ERF_Paper_on_Road_Markings_Released
[ 4 ] http://prvitreptac.hr/program-i-usluge/prometna-signalizacija/horizontalna-signalizacija
[ 5 ] http://www.chemosignal.hr/usluge


## KRATKA BIOGRAFIJA




**Miloš Vujković**, rođen je u Novom Sadu 1988.godine. Master rad odbranio je 2013. godine u Novom Sadu na Fakultetu tehničkih nauka – studijski program Građevinarstvo, smer Putevi i saobraćajnice.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 525**

# ANALIZA METODA ZA DIMENZIONISANJE KRUTIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

# ANALYSES OF METHODS FOR RIGID PAVEMENTS DESIGN

Miroslav Čupić, Nebojša Radović, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *Rad sadrži analizu metoda za dimenzionisanje krutih kolovoznih konstrukcija. Prikazan je način dimenzionisanja krutih kolovoznih konstrukcija i analizu napona kojima ovaj tip kolovoznih konstrukcija podleže.*

**Abstract –** *The master work contains an analysis of methods for rigid pavements. The procedures for pavement design and stress analysis for cement concrete pavement are presented through this work.*

**Ključne reči:** *krute kolovozne konstrukcije, naponi i deformacije, dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija*

## 1. UVOD

Betonske kolovozne konstrukcije pripadaju grupi krutih kolovoznih konstrukcija. One su sastavljene od nearmirane ili armirane betonske kolovozne ploče položene preko podloge ili direktno preko posteljice.

Cementnobetonska kolovozna konstrukcija se sastoji od:

- cementnobetonske kolovozne ploče
- vezanog (vezivom stabilizovanog) sloja
- nevezanog (mehanički stabilizovanog) sloja – tampon

Osnovni tipovi krutih - betonskih kolovoznih konstrukcija su nearmirane, armirane, neprekidno armirane i prednapregnute.

## 2. GRAĐA KRUTIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Osnovni materijal za krute kolovozne konstrukcije su cementni betoni, koji predstavljaju mešavinu Portland veziva, agregata, vode i hemijskih dodataka (za usporavanje vezivanja, za ubrzavanje vezivanja, za uvlačenje vazduha, vodonepropustljivost, itd).

## 3. SLOJEVI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

### 3.1. Posteljica

Posteljica predstavlja "temelj" kolovozne konstrukcije.

Posteljice su klasifikovane u tri tipa: slabe, normalne i vrlo čvrste (tabela 1.). Čvrstoća slabo nosivih posteljica može biti poboljšana mehanički ili hemijski.

Dubina sabijanja tla u posteljici je od 15 do 30 cm. Najvažnija karakteristika posteljice kod krutih kolovoznih kosntrukcija je ujednačena nosivost, dok je njena numerička vrednost manje značajna.

Tabela 1. Klasifikacija posteljice

| Tip posteljice | | Minimalna debljina donje podloge [cm] |
|---|---|---|
| **slaba** | **CBR≤2%** | 15 |
| **normalna** | **2<CBR≤15%** | 8 |
| **vrlo čvrsta** | **CBR>20%** | 0 |

Nosivost posteljice je najčešće izražena Kalifornijskim indeksom nosivosti CBR (California Bearing Ratio), modulom stišljivosti, povratnim modulom E i modulom reakcije tla K.

### 3.2. Podloga – tampon

Tampon čine jedan ili više slojeva od prirodnog ili mehanički i hemijski stabilizovanog tla, drobljenog agregata, šljunkovito-peskovitog agregata ili otpadnog materijala kao što su drobljeni beton i šljaka.

Osnovna uloga donje podloge u kolovoznoj konstrukciji je da pruži ujednačenu nosivost, poveća nosivost, smanji negativne uticaje nastale zbog promene zapremine u posteljici i smanji ili spreči dejstvo mraza.

U zavisnosti od saobraćajnog opterećenja, dejstva mraza i kvaliteta materijala, debljina donje podloge je od 15 do 30cm .

Nosivost donje podloge izražava se povratnim modulom, modulom reakcije, modulom stišljivosti itd.

### 3.3. Gornja podloga

Gornja podloga predstavlja jedan ili više slojeva koji su postavljeni neposredno ispod zastora. Za gornju podlogu može biti upotrebljen svaki materijal koji ima CBR ≥ 80 %, a otporan je na dejstvo vode i mraza.

Najčešće upotrebljavani materijali su drobljeni agregati, mršavi betoni, cementom ili bitumenom stabilizovani materijali (za lako opterećene puteve).

Kod krutih kolovoznih konstrukcija gornja podloga se koristi da spreči pumpanje i dejstvo mraza, odvodnjava, smanji negativno dejstvo promene zapremine u posteljici i poveća nosivost konstrukcije.

Osnovne vrste gornje podloge su makadamske, betonske i od cementom ili bitumenom vezanih materijala.

U praksi, debljina gornje podloge se kreće od 6 do 30 cm.

### 3.4. Zastor

Cementnobetonska kolovozna ploča može se sastojati iz jednog ili dva sloja. Ovaj sloj direktno prima uticaje od opterećenja i faktora sredine:

- sa jedne strane, dejstva pneumatika (vertikalno i tangencijalno) i habanja

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Radović.**

- sa druge, dejstva temperature, sunčevih zraka (oksidacija veziva) i vode

Debljina zastora kod krutih kolovoza, odnosno betonskih ploča, je od 10 do 35 (40) cm. Kod puteva debljina ploča u praksi je od 20 do 25 cm, a kod aerodroma oko 35 cm.

## 4. DOSADAŠNJI POSTUPCI ZA DIMENZIONISANJE KRUTIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

### 4.1. Vestergardov postupak

Ovim postupkom se određuju naponi i ugibi u krutoj kolovoznoj konstrukciji (betonska ploča), pod pretpostavkom da se tanke elastične betonske ploče nalaze na Vinklerovoj podlozi (gust fluid).

Osnovne postavke su da:

1. se betonska ploča ponaša kao homogeno, izotropno i elastično telo u ravnoteži
2. je reakcija posteljice samo vertikalna i proporcionalna ugibu ploče
3. je reakcija posteljice po jedinici površine u bilo kojoj tački jednaka proizvodu konstante "K" i ugiba u odgovarajućoj tački, nezavisno od ugiba i položaja
4. je debljina ploče nepromenljiva
5. se opterećenje prenosi ravnomerno preko kružne (po novijoj verziji i eliptične) površine

Vestergard je razmatrao tri karakteristična položaja u kojima deluje opterećenje i za njih odredio napone i ugibe, i to:

- u uglu ploče
- na ivici ploče
- u sredini ploče

### 4.2. Postupak Piketa i Reja

Piket i Rej su 1951. godine, na osnovu Vestergardove postavke razradili numerički i grafički postupak za određivanje napona u betonskim kolovoznim konstrukcijama.

Uticajni dijagrami na elastičnoj podlozi su zasnovani na Vestergardovoj teoriji za cement betonske ploče, a sa Poasonovim koeficijentom ν=0.15. Dostupni su dijagrami za ivično i unutrašnje opterećenje. Dijagrami za unutrašnje opterećenje su korišćeni za dimenzionisanje krutih kolovoznih konstrukcija na aerodromima, a za ivično opterećenje za dimenzionisanje krutih kolovoznih konstrukcija na autoputevima.

### 4.3. Postupak udrženja za javne puteve i transport - AASHTO

Većina novijih empirijskih pristupa za dimenzionisanje betonskih kolovoznih konstrukcija zasniva se na rezultatima i iskustvima koji su dobijeni u okviru AASHO-testa.

Prvenstveni cilj AASHO - testa koji se odnosio na betonske kolovozne konstrukcije bio je pronalaženje odnosa između ponašanja kolovozne konstrukcije i uticaja različitih osovinskih opterećenja vozila po veličini i intenzitetu i debljine betonske ploče uz poznate debljine i karakteristike podložnih slojeva i tla posteljice.

Ponašanje betonskih kolovoznih konstrukcija u okviru AASHO - testa simulirano je primenom različitih matematičkih modela. Vrednovanje ponašanja betonske kolovozne konstrukcije u toku vremena izraženo je pomoću tzv. indeksa vozne sposobnosti površine kolovoza „pi" ili PSI (The Present Serviceability Index).

Merodavni parametri za dimenzionisanje su:

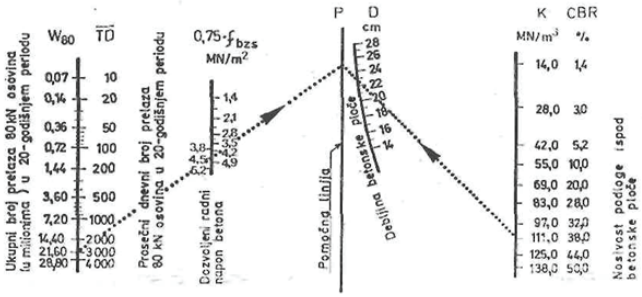
- period trajanja do prve rekonstrukcije
- projektni period
- vozna sposobnost površine kolovoza na kraju projektnog perioda
- saobraćajno opterećenje
- uticaj sredine
- karakteristike materijala
- karakteristike kolovozne konstrukcije

## 5. DIMENZIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Prema usvojenoj AASHTO-metodi, dimenzionisanje betonskih kolovoznih konstrukcija se obavlja pomoću nomograma,prikazanog na slici 1. za usvojenu minimalnu vrednost indeksa vozne sposobnosti površine kolovoza na kraju projektnog perioda $P_t$, za usvojenu vrednost modula elastičnosti betona $E_b$ i Poasonovog koeficijenta.

Nomogram ima skalu za:

- ukupni broj prelaza 80 kN ekvivalentnih osovina
- prosečni dnevni broj prelaza ekvivalentnih osovina (TD) u 20-godišnjem projektnom periodu;
- dozvoljeni radni napon betona, koji je usvojen u metodi 75% od zatežuće čvrstoće betona pri savijanju (0,75 $f_{bzs}$);
- pomoćnu liniju (P);
- modul reakcije podloge ispod betonske ploče (K);
- potrebnu debljinu betonske ploče (D)
-




Slika 1. Nomogram za dimenzionisanje betonskih konstrukcija po AASHTO-metodi za $p_t$=2.5

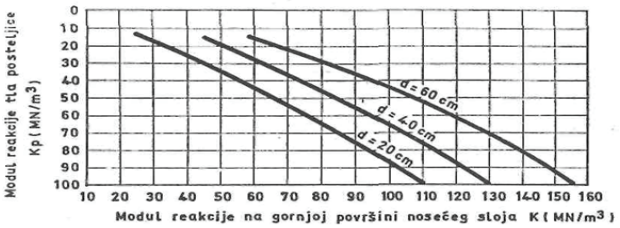
U zavisnosti od vrednosti ulaznih parametara $W_{80}$, $0{,}75 \cdot f_{bzs}$ i po ključu naznačenom na nomogramu dobija se vrednost potrebne debljine betonske ploče $D_{pot}$.

Za proračun je merodavna vrednost modula reakcije podloge na nivou ispod betonske ploče.

Postupak određivanja modula reakcije na gornjoj površini nosećeg sloja od nevezanog zrnastog kamenog materijala u zavisnosti od debljine tog sloja i vrednosti modula reakcije tla posteljice vidi se sa slike 2.

Minimalna debljina nosećeg sloja od nevezanog zrnastog kamenog materijala iznosi 0,20 m.

Ukoliko se u opisanom postupku ili zbog nekih drugih razloga (npr. zaštite od smrzavanja) utvrdi da je potrebna debljina nosećeg sloja od nevezanog zrnastog kamenog materijala veća od 0,40 m tada se mogu predvideti sledeće konstruktivne mere:




Slika 2. Dijagram za određivanje modula reakcije na gornjoj površini vezanog nosećeg sloja u zavisnosti od modula reakcije tla posteljice

- nevezani zrnasti kameni materijal u nosećem sloju se delimično ili potpuno zameni slojem odgovarajuće debljine od stabilizovanog materijala;
- poveća se debljina betonske ploče.

Minimalna debljina betonske ploče određena iz nomograma na slici 1. ne sme biti manja od minimalnih debljina za pojedine kategorije puteva prema standardu SRPS U.E3.020:

- autoputevi i putevi **I** razreda - 0.22m
- putevi **II** i **III** razreda - 0.20m
- ostali putevi - 0.16m

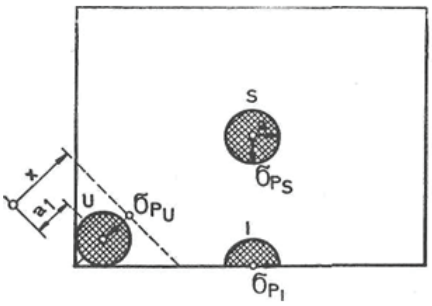
## 6. PROVERA NAPONA U BETONSKOJ KOLOVOZNOJ KONSTRUKCIJI

### 6.1. Naponi usled opterećenja

Postoje tri metoda za određivanje napona i defleksija u cement betonskim kolovozima:

- pomoću jednačina
- pomoću uticajnih dijagrama
- pomoću računarskog programa baziranom na metodu konačnih elemenata

Originalne jednačine je razvio Vestergard i one se primenjuju za opterećenje od jednog točka preko kružne, polukružne, eliptične i polueliptične kontaktne površine.
Uticajni dijagrami, koje su razvili Piket i Rej (Pickett and Ray), mogu biti primenjeni na opterećenja koja prave različite kombinacije točkova.
Oba ova postupka se odnose na velike ploče koje se nalaze na elastičnoj podlozi. Ako su, pak, opterećenja na pločama povezanim moždanicima, koje se nalaze na elastičnoj podlozi ili čvrstom tlu, treba koristiti metod konačnih elemenata. Elastična podloga se prikazuje pomoću sistema elastičnih nezavisnih opruga (Vinklerov model). Vestergard je dao rešenje za elastičnu ploču konstantne debljine za tri karakteristična slučaja opterećenja (slika 3.) i to: u uglu ploče, u sredini i na ivici ploče.



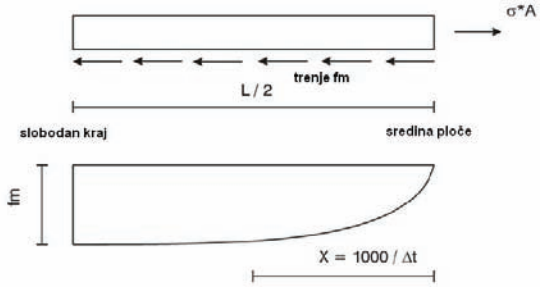

Slika 3. Karakteristični slučajevi opterećenja betonske ploče prema rešenjima Vestergarda

### 6.2. Naponi usled trenja

Trenje između betonske ploče i podloge izaziva napone zatezanja u betonu, armaturi i u moždanicima. Za ravne betonske kolovoze, rastojanje između kontrakcionih spojnica mora biti odabrano tako da naponi usled trenja ne izazovu pucanje betona. Broj moždanika zavisi, takođe, od trenja.
Promenu zapremine betona izaziva variranje temperature i vlažnosti.
Temperatura utiče na stvaranje napona zatezanja koji izazivaju pucanje betona. Vlažnost kod otvorenih spojnica izaziva smanjenje efikasnosti prenošenja opterećenja.
Na slici 4. je prikazan betonski kolovoz izložen smanjenju temperature.
Usled simetrije, oba kraja ploče teže da se pomere ka centru, ali podloga to sprečava. Između betonske ploče i podloge se javljaju naponi usled trenja. Količina trenja zavisi od relativnog pomeranja. U centru ploče pomeranja nema, ali je ono najveće na slobodnim krajevima.
Na osnovu definicije trenja:

$$F = W \cdot f$$

gde je:
F - podužna sila [N]
f - koeficijent trenja između ploče i podloge
W - normalna sila (masa ploče pomnožena sa gravitacionim ubrzanjem) [N]




Slika 4. Naponi usled trenja

Ako silu F izrazimo u vidu proizvoda napona σ i poprečnog preseka ploče A=d · Ly, a normalnu silu kao proizvod poprečnog preseka, dužine ploče i zapreminske mase betona, dobija se sledeći izraz:

$$\sigma \cdot d \cdot L_Y = \gamma_C \cdot d \cdot L_Y \cdot \frac{L}{2} \cdot f$$

gde je: d - debljina betonske ploče [m]
Ly - širina ploče [m]
L/2 - polovina dužine ploče [m]
$\gamma_C$- zapreminska masa betona [kg/m$^3$]
Sređivanjem prethodnog izraza se dobija:

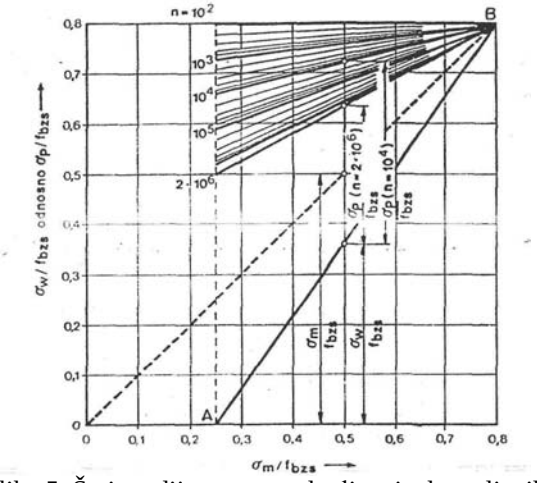
$$\sigma = \gamma_C \cdot \frac{L}{2} \cdot f$$

### 6.3. Dozvoljeni naponi u betonu

Kod betonske kolovozne konstrukcije dominantni kritični naponi nastaju pri savijanju betonske ploče pod delovanjem saobraćajnog opterećenja i uticaja okoline u planiranom vremenu eksploatacije.
Za određivanje dozvoljenih vrednosti napona na zatezanje u betonskoj ploči mora se uzeti u obzir zamor betona koji zavisi od ukupnog broja prelaza standardnog ekvivalentnog saobraćajnog opterećenja i nejednakog zagrevanja ploče.

Ukoliko nema saobraćajnog opterećenja i ukoliko na ploču deluje samo nejednako zagrevanje, dozvoljeni napon na zatezanje iznosi 0,8 od statičke zatežuće čvrstoće betona pri savijanju.
Ukoliko je betonska ploča izložena pored ovoga i uticaju saobraćajnog opterećenja, dozvoljeni napon opada sa brojem prelaza opterećenja od 0,8 do 0,5 statičke zatežuće čvrstoće pri savijanju.

Dozvoljeni naponi na zatezanje u betonskoj ploči pri savijanju, mogu se odrediti, takođe pomoću modifikovanog dijagrama prema Goodmanu, Smithu i dr.




Slika 5. Šmitov dijagram za određivanje dozvoljenih vrednosti napona zatezanja betona pri savijanju

Da ne bi došlo do pojave pukotina u betonskoj ploči Eisenmann predlaže, uz korišćenje Smithovog dijagrama sledeći kriterijum:

$$n \cdot \frac{\sigma_p}{f_{bzs}} \leq \frac{\sigma_{p\,doz}}{f_{bzs}}$$

Ako navedeni kriterijum prema datom izrazu nije zadovoljen mogu nastati pukotine u betonskoj ploči. U tom slučaju treba promeniti ulazne elemente za proračun (debljina ploče, kvalitet betona, kvalitet i debljina podložnih slojeva i drugo) i ponoviti proračun.

## 7. SPOJNICE

Radi skupljanja i istezanja usled temperaturnih promena, cementnobetonski kolovozi se dele podužnim i poprečnim spojnicama na cementno betonske kolovozne ploče kvadratnog oblika. Ukoliko je širina cementnobetonskog kolovoza veća od 4m, ona se deli do te veličine podužnim spojnicama i to:

- prividnim spojnicama ili
- pritisnutim (radnim) spojnicama.

Dužina nearmiranih betonskih kolovoznih ploča, koja ne sme biti veća od 25-struke debljine betonske ploče, a može iznositi do 6m, određuje se razmakom poprečnih spojnica koje mogu biti:

- prividne,
- prostorne,
- pritisnute

## 8. MOŽDANICI

Za prenošenje opterećenja i osiguranja visinskog položaja betonskih kolovoznih ploča, kod poprečnih spojnica, moraju se predvideti moždanici, a za sprečavanje razmicanja cementnobetonskih kolovoznih ploča kod podužnih spojnica kotve (sidra).

## 9. ZAKLJUČAK

Pomoću programa LCCA Express izvršena je uporedna analiza rešenja kolovozne konstrukcije za dva tipa, fleksibilnu i krutu kolovoznu konstrukciju. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključti da je predložena betonska kolovozna konstrukcija povoljnija od asfaltne, u pogledu ukupnih troškova tokom celog životnog ciklusa kolovozne konstrukcije.

## 10. LITERATURA

[1] A.Cvetanović, B.Banić, „Kolovozne konstrukcije“, Beograd, 2007.
[2] Privremena uputstva za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija, Jugoslovensko društvo za puteve, 1968.

**Kratka biografija:**



**Miroslav Čupić** rođen je u Novom Sadu 1986. godine. Dipomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo, smer Putevi i saobraćajnice odbranio je 2013.god.



**Nebojša Radović** rođen je u Beogradu 1962. Doktorirao je na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu 2006.godine, a od 2010. je docent na Fakultetu Tehničkih Nauka.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 626.86

# ODVODNJAVANJE SPECIJALNOG REZERVATA PRIRODE „ZASAVICA“

# DRAINAGE OF A SPECIAL RESERVE OF NATURE „ZASAVICA“

Ivana Lukić, Srđan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Zadatak ovog rada jeste da se odrede merodavne količine vode za odvodnju posebno kapa-citet nove pumpne stanice i režim njenog rada. Potrebno je izvršiti dimenzionisanje kanala Prekopac na merodavne količine vode, i izvršiti hidraulički pro-račun preko programskog paketa HEC-RAS. U radu je potrebno prikazati idejno rešenje nove pumpne stanice, dati tehnički opis, izvršiti potrebne proračune i izbor opreme.*

**Abstract -** *The aim of this work is the authoritative quantity for drainage, especially the capacity of the new pumping station and the regime of its work. Also, the sizing of the channel "Prekopac" will be done an authoritative amount of water, and the hydraulic calculation will be made through the programme packet HEC-RAS. This work requires showing pre-liminary design of the new pumping station (technical description, necessary calculations and equipment selection).*

**Ključne reči:** *odvodnjavanje, poljoprivreda, zaštita životne sredine, pumpna stanica*

## 1. UVOD

Postojeći sistem kanala na slivu Zasavice omogućio je da se u proteklom periodu mnoge površine, oslobo-đene suvišne vode, privedu kulturi. Ipak zahtevi Specijalnog rezervata prirode su sasvim druge prirode od one koje zahteva poljoprivredna proizvodnja. Iz tog razloga se analizira problem prevlažavanja zem-ljišta i njegovog odvodnjavanja, i za potrebe poljo-privredne proizvodnje i u interesu zaštite životne sre-dine. Analizom postojećeg stanja sistema kanala za odvodnjavanje na Zasavičkom slivu dat je predlog rekonstrukcije. Osnovni razlozi za rekonstrukciju sistema su:

-nedovoljan kapacitet postojeće crpne stanice “Modran”;
-prevelika površina za odvodnjavanje (12 307 ha);
-dužina glavnog kanala Modran (33 km):
-veći deo sistema je Specijalni rezervat prirode – sukobljavaju se interesi poljoprivredne proizvodnje i dela pod zaštitom SRP u smislu režima podzemnih voda.

Predlog je da se glavni kanal Modran kod stacionaže km 10+870 pregradi. Razlog izgradnje pregrade na stacionaži km 10+870 je da se Zasavički sliv podeli na gornji deo sliva, od Zasavice 1,2,3 i 4, koji bi se zajedno sa kanalom Jovača, Batar i Žurava, posebno odvodio prema novoj crpnoj stranici kod sela Ravnje.

Ostali deo sliva, u kome se nalazi pašnjak Valjevac, zajedno sa ostalim kanalima (Kojšanski, Mala Zasavica, Kotaruša i drugi) bi se gravitaciono odvodio do postojeće pumpne stanice “Modran”.

## 2. OPŠTI DEO

### 2.1 Opis područja

Zasavica - Specijalni rezervat prirode – nalazi se na području južne Vojvodine i severne Mačve, istočno od reke Drine i južno od reke Save, na teritoriji opština Sremska Mitrovica i Bogatić, između sela Cr-na Bara, Banovo Polje, Ravnje, Radenković, Zasavica I i II, Salaš Noćajski, Noćaj i Mačvanska Mitrovica. Kičmu rezervata čine vodena površina kanala Jovača i Prekopac, kanalisan i prirodni tok potoka Batar, kao i sama rečica Zasavica, koja je ustvari staro korito reke Save ukupne dužine 33 km. Na slici 1 prikazan je fotosnimak šireg područja SRP Zasavice.




Slika 1. *Aero-foto snimak šireg područja SRP Zasavice*

Da bi čitav svet bio očuvan reka Zasavica i njeno priobalje je na predlog Zavoda za zaštitu prirode Srbije stavljeno pod zaštitu Države 1997. godine, kao prirodno dobro i kategorije od izuzetnog značaja, koje zauzima provršinu od 671 ha. Zaštitna zona prostire se na površini od 1150 ha. Rezervatom upravlja Pok-ret gorana Sremske Mitrovice, prva nevladina organi-zacija u Srbiji koja je odlukom nadležnih organa dobila na staranje jedno zaštićeno prirodno dobro.

### 2.2 Raspoložive podloge, klimatski podaci i karakteristike sliva „Zasavica“

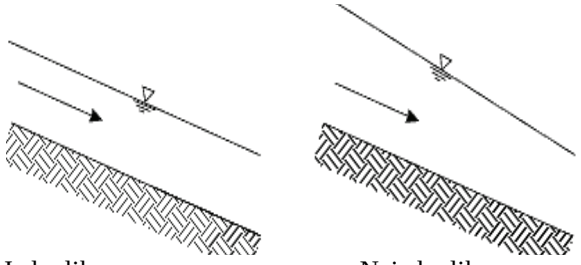
Iako je područje specijalnog rezervata prirode precizno definisano u prostoru (*Predlog za zaštitu prirodnog dobra Zasavica, kao specijalnog rezervata prirode, Zavod za zaštitu prirode Srbije, 1996.)*, kompleksnost rada sa stanovišta vodoprivredne problematike zahtevala je sveobuhvatniji pristup. To je razlog što je posmatrana i analizirana veća pro-storna jedinica od samog SRP Zasavica.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.**

Za izradu reprezentativne osnovne karte izučavanog područja, korišćene su sve dostupne geodetske podloge, kao i elementi dobijeni iz odgovarajuće tehničke dokumentacije.
Osnovni izvori podataka za obradu i prikaz klimatskih karakteristika Zasavičkog sliva bili su podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda (RHMZ).

### 2.3 Tečenje u otvorenim tokovima

U inženjerskoj praksi se tečenje u otvorenim tokovima razmatra s obzirom na promenu vodenog ogledala i promenu parametara toka (npr. brzine, du-bine, idt.) u vremenu. U zavisnosti od oblika linije vo-denog ogledala tečenje se deli na **jednoliko** i **ne-jednoliko**. U zavisnosti od promene parametara u vremenu razlikujemo **stacionarna** i **nestacionarna** tečenja sa postepenim promenama i nestacionarna tečenja sa naglim promenama. Na slici 2 je prikazana razlika između jednolikog i nejednolikog tečenja.



Jednoliko Nejednoliko

Slika 2. *Razlika između jednolikog i nejednolikog tečenja*

Osnovne jednačine kojima se rešavaju otvoreni tokovi su:jednačina kontinuiteta, dinamička i energetska je-dnačina. Da bi se odredila dubina u nekom preseku, pored ove tri jednačine potrebno je poznavati još i uz-vodne i nizvodne granične uslove, i način kako ti us-lovi utiču na traženi presek.

## 3. IDEJNO REŠENJE ODVODNJAVANJA ZASAVIČKOG SLIVA

### 3.1 Opis postojećeg stanja sistema kanala za odvodnjavanje

Kanal „Modran“ je glavni recipijent u Zasavičkom slivu i odvodnjava površinu od 12 307 ha, celom svojom dužinom od 33 km u sastavu specijalnog rezervata prirode. Recipijent je reka Sava u koju se voda iz Zasavičkog sliva preko pumpne stanice ili ustave „Modran“ ispušta u reku Savu. Pumpna stanica i ustava se nalaze u KO Mačvanska Mitrovica na km 31+250 nasipa, odnosno km 137+800 reke Save. Kapacitet pumpne stanice “Modran” je 6 $m^3$/s, i ona nije u stanju da evakuiše potrebne količine vode sa sliva Zasavice koje su proračunom u radu iznosile 10,522 $m^3$/s.
U radu preuzet je hidromodul odvodnjavanja iz ba-chelor rada “Odvodnjavanje Specijalnog rezervata prirode Zasavica”, koji je analiziran za period od 1982/83 do 2011/12 godine (30 godina), i izvršen je bilans padavina i ETP za područje sliva Zasavice. Ukupne potrebne količine vode za odvodnjavanje sa područja Zasavičkog sliva sračunate su na bazi hidromodula od 0,78 l/s ha.

### 3.2 Predlog novog rešenja odvodnjavanja Zasavičkog sliva

U ovom radu dat je predlog rekonstrukcije postojećeg sistema, tako da je glavni kanal Modran kod stacionaže km 10+870 pregrađen i na tom mestu izgrađena pregrada. Gornji deo sliva, od Zasavice 1,2,3 i 4, zajedno sa kanalom Jovača, Batar i Žurava, se posebno odvodi prema novoj pumpnoj stranici kod sela Ravnje. Glavni kanal koji prima svu tu suvišnu vodu i odvodi prema novoj pumpnoj stanici je kanal Prekopac. Ostali deo sliva, u kome se nalazi pašnjak Valjevac, zajedno sa ostalim kanalima ( Kojšanski, Mala Zasavica, Kotaruša i drugi..) se gravitaciono odvodi do postojeće pumpne stanice “Modran”.

U nastavku je dato idejno rešenje nove pumpne stanice, koja će povećati kapacitet postojeće pumpne stanice “Modran”, i time omogućiti efikasno odvođenje sakupljene suvišne vode sa Zasavičkog sliva u recipijent tj. reku Savu.

### 3.3 Izbor i proračuni

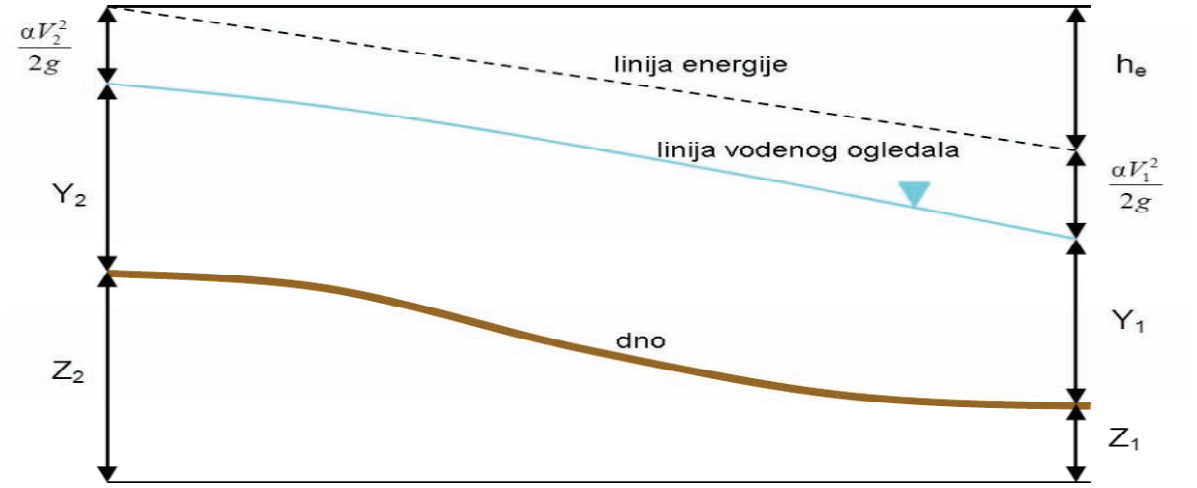
U radu je izvršen proračun slivnih površina sa količinama vode za odvodnjavanje, kao i količine procednih voda za kanale čije trase idu približno pa-ralelno sa trasom odbrambenog nasipa, za sve kanale na Zasavičkom slivu.
Hidrauličkim proračunom, preko Šezi-Maningove jednačine, određene su nove dimenzije kanala Pre-kopac i Modran, koji su u stanju da prime, sada nove količine vode za odvodnju.
U programu HEC-RAS kreiran je hidraulički model glavnog kanala Prekopac, na sistemu za odvod-njavanje Zasavica i u njemu je izvršen hidraulički proračun tečenja za stacionarno nejednoliko struja-nje. Bernulijeva jednačina (jednačina energije) može se izraziti kao:

$E_1 = E_2 + E_{izg,1\text{-}2}$

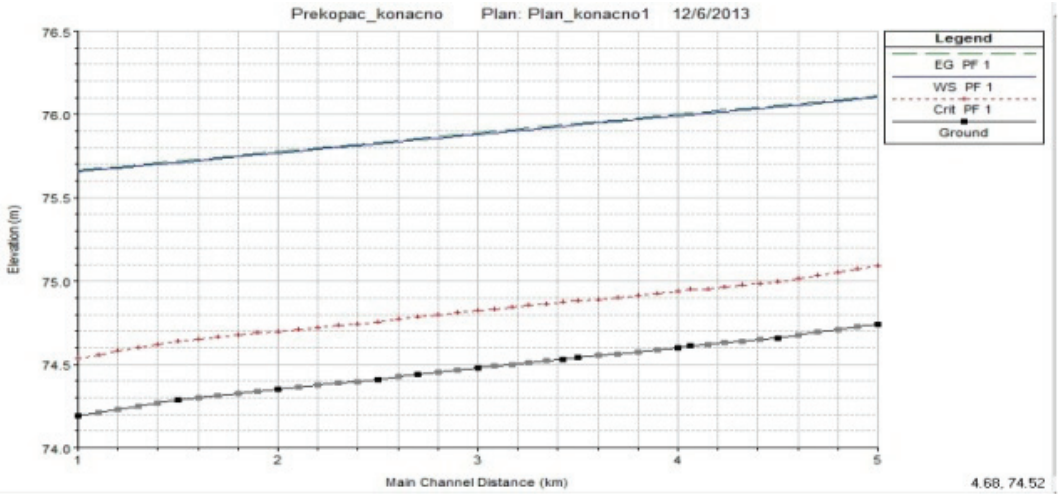
$E = \Pi + \frac{\alpha v^2}{2g}$, odnosno jednačina se može prikazati kao:

$$z_1 + \frac{P1}{\rho g} + \frac{\alpha v1^2}{2g} = z_2 + \frac{P2}{\rho g} + \frac{\alpha v2^2}{2g} + h_w$$

gde su $\Pi$-potencijalna energija usled visinskog položaja ($z_1$), i delovanja pritiska ($\frac{Pi}{\rho g}$), $V_i$ – srednja profilska brzi-na u poprečnom preseku, $h_w$ ($\Delta Ei_{zg,1\text{-}2}$) iznos energy-je, koja se po jedinici težine gubi za mehaničku ener-giju kroz rad površinskih sila, $\alpha v^2/2g$ brzinska visina koja predstavlja kinetičku energiju tečnosti jedinične težine.
Na slici 3 dat je grafički prikaz elemenata koji figuriraju u jednačini energije.
Kao početni prikaz rezultata analize ustaljenog režima tečenja biraju se linije nivoa, energija i dna korita, kao i kritična dubina. Na slici 4 su prikazane linije nivoa za glavni kanal Prekopac. Iz profila, sa slike 4, vidi se da se linija energije poklapa sa linijom nivoa, i da su paralelne sa linijom dna korita. Ni u jednoj deonici kanala linija nivoa se ne pri-bližava kritičnoj dubini, što bi ukazivalo na buran re-žim, tako da program nije imao poteškoća da odredi vrednost mirnog režima tečenja.




Slika 3. *Prikaz elemenata koji figurišu u jednačini energije*




Slika 4. *Linija nivoa, linija dna kanala, energetska linija i kritična dubina za kanal Prekopac*

Cilj hidrauličkog proračuna kanala Prekopac, preko programa Hec-Ras (stacionarni režim tečenja, od-nosno ustaljenog nejednolikog tečenja) je da se doka-že, da uslovi tečenja koji se odvijaju u kanalu Preko-pac, su u mirnom režimu, što je i dokazano.

Tokom eksploatacije zbog različitih uticaja pojedinih klimatskih, bioloških, eksploatacionih i drugih faktora, kanali gube planirane sposobnosti (smanjuje se propusna i prijemna moć), što može prouzrokovati različite nepravilnosti u funkcionisanju sistema i povećati troškove eksploatacije.

### 3.4 Idejno rešenje pumpne stanice "Ravnje"

Ovaj deo rada sadrži sledeće celine:

- tehnički opis nove pumpne stanice „Ravnje" odnosno izbor hidromašinske i ostale mašinske opreme ( pumpni agregati, cevovodi i armature, instalacija za merenje protoka, oprema unutrašnjeg transporta ), tehnologiju rada CS Ravnje;
- izbor tipa, i završni proračuni ( hidraulički proračun, izbor pumpi, određivanje optimalnog prečnika cevovoda, analiza otpornosti na hidraulički udar );
- grafičke priloge.

U radu se usvajaju tri pumpe, na primer proizvođača "Jastrebac" iz Niša, i to: tri agregata tipa 8.50 ZPP-87 kapaciteta Q = 2,5 $m^3/s$, koje pogone elektromotori snage od po 180 kW, nominalne brzine obrtanja n=375 $min^{-1}$.

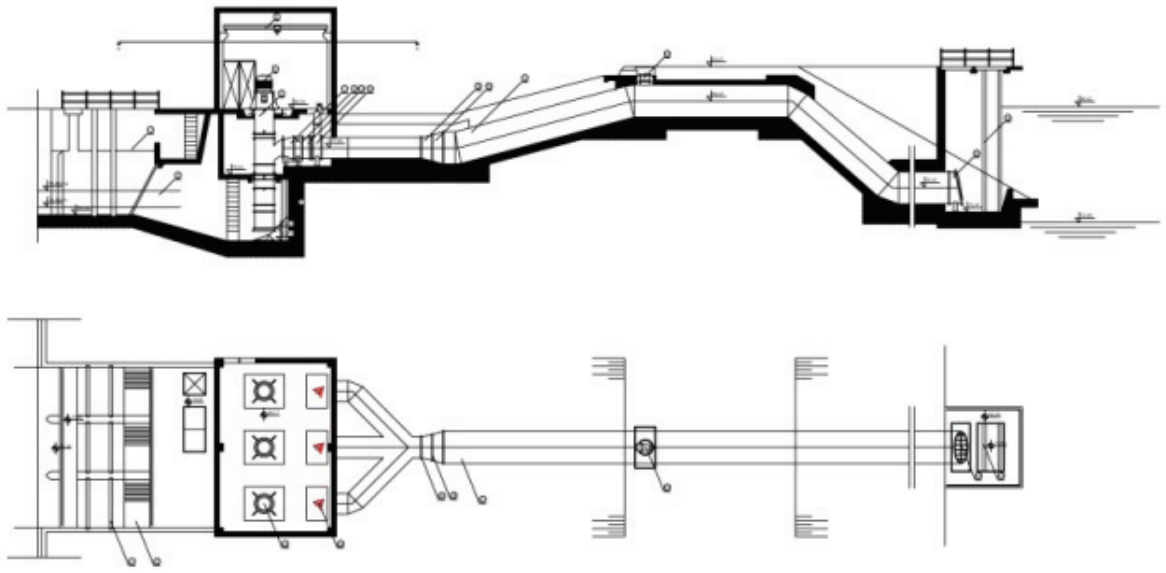
U pumpnoj stanici je predviđena ugradnja klapni, leptirastih zatvarača i montažno-demontažnih komada. Konstrukcija klapni je takva da ublaži opasnost od hidrauličkog udara prilikom ispada pumpi iz pogona. Pumpe su sa podešavajućim lopaticama radnog kola, koje takođe ublažavaju opasnost od hidrauličkog udara.

Na potisnom cevovodu je predviđena ugradnja ventila koji ima funkciju otklanjanja vazduha iz cevovoda pri uključivanju pumpi u rad sistema i upuštanja vazduha za slučaj prekida rada pumpi. Time se sprečavaju neželjene posledice podpritiska.

Na slici 5 je prikazana osnova pumpne stanice i podužni presek potisnog cevovoda, sa usvojenim armaturama.

Pumpe ispunjavaju uslov zahtevanog maksimalnog protoka od 7,5 $m^3/s$ pri maximalnoj naporu od 5,5m.

Pri radu sve tri pumpe i ostvarenom maksimalnom naporu od 5,5 m, i maksimalnom protoku od 7500 l/s, pumpe rade sa stepenom korisnosti od oko 85,5 % i snagom na vratilu (energija koju pumpa dobija od motora u jedinici vremena) od oko 160 kW.



Slika 5. *Osnova pumpne stanice "Ravnje" sa podužnim presekom potisnog cevovoda*

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je predlog rekonstrukcije siste-ma kanala za odvodnjavanje na Zasavičkom slivu, i dato je idejno rešenje nove pumpne stanice “Ravnje”.
Hidrauličkim proračunom, preko Šezi-Maningove je-dnačine, određene su nove dimenzije kanala Prekopac i Modran, koji su u stanju da prime, sada nove koli-čine vode za odvodnju. U radu usvojen je trapezni poprečni presek**,** nagiba kosina 1:1,5, Maning -ov koeficijent za zemljane kanale iskopane bagerom iznosi n=0,03 s $m^{-1/3}$.
U programu HEC-RAS kreiran je hidraulički model glavnog kanala Prekopac, na sistemu za odvodnja-vanje Zasavica, i u njemu je izvršen hidraulički prora-čun za stacionarno – nejednoliko tečenje. Dobijeni nivoi energije, vodenog ogledala, i dna kanala su pa-ralelni, Frudov broj je manji od 1, što ukazuje da uslovi tečenja koji se odvijaju u kanalu Prekopac, su u mirnom režimu.
Nakon izgradnje sistema za odvodnjavanje određene mere se moraju preduzeti da bi sistem funkcionisao na zadovoljavajući način u višegodišnjem periodu. Potrebno je da postoji odgovarajući plan eksploatacije i održavanja sistema. Organizacija koja upravlja sistemom za odvodnjavanje treba da poseduje pro-jektnu dokumentaciju sa tačnim i preciznim podacima o svim komponentama sistema.

## 5. LITERATURA


[1]Srđan Kolaković, Slaviša Trajković : *Hidrotehničke melioracije - Odvodnjavanje,* Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš 2006. god.;
[2]Dimitrije Avakumović : *Hidrotehničke melioracije – Odvodnjavanje,* građevinska knjiga;
[3] Dušan Prodanović: *Mehanika fluida*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2007 god. ;
[4]„Studija uređenja vodnog režima specijalnog rezervata prirode Zasavica, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ Beograd, 2011. god.;


**Kratka biografija:**



**Ivana Lukić**, rođena je u Šapcu 1988 god. Jula 2012. Diplomirala osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih Nauka, u Novom Sadu na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju. Master rad na Departmanu za hidrotehniku i geodeziju iz oblasti – Hidrotehničke melioracije - odvodnjavanje odbranila je u decembru 2013.god.



.Na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu kao nastavnik predaje predme-te *"Osnove hidromehanike i hidrotehnike", „Hidrotehnika“ i „Hidrotehničke melioracije“* na Departmanu za građevinarstvo i „*Osnove zaštite voda*“ na Depar-tmanu za inženjerstvo zaštite život-ne sredine. Tokom 2004.god. po-stavlja studijsku grupu za Hidro-tehniku na Departmanu za građe-vinarstvo.Mentor je na preko 130 diplomskih radova, na pet magistar-skih i tri doktorske disertacije.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.041

# ПРОЦЕНА СТАЊА, ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА И РЕКОНСТРУКЦИЈА ДЕЧЈЕГ ВРТИЋА ''БАМБИ'' У БАЧКОЈ ПАЛАНЦИ

# ASSESSMENT, ENERGY REHABILITATION AND RECONSTRUCTION OF THE KINDERGARTEN „BAMBI“ IN BAČKA PALANKA

Бојана Бошковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај –** *У овом раду приказана је процена стања, енергетска санација и реконструкција објекта- вртића "Бамби" у Бачкој Паланци. У првом делу рада приказани су резултати детаљаног визуелног прегледа објекта и дата је оцена стања са аспекта носивости, стабилности и трајности. Закључено је да је главни узрок напуштања овог објекта прокишњавање због лоше формираних nagiba кровних равни, па је урађена реконструкција кровне конструкције. Ради обезбеђења толотног комфора и смањења потрошње енергије за грејање, урађена је енергетска санација елемената термичког омотача. Потом је формиран просторни модел (реконструисаног објекта), спроведена је статичка и динамичка анализа са провером напона у стубовима и тлу и предложене су мере санације.*

**Abstract** – *This paper presents an assessment, energy rehabilitation and reconstruction of the kindergarten “Bambi” in Bačka Palanka. The first part of this paper presents the results of detailed visual inspection of the building, and the assessment was made in terms of carrying capacity, stability and durability. It was concluded that the main reason for leaving this building was the leaking due to poorly formed roof slants. Because of that, the reconstruction of the roof is proposed. In order to provide thermal comfort and reduction of energy consumption for heating, the energy rehabilitation of elements of thermal envelope was done. After that a spatial model of the reconstructed object is formed and static and dynamic analysis to check stresses in columns and in soil was performed and repair measures have been proposed.*

**Кључне речи:** *процена стања, емергетска санација, реконструкција.*

## 1. УВОД

Рад се састоји од две међусобно независне целине, теоријског и стручног дела. Теоријски део рада представља истраживачки део са темом ,,Куће од балиране сламе’’, а стручни део је везан за процену стања, енергетску санацију и реконструкцију објекта-вртића "Бамби" у Бачкој Паланци.

**НАПОМЕНА:**
**Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је била проф. др Мирјана Малешев.**

## 2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО - КУЋЕ ОД БАЛИРАНЕ СЛАМЕ

### 2.1. Увод

Србија има веома повољне природне услове за разноврсну пољопривредну производњу. Годишње се у Србији посеје око 480000ха пшенице и произведе огромна количина сламе, која веома често буде спаљена на њивама, што представља велики еколошки проблем. Слама се у свету, а последњих година и код нас користи како у енергетици тако и у грађевинарству. Слама је обновљим материјал који се може производити и узгајати сваке године. Енергија потребна за производњу овог материјала, долази од Сунца, које је, такође, обновљив извор енергије. Једна од водећих предности оваквог начина градње је чињеница да ће оваква кућа бити грађена од материјала који је генерално схваћен као нуспроизвод и био би спаљен на њивама, чиме би се загадила атмосфера и уништило земљиште.

### 2.2. Историја

Грађевине од бала пресоване сламе први пут су изграђене крајем 19-ог века у САД-у (држава Небраска), у време када су пројектоване прве машине за пресовање сламе. У Великој Британији прва кућа од сламе је изграђена 1994. године. Данас се широм света изгради отприлике 1000 оваквих кућа годишње.

### 2.3. Методе грађења балама сламе

Главне разлике грађења објеката од бала сламе у односу на грађење објеката од савремених материјала огледа се у дужини темеља, грађењу зидова и типу малтера. Сви други аспекти - увођење водоводних цеви, електричних инсталација и покривање крова - углавном су исти.
Основне методе градње балама сламе су следеће:

1. Метода носећих зидова - Небраска метода.
2. Метода лаганих конструкцијских оквира са носећим зидовима.
3. Метода попуњавања, метода дрвеног оквира, метода балвана и стубова.
4. Метода зидања (са балама сламе).

### 2.4. Темељи

Темељ не би требало да буде шири од бала сламе, јер би се тада омогућило задржавање воде на њима**.** Ширина би требала да буде око 350мм.

Врсте темеља:

1. Дрвена подна решетка са камењем
2. Једноставан темељ од бетонских блокова
3. Стубни темељи
4. Темељи од бетона ливеног у калуп
5. Темељи од аутомобилских гума напуњених набијеном земљом.

### 2.5. Кров

Конструкција крова се битније не разликује од кровних кострукција осталих врста грађевина. Потребно обезбедити добар кровни покривач и велике надстрешнице (ширине око 500mm) као заштиту од временских непогода.

### 2.6. Електричне и водоводне инсталације

Електрични каблови се постављају у пластичне цеви, које могу бити укопане у сламу или омалтерисане. Водоводне цеви би требало постављати у зидове који нису од сламе. Уколико су цеви за водовод металне и пролазе кроз сламене зидове, треба их поставити у пластичне цеви већег пречника, да би се спречило влажење сламе због конденза.

### 2.7. Малтерисање и фасада

Најбоље обраде сламених зидова су оне које омогућавају ''дисање'' зидова:
- малтерисање - малтер базиран на кречу или глинени малтер,
- бојање - гашени креч или природне боје.

### 2.8. Закључак

Упркос присуству великог броја предрасуда овакав вид градње заслужује широку примену у грађевинарству због низа предности, као што су:
- брза и лака градња
- уштеда енергије
- противпожарна сигурност
- сигурност при земљотресу
- употреба материјала који се третира као отпад
- знатно мања бука приликом изградње
- висока звучна и топлотна изолација.

Ипак и поред низа предности у нашој земљи недостају стручњаци за овакав вид градње, али евидентан је и проблем око добијања грађевинских дозвола. Сумирајући све наведене предности и мане оваквог начина градње, може се закључити да куће од балиране сламе пружају удобано и здраво становање.

## 3. СТРУЧНИ ДЕО

### 3.1 Технички опис конструкције

Дечји вртић „Бамби“ је изграђен 80-их година XX века, а пројектовао га је Р.О."Комуналпројект" – ООУР-у "План" из Бачке Паланке за потребе ВОО "Младост" из Бачке Паланке. Објекат се налази у Бачкој Паланци, лоциран у јужном делу "Блока 3" (блок "Синај"), омеђеног улицама: Партизанском, са западане, Марије Бурсаћ, са источне и Вука Караџића са јужне стране. Поменути блок је у ранијем периоду био природни реципијент, али је у међувремену засут на коту цца 81.30. (Слика 1).



Слика 1. - *Изглед дечјег вртића „Бамби“*

Објекат је пројектован за потребе целодневног боравка 20 – 25 предшколске деце. Објекат је приземни и у садржајном смислу поседује 4 радне собе са терасама. кухињу са великом трпезаријом, салу за фискултуру, просторне ходнике, пратеће просторије за особље као и котларницу са оставом за гориво.

### 3.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем је скелетни и чине га стубови димензија 30x30cm и 30x60cm и праве и косе греде. Међусобни растер стубова се разликује у два управна правца. Димензије греда се разликују по позицијама. Кровна плоча полумонтажна ситноребраста таваница формирана од ТМ5 и ТМ3 блокова. Изнад трпезарије и фискултурне сале, због већег распона постављени су челични "R" носач са "змијом" од Ø20. Фундирање објекта је извршено на армирано-бетонским темељним стопама самцима постављеним испод стубова, а испод зидова постављене су темељне греде. На појединим местима су постављене и затеге. Темељи самци су висине 70,0cm, док се димензије у основи разликују у зависности од димензија и позиције стубова. Испод темеља изведен је тампон слој шљунка дебљине 50,0cm. Фундирање је извршено на коти од – 1.50 м од коте терена.

### 3.3. Процена стања

Визуелни преглед је обављен са спољашње и унутрашње стране објекта. На сликама 2 и 3 дат је приказ карактеристичних оштећења објекта.



Слика 2. – *Раздвајање зида и стуба услед слегања тла, унутрашњост објекта*

На основу макроскопског прегледа конструкције, утврђени су следећи дефекти:



Слика 3. – *Одвајање, љускање и отпадање завршног премаза, биолошка корозија услед продора атмосферилија*

Бетонско гнездо - недовољно компактиран бетон

- Одваљивање заштитног слоја бетона приликом скидања оплате
- Исцуривање цементног млека
- Шупљикавост површине бетона
- Недовољна дебљина заштитног слоја.

Као највећи дефект у фази пројектовања и извођења издваја се неправилно решена кровна раван, услед кога је дошло до великих оштећења на објекту.

На конструкцији су уочена следећа оштећења:

- Ерозија бетона услед сливања воде
- Одвајање, дробљење и отпадање малтера
- Одвајање, љускање и отпадање завршног премаза
- Дробљење површинског слоја бетона
- Корозија арматура
- Биолошка корозија
- Труљење дрвених гредица услед продора атмосферилија
- Пукотине и прслине
- Оштећења опеке
- Прекинуте громобранске и олучне инсталације

На основу макроскопског прегледа конструкције утврђено је да су највећа оштећења на конструкцији изазвана лоше пројектованом и изведеном кровном конструкцијом, као и диференцијалним слегањем темеља. Посматрајући конструкцију у целини, закључено је да је угрожена стабилност појединих елемената, да је значајно смањена трајност готово свих елемената конструкције, а функционалност објекта је, због специфичности намене објекта већ у ранијем периоду била угрожена, тако да се објекат већ дужи период не користи. У циљу враћања објекта првобитној намени, потребно је предвидети низ конструкцијских и неконструкцијских санационих радова, као што су реконструкција крова, термичка санација објекта, замена темељне конструкције и ојачање појединих елемената носеће конструкције.

### 3.4 Реконструкција крова

Реконструкција крова се односи на промену правца нагиба кровних равни. Нагиб кровних равни остаје непромењен и износи $12^o$ и $13^o$. На местима, на којима се мења правац нагиба кровних равни, уклоњене су старе греде, промењена је висина стубова, изведени су нови рамови (стубови и греде) и усвојене су нове кровне плоче, изведене од Ytong елемената.

### 3.5 Енергетска санација

Енергетска санација се односи на увођење нових термоизолационих слојева на кровним плочама, подним плочама и спољашњим зидовима. Дебљина ових слојева је одређена на основу критеријума из Правилника о енергетској ефикасности зграда *("Службени гласник РС" бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10-УС и 24/11).*

## 4. ПРОРАЧУН И МОДЕЛИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НАКОН РЕКОНСТРУКЦИЈЕ КРОВА И ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ

Конструкција објекта моделирана је у софтверском пакету *Tower 6.0.* Исти модел коришћен је и за статички и динамички прорачун, као и за потребе димензионисања конструкцијских елемената. Кровне ТМ и Ytong плоче су моделиране као плоче које носе у једном правцу и дефинисане су као површински елементи. Челични "R" носачи, греде и стубови су моделирани као линијски елементи. Објекат се ослања површинским ослонцем на тло, испод темеља самаца (површински елементи, плоче које носе у оба правца) и линијским ослонцем испод темељних греда (линијски елементи). За моделирање тла коришћен је Винклеров модел. Након аплицирања оптерећења, уочено је да су прекорачене вредности дозвољених напона у појединим штаповима челичног ''R'' носача и у тлу. Постављањем додатних челичних ''R'' носача и извођењем темељне плоче испод темеља самаца и темељних греда добијене су вредности максималних напона у границама дозвољених.

### 4.1 Моделирање након ојачања постојеће конструкције

Након формирања модела и аплицирања оптерећења, спроводено је и димензионисање елемената. Уочена је потреба за додатном арматуром у одређеном броју стубова, греда и темеља самаца.

## 5. САНАЦИОНИ РАДОВИ

Санација оштећења и дефеката бетонских елемената обухвата:

- Машинско уклањање свих “лабавих” места у бетону, зоне сегрегације и бет. гнезда
- Чишћење кородирале арматуре методом сувог пескарења.
- Пескарење бетонских површина које су захваћене биолошком корозијом.
- Попуњавање формираних удубљења са репаратурним бетоном или малтером.
- Премазивање бетонске површине реп. малтером.

Санација оштећења и дефеката зидова подразумева:

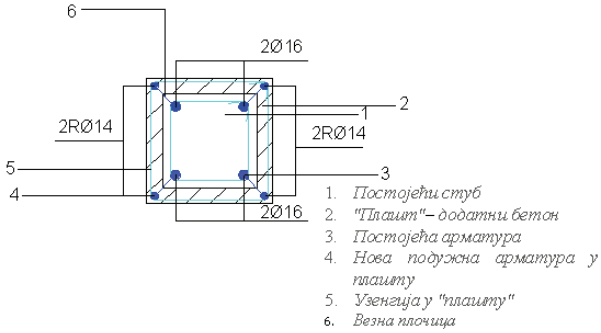
- Уклањање малтерског слоја влажних и испуцалих зидова,
- Инјектирање прслина и пукотина ширине до 10mm,
- Презиђивање испуцалог дела зида на местима где се јављају пукотине веће од 10mm.

Принцип повезивања нових стубова са постојећим темељима састоји се у уграђивању металних анкера у претходно избушене рупе у постојећој темељној

стопи. Код оваквог система анкеровања атхезија се остварује помоћу материјала за заливање или инјектирање на бази епоксида. Као анкери у овом случају ће се користити арматурне шипке. Принцип анкеровања састоји се од следећих фаза:

- Бушење рупа пречника који је за 2mm већи од пречника арматуре и дубине која одговара дубини сидрења
- Чишћење рупа одговарајућим четкама
- Обеспрашивање помоћу компримованог ваздуха
- Наливање – инјектирање масе за остваривање прионљивости у припремљене рупе
- Уграђивање анкера
- Постављање пројектоване арматуре нових стубова
- Повезивање анкера и нове арматуре преклапањем
- Бетонирање новог елемента конструкције у претходно припремљеној оплати четворофракцијским бетоном МБ30.

Санација АБ стубова и греда извршиће се ојачањем основног пресека новим бетонским „плаштом'' и уграђивањем додатне арматуре одговарајућег пречника према потреби. Око стубова на којима је потребно извршити ојачање оформиће се АБ омотач одговарајуће дебљине и у њега ће се сместити нова арматура и узенгије. Повезивање постојеће и нове арматуре у АБ „плашту'' остариће се заваривањем челичних плочица дебљине 6mm и висине 100mm (слика 4). Санација гредних елемената, којима је потребно додати нове узенгије, ће се обавити постављањем карбонских тканина на одређеној дужини.




Слика 4. *–Извођење АБ "плашта" ради ојачања стуба*

Извођене нове темељне плоче се састоји из две фазе:

- Извођење темељне плоче испод темеља самаца и темељних греда ( извођење у више подфаза)
- Извођене темељне плоче у пољима.

## 6. ЗАКЉУЧАК

На основу макроскопског прегледа дечјег вртића "Бамби" у Бачкој Паланци утврђено је да су највећа оштећења на конструкцији изазвана лоше пројектованом и изведеном кровном конструкцијом и диференцијалним слегањем темеља. Детаљном анализом је утврђено да је поменутом објекту угрожена стабилност појединих елемената, функционалност и значајно смањена трајност, те да се из тих разлога мора извршити низ санационих мера, како би се објекат вратио у функционално стање.

Треба истаћи да је санација објеката веома скуп и захтеван посао, што упућује на то да се посебна пажња треба посветити како правилном пројектовању, тако и редовном одржавању објекта.

## 7. ЛИТЕРАТУРА


[1] М. Малешев, В. Радоњанин: Скрипта са предавања Процена стања и одржавање грађевинских објеката, Факултет техничких наука, Нови Сад.

[2] М. Малешев, В. Радоњанин: Скрипта са предавања Оштећења и санација зиданих конструкција, Факултет техничких наука, Нови Сад.

[3] М.Малешев, В.Радоњанин: Скрипта са предавања Услови грађевинске физике, Инжењерска комора Србије, Београд

[4] Група аутора: Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС:061/2011

[5] З. Брујић: Скрипта са предавања Бетонске конструкције, Факултет техничких наука, Нови Сад.

[6] Збирка српских правилника и стандарда за грађевинске конструкције

[7] Ж. Радосављевић, Д. Бајић: *Армирани бетон, Елементи армирано-бетонских конструкција*, Грађевинска књига, Београд, 2004.

[8] С. Стевановић: *Фундирање I*, научна књига, Београд, 1989.

[9] Група аутора: Еврокод 8: Прорачун сеизмичких отпорних конструкција део 1, Београд, Новембар 2009.

[10] Група аутора:Бетон и армирани бетон, Књига 1, Завод за графичку технику Технолошко-металуршки факултет, Београд, 2000

[11] Група аутора: Бетон и армирани бетон, Књига 2, Завод за графичку технику Технолошко-металуршки факултет, Београд, 2000

[12] B.Jones (Б.Џонс): *Приручник за градњу кућа од бала сламе*, Data Art+Studio, Мурско Средишће, 2006

[13] Интернет адресе:

http://srb.sika.com/
http://www.knauf.rs/
http://www.knaufinsulation.rs/
www.ytong.com/
www.ecokuce.com,
www.zivotnasredina.com
www.h-alter.org-ekologija
www.atma.hr


**Кратка биографија:**



**Бојана Бошковић,** рођена је у Бачкој Паланци 1988. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарство – Модул конструкције – Процена стања и санација конструкција, одбранила је у 2013.год.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 624.01**

# IZBOR GLAVNOG KROVNOG NOSAČA PRI PLANIRANJU IZGRADNJE MONTAŽNE HALE

# THE SELECTION OF THE ROOF GIRDER WHILE PLANNING THE CONSTRUCTION OF ASSEMBLY HALL

Marija Nikolić, Jasmina Dražić, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

***Kratak sadržaj –*** *Cilj rada jeste planiranje izgradnje montažne hale sa izborom optimalnog tipa glavnog krovnog nosača. Primenom metode višekriterijumske optimizacije, na osnovu količina materijala (beton, čelik), troškova, roka montaže i pogodnosti elemenata za montažu, izabrana je optimalna varijanta.*

**Abstract** – *The aim of the paper is planning the construction of assembly hall with a selection of the optimal type of main roof girder. The optimal variant is chosen by applying the multi-criteria optimization method, based on the amount of materials (concrete, steel), cost, date of assembly and suitability of assembly element.*

**Ključne reči:** *glavni krovni nosač, varijante, kriterijumi, višekriterijumska optimizacija, planiranje, izgradnja*

## 1. UVOD

U radu je razmatran problem izbora optimalnog tipa glavnog krovnog nosača montažne hale. Odluka o izboru tipa glavnog nosača proistekla je iz činjenice da ovi elementi, po količini materijala i rada imaju veliko učešće u ukupnim resursima konstrukcije, utroščima i troškovima, pa se adekvatnim izborom tipa glavnog nosača može značajno uticati na troškove izgradnje objekta. Analizom montažnih radova uočen je uticaj tipa nosača na tok i dinamiku montaže. Definisan je kvalitativni pokazatelj, montažnost elementa i uvršten takođe, u postupak vrednovanja glavnog krovnog nosača. Optimalna varijanta nosača za montažnu halu - skladište sa aneksom na lokaciji u Medveđi, izabrana je metodom višekriterijumske optimizacije. Za usvojenu varijantu glavnog nosača planirana je izgradnja objekta.

## 2. OPIS OBJEKTA

Na lokaciji Medveđa kod Trstenika, predviđena je izgradnja industrijskog objekta za snabdevanje suvom građom proizvodnog pogona nameštaja. Objekat je podeljen po funkcionalnim celinama: polje 12x16m - magacinski prostor u funkciji sušara, polje 12x12m - dve komore za sušenje građe i komunikacije i polje 8x12m - dve komore za sušenje građe. Objekt je prizeman, ukupne površine 768m². Najniža korisna visina objekta do međuspratne konstrukcije je na koti +4,00m.

Konstrukcija objekta je projektovana kao montažna od armirano betonskih elemenata, stubova i temeljnih greda.

U radu su varirani tipovi glavnog krovnog nosača, nosači od armiranog betona i čelika. Iznad sušara je polumontažna međuspratna konstrukcija tipa »FERT« sa malterisanjem plafona cementnim malterom do crnog sjaja.

Fundiranje, na dubini od 1.0 m od kote poda, izvedeno je na temeljima samcima. Temelji ispod nosećih stubova su dimenzija 200/150cm, a ispod kalkanskih stubova 160/160cm. Svi temelji su visine 40cm, izrađeni od betona MB30 i armirani sa rebrastom armaturom RA 400/500. Geomehaničke karakteristike tla nisu poznate, pa je usvojen dopušteni napon u tlu od $\sigma doz = 200$ kN/m².

U podužnim i poprečnim ramovima je predviđena izrada zidanog zida od blokova debljine 25cm. Zid od blokova je celom visinom hale i ima ulogu zida za ukrućenje hale. Svi horizontalni i vertikalni serklaži i nadvratnici se izvode od betona MB20 i armiraju armaturom RA 400/500. Horizontalni serklaži su visine 20cm, širine prema širini zida, armirani sa ±2Ø12 i uzengijama UØ6/25. Vertikalni serklaži po dimenzijama odgovaraju širini zida i armiraju se sa 4Ø12 i UØ6/25. Svi nadvratnici se rade visine 20cm, širine zidova u kojima se izvode, armirani su sa ± 2Ø10 i UØ6/25 i oslonjeni su na zidove najmanje 20cm.

## 3. TEHNOLOGIJA IZGRADNJE

Izgradnja objekta je predviđena na ravnom, čistom terenu, a počinje pripremom gradilišta i obeležavanjem objekta.

Zemljani radovi obuhvataju raščišćavanje terena, skidanje humusa i mašinski iskop zemlje za temelje samce. Deo iskopane zemlje koji će se kasnije koristi se deponuje na gradilištu, dok se višak zemlje transportuje na deponiju van gradilišta. Ispod temelja samca potrebno je izvesti tampon sloj od šljunka debljine 30cm, zbijenosti $Ms \geq 3.0$kN/cm².

Montažni armiranobetonski elementi izrađuju se u posebnim pogonima za prefabrikaciju i proizvedeni su po važećim standardima uz kontrolu kvaliteta [1]. Za transport montažnih elemenata usvojen je drumski saobraćaj kamionima, imajući u vidu udaljenost gradilišta od pogona za prefabrikaciju elemenata i kvaliteta saobraćajne infrastrukture. Završetkom montaže uglavnom se završava i monolitizacija spojeva, ako je proteklo dovoljno vremena za očvršćavanje međusobnih veza.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jasmina Dražić, vanr. prof.**

Betonski elementi koji se izrađuju na licu mesta su: temelji samci, pod hale i serklaži. Izrada ovih elemenata uključuje sledeće aktivnosti: izradu i montažu oplate, dopremanje i montažu armature, demontažu oplate i negu betona. Beton se spravlja u fabrici betona, a do gradilišta se doprema automikserima zapremine od 6m³. Radi ugradljivosti pri spravljanju betona dodaje se aditiv za plastičnost betona.

Zidarski radovi podrazumevaju: spravljanje maltera, zidanje svih vrsta zidova i malterisanje zidova. Zidanje fasadnih zidova vrši se giter blokovima 19/25/19cm u produžnom cementnom malteru. Spravljanje maltera je na samom gradilištu, a podizanje maltera i blokova je ručno ili pomoću dizalice „vrapca“ u zavisnosti od visine zida.

Ostali radovi obuhvataju: ugradnju prozora i vrata, pokrivačke radove, izolaterske radove, limarske radove i bravarske radove instalacije vodovoda i kanalizacije, elektro instalacije, instalacije za grejanje i ventilacione instalacije. Ove radove potrebno je izvesti prema tehničkom opisu, predmeru radova i specifičnostima tehnologije obavljanja tih radova.

Prilikom izbora mehanizacije za izvršenje radova treba uzeti u obzir sve faktore koji utiču na izbor, a pre svega treba voditi računa o tome da svi predviđeni radovi budu završeni kvalitetno i u postavljenom roku. Mehanizacija koja je potrebna za izvršenje pojedinih radova može se podeliti u dve grupe:

- mehanizacija i oprema za direktno izvršenje radova (buldozer, utovarivač, bager, vibro-ploča, pervibrator...) i
- mehanizacija za transport (kamioni, dizalice...).

## 4. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE GLAVNOG KROVNOG NOSAČA

Direktan uticaj tipa nosača (oblik, dimenzije, materijal) na utrošak osnovnih resursa i planiranje dinamike izgradnje otvara problem izbora optimalnog rešenja. Glavni krovni nosač treba da zadovolji potrebu jednostavnosti izvođenja, da skrati vreme izgradnje i da da najbolje rešenje sa tehnološkog i ekonomskog aspekta.

### 4.1 Varijante glavnog krovnog nosača

Za izbor glavnog krovnog nosača u ovom radu analizirane su tri varijante:

• **TIP 1** - glavni nosač je AB rigla,
• **TIP 2** - glavni nosač je AB rešetkasti nosač i
• **TIP 3** - glavni nosač je čelični rešetkasti nosač.

**Varijanta sa glavnim nosačem tipa 1 – AB rigla**
Usvojeni tip glavnog nosača za prvo varijantno rešenje je armirano-betonska rigla iz proizvodnog programa GP „Vojvodina“ iz Novog Sada. Glavni krovni nosači GN 1 betonske rigle, su montažni armirano-betonski nosači T preseka, Raspona su 12m i postavljaju se na svakih 6.0m, a oslanjaju se na AB stubove u podužnim fasadama. U poprečnom preseku nosači su u slemenu visine 170cm, u rebru visine 40cm, a širine 20cm. Nad osloncima ovi nosači se završavaju pravougaonim presekom b/d=30/40cm.
Gornja ivica ovih nosača je pod uglom od 8° i ovaj nagib formira krovne ravni.

**Varijanta sa glavnim nosačem tipa 2 - AB rešetka**
Usvojeni tip glavnog nosača za drugo varijantno rešenje krovne konstrukcije je armirano-betonski rešetkasti nosač iz proizvodnog programa građevinskog preduzeća „Novotehna“ d.o.o. iz Novog Sada. Raspon usvojenog nosača je 12.0m, a ukupna visina 1.5m. Nosači se nalaze na međusobnom rastojanju od 6m. Dimenzije gornjeg pojasa nosača su b/d=40/40cm, a donjeg pojasa i vertikalnih štapova b/d=40/20cm.

**Varijanta sa glavnim nosačem tipa 3 – čelična rešetka**
Usvojeni tip glavnog nosača za treće varijantno rešenje je čelični rešetkasti nosač iz proizvodnog programa G.P. „Mikom d.o.o.“ iz Novog Sada. Čelična krovna rešetka oslonjena na AB montažne stubove je sistema proste grede u rasponu 12.0m. Razmak nosača iznosi 6.0m i odgovara rastojanju stubova na koje se oslanja. Oblik nosača prati nagib krovne ravni od 8°, kao i osnovno projektovano rešenje, a usvojena visina rešetke iznosi 1.2m. Konstrukcija rešetkastog nosača sastoji se od pojasnih štapova gornjeg i donjeg pojasa i štapova ispune koje čine vertikale i dijagonale. Za pojasne štapove su usvojeni hladno-oblikovani čelični kutijasti profili HOP 100x100x4mm, a za štapove ispune hladno-oblikovani čelični kutijasti profili HOP 50x50x3mm.

### 4.2 Kriterijumi optimizacije

Kriterijumi na osnovu kojih je izabrano optimalno rešenje za posmatrani objekat su tehno-ekonomskog karaktera, utrošak osnovnih resursa, materijala, rada i troškovi izgradnje. U postupak optimizacije uvršten je i kvalitativni pokazatelj, pogodnost nosača za montažu. Definisane kriterijumske funkcije su:

• f1- utrošak betona ($m^3/m^2$),
• f2- utrošak čelika ($kg/m^2$),
• f3- troškovi izrade, transporta i montaže (€/$m^2$),
• f4 - rok montaže konstrukcije (dana),
• f5 – montažnost nosača (rang).

### 4.3 Uporedna analiza rezultata i izbor optimalnog rešenja

Na bazi statičkih proračuna krovne konstrukcije i adekvatnih normativa dobijene su količine materijala potrebne za izradu glavnog krovnog nosača za sva tri varijantna rešenja. Troškovi izrade, transporta i montaže formirani su na osnovu podataka dobijenih od pomenutih građevinskih preduzeća koja su specijalizovana za prefabrikaciju elemenata konstrukcije. Podaci o vremenskom trajanju montaže pojedinih elemenata takođe su dobijeni na osnovu iskustvenih normativa ovih preduzeća, koja pored prefabrikacije elemenata vrše transport i montažu. Na bazi vremena montaže pojedinih elemenata urađeni su ciklogrami montaže hale za sve tri varijante krovnoe konstrukcije. Svi rezultati vezani za utroške i troškove izračunati su po m² površine objekta, dok je rok montaže konstrukcije prikazan u danima.

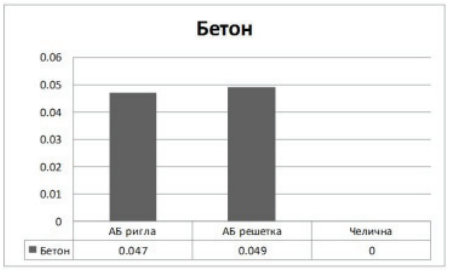
Detaljnom analizom montažnih radova uočen je uticaj tipa nosača na tok i dinamiku montaže. *U postupak optimizacije uvršten je* i kvalitativni pokazatelj, montaž-nost glavnog nosača. Pogodnost nosača za montažu ocenjivana je sa aspekata uticaja vetra i pogodnosti nosača u vezi sa stubom (vreme, vrsta radova i broj

radnika). Veza koja u fazi monolitizacije zahteva više rada, veći broj različitih vrsta radova (savijanje armature, zavarivanje armature, postavljanje oplate, betoniranje spoja), kao i angažovanje većeg broja radnika složenija je, pa je za tu vezu vrednost parcijalnih kriterijuma veća. Pojedinačnim rangiranjem došlo se do zbirne vrednosti ovog pokazatelja.

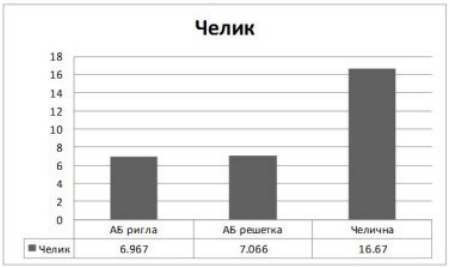
Tabela 1. *Montažnost nosača - ocena*

| **kriterijum/varijanta** | TIP 1 | TIP 2 | TIP 3 |
|---|---|---|---|
| montažnost-uticaj vetra | 1 | 2 | 3 |
| montažnost-vreme | 2 | 3 | 1 |
| montažnost-vrsta radova | 2 | 3 | 1 |
| montažnost-broj radnika | 1 | 3 | 2 |
| **ukupno** | **6** | **11** | **7** |

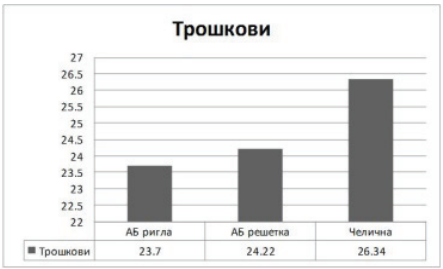
Rezultati uporedne analize varijantnih rešenja za definisane kriterijumske funkcije, pojedinačno su prikazani na slikama 1, 2, 3 ,4 i 5.




Slika 1. *Količina betona [m³/m²]*



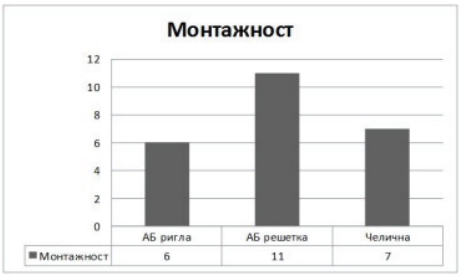

Slika 2. *Količina čelika [kg/m²]*




Slika 3 *Troškovi izrade, transporta i montaže [€/m²]*




Slika 4 *Rok montaže konstrukcije [dana]*




Slika 5. *Montažnost nosača [rang]*

### 4.4 Izbor metode višekriterijumske optimizacije

Veći broj kriterijuma koji pokazuju uticaj na izbor optimalnog tipa krovnog nosača, uvode zadatak u problem višekriterijumske optimizacije [2]. Metode višekriterijumske optimizacije korišćene u ovoj analizi su kompromisno programiranje i kompromisno rangiranje alternativnih rešenja [3] .

Model optimizacije za izbor tipa krovnog nosača dat je u obliku:

$$\min F(x) = \min (f1, f2, f3, f4, f5)$$

a bazira se na tri varijante (alternative) i pet kriterijumskih funkcija.

**Alternative:**
A1 - varijanta krovne konstrukcije sa AB riglom,
A2 - varijanta krovne konstrukcije sa AB rešetkom,
A3 - varijanta krovne konstrukcije sa čeličnom rešetkom
**Kriterijumi:**
f1 - utrošak betona,
f2 - utrošak čelika,
f3 – troškovi izrade transporta i montaže,
f4- rok montaže
f4- montažnost nosača

U tabeli 2 dati su ulazni podaci, a tabelom 3 prikazana je pojedinačna rang lista.

Tabela 2. *Ulazni podaci*

| kr.f/alter. | A1 | A2 | A3 | jed. |
|---|---|---|---|---|
| f1 | 0,047 | 0,049 | 0,0 | $m^3/m^2$ |
| f2 | 6,967 | 7,066 | 16,67 | $kg/m^2$ |
| f3 | 23,7 | 24,22 | 26,34 | $€/m^2$ |
| f4 | 6 | 6 | 4 | dana |
| f5 | 6 | 11 | 7 | ocena |

Tabela 3. *Pojedinačna rang lista*

| alter./ kr.f | f1 | f2 | f3 | f4 | f5 |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| A2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| A3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 |

Redosled alternativnih rešenja dobijen metodom višekriterijumske optimizacije (metoda kompromisnog programiranja i metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja), za različite strategije odlučivanja prikazan je tabelarno (tabela 4 do tabela 7) [4].

Tabela 4. *Metoda kompromisnog programiranja-rešenje je najbolje po svim krtierijumima posmatranim zajedno*

| alternat. rešenja | A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|---|
| redosled | **1** | **3** | **2** |

Tabela 5. *Metoda kompromisnog programiranja-rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački*

| alternat. rešenja | A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|---|
| redosled | **1** | **3** | **2** |

Tabela 6. *Metoda kompromisnog programiranja-prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem*

| alternat. rešenja | A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|---|
| redosled | **1** | **3** | **2** |

Tabela 7. *Metoda kompromisnog rangiranja-isti težinski koeficijenti*

| alternat. rešenja | A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|---|
| redosled alternativnih rešenja | | | |
| v1=0.0 | **1** | **3** | **2** |
| v1=0.3 | **1** | **3** | **2** |
| v1=0.6 | **1** | **3** | **2** |
| v1=0.9 | **1** | **3** | **2** |
| v1=1.0 | **1** | **3** | **2** |

Primenom metode višekriterijumske optimizacije dobijeno je optimalno rešenje za krovni nosač hale koji je bio predmet ovog rada. Usvojeno je varijantno rešenje tipa 1, sa glavnim nosačem oblika, armirano betonska rigla sistema proste grede T preseka, raspona 12.0m, od betona MB 30 i armature RA 400/500. Na glavne nosače oslanjaju se rožnjače i podužne grede. Krovni pokrivač je čelični trapezasti termoizolacioni panel.

## 5. PLANIRANJE IZGRADNJE OBJEKTA

Proces izgradnje objekta je složen, sa nizom tehnoloških međuzavisnosti, tehničkih i lokacionih ograničenja. Da bi se gradilište organizovalo na najefikasniji način potrebno je izvršiti detaljnu analizu svakog dela procesa građenja, karakteristike lokacije na kojoj se objekat gradi, karakteristike objekta, raspoloživu mehanizacija, raspoloživu opremu, raspoložive privremene objekte, ljudske resurse, organizaciju gradilišta i dinamiku građenja [5].

Za usvojen optimalni tip glavnog nosača (AB rigla) planirana je izgradnja kompletnog objekta. Planiranje građevinske proizvodnje podrazumeva korišćenje različitih metoda koje omogućavaju modeliranje posmatranih procesa, pojedinih delova, kao i čitavog procesa građenja (ciklogram montaže konstrukcije hale, mrežni plan i gantogram izgradnje objekta) [6], [7].

Obrada mrežnog plana sa svim potrebnim ulaznim podacima urađena je pomoću računarskog programa MS Project for Windows. Vreme trajanja aktivnosti se računa sa efektivnim radom u trajanju od 8 časova i radnom nedeljom od 5 radnih dana. Kao dan početka radova usvojen je 25.06.2012. godine, a analizom unetih podataka završetak radova je predviđen za 20.12.2012. godine. Za izgradnju celog objekta potrebno je 129 radnih dana.

## 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U radu je planirana izgradnja hale-sušare za proizvodnju nameštaja sa ciljem da se za varijante glavnog krovnog nosača pronađe optimalno rešenje. Varirana su tri tipa nosača: TIP 1- AB rigla, TIP 2 -AB rešetka i TIP 3- čelična rešetka.

Usvojeni su kriterijumi optimizacije tehno-ekonomskog karaktera, utrošak betona, utrošak čelika, troškovi, rok montaže i montažnost elemenata.

Primenom metode višekriterijumske optimizacije (metodom kompromisnog programiranjnja i kompromisnog rangiranja) došlo se do zaključka da je varijanta konstrukcije tipa 1 – AB rigla, optimalno rešenje za analizirano projektno rešenje hale.

Za usvojenu optimalnu varijantu krovnog nosača planirana je izgradnja objekta. Usvojen je radni kalendar sa osmočasovnim radnim vremenom, jednom smenom, radnom nedeljom od pet dana i izračunato je ukupno vreme izgradnje objekta koje iznosi 129 radnih dana, a obuhvata period od 25.06.2012. do 20.12.2012. godine.

## 7. LITERATURA


[1] Trivunić, M. Dražić, J. "Montaža betonskih konstrukcija zgrada", drugo dopunjeno izdanje, *Univerzitet u Novom Sadu, FTN, Novi Sad, 2009.*

[2] Vujošević M: "Operaciona istraživanja", *FON, Beograd, 1999.*

[3] S. Opricović, "Optimizacija sistema", *Građevinski fakultet, Beograd, 1992.*

[4] J. Dražić, "Teorija sistema i sistemska analiza", *FTN, Novi Sad, 2011. (materijal sa predavanja)*

[5] Trbojević, B. : "Organizacija građevinskih radova", *Naučna knjiga, Beograd, 1992.*

[6] Trivunić, M., Matijević, Z.: "Tehnologija i organizacija građenja - praktikum", *Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2004.*

[7] Trivunić, M. : "Upravljanje projektima i građenjem - materijal za vežbanja", *Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2000.*


### Kratka biografija



**Marija Nikolić** rođena je u Podgorici 08.08.1987.god. Diplomski-master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Građevinarstvo – Organizacija i tehnologija građenja odbranila je 2013. god.



**Jasmina Dražić** rođena je u Novom Miloševu 1958.god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2005.god., a od 2010.god. je u zvanju vanrednog profesora. Oblast Zgradarstvo – građevinske i arhitektonske konstrukcije

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 624.15**

# PLANIRANJE IZGRADNJE STAMBENOG OBJEKTA SA IZBOROM NAČINA IZVOĐENJA TEMELJNIH ZIDOVA

# PLANNING THE CONSTRUCTION OF A RESIDENTIAL FACILITY WITH THE SELECTION OF THE TECHOLOGY OF FOUDATION WALLS

Dejan Šeljem, Jasmina Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je planirana dinamika izgradnje stambenog objekta Pr+2+Pk, izborom optimalnog načina izvođenja temeljnih zidova. Mogući načini izvođenja temeljnih zidova su upoređivani po dužini korišćenja oplate, troškovima i mehanizaciji potrebnoj za transport betona. Metodom višekriterijumske optimizacije, izabrano je konačno rešenje izvođenja temeljnih zidova.*

**Abstract** – *The paper presents the plan for the building dynamics of a residential facility, Gr+2+Att, with the selection of an optimal technology of foundation walls. Possible ways of constructing foundation walls are compared on: the time of framework use, costs and mechanisation needed for concrete transport. Based on methods of multicriteria optimization, the final solution has been chosen for construction of foundation walls.*

**Ključne reči:** *stambeni objekat, temeljni zidovi, oplata, višekriterijumska optimizacija*

## 1. UVOD

Savremena proizvodnja zahteva kod svakog procesa istovremeno praćenje većeg broja različitih uticajnih faktora. Optimalno upravljanje proizvodnjom, znači donošenje brojnih blagovremenih odluka koje imaju povoljne posledice na tok, kvalitet, rezultate i efekte proizvodnje.

Temeljni zidovi su deo temeljne konstrukcije. Oni se postavljaju na različitim mestima i rastojanjima, u zavisnosti od veličina, rasporeda pojedinih prostorija u okviru jednog stana, prostorne ogranizacije čitavog objekta i usvojenog konstrukcijskog sistema.

Za stambeni objekat u Novom Sadu optimiziran je način izvođenja temeljnih zidova. Opisana je tehnologija i način betoniranja temeljnih zidova. Primenom metode višekriterijumske optimizacije, izabrano je konačno rešenje za koje je planirana dinamika izgradnje, osnovni resursi i mehanizacija za izgradnju kompletnog objekta.

## 2. OPIS OBJEKTA

Objekat je lociran u Novom Sadu, u naselju Telep, ulica Mornarska br. 19, broj parcele 6886/1, K.O. Novi Sad II. Objekat je slobodnostojeći, od regulacione linije povučen je za 5m, a od bočnih granica parcele udaljen je po 4m. Garaže su locirane u dnu parcele, uz samu granicu sa susednom parcelom. Ulaz na parcelu je projektovan iz Mornarske ulice, a u višeporodični objekat sa zadnje strane, iz dvorišta.

Objekat je stambeni, spratnosti Pr+2+Pk sa dvorišnim prizemnim garažama. U prizemlju objekta se nalazi 8 stambenih jedinica, povezanih zajedničkim pristupnim hodnikom i pomoćne prostorije: gasna kotlarnica i prostorija za smeštaj pogonskog postrojenja za lift. Stepenište je centralno postavljeno. Prizemlje objekta (u dokumentaciji označena kao relativna kota ±0.00) se nalazi na nivou +77.80 i uzdignuto je od kote nivelisanog okolnog terena +77.20 za cca. 60cm. Na prvom i drugom spratu se nalazi 9 stambenih jedinica, različitih struktura. Potkrovna etaža je formirana kao povučena etaža iste spratne visine, ali smanjenog horizontalnog gabarita u odnosu na gabarit tipskih etaža (prvog i drugog sprata). U potkrovlju je smešteno 6 stambenih jedinica, od kojih su 3 u dva nivoa (dupleks etaža).

Objekat je projektovan u sistemu armirano-betonskog skeleta ukrućenog AB zidovima. Osnovu konstrukcije čini sistem armirano-betonskih stubova dimenzija u poprečnom preseku 25x25cm, 25x40cm i grednih nosača različitih poprečnih preseka prema projektu konstrukcije. Objekat je fundiran na punoj armirano-betonskoj ploči debljine 40cm, koja se formira na podlozi od nabijenog betona debljine 5cm i šljunčanom tamponu debljine 20cm. Zbog izuzetnog visokog nivoa podzemnih voda, objekat je formiran bez podzemnih etaža. Temeljna konstrukcija fundirana je na koti -1.40m od kote ±0.00 (76.40). Dubina fundiranja je na 80cm od kote nivelete. Temeljni zidovi su armiranobetonske konstrukcije do visine 77.64 (-0.16) i debljine su 25cm.

Međuspratne konstrukcije su polumontažne tipa “fert“, ili izvedene kao pune AB ploče debljine 20cm. Ploča prizemlja je projektovana kao plivajuća ploča na nasipu od 72cm i debljine je dp=12.0cm.

Za prijem seizmičkih sila predviđeni su AB stubovi i AB zidovi. Debljina AB zidova je dz=25.0cm i dz=15.0cm.

Konstrukcija stepeništa je masivna, armirano-betonska. Liftovsko okno je takođe armirano-betonsko sa zidovima debljine 15cm.

Krovna konstrukcija je formirana direktno preko ploče potkrovne etaže.

Za sve betonske elemente konstrukcije predviđen je beton MB 30 i armatura GA 240/360, RA 400/500, MA 500/600. Dimenzionisanje je sprovedeno prema graničnom stanju loma.

---

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jasmina Dražić, vanr.prof.**

## 3. TEHNOLOGIJA GRAĐENJA

Izgradnja objekta predstavlja kompleksan proces rada, pa zahteva ozbiljan pristup u rešavanju svih njegovih segmenata. To podrazumeva da postoji kvalitetan projekat i stručno i kvalitetno izvođenje radova u skladu sa projektom. Izvođač je dužan da se maksimalno pridržava važećih pravilnika i standarda. Da bi se glavni radovi izveli racionalno, neophodno je pripremne radove obaviti kvalitetno.

Primarne grupe radova i mehanizacija [5-8] za njihovo izvođenje je:

- zemljani radovi (buldozer, utovarivač, kamion kiper, bager sa dubinskom kašikom, vibro valjak)
- betonski i armirano betonski radovi (auto-mešalica, auto-pumpa, pervibratori, vibroletve)
- armirački radovi,
- zidarski,
- izolaterski, pokrivački, i dr.

## 4 IZBOR OPTIMALNOG NAČINA IZVOĐENJA TEMELJNIH ZIDOVA

Prema izabranom projektom rešenju visina samih temeljnih zidova je 84cm, pa se betoniranje vrši u dva sloja. Za objekat čija se izgradnja planira na osnovu projektne dokumentacije izračunata je potrebna količina betona i oplate za temeljne zidove. Ispod temeljnih zidova nalazi se temeljna ploča debljine 40cm. Prostor između temeljnih zidova popunjava se zemljanim nasipom i tamponom šljunka.

### 4.1.Varijantna rešenja

Pri planiranju izvođenja radova, u ovom slučaju betoniranja temeljnih zidova, moguće je razmotriti nekoliko varijanti, kao rezultat korišćenja različite količine oplate. Količina upotrebljene oplate direktno utiče na troškove koji su vezani za ovu vrstu radova. Sa druge strane raspoloživa količina oplate određuje dinamiku (vreme), potrebno da se ugradi određena količina betona i potrebnu mehanizaciju koja sve to podržava. U ovom radu su razmotrene tri varijante betoniranja temeljnih zidova:

- VARIJANTA 1 - na raspolaganju je ¼ ukupne količine oplate (94m$^2$)
- VARIJANTA 2 - na raspolaganju je ½ ukupne količine oplate (187m$^2$)
- VARIJANTA 3 - na raspolaganju je celokupna količina oplate (373m$^2$)

### 4.2. Kriterijumi za izbor optimalnog načina izvođenja temeljnih zidova

Sve tri varijante betoniranja temeljnih zidova vrednovane su na osnovu:

- mehanizacije – broja automiksera,
- vremena potrebnog da se ugradi određena količina betona i
- troškova upotrebljene količine oplate.

Proces, odnosno plan betoniranja je sledeći:

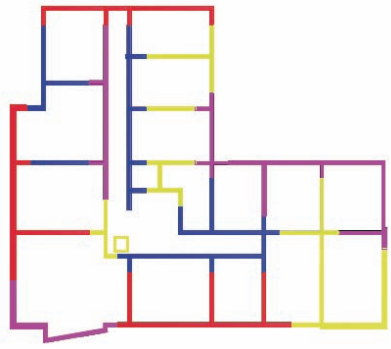
- fabrika betona proizvede odgovarajuću količinu betona;
- auto-mešalicama se beton prevozi sve do gradilišta. Broj auto-mešalica se usvaja kako bi se izbegla pauza u betoniranju koja nastaje usled povratka auto-mešalica do fabrike betona, punjenja auto-mešalica i transporta betona iz fabrike betona;
- kao sredstvo unutrašnjeg transporta se koristi auto-pumpa, preko koje se beton izliva u oplatu temeljnih zidova;
- uslov da bi se naredna količina betona mogla izbetonirati je vreme koje je potrebno da se izvrši zbijanje pomoću pervibratora. Pri izvođenju ovih betonskih radova za kompaktiranje (zbijanje) koriste se dva pervibratora, u cilju bržeg ugrađivanja.

Na raspolaganju je sledeća mehanizacija:

- fabrika betona (kapacitet 50m$^3$/h),
- auto-mešalica (kapacitet 8m$^3$ i 10m$^3$),
- auto-pumpa (kapacitet 50m$^3$/h),
- pervibrator (kapacitet 17,34m$^3$/h).

Prosečna brzina kretanja vozila iznosi 40km/h. Udaljenost fabrike betona od mesta ugrađivanja je 7km. Vremenski je potrebno 11 minuta do gradilišta (mesta ugrađivanja). Auto-pumpa za beton se može koristiti za betoniranje konstrukcije preko ruke, direktno.

U prvoj varijanti betoniranje zidova, stubova i rampe je predviđeno da se radi u četiri faze, tj na raspolaganju je ¼ ukupno potrebne količine oplate. Količina betona za ugrađivanje je 51.2m$^3$. Beton se unosi u oplatu sa gornje strane pomoću autopumpe radnog učinka 50m$^3$/h. Betoniranje zidova ukupne visine 84cm, se vrši u dva sloja. Na slici 1 su prikazane faze betoniranja.

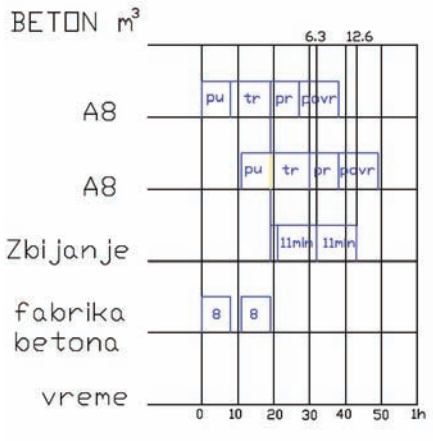


Slika 1. *Faze betoniranja*

Na osnovu karakteristika raspoložive mehanizacije i dužine transporta izračunato je trajanje pojedinih faza transporta (vreme spoljašnjeg transporta, vreme pražnjenja automešalice, vreme povratka vozila). Na osnovu dinamičkog plana proizvodnje, transporta betona i betoniranja temeljnih zidova usvojena je mehanizacija za izvođenje temeljnih zidova (autopumpa, automešalice, pervibratori).

Konačni usvojeni broj auto-mešalica zapremine 8m$^3$ je 2, da bi se izbegla pauza u betoniranju koja nastaje usled povratka auto-mešalica do fabrike betona, punjenja auto-mešalica i transporta betona iz fabrike betona. Na osnovu adekvatnih normativa određeno je vreme (za montažu i demontažu oplate, betoniranje, odležavanje), resursi,

radna snaga, za izvođenje temeljnih zidova i sračunati su troškovi vezani za ovu količinu oplate [4].




Slika 2. *Dinamički plan proizvodnje, transporta betona i betoniranje temeljnih zidova (grafik)*

Na isti način su određene numeričke vrednosti kriterijuma optimizacije za preostale dve varijante, varijanta 2 u kojoj se koristi ½ oplate i varijante 3 koja podrazumeva da je celokupna količina opreme na raspolaganju. Sračunate vrednosti su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. *Numeričke vrednosti kriterijuma optimizacije*

| | automikseri [broj] | vreme [dani] | troškovi [din.] |
|---|---|---|---|
| ¼ oplate | 2 | 20 | 70 830,88 |
| ½ oplate | 3 | 10 | 140 908,24 |
| oplata cel. | 3 | 5 | 281 052,96 |

**4.3. Izbor optimalne varijante**

Na izbor optimalnog rešenja izvođenja temeljnjih zidova utiče veći broj kriterijuma, što zadatak svodi na problem višekriterijumske optimizacije. Višekriterijumska optimizacija rešava problem vektorskog maksimuma, a optimalno rešenje treba da maksimizira sve kriterijumske funkcije istovremeno. [1]

Metodom višekriterijumske optimizacije se određuju rešenja koja su optimalna po pojedinim kriterijumima, a zatim se određuju kompromisna rešenja, koja se predlažu donosiocu odluke. Donosilac odluke usvaja jedno konačno rešenje, a u mogućnosti je da sagleda sve dobiti i nezadovoljenja pojedinih kriterijuma, što daje dobru osnovu za odlučivanje.

Metode višekriterijumske optimizacije korišćene u ovoj analizi su:

- metoda kompromisno programiranje i
- metoda višekriterijumsko kompromisno rangiranje alternativnih rešenja

Prilikom rešavanja zadatka VKO u prvom prilazu, odrađuju se kompromisna rešenja za različite vrednosti parametara p = 1,2,∞, pod uslovom da sve kriterijumske funkcije imaju iste težinske koeficijente.

Izborom parametra p, usvaja se strategija postizanja kompromisa u višekriterijumskoj optimizaciji:

- $p$ = 1- rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno
- $p$ = 2 - rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački
- $p$ = ∞ - prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem.

Postupak izbora optimalnog načina betoniranja temeljnih zidova, na bazi tri kriterijumske funkcije i tri varijante, prikazan je tabelarno, za model optimizacije u obliku:

$$\min F(x) = \min (f1, f2, f3)$$

kriterijumi:

f1 - vreme betoniranja temeljnih zidova
f2 - troškovi nabavke, postavljanja i demontaže oplate
f3 - broj auto-miksera koji se koriste za transport sveže betonske mase

alternative:

A1 - VARIJANTA 1 - na raspolaganju je ¼ ukupne količine oplate
A2 - VARIJANTA 2 - na raspolaganju je ½ ukupne količine oplate
A3 - VARIJANTA 3 - na raspolaganju je celokupna količine oplate

Ulazni podaci za optimizaciju izvođenja temeljnih zidova dati su u tabeli 2, a lista alternativnih rešenja prema pojedinačnim kriterijumima u tabeli 3.

Redosled varijantnih rešenja primenom metoda višekriterijumske optimizacije, prikazan je tabelarno (tabela 4, 5, 6 i 7).

Tabela 2. *Ulazni podaci*

| krit. fun/alter. | A3 | A2 | A1 |
|---|---|---|---|
| f1 | 5.000 | 10.000 | 20.000 |
| f2 | 281,052.960 | 140,908.240 | 70,830.880 |
| f3 | 3.000 | 3.000 | 2.000 |

Tabela 3. *Pojedinačna rang lista*

| krit. fun/alter. | A3 | A2 | A1 |
|---|---|---|---|
| f1 | 1 | 2 | 3 |
| f2 | 3 | 2 | 1 |
| f3 | 3 | 2 | 1 |

Tabela 4. *Metoda kompromisnog programiranja-rešenje je najbolje po svim krtierijumima posmatranim zajedno*

| alternat. rešenja | A3 | A2 | A1 |
|---|---|---|---|
| redosled | 3 | 2 | **1** |

Tabela 5. *Metoda kompromisnog programiranja-rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački*

| alternat. rešenja | A3 | A2 | A1 |
|---|---|---|---|
| redosled | 3 | 2 | **1** |

Tabela 6. *Metoda kompromisnog programiranja-prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem*

| alternat. rešenja | A3 | A2 | A1 |
|---|---|---|---|
| redosled | 3 | 2 | **1** |

Tabela 7. *Metoda kompromisnog rangiranja*

| alter. resenja | A3 | A2 | A1 |
|---|---|---|---|
| redosled alternativnih resenja | | | |
| Qj(v=0,0) | 3 | 2 | **1** |
| Qj(v=0,3) | 3 | 2 | **1** |
| Qj(v=0,6) | 3 | 2 | **1** |
| Qj(v=0,9) | 3 | 2 | **1** |
| Qj(v=1,0) | 3 | 2 | **1** |

Na osnovu rezultata sprovedene analize za optimalno rešenje izvođenja temeljnih zidova usvojeno je varijantno rešenje u kome se za betoniranje koristi ¼ oplate.

## 5. PLANIRANJE IZGRADNJE OBJEKTA

Vreme izgradnje temeljnih zidova u konstrukciji je određeno nizom faktora koji utiču na njenu realizaciju (širina radnog fronta, struktura i brojnost radnih brigada, raspoloživa sredstva transporta), pa ga nije moguće analizirati bez sveobuhvatnog sagledavanja procesa izgradnje objekta.

Proces izgradnje objekta sastoji se iz velikog broja operacija koje se odvijaju prema tehnološkim zahtevima u određenom redosledu i prostorno na različitim mestima - frontovima. Za svaku poziciju rada treba dati jasan, precizan i kratak opis rada i materijala, iz kojeg se tačno može definisati ceo proces rada obuhvaćen tom pozicijom i odrediti kvalitet, vrsta i količina materijala koji po toj poziciji treba da bude ugrađen.

Planiranje građevinske proizvodnje, odnosno izgradnja građevinskog objekta, zahteva korišćenje različitih metoda koje omogućavaju modeliranje posmatranih procesa. Metode koje su primenjene pri planiranju ovog objekta su tehnika mrežnog planiranja i metoda Gantograma. [2] Na osnovu opisa i količine radova pomenutih procesa i definisane strukture modela (mrežni plan), sračunato je vreme trajanja pojedinačnih aktivnosti, potreban broj radnika, vrste i količine materijala za njihovo obavljanja. [3] Program korišćen u ovom radu za obradu mrežnog plana je MS Project 2007. Detaljnim planiranjem, gantogramom dobijeno je trajanje izgradnje (ukupno efektivno radno vreme) za izradu: temelja 42 dana, podne ploče 14 dana, prizemlja 57 dana, I sprata 64 dana, II sprata 64 dana i potkrovlja 80 dana.

Na osnovu unapred definisanog datuma početka izgradnje objekta (14.03.2013.), dobija se završetak svih radova (27.11.2013.). Ukupno vreme trajanja radova je 185 efektivnih radnih dana.

## 6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada je bilo planiranje izgradnje stambenog objekta Pr+2+Pk, na bazi izbora optimalnog načina izvođenja temeljnih zidova. Analizirane su tri varijante betoniranja: VARIJANTA 1 (korišćenjem ¼ ukupno potrebne količine oplate), VARIJANTA 2 (korišćenjem ½ oplate) i VARIJANTA 3 (korišćenjem celokupne količine oplate).

Kriterijumu koji su bili postavljeni i na osnovu kojih je izabran način izgradnje temeljnih zidova su: mehanizacija (potreban broj automiksera), vreme potrebno da se ugradi određena količina betona i troškovi upotrebljene količine oplate.

Primenom metode višekriterijumske optimizacije, na osnovu datih kriterijuma, izabrano je optimalno rešenje. Optimalno rešenje je izgradnja temeljnih zidova, korišćenjem ¼ od ukupno potrebne količine oplate.

Na osnovu optimalnog rešenja, tj. varijante sa ¼ oplate, planirana je izgradnja objekta. Izlazni rezultati planiranja prikazani su metodom mrežnog plana, metodom Gantograma i obrađeni u MS Project-u.

Usvojen je radni kalendar sa sedmočasovnim radnim vremenom i radnom nedeljom u trajanju od pet dana. Period u kom se obavlja pojedina aktivnost prikazan je u tabeli gantograma i izražen je u kalendarskim danima. Za realizaciju objekta potrebno je 185 dana, u periodu od 14.03.2013. do 27.11.2013. godine.

Primenom predložene organizacije rada postiže se da objekat bude izveden kvalitetno i završen u planiranom roku, a dinamički plan omogućava praćenje izvršenja radova, toka same izgradnje.

## 7. LITERATURA


[1] Opricović, S. : "Optimizacija sistema", *Građevinski fakultet, Beograd, 1992.*

[2] Trivunić, M., Matijević, Z.:"Tehnologija i organizacija građenja" - *praktikum (drugo izdanje), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad , 2006.*

[3] "Normativi i standardi rada u rađevinarstvu-visokogradnja", *Građevinska knjiga, Beograd, 1999.*

[4] *http://www.stovaristehrast.info*

[5] *http://www.teimc.rs/slike/liugong_valjci/guma-pegla/614h.jpg*

[6] *http://www.regramkop.rs/Engleski%20jezik/beton%20pumpe.html*

[7] *http://www.betonmikseri.net/*

[8] *http://www.tehnopan.com/w/niskogradnja/pervibrator-za-beton/*


**Kratka biografija:**




**Dejan Šeljem** rođen je u Novom Sadu 1986.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2013.god.





**Jasmina Dražić** rođena je u Novom Miloševu 1958.god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2005.god., a od 2010.god. je u zvanju vanrednog profesora. Oblast Zgradarstvo–građevinske i arhitektonske konstrukcije.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 627.81**

# BRANA NA RECI PEŠTAN NA PROFILU NIZVODNO OD UŠĆA REKE BISTRICE U TRBUŠNICU

# DAM ON THE RIVER PESTAN DOWNSTREAM FROM THE MOUTH OF THE RIVER BISTRICA IN TRBUSNICA

Goran Jović, Duško Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj –** *U radu je izloženo idejno rešenje izgradnje nasute brane na reci Peštan. Svrha brane je odbrana od poplava i zaštita kopova u rudniku Kolubara. Određena je linija zapremine akumulacije i urađena je transformacija poplavnog talasa za desetohiljadugodišnju vodu. Na osnovu toga su dimenzionisani evakuacioni objekti. Analizirana je mogućnost izgradnje homogene i heterogene brane. Urađena je ekonomska analiza i opravdanost izgradnje brane.*

***Abstract*** *– This thesis presents the preliminary solution for construction of embankment dam on the river Pestan. Purpose of the dam is flood control and protection of mines in Kolubara mine. Volume of the accumulation is determined and transformation of the flood wave for 10000-th water. Based on that drainage structures are projected. An analysis of possibility of constructing homogeneous and heterogeneous dam. Performed an economic analysis and feasibility of building a dam.*

**Ključne reči:** *Izgradnja nasute brane, trasnformacija poplavnog talasa.*

## 1. UVOD

U ovom radu je razmatrana mogućnost izgradnje nasute brane nizvodno od ušća reke Bistrice u Trbušnicu. Izgradnjom brane zaštitili bi se kopovi u rudniku Kolubara i dobila bi se mogućnost otvaranja novih rudnih polja.

## 2. PRIKAZ GEOLOŠKIH USLOVA NA PROFILU

U cilju utvrđivanja geoloških uslova za izgradnju retenzije izvršen je pregled i analiza postojeće geološke dokumentacije , a zatim i istražni radovi na lokaciji retenzije. Iz postojeće dokumentacije vidi se da na području izabranog profila i akumulacije postoje 4 geotehničke sredine:

1) Čvrsti,kompaktni dacito-andeziti
2) Malo do srednje ispucali dacito-andeziti
3) Jače ispucali dacito-andeziti i kora raspadanja
4) Kvartarni sedimenti

Prvi sloj je debljine od 10-13m u levom boku, odnosno 5-6 m u zoni korita. Malo do srednje ispucali dacito-andeziti čine prelaznu zonu i njihova dubina varira od 2-5m. Treća geotehnička sredina je najslabiji deo magmatskih stena i prostire se do dubine 2-6m ispod površine terena. Kvartarni sedimenti su od 10-25m.

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

### 2.1. Vodopropustljivost stenske mase

Postojeće geotehničke sredine su slabo do umereno vodonepropusne. Filtracione sredine ne odgovaraju u potpunosti geotehničkim, odnosno jedna geotehnička sredina može imati neujednačenu vodopropusnost, tako da nju čine dve ili više filtracionih sredina. Najveću vodopropusnost imaju dacito-andeziti u zoni korita Trbušnice, na dubini od oko 9.5 m, gde je Kf > $1x10^{-5}$ m/s- ona se jedina svrstava u umereno vodopropusnu.

Desna obala ima veću vodopropusnost, iako prema geotehničkim karakteristikama pripada sredini ①, koja je predstavljena čvrstom, kompaktnom i jedrom stenskom masom sa retkim pukotinama. Desni bok pregradnog profila, kao i zona povećane ispucalosti dacito-andezita, tzv. kora raspadanja, pripadaju filtracinoj sredini II, sa Kf= $1x10^{-6}$ – 1 $x10^{-5}$ m/s, umerena do slaba vodopropusnost. Levi bok pregradnog profila, ispod kore raspadanja čini filtraciona sredina III, sa Kf= $1x10^{-7}$ – $1x10^{-6}$ m/s, slabovodopropusna. U okviru ove sredine, na različitim dubinama, prisutne su uže zone koje predstavljaju praktično vodonepropusne sredine sa Kf < $1x10^{-7}$ m/s. Vrednosti Kf <$1x10^{-7}$ m/s, karakterstične su za sredinu IV. Ova sredina se, u levom boku pregradnog profila nalazi na dubini od 29.0 m od površine terena, odnosno na 15.0 m idući u pravcu desne obale.

## 3. HIDROLOŠKI USLOVI

Zapremine hidrograma velikih voda i maksimalnih proticaja na Trbušnici i Bistrici potrebni su za određivanje zapremine akumulacije. Zadati pregradni profil se nalazi nizvodno od ušća Bistrice u Trbušnicu, tako da su za taj profil potrebni maksimalni proticaji i zapremine hidrograma sa oba sliva.

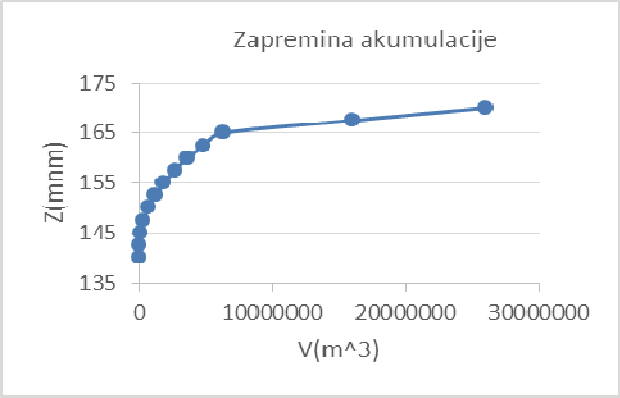
## 4. RETENZIONI PROSTOR

Retenzija se formira izgradnjom brane koja je locirana u ataru naselja Rudovci na lokaciji Karačevac. Ova retenzija sa ukupnom zapreminom od $1,642x10^{6}$ $m^3$, predstavlja planiranu retenziju na vodotoku Trbušnica i kontrolište njen skoro celokupan sliv i sliv reke Bistrice.

$1,642x10^{6}m^{3)}$.Ovaj objekat svojim retenzionim prostorom može da primi kompletnu zapreminu poplavnog talasa stogodišnjeg povratnog perioda sa sliva reke Trbušnice i sliva reke Bistrice do profila brane.

Kota normalnog uspora (KNU) određena je tako da se obezbeđenom zapreminom prihvati poplavni talas stogodišnje vode (p = 1%) sa pripadajućeg sliva reke

Trbušnice i sliva reke Bistrice na profilu brane sa vršnim proticajem $Q_{1\%}$ = 125,38 $m^3/s$ i zapreminom dotekle vode u tom povodnju od W = 1.642 x $10^6$ $m^3$ x $10^6$ $m^3$
Retenzija se proteže 0.9 km uzvodno od brane duž doline Trbušnice pri normalnom usporu, i 1.2 km od brane duž doline Bistrice.




Slika 1 : *Zapremina akumulacije*

Očitavanjem sa krive zapremine određeno je da KNU pripadajućeg sliva stogodišnjeg poplavnog talasa (p = 0.01) iznosi 154,3 mnm.

## 5. TRANSFORMACIJA POPLAVNOG TALASA KROZ RETENZIJU

Proračun transformacije talasa urađen je da bi se odredila kota maksimalnog uspora u retenziji i vršni proticaj transformisanog talasa na profilu brane.
Proračun transformacije poplavnog talasa kroz retenzije je izvršen za merodavni talas velike vode p=0.0001 (desethiljadugodišnjeg povratnog perioda). Za proračun transformacije je korišćena hidrološko – hidraulička metoda koja bazira na rešavanju sledećih jednačina metodom konačnih razlika:

$$Q_T - Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \qquad (1)$$

i kriva zapremine akumulacije $V = f(Z)$ (2)

gde je: $Q_T$ - ulaz u akumulaciju
Q - izlaz iz akumulacije
V - zapremina akumulacije
Z - nivo vode u akumulaciji

Izlaz iz retenzije zavisi od kote nivoa vode u akumulaciji i širine prelivne ivice, jednačina ( 1 ) se može izraziti u obliku:

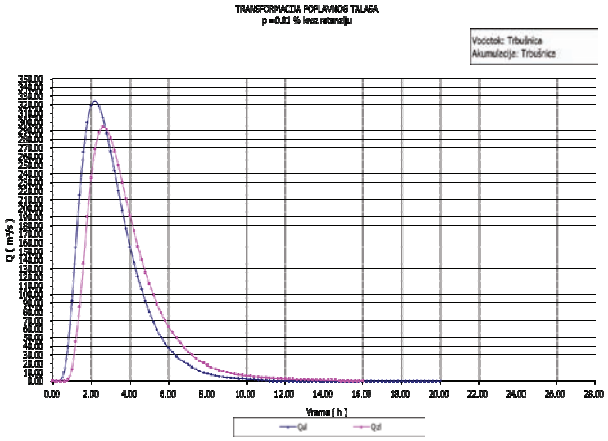
$$Q_t(t) - Q(B, Z_t) = \frac{\Delta V(Z_t)}{\Delta t}$$

Za odabrane geometrijske karakteristike evakuacionog objekta (kota krune preliva, dužina prelivne ivice) proračunom dobijamo izlazni hidrogram i grafik promene kote nivoa u retenzionom jezeru za vreme nailaska poplavnog talasa. Proračunom se može utvrditi jedan od učinaka retenzije kao razlika vršnih proticaja ulaznog i izlaznog hidrograma:
$Q^{max}_{ul} - Q^{max}_{izl} = \Delta Q$
kao i ukupni retenzioni kapacitet koji se izražava u privremenom ili trajnom zadržavanju dela zapremine poplavnih voda.

Kota maksimalnog uspora i maksimalni vršni proticaja transformisanog poplavnog talasa p=0.01%, na profilu brane je određen za sledeće uslove:

- na „punu“ akumulaciju kada je nivo vode na koti normalnog uspora KNU= 154.3 mnm, pri čemu je početna zapremina akumulacije W=1,642 x $10^6$ $m^3$, nailazi poplavni talas (p=0.01%) sa pripadajućeg sliva ($W_{0.01\%}$ =3,253 x $10^6$ $m^3$ i $Q_{0.01\%}$ = 294,76 $m^3/s$),

- kruna preliva je na koti normalnog uspora 154.30 mnm, a dužina prelivne ivice $L_{pr}$ = 41 m.




Slika 2 : *Transformacija poplavnog talasa*

Na osnovu rezultata proračuna možemo konstatovati da je maksimalni vršni proticaj transformisanog poplavnog talasa p=0.01%, na profilu brane $Q_{max.izl}^{p=0.01\%}$=294,34$m^3/s$, a maksimalni nivo u retenziji na koti 156.80 mnm – kota maksimalnog uspora.
Na kotu maksimalnog uspora dodajemo 1,5m i dobijamo kotu krune brane (KKB) koja iznosi 158.3mnm.

## 6. PRORAČUN BOČNOG PRELIVA

Evakuacioni objekat se sastoji od bočnog preliva, sabirnog kanala, prelazne deonice, brzotoka i slapišta. Kako se radi o nasutoj brani, prelivni objekti su dimenzionisani na transformisani poplavni talas desetohiljadugodišnjeg povratnog perioda Q0,01%.
Bočni preliv je evakuacioni organ kod koga je prelivanje upravno na pravac toka u sabirnom kanalu, što omogućava veliku dužinu prelivne ivice. Dimenzionisanje bočnog preliva je urađeno na osnovu kriterijuma da transformisani poplavni talas Q0.01% nailazi na punu retenziju (nivo vode u retenziji na koti preliva) i da se prilikom prelivanja na bočnom prelivu ostvaruje visina prelivnog mlaza 2.5 m.
Potrebna dužina preliva je dobijena na osnovu jednačine prelivanja preko Krigerovog preliva za poznati računski proticaj i visinu prelivnog mlaza. Za računski proticaj usvojen je izlazni proticaj transformisanog poplavnog talasa $Q_{iz}$=294,34 $m^3/s$. Jednačina prelivanja preko Krigerovog preliva za računski proticaj glasi:

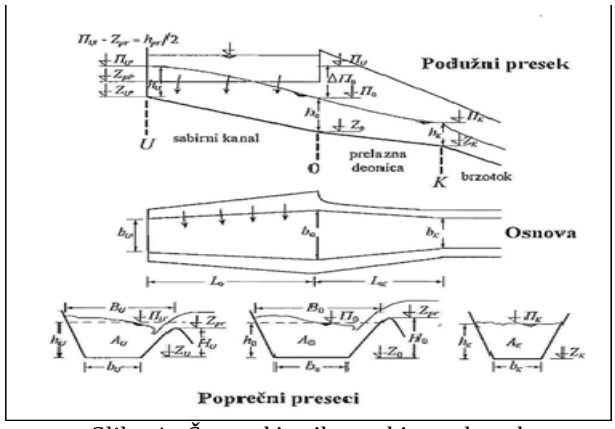
$$Q = C_{qo} \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H_e^{3/2}$$

$$294{,}34 = 0{,}41 * B * \sqrt{2 * 9{,}81 * 2{,}5^3}$$

B= 41 m

Na osnovu usvojenih kriterijuma, proračunom se dobija da je potrebna dužina prelivne ivice B=41 m.

### 6.1. Proračun sabirnog kanala i prelazne deonice




Slika 4 : *Šematski prikaz sabirnog kanala*

Zkp = 154,30 mnm

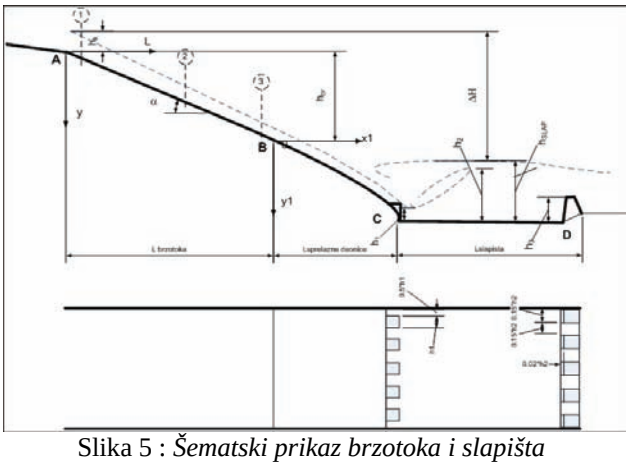
Zdn,o $=154{,}3+\frac{2{,}5}{3}-(Zu+hu)=149{,}25$

Zdn,u $=154{,}3+\frac{2{,}5}{3}-hu=149{,}89$

Dobijene su sledeće dimenzije sabirnog kanala i prelazne deonice: uzvodni kraj sabirnog kanala širine $b_u$=5.0 m, dubine $H_u$=4.3m; nizvodni kraj sabirnog kanala širine $b_0$=17.0 m, dubine $H_0$=5.25 m; dužina sabirnog kanala $L_0$=41 m i pad dna kanala $i_k$=1.6%. Prelazna deonica je dužine $L_k$=17 m, pada dna i=1% i širine dna kanala na nizvodnom kraju $b_k$=15 m.

### 6.2. Proračun brzotoka

Hidraulički proračun brzotoka bazira se na proračunu izlaznih dubina vode i brzina u uslovima postojanja donje vode na odgovarajućoj koti. Šematski prikaz brzotoka dat je na narednoj slici. Brzotok je, radi jednostavnijeg proračuna, podeljen na deonice. S obzirom da je režim tečenja silovit, račun se sprovodi u nizvodnom smeru.



Slika 5 : *Šematski prikaz brzotoka i slapišta*

$bk = 15m$ $Lbr = 50m$

$hbr = 10m$ $Z_{dn,slap} = 149 - 10 =$

$139mnm$ $h_k$ =3,4m

$y = Z_{dn,k} - Z_{dn,slap} = 10m$

$hk + y = 3{,}4 + 10 = 13{,}4m$

$v_t = \sqrt{2 * 9{,}81 * (hk + y)} = 16{,}26\ m/s$

$C_v$ =0,96

$v_{st} = C_V * v_t = 0{,}96 * 16{,}26 = 15{,}61m/s$

$h_w = \frac{Q}{15 * v_{st}} = 1{,}26m$

Na osnovu prethodno navedenog usvojene su sledeće dimenzije brzotoka i prelazne deonice: širina brzotoka b=15 m, dužina brzotoka $L_{BR}$=50.0 m, dubina vode na početku brzotoka $h_k$=3.4 m, dubina vode na kraju brzotoka $h_w$=1.26 m, dužina prelazne deonice $L_{pd}$=17.0 m, dubina vode na kraju prelazne deonice h=0.83 m i brzina vode na kraju prelazne deonice v=15.61 m/s.

### 6.3. Proračun slapišta

Slapište služi da raspe („potroši“) energiju vode koncentrisanu uzvodno od brane, kako bi se izbegla erozija dna neposredno nizvodno od brane.
Da bi slapište dobro i bezbedno vršilo svoju ulogu, neophodno je da se hidraulički skok ostvari u slapištu pri računskom i svim nižim proticajima. Dubina vode u slapištu $h_b$ mora biti jednaka ili nešto veća od spregnute (konjugovane) dubine $h_2$. Takođe dužina slapišta mora biti dovoljna da primi hidraulički skok. Slapište je dimenzionisano da primi transformisani talas desetohiljadugodišnje velike vode. Na osnovu proračuna brzotoka i prelazne deonice dobijaju se sledeće vrednosti u suženom preseku: q=19.62 $m^3$/s/m' i $Fr_1$=4.5, što zadovoljava uslove izbora slapišta USBR tip II.

Dolazna brzina i visina vode su jednake brzini i dubini vode na kraju brzotoka. Ujedno ta dubina predstavlja prvu spregnutu dubina $h_1$ pri proračunu za hidraulički skok koji će se ostvariti u slapištu. Druga spregnuta dubina $h_2$ onda iznosi:

$$h_2=\frac{h_1}{2}\left(\sqrt{1+8Fr_1^2}-1\right)=\frac{1{,}26}{2}\left(\sqrt{1+8*4{,}5^2}-1\right)=7{,}3m$$

gde je:

$Fr_1=\frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$ - Frudov broj (američki)

Dubina vode u slapištu koja obezbeđuje potopljeni hidraulički skok u ovom slučaju iznosi:

$d_c=1.05\cdot 7{,}3=7{,}66$

Dužina slapišta se određuje prema formuli

$$Lsl=(3.04+0.216\,\mathrm{Fr}_1-0.009\,\mathrm{Fr}_1^2)\cdot \mathrm{h}_2=27{,}9$$

Kao preporuka za visinu zida slapišta daje se formula:

$KKZ = Zdn,sl + dc + \Delta$

$\Delta = 0.1 \cdot (v1 + h2)$ - rezervno nadvišenje zida

*KDV* - kota donje vode pri protoku $Q_{10\%}$

*Zdn,sl* - kota dna slapišta

Usvojeno je

$$\Delta = 0.05 \cdot dc = 0{,}05 * 7{,}66 = 0{,}38m$$

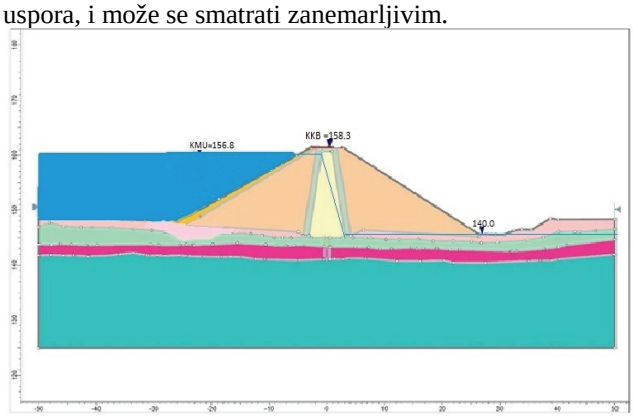
KKZ=139+7,66+0,38=147,05mnm

Dobijeni su sledeći rezultati: prva spregnuta dubina $h_1$=1.26 m, druga spregnuta dubina $h_2$=7.3 m, dubina vode u slapištu potrebna za potopljeni hidraulički skok $d_c$=7.66 m, dužina slapišta $L_{sl}$=27.9m, širina slapišta B=15.0 m, rezervno nadvišenje zida slapišta Δ=0.38m.

## 7. PROVIRANJE KROZ TELO BRANE

Proviranje kroz telo brane je urađeno pomoću pomoću programskog paketa Rocscience – Slide 6.0. Program radi na principu pravljena modela brane i unošenjem koeficijenata filtracije svih geoloških podloga ispod tela brane i materijala koji sačinjavaju telo brane.

Maksimalni filtracioni proticaj od q= 0.651 $m^3$/d/m'=7.53 $x10^{-3}$ l/s/m' dobijen je u najnepovoljnijem (najvišem) preseku brane, pri nivou vode na koti maksimalnog uspora, i može se smatrati zanemarljivim.




Slika 6 : *Proviranje kroz telo brane*

## 8. OSNOVNI PODACI O BRANI

- kota krune brane 158.3 mnm
- kota normalnog uspora 154.3 mnm
- kota maksimalnog uspora 156.8 mnm
- građevinska visina brane 19.0m
- najniža kota fundiranja 139.3 mnm
- dužina brane u kruni 367.0 m
- kota krune preliva 154.3 mnm
- dužina prelivne ivice 41.0 m
- širina krune brane 5.5 m
- širina jezgra u kruni 3.2 m
- nagib jezgra 1: 0.15
- širina filtra 1.0 m
- nagib uzvodne kosine 1 : 1.7
- nagib nizvodne kosine 1 : 1.5

## 9. EKONOMSKI POKAZATELJI

| | |
|---|---|
| Ukupno A ( pripremni radovi ) | 1.500.000,00 |
| Ukupno B ( telo brane ) | 145.835.250,00 |
| Ukupno C ( evakuacioni objekti) | 123.920.000,00 |
| UKUPNO A+B+C | 271.255.250,00 |

## 10. ZAKLJUČAK

Urađeni projekat je u svrhu zaštite budućih kopova u rudniku Kolubara, i sa još 3 predviđene brane u blizini će u potpunosti omogućiti eksploataciju novih ruda.

Izgradnjom nasute brane na izabranom pregradnom profilu na reci Trbušnici prihvatili bi celokupne slivove Bistrice i Trbušnice.

Izgradnja brane od kamenog nabačaja i glinenog jezgra je najbolji izbor, zbog blizine pozajmišta kamena i gline.

Brana je dužine 367m i visine 19m , sa kotom normalnog uspora 154,3 mnm i kotom maksimalnog uspora 156,8 mnm.

Sa ekonomskog aspekta mogla bi da zameni predvidjene brane na Trbušnici i Bistrici, jer sa svojom cenom od 271.255.250,00 din manje košta nego cena izgradnje pojedinačnih brana na rekama Trbušnici i Bistrici (286.263.000,00).

Varijanta izgradnja homogene brane ne bi bila najbolji izbor zbog težeg postizanja homogenog materijala odgovarajućeg koeficijenta filtracije.

Izgradnjom ove brane dobija se mogućnost navodnjavanja i otvaranje kopova sa potencijalnim rudama od 50 miliona tona do 2050. godine.

## 11. LITERATURA


[1] P.Stojić – Hidrotehničke konstrukcije

[2] ,, Generalni projekat regulacije reke Peštan i kontrola oticanja poplavnih voda 2007. ''

[3] Hajdin, G. (1967) Uticaj bočnog prelivanja na tečenje u sabirnom kanalu

[4] Rocscience Slide 6.0 , www.rocscience.com

[5] : ,, Generalni projekat regulacije reke Peštan i kontrola oticanja poplavnih voda 2007. ''


**Kratka biografija:**



**Goran Jović** rođen je 15. septembra 1988. god. u Zenici. Diplomski-bechelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva - Hidrotehnika-Hidrotehničke konstrukcije, odbranio je 2013.god.



**Duško Đurić** rođen je u Lađevićima, BIH, 1949 god. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 1999.god., a od 2005.god je docent na Fakultetu Tehničkih Nauka. Oblast interesovanja je Komunalna hidrotehnika

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 656.8**

# TREND I PERSPEKTIVE RAZVOJA TRŽIŠTA POŠTANSKIH USLUGA U CRNOJ GORI

# TREND AND PERSPECTIVES DEVELOPMENT OF POSTAL SERVICES IN MONTENEGRO

*Savo Todorović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj –** *U ovom radu izvršena je analiza potencijala tržišta poštanskih usluga u Crnoj Gori. Ocenjeni su dalji pravci razvoja tržišta. Primenom, u radu, predloženog modela regresione analize na primeru jednog privatnog operatora, data je procena trenda učešća operatora na tržištu. Cilj rada je utvrđivanje trenda i perspective razvoja tržišta poštanskih usluga.*

**Abstract** –*This paper analyzes the potential of the postal services market in Montenegro. It is done evaluations of the further directions of the market developments and by using of the regression metod it is done predictions of the operators participation in market share. The main goals of this study was to determine trends and perspectives of the postal services market development*.

**Ključne reči:** *Tržište, poštanski operatori, analiza*

## 1. UVOD

U samom naslovu teme rada nalazi se riječ tržište. Tržiste se može definisati na različite načine u zavisnosti od svrhe definisanja Prema najkraćoj definiciji ono predstavlja mjesto gdje se susreću ponuda i potražnja. Ono sto se ne nalazi u mnogobrojnim definicijama tržista, moze se naći u brojnim analizama konkretnog tržista, gde je tržište kao fenomen našlo svoje potpuno objašnjenje.
Analizom i istraživanjem konkretno u ovom radu obuhvaćeno je poštansko tržište u Crnoj Gori, Poštanski sistem u savremenom društvu predstavlja značajan elemenat infrastrukture koji omogućava,brz,siguran prenos pisanih,štampanih i na drugi način oblikovanih saopštenja robe i novca kako u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju. Pošta Crne Gore je u dugom periodu imala monopol ona je danas suočena sa konkurencijom pojavom privatnih operatora.

## 2. ISTORIJAT

Istorija poštanskog saobraćaja u Crnoj Gori je relativno novijeg datuma, preko teritorije Crne Gore odvija se kurirski prenos između Mletačke Republike (od polovine 16. vijeka pa sve do 1797. godine) i Carigrada. Pošiljke su brodom prispjevale u Kotor, a odatle su kuriri, uglavnom Crnogorci, prenosili pošiljke na relaciji Kotor - Carigrad - Kotor za 17 - 19 dana.

Kamen temeljac savremenom prenosu pošte postavljen je davne 1841. godine, u vrijeme Petra II Petrovića Njegoša, kada je u budžet uvedena stavka "za poštiljera". Prvi crnogorski poštar bio je Špiro Martinović.
Na području Crne Gore 1854. godine otvorena je po sistemu kapitulacije (pravo otvaranja pošta na tuđem području) austrijska pošta u Baru koja pripada Turskoj. Ona je Berlinskim ugovorom 1878. Godine pripala Crnoj Gori.

## 3. ORGANIZACIJA POŠTE CRNE GORE

Aktivnosti koje je Vlada Crne Gore vodila u 1998. godini rezultirali su formiranje dva javna preduzeća (01. januar 1999. godine): Pošta Crne Gore i Telekom Crne Gore. Pošta Crne Gore kao javno preduzeće organizovana je na sektorskom principu:

- Sektor za poštu
- Sektor za informatiku
- Sektor za pravne i kadrovske poslove
- Sektor za ekonomsko - finansijske poslove
- Sektor za opšte poslove.

## 4. TRŽIŠTE

Posmatrano sa aspekta odnosa koji se uspostavljaju na tržištu, definiše se kao: "Sveukupnost odnosa ponude i tražnje koji na određenom mjestu i određenom vremenu utiču na prodaju pojedinih roba i skup svih ustanova područja i uređaja koji omogućuju organizovani i stalni kontakt između kupaca i prodavaca". Iz ugla marketinga tržište se može definisati kao "agregatni skup snaga i uslova u okviru kojih kupci i prodavci donose odluke koje rezultiraju u transferu roba ili usluga". Osnovna funkcija tržišta ogleda se u povezivanju proizvodnje i potrošnje.

Tržište je dinamička kategorija i na njemu se stalno dešavaju promjene i na strani potražnje i na strani ponude. Zato operatori moraju neprestano da prate nastale pojave i da svoje poslovanje prilagođavaju prema uobičajenim promjenama na tržištu. Neophodno je predvidjeti potražnju koja je povezana sa tržištem i uslovima koji vladaju na tržištu, kao i ponašanje klijenata koje je krajnje nepredvidivo.

## 5. TRŽIŠTE POŠTANSKIH USLUGA

U sastavni dio tržišta saobraćajnih usluga, ubrajaju se i poštanske usluge (prenos pisanih saopštenja, stvari i roba kao i novčanih doznaka).
Poštanski saobraćaj kao dio transportnog sistema jedne zemlje karakteriše tržište poštanskih usluga koje je

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Momčilo Kujačić, red. prof.**

proizašlo iz specifičnosti procesa rada i specifičnosti samih poštanskih usluga. Na karakter tržišta poštanskih usluga bitno utiču sledeća obilježja:

- Proces poštanskih usluga obavlja se simultano (istovremeno). U poštama istovremeno dolazi do ukrštanja velikog broja pošiljaka sa raznih tržišta, jer se istovremeno vrši prijem, otprema, transport i uručenje pošiljaka.

**5. 1 Tržište poštanskih usluga u EU**

EU ima 28 zemalja članica sa preko 500 miliona stanovnika koji žive na površini preko 4 miliona kvadratnih kilometara. U 2007. godini poštanski sektor, koji uključuje pismonosne pošiljke, paketske i ekspres usluge, ostvario ukupni prihod od oko 94 milijarde eura (0,7 % BDP-a tadašnjih 27 članica EU).
Drugu dimenziju značenja EU poštanskog tržišta čini njegovo globalno pozicioniranje.
Oko petine volumena svjetskih pismonosnih pošiljaka realizuje se u EU, što se procjenjuje na oko 95 milijardi pismonosnih pošiljaka godišnje.
Od toga oko 80% otpada na 6 najvećih nacionalnih pismonosnih tržišta i to tržišta Velike Britanije, Njemačke, Francuske, Španije, Italije i Holandije. Strukturno najveći dio prihoda čine pismonosne pošiljke (56%), dok paketske i ekspres usluge čine 44% prihoda. Nacionalni poštanski operatori su glavni nosioci tržišta pismonosnih pošiljaka.

**5. 2 Tržište poštanskih usluga u regionu**

Srbija
Poštanski sektor u Srbiji sa više od 40 operatora, koji pružaju poštanske usluge u oblasti prikupljanja, prerade i transporta pismonosnih pošiljaka, paketa kao i ekspres prenosa pošiljaka, ima poseban značaj za ekonomski i društveni razvoj države.
Ovaj sektor trenutno zapošljava oko 18. 800 radnika. U odnosu na poštansko tržište u drugim evropskim zemljama, poštansko tržište Srbije može se svrstati u red srednjih tržišta.
Prosječan broj zaposlenih u nacionalnim poštanskim operatorima u odnosu na ukupan broj zaposlenih je 0,50%.
Iznos poštarine za pismonosnu pošiljku do 20 grama u 2010. godini iznosila je 0,22 €.
Tržište poštanskih usluga je u velikoj mjeri liberalizovano pa samim svi operatori, posebno u oblasti ekspres i kurirskih usluga, prinuđeni su da razvijaju konkurentske strategije.
Samim tim konstantno se povećavaju brzina i kvalitet poštanskih usluga, a smanjuje se njihova cijena. Takođe dolazi do povećanja broja novih usluga, kao i do raste investicija u ovaj sektor.

Hrvatska

Ključni problem svih poštanskih operatora jeste nemogućost usklađivanja dinamike pada prihoda i smanjivanja troškova.
Karakteristike promjene na poštanskom tržištu:

- Pismo
  - Pad tržišta
  - Racionalizacija pisama
  - e-supstitucija
  - deregulacija i konkurencija
  - nerazvijeno tržište direktnog marketinga
- Paketi
  - Rast e-commerce
  - Jaka konkurencija međunarodnih igrača
- Finansijske usluge
  - Velik broj transakcija sa malom maržom
  - Demografske promjene
  - Jaka konkurencija trgovinskih lanaca
  - e-supstitucija
- Pravno i političko okruženje
  - Obaveza univerzalne poštanske usluge
  - Visok trošak rada i nefleksibilnost
  - Jak uticaj politike i sindikata
  - Visok trošak sigurnosti

Bosna i Hercegovina

Na području Bosne i Hercegovine djeluju tri javna poštanska operatera i to Pošte Srpske a. d Banja Luka, JP BH Pošta Sarajevo i Hrvatska pošta Mostar.
Preduzeće za poštanski saobraćaj Republike Srpse a. d. Banjaluka, osnovano je 10. decembra 1996. godine nakon razdvajanja nekada zajedničkog PTT sistema Republike Srpske na dva preduzeća. Pošte Srpske danas u svom sastavu imaju 269 jedinica poštanske mreže, 720 instalisanih šaltera i 438 poštanskih kovčežića. Svaka pošta u prosjeku pokriva 95 kvadratnih kilometara teritorije i opslužuje prosječno 5733 stanovnika. Godišnje pošta obradi oko 13 miliona pisama i paketa i oko 6 miliona raznoraznihi novčanih uputnica. Od 2002. godine Pošte Srpske posluju kao akcionarsko društvo sa većinskim vlasničkim udjelom države od 65% kapitala, 20% udjela akcija vaučer ponude, 10% Fonda PIO, dok akcije Fonda za restituciju zauzimaju 5% kapitala.
PTT BiH postoji od 1993. godine, a u današnje vrijeme posluje pod nazivom JP BH Pošta Sarajevo poslije 2001. godine nakon podjele na preduzeće za poštanski i preduzeće za telekomunikacioni saobraćaj. Mrežu BH Pošte čini 281 jedinica poštanske mreže sa ukupno 769 aktivnim šalterskih radnih mjesta. BH Pošta je 2010. godini ostvarila 58 miliona poštanskih i ostalih usluga, od čega 89% su bile pismonosne i novčane usluge.

**6. TRŽIŠTE POŠTANSKIH USLUGA U CG**

Univerzalna politika EU kojom se kao strateško opredjeljenje stimuliše povećanje konkurentnosti evropske privrede, rezultovala je politikom tržišnog restruktuiranja prirodnih monopola i javnih usluga. Ta je politika obuhvatila i tržište poštanskih usluga, odnosno poslovanje nacionalnih poštanskih operatora. Svrha poštanskih direktiva je dovesti u red unutrašnje tržište poštanskih usluga i kroz odgovarajući regulacioni okvir osigurati efikasne, pouzdane i kvalitetne poštanske

usluge, koje su dostupne u cijeloj EU po prihvatljivim cijenama.

Dva su glavna cilja poštanske reforme u EU:

- Osigurati funksionalno zajedničko poštansko tržište
- Zaštititi i unaprijediti pouzdane, kvalitetne i cijenom pristupačne poštanske usluge

Evropska komisija je kroz tri poštanske direktive od ranih 90-ih godina prošlog vijeka započela proces liberalizacije poštanskog tržišta.

**6. 1 Formiranje cijena**

Kriterijumi za određivanje cijena univerzalne poštanske usluge su:

- pristupačnost cijena
- realni troškovi.

Pristupačnost cijena određuje se na osnovu:

- platežne sposobnosti korisnika poštanskih usluga na teritoriji Crne Gore, koja se utvrđuje odnosom cijena pisma prve stope težine sa nacionalnim dohotkom po glavi stanovnika Crne Gore;
- odnosa cijena pojedinih poštanskih usluga iz domena univerzalne poštanske usluge u zemljama sa sličnim nivoom razvijenosti poštanskog saobraćaja, prema odgovarajućim cijenama u Crnoj Gori, pri čemu se ima u vidu dostignuti paritet cijena poštanskih usluga u odnosu na nacionalni dohodak po glavi stanovnika zemlje sa kojima se vrši poređenje;
- analize ponude i tražnje za pojedine usluge iz domena univerzalne poštanske usluge

Cijene univerzalne poštanske usluge određuju se na način koji obezbjeđuje da operator univerzalne poštanske usluge iste zasnuje na realnim troškovima za njihovo efikasno obavljanje. Utvrđivanje cijena univerzalne poštanske usluge na osnovu troškovne opravdanosti zasniva se na troškovima koji nastaju prilikom obavljanja univerzalne poštanske usluge i to na:

- direktnim troškovima i
- indirektnim (zajedničkim) troškovima

**6. 2 Regulatorna tijela**

Vlada

Predloženim tekstom novog zakona smanjene su nadležnosti Vlade u odnosu na dosadašnja zakonska rješenja. Predviđeno je da Vlada utvrđuje Strategiju razvoja poštanske djelatnosti pri čemu je rok donošenja nove strategije smanjen sa 10 na 5 godina. Zakonom su predviđene potpunije ingrencije Vlade u slučaju vanrednih okolnosti.

Ministarstvo

Takođe je predloženim tekstom zakona smanjena nadležnost ministarstva u odnosu na poštanske usluge, na koji način su ostvarene intencije da se smanji uticaj državnih organa na obavljanje poštanskih usluga predvidjene Direktivom. Zakonom je predviđena jasna institucionalna razlika između nadležnosti Ministarstva i Agencije i Ministarstvo se ne pojavljuje kao drugostepeni organ na odluke Agencije.

Agencija

U ovom odjeljku propisane su nadležnosti Agencije kao nezavisnog regulatornog tijela u regulaciji tržišta poštanskih usluga, uređeno pitanje saradnje Agencije sa drugim organima, vođenje registra poštanskih operatora, utvrđene obaveze obavještavanja nadležnih poštanskih tijela Svetskog poštanskog saveza i tijela EU, i riješena pitanja obajavljivanja podataka, donošenja i izvršenja odluka Agencije, sredstava za rad i korišćenja istih.

**6. 3 Analiza zakonodavstva CG na području poštanskih usluga**

Zakonski okvir koji reguliše tržište poštanskih usluga u Crnoj Gori sastoji se od zakona i podzakonskih akata:

1. Zakon o poštanskoj djelatnosti ("Sl. list RCG, broj 57/2011"), uređuje uslove i način obavljanja univerzalne poštanske usluge i drugih poštanskih usluga, ovlašćenja regulatornog organa za poštansku djelatnost, kao i druga pitanja u vezi sa poštanskom djelatnošću. Zakonom su obuhvaćene preporuke direktiva EU koje se odnose na univerzalnu poštansku uslugu, rezervisane poštanske usluge i komercijalne poštanske usluge.
2. Pravilnik o opštim uslovima za obavljanje poštanskih usluga ("Sl. list RCG, broj 29/2006") utvrđuje uslove i način obavljanja poštanskih usluga, rokove prenosa i uručenja poštanskih pošiljaka, gustinu pristupnih tačaka poštanskoj mreži i pristup mreži univerzalnog poštanskog operatora.

**6. 4 Misija, ciljevi i strategija razvoja poštanske djelatnosti Crne Gore**

**Misija**

Na liberalizovanom poštanskom tržištu obezbjediti kvalitetnu i dostupnu univerzalnu poštansku uslugu za sve građane Crne Gore po pristupačnim cijenama.

**Ciljevi**

S obzirom na trendove razvoja pošte na globalnom nivou, definisani su strateški ciljevi:

- Razvoj poštanske djelatnosti u skladu sa direktivama Evropske unije, preporukama Svjetskog poštanskog saveza i potrebama podržavanja procesa integracije Crne Gore u EU.
- Podsticanje inovacija i razvoja novih poštanskih usluga primjenom savremene poštanske tehnologije.
- Povećanje kvaliteta poštanskih usluga saglasno standardima EU, Svjetskog poštanskog saveza i Svjetske trgovinske organizacije.

- Ekonomično i efikasno poslovanje poštanske djelatnosti u konkurentskom okruženju.
- Obezbjeđenje sigurnosti i bezbjednosti korisnika, zaposlenih i poštanskih pošiljaka.
- Podsticaj ekonomskom razvoju Crne Gore zadovoljavanjem svih interesnih grupa i obezbjeđenje univerzalnih poštanskih usluga po pristupačnim cijenama.

## 7. ISTRAŽIVANJE TRŽIŠTA

U svim istraživanjima tržišta utvrđeno je da postoji korelacija između razvoja privrede i transporta izražena u korelaciji razvoja društvenog bruto proizvoda i obima transporta robe i usluga.

Postupak istraživanja se sastoji iz: planiranja istraživanja, istraživanja u u užem smislu, analize podataka, te prezentacije i primene rezultata istraživanja .

Faze opšteg postupka istraživanja tržišta su:
- prikupljanje podataka
- sređivanje i prikazivanje podataka
- obrada (analiza) podataka,
- oblikovanje rezultata obrade podataka i njihova prezentacija i

### 7. 1 Istraživanje i analiza tržišta poštanskih usluga Crnoj Gori

Prema podacima dobijenim na osnovu godišnjih izvještaja regostrovanih poštanskih operatora, na tržištu poštanskih usluga u Crnoj Gori je tokom 2011. godine pruženo oko 15 miliona različitih poštanskih usluga, slično kao i 2010. godine.

## 8. PROGNOZA RASTA TRŽIŠTA POŠTANSKIH USLUGA ZA ODABRANOG OPERATORA

U ovom radu se pomoću regresione metode sa vremenskim faktorom vrši prognoziranje tražnje, a uz upoređivanje rezultata sa studijama drugih koji se bave ovom oblašću

Regresiona analiza je skup statističkih metoda kojima se otkriva da li postoje veze između posmatranih pojava i kakve su po obliku i smjeru. U regresionoj analizi cilj istraživanja je osnovni skup. Najčešće se ispituje uzorak.
Podaci o budućoj tražnji analizom dobijeni regresivnom metodom mogu biti veoma korisni za provajdera ove usluge u smislu pripreme adekvatne unutrašnje organizacije procesa rada, ali i u smislu što boljeg tržišnog pozicioniranja.
Izvor podataka
Prikupljeni podaci odnose se na broj ekspes pošiljaka po mjesecima od januara 2011 do oktobra 2013-e godine. Riječ je o ukupnom broju svih pošiljaka koje pripadaju grupi Maks Express usluga firme Montenomaks control&logistics Na osnovu proračuna može se doći do zaključka da će u narednom periodu biti zabilježen dalji rast na tržištu pošiljaka. Dolazi do povećanja broja ekspres pošiljaka kod privatnih operatora a javni operator bilježiće dalji pad.

## 9. ZAKLJUČAK

Tehnološko osavremenjavanje tradicionalnih usluga, optimizacija postojeće mreže, unaprijeđenje sistema kvaliteta, standardizacija i tipizacija pošta i jačanje kapaciteta Express dostave, neki su od razvojnih planova koje Pošta Crne Gore treba da uradi.

## 10. LITERATURA

[1] Momčilo Kujačić, „Poštanski saobraćaj“, FTN izdavalaštvo, Novi Sad, 2005.

[2] Mirjana Šekarić, „Statističke metode“, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010

[3] www. postacg. me

**Kratka biografija:**

**Savo Todorović** rođen je u Nikšiću 1981 god. Diplomski master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj- odbranio je 2013 god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 656.11

# VREDNOVANJE PREDLOGA REŠENJA NA DELU ULIČNE MREŽE NOVOG SADA (KEJ ŽRTAVA RACIJE – BEOGRADSKI KEJ)

# EVALUATING OF PROPOSED SOLUTION IN PART OF THE NOVI SAD STREET NETWORK (QUAY ŽRTAVA RACIJE - BEOGRADSKI QUAY)

Branislava Jovanović, Vuk Bogdanović; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – *U okviru diplomskog rada ispitani su uslovi odvijanja saobraćaja na delu ulične mreže Novog Sada od raskrsnice Keja žrtava racije sa Radničkom ulicom do raskrsnice kod Trga Neznanog junaka – krak 2 (bliži ulici Vojvode Putnika) sa Beogradskim kejom. Sopstvenim istraživanjem utvrđene su karakteristike saobraćajnog toka i upoređene sa prethodnim merenjima. Nakon toga je izvršena analiza rezultata istraživanja uobičajenim inženjerskim metodama, ispitani uslovi odvijanja saobraćaja i utvrđen nivo usluge. Prognozom budućeg saobraćajnog opterećenja se dobija se jasnija slika o uslovima odvijanja saobraćaja na raskrsnicama u narednom periodu eksploatacije. Vrednovanje predloženih rešenja za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja uz prognoze budućih uslova odvijanja saobraćaja daje bolju ocenu efikasnosti predloženih rešenja.*

**KLJUČNE REČI:** *saobraćajni tok, kapacitet, nivo usluge*

**Abstract** – *This thesis examines the traffic conditions on the part of the street network in the city of Novi Sad from intersection Quay Žrtve racije and Radnička street to intersection of Square Neznani junak – approach 2 (closer to Vojvode Putnika street) with the Belgrade quay. The research determines characteristics of the traffic flow which was compared with previous measurements. Afterwards, research results were analyzed with common engineering method examined traffic conditions and determined the level of service. Forecast of future traffic volume has shown clear picture about traffic conditions in the future exploatation period. Evaluating of the proposed solutions to improve traffic conditions with forecasts of future traffic conditions provides a better assessment of the effectiveness of proposed solutions.*

**KEY WORDS:** *traffic flow, capacity, level of service*

## 1. UVOD

Saobraćaj, kao deo privrednog sistema jedne zemlje, zauzima značajno mesto u državi. Zbog svoje uloge, saobraćajni sistem zahteva dobro funkcionisanje, pa iz tih razloga je potrebno obezbediti dobro funkcionisanje njegovih elemenata. Ovo se postiže smanjivanjem vremena čekanja što postižemo smanjivanjem vremena putovanja i zagušenja na mreži. Za dobro funkcionisanje saobraćaja posebna pažnja se posvećuje regulisanju saobraćaja na glavnim gradskim saobraćajnicama. U okviru diplomskog rada biće ispitani uslovi odvijanja saobraćaja na delu ulične mreže Novog Sada od raskrsnice Keja žrtava racije sa Radničkom ulicom do raskrsnice kod Trga neznanog junaka - krak 2 (bliži ulici Vojvode Putnika) sa Beogradskim kejom. Opisom načina regulisanja saobraćaja na pomenutom delu ulične mreže i postupkom brojanja saobraćaja stvara se postojeća slika saobraćajnog opterećenja, koja predstavlja polazni korak za dalja istraživanja i utvrđivanja pokazatelja kojima bi se postigla moguća poboljšanja na posmatranom delu ulične mreže i postojećim raskrsnicama i time stvorili mogući zadovoljavajući uslovi za odvijanje saobraćaja. Prognozom budućeg saobraćajnog opterećenja se dobija jasnija slika o uslovima odvijanja saobraćaja na raskrsnicama u narednom periodu eksploatacije. Vrednovanje predloženih rešenja za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja uz prognoze budućih uslova odvijanja saobraćaja daje bolju ocenu efikasnosti predloženih rešenja.

## 2. POLOŽAJ POSMATRANOG DELA ULIČNE MREŽE NOVOG SADA

Deo ulične mreže koji je tema ovog rada je veoma važan za funkiconisanje saobraćajnog sistema Novog Sada. Pruža se u pravcu sever – jug dužine od 430 m i čini istočnu granicu gradske četvrti Stari Grad i nalazi se uz levu obalu reke Dunav (slika 1.). Na njemu se nalaze četiri raskrsnice:

- nesemaforisana: Raskrsnica Kej žrtava racije (KŽR) sa Radničkom ulicom,
- semaforisane: Raskrsnica KŽR sa Ulicom Maksima Gorkog, Raskrsnica kod Trga neznanog junaka - krak 1 (bliži ulici Vojvode Mišića) sa Kejom žrtava racije, Raskrsnica kod Trga neznanog junaka - krak 2 (bliži ulici Vojvode Putnika) sa Beogradskim kejom.

Kej žrtava racije i Beogradski kej predstavljaju prioritetni pravac, u odnosu na sporedne ulice.




Slika 1. *Položaj analiziranog dela ulične mreže u odnosu na grad*

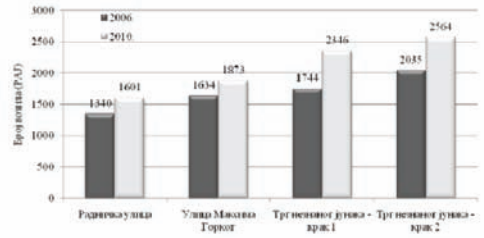
**NAPOMENA:**
**Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji je mentor bio dr Vuk Bogdanović.**

## 3. ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA SAOBRAĆAJNOG TOKA

Brojanjem saobraćaja se dobijaju podaci o opterećenju ulivnih grla raskrsnica po smerovima kretanja vozila kroz raskrsnicu, kategorijama vozila, neravnomernosti protoka po 15-minutnim inetrvalima, vršnom času itd [1]. Na osnovu ovih podataka dobija se prava slika o karakteristikama saobraćajnog toka, a sa druge strane na osnovu ovih podataka možemo izvršiti analizu efikasnosti odvijanja saobraćaja na posmatranom delu ulične mreže. Brojanje saobraćaja na posmatranom delu ulične mreže vršeno je 16.09.2010. godine (četvrtak). Brojanje je vršeno na sve četiri raskrsnice u odnosu na ranija brojanja iz 2006. godine, tako što su na sve četiri raskrsnice postavljene kamere koje su zabeležile sva kretanja vozila. Nakon toga je izvršeno brojanje vozila po kategorijama, koje je zabeleženo na brojačkim listovima [2].

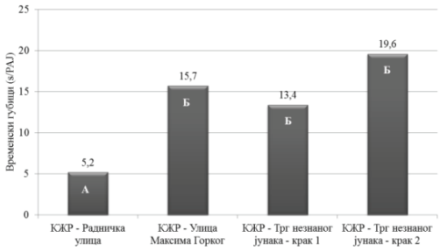
### 3.1. Analiza uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnicama posmatranog dela ulične mreže

Analiza uslova odvijanja saobraćaja zahteva primenu metodologija predstavljene u američkom priručniku za proračun kapaciteta i nivoa usluge puteva HCM (Highway Capacity Manual) iz 2000 godine [3]. Za analize koje je potrebno sprovesti u ovom radu relevantno je poglavlje 16 koje se odnosi na proračun kapaciteta i nivoa usluga signalisanih raskrsnica, i poglavlje 17 u kome je opisan postupak proračuna kapaciteta i nivoa usluge prioritetnih (nesignalisanih) raskrsnica.




Grafik 1. *Uporedni prikaz saobraćajnog opterećenja na raskrsnicama, za 2006. i 2010. godinu*

Sa grafika 1 se može uočiti da opterećenje na raskrsnicama ima rastući tok od raskrsnice Radničke ulice i Keja žrtava racije, koja je najmanje opterećena sa 1601 PAJ, pa sve do raskrsnice kod Trga neznanog junaka - krak 2 sa Beogradskim kejom koja je najopterećenija raskrsnica sa 2564 PAJ, u 2010. godini. Najopterećeniji prilazi na svim raskrsnicama su severni pa južni prilaz, dok je najzastupljenije vozilo putnički automobil. U odnosu na 2006. godinu opterećenje saobraćaja se najviše uvećalo na raskrsnici kod Trga neznanog junaka – krak 1 sa Kejom žrtava racije i to za 35 %.




Grafik 2. *Uporedni prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge na raskrsnicama, za 2010. godinu*

Iz grafika 2 se može videti da su vremenski gubici najmanji na raskrsnici Keja žrtava racije i Radničke ulice, 5,2 s, i da ona funkcioniše sa najboljim nivoom usluge „A“. Ostale tri raskrsnice funkcionišu sa većim vremenskim gubicima, i dobrom nivoom usluge „B“. Najveći vremenski gubici se javljaju na raskrsnici kraka 2 i Beogradskog keja i iznose 19,61 s. Može se zaključiti da sve raskrsnice funkcionišu sa zadovoljavajućim nivoom usluge A ili B, s tim da im sporedni prilazi funkcionišu sa lošim nivoom usluge D ili F. Vremenski gubici još nisu dostigli alarmantni momenat da bi se odmah morale sprovesti mere poboljšanja saobraćaja. Ali zbog mogućeg porasta saobraćajnog toka u narednim godinama može doći do većeg zagušenja ovih raskrsnica. Zbog toga će u narednom poglavlju biti prikazane prognozirane vrednosti veličine saobraćajnog toka u 2015. i 2020. godini eksploatacije, na osnovu kojih će biti proračunati vremenski gubici i nivoi usluge, na prilazima i raskrsnicama, koji se definišu za vršni period dana od 14:00 – 15:00 časova.

## 4. PROGNOZA BUDUĆEG SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA RASKRSNICAMA

Za prognoziranje novonastalog saobraćaja osnovni parametar je faktor rasta saobraćaja. Prethodno pomenuti faktor dobijamo preko faktora rasta BDP-a i to preko sledeće relacije (5.1):

$$F_i^n = (1 + e \cdot R_{BDP}^n)^n \qquad (5.1)$$

gde je:

$F_i^n$ - faktor rasta saobraćajnog toka ″i″ za n-tu godinu,
e - faktor elasticiteta,
$R_{BDP}^n$ - faktor rasta BDP-a za n-tu godinu,
n - prognozirani period.

Proizvodom prethodno dobijenog faktora i veličine saobraćaja u baznoj godini dobija se prognozirani saobraćaj, i to sledećom relacijom (5.2):

$$PGDS_i^n = PGDS_i^{BAZ} \cdot F_i^n \qquad (5.2)$$

gde je:

$PGDS_i^n$ – veličina saobraćajnog toka ″i″ za n-tu godinu,
$PGDS_i^{BAZ}$ - veličina saobraćajnog toka ″i″ u baznoj godini.

Iz grafika 3 se može videti da u analiziranoj 2010. godini, sve raskrsnice funkcionišu sa dobrim nivoom usluge „A“ ili „B“. Međutim, porastom veličine saobraćajnog toka, u narednim godinama eksploatacije doćiće do smanjenja kapaciteta svih raskrsnica, pa samim tim i povećanja vremenskih gubitaka, što iziskuje i to da raskrsnice funkcionišu sa lošijim nivoom usluge.




Grafik 3. *Uporedni prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge na raskrsnicama, za 2010., 2015. i 2020. godinu*

Već u 2015. godini eksploatacije raskrsnice bi funkcionisale sa lošijim ali i dalje zadovoljavajućim nivoom usluge „C“ ili „D“, dok bi u 2020. godini eksploatacije raskrsnice funkcionisale sa najlošijim

nivoom usluge „E“ ili „F“. Može se primetiti da bi se nivo usluge najviše pogoršao na raskrsnicama Keja žrtava racije i Radničke ulice i raskrsnici kod Trga neznanog junaka - krak 2 (bliži ulici Vojvode Putnika) sa Beogradskim kejom, ali će i u narednim godinama vremenski gubici biti najveći na raskrsnici kod Trga neznanog junaka - krak 2 (bliži ulici Vojvode Putnika) sa Beogradskim kejom. Na osnovu izvršene analize odvijanja saobraćaja i na osnovu dobijenih vrednosti veličine saobraćajnog toka u 2015. i 2020. godini eksploatacije, može se zaključiti da je potrebno naći neko rešenje koje bi doprinelo poboljšanju uslova odvijanja saobraćaja na analiziranom delu ulične mreže, pa su u narednim poglavljima prikazana idejna rešenja.

## 5. DEFINISANJE PREDLOGA REŠENJA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

Prvim predlogom rešenja predviđena je izmena horizontalne i vertikalne signalizacije. Ova izmena podrazumeva promenu namene traka na južnom prilazu raskrsnice Keja žrtava racije i Radničke ulice. Prvobitna namena leve trake za kretanja vozila pravo i levo, sada ima namenu samo za kretanja vozila levo, dok namena desne trake ostaje ne promenjena. Ovaj predlog rešenja predviđa i promenu načina regulisanja saobraćaja prioritetne raskrsnice Keja žrtava racije i Radničke ulice u raskrsnicu regulisanu svetlosnom saobraćajnom signalizacijom. Semaforisanjem raskrsnice otvara se mogućnost podešavanja vremenskih gubitaka. Naime semaforisanjem raskrsnice moguće je poboljšavanje odvijanja saobraćaja na sporedom prilazu povećavanjem faze sporednog prilaza, za razliku od prioritetne. Međutim bilo je potrebno pažljivo pristupiti određivanju dužine faza, jer se poboljšanjem uslova odvijanja saobraćaja na sporednom prilazu pogoršaju uslovi na glavnim prilazima. Kako bi se došlo do što boljih uslova odvijanja saobraćaja na analiziranom delu ulične mreže izvršena je izmena signalnih planova za postojeće semaforizovane raskrsnice. Uporedo sa tim izvršena je i koordinacija postojeće tri semaforizovane raskrsnice sa raskrsnicom Keja Žrtava racije i Radničke ulice. Prilikom koordinisanja svetlosnih signala na analiziranom delu ulične mreže uzeto je u obzir to da je smer sever - jug opterećeniji od suprotnog smera, pa će „zeleni talas“ trajati duže za smer sever - jug. Ovim će biti omogućen gotovo kontinuirani tok u prioritetnom pravcu, zadatom brzinom od 50 km/h i u uslovima visokog komfora.

Drugim predlogom predviđena je izmena horizontalne i vertikalne signalizacije. Ova izmena podrazumeva promenu namene traka na južnim prilazima svih analiziranih raskrsnica. Prvobitna namena leve trake za kretanja vozila levo, sada ima namenu samo za kretanja vozila pravo, dok namena desne trake ostaje ne promenjena. Ovaj predlog rešenja predviđa i promenu načina regulisanja saobraćaja prioritetne raskrsnice Keja žrtava racije i Radničke ulice u raskrsnicu regulisanu svetlosnom saobraćajnom signalizacijom. Semaforisanjem raskrsnice otvara se mogućnost podešavanja vremenskih gubitaka. Naime semaforisanjem raskrsnice moguće je poboljšavanje odvijanja saobraćaja na sporednom prilazu povećavanjem faze sporednog prilaza, za razliku od prioritetne. Međutim bilo je potrebno pažljivo pristupiti određivanju dužine faza, jer se poboljšanjem uslova odvijanja saobraćaja na sporednom prilazu pogoršaju uslovi na glavnim prilazima. Kako bi se došlo do što boljih uslova odvijanja saobraćaja na analiziranom delu ulične mreže izvršena je izmena signalnih planova za ostale semaforizovane raskrsnice. Uporedo sa tim izvršena je i koordinacija postojeće tri semaforizovane raskrsnice sa raskrsnicom Keja Žrtava racije i Radničke ulice. Prilikom koordinisanja svetlosnih signala na analiziranom delu ulične mreže uzeto je u obzir to da je smer sever - jug opterećeniji od suprotnog smera, pa će „zeleni talas“ trajati duže za smer sever - jug. Ovim će biti omogućen gotovo kontinuirani tok u prioritetnom pravcu, zadatom brzinom od 50 km/h i u uslovima visokog komfora

## 7. VREDNOVANJE I IZBOR REŠENJA

Pod pojmom vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže podrazumeva se procedura ocenjivanja i odlučivanja u sistemu osmišljavanja optimalnog razvoja i korišćenja putne mreže uključujući postupke definisanja pokazatelja i kriterijuma relevantnih za ocenjivanje i odlučivanje.

### 7.1. FUNKCIONALNA I EKONOMSKA ANALIZA

Iz dole navedenih grafika se može videti da sprovođenjem predloženih rešenja na raskrsnici Keja žrtava racije i Radničke ulice dolazi do manjeg povećanja vremenskih gubitaka u odnosu na postojeće stanje, za 2010. godinu, ali toliko da nivo usluge ostaje isti i najbolji. U godinama eksploatacije oba rešenja će dati niže vremenske gubitke pa samim tim i bolje nivoe usluge u odnosu na postojeće stanje.



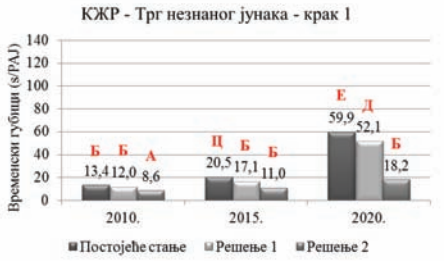

Grafik 4. *Uporedni prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge*




Grafik 5. *Uporedni prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge*

Kod ostalih raskrsnica se primećuje da oba rešenja daju manje vremenske gubitke i bolje nivoe usluge od postojećeg stanja, s tim da drugo predloženo rešenje daje manje vremenske gubitke u odnosu na prvo predloženo rešenje na svim raskrsnicama. Može se primetiti da će

raskrsnice duži vremenski period funkcionisati sa manjim vremenskim gubicima, ako se realizuje drugo predloženo rešenje.




Grafik 6. *Uporedni prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge*




Grafik 7. *Uporedni prikaz vremenskih gubitaka i nivoa usluge*

Ekonomskom analizom izvršiće se upoređivanje troškova realizacije predloženih rešenja. Predračunom radova predstavljeni su troškovi predloženih rekonstrukcija raskrsnica odnosno analiziranog dela ulične mreže. Troškovi su prikazani tabelarno po grupama u prilogu 5 i izraženi u dinarima (din = 1 EURO).

Tabela 8.1. *Cene realizacije predloženih rešenja*

| Predloženo rešenje | Rešenje 1 | Rešenje 2 |
|---|---|---|
| Cena (DIN) | **3.345.783,53** | **3.473.785,88** |

Iz prethodne tabele se vidi da su troškovi realizacije drugog predloženog rešenja veći od troškova realizacije prvog predloženog rešenja, odnosno da su veći za 128002,35 dinara, ali kao što se moglo primetiti u prethodnom poglavlju, raskrsnice će duži vremenski period funkcionisati sa manjim vremenskim gubicima i boljim nivoom usluge, sprovođenjem drugog predloženog rešenja.

## 8. ZAKLJUČAK

Analizom regulacionih mera na posmatranom delu ulične mreže se vidi da su svetlosna, vertikalna i horizontalna signalizacija na zadovoljavajućem nivou i obezbeđuju efikasno i bezbedno odvijanje saobraćaja. Analiza brojanja saobraćaja pokazuje da je saobraćaj na ovom delu ulične, duž Keja žrtava racije odnosno Beogradskog keja, tranzitnog karaktera. Tokove na posmatranom delu ulične mreže karakteriše malo učešće komercijalnih vozila, odnosno izražen broj putničkih automobila.

Na osnovu analize uslova odvijanjnja saobraćaja zaključuje se da u analiziranoj 2010. godini, sve raskrsnice funkcionišu sa dobrim nivoom usluge „A“ ili „B“, s tim da im sporedni prilazi funkcionišu sa lošim nivoom usluge D ili F.

Vremenski gubici ne dostižu alarmantni momenat da bi se odmah morale sprovesti mere poboljšanja saobraćaja.

Međutim, prognoziranim porastom veličine saobraćajnog toka, u narednim godinama eksploatacije dolazi do smanjenja kapaciteta svih raskrsnica, pa samim tim i povećanja vremenskih gubitaka, što iziskuje i to da raskrsnice funkcionišu sa lošijim nivoom usluge. Već u 2015. godini eksploatacije raskrsnice bi funkcionisale sa lošijim ali i dalje zadovoljavajućim nivoom usluge „C“ ili „D“, dok bi u 2020. godini eksploatacije raskrsnice funkcionisale sa najlošijim nivoom usluge „E“ ili „F“, pa se zaključuje da je potrebno naći neko rešenje koje bi doprinelo poboljšanju uslova odvijanja saobraćaja na analiziranom delu ulične mreže.

Vrednovanjem predloženih rešenja se zaključuje da oba rešenja daju manje vremenske gubitke i bolje nivoe usluge od postojećeg stanja, s tim da drugo predloženo rešenje daje manje vremenske gubitke u odnosu na prvo predloženo rešenje na svim raskrsnicama. Troškovi realizacije prvog predloženog rešenja su ne znatno manji od troškova realizacije drugog predloženog rešenja. Tačnije troškovi realizacije drugog predloženog rešenja su veći za 128002,35 dinara, ali kao što se moglo primetiti raskrsnice će duži vremenski period funkcionisati sa manjim vremenskim gubicima i boljim nivoom usluge, sprovođenjem drugog predloženog rešenja.

Preduzete mere pre svega utiču na smanjenje vremenskih gubitaka na raskrsnicama, smanjenje broja zaustavljanja vozila po ciklusu na uzastopnim raskrsnicama duž koordinisanog pravca i bolje funkcionisanje svih raskrsnica posmatranih kao sistem.

## 9. LITERATURA


[1] Kuzović Lj. „Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica“ Beograd 2000 god.

[2] Jovanović B., Analiza uslova odvijanja saobraćaja na delu ulične mreže Novog Sada od raskrsnice Keja žrtava racije sa Radničkom ulicom do raskrsnice kod Trga neznanog junaka – krak 2 (bliži ulici Vojvode putnika) sa Beogradskim kejom, FTN, Novi Sad, 2011. god.

[3] Highway Capacity Manual 2000

[4] Kuzović Lj. „Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica“ Beograd 2000 god.

[5] Kuzović Lj, Bogdanović V. „Teorija saobraćajnog toka“, Novi Sad, 2004 god.

[6] Đorđević T. „Regulisanje saobraćajnih tokova svetlosnom signalizacijom“, Beograd 1997 god.


**Kratka biografija:**



**Branislava Jovanović** rođena je u Zrenjaninu 1986. god. Fakultetu tehničkih nauka je upisao 2005 godine na odseku za Saobraćaj – smer Drumski saobraćaj. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranila je 2013.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 655**

# GENERISANJE FONTA ZAHARIJUS PISANA ANTIKVA POMOĆU PROGRAMA FONTLAB STUDIO 5

# GENERATING ZAHARIUS CALLIGRAPHIC ANTIQUA FONT USING FONTLAB STUDIO 5 SOFTWARE

Eva Galamboš, Bojan Banjanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast: GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *U radu su opisane karakteristike nacrta pisma Zaharijus rukopisna antikva; opisani koraci u procesu digitalizacije nacrta ovog pisma, i postupak podešavanja opcija unutar aplikacija za vektorsko crtanje i oblikovanje fontova. Nacrti pisma Zaharijus rukopisna antikva digitalizovani su u softverima Adobe Illustrator i FontLab Studio i generisani u Open Type True Type format, sa urađenim metrikama i hintovima.*

**Abstract** – *This paper describes characteristics of Zaharijus Calligraphic Antiqua typeface; steps of sketch digitalization process of this typeface and process of adjusting preferences for vector drawing software and font generating software. Sketches of typeface Zaharijus Calligraphic Antiqua are digitalized using applications Adobe Illustrator and Font Lab Studio and font is generated in Open Type True Type format with adjusted metrics and hint mechanisms.*

**Ključne reči:** *Digitalna tipografija, Font formati, hintovanje, Open Type, generisanje tipografskog fonta.*

## 1. UVOD

Cilj ovog rada je da razmotri ključne momente digitalne tipografije kao i da razreši neke karakteristične dileme i zablude i da kao krajnji rezultat rada prikaže font Zaharijus pisana antikva u Open Type TT formatu.

U ovom radu korišćeni su nacrti profesora Slobodana Nedeljkovića kako bi se objasnio metod generisanja rukopisne antikve u programskom alatu FontLab Studio 5. Objašnjen je nastanak pisma Zaharijus rukopisna antikva, njene karakteristike, a zatim su dati i primeri latiničnog i ćiriličnog oblika ovog pisma.

Data su i pojašnjenja oblikovanja određenih slovnih znakova. Zatim je opisan postupak digitalizacije nacrta pisma pomoću softvera Adobe Illustrator i FontLab Studio 5, kao i osnovne merne jedinice koje se koriste u FontLab-u.

Opisan je i postupak definisanja razmaka između slovnih znakova, odnosno podešavanja metrike i kerning parova. Posle toga objašnjen je postupak hintovanja (pripreme fonta za kvalitetan prikaz na uređajima malih rezolucija), a zatim i proces generisanja fonta u OpenType TrueType font formatu.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad je proistekao iz master-diplomskog rada čiji mentor je bio mr Uroš Nedeljković, doc.**

## 2. ZAHARIJUS PISANA ANTIKVA

„Zaharijus pisana antikva“ nije „ustaljenog profila“, kakve su većine ranijih - zbog kojih je verovatno i postao uobičajna praksa da se ova pisma ubacuju u Umetničke Antikve. Ovaj oblik Antikve je pun kompromisa a zasnovan je na suženoj varijanti pisma. Kontinuitet osnovnih postavki „Mega pisma Zaharijus“, nastavlja se i u ovoj tipografskoj formi pisma. Na predočenoj formi (datoj u pozitivu i negativu), u latinici kod verzalnih slova uočljiv je „prelom“ slovnih znakova preuzet od Gotoantikve. Karakteristično suženje slovnih znakova nije u duhu Antikve (ne u toj meri), ali sloboda u tretiranju slovnih znakova kod Rukopisnih oblika u nekoj meri to omogućava. Izdignuto i time prenaglašeno L svojim vrhom je okrenuto u desno, kao kontrapunkt ostalim potezima, ima ulogu da animira prazninu karakterističnu za ovaj slovni znak.

Slovo R nema naglašeni vertikalni potez sa karakterističnim početkom iz gornjeg levog ugla (kao kod slova B, D, Đ itd.), već je potez apstrahovan u želji da se ne stvori - odnosno izbegne, sigurno zatamnjenje koje bi se insistiranjem na ovom potezu ukazalo. Znak B ima naglašeni unutrašnji dijagonalni potez koji se u ovom pismu završava prenaglašenim zasečenim krajem. Problematičan je potez na slovu O čija je funkcija animiranje inače statičnog slova. To se odnosi na smer gornjeg horizontalnog poteza, pošto postaje očito da se taj završetak treba oblikovati u duhu završnog gornjeg horizontalnog poteza na slovu T, koji se završava na gore. Latinični i ćirilični verzal ovog pisma prikazan je na slikama 1 i 2, na slikama 3 i 4 prikazan a su kurentna slova za latinicu i ćirilicu, na slici 5 dat je prikaz brojeva, na slici 6 mogu se videti interpunkcijski znaci fonta Zaharijus rukopisna antikva [1].

Ako bismo krenuli prema klasičnom Antikva obrascu, mnogi znaci su rešeni u duhu Gotoantikve. Pismo predstavlja nadgradnju prelazne forme sa elementima koje možemo naći kod prvih nemačkih kreatora antikvi pre Prvog sv. Rata, poput Berensa, Vajsa i Koha. S’ druge strane, ova forma pisma vrlo je bliska „Dav Antikvi“, koja je nastala na samom početku 20tog veka, a koja je verovatno prva prava Rukopisna antikva [1].

Dok je verzal bio okvirno rešen, kurent je iziskivao nove, donekle radikalne forme slovnih znakova. Slovo m, je dato u formi koja je veoma blizu rešenja datog u Zaharijus teksturi, slovo a, je koncipirano sa nagnutim osnovnim stablom, što je karakteristika rane Karolinske minuskule, dok kod ovog pisma usled svoje frekventnosti (oko 11,61 %), kosina doprinela remećenju monotonije preovlađujućih uzastopnih vertikala.



Slika 1. *Zaharijus rukopisna antikva, verzal, latinica*



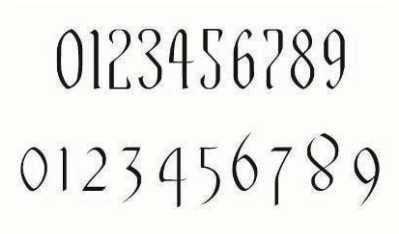
Slika 2. *Zaharijus rukopisna antikva, verzal, ćirilica*



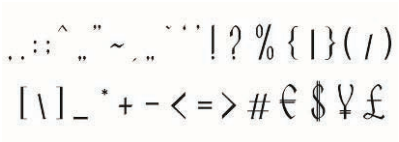
Slika 3. *Zaharijus rukopisna antikva, kurent, latinica*



Slika 4. *Zaharijus rukopisna antikva, kurent, ćirilica*



Slika 5. *Zaharijus rukopisna antikva, brojevi*



Slika 6. *Zaharijus rukopisna antikva, znaci interpunkcije*

Kurentno r, je uobličeno da asocira na grčko kurentno „ro“, pošto kao ni verzalno larinično R, nema vertikalu datu u kontinuitetu.Ono što bi se moglo shvatiti kao novina koja nije posledica morfoloških oblika tog perioda (perioda rane renesanse) je uobličavanje slova b, v i d. Slova b i d su posledica reforme ruskog imperatora Petra Velikog. Dok je kurentno slovo b, u osnovi njegovih prvih nacrta, tada gotovo sigurno predviđeno i kao verzalno B, kurentno d se u promotivnom tekstu javlja kao moguća alternativa bez isključivosti. Kasnije je slovni znak postepeno, pre svega preko školskog ili kancelarijskog rukopisa infiltrirao u tipografsku formu. Slovo v(v), je iskazano kao tipografski oblik, kakav do tada nije korišćen sem u kaligrafiji.
Zaharijus Rukopisna Antikve je u osnovi tzv, Gotoantikva, blaži prelaz između Antikva i gotičkih pisama. Normalno druga osobina ovog pisma je suženi lik, zahvaljujući kome možemo komotnije slagati tekst, bez strepnje da li će nam (uvek nešto šira) Antikva, zauzeti previše prostora, ili će nam pismo usled „delovanja“ Gotičkih primesa u njemu - biti manje jasno ili nečitko! Pisane Antikve, mogle bi biti u sastavu Umetničkih antikvi, da ne podrazumevaju kaligrafski upliv u tipografska pisma [1].

## 3. PRIPREMA SLOVNIH ZNAKOVA

Oblikovaje slovnih karaktera rađeno je u programu Illustrator i njihova dalja obrada u FontLabu. Za određivanje formata radne površine na kojoj se radi, pre svega, potrebno je odrediti (izmeriti) visine slovnih karaktera (glyph-ova). Visine koje su u ovim merenjima korišćene izražene su u milimetrima, ali se mogu izraziti i u pointima ili inčima.Suština ovog koraka je da se radna površina u Illustrator-u podesi tako da odgovara jedinicama FontLab-a. Jedan point u Illustratoru mora biti ekvivalentan jednom unit-u po EM kvadratu u FontLab-u; 1pt=1UPM. Veličina DESCENDER se u FontLab-u uvek prikazuje kao negativna vrednost računata od osnovne linije. Tako je visina descender (p)-210 pt. Potrebno je izmeriti i visine odstupanja oblih slova od osnovne linije, x-visine i visine velikog slova (overshoots). Nakon izračunacanja karakteristične visine, potrebno je odrediti visinu EM kvadrata. Visina EM kvadrata se dobija sabiranjem vrednosti visina ascender i sescender. Širina formata radne površine novog dokumenta u programu Ilustrator biće 1000pt, da bi odgovarala FontLab-ovom

EM kvadratu tj. vrednosti od 1000 UPM. Nakon toga, dobijene vrednosti potrebno je prebaciti u vrednosti sa kojima se služi FontLab, kako ne bi došlo do bespotrebnog skaliranja i otstupanja od utvrđene širine poteza. Koristi se sledeća formula za prevođenje gore pomenutih vrednosti:

**(Visina u mm/visina EM kvadrata)*1000 = nova vrednost**

Dobijene su vrednosti: Ascender (d) =790 pt, Caps (H): =702 pt, X-height: =514 pt, Baseline: = 0, Descender (p): = -210 pt, Ascender + Descender: 790+210 = 1000
Ovim proračunom su dobijene vrednosti koje treba koristiti u programu Illustrator prilikom pripreme slovnih znakova za eksportovanje [2].

## 4.PODEŠAVANJE METRIKE I KERNING PAROVA

Kada su svi slovni znaci ubačeni u FontLab i postavljeni na odgovarajuća mesta, potrebno je podesiti razmake između njih kako bi se prilikom ispisa postigla vizuelna usaglašenost i ritam tj. pravilno smenjivanje poteza i belina. Za određivanje metrike ne postoje određena pravila koja bi se pratila, već podešavanja zavise od oblika znakova kao i od vrste pisma za koji se pravi font. Neophodno je podesiti metriku za određene znakovne parove tj. definisati kerning parove [2].
Imajući u vidu, da se u okviru nekog fonta može definisati i po nekoliko hiljada kerning parova, dodeljivanje kerning vrednosti pojedinačno svakom kerning paru, veoma je zamoran i mukotrpan posao. Opcija za podešavanje kerninga po klasama (class kerning), unutar programskog alata FontLab Studio 5, omogućava lako i jednostavno regulisanje razmaka u određenom kerning paru, grupisanjem slovnih znakova sa istim oblikom konture u odgovarajuću kerning klasu [3].
Postupak definisanja kerning klasa, započinje analiziranjem svih slovnih znakova u fontu, odnosno oblika njihovih kontura. Ovaj postupak ima za cilj pronalaženje slovnih znakova koji imaju sličan oblik konture sa leve ili sa desne strane. Takvi slovni znaci se grupišu u odgovarajuću kerning klasu. U tom slučaju, korisnik treba da definiše samo kerning par za ključno slovo u klasi – koje je istaknuto posebnom bojom – pa će ostala slova u klasi automatski dobiti istu vrednost kerninga. Generisanje kerning klasa u FontLab-u, vrši se u okviru panela sa klasama (Window→Panels→Classes). Da bi se karakteri grupisali i da bi se definisala klasa, potrebno je prevući određen karakter iz font prozora (Font Window) u polje Classes Panel a potom i karaktere koji imaju sličan oblik konture [3].

## 5. HINTOVANJE U FONTLAB-u

U daljem tekstu biće reči o pripremanju fonta za Type 1 hintovanje tj. biće opisan proces poboljšavanja FontLab-ovog automatskog hintovanja. Ključ uspešnog hintovanja je korektno definisanje poravnavajućih zona (aligment zones) i debljina vertikalnih i horizontalnih.

### 5.1 Pripremanje fonta za hintovanje

Hintovanje ne bi trebalo započinjati dok još nisu definisani oblici svih slovnih znakova. Podešavanje zona poravnavanja i definisanje debljine poteza svakako može da se uradi i u toku oblikovanja, ali se onda mora pripaziti da se ne odstupi od ovih definisanih vrednosti. Većina kontura slovnih znakova su crtani sa PostScript krivama, ali veliki broj tehnika hintovanja zahteva da ove krive budu konvertovane u TrueType krive, koje je nemoguće ponovo konvertovati u PostScript krive, a da ne uništimo prethodno definisane Type 1 hintove.

### 5.2 Podešavanje zona poravnavanja (Alignment zones)

Zone poravnavanja predstavljaju opseg vrednosti po y-osi. Kada koordinate slovnog znaka (na primer, vrh slova o) ulaze u definisani opseg one će biti tako hintovane da se poravnaju sa drugim slovnim znacima kojima je vrednost y koordinate u istom opsegu, tako da slova ne “skaču” po osnovnoj liniji pri nižim rezolucijama.
FontLab prikazuje zone poravnanja kao plave horizontalne trake u Glyph window prozoru. Da bi se prikazale treba ih uključiti iz glavnog menija (View/Show Layers/Alignment Zones.) Ako se zone ne pojave to znači da nisu još definisane. Svaka plava traka pokazuje donju i gornju granicu zone. Zona je potrebna za svaku vertikalnu granicu po kojoj bi slova trebala da se poravnaju. (Capitalzone, Ascender zone, x-height zone, baseline zone, descender zone). Zone se podešavaju na sledeći način:
- Potrebno je izabrati reprezentativnu grupu slovnih znakova i analizirati njihove visine. Pogledati svaki glif i zapisati njegove vertikalne koordinate za one tačke po kojima bi se ovaj znak trebao poravnavati.
- Sakupiti koordinate svih znakova u određeni opseg ili zonu. Na primer, ako su koorinate u blizini x-visine, (916, 922, 923, 935, 940, 944) onda bi zona bila definisana kao (916, 944). Treba izbegavati da zone budu preširoke, tako da ako u okviru ovih visina naiđemo na bitnu tačku sa (y) koordinatom (850), ne treba je dodavati u opseg, jer to može da nam iskrivi slovni znak. U ovom slučaju je najbolje za taj glyph i tu visinu napraviti još jednu novu zonu.
- Sakupljene koordinate upisati u meni Hinting Settings. Izabrati (File/Font Info/Hinting settings.) “Primary zones” su one zone iznad osnovne linije, uključujući i osnovnu liniju, a “Secondary zones” su zone ispod osnovne linije.

Prva vrednost (-4, 0) predstavlja zonu poravnavanja osnovne linije, tj. zonu gde mala i velika obla slova prelaze ispod osnovne linije za 2 tačke u negativnom smeru.
Druga vrednost (1069, 1069) predstavlja zonu za x-visinu.
Treća zona (1614 , 1614) predstavlja zonu poravnanja za visinu velikog slova, ali ujedno i za asendere.
Secondary zone (-432, -381) predstavlja zonu poravnanja za disendere.

### 5.3 Determinisanje i podešavanje debljine poteza

Širine osnovnih vertikalnih i horizontalnih poteza (eng. stems) treba da budu konzistentne i na malim rezolucijama kako bi font bio čitljiv. Pažljivo oblikovanje će nam u dobrom delu obezbediti konzistentnost, ali identične širine ne mogu uvek biti postignute (posebno kod zakrivljenih poteza).
Proces determinisanja širina poteza je sličan onom iz prethodnog koraka. Pažljivo pregledati svaki glif i izmeriti njegove vertikalne i horizontalne poteze [4].

## 6. GENERISANJE FONTA

Da bi generisali font u željenom formatu, potrebno je podesiti još neke opcije kako bi rezultat bio još bolji. U opciji Names and Copyright, postarati se da su sva polja za unos teksta popunjena.

Koristiti dugme Validate Names da bi se proverilo potencijalno pogrešno ime. Popuniti i stranice Copyright information, Embedding, Designer information i Licence information. Na Version Identification stranici, staviti broj u prvo polje, a zatim levi klik na zeleno Auto dugme.

Na Basic identification stranici pritisnuti zeleno Auto dugme i dugme Now kako bi ispisao vreme nastanka fonta. Ostaviti polja za unos Type 1 broja prazna i u polje za Vendor code ukucati malim slovima, a da ima 4 slova ili se registrovati kod Microsoft Typography i ukucati broj koji je dobijen. Na Panose identification stranici selektovati dugme Auto i podesiti polja po potrebi. Na Metrics and Dimensions stranici, UPM vrednost fonta može biti 1000 za sve formate, ali se najčešće za TrueType format stavlja 2048 za ovu vrednost.

Na TrueType-specific metrics stranici pritisnuti oba Recalculate dugmeta jer se ovako dobijaju najbolji rezultati. Asender vrednosti treba da su pozitivne, a disender negativne.

Proveriti da li je zbir asender i disender vrednosti jednak sa UPM vrednosti (1000). Vrednost hhea Ascender i hhea Descender treba da su jednaki sa WinAscent i WinDescent rednostima [5].

## 7. ZAKLJUČAK

Kao krajnji rezultat ovog rada je font Zaharijus rukopisna antikva u Open Type True Type formatu sa urađenim metrikama i hintovima. Ovako generisan font spreman je da se instalira na računar i koristi kako za prikaz na ekranu tako i za štampanje.

Softverski alat FontLab Studio5, omogućava pojednostavljen i ubrzan rad na digitalizaciji pisma. Grupisanjem slovnih znakova u kerning klase, znatno se olakšava proces definisanja razmaka između slovnih znakova, a automatskim hintovanjem se može dobiti font pogodan za prikaz na uređajima manjih rezolucija. Detaljnijim manuelnim hintovanjem, ovaj proces bi se dodatno mogao unaprediti. Na kraju, moglo bi se reći da FontLab Studio 5 ima sve što je potrebno jednom savremenom tipo dizajneru i da se u njemu mogu dobiti veoma kvalitetni rezultati, odnosno kvalitetna digitalizacija jednog tipografskog pisma.

## 8. LITERATURA


[1] Slobodan Nedeljković; Tipografije ćiriličnih baroknih pisama transponovanje u savremenu tipografsku formu, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2009.

[2] http://www.sk.rs/2008/01/sktr09.html

[3] Cabarga, L. (2008). „Learn FontLab fast“. Los Angeles: ICONOCLASSICS Publishing Co.

[4] https://soma.sbcc.edu/users/Russotti/111/read_mes/unit03_type_basics.html#

[5] www.tipometar.org/pojmovnik/indexLat.html


**Adrese autora za kontakt**


Galamboš Eva
galambos.eva@gmail.com
Banjanin Bojan
banjanin.bojan@gmail.com
Uroš Nedeljković
urosned@uns.ac.rs

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 77.05

# OSVETLJAVANJE AKTA U FOTO STUDIJU

# LIGHTING THE NUDE IN THE PHOTO STUDIO

Danijela Živković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *U radu su prezentovane osnove najznačajnijih činilaca osvetljenja akta u studiju i virtualizacija osvetljenja u studiju. Proces osvetljavanja modela objašnjen je na osnovu prikaza različitih položaja i uloga svetla sa i bez upotrebe svetlosnih modifikatora. Različiti postignuti estetski efekti prikazani su kroz akt fotografiju.*

**Abstract** – *The disertation presents basis of the most important factors in the lighting the nude in studio and virtualization lighting in the studio. The process of lighting models is explained on the basis of views of different positions and roles of light with and without the use of lights modifiers. Different aesthetic effects achieved are shown in the act of photography.*

***Ključne reči:*** *Osvetljavanje akta u studiju, svetlosni modifikatori, fotografija*

## 1. UVOD

Prostorna pozicija izvora svetla, objekta i fotoaparata definiše poziciju i oblik senke na objektu. Senka stvara teksture, oblike, perspektivu i dodaje trodimenzionalnost fotografiji. Fotografije bez senki izgledaju ravno i vizuelno su neinteresantne. Objekat osvetljen samo sa jedne strane ili iz pravca iza objekta izdvojiće objekat od pozadine i daće mu trodimenzionalnost. Svetlo koje pada pod oštrim uglom u odnosu na fotoaparat doprinosi isticanju teksture i detalja na površini tela koji se fotografiše.

Interesantno i dramatično svetlo u prirodi javlja se neposredno nakon izlaska sunca i neposredno pre zalaska, što se u studiju simulira svetlom sa gornje ili donje strane. Poznavanje softvera kao što je *set.a.light 3D STUDIO* omogućava da se lako pripremi fotografisanje u studiju i isplanira najmanji detalj i pre nego što se uđe u studio. Virtuelni studio na raspolaganju ima preko 50 različitih reflektora, difuzora i pozadina, osam različitih modela i mnogih alata i rekvizita koji mogu da se prilagode svim potrebama (boja, veličina i sl).

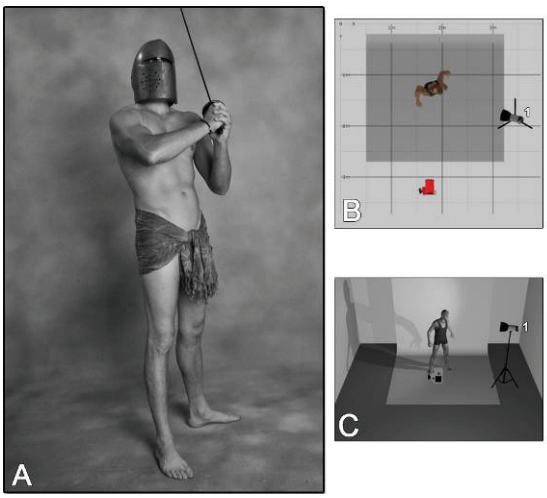
Iako se radom u virtuelnom studiju sa svetlosnim podešavanjima i konfiguracijom uštedi puno vremena i novca, za eksperimentisanje i sprovođenje svoje ideje i vizije potrebno je upoznati sa osnovnim ulogama, položajima, funkcijama i tipovima svetlosti.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio mr Milan Aleksić. red. prof.**

U radu će se prikazati primena osnovnog, dopunskog, kontra i pozadinskog svetlo, pojedinačno ili u kombinaciji ili se dopunu reflektujućih ploča kroz finalnu fotografiju, dvodimenzionalni i trodimenzionalni šemu postavke svetla uz pomoć virtualnog studija.

## 2. PRIMENA JEDNOG IZVORA SVETLOSTI

### 2.1 Osnovno svetlo




Slika 1. *Osnovno svetlo*

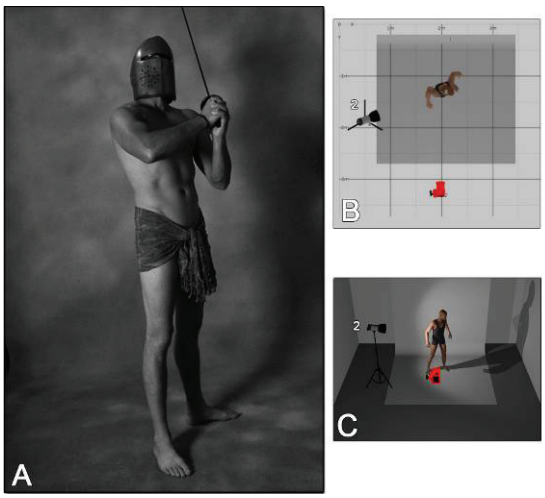
Svetlost koja je usmerena prema objektu, i svetlost na kojoj se bazira osnovno očitavanje svetla, naziva se ključno ili osnovno (Slika 1) [4]. U žargonu fotografa, ova svetlost sasvim prikladno zove se ključno svetlo, jer je to ključ za ceo scenario osvetljenja. Sva ostala svetla će biti stavljena i korigovana jačina u odnosu na izmerene vrednosti osnovnog svetla. To je svetlost koja stvara senke koje oblikuju telo subjekta.

### 2.2. Dopunsko svetlo

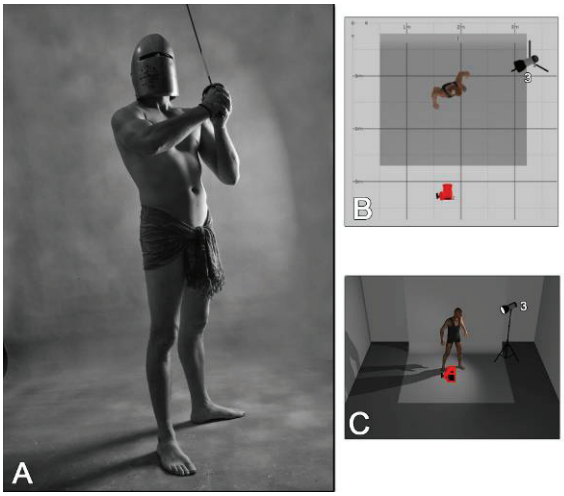
Svaka svetlost koja se koristi da se otvore ( razvedre ) osenčene oblasti na modelu se zove dopunsko svetlo (Slika 2) [4]. Dopunsko svetlo ne baca vidljivu senku subjekta, jer je postavljena da proizvede manje svetla od ključnog svetla.

### 2.3. Kontra svetlo

Svetla koje odvaja predmet od pozadine, se uglavnom nazivaju "kickers" - kontra svetla (Slika 3), jer vizuelno "izbacuju" subjekt iz pozadine [4]. To pomaže da se izbegnete oblast spajanja tonova (gde se subjekt i pozadina ne mogu lako razlikovati jedan od drugih). U zavisnosti od toga kako se koriste, ova svetla zovemo još i svetlo kose ili bočno svetlo.



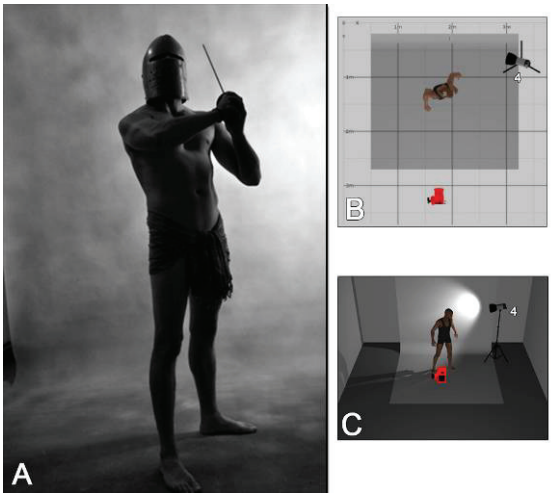

Slika 2. *Dopunsko svetlo*




Slika 3. *Kontra svetlo*

**2.4. Pozadinsko svetlo**

Svetla usmerene na pozadinu koja ne padaju na subjekat se zove pozadinska svetla [4] (Slika 4). Većina aktova je kreirana sa mešavinom svetla i svetlosnih modifikatora.

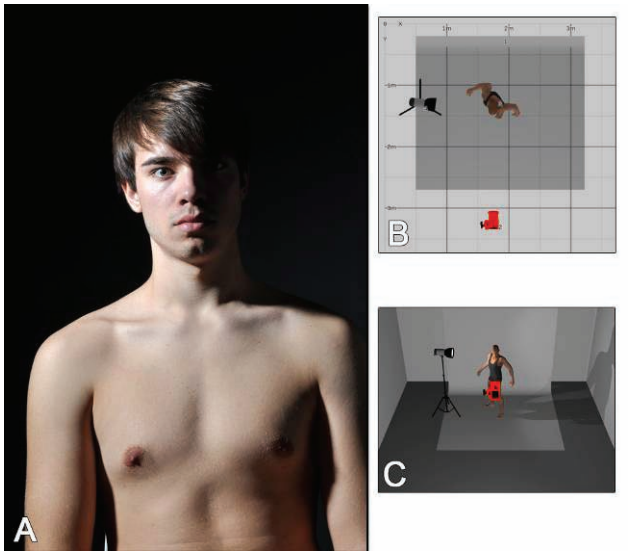



Slika 4. *Pozadinsko svetlo*

## 3. REFLEKTUJUĆE PLOČE DOPUNJUJU RASVETU

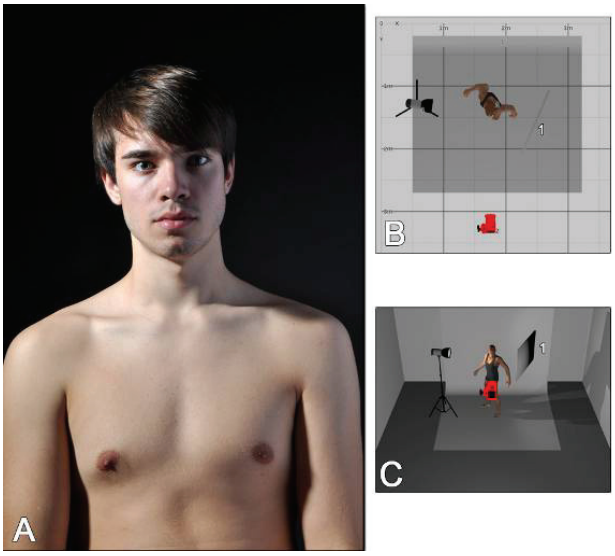
Iako se i samo jednim svetlom kao rasvetom mogu dobiti odlične fotografije, prilikom fotografisanja uz veštačko svetlo najčešće se ipak mora nešto uraditi da bi se ublažili tvrdi kontrasti, postigla veća izražajnost detalja, koji se inače gube u tamnim senkama (Slika 5a), te da bi se model odvojio od pozadine [3].

Najdelotvornija metoda sastoji se u primeni reflektujuće ploče, koja odbija svjetlo glavnog izvora svjetlosti tamo gdje je najpotrebnije. Reflektujuće ploče postoje u mnogim oblicima i veličinama, a proizvode se od najrazličitijih materijala.



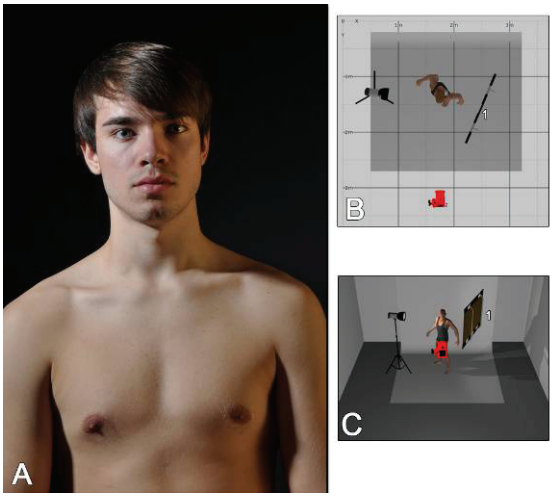

Slika 5. *Bez reflektujuće ploče*

Većina amatera se zadovoljava komadom belog tvrdog kartona veličine 40x50 cm. Bela strana reflektuje difuzno meko i jednolično svetlo (Slika 6a), kakvo je potrebno za obasjavanje senki na aktovima.




Slika 6. *Bela reflektujuća ploča*

Metalizirana strana reflektuje snažnije i "tvrđe" svetlo (S. 7a), prikladno za isticanje teksture korišćena je zlatna metalizirana strana, koja daje toplo i prirodno svetlo.



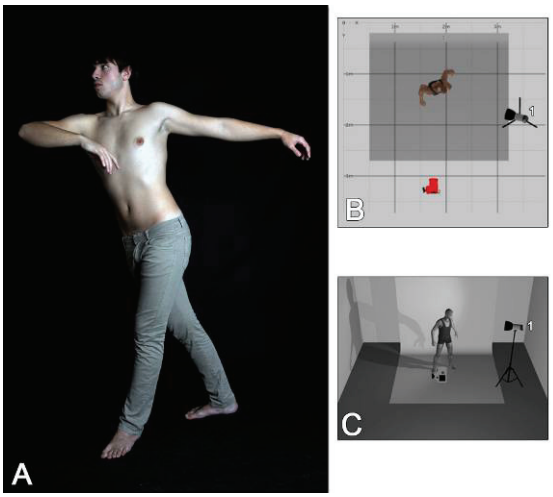

Slika 7. *Aluminijumska folija kao reflektujuća ploča*

## 4. PRIMENA VIŠE IZVORA SVETLOSTI

Svetlo za rasvetu i reflektujuće ploče ne mogu adekvatno rasvetliti tako komplikovan motiv poput ovog: ruka je ispružena, druga savijena u laktu, a koža i pantalone se skoro stapaju i odudaraju od pozadine. Da bi svaki deo takvog motiva bio dovoljno rasvetljen, usklađuje se nekoliko rasvetnih tela, od kojih je svako, već prema svojoj svrsi, brižljivo usmereno [1].

### 4.1 Primena samo osnovnog svetla

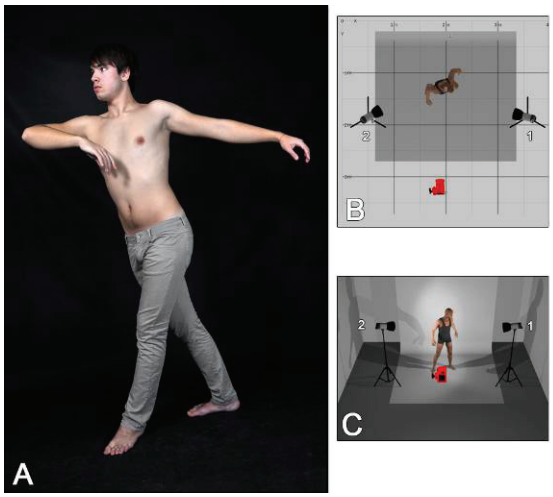
Prvo se odredi smer, vrstu i intenzitet glavnog izvora svetlosti. U ovom slučaju kompozicija slike se temelji na linijama koje stvaraju ruke, noge i vrat modela (Slika 8a). Reflektor, smešten iznad modela, pomaknut napred i udesno (Slika 8b i 8c), osvetljava sve delove osim uzdignute desne ruke.




Slika 8. *Osnovno svetlo*

### 4.2 Primena osnovnog i dopunskog svetla

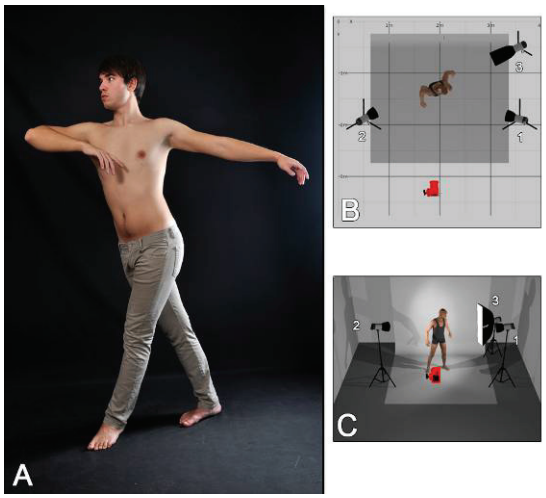
Taj nedostatak neosvetljene desne strane modela dopunjuje drugi manji difuzor, koji je spreda levo ukoso usmeren prema dole (Slika 9b i 9c). To dopunsko svetlo rasvetljava i senke koje baca prvo, tako da se lice, vrat i noge modela pojavljuju sada u celosti i plastično (Slika 9a). No model još uvijek deluje kao da je sjedinjen sa pozadinom kao da je kartonska figura [3].




Slika 9. *Osnovno i dopunsko svetlo*

### 4.3 Primena osnovnog, dopunskog i kontra svetla

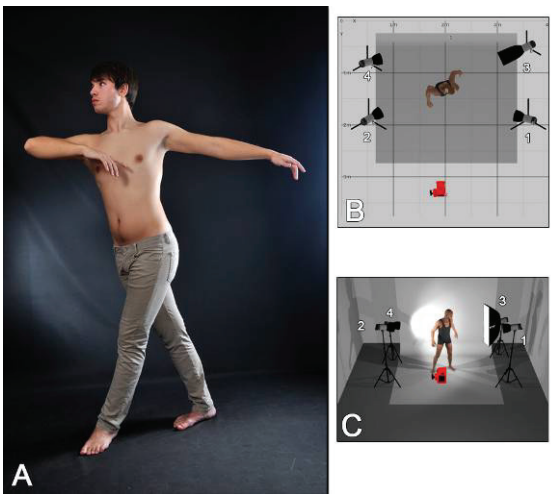
Uski difuzor (strip svetlo) smešteno u nivou modela i pomaknuto udesno unazad (Slika 10b i 10c), baca svetlo na kosu modela i gornju stranu njegovih ruku i nogu, te lik čini plastičnijim (Slika 10a). Vertikalno prema telu baca jaku senku koja naglašava horizontalne i vertikalne dimenzije.




Slika 10. Osnovno, *dopunsko i kontra svetlo*

### 4.4 Primena osnovnog, dopunskog, kontra i pozadinskog svetla

Četvrto rasvetno telo, uski snop svetla (spot-svetlo) tj pozadinsko svetlo, smešteno levo iza modela (Slika 11b i 11c), rasvetljava pozadinu (Slika 11a) [4].




Slika 11. *Osnovno, dopunsko, kontra i pozadinsko svetlo*

## 5. POZE

Poze, izraz i svetlo su tri ključna elementa u fotografijama akta, u stvari u svim fotografijama ljudi. Kada se ova ti elementa međusobno podržavaju slika dobija na snazi. Moguće je prilagoditi svetlo pozi koja se slika, ili da se prilagodi poza i izraz svetlu koje je na raspolaganju; meko svetlo (molski valerski ključ) daje romatične poze, teška svetlost (duboki durski valerski ključ) za dramu, i tako dalje [5].

Mora se posmatrati intenzitet svetla smer svetla i temperatura boje i eksperimentisati. Ponekad je dovoljno zatražiti od modela da se okrene ka ili odmakne, i izvor svetla će poboljšati sliku.

Ruke prekrštene preko grudi u kombinaciji sa spuštenom glavom ukazuju na ranjivost (slika 12). Ruka koja dodiruje bradu pojačava izraz. Ovakav gest zavodi i daje dozu zamišljenosti (slika 13).



Slika 12. *Zaštitni stav*



Slika 13. *Uspostavljanje kontakta*

## 6 ZAKLJUČAK

Pokušavajući da se odjednom postave više svetla dolazi se u zabunu šta i kako pojedina svetla doprinose postavci. Najlakše je da se postavi jedno po jedno svetlo na pravo mesto, počevši od osnovnog svetla. Osnovno svetlo je postavljeno tako da se dobije ukupan efekat koji se želi, i tek tada se prelazi na sledeće svetlo da ublaži nastale senke ili da istakne neki drugi deo slike ili pozadine. Kada se tako dobije ono sto se želi prelazi se na treće svetlo i tako dalje. Naknadno po potrebi postavljaju se i modifikatori i reflektujuće ploče radi isticanja ili ublažavanja pojedinih senki. Budući da prirodno svetlo obično dolazi odozgo, logično je da i veštački osnovni izvor svetlosti bude tako postavljen. No ako se već i neznatno promeni smer rasvete, rezultat može biti znatno drukčiji.

Kao zaključak može se naglasiti da prikladan položaj izvora svetlosti i modifikatora ne zavisi toliko od modela koji se želi fotografisati, već kako se namerava prikazati.

## 7. LITERATURA

[1] Paskal Baetens, “Nude photography – The art and the craft”, ISBN 978-0-7566-3176-5, 2007.
[2] RotoVision, “Lighting the Nude”
[3] Time Life, “Velika knjiga o fotografiji”
[4] Christopher Grey, “Master lighting guide”, ISBN 1-58428-125-1, 2004.
[5] Mr Slobodan Nedeljković, Miodrag Nedeljković, “Grafičko oblikovanje i pismo”, ISBN 86-17-06538-9, 1998.

**Adresa autora za kontakt:**
danijelafotostudio@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 655.06**

# MIGRACIJA METALA IZ ŠTAMPANOG PLAKATA

# THE MIGRATION OF METALS FROM PRINTED POSTERS

Mira Lasica, Savka Adamović, Miljana Prica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *Cilj rada je detekcija i kvantifikacija metala u osnovnim CMYK (cijan, magenta, žuta i crna) bojama upotrebljenim za štampanje plakata tehnikom tabačne ofset štampe i proračun količine CMYK boja potrebnih za tiraž od 1000 plakata. Takođe, u radu je ispitivan utica pH vrednosti rastvora na migracije metala iz štampanog plakata kroz petodnevni eksperiment i da li migrirajuće koncentracije metala prelaze maksimalno dozvoljene koncentracije po zakonskim uredbama Republike Srbije.*

**Abstract** – *The goal of the paper is the detection and quantification of heavy metals in primary CMYK (cyan, magenta, yellow, and black) inks used for printing posters by sheetfed offset printing technique and calculation of amounts of CMYK inks required for printing of 1.000 posters. Also, the paper presents the influence of the pH value of the solution on the migration of metals from printed posters using a five-day experiment, and whether the concentrations of migrating metals are exceeding the maximum allowed concentration prescribed by regulations of the Republic of Serbia.*

**Ključne reči:** *Plakat, metali, migracija, zagađenje*

## 1. UVOD

Zadatak grafičke industrije je dizajn, priprema, štampanje (umnožavanje) i završna grafička obrada širokog spektra grafičkih proizvoda među kojima je i plakat. Plakat je pisano, crtano, grafički umnoženo obaveštenje nalepljeno ili istaknuto na javnim mestima. Sadržaj, tekst, likovno-tematski elementi i intenzivne koloristične boje plakata su usmereni na što upadljivije delovanje ka potrošačkom društvu, bez ozbiljnije i detaljnije analize njegovog uticaja naročito preko upotrebljenih grafičkih boja na životnu sredinu.

Životna sredina se usled razvoja grafičke proizvodnje suočava i sa velikom količinom otpadnih štampanih grafičkih materijala (plastične kese, konzerve, staklene flaše, stari papir, celofan, plakati, kutije od kartona i lepenke, itd.), a kasnije i sa problemom njihove dispozicije. Otpadni štampani grafički materijali mogu sadržati različite metale potencijalno opasne po životnu sredinu iz boja i pigmenata, punila, stabilizatora, lakova, lepila, itd. Metali kao hazardni polutanti nakon dispozicije mogu migrirati u različite medijume i negativno uticati na životnu sredinu, pre svega na zemljište divljih i komunalnih deponija, ali i u procedne vode.

Većina deponija u Srbiji ne ispunjava ni najosnovnije uslove za zaštitu okoline, a zauzima i sve veće prirodne površine. Problem divljih deponija se neće u skorije vreme rešiti, ali bi se moglo poraditi na smanjenju uticaja ovog problema. Građani Srbije svake godine bace oko 2,5 miliona tona smeća. Samo 60% se sakuplja organizovano i odlaže na neku od 164 zvanično registrovane opštinske deponije dok ostali otpad završava pored puteva, reka, naselja i na više od 3000 divljih deponija. Iako se poslednjih godina radilo na smanjenju broja divljih deponija, mnoga ilegalna smetlišta su ponovo nikla. Samo 60% naselja u Srbiji pokriveno je komunalnim sistemom, a 40% nema ni organizovano odnošenje otpada. Veliki broj divljih deponija nalazi se uz vodotokove i predstavlja opasnost po životnu sredinu i zdravlje ljudi [1].

Nedostatak organizovanog upravljanja otpadom osim ekoloških ima i ekonomske posledice. Procene su da se u Srbiji godišnje na deponije baci oko 50 miliona evra u vidu sekundarnog otpada koji se može reciklirati. Korisno i efikasno rešenje u smanjivanju već ogromnih količina otpada, naročito ambalažnog, je u povećanju stepena reciklaže, ali i u razvoju građanske ekološke svesti, menjanju navika i usvajanju novih. Prema nacionalnoj strategiji upravljanja otpadom od 2010. do 2019. godine predviđeno je zatvaranje i reaktivacija svih postojećih deponija i smetlišta, kao i izgradnja 26 regionalnih centara za upravljanje komunalnim otpadom [2]. Međutim, da bi se problem divljih deponija rešio nisu dovoljna samo ulaganja u infrastrukturu ili oštrija kaznena politika. Jedan od najvažnijih poslova jeste promena navika ponašanja i edukacija stanovništva. Presudnu ulogu u tom procesu osim nadležnih institucija imaju organizacije civilnog društva.

U skladu sa navedenim, neophodno je praćenje uticaja metala (kadmijuma, hroma, cinka, bakra, nikla i olova) kroz migraciju iz otpadnih štampanih grafičkih materijala u definisan medijum životne sredine.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

### 2.1. Karakterizacija štampanog plakata

U eksperimentima rada ispitivan je plakat dimenzija 420 x 600 mm štampan u tiražu od 1000 komada. Plakat je štampan na premaznom sjajnom papiru sa osnovnim CMYK (cijan, magenta, žuta i crna) bojama za tabačnu ofset štampu, proizvođača TOYO INK CO., LTD., Japan.

Plakati su štampani u Grafičkom centru Departmana za grafičko inženjerstvo i dizajn na Fakultetu tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu. Mašina za tabačnu ofset štampu KBA Rapida 75 4/0 (proizvođača Koenig & Bauer Group, Namačka) korišćena je za štampanje plakata. Sama mašina se sastoji od 4 komore (za četiri osnovne CMYK boje) i dodatne komore za lak.

---

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miljana Prica, docent.**

### 2.2. Kalkulacije utošene količine CMYK boja za tiraž od 1000 plakata

Za izračunavanje utrošene količine CMYK boja za tiraž od 1000 plakata upotrebljena je formula:

$$K = \frac{P\check{s} \cdot N \cdot \frac{P}{100}}{f} \quad (1)$$

gde su: $K$ - količina odgovarajuće CMYK boje (kg), $P\check{s}$ - štampana površina ($m^2$), $N$ - ukupno potreban broj proizvoda, $P$ - pokrivenosti (%) i $f$ - faktor pokrivanja bojom ($m^2$/kg).

Štampana površina je određena uz pomoć programa Adobe Acrobat Pro, sa opcijom Tools - Analysis - Measuring tool. Preko te opcije dobijen je lenjir za merenje dužine i širine svakog odabranog uzorka. U istom programu, preko opcije Advanced - Print Production - Output Preview, mišem se prelazi preko uzorka za dobijanje tačne pokrivenosti svakog uzorka koja je u procentima, pa je zato neophodno da se pokrivenost ($P$) podeli sa brojem 100.

### 2.3. Određivanje metala u CMYK bojama za tabačnu ofset štampu

Prazni lončići za žarenje su ižareni 6 h na 500°C, ohlađeni u eksikatoru, a masa im je izmerena na tehničkoj vagi PS 2100/C2 (RADWAG, Poljska) sa tačnošću ±0,01 g. Po 5 g osnovne grafičke boje za tabačnu ofset štampu, odmereno je na tehničkoj vagi u odgovarajući lončić za žarenje (prethodno ižaren i poznate mase). Uzorci su žareni u peći za žarenje 6 h na 500°C. Lončići za žarenje sa pepelom su ohlađeni u eksikatoru na sobnoj temperaturi.

Pepeo je rastvoren u 50 ml 0,5 M rasvoru azotne kiseline (85% cc$HNO_3$, p.a., Merck, Nemačka). Koncentracije metala u pripremljenim rastvorima određene su na atomskom absorpcionom spektrofotometru (Thermo Scientific - SOLAAR S serije AA spectrometer, USA), plamenom tehnikom u skladu sa USEPA 7000b metodom. Za slepu probu upotrebljen je 50 ml 0,5 M rastvor $HNO_3$.

### 2.4. Test migracija metala iz štampanog plakata

Test migracije je sproveden u cilju ispitivanja mogućnosti migracije metala iz štampanog plakata u kiseli, neutralni i bazni rastvor. Uzorci za test migracije, usitnjeni komadi štampanog plakata (dimenzija 10 cm x 10 cm, ukupne površine 100 $cm^2$ i mase 1,32 g) su potapani u 100 ml kiselog (pH 4,0), neutralnog (pH 7,0) i baznog (pH 10,0) rastvora. Mase usitnjenog štampanog plakata su izmerene na tehničkoj vagi PS 2100/C2 (RADWAG, Poljska) sa tačnošću ±0,01 g.

Svi uzorci su upotrebljeni u testu migracije metala. Ovo je 5-dnevno testiranje, a privremene mere se se preduzimale u dane 1, 2, 3, 4 i 5 na sobnoj temperaturi. Za svako merenje, 20 ml alikvota je koncentrisano na 1 do 2 ml, a zatim razblaženo sa 10 ml 0,5 M $NNO_3$. Sva merenja migracija su izvršena u dva primerka [3].

pH vrednost kiselog rastvora (4,0) podešena je dodavanjem koncentrovane hlorovodonične kiseline (35% ccHCl, p.a., Merck, Nemačka) u dejonizovanu vodu. Za bazni rastvor, pH вредност (10,0) podešena je dodavanjem koncentrovanog natrijum-hidroksida (ccNaOH, p.a., Merck, Nemačka) u dejonizovanu vodu. pH vrednost je izmerena digitalnim pH metrom (model PHD 21, DECODE, SR Jugoslavija).

Kiseli, neutralni i bazni uzorci nakon određenog dana migracije metala iz štampanog plakata su filtrirani kroz kvantitativni filter papir (MACHEREY-NAGEL, Nemačka). Filtrirani uzorci su bili spremni za detekciju i kvantifikaciju metala (kadmijuma, gvožđa, olova, nikla, cinka i hroma). Koncentracije analiziranih metala određene su na atomskom absorpcionom spektrofotometru (Thermo Scientific - SOLAAR S serije AA spectrometer), plamenom tehnikom u skladu sa USEPA 7000b metodom. Za slepe probe korišćeni su kiseli, bazni i neutralni rastvor.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Za određivanje količine CMYK boja u tiražu od 1000 plakata, plakat je podeljen na 12 delova (u daljem tekstu uzorci). S obzirom na upotrebljen način proračuna utroška boje [4] za koji je potrebno definisati pokrivenost, odnosno procenat zauzetosti štampane površine bojom, te što preciznijeg izračunavanja utrošene količine boje, uzorci su definisani prema udelu pune površine, rasterske površine, tekstualnih i linijskih elemenata. Za procenu procenta zauzetosti upotrebljene su preporučene vrednosti [4] kao i očitavanje vredosti u softveru Adobe Photoshop, u slučaju specifičnih elemenata. Plakat sa pozicijama uzoraka od 1 do 12 prikazan je na slici 1.




Slika 1. *Plakat sa naznačenim uzorcima*

Za određivanje ukupne količine CMYK boja utrošenih za štampanje plakata, u tiražu od 1000 komada, sabiraju se utrošene količine boja, dobijene u kalkulaciji, za svaki uzorak. Ukupne količine pojedinačnih CMYK boja za tiraž plakata od 1000 prikazane su u tabeli 1.

Koncentacije metala u osnovnim CMYK (cijan, magenta, žuta i crna) grafičkim bojama za tabačnu ofset štampu mase 5 g (proizvođača TOYO INK CO. LTD., Japan) prikazane su u tabeli 2. Analizom dobijenih rezultata (tabela 2) uočeno je prisustvo četiri metala: gvožđa,

olova, nikla i cika u osnovnim CMYK grafičkim bojama za tabačnu ofset štampu.

*Tabela 1. Količine CMYK boja za tiraž plakata od 1000*

| Ofset grafička boja | Količina boje (kg) |
|---|---|
| C | 0,12465 |
| M | 0,10160 |
| Y | 0,14345 |
| K | 0,09625 |

*Tabela 2. Koncentracije metala u osnovnim grafičkim bojama za tabačnu ofset štampu (m = 5 g)*

| Ofset grafičke boje | Koncentacija metala (mg/l) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cd | Fe | Pb | Ni | Zn | Cr |
| C | <0,05 | 0,50 | 0,11 | 0,09 | 0,861 | <0,50 |
| M | <0,05 | 1,60 | 0,07 | 0,36 | 1,074 | <0,50 |
| Y | <0,05 | 0,70 | 0,05 | 0,11 | 0,692 | <0,50 |
| K | <0,05 | 0,70 | 0,09 | 0,16 | 1,132 | <0,50 |

Gvožđe se nalazi u intervalu od 0,50 do 1,60 mg/l i najviše ga ima u magenta boji. Olovo je u inervalu od 0,05 do 0,11 mg/l i količina mu raste za 0,02 mg/l u nizu: žuta < magenta < crna < cijan. Koncentracija nikla (0,36 mg/l) u magenta boji je 4 puta veća od njegove koncentacije u cijan boji (0,09 mg/l), 3 puta od koncentracije u žutoj boji (0,11 mg/l) i 2 puta od koncentracije u crnoj boji (0,16 mg/l). Najveće koncentracionu zastupljenost u osnovnim grafičkim bojama za tabačnu ofset štampu ima cink: 0,692 mg/l (žuta), 0,861 mg/l (cijan), 1,074 mg/l (magenta) i 1,132 mg/l (crna). Zatim su upoređene koncentracije detektovanih metala sa vrednostima maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) po zakonskim uredbama Republike Srbije [5]. Vrednosti gvožđa su niže od MDK (3 mg/l) za sve četiri osnovne boje za tabačnu ofset štampu. Vrednosti olova su samo u slučaju cijan boje (0,11 mg/l) na granici vrednosti za MDK u otpadnim vodama (0,10 mg/l). Koncentracije olova u magenta, žutoj i crnoj boji za tabačnu ofset štampu su ispod MDK u otpadnim vodama. MDK nikla u otpadnim vodama iznosi 0,02 mg/l i za cijan boju su 4,5 puta veće, za žutu boju 5,5 puta veće, dok su za crnu i magenta boju veće 8 i 18 puta, respektivno. Koncentracije cinka u žutoj i cijan boji su niže od MDK (1 mg/l), dok su u crnoj i magenta boji veće 1,1 put, respektivno.

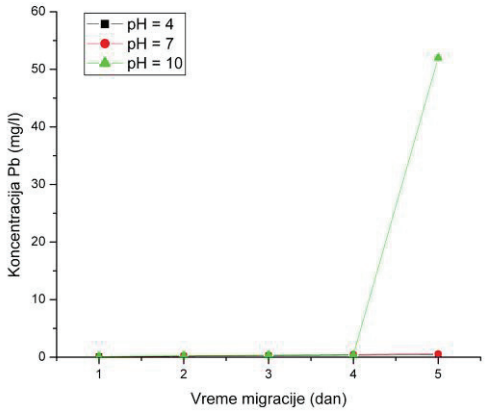
Na osnovu dobijenih rezultata 5-dnevne migracije u kiseo rastvor, uočava se migracija olova i cinka iz štamparnog plakata.

Nije došlo do migracije gvožđa i nikla iz štamparnog plakata u kiseo rastvor. Koncentracije i olova i cinka rasle su sa vremenom migracije od 1-og do 5-og dana. Koncentracije olova (0,10 - 0,39 mg/l) prelaze MDK u otpadnim vodama (0,10 mg/l). Dok su koncentracije cinka (0,014 - 0,096 mg/l) ispod vrednosti MDK u otpadnim vodama (1,00 mg/l)

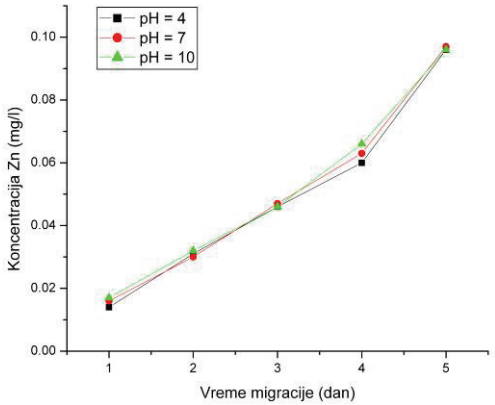
Dobijeni rezultati pokazuju migraciju olova i cinka iz štampanog plakata u neutralni rastvor čije koncentracije rastu sa porastom vremena migracije. Od 2-og do 5-og dana migracije uočava se da koncentracije olova (0,21 - 0,58) prelaze vrednosti MDK u otpadnim vodama od 2,1 do 5,8 puta. Koncentracioni nivoi cinka (0,016 - 0,097 mg/l) su ispod vrednosti MDK u otpadnim vodama (1,00 mg/l).

Trend migracije olova i cinka iz štampanog plakata se nastavlja i u baznom rastvoru. Takođe, uočava se progresija koncentracija metala sa vremenom migracije u bazni rastvor. Koncentracioni nivoi olova su u intervalu od 0,13 do 0,52 mg/l i prelaze MDK u otpadnim vodama (0,10 mg/l). Koncentracije cinka (0,017 - 0,096 mg/l) su ispod vrednosti MDK u otpadnim vodama (1,00 mg/l).

Slike 2 i 3 ilustruju efekat pH vrednosti rastvora na migraciju olova i cinka iz štampanog plakata u kiseo (pH 4,0), neutralni (pH 7,0) i bazni rastvor (pH 10,0). Tokom 5-dnevne migracije olova i cinka nije uočen značajan uticaj pH vrednosti rastvora na koncentraciju jona navedenih metala.

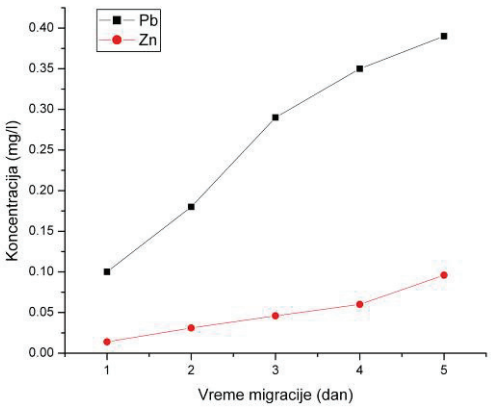



*Slika 2. Uticaj pH vrednosti rastvora na migraciju olova*

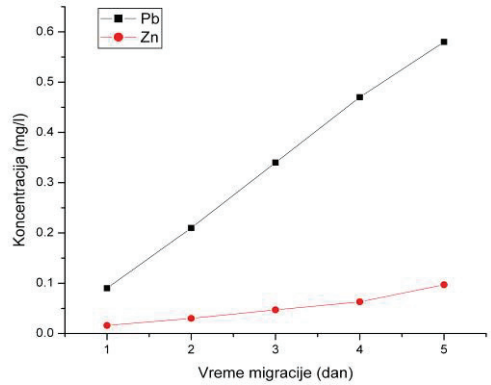



*Slika 3. Uticaj pH vrednosti rastvora na migraciju cinka*

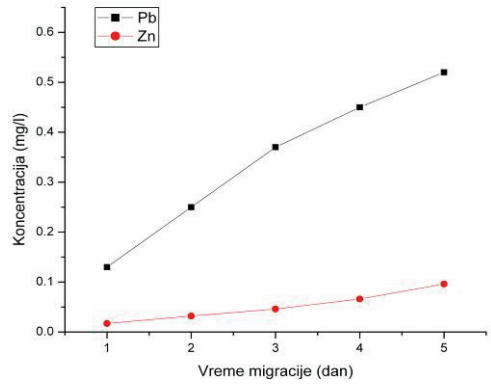
Dobijeni rezultati sprovedene 5-dnevne migracije iz štampanog plakata pokazuju da su koncentracije olova u odnosu na cink više u kiselom, neutralnom i baznom rastvoru. U kiselom rastvoru koncentracije olova su 4 do 7 puta veće u odnosu na koncentracije cinka tokom 5-dnevne migracije (slika 4). Koncentracije olova su u neutralnom rastvoru 6 puta veće u odnosu na koncentracije cinka tokom 5-dnevne migracije (slika 5). U baznom rastvoru je najveća razlika, jer su koncentracije olova tokom 5-dnevne migracije 6 do 8 puta veće u odnosu na koncentracije cinka (slika 6).




*Slika 4. Koncentracije olova i cinka u kiselom rastvoru tokom 5-dnevne migracije*




*Slika 5. Koncentracije olova i cinka u neutralnom rastvoru tokom 5-dnevne migracije*




*Slika 6. Koncentracije olova i cinka u baznom rastvoru tokom 5-dnevne migracije*

## 4. ZAKLJUČAK

Za praćenje migracije metala iz plakata štampanog tehnikom tabačne ofset štampe potrebno je bilo izračunati količine osnovnih CMYK boja za tiraž od 1000 plakata, kao i odrediti sadržaj metala u istim. Na osnovu kalkulacija je utvrđeno da potrebne količine osnovnih CMYK boja iznose 0,12465, 0,10160, 0,14345 i 0,09625 kg, respektivno. Dok su vrednosti detektovanih metala (olova, cinka, nikla i gvožđa) u osnovnim CMYK grafičkim bojama za tabačnu ofset štampu manje u odnosu na njihove granične vrednosti u otpadnim vodama za ofset štampu pre mešanja iste sa ostalim otpadnim vodama.

Na osnovu dobijenih rezultata 5-dnevne migracije u kiseo, neutralni i bazni rastvor, uočava se migracija olova i cinka iz štamparnog plakata. Takođe, dolazi do progresija koncentracija metala sa vremenom migracije u kiselom, neutralnom i baznom rastvoru.

Dobijeni rezultati sprovedene 5-dnevne migracije iz štampanog plakata pokazuju da su koncentracije olova u odnosu na cink više u kiselom, neutralnom i baznom rastvoru. U kiselom rastvoru koncentracije olova su 4 do 7 puta veće u odnosu na koncentracije cinka tokom 5-dnevne migracije. Koncentracije olova su u neutralnom rastvoru 6 puta veće u odnosu na koncentracije cinka, dok je u baznom rastvoru najveća razlika, jer su koncentracije olova tokom 5-dnevne migracije 6 do 8 puta veće u odnosu na cink.

Koncentracije olova prelaze maksimalno dozvoljene koncentracije (0,10 mg/l) u otpadnim vodama u kiselom (od 1,1 do 3,9 puta), neutralnom (od 2,1 do 5,8 puta) i baznom rastvoru (1,3 do 5,2 puta). Dok su koncentracije cinka ispod vrednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija u otpadnim vodama (1,00 mg/l) po zakonskim uredbama Republike Srbije.

Tokom 5-dnevne migracije olova i cinka iz štampanog plakata u rastvore odgovarajuće pH vrednosti nije uočen značajan uticaj pH vrednosti rastvora na migrirajuću koncentraciju jona navedenih metala.

Istraživanja uticaja štampanog plakata na spoljašnju sredinu nisu dovoljno zastupljena i ne obezbeđuju potrebne informacije za primenu mera sanacije. Potrebno je veliku pažnju posvetiti hemijskom zagađenju i izvršiti dugoročniji monitoring migracije metala iz štampanog plakata.

## 5. LITERATURA

[1] G. Vujić, P. Brunner, "Održivo upravljanje otpadom", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.

[2] Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine, "Sl. glasnik RS", br. 29/2010.

[3] K.C. Kim, Y.B. Park, M.J. Lee, J.B. Kim, J.W. Huh, D.H. Kim, J-B. Lee, J.-C. Kim, "Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children", *Food Research International*, Vol. 41, pp. 411-418, 2008.

[4] D. Novaković, S. Dedijer, N. Milić, "Grafički procesi – priručnik za vežbe", Fakultet tehničkih nauka, Grafičko inženjerstvo i dizajn, Novi Sad, 2012.

[5] Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje, "Sl. glasnik RS", br. 67/2011.

**Adrese autora za kontakt:**

Mira Lasica – lasica.mira@yahoo.com

Ass. mr Savka Adamović – adamovicsavka@uns.ac.rs

Docent dr Miljana Prica – miljana@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn, FTN, Novi Sad

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 655

# RAZVOJ BAZE ZNANJA ZA UČENJE NA DALJINU O OFSET ŠTAMPARSKOJ MAŠINI RAPIDA 75

# THE DEVELOPMENT OF THE KNOWLEDGE BASE SOFTWARE FOR DISTANCE LEARNING ON OFFSET PRINTING PRESS RAPIDA 75

Đorđe Stojanović, Dragoljub Novaković, Ivan Pinćjer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *U radu su prikazana istraživanja usmerena na razvoj softverske baze znanja u vidu interaktivne aplikacije koja bi bila uključena u projektima učenja na daljinu o ofset štamparskim mašinama, konkretno aplikacija bi imala ulogu vizuelizacije jedne štamparske mašine nemačke kompanije KBA i to modela Rapida 75. Aplikacija obuhvata vizuelizaciju glavnih delova mašine, njihovu međusobnu interakciju i dodatne opisne tekstualne dokumente.*

**Ključne reči:** *Grafički sistemi, Baza znanja,ofset štampa, KBA Rapida 75*

**Abstract** – *The paper presents research focused on developing software knowledge base in the form of interactive applications, which would be included in the distance learning project of offset printing machines, in particular the application visualize a printing machine KBA( company from Germany), model Rapida 75.*

*The application includes a visualization of the main parts of the machine, the interaction between them and the additional descriptive text documents.*

**Keywords:** *Graphic systems, knowledge base, offset printing, KBA Rapida 75*

## 1. UVOD

Uspešna realizacija rada podrazumeva upoznavanje sa glavnim delovima mašine kao i kinematičkim i dinamičkim interakcijama između delova. Konkretno u našem slučaju Rapida 75 koristi ofset štamparski postupak pri stvaranju otiska. Kada smo proučili samu mašinu i upoznali se sa svim elementima trebamo realizovati vizuelizaciju u nekom od aplikativnih softvera koji su u mogućnosti da takav problem reše.

## 2. UČENjE NA DALJINU

### 2.1. Sistem učenja na daljinu

Elektronsko učenje (e-učenje) je relativno nov termin u svetu učenja na daljinu. Jedna od najčešće korišćenih definicija sistema glasi: elektronsko učenje podrazumeva svaki oblik edukacije u kome se obrazovni sadržaj isporučuje u elektronskoj formi [1]. Pojedini istraživači smatraju da je e-učenje kombinacija kvalitetnih i progresivnih dostignuća pedagoške tehnologije.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragoljub Novaković, red.prof.**

Zasniva se na principima slobodnog učenja, korišćenjem računara u obrazovnim programima i moderne telekomunikacije (Internet) za predavanje. Učenje je organizovano kao proces dijaloga u virtuelnim učionicama. To označava razdvojenost mentora od studenta u prostoru i (ili) vremenu.

Elektronsko učenje, poznatije kao učenje na daljinu (Distance Learning, skraćeno DL), prešlo je internacionalne granice i naša zemlja već ulazi na internacionalno tržište elektronskog učenja.

SAD su konkurentno tržište u elektronskom učenju i obrazovanju. Iskustvo koje Amerika, Kanada i Australija imaju na ovom polju datira još od osamdesetih godina devetnaestog veka. Danas je elektronsko učenje sasvim normalna pojava i na najpoznatijim fakultetima (Harvard, Stenford, MIT) koji u svojim virtuelnim učionicama pružaju veliki izbor najraznovrsnijih akreditovanih akademskih kurseva. Politički i javni interes za elektronsko učenje postaje veći posebno u oblastima gde je studentska populacija dosta razuđena (Australija, Kanada).

Svaki region razvija svoju formu elektronskog učenja prema lokalnim zahtevima, ciljnoj populaciji i filozofiji obrazovne institucije koja organizuje kurs. Mnoge obrazovne institucije, bilo državne ili privatne, preduzele su inicijativu u implementaciji virtuelnih učionica i nude univerzitetske kurseve studentima koji su motivisani za programe elektronskog učenja. Ti studenti rade sami sa materijalom koji im je dostupan preko sajta obrazovne institucije ili rade sa materijalom koji su dobili bilo elektronskom poštom, e-mailom, ili klasičnim sistemima (dostavljanje poštom) na CD-u ili DVD -u. Komunikacija sa mentorom je u formi telekonferencija i diskusionih foruma. Koristi se i servis za elektronsku poštu (e-mail), namenjen za prepisku i manju razmenu edukacionog materijala, uglavnom tekstualnog tipa.

Motivacija je velika za implementaciju ovog novog obrazovnog modela, kada ne postoji način da se povećaju kapaciteti postojećih obrazovnih institucija ili je budžet nedovoljan za primenu novih obrazovnih programa. Mnoge akademske institucije već su napravile manji ili veći korak u primeni virtuelnih učionica.

### 2.2. Značaj elektronskog učenja

E-učenje omogućuje izbor mesta, vremena i trajanja pojedinih seansi učenja, 24 sata dnevno, sedam dana nedeljno. Na taj način korisnik sam bira vreme koje će posvetiti učenju. Omogućuje pristup udaljenim korisnicima koji nisu u mogućnosti da putuju, ili studentu da učestvuje u kursu iako je sa drugog kontinenta. Tako

se ostvaruju velike uštede u vremenu koje bi se provelo u putu. Ušteda se ostvaruje i u novcu koji je neophodan za taj put.

Elektronsko učenje velikim kompanijama olakšava standardan, vremenski i cenom prihvatljiv okvir za obuku velikog broja zaposlenih u kratkom vremenskom periodu, ili u dužem periodu, ali dislocirano.

Prema nekim istraživanjima ukupni troškovi mogu se smanjiti od 50 do 70%. Uštede u vremenu procenjuju se na 35-45%.

Korišćenje tehnologije za poboljšanje učenja počinje istraživanjem kako ljudi uče, odnosno kako oni uče efikasnije i uspešnije. Utvrđeno je da se korišćenjem informacionih tehnologija povećava iskustvo u učenju i poboljšava efikasnost. Uporedo sa tim smanjuju se i troškovi učenja. Tradicionalni koncept obuke u učionici postupno gubi dominantnu ulogu koju je imao donedavno. Nova paradigma učenja svakako će biti elektronsko učenje.

Obrazovanje je do sada bilo fokusirano na tradicionalni sistem školovanja. Sa razvojem elektronskog učenja taj fokus se premešta na intelektualne potrebe individualnog korisnika, studenta. Digitalno doba će značajno uticati na obrazovanje i radikalno će izmeniti postojeći proces učenja i podučavanja. U mnogim zemljama već su pokrenute ili se pokreću inicijative koje će označiti revoluciju u korišćenju novih tehnologija u školama.[2]

## 2. RAPIDA 75

### 2.1. Ofset postupak štampanja

Ofset štampa je najzastupljeniji štamparski postupak i pripada principu ravne štampe. Kod procesa ravne štampe štampajući i neštampajući elementi štamparske forme su u prividno istoj ravni. Štampajući elementi imaju karakteristiku da prihvataju boju a neštampajući elementi forme odbijaju boju. Ovo dejstvo se ostvaruje kroz fizikalne fenomene graničnih površina.

Ofset štampa je indirektan postupak ravne štampe. Boja sa štamparske forme prvo se prenosi na elastični međuprenosilac, gumirano platno pa onda na štamparski materijal. Postupkom ofset štampe se danas može proizvesti cela paleta štampanih medija u visokom kvalitetu, od pojedinačnog prospekta do visokovrednog kataloga.

Kod konvencionalnog postupka ofset štampe vlaženje štamparske ploče se vrši sredstvom za vlaženje kojeg čine voda sa dodacima. Sredstvo za kvašenje se preko valjaka za vlaženje nanosi na ploču u vrlo finom filmu. Površine bez slika na ploči su hidrofilne što znači primaju vodu, površine koje primaju boju su oleofilne.Uređaji koji su potrebni da bi se ofset postupak sproveo su jedinica za boju i jedinica za vlaženje.

Kod bezvodenog postupka ofset štampe površina štamparske ploče je u početnom stanju bojno odbijajuća. Usled delovanja lasera na silikonskom sloju, zavisno od slike štampanja oslobađa se osnovna površina koja prima boju. Ovaj postupak se naziva bezvodni ofset, često i “suvi ofset” [3].

### 2.2 Karakteristike mašine

KBA je jedan od vodećih proizvođača štamparskih mašina sa stalnim inovacijama podiže kvalitet štamparskog otiska uz velike brzine štampe.Sedište kompanije je u Würzburgu još od početaka 1817. godine.

Rapida 75 je moderna štamparska mašina koja nudi visoki kvalitet otiska uz veliki broj automatskih kontolisanih operacija. Jedinica za ulaganje je opremljena sa visoko produktivnim uređajem za ulaganje koji je namenjen različitim debljinama papira, takođe integrisan je i sistem za smanjenje vibracija i buke.

Tehničke karakteristike mašine prikazane su u tabeli 1. Agregat za štampu je opremljen cilindrima za prenos tabaka koji su dvostruko većeg radijusa od cilindra nosioca štamparske forme i omogućavaju pouzdan prenos tabaka kroz mašinu za veći dijapazon debljina i gramature papira [4].

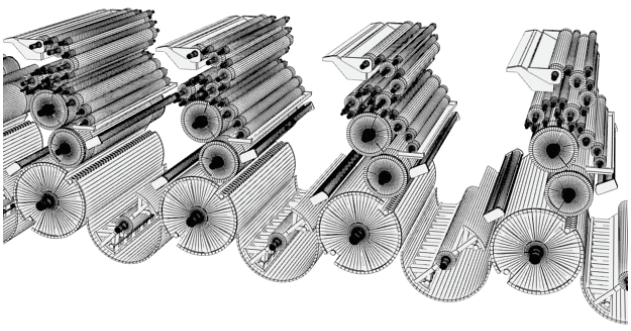
Tabela 1. *Tehničke karakteristike mašine Rapida 75*

| | |
|---|---|
| Maksimalni format tabaka | 530x750 / 605x750 mm |
| Minimalni format tabaka | 330x330 mm |
| Format štampe | 510x735 / 585x735 mm |
| Dimenzije ploče | 605x745 / 660x745 mm |
| Debljina podloge za štampu | 0,04-0,6 / 0,04-0,8 mm |
| Brzina štampe | 15 000 otisaka/h |
| Konfiguracija | 2-8 štamp. jedinica+ lak |

## 3. POSTUPAK IZRADE APLIKACIJE

### 3.1. Modelovanje i animacija mašine

Modelovanje samih delova Rapide 75 kao i animacija je realizovana u 3Ds max softverskoj aplikaciji,verzija 2009. Najveći deo animacije je realizovan uz pomoć definisanja ključnih frejmova i načinu interpolacije i promene između njih. Za potrebe prikaza promena na samim materijalima definisani su ključni frejmovi i za same parametre materijala kako što su boja difuzije, promena pozicije mape i karakteristika površine materijala.[5]



Slika 1. 3D *Model štamparske mašine Rapida 75*

Na slici 1 je prikazan detalj wireframe modela mašine iz procesa modelovanja mašine.

U samom definisanju vizuelizacije rada mašine postavljen je zadatak za izradu tri glavne sekvence u kojima će biti prikazane sledeće operacije:

1. Kompletan put tabaka kroz mašinu, počevši od uređaja za ulaganje, kroz prenosni sistem gdje se u svakom sledećom agregatu jasno vidi štampanje sledeće boje pa sve do izlagajućeg dela gdje se simulira delovanje IR lampi na sušenje tabaka i samo izlaganje tabaka na izlaznu paletu.

2. Prikaz sistema za razribavanje boje i sistema za vlaženje štamparske forme gde će takođe biti prikazan i trenutak kada se vrši otisak na tabak.

3. Izmena stare i pozicioniranje nove štamparske forme gde će biti prikazan sam detalj izmene forme.

Prilikom kontrolisanja sekvenci vršeni su probni renderi lošeg kvaliteta i reskaliranih vremena animacija da bi se uštedelo vreme potrebno za izradu probnog rendera, potom su renderi pregledani i vršena je korekcija animacije i da bi konačno rad bio spreman za finalno renderovanje visokog kvaliteta i u realnom vremenu. Prilikom rendera animacije korištena je tehnika prikaza od 24 frejma u jednoj sekundi.

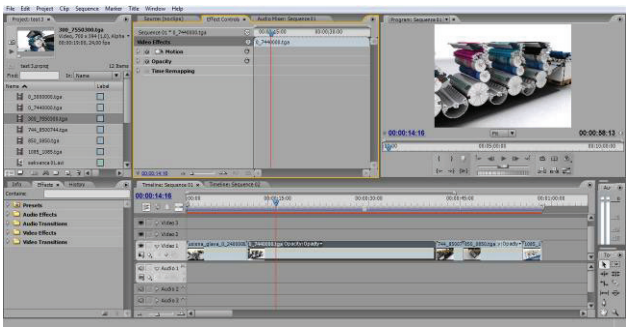
### 3.2 Render

Kao rezultat faze modelovanje i primene materijala kao i definisanja svetla je kompletna scena sa objektima koje predstavljaju elemente mašine, scena sadrži 1757 objekata sa ukupno aproksimativno 270 000 poligona.

Scena sa animiranim objektima je zapakovana u arhivu i prosleđena na 4 računara koji su paralelno renderovali frejmove animacije. Svaki računar je radio određene intervale frejmova sekvenci da bi se skratilo vreme izrade video dokumenata. Render je izvršen i svaki frejm je memorisan kao zasebna nekompresovana slika u vidu tga formata.[6]

### 3.3 Video montaža

Kada su sve potrebne sekvence renderovane potrebno je izvršiti njihovu montažu.Montaža je realizovana u Adobe Premier aplikaciji i to u CS3 verziji. Kreirana su podešavanja projekta, izlazna rezolucija odgovara orginalnim tga slikama sa zadržanim prikazom od 24 frejma u sekundi. Montaža video dokumenata je prikazana na slici 2.



Slika 2.Video montaža u Adobe Premier softveru

Adobe Premier je timeline bazirani softver namenjen video editovanju i montaži. Deo je Adobeovog Creative Suit paketa. Podržava visoko rezolucijske video formate i 32 bita po kanalu boje u RGB i YUV prostoru boja. Poseduje visok nivo integracije u preostale aplikacije paketa kao što su After Effects i Photoshop koji se mogu direktno pokrenuti iz Premiere interfejsa.

Video montažom su dobijeni kvalitetni AVI dokumenti koji će zajedno sa tekstom i slikama biti integrisani u završnu interaktivnu aplikaciju.

### 3.4. Izrada aplikacije u Adobe Flash softveru

U prethodnom koraku izvršen je proces izrade svih potrebnih video sekvenci, slika i propratnog teksta , posle toga je potrebno na efektan način organizovati sve informacije da bi se korisniku pružile sve pogodnosti ugodnog učenja tematike koja ga interesuje.

Glavna karakteristika koju je bilo potrebno postići kroz istraživanje jeste interaktivnost. Interaktivnost ima jako veliku ulogu u načinu i brzini usvajanja gradiva kod korisnika.

Adobe Flash (nekada Macromedia Flash i pre toga FutureSplash), ili jednostavno Flash je naziv koji se odnosi na Adobe Flash Player i multimedijalni program koji se koristi za stvaranje materijala za Adobe Engagement Platform, kao što su web aplikacije, igre i filmovi. Flash Player, razvijen i distribuiran od strane Adobe Systems-a (koji je kupio Macromediju u leto 2005. godine) je klijentska aplikacija dostupna u većini web pretraživača. On podržava vektorsku i rastersku grafiku, skript programski jezik nazvan ActionScript i dvosmerni striming audio i video signala.

Tačnije, Adobe Flash je integrisana razvojna okolina (integrated development environment - IDE), dok je Flash Player virtualna mašina, koja se koristi za reprodukciju Flash datoteka, ali u savremenim krugovima termin Flash se može koristiti i za programsko okruženje i za plejer, kao i za datoteke koje potiču iz programa.

Još od predstavljanja 1996. godine, Flash tehnologija je postala popularna metoda za dodavanje animacije i interaktivnih elemenata web stranicama. Flash se uglavnom koristi za: stvaranje animacija, reklama, raznih komponenti web stranica, integrisanje videa u web strane i od skoro za razvijanje rich internet aplikacija (RIA), kao što su portali.

Flash datoteke, tradicionalno zvane “flash filmovi”, uglavnom imaju .swf ekstenziju i mogu biti objekat na web strani ili reprodukovane preko samostalnog (standalone) Flash Playera.Flash se korsiti za kreiranje grafika, animacija i digitalnih medija sa kojima korisnici mogu ostvariti određenu interakciju pomoću interfejsa, igara, interaktivnih sistema kupovine preko interneta, video konferencija. Iako je ovaj program prvenstveno namenjen kreiranju sadržaja za internet, Flash se takođe može koristiti za izradu samostalnih prezentacija, multimedijalnih CD-ova, animacije za televiziju, sadržaja za PDA uređaje (palm-topove), interaktivnu televiziju i za mobilne telefone [7].

Flash aplikacija je zapravo i rezultat istraživanja. Sve montirane video sekvence izvezene iz Adobe Premier

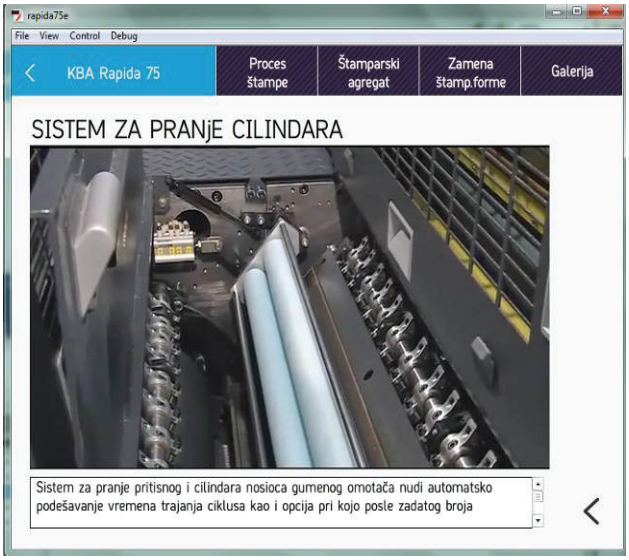
aplikacije kao AVI dokumenti su importovani unutar Flash timeline i potom su u određenim ključnim frejmovima animacije zaustavljene da bi se omogućila interakcija.

U tim frejmovima moguće je kliknuti na pojedinačne delove Rapide i pročitati detaljnije informacije u vezi samih delova mašine, informacije čine slike, video sekvence i dodatni tekst koji se učitava iz eksternog txt dokumenta. Na slici 3 prikazan je izgled glavnog ekrana aplikacije.




Slika 3. *Glavni ekran aplikacije*

Dodatni tekst koji opisuje date delove mašine se učitava iz spoljašnjih txt dokumenata koji se mogu modifikovati naknadno bez pokretanja kompletne aplikacije.
Pored teksta koji se učitava kada kliknemo na određene delove mašine, učitavaju se slike i određene video sekvence snimljene na realnoj mašini da bi se korisnik nedvosmisleno upoznao sa radom mašine.
Na slici 4 prikazana je integracija video sekvence realne mašine unutar aplikacije.




Slika 4. *Integrisanje video dokumenata unutar aplikacije*

## 3. ZAKLJUČAK

Internet, hteli priznati ili ne ima veliki uticaj na gotovo sve sfere ljudskih delatnosti pa tako i način učenja i usavršavanja. U toku je velika ekspanzija tzv online virtualnih učionica koje su integrisane u današnje moderene web sajtove, pa tako je moguće učiti razne jezike programiranja, web dizajna, fotografskih tutorijala, tutorijala iz oblasti crtanja, računarskog konstruisanja, modelovanja itd. Korisnici virtualnih učionica imaju privilegiju po pitanju vremena koje će izdvojiti da bi naučili ono što ih interesuje i količinu gradiva koje će preći u toku dana. Postoje virtualne učionice i aplikacije koje su besplatne za sve korisnike ali naravno postoje one kojima se ne može pristupiti bez validnog korisničkog imena i lozinke koja se dobija nakon uplate određene količine novčane nadoknade za korištenje dotičnih aplikacija.

U ovom istraživačkom radu obuhvaćena je tematika vizuelizacije jedne kompleksne štamparske mašine ofset štampe međutim postupak se može primeniti i pri vizuelizaciji drugih mašina i uređaja.

Kreiranjem finalne interaktivne aplikacije baze znanja zaokružena je potreba efektnog prezentovanja generisanih informacija, osim toga glavni model mašine je urađen ali se ostavlja prostor modelovanja i prikaza i dodatnih sistema koji su prisutni u realnoj mašini kao što su pogonski sistem, pneumatski sistem itd koji nisu bili uključeni u vizuelizaciju rada.

Finalna aplikacija je izvezena kao izvršna datoteka koja se pokreće bez potrebe instalacije dodatnih programa, takođe aplikacija se može na jednostavan način integrisati unutar moderne html stranice u sklopu sajta tako da je pristupačna velikom broju korisnika koji žele da nauče kompleksne štamparske mašine i uređaje što je bio i početni cilj rada.

## 4. LITERATURA

[1] Carol Fallon, Sharon Brown, (2003). e-Learning Standards, CRCpress.
[2] Željko Stanković, “Nastava i vaspitanje” br. 2, 2006. god. Beograd
[3] Helmut Kipphan, Handbook of Print Media 2001
[4] www.kba.com, posećeno septembar 2013
[5] Kelly L. Murdock 2007, 3ds Max 9 Bible
[6] Nicholas Boughen, 3Dmax lighting, Wordware publishing, 2005
[7] Micheal Kemper,Guido Rosso,Brian Monnone, Advanced Flash Interface Design, 2006

## Adresa autora za kontakt

MSc Đorđe Stojanović
djordje100janovic@gmail.com
Prof. dr Dragoljub Novaković
novakd@uns.ac.rs
Mr Ivan Pinćjer
pintier@uns.ac.rs
Grafičko inženjerstvo i dizajn
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 628.045:655**

# AMONIJAK U PROCESU KOPIRANJA

# AMMONIA IN COPYING PROCESS

Slađana Supić, Jelena Kiurski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *Planirano i sistemsko merenje zagađenja vazduha u kopirnici u Novom Sadu ima za cilj da se prate koncentracije amonijaka i uticaj na zdravlje zaposlenih. Dobijeni rezultati pokazuju da prosečne izmerene koncentracije amonijaka na svim mernim mestima odgovaraju propisanim standardima OSHA i NIOSH, kao i vrednostima propisanim Pravilnikom Republike Srbije, pa je prostor kopirnice bezbedan za rad.*

**Abstract** – *Planned and systematic measurement of air pollution in the copy of Novi Sad aims to monitor the concentration of ammonia and the impact on health of employees. The results show that the average measured concentrations of ammonia at all measuring points correspond to the standards OSHA and NIOSH, and the values prescribed in the Regulations of the Republic of Serbia , and the print shop space safe for work.*

**Ključne reči:** *Zagađenje vazduha, amonijak, proces kopiranja*

## 1. UVOD

Aktuelna istraživanja o zagađenju vazduha u zatvorenom prostoru ukazuju na potrebu da se više pažnje posveti zaštiti na radu. Zbog većine zaposlenih, koji najveći deo radnog vremena provode u zatvorenom prostoru, izloženost štetnom delovanju različitih zagađujućih materija raste [1].

Proces kopiranja se najčešće obavlja u malom zatvorenom prostoru sa ili bez ventilacije. Kopir aparati rade na principu svetlosnih efekata, toplotnih, hemijskih efekata ili statičkog naelektrisanja.

U procesima diazo kopiranja amonijak se koristi kao regens i isparava tokom zagrevanja mašine u procesu kopiranja [2].

Amonijak je zastupljen u kopirnicama na 137 od 1647 nacionalnih sajtova.

Na listi prioriteta identifikovanih od strane Agencije za zaštitu životne sredine amonijak je i okarakterisan kao osnovni polutant kopirnica [3]. Izloženost radnika zbog toga zavisi od koncentracije, vremenske ekspozicije i instaliranog ventilacionog sistema u kopirnici [1]. Izlaganje visokim koncentracijama amonijaka može izazvati iritaciju i ozbiljne opekotine na koži, u ustima, grlu, očima i na plućima, a pri veoma visoke koncentracije mogu biti i smrtne [3].

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Kiurski, red.prof.**

Cilj ovog rada jeste da se merenjem koncentracije amonijaka u kopirnici u Novom Sadu ispita intenzitet zagađenja vazduha i utvrdi da li su izmerene vrednosti u opsegu propisanim standardima OSHA, NIOSH i Pravilnikom Republike Srbije.

## 2. PROCES PRIPREME ŠTAMPE

Priprema štampe predstavlja tehničku fazu između dizajna i realizacije finalnog proizvoda i neophodna je kao uslov za adekvatno prenošenje ideje u procesu realizacije. Priprema štampe se deli na: konvencionalnu (tradicionalnu) pripremu i digitalnu pripremu. Kopiranje ima digitalnu pripremu stampe [4].

### 2.1 Digitalna priprema štampe

Digitalna priprema štampe podrazumeva gotov fajl koji se šalje direktno printeru ili štampaču. Priprema štampe se obavlja na računaru, pa se koriste različiti ulazni i izlazni uređaji. To podrazumeva direktnu povezanost računara i štamparske mašine. U procesu digitalne pripreme štampe danas se koriste isključivo računari i grafički programi specijalno namenjeni kvalitetnoj grafičkoj pripremi. Proces digitalne pripreme štampe se može podeliti u više faza: prijem materijala, skeniranje, prethodna provera, prelom teksta i slike, elektronska montaža, konvertovanje digitalnih podataka ( RIP - raster image processor), digitalni probni otisak i štampa [5].

## 3. KOPIRANJE

Proces kopiranja se razvio zahvaljujući pronalasku različitih tehnika ranih 50-ih godina dvadesetog veka. Kopiranje je proces kojim se brzo i jevtino izrađuju papirne kopije dokumenata i drugih grafičkih materijala ili slika, uz korišćenje svetlosti, toplote, hemikalija ili statičkog naelektrisanja [6]. Proces kopiranja predstavlja izradu kopija originala pomoću kopir aparata [2]. Obavlja se primenom različitih fotografskih metoda i opreme. Proces kopiranja se sastoji iz više faza: punjenje, osvetljavanje, razvijanje i transfer tonera na podlogu [6].

## 4. AMONIJAK

Najznačajnije jedinjenje azota sa negativnim oksidacionim brojem (-3) je amonijak sa molekulskom formulom $NH_3$. To je, u stvari jedinjenje azota i vodonika. Pod terminom amonijak se podrazumevaju nejonizovani ($NH_3$) i jonizovani ($NH^+_4$) oblik. To je gas koga u prirodi ima u sastavu vulkanskih gasova, a u znatnim količinama nastaje i pri raspadanju organskih materija. Amonijak je otrovan gas, korozivan za neke materijale, karakterističnog, neprijatnog i nadražujućeg mirisa i u većim koncentracijama je toksičan. Amonijak nadražuje gornje disajne puteve. Maksimalno dozvoljena

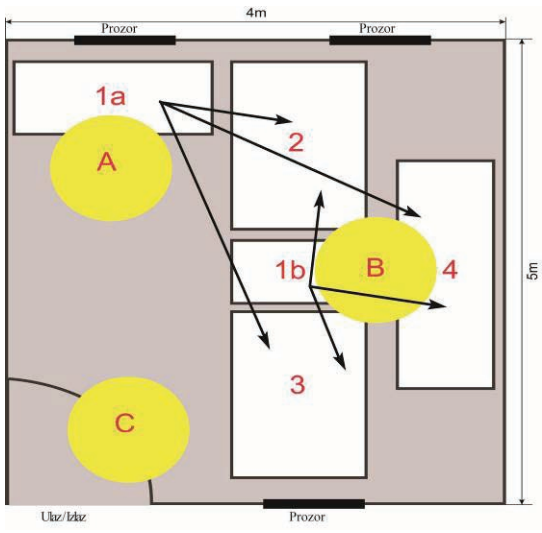
koncentracija amonijaka u vazduhu je 25 ppm. Smrtna doza amonijum-hidroksida pri peroralnom trovanju je oko 30 $cm^3$ 25%- tnog rastvora.
Takođe, amonijak se koristi kao reagens u mašinama za kopiranje, a javlja se i u Blueprinting procesu za izradu velikih i visokokvalitetnih primeraka arhitektonskih i inženjerskih planova i crteža [7].

## 5. EKSPERIMENTALNI DEO

U cilju određivanja koncentracije amonijaka kao merni objekat odabrana je kopirnica u Novom Sadu za uzorkovanje vazduha.
Uzorkovanje vazduha je vršeno primenom instrumenta "Aeroqual series 200". Merenja su vršena pet radnih dana u tri vremenska intervala sa razmakom od po 4 sata.
Mikroklimatski parametri su određeni primenom instrumenta "Mannix DLAF-8000".

### 5.1 Tehnološka šema procesa kopiranja

Na slici 1. prikazana je tehnološka šema procesa kopiranja, sa odabranim mernim mestima (A, B i C) i uređajima koje kopirnica poseduje (1a - desktop računar, 1b - laptop računar, 2 - Aficio DS m651, 3- Aficio MP 6500 и 4 - Canon iPF 765). Dimenzije prostorije su 4m x 5m x 3.5m.




Slika 1. *Tehnološka šema kopiranja*

### 5.2 Tiraž

Obim posla, odnosno broj izrađenih kopija, u velikoj meri može da utiče na emisiju gasa u objektu. U tabeli 1. predstavljene su srednje vrednosti tiraža zabeležene u vremenskom periodu od pet dana.

Tabela 1. *Tiraž kopirnice*

| Dan | Tiraž | | |
|---|---|---|---|
| | Vreme uzorkovanja | | |
| | Prvi interval | Drugi interval | Treći interval |
| 1 | 3055 | 1265 | 1806 |
| 2 | 2586 | 3015 | 1770 |
| 3 | 1240 | 1684 | 3428 |
| 4 | 580 | 3747 | 5717 |
| 5 | 614 | 2370 | 3754 |

## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

Na kvalitet vazduha u zatvorenom prostoru utiče nekoliko bitnih faktora, kao što su: unutrašnji izvori zagađenja vazduha, oprema, vrsta delatnosti, ventilacioni sistem, spoljašnje okruženje i drugo. Aeropolutanti u kopirnicama su posledica upotrebe kompjutera, kopir aparata, sredstava za čišćenje i drugih proizvoda koji se koriste. Glavni izvor amonijaka u zatvorenom prostoru može da bude betonski zid sa dodatkom uree, čijim se raspadanjem oslobađa gasoviti amonijak [8].
U tabeli 2. prikazane su prosečne vrednosti koncentracije amonijaka izmerene u kopirnici u Novom Sadu.

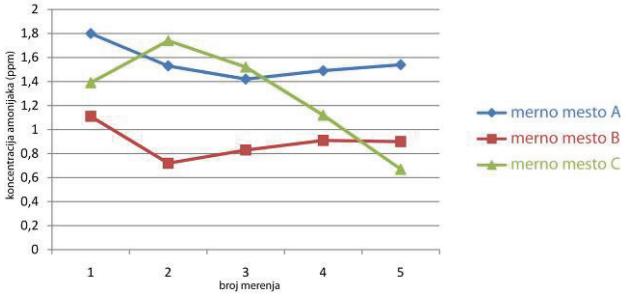
Tabela 2. *Srednje vrednosti koncentracija amonijaka*

| Dan | Vremenski interval | Srednje vrednosti koncentracija $NH_3$ (ppm) | | | MAC (ppm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Merno mesto | | | | | |
| | | A | B | C | PEL | STEL | REL |
| 1 | 1 | 1,53 | 0,89 | 1,35 | 50 | 35 | 25 |
| | 2 | 0,74 | 0,50 | 0,62 | | | |
| | 3 | 0,96 | 0,38 | 0,62 | | | |
| 2 | 1 | 1,07 | 0,99 | 0,84 | | | |
| | 2 | 0,76 | 0,66 | 0,75 | | | |
| | 3 | 0,65 | 0,69 | 0,52 | | | |
| 3 | 1 | 0,99 | 1,15 | 0,74 | | | |
| | 2 | 0,58 | 0,54 | 0,66 | | | |
| | 3 | 0,84 | 0,70 | 0,56 | | | |
| 4 | 1 | 0,64 | 0,58 | 0,57 | | | |
| | 2 | 0,83 | 0,88 | 0,54 | | | |
| | 3 | 0,73 | 0,55 | 0,57 | | | |
| 5 | 1 | 0,88 | 0,53 | 0,71 | | | |
| | 2 | 0,84 | 0,76 | 0,63 | | | |
| | 3 | 0,79 | 0,60 | 0,42 | | | |

PEL - Permissible Exposure Limit
STEL - Short-Term Exposure Limit
REL - Recommended Exposure Limit

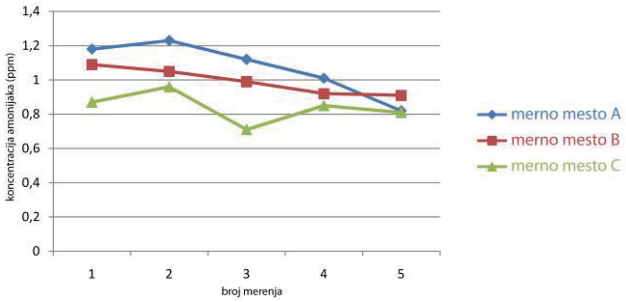
U okviru svakog intervala vršeno je po pet merenja. Koncentracije amonijaka u prvom vremenskom intervalu, na početku radnog dana (između 8-10 sati), na svim mernim mestima (A, B i C) bile su u intervalu od 0,53 do 1,53 ppm.
Detektovane koncentracije amonijaka u drugom vremenskom intervalu, u sredini radnog dana (između 13-15 sati), na svim mernim mestima bile su u rasponu od 0,50 do 0,88 ppm.
U trećem vremenskom intervalu, na kraju radnog dana (između 16-18sati), izmerene koncentracije amonijaka na svim mernim mestima kretale su se od 0,38 do 0,96 ppm. Najveći nivo prosečne koncentracije amonijaka detektovan je u prvom vremenskom intervalu, na sva tri merna mesta. Maksimalne koncentracije amonijaka u toku prvog, drugog, četvrtog i petog dana su izmerene na mernom mestu A, a trećeg dana je zabeležen najveći nivo koncentracije na mernom mestu B.
Najmanja detektovana koncentracija amonijaka prvog i petog dana je izmerena na mernom mestu B, a drugog, trećeg i četvrtog dana na mernom mestu C. Merno mesto C se nalazi odmah pored vrata, koja su u toku merenja konstantno bila otvorena, a merna mesta A i B su udaljenija od vrata, pa je veći dotok svežeg vazduha na mestu C nego na mestima A i B. Znatno niže koncentracije amonijaka su izmerene u trećem vremenskom intervalu jer je ventilacioni sistem za ceo dan bio uključen.

Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja tokom prvog vremenskog intervala, prvog dana merenja, na sva tri merna mesta je prikazana na slici 2. Koncentracije amonijaka na mernom mestu A su bile u rasponu od 1,42 do 1,80 ppm, na mernom mestu B od 0,72 do 1,11 ppm, a na mernom mestu C od 0,67 do 1,74 ppm, respektivno.



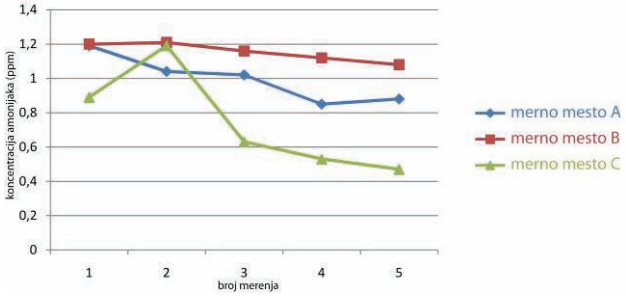

Slika 2. *Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja prvog dana merenja*

Slika 3. predstavlja zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja tokom prvog vremenskog intervala, drugog dana merenja. Izmerene su koncentracije u rasponu od 0,82 do 1,23 ppm na mernom mestu A, od 0,91 do 1,09 ppm na mernom mestu B i od 0,71 do 0,96 ppm na mernom mestu C, respektivno.



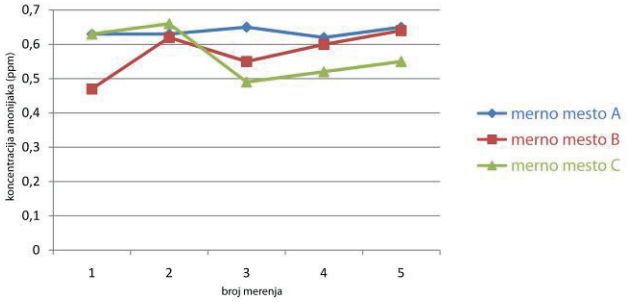

Slika 3. *Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja drugog dana merenja*

Detektovane koncentracije amonijaka u toku trećeg dana merenja, za prvi vremenski interval na sva tri merna mesta prikazane su na grafiku na slici 4. Na mernom mestu A koncentracije su se kretale u rasponu od 0,85 do 1,19 ppm, na mernom mestu B od 1,08 do 1,21 ppm i na mestu C od 0,47 do 1,19 ppm, respektivno.



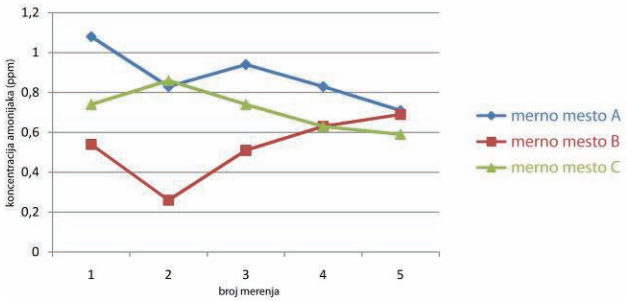

Slika 4. *Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja trećeg dana merenja*

Na slici 5. prikazana je zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja tokom četvrtog dana, za prvi vremenski interval na sva tri merna mesta. Koncentracije za merno mesto A kretale su se od 0,62 do 0,65 ppm, merno mesto B od 0,47 do 0,64 ppm i merno mesto C od 0,49 do 0,66 ppm, respektivno.



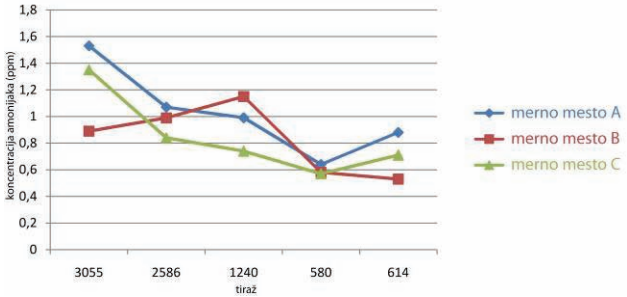

Slika 5. *Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja četvrtog dana merenja*

Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja tokom prvog vremenskog intervala, petog dana merenja, na sva tri merna mesta je prikazana na slici 6. Na mernom mestu A koncentracije su se kretale u rasponu od 0,71 do 1,08 ppm, na mernom mestu B od 0,26 do 0,69 ppm i na mestu C od 0,63 do 0,86 ppm, respektivno.




Slika 6. *Zavisnost koncentracije amonijaka od broja merenja petog dana merenja*

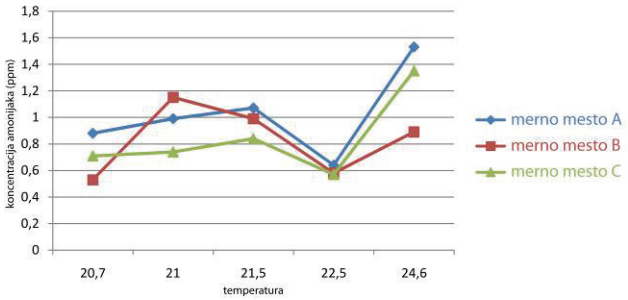
Ako se posmatraju prosečne vrednosti koncentracije amonijaka u prvom intervalu na sva tri merna mesta, uočljivo je da koncentracije na mernom mestu A i C opadaju kako se smanjuje broj izrađenih kopija, odnosno rastu kako se povećava broj izrađenih kopija tokom svih pet dana merenja (slika 7.). Na mernom mestu B ne postoji direktna zavisnost koncentracije amonijaka i broja kopija.



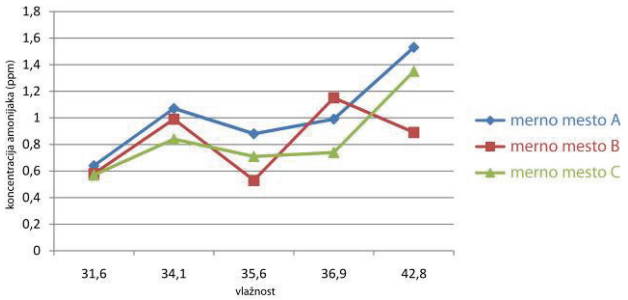

Slika 7. *Zavisnost koncentracije amonijaka od tiraža*

U prvom vremenskom intervalu na mernim mestima A i C izmerena je najveća koncentracija amonijaka pri najvišoj temperaturi od 24,6ºC i vlažnosti vazduha od 42,8%, a najmanje vrednosti su zabeležene pri najmanjoj vlažnosti vazduha od 31,6% i najmanjoj osvetljenosti od 182 lx. Na mernom mestu B najmanja koncentracija je detektovana pri najnižoj temperaturi od 20,7ºC. Na slici 8.

predstavljena je zavisnost koncentracije amonijaka od temperature.
Slika 9. prikazuje zavisnost koncentracije amonijaka od relativne vlažnosti vazduha na sva tri merna mesta, u toku prvog vremenskog intervala.
Sa povišenjem temperature i vlažnosti koncentracija amonijaka značajno raste do 1,6 ppm.

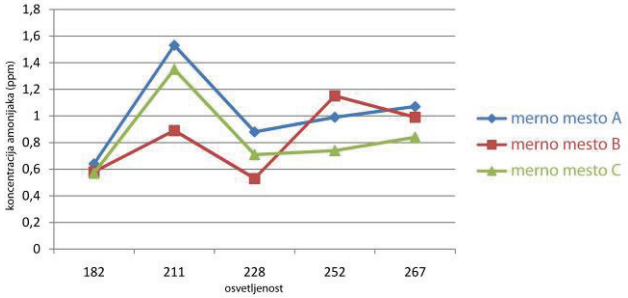



Slika 8. *Zavisnost koncentracije amonijaka od temperature*




Slika 9. *Zavisnost koncentracije amonijaka od relativne vlažnosti*

Zavisnost koncentracije amonijaka od intenziteta osvetljenosti, na sva tri merna mesta, u toku prvog vremenskog intervala, prikazana je na slici 10.




Slika 10. *Zavisnost koncentracije amonijaka od intenziteta osvetljenosti*

Najveća koncentracija amonijaka izmerena je pri intenzitetu osvetljenosti od 211 lx. Sa povećanjem osvetljenosti koncentracija amonijaka ostaje relativno konstantna i iznosi oko 1 ppm.

## 7. ZAKLJUČAK

Izvršeno ispitivanje ambijentalnog zagađenja vazduha u kopirnici u Novom Sadu ukazalo je na prisustvo amonijaka u vazduhu.
Detektovane koncentracije amonijaka na svim mernim mestima i u svim vremenskim intervalima su mnogo manje od maksimalno dozvoljene koncentracije amonijaka koja je u skladu sa Pravilnikom Republike Srbije. Izmerene koncentracije se, takođe, nalaze daleko ispod PEL, STEL i REL maksimalno dozvoljenih vrednosti koje propisuju međunarodne organizacije OSHA (Occupational Safety and Health Administration) i NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).
Najveće izmerene vrednosti amonijaka su zabeležene u prvom intervalu na svim mernim mestima. Porast koncentracije na mernim mestima A i C izazvao je porast temperature, relativne vlažnosti vazduha, osvetljenosti i tiraža, odnosno izrađenih kopija. Na mernom mestu B koncentracije su varirale nezavisno od tiraža i vrednosti mikroklimatskih parametara.
Na osnovu izmerenih koncentracija amonijaka, može se zaključiti da je za radnike rad u ispitivanoj kopirnici bezbedan, tj. da izmerene koncentracije nemaju uticaj po zdravlje zaposlenih.

## 8. LITERATURA


[1] Guo H., Lee S. C., Chan L. Y., and Li W. M., "Risk Assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments", Environ. Res., (2004) str. 57-66.

[2] Tehno Copy, Fotokopir aparati, Prodaja i servis fotokopiraparata,(2011) http://www.tehnocopy.co.rs/

[3] Helmenstine A. M., Mixing Bleach and Ammonia, Chemical Reactions from Mixing Bleach and Ammonia,(2008)http://chemistry.about.com/od/toxicchemicals/a/Mixing-Bleach-And-Ammonia.htm

[4] Board E., Hand Book of Prepress, Engineers India Research Institute, Delhi, (2008) str.1-16.

[5] Graphics M., Digital Pre-press Reduces Waste, Michigan Department of Enviromental Quality, Michigan, (1998) str. 1-2.

[6] Jet - ink, Fotokopiranje, Proces fotokopiranja - malo teorije,(2011)http://www.jetink.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=66.

[7] Zumdahl S., Ammonia (NH3), The Editors of Encyclopædia Britannica, (2008) http://www.britannica.com/EBchecked/topic/20940/ammonia-NH3.

[8] Wolverton B.C., Wolverton J. D., Plants and soil microorganisms: Removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment, Journal of the Mississipi academy of sciences (1993), vol.38 No.2.


**Kratka biografija:**




**Slađana Supić** rođena je u Gacku 1989. god. Apsolvent na master studijama Fakulteta tehničkih nauka, Departmana za grafičko inženjerstvo i dizajn u Novom Sadu.





**Jelena Kiurski** rođena je u Kikindi. Svoje obrazobanje do doktora tehničkih nauka stekla je na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. Danas je redovni profesor na fakultetu Tehničkih nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9

# WEB APLIKACIJA ZA UPRAVLJANJE SISTEMOM ZA UDALJENU DIJAGNOSTIKU I NADGLEDANJE NAMENSKIH UREĐAJA ZASNOVANOM NA TR-069 PROTOKOLU

# WEB APPLICATION FOR REMOTE DIAGNOSTIC AND MONITORING DEDICATED DEVICES BASED ON THE TR-069 PROTOCOL

Ksenija Udovičić, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *Ovaj rad bavi se realizacijom web aplikacije, čija je uloga upravljanje sistemom za udaljenu dijagnostiku i nadgledanje namenskih uređaja zasnovanom na TR-069 protokolu. Rad demonstrira vizuelni dizajn grafičke korisničke sprege i opisuje njegovu funkcionalnost.*

**Abstract** – *This paper presents the implementation of graphical web application for remote diagnostic and monitoring dedicated devices based on the TR-069 protocol. The paper demonstrates visual design of graphical users functionality and it's functionality.*

**Ključne reči:** *Web aplikacija, TR-069protokol, udaljena dijagnostika*

## 1. UVOD

Tehnologija je poslednjih godina veoma uznapredovala i samim tim se u velikoj meri razvio i internet. Veliki broj uređaja danas je baziran na internet konekciji i gotovo je nemoguće zamisliti rad na njima bez iste. Svi ti uređaji zahtevaju redovna ažuriranja i podešavanja; međutim nisu svi korisnici upoznati sa načinom na koji se to izvršava i iz tog razloga je potrebno operateru omogućiti kontrolu i pristup tim uređajima.
Rešenje navedenog problema jeste da se obezbedi mehanizam za udaljenu kontrolu, konfiguraciju i nadgledanje uređaja. Broadband je predložio standard pod nazivom TR-069, koji samo propisuje način komunikacije, ali ne i prikaza podataka i korisničku spregu.
Ovaj rad se fokusira na realizaciju web aplikacije na strani dobavljača usluga za obavljanje operacija nadgledanja, konfigurisanja, evidentiranja i drugih. WEB aplikacija predstavlja korisničku spregu rešenja i korisnika, a ujedno skriva detalje upotrebljenog TR-069 standarda i obezbeđuje razumljivu platformu jednostavnu za upotrebu.

## 2. TEORIJSKE OSNOVE

U ovom poglavlju biće objašnjen protokol TR-069, na kome je i zasnovana aplikacija, Google Web Toolkit (GWT), pomoću koga je ista realizovana i osnove WEB dizajna.

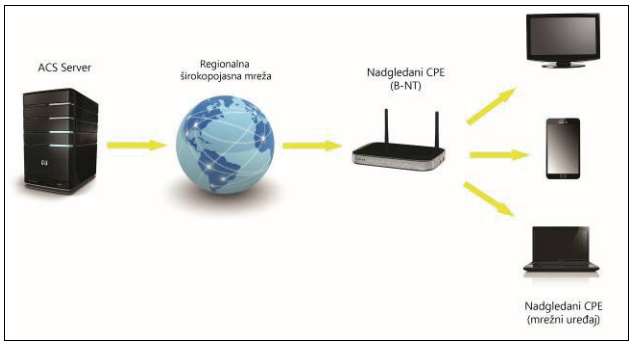
### 2.1. TR-069

TR-069 je tehnička specifikacija koja je takođe poznata kao CWMP (eng. CPE Wan Management Protocol), izdata od strane Broadband Forum-a. Opisuje protokol aplikacionog nivoa koji omogućava daljinsko upravljanje krajnjim korisničkim uređajima potrošačke elektronike. TR-069 omogućava dvosmernu komunikaciju između entiteta, a bazirana je na SOAP/HTTP protokolu.

U standardu su propisane dve grupe uređaja:

- CPE (eng. Customer Premises Equipment), uređaji koje korisnik dobija od svog operatera

- ACS (eng. Auto-Configuration-Server), centrala kojom se upravlja uređajima putem interneta.




Slika 1. *TR-069 Protokol*

### 2.2. Google Web Toolkit (GWT)

Google Web Toolkit (Gwt) je skup alata otvorenog koda koji omogućava razvoj i održavanje složenih JavaScript front-end aplikacija u Java programskom jeziku.

### 2.3. WEB dizajn

Web dizajn predstavlja vizuelnu komunikaciju sa korisnikom, gde dizajneri grafički osmišljavaju internet stranice koristeći slike i slova različitih fontova i veličina. Prilikom dizajniranja WEB stranice potrebno je voditi računa o bojama, kontrastu, rasporedu elemenata i čitljivosti teksta.

## 3. KONCEPT REŠENJA

Aplikacija je namenjena, kako korisnicima koji su stručni u oblasti digitalne tehnologije tako i onima koji to nisu. Iz tog razloga je posebna pažnja posvećena izgledu grafičke korisničke sprege, čiji sadržaj mora da bude jednostavan i lako razumljiv bilo kom korisniku.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Vidaković, vanr.prof.**

### 3.1. Rasporeda vizuelnih elemenata na stranici

Aplikacija je sastavljena iz tri osnovna elementa:

- zaglavlja
- menija
- tela

Ovi elementi su sastavni deo svake strane aplikacije, s tim da su zaglavlje i meni uvek isti, dok se sadržaj tela smanjuje.

## 4. OPIS REŠENJA

U ovom poglavlju opisano je realizovano rešenje.

### 4.1. MainView

Korisnik da bi mogao da pristupi aplikaciji mora imati kreiran nalog, kom pristupa preko *Login* stranice.

Ovo je glavni modul koji sadrži raspored osnovnih elemenata koji čine jednu stranicu, odnosno izgled aplikacije koji je vidljiv u pretraživaču.

### 4.2. TopView

Ovaj modul predstavlja zaglavlje koje je uvek isto, ne menja se sa promenom strane i služi za identifikaciju aplikacije. Unutar zaglavlja se nalazi logo i informacija o tome da li je korisnik trenutno prijavljen ili ne.

### 4.3. MenuView

Kada korisnik pristupi aplikaciji, na raspolaganju mu stoji nekoliko sekcija različitih funkcionalnosti kojima pristupa preko padajućeg menija koji se nalazi sa leve strane. Meni ima dva nivoa:

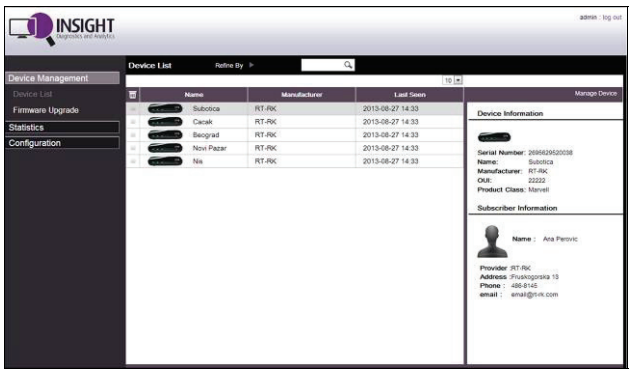
- prvi nivo predstavljaju tri glavne sekcije
- drugi nivo predstavljaju poglavlja unutar sekcija




Slika 2. *MenuView*

### 4.4. DeviceListView

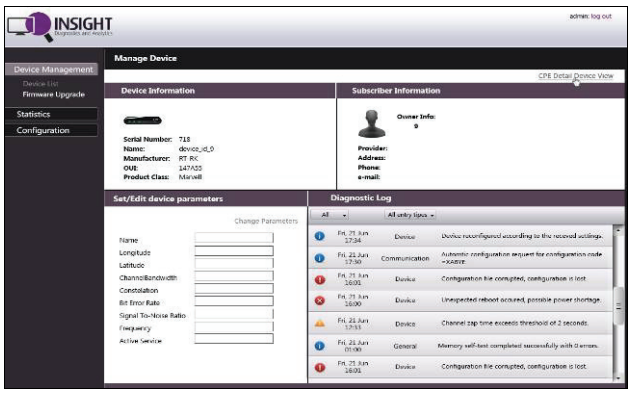
Stranica „*Device List*'' je početna strana aplikacije na kojoj korisnik ima mogućnost pristupa svakom uređaju pojedinačno, kao i pristup najdetaljnijem pregledu njegovih parametara koji se nalaze na stranicama koje se nadovezuju na ovu.




Slika 3. *DeviceListView*

### 4.5. ModifyDeviceView

Stranica „*Modify Device*'' se nastavlja na „*Device List*'' stranicu putem istoimenog linka. Ova stranica je pretežno namenjena servisnim operaterima koji će je koristiti prilikom komunikacije sa pretplatnikom. Kreirana je da pruži informacije o radu i funkcionalnosti uređaja i omogućava korisniku da uvek bude u toku dešavanja sa istim.




Slika 4. *ModifyDeviceView*

### 4.6. DetailDeviceView

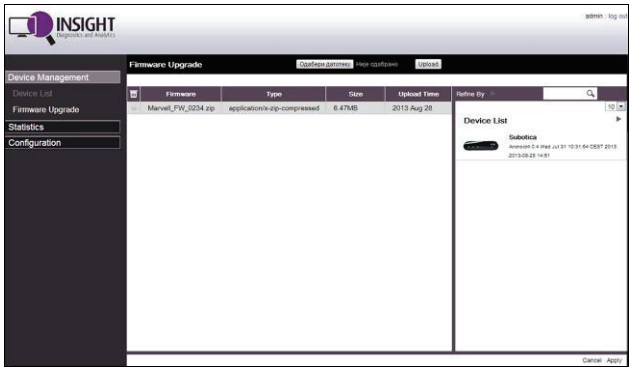
Ova stranica je druga u nizu koja se na stranicu „*Device List*'' nadovezuje preko stranice „*Modify Device*''. Ovde su smešteni svi parametri jednog uređaja i samim tim ona predstavlja njegov najdetaljniji prikaz. S obzirom da svaki uređaj ima veliki broj parametara, bilo je neophodno prikazati ih na odgovarajući način tako da svi parametri budu prikazani i lako dostupni u bilo kom trenutku, sa mogućnošću njihove korekcije.




Slika 5. *DetailDeviceView*

### 4.7. FirmwareUpgradeView

„*Firmware Upgrade*'' stranica služi za ažuriranje programskih paketa uređaja. U meniju se nalazi ispod stranice „*Device List*'' unutar zaglavlja „*Device Management*''.




Slika 6. *FirmwareUpgradeView*

### 4.8. HeatMapView

Stranica „*Heat Map*'' predstavlja kartu na kojoj korisnik može da se informiše o kvalitetu digitalnog signala na određenom geografskom području. Jačina signala se računa tako što se na mapi odrede referentne tačke i svaka od njih skuplja podatke od uređaja koji se nalaze u njenoj blizini i izračunava se njihova srednja vrednost koja predstavlja vrednost te referentne tačke.




Slika 7. *Referentne tačke*

Na osnovu tih vrednosti se dobija informacija o kvalitetu signala, koji na mapi može da se prikaže u tri boje:

- crvenom, ako je kvalitet signala loš
- žutom, ako je kvalitet signala dobar
- zelenom, ako je signal odličnog kvaliteta.




Slika 8. *Mapa pokrivenosti*

### 4.9. PeopleMetricView

Na stranici „*People Metric*'' su prikazani dijagrami sa informacijama o:

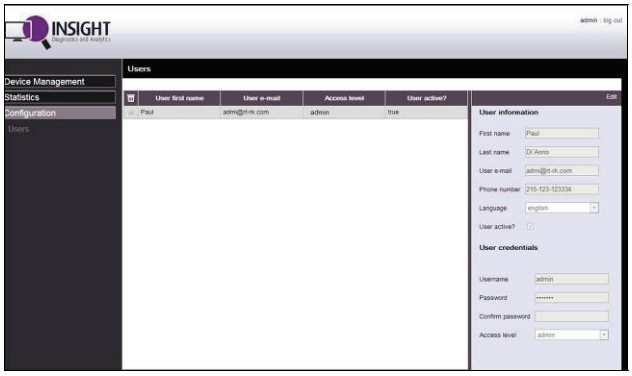
- najgledanijim televizijskim kanalima
- broju aktivnih uređaja tokom određenog vremena




Slika 9. *PeopleMetricView*

### 4.10. UsersConfigurationView

U okviru stranice „*Users*'' se nalazi lista registrovanih korisnika, koji imaju mogućnost pristupa aplikaciji. Da bi korisnik mogao da koristi aplikaciju mora da ima otvoren nalog koji mu omogućava pristup istoj, ukoliko ga nema mora da ga kreira.




Slika 10.*UsersConfigurationView*

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana realizacija web aplikacije za udaljenu dijagnostiku i nadgledanje namenskih uređaja zasnovanom na TR-069 protokolu. Dobavljači usluga pomoću nje mogu da prate dešavanja na uređaju, podešavaju njegove parametre i ažuriraju isti.

Aplikacija se sastoji iz tri dela:
- Management Device
- Statistics
- Configuration

i svaki deo poseduje određenu funkciju. Deo za upravljanje sadrži stranicu za ažuriranje istih. Deo „*Statistics*'' je posvećen istraživanju gledanosti televizijskih kanala i broja uključenih uređaja u datom trenutku, takođe se tu nalazi mapa na kojoj je prikazana jačina digitalnog signala na odgovarajućem području.
U delu „*Configuration*'' se nalazi lista korisnika aplikacije i njihovi osnovni podaci.

Dalji razvoj aplikacije mogao bi ići u pravcu poboljšanja vizuelnog izgleda praćenjem trendova i anketiranjem šireg kruga korisnika WEB aplikacije i dodavanjem novih funkcionalnosti.

## 6. LITERATURA


[1] CPE WAN Management Protocol, http://broadband-forum.org/technical/download/TR-069.pdf, 2004

[2] http://www.ericsson.com/hr/etk/novine/kom0311/21.pdf

[3] http://www.gwtproject.org

[4] http://www.webdesign.tutsplus.com/sessions/web-design-theory

[5] http://www.tp-link.us/support/emulators


## Kratka biografija:


**Ksenija Udovičić** rođena je u Novom Sadu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2012.god.

**Milan Vidaković** rođen je 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.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.738.1:004.4'27

# RESPONSIVNI VEB SAJT

# RESPONSIVE WEB SITE

Pavle Josifidis, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – *Ovaj rad obuhvata analizu potrebe za kreiranjem responsivnog veb sajta i njegovu izradu, počevši od instalacije lokalnog servera i CMS sistema WordPress. Sadržaj sajta će biti kreiran u WordPress-u, a u tekstualnom editoru Notepad++ će biti kreirana struktura veb stranica i oblikovan izgled sajta. Sajt će biti postavljen na udaljeni server i biće prikazano testiranje sajta na mobilnom telefonu, tabletu i računaru.*

**Abstract** – *This work includes an analysis of the necessity for creating responsive web site and its development, starting with the installation of a local server and the CMS system WordPress. The contents of the site will be created in WordPress, and in the text editor Notepad++ will be created structure of web pages and formatted layout of the site. The site will be uploaded on a remote server and testing will be presented on the mobile phone, tablet and computer.*

**Ključne reči:** *web site, web design, responsive site, HTML, CSS, JavaScript, PHP, CMS, WordPress*

## 1. UVOD

Do pre nekoliko godina računari su bili osnovno sredstvo povezivanja korisnika sa internetom, ali razvoj tehnologije mobilnih uređaja, kao što su tablet i mobilni telefon, doneo je značajne promene.

S obzirom da je sve više korisnika koji žele da imaju pristup internetu na svakom koraku, pretpostavka je da će za par godina mobilni uređaji postati glavno sredstvo povezivanja sa internetom.

Pošto je većina današnjih sajtova kreirana i optimizovana za prikaz na računaru, stranica učitana na mobilnom uređaju postaje ili apsolutno nevidljiva ili vidljiva sa izuzetno malim fotografijama i tipografijom, tako da sajt gubi smisao za korisnike ovih uređaja. U tom slučaju korisnik mora ručno da uveličava stranicu i pronađe željeni sadržaj.

Rezultat analize predstavlja činjenica da sajtovi nisu vidljivi za većinu mobilni uređaja koji su ipak sve više u upotrebi, što znači da veliki broj sajtova svakoga dana gubi sve veći broj posetilaca.

## 2. UVOD U TEHNOLOGIJE

Prilikom izrade sajta korišćene su određene tehnologije. HTML (Hyper Text Markup Language) predstavlja jezik za označavanje sadržaja i koristi se za opis strukture dokumenta. Pomoću CSS-a (Cascading Style Sheet) se upravlja rasporedom i izgledom stranice i odvaja se struktura od izgleda stranice [6].

JavaScript je višekorisnički jezik koji omogućava kontrolu izgleda stranice i povećava interaktivnost između korisnika i stranice [3]. PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) je skriptni programski jezik za dinamičko generisanje HTML koda i najčešće se koristi kao razvojna platforma za interaktivne internet stranice [2].

CMS (Content Management System) su softverski sistemi koji omogućavaju kreiranje i održavanje digitalnih dokumenata od strane više lica koja imaju različite uloge [6]. Od mnoštva CMS sistema odabran je WordPress jer predstavlja jedan od najpopularnijih CMS sistema kojeg karakteriše i veliki broj besplatnih dodataka za nadogradnju softvera [5].

## 3. RESPONSIVNI DIZAJN

Responsivni dizajn se još naziva i adaptivni ili prilagodljivi dizajn, zato što se sadržaj sajta ne prilagođava samo određenim rezolucijama telefona ili tableta. Cilj responsivnog dizajna je da se prilagođava svakoj realnoj rezoluciji ekrana [1].

Osnovu responsivnog dizajna čini upotreba sistema tečne mreže i fleksibilnih slika i video klipova, korišćenjem relativnih mernih jedinica kao što su piksel i procentna vrednost.

Responsivnost veb dizajna zasniva se na upotrebi upita medija jer se pomoću njih omogućava prilagođavanje sadržaja stranice različitim uslovima prikaza. Definisanjem upita moguće je kombinovati različite stilove za isti element u zavisnosti od toga koji stilovi odgovaraju kom upitu. Na taj način sadržaj stranice se različito uklapa i prilagođava različitim vrstama ekrana [4].

## 4. WORDPRESS NA LOKALNOM SERVERU

Na početku izrade praktičnog dela rada instaliran je Wamp server [7], odnosno lokalni server koji omogućava pokretanje WordPress-a i testiranje sajta. Sajt za potrebe master rada je izrađen na lokalnom serveru, čime je obezbeđen brz pristup podacima bez problema sa konekcijom. Zatim je kreirana baza podataka i instaliran je WordPress. Nakon toga je u WordPress-u kreiran celokupan sadržaj sajta, sa vestima i slikama.

Prilikom izrade bilo kog veb sajta, na početku je neophodno odrediti temu sajta, izraditi plan i definisati najvažnije ciljeve. Za potrebe sajta projekta izabrana je hijerarhijska informacijska struktura, a tema sajta je prezentacija engleskog fudbalskog kluba Arsenal na srpskom jeziku.

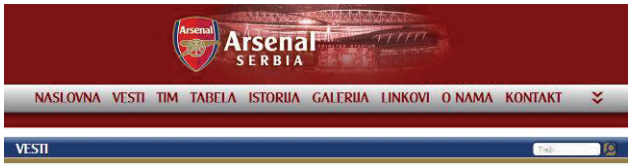
**NAPOMENA:**
**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor prof. dr Milan Vidaković.**

## 5. IMPLEMENTACIJA

U skladu sa principima responsivnog dizajna, unutar datoteke za stilove definisani su stilovi za elemente. Ovim stilovima oblikovan je izgled veb sajta za pregled na ekranima različitih uređaja, dok je struktura sajta sadržana u WordPress datotekama teme sajta. Za pisanje koda korišćen je tekstualni editor Notepad++.

## 6. ZAGLAVLJE (HEADER)

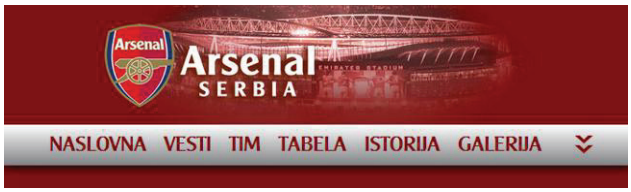
Zaglavlje (*header*) vizuelno predstavlja zaglavlje veb stranice (Slika 1). Unutar zaglavlja definisani su slika i pozadinska boja.




Slika 1. *Zaglavlje veb stranice*

Padajući meni je realizovan upotrebom JavaScripta. Ovaj meni se sastoji iz tekstualnih stavki i dugmeta. Pošto je potrebno da se veb sajt učitava na uređajima sa različitim veličinama ekrana i rezolucijama, neće sve stavke horizontalnog menija moći uvek da budu prikazane. Prikaz stavki će zavisiti od rezolucije uređaja.

Iz tog razloga postavljeno je dugme koje jednim klikom omogućava vertikalni prikaz stavki menija koje u tom trenutku nise vidljive i dostupne (Slika 2), dok ponovnim klikom uklanja taj prikaz (Slika 3). Deo sajta koji takođe spada u zaglavlje je naslovna traka koja sadrži naslov stranice i polje za pretragu.




*Slika 2. Dugme je u neaktivnom stanju*




Slika 3. *Dugme je u aktivnom stanju*

## 7. PODNOŽJE (FOOTER)

Podnožje stranice (Slika 4) sadrži horizontalni meni sa istim stavkama kao meni u zaglavlju, i blok teksta sa oznakom za autorska prava i nazivom sajta.

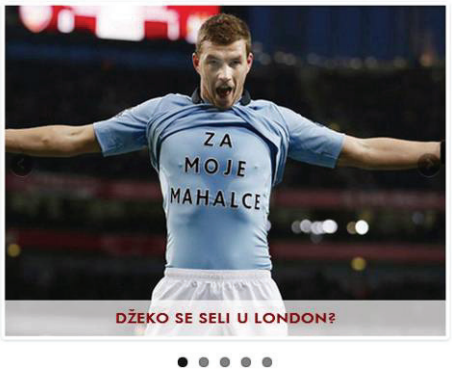



*Slika 4. Podnožje veb stranice*

## 8. NASLOVNA STRANICA

Naslovna stranica je početna stranica veb sajta koja pruža informacije i linkove ka ostalim stranicama sajta. Na naslovnoj stranici nalaze se slajder sa vestima, informacije o mečevima, anketa i linkovi ka foto galeriji i veb prodavnici.

Stavke slajdera (Slika 5) definisane su pomoću while petlje, a ostatak sadržaja naslovne stranice čine određeni postovi, koji su kreirani u WordPress-u. Ovo je izvedeno upotrebom četiri petlje, koje su slične petlji koja popunjava sadržaj slajdera.




Slika 5. *Slajder sa vestima*

## 9. STRANICE VESTI

Stranice vesti sadrže postove koji predstavljaju svakodnevne vesti, a kreirane su u WordPress-u.

### 9.1. Datoteka ARCHIVE

Na jednoj stranici nalazi se pet postova. Svaki post predstavlja sažetak jedne vesti i link ka celokupnom tekstu te vesti. Kreirane su dve stranice vesti (Slika 6) sa po pet postova koji su sortirani na osnovu datuma postavljanja vesti.

Za svaki post u WordPress-u je kreirana thumbnail slika i sažetak vesti. Ispisivanje postova definisano je while petljom koja se nalazi u datoteci archive i izlistava postove koji imaju thumbnail sliku.




*Slika 6. Prikaz dela stranice vesti*

### 9.2. Datoteka SINGLE

Datoteka single (Slika 7) definiše stranice na kojima se nalazi celokupna vest, tj. ceo članak. Ispisan je naslov vesti, datum, sadržaj i link ka ostalim vestima.




*Slika 7. Prikaz dela stranice definisane datotekom single*

## 10. DATOTEKA PAGE

Datoteka page definiše 7 stranica kreiranih u WordPress-u. U pitanju su stranice tim, tabela, istorija, galerija, linkovi, o nama i kontakt. Unutar elementa sa klasom entry nalazi se sadržaj ovih stranica.

### 10.1. Stranica TIM

Stranicu tim (Slika 8) karakteriše određen broj elemenata sa klasom tim i nekoliko tagova za naslove. Jedan element sa klasom tim sadrži sliku i tag za naslove.




*Slika 8. Prikaz dela stranice tim*

### 10.2. Stranica TABELA

Na stranici tabela (Slika 9) nalazi se tabela čiji je izgled određen definisanjem stila za svaki parni red.




| Poz | Tim | U | P | N | I | G+ | G- | +/- | Bod |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mančester J. | 26 | 21 | 2 | 3 | 62 | 31 | 31 | 65 |
| 2 | Mančester S. | 26 | 15 | 8 | 3 | 48 | 24 | 24 | 53 |
| 3 | Celsi | 26 | 14 | 7 | 5 | 55 | 28 | 27 | 49 |
| 4 | Totenhem | 26 | 14 | 6 | 6 | 44 | 30 | 14 | 48 |
| 5 | Arsenal | 26 | 12 | 8 | 6 | 50 | 29 | 21 | 44 |

*Slika 9. Prikaz dela stranice tabela*

### 10.3. Stranica ISTORIJA

Sadržaj koji popunjava stranicu istorija, stranicu linkovi i stranicu o nama je na osnovu strukture identičan. U pitanju su stranice koje sadrže samo tekst i slike oko kojih se tekst prelama.

### 10.4. Stranica LINKOVI

Na stranici linkovi nalaze se eksterni linkovi, a otvaraju se u novoj kartici jer vode korisnika ka drugim sajtovima.

### 10.5. Stranica O NAMA

Na stranici o nama slikama su dodeljene određene klase kako bi bile poravnate uz jednu ivicu stranice.

### 10.6. Stranica GALERIJA

Sadržaj stranice galerija (Slika 10) je kreiran pomoću WordPress-ovog dodatka za kreiranje foto galerija. Galerija se sastoji od 24 slike u manjem formatu i klikom na jednu od njih prikazuje se ta slika u većem formatu.




*Slika 10. Prikaz dela stranice galerija*

### 10.7. Stranica KONTAKT

Stranica kontakt (Slika 11) sadrži nefunkcionalne forme, kao što su jednolinijska tekstualna input polja, višelinijsko tekstualno input polje i input polje tipa checkbox.




*Slika 11. Prikaz dela stranice kontakt*

## 11. DATOTEKA SEARCH

Datoteka search definiše stranicu pretraga, odnosno stranicu koja se učita nakon što se neki pojam ukuca u polje pretraga koje se nalazi u naslovnoj traci stranice.

Ukoliko postoje postovi koji sadrže traženu reč pomoću while petlje se izlistaju postovi odnosno rezultati (Slika 12).




*Slika 12. Rezultati pretrage*

Ukoliko ne postoji tražena reč ispisuje se da nema rezultata pretrage (Slika 13).




*Slika 13. Nema rezultata pretrage*

## 12. DATOTEKA 404

Datoteka 404 definiše stranicu 404, odnosno stranicu koja se učitava ukoliko tražena stranica iz određenih razloga ne postoji. Na ovoj stranici se nalaze zaglavlje, podnožje i polje pretraga, kao i na ostalim stranicama, tako da je korisniku omogućeno da i dalje pretražuje stranice na istom sajtu.




*Slika 14. Prikaz dela stranice 404*

## 13. UPITI MEDIJA

Kao što je već spomenuto, upotreba upita medija znatno utiče na responsivnost veb sajta. U praktičnom delu rada implementacija upita medija izvršena je direktnim ispisivanjem upita u istu CSS datoteku u kojoj su definisani i ostali stilovi vezani za sajt.

Definisani su upiti za razne elemente i razne širine ekrana gde su određeni elementi umanjeni, pomereni ili sakriveni kako bi se pravilno uklopili u posmatranu veličinu ekrana.

## 14. POSTAVLJANJE SAJTA NA SERVER

Poslednja faza procesa izrade rada je postavljanje sajta na udaljeni server kako bi sajt bio dostupan svim posetiocima. Neophodno je eksportovanje baze sa lokalnog servera, pa importovanje baze na udaljeni server.

Sledeći korak predstavlja prebacivanje datoteka na server što je omogućeno programom FileZilla, a poslednji korak predstavljaju izmene određenih putanja u datoteci wp-config.php.

## 15. TESTIRANJE SAJTA

Postavljanjem na server sajt je spreman za testiranje u raznim pretraživačima i uređajima različitih veličina ekrana, kao i za eventualne ispravke i doterivanje. Sajt je uspešno istestiran u različitim pretraživačima, kao i na uređajima različitih veličina ekrana, kao što su mobilni telefon, tablet i monitor računara (Slika 15).

## 16. ZAKLJUČAK

Pošto razvoj industrije mobilnih telefona i tableta sve više i brže napreduje zaključak je da je potrebno kreirati što više responsivnih sajtova, odnosno sajtova koje će moći da koriste svi korisnici.



*Slika 15. Prikaz naslovne stranice u tri rezolucije*

Neke sajtove je lakše kreirati ispočetka u duhu responsivnog dizajna nego vršiti prepravke na postojećem sajtu, a u prilog tome ide to što je danas u trendu osvežavanje izgleda celog sajta svakih par godina.

Kada bi responsivni veb dizajn postao standard u oblikovanju sajtova, za par godina mogli bismo da surfujemo drugačijim, kvalitetnijim i prilagodljivijim internetom kojim bi bili zadovoljni svi korisnici, a time i vlasnici sajtova.

## 17. LITERATURA

[1] Anonymus, (2013), Kako da napravite responzivni sajt pomoću CSS3 [Internet] <raspoloživo na: http://www.baguje.com/2013/02/kako-da-napravite-responzivni-sajtpomocu-css3-15712.html>, [pristupljeno 5.9.2013.].
[2] Anonymus, (2013), PHP web programiranje [Internet] <raspoloživo na:http://www.it-akademija.com /ITakademija-PHP-Web-Development-Program_746>, [pristupljeno 2.9.2013.].
[3] Anonymus, (n.d.), Tehnologije za web [Internet] <raspoloživo na: http://www.vps.ns.ac.rs/Materijal/ mat8010.pdf>, [pristupljeno 1.9.2013.].
[4] De Graeve, K. (2011), Responsive Web Design [Internet] <raspoloživo na: http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/hh653584.aspx>, [pristupljeno 5.9.2013.].
[5] Milošević, M. (2012), Od čega početi - CMS i/ili LMS [Internet] <raspoloživo na: http://www.svetnauke. org/10563-od-cega-poceti-cms-iili-lms>, [pristupljeno 3.9.2013.].
[6] Vidaković, M. (2013), Web dizajn, slajdovi sa predavanja, Novi Sad
[7] WampServer, <raspoloživo na: http://www.wampserver.com>, [pristupljeno 1.12.2013]

**Kratka biografija:**



**Pavle Josifidis** je rođen 1989. godine u Novom Sadu. Završio je 2008. godine Elektrotehničku školu u Novom Sadu na smeru Elektrotehničar računara. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisuje 2008. godine na odseku Grafičko inženjerstvo i dizajn. Zvanje diplomiranog inženjera grafičkog inženjerstva i dizajna dobija 2012. godine.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 655.3

# METIL ETIL KETON U TAMPON ŠTAMPI

# METHYL ETHYL KETONE IN PAD PRESS

Branimir Todorović, Jelena Kiurski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *U radu je prikazana analiza emisije metil etil ketona u konkretnim proizvodnim uslovima u tampon štampi i njegovo potencijalno štetno dejstvo po zdravlje izloženih radnika i životnu sredinu. Utvrđena je varijacija koncentracionog nivoa metil etil ketona u obe ispitivane štamparije u funkciji obima proizvodnje i vremena uzorkovanja.*

**Abstract** – *This work is based on analyzing emission of methyl ethyl ketone in pad printing environment, and its potentially negative effects for workers health and living environment. In both printing facilities was determined that variation of concetration level of methyl ethyl ketone is corelated with production volume and time of sampling.*

**Ključne reči:** *metil etil keton, gasna hromatografija, tampon štampa, bezbednost na radu*

## 1. UVOD

Sa razvojem konkurencije i slobodnog tržišta pojavila se i neprekidna borba za izradom jeftinijeg i atraktivnijeg proizvoda. U te svrhe razvijaju se novi materijali, pronalaze nove supstance i razvijaju nove tehnike. U cilju za atraktivnijim proizvodima počelo se sa njihovim ukrašavanjem, a kako bi se ovaj proces pojeftinio i ubrzao razvijena je tehnika tampon štampe koja je omogućila štampu na podlogama nepravilnog oblika. Isto tako je tokom 1980-tih godina kao rastvarač u bojama počeo da se koristi metil etil keton kao alternativa dotadašnjem etil acetatu zbog boljih tehničkih karakteristika.

## 2. KETONI

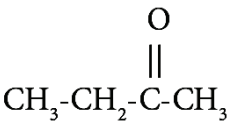
Ketoni nose naziv po karakterističnoj ketonskoj grupi kod koje je kiseonikov atom vezan za atom ugljenika dvostrukom vezom, kao što je prikazano formulom:



gde R i R' predstavljaju grupu izgrađenu od ugljenika i vodonika, kao što su $CH_3$, $CH_3$-$CH_2$, $C_2H_4$ itd. Ketonska grupa se ne može nalaziti na kraju lanca. Ketoni su: aceton, MEK, metil-izobutil-keton i dr. Za proizvodnju grafičkih boja najvažniji je aceton koji je i najjednostavniji keton i koji se lako meša sa većinom organskih rastvarača. Metil etil keton je nakon acetona najjednostavniji keton i zauzima bitnu ulogu u proizvodnji grafičkih boja. Ketoni se koriste kod onih grafičkih boja gde je potrebno brzo sušenje, poput kontinualne ink džet štampe i tampon štampe [1].

## 3. METIL ETIL KETON (MEK)

Metil etil keton (MEK) je organsko jedinjenje hemijske formule $C_4H_8O$. MEK je čista, prozirna, bezbojna, lako isparljiva i visoko zapaljiva tečnost, čiji miris podseća na aceton. Stabilna je supstanca pod normalnim uslovima ali može da formira perokside nakon dugog skladištenja, što može biti eksplozivno. MEK takođe može da formira eksplozivna jedinjenja prilikom mešanja sa vazduhom. Veoma je rastvorljiv u vodi, meša se sa većinom organskih rastvarača i formira azeotropna jedinjenja sa vodom i mnogim organskim tečnostima. Dobija se dehidrogenacijom 2-butanola. U atmosferi MEK stvara slobodne radikale koji mogu dovesti do stvaranja fotohemijskog smoga. Strukturna formula MEK–a je [2]:

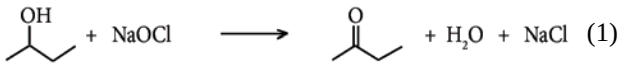


MEK je rastvarač većine sintetičkih smola kao što su celulozni acetat butirat, celulozni acetat propionat, akrilne, alkidne, epoksi, fenolne, poliesterne, poliuretanske i vinil smole i hibridnih sistema. Koristi se u premazima za drvo, razređivačima, automobilskim i industrijskim bojama i u bojama za štampu kod duboke i flekso štampe. U athezivima se koristi zbog svojih dobrih rastvaračkih osobina poliuretanskih smola, dok njegova brzina isparavanja doprinosi sušenju [3].

Tabela 1. *Fizičko-hemijske karakteristike MEK-a*

| | |
|---|---|
| Agregatno stanje | Tečno |
| Temperatura ključanja | 79.60 °C |
| Temperatura topljenja | -86.35 °C |
| Rastvorljivost u vodi | 295 mg/l na 25°C |
| Dinamička viskoznost | 0,323 mPa·s na 20°C |
| Gustina | 0,08 g/cm$^3$ |

MEK se dobija dehidrogenacijom 2-butanola, a postoji više različitih metoda za to. Najveći prinos (95,8%) se dobija kada 2-butanol reaguje sa natrijum-hipo-hloridom (NaOCl) u reakciji [4]:




(1)

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bila dr Jelena Kiurski, redovni profesor.**

MEK je moguće dobiti i oksidacijom n-butana[5]. U finalnim proizvodima MEK ima najveći udeo u proizvodnji rastvarača i premaza sa udelom od 58%, 11% proizvedenog MEK-a u svetu se koristi za athezive a 8% za štamparsku boju (tabela 2.) [6].

Tabela 2. *Upotreba MEK-a kao finalnog proizvoda*

| Sektor | Udeo u proizvodnji (%) |
|---|---|
| Premazi/rastvarači | 58 |
| Athezivi | 11 |
| Boje za štampu | 8 |
| Hemijski i farmaceutski | 7 |
| Magnetne trake | 4 |
| Uklanjanje voska u uljima za podmazivanje | 2 |
| Ostalo | 10 |
| Ukupno | 100 |

### 3.1. MEK u grafičkoj industriji

Metil etil keton se u grafičkoj industriji koristi kao rastvarač. Funkcija rastvarača u grafičkoj boji je da zadrži smolu u rastvoru sve do trenutka nanošenja boje na podlogu i da omogući boji potrebnu konzistenciju i viskoznost.

Različiti rastvarači poseduju različite temperature ključanja od čega zavisi njihova brzina otvrdnjavanja. Mogu se klasifikovati u nekoliko grupa: ketoni, etri, estri, alkoholi, alkohol-etri, ugljovodonici itd. [1].

U recepturama grafičkih boja i razređivača za flekso i duboku štampu je pogodan jer ima kratko zadržavanje na fleksibilnim plastičnim filmovima. U fleksografskim sistemima njegova odlična moć rastvaranja omogućava primenu manje količine rastvarača štetne za polimere na štamparskoj formi.

U bojama na bazi rastvarača ima malu gustinu povezanu sa dobrom rastvorljivošću koji omogućavaju idealan odnos cene i kvaliteta [3].

### 3.2. Uticaj MEK na zdravlje

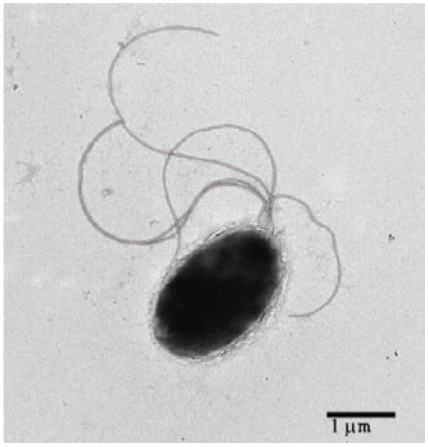
Relativna toksičnost ketona je niska [7], i nema studija koje ukazuju na smrt ljudi uzrokovanih inhalacijom, oralnoj ili dermalnoj izloženosti MEK [2,8]. Organizacije ACIGH i OSHA tokom 8-časovnog izlaganja predlažu izlaganje prosečnoj koncentraciji od 300 ppm [9], ali čak ni radna koncentracija 500 –700 ppm ne može izazvati trajna oštećenja[10].

MEK dospeva u ljudski organizam na više načina: udisanjem ukoliko postoje njegova isparenja u vazduhu, putem kože ukoliko postoji dodir sa njim, ili oralnim putem ukoliko je sadržan u hrani ili piću[8]. Simptomi koji se javljaju pri radu čoveka sa MEK-om su: peckanje očiju, isparenja iritiraju oči, nos i grlo. Duže izlaganje ovoj supstanci može izazvati glavobolju, vrtoglavicu, malaksalost, mučninu i gubitak svesti.

Pri radu sa MEK preporučuje se nošenje zaštitne opreme u vidu gas maski ili boca sa kiseonikom, plasničnih rukavica, nošenje naočara ili zaštite za lice [11].

### 3.3. Uticaj MEK-a na životnu sredinu

Mala je verovatnoća da MEK predstavlja opasnost po životnu sredinu osim u slučajevima velikih izlivanja ili ispuštanja. U prirodi MEK se javlja u niskim koncentracijama u vazduhu, vodi i zemljištu. Brzo se sintetiše i uništava putem fotohemijskih procesa u atmosferi. Zapažanja na mikroorganizmima, višim biljkama, beskičmenjacima, ribama i sisarima ukazuju na nizak nivo toksičnosti. Ekološki nivoi MEK-a se čine suviše niskim da prouzrokuju bilo kakvu štetu, osim u neposrednoj blizini veoma zagađenih lokacija. Efekti na vodenu sredinu će se verovatno pojaviti na nivou između 1 i 10 mg/l [2].
Kada se ispusti u zemlju MEK može dospeti do podzemnih voda i može da isparava u umerenom obimu. Kada se ispusti u vodu MEK može biti biodegradiran od strane bakterija. Očekuje se da u vodi ima poluživot između 10 i 30 dana. Kada se MEK oslobodi na vazduhu, očekuje se da reaguje sa fotohemijski nastalim hidroksilnim radikalima i da ima poluživot između 1 i 10 dana [6]. U vodi jedna od bakterija koja uspešno razgrađuju MEK je i *Pseudomonas putida* (slika 1) do koncentracije 1150 mg/l [12]. Toksičnost MEK-a se može smatrati ekološki nebitnom, iako nedostaju konkretne informacije koje bi potkrepile ove tvrdnje. MEK je gotovo potpuno razgradiv u do 800 mg/l, a stopa degradacije se smanjuje sa povećanjem koncentracije [2].




Slika 1. *Pseudomonas putida, bakterija koja razgrađuje MEK*

## 4. EKSPERIMENTALNI DEO

### 4.1. MEK u proizvodnim uslovima

U okviru ovog rada izvršeno je merenje koncentracionih nivoa metil etil ketona je u 2 tampon štamparije, A i B, u Novom Sadu. Tampon štampariju A karakteriše pogon za štampu površine približno 40 $m^2$ sa zaposlenim jednim radnikom. Tampon štampariju B karakteriše pogon za štampu površine približno 25 $m^2$ u kojem je takođe zaposlen jedan radnik. Tokom uzorkovanja vazduha u štampariji A su štampane drvene drške za metle uz upotrebu boje (Tampaster), usporivača, rastvarača i očvršćivača proizvođača Marabu GmbH & Co. KG, Nemačka. Dok su u štampariji B štampani keramički tanjiri takođe uz upotrebu boje (Glass Ink GL), usporivača, rastvarača i očvršćivača proizvođača Marabu GmbH & Co. KG, Nemačka.

Vazduh radnog okruženja je uzorkovan i analiziran 4 puta na svaki sat tokom 4-časovnog radnog vremena u neposrednoj blizini tampon mašine, korišćenjem mobilnog gasnog hromatografa Voyager, Photovac, Inc. Istovremeno sa merenjem koncentracija metil etil ketona u radnom okruženju su praćeni i mikroklimatski parametri (temperatura, relativna vlaženost i intenzitet osvetljenosti) korišćenjem instrumenta Mannix DLAF-8000.

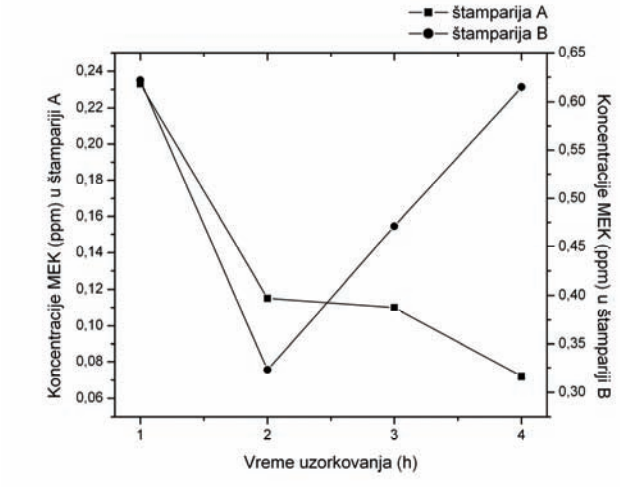
## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

Merenja su potvrdila prisustvo MEK u radnom okruženju ispitivanih tampon štamparija, tabela 3. Na osnovu dobijenih podataka utvrdjena je varijacija koncentracionih nivoa MEK tokom vremena uzorkovanja u tampon štamparijama A i B. U štampariji A je najveća koncentracija MEK detektovana u toku prvog sata proizvodnog procesa iz razloga što je tada bio i najveći obim proizvodnje.

Tabela 3. *Prosečne koncentracije MEK izmerene u štamparijama*

| Tampon štamparija | Koncentracija (ppm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Vreme uzorkovanja | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | 0,223 | 0,115 | 0,110 | 0,072 |
| B | 0,622 | 0,323 | 0,471 | 0,615 |

Trend koncentracija MEK u ispitivanim tampon štamparijama je prikazan na slici 2. Koncentracije MEK su pokazale isti trend opadanja u tampon štamparijama A i B tokom prva dva sata uzorkovanja. Nakon toga trend koncentracionih nivoa MEK nije bio isti, odnosno u štampariji A je uočen pad, dok je u štampariji B došlo do porasta koncentracija MEK. Mogući razlog porasta koncentracija MEK u štampariji B je odsustvo sistema za ventilaciju i veća akumulacija MEK u radnom prostoru usled intenziviranja procesa štampe i manje površine proizvodnog pogona.




Slika 2. *Zavisnost koncentracije metil etil ketona od vremena uzorkovanja u štamparijama*

Poređenje izmerenih koncentracionih nivoa metil etil ketona sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama za kratkoročnu izloženost (Short-Term Exposure Limits - STEL) od 300 ppm propisanih preporukom Nacionalnog instituta za zdravlje i bezbednost (Occupational Safety and Health Administration - OSHA) ukazuje na koncentracije MEK daleko ispod propisane vrednosti. Mogući razlog za niske koncentracije MEK u ispitivanim štamparijama A i B je upotreba tečnih materijala sa slabo isparljivim organskim jedinjenjima.

Vrednosti mikroklimatskih parametara u ispitivanim štamparijama su takođe varirale tokom 4-časovnog merenja koncentracionih nivoa MEK, tabele 4. i 5.

Tabela 4. *Mikroklimatski parametri u štampariji A*

| Mikroklimatski parametri | Vreme (h) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Temperatura (°C) | 21,9 | 21,4 | 22,4 | 24,0 |
| Relativna vlažnost (%) | 33,2 | 33,3 | 29,0 | 28,6 |
| Intenzitet osvetljenosti (lx) | 222 | 220 | 239 | 250 |

Tabela 5. *Mikroklimatski parametri u štampariji B*

| Mikroklimatski parametri | Vreme (h) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Temperatura (°C) | 21,2 | 19,7 | 20,1 | 20,4 |
| Relativna vlažnost (%) | 34,4 | 38,0 | 38,7 | 38,4 |
| Intenzitet osvetljenosti (lx) | 200 | 245 | 230 | 217 |

Porast temperature i intenziteta osvetljenosti i pad relativne vlažnosti tokom uzorkovanja vazduha u štampariji A nisu uticali na porast koncentracije MEK. U štampariji B je uočena zavisnost koncentracije MEK od temperature tokom 4-časovnog merenja, odnosno svaki porast temperature je doveo do većeg isparavanja MEK iz rastvarača u boji tokom tampon štampe i obrnuto, što je direktno poklapanje sa literaturnim podacima [13] i [14]. Relativna vlažnost i intenzitet osvetljenosti nisu imali uticaja na koncentracije MEK u tampon štampariji B

## 6. ZAKLJUČAK

Analizom dobijenih rezultata, naročito u štampariji B, potvrdjeno je činjenično slaganje sa literaturnim podacima da porast temperature utiče na brže isparavanje rastvarača iz boja tokom tampon štampe. Pored temperature na veću akumulaciju MEK u radnom okruženju štamparije B je uticao i intenzivniji obim proizvodnje, kao i odsustvo sistema za ventilaciju.

Zbog svoje isparljivosti čovek sme da bude izložen maksimalnoj koncentraciji od 300ppm tokom osmočasovne smene. U ispitivanim štamparijama, gde se MEK koristi kao rastvarač za boje, izloženost MEK-u je daleko ispod propisanih standarda. O tome govori i da je najveća izmerena koncentracija tokom eksperimenta u okviru ovog rada iznosila 0,622 ppm, što je čak 480 puta manje od propisanog.

## 7. LITERATURA


[1] Brekić Milan, Tarabić Divna, Trajković Rista (1998) Tehnologija grafičkog materijala. Peto izdanje, Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva

[2] WHO (1993) Environmental Health Criteria 143, International programme on Chemical Safety INCHEM [Online] Доступно на: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc143.htm#SectionNumber:1.1 [Приступљено на дан 10.10.2013].

[3] Oxiteno (2013) Methyl Ethyl Ketone [Online] Доступно на: http://www.oxiteno.com.br/cms/media/26763/metyl-ethyl-ketone-leather-ing.pdf [Приступљено на дан 10.09.2013].

[3] Oxiteno (2013) Methyl Ethyl Ketone [Online] Dostupno na:

http://www.oxiteno.com.br/cms/media/26763/metyl-ethyl-ketone-leather-ing.pdf [Pristupljeno na dan 10.09.2013].

[4] Robert V. Stevens , Kevin T. Chapman , Harold N. Weller (1980) Convenient and inexpensive procedure for oxidation of secondary alcohols to ketones, J. Org. Chem., vol. 45, br. 10. str. 2030-2032

[5] EPA (Environmental Protection Agency) (1994) Locating And Estimating Air Emissions From Sources Of Methyl Ethyl Ketone. Washington, DC, U.S. Environmental Protection Agency

[6] Divyesh Arora, Mohit Sharma (2002). Methyl ethyl ketone: A techno-commercial profile. Chemical Weekly, 27.04.2010. , str. 189-194.

[7] Yang RSH. (1986) The toxicology of methyl ethyl ketone. Residue Rev. Br. 97,str 121-143

[8] ATSDR (1992) Public Health Statement 2-Butanone, Agency for Toxic Substances and Disease Registry [Online] Dostupno na: http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp29-c1-b.pdf [Pristupljeno na dan 10.10.2013].

[9] EPA (Environmental Protection Agency) (2003) Toxicological Review Of Methyl Ethyl Ketone. Washington, DC ,U.S. Environmental Protection Agency [6] Divyesh Arora, Mohit Sharma (2002). Methyl ethyl ketone: A techno-commercial profile. Chemical Weekly, 27.04.2010. , str. 189-194.

[10] Budavari, S (2011) The Merck Index: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals.13 izdanje, New Jersey, Merck & Co., Inc..

[11] Nicholas P. Cheremisinoff (2003) Industrial Solvents Handbook, CRC Press

[12] Datta, A., & Philip, L. (2012). Biodegradation of Volatile Organic Compounds from Paint Industries. Applied biochemistry and biotechnology, vol.167 br.3, str.564-580.

[13] Mascoprint, Controlling ambient conditions for better quality, [online] Dostupno na: http://www.mascoprint.co.uk/resources/Ambient_Conditions.pdf, [Pristupljeno na dan: 05 February 2013.]

[14] TRI Elektronik, Controlling Ambient Conditions in Pad Printing, [online] Dostupno na: http://www.padprint.info/nm-Controlling_Ambient_Conditions_in_Pad_Printing-cp-962, [Pristupljeno na dan: 05 February 2013.]


**Kratka biografija:**



**Branimir Todorović** rođen je u Subotici 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranio je 2008.god.



**Prof. dr Jelena Kiurski** je obrazovanje do doktora tehničkih nauka stekla na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. Sada je redovni profesor na Fakultetu tehničih nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 655.326.1**

# FTIR STUDIJA UTICAJA RAZVIJAČA NA FLEKSO ŠTAMPARSKE FORME

# FTIR STUDY: SOLVENT IMPACT ON FLEXOGRAPHIC PRINTING PLATES

Nikolina Dramlić, Miljana Prica, Savka Adamović, Sandra Dedijer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *Cilj rada jeste sprovođenje niza testova za procesne parametre pri dejstvu različite količine sredstva za razvijanje štamparske forme. Analiza FTIR spektroskopijom ima za cilj kontrolu površine štamparske forme na štampajućim i neštampajućim elementima u zavisnosti od količine razvijača koji je primenjen u procesu razvijanja.*

**Abstract** – *The goal of the paper is conducting a series of tests for process parameters of flexographic printing plates in depending on different amount of solvent. The aim of FTIR spectroscopy analysis is controlling the surface of printing plate at printing and non-printing elements, depending on amount of solvent utilized in the flexographic developing process.*

**Ključne reči:** *Flekso štampa, FTIR spektroskopija, uticaj razvijača na fotopolimernu štamparsku formu*

## 1. UVOD

Zahvaljujući značajnom napretku u oblasti tehnike i tehnologije, uz prednosti na polju ekonomičnosti, brzine i kvaliteta reprodukcije, fleksografija je danas jedan od najznačanijih i najzastupljenijih procesa štampe. S obzirom da fleksografija nalazi primenu pri štampi na velikom broju različitih podloga, neophodno je pravovremeno razmotriti sve činioce koji pri tome imaju ulogu, kako bi se ostvario željeni rezultat. Kako bi bili ispunjeni uslovi koji su postavljeni pred postupak flekso štampe, velika fleksibilnost korišćenog postupka mora biti u najboljoj meri ostvarena, na šta umnogome utiče adekvatna kontrola procesnih parametara.

Jedan od najvažnijih faktora u procesu štampe jeste štamparska forma, pri čemu se u postupku flekso štampe primenjuju ploče izgrađene od polimera [1]. Osnovni pokazatelji strukture materijala i njegovih osobina su hemijski elementi koji ga sačinjavaju, te način na koji je bio procesuiran u konačnu formu. Konvencionalne fotopolimerne štamparske forme za flekso štampu koriste različite hemijske supstance za proces razvijanja, čime je uticaj tih supstanci značajan pri eksploataciji izrađene štamparske forme.

Razvijanje štamparske forme je jedan od kritičnih faktora koji direktno utiče na površinu štamparske forme kako na štampajućim, tako i na neštampajućim elementima, a dalje, svaka promena se uočava pri postupku otiskivanja. Kako bi se ostvario željeni kvalitet reprodukcije, neophodno je prilagođavanje postupka izrade štamparske forme postojećim proizvodnim uslovima. Proces izrade štamparske forme je u najvećem broju slučajeva vezan za smernice date od strane proizvođača ploče koja se koristi, definisanjem ograničenja i očekivanih karakteristika po završetku izrade. Prema tome, za izradu štamparske forme neophodno je uzeti u obzir više fizičkih i hemijskih parametara, kako bi se ostvario optimum pri njenoj kasnijoj primeni.

Sama hemijska struktura polimera od kog je ploča sačinjena, se prema tome, pri izradi štamparske forme, u određenoj količini menja, što dalje utiče na njene fizičke karakteristike. Količina korišćenog sredstva za razvijanje, dakle, mnogo utiče na karakteristike štamparske forme, pa je vrlo značajna kontrola elemenata gotove štamparske forme izrađene pod datim uslovima, koji su u okviru preporučenih od strane proizvođača [2].

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

### 2.1. Izrada uzoraka flekso štamparske forme

U master radu na uređaju BASF nyloflex Combi FI Super pripremljeni su uzorci flekso štamparske forme: referentni štampajućeg elementa netretiranog razvijačem (RA), referentni neštampajućeg elementa netretiranog razvijačem (RB), uzorci razvijenog štampajućeg elementa sa (6-10A) i bez (1-5A) sušenja i naknadnog UV osvetljavanja i uzorci razvijenog neštampajućeg elementa sa (6-10B) i bez (1-5B) sušenja i naknadnog UV osvetljavanja.

Za ispitivanje korišćene su jednoslojne nyloflex ACE štamparske ploče debljine 2,84 mm. Na osnovu prethodno izvršenih testova predosvetljavanja i glavnog osvetljavanja, usvojeno vreme predosvetljavanja iznosilo je 70 sekundi, odnosno 20 minuta za vreme glavnog osvetljavanja. Naknadno UVA i UVC osvetljavanje vršeno je na uzorcima 6-10, nakon razvijanja, sušenja i kodicioniranja u trajanju od 24 sata. Vreme naknadnog UVA I UVC osvetljavanja bilo je 10, odnosno 12 minuta respektivno.

Vreme je usvojeno na osnovu preporuke date od strane proizvođača. Vreme sušenja za uzorke 6-10 je takođe uzeto na osnovu proizvođačke specifikacije i iznosilo je 180 minuta.

Uzorci flekso štamparskih formi sa štampajućim i neštampajućim elementima (1-5 i 6-10) razvijani su različitim brzinama razvijanja (170, 200, 230, 260 i 290 mm/min, respektivno) razvijačem Nylosolv. Prema preporuci date od strane proizvođača ploče, odabrane su dve brzine koje ulaze u opseg preporučenih (200 i 230 mm/min) i jedna brzina koja je ispod, odnosno dve koje su iznad opsega maksimalno preporučenih brzina ravijanja.

---

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miljana Prica, docent.**

### 2.2. Snimanje FTIR spektara uzoraka flekso štamparske forme

Snimljeni su FTIR spektri uzoraka flekso štamparske forme: referentnog štampajućeg (RA) i neštampajućeg (RB) elementa, razvijenog štampajućeg elementa bez sušenja i naknadnog UV osvetljavanja (1-5A), razvijenog štampajućeg elementa sa sušenjem i naknadnim UV osvetljavanjem (6-10A), razvijenog neštampajućeg elementa bez sušenja i naknadnog UV osvetljavanja (1-5B) i razvijenog neštampajućeg elementa sa sušenjem i naknadnim UV osvetljavanjem (6-10B). FTIR spektri ispitivanih uzoraka flekso štamparske forme su snimljeni ATR tehnikom sa Thermo-Nicolet Nexus 670 spektrofotometrom u intervalu od 800 do 4000 $cm^{-1}$. Snimljeni FTIR spektri uzoraka flekso štamparske forme su spektroskopski interpretirani u intervalu od 900 do 4000 $cm^{-1}$.

Osnovni deo infracrvenog spektrometra sa Fourier-ovom transformacijom (FTIR) je Michelson-ov interferometar. U Fourier-ovoj infracrvenoj spektroskopiji uzorak se izlaže polihromatskom zračenju. Zračenje koje emituje izvor dolazi do polupropustljivog ogledala koje polovinu zračenja propušta u pravcu nepokretnog ogledala, a drugu polovinu propušta na pokretno ogledalo. Oba zraka se reflektuju od ogledala i vraćaju na poluogledalo gde dolazi do njihove interferencije. Interferisana svetlost prolazi kroz uzorak, a zatim stiže do detektora. Da bi se dobijeni interferogram preveo u spektar koristi se Fourier-ova transformacija. Spektar polihromatskog zračenja u odsustvu apsorbujućeg uzorka odgovara spektru zračenja crnog tela. U prisustvu apsorbujućeg uzorka dobijeni spektar sadrži sve karakteristike pozadine i uzorka. Da bi se dobio spektar uobičajenog izgleda mora se izvršiti oduzimanje spektra pozadine od ukupnog spektra pozadina+uzorak. Oduzimanje se vrši u softveru, koji je sastavni deo Fourier-ovog spektrometra, tako što se prvo snimi spektar pozadine i unese u memoriju računara [3].

### 2.3. Merenje parametara kvaliteta izrade razvijenih uzoraka flekso štamparske forme

Nakon procesa izrade štamparske forme za flekso štampu, za uzorke 1-10A za merenje odabrani su sledeći parametri:

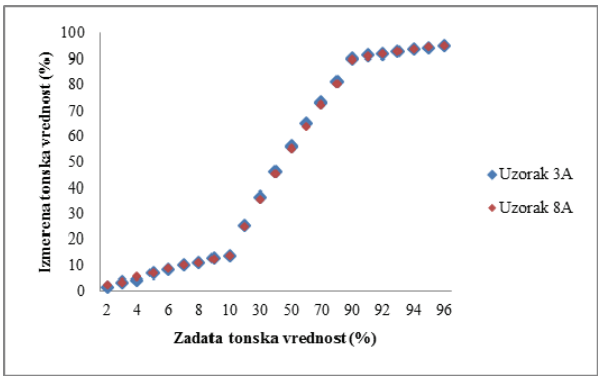
- dubina reljefa,
- širina linijskih elemenata u pozitivu (inicijalnih širina od 0,05 mm, 0,1 – 0,5 mm (sa korakom od 0,1 mm)),
- površine pojedinačnog elementa kružnog oblika u pozitivu (inicijalnog prečnika od 0,05 mm, 0,1 – 0,5 mm (sa korakom od 0,1 mm)),
- tekstualnih elemenata različite veličine slovnog znaka (2 - 6 pt (sa korakom od 1 pt)),
- tonskih vrednosti u intervalu od 2% - 10% i 90 % - 96% (sa korakom od 1%) te 10% - 90% (sa korakom od 10%).

Za merenje dubine reljefa štamparske forme korišćen je mirkometar sa preciznošću merenja od 0,1 mm, dok je za merenje prethodno navedenih štampajućih elemenata štamparske forme za flekso štampu u pozitivu korišćen uređaj Vipflex 333. Pri analizi izmerenih parametara korišćen je softver Vipflex Perfect Eye 4,03, sa izuzetkom u slučaju analize tekstualnih elemenata štamparske forme koja je izvršena vizuelno na osnovu mikroskopskih snimaka snimljenih uređajem Vipflex 333.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

### 3.1. Rezultati merenja parametara kvaliteta izrade uzoraka flekso štamparske forme

Na osnovu dobijenih rezultata merenja može se zaključiti da brzina razvijanja utiče na tonsku vrednost štamparskih formi, pri čemu su veće razlike izmerenih tonskih vrednosti kod primene nižih brzina razvijanja, kao posledica bubrenja polimera. Ko što je prikazano na slici 1, najmanji uticaj sušenja na tonske vrednosti izmeren je kod para uzoraka 3A i 8A, što se može dovesti u vezu sa preciznosti merenja, kao i uslovom merenja pri kom su merenja vršena za dve različite ploče, razvijene istom brzinom pod identičnim uslovima.




Slika 1. *Grafik tonskih vrednosti uzoraka 3A i 8A*

Zaključuje se da su linijski elementi, širi u slučaju kada su merenja vršena na uzorcima koji nisu bili podvrgnuti tretmanu sušenja, jer se tokom procesa sušenja, zaostala količina sredstva za razvijanje uklanja iz polimera čime element štamparske forme smanjuje svoj obim. Kao što je očekivano, rezultati su ujednačeniji kod štamparskih formi kod kojih je primenjeno sušenje. Brzina razvijanja neznatno utiče na širinu linijskog elementa, jer su izmerene širine približno identične i ujednačene. Veće razlike su uočljivije kod širih linija.

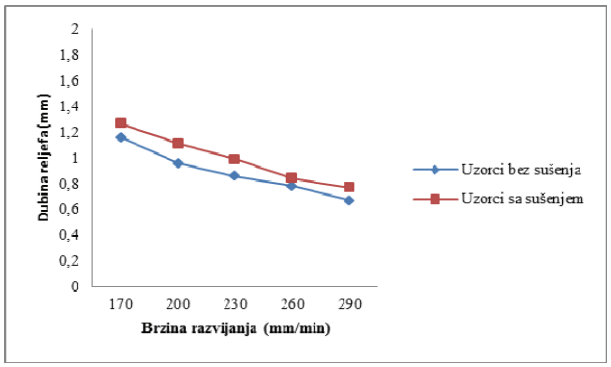
Sa brzinom razvijanja površina elemenata oblika tačke shodno opada (manje bubrenje pod uticajem sredstva za razvijanje), osim u slučaju prečnika 0,5 mm za uzorak 5A, što može imati veze sa uslovima i preciznošću merenja. Nakon sušenja uzoraka 6A-10A izmerene površine tačaka se razlikuju za iste inicijalne prečnike tačaka, ali u dosta manjem procentu u odnosu na uzorke 1A-5A na koje nije primenjeno sušenje. Ukoliko se forme suše na odgovarajućoj temperaturi i odgovarajućem vremenskom trajanju koje će obezbediti da zaostali razvijač ispari, vrednosti površine, kao i generalno dimenzije elementa, bi trebale biti identične za iste brzine razvijanja. Sprovedenim eksperimentom nije pokazano u svim slučajevima da sa povećanjem brzine razvijanja povećava površina štampajućeg elementa oblika kruga. Dati trend je uočen do treće primenjene brzine, nakon čega vrednost površine merenog elementa opada. Takođe, neophodno je napomenuti da se dobijeni rezultati mogu dovesti u vezu sa preciznošću primenjene merne metode ili prethodnom fazama izrade.

Iz tabele 1 se može primetiti da, ukoliko je primenjeno sušenje (uzorci 6A-10A), visina štampajućih elemenata opada u poređenju sa uzorcima 1A-5A kod kojih nije

primenjeno sušenje. Brzina razvijanja u većoj meri utiče na promenu dubine reljefa nego na karakteristike štampajućih elemenata štamparske forme. Kao i u slučaju štampajućih elemenata, i visina neštampajućih opada sa primenom sušenja, dok i kod uzoraka 1B-5B i kod uzoraka 6B-10B može da se primeti porast visine neštampajućih elemenata pri povećanju brzine razvijanja. Ovakvi rezultati su posledica toga što su neštampajući elementi u procesu glavnog osvetljavanja neosvetljeni, pa se pri razvijanju sa manjim brzinama otklanja veća količina neosvetljanog polimera čime se postiže manja visina neštampajućeg elementa. Sa slike 2 primećuje se da su za veće brzine razvijanja vezane manje dubine reljefa, grafički prikaz pokazuje trend promene koji se poklopio sa očekivanim, ali se ne sme zaključiti da se dobija mala razlika dubina reljefa u slučaju formi bez i sa sušenjem.

Tabela 1. *Vrednosti dubine reljefa*

| Uzorak | Visina štampajućih elemenata (mm) | Visina neštampajućih elemenata (mm) | Dubina reljefa (mm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,89 | 1,73 | 1,16 |
| 2 | 2,9 | 1,94 | 0,96 |
| 3 | 2,89 | 2,03 | 0,86 |
| 4 | 2,89 | 2,11 | 0,78 |
| 5 | 2,89 | 2,22 | 0,67 |
| 6 | 2,87 | 1,6 | 1,27 |
| 7 | 2,87 | 1,76 | 1,11 |
| 8 | 2,84 | 1,85 | 0,99 |
| 9 | 2,84 | 2 | 0,84 |
| 10 | 2,85 | 2,08 | 0,77 |



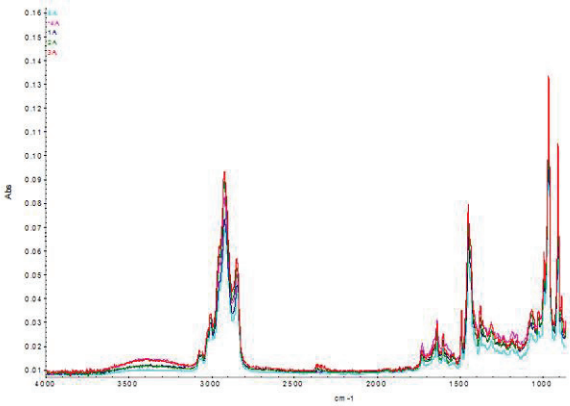

Slika 2. *Grafički prikaz dubine reljefa za uzorke 1-10*

U slučaju tekstualnih elemenata, može se zaključiti da su određene nepravilnosti u reprodukciji uočene na manjim veličinama slovnih znakova, takođe, da se oštrina ivica sa povećanjem gradacije slovnog znaka poboljšava, što je od posebne važnosti kod serifnih fontova koji poseduju veliki broj detalja.

Osim toga, ne može se uočiti značajnija promena u kvalitetu reprodukcije tekstualnih elemenata u zavisnosti od promene brzine razvijanja, što se može dovesti u vezu sa relativno malim razlikama između primenjenih brzina razvijanja. U većini ispitanih uzoraka, zaključuje se, kako je i pretpostavljeno, da su slovni znaci od veličine 4 pt i više, zadovoljavajućih karakteristika i da su sve potencijalne nepravilnosti u tolerisanim granicama, pa prema tome ne bi trebalo doći do većih odstupanja pri procesu štampe, što se može potvrditi jedino tokom samog procesa otiskivanja i po kontroli posle izvesnog broja otisaka.

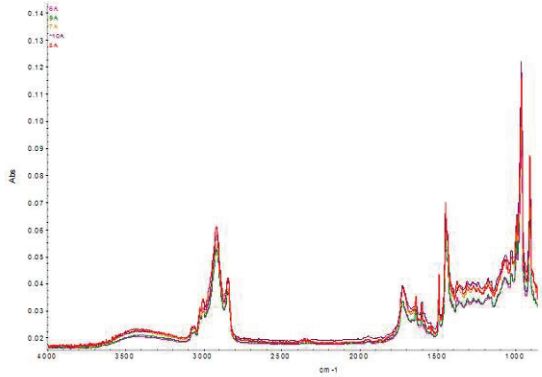
### 3.2. Rezultati FTIR analize

Komparirajući FTIR spektre uzoraka 1-5A (slika 3) uočava se kvalitativnom analizom (na osnovu položaja) prisustvo karakterističnih traka u svim uzorcima sa opadanjem intenziteta traka u nizu: 3A > 2A > 1A > 4A > 5A.



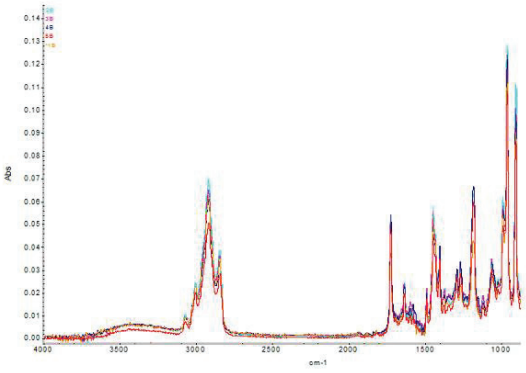
Slika 3. *FTIR spektri uzoraka 1-5A*

Upoređujući FTIR spektre uzoraka štampajućih elemenata nakon razvijanja, sušenja i naknadnog UV osvetljavanja uočava se (slika 4) opadanje intenziteta, tj. absorbance karakterističnih traka u nizu: 8A > 10A > 7A > 9A > 6A



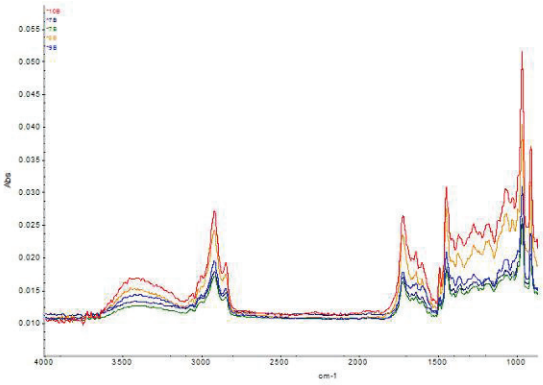
Slika 4. *FTIR spektri uzoraka 6-10A*

Komparirajući FTIR spektre uzoraka 1-5B (slika 5) uočava se kvalitativnom analizom na osnovu položaja prisustvo karakterističnih traka u svim uzorcima sa opadanjem intenziteta karakterističnih traka u nizu: 2B > 1B > 3B > 4B > 5B.



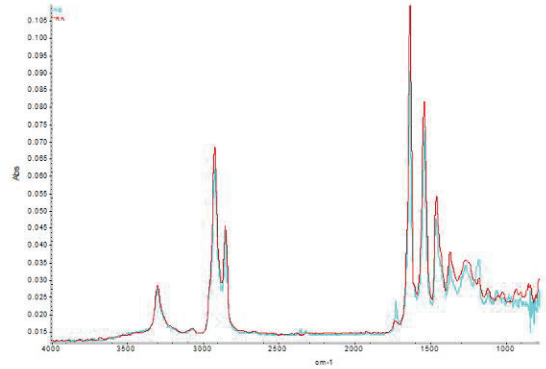
Slika 5. *FTIR spektri uzoraka 1-5B*

Upoređujući FTIR spektre uzoraka neštampajućih elemenata nakon razvijanja, sušenja i naknadnog UV osvetljavanja uočava se (slika 6) opadanje intenziteta, tj. absorbance karakterističnih pikova u nizu: 10B > 8B > 9B > 7B > 6B.



Slika 6. *FTIR spektri uzoraka 6-10B*

Na slici 7 prikazani su FTIR spektri referentnih uzoraka štampajućih (RA) i neštampajućih (RB) elemenata flekso štamparske forme. U RB spektru uočava se prisustvo traka na 1728,39, 1182,79, 1121,70, 1066,33 i 983,84 $cm^{-1}$. Takođe se uočava da su zajedničke trake intenzivnije u FTIR spektru štampajućeg elementa flekso štamparske forme.



Slika 7. *FTIR spektri referentnih uzoraka RA i RB*

## 4. ZAKLJUČAK

Eksperimentalni deo master rada vršen je u laboratoriji, štamparske forme koje su podvrgnute analizi i istraživanju izrađene su postupkom koji se upotrebljava u svakodnevnoj praksi, uz praćenje preporuke proizvođača ploča, kako bi se svaki segment ovog procesa adekvatno kompletirao i izbegle potencijalne greške. Kako bi se obezbedila konstantnost kvaliteta reprodukcije ispitivanih parametara, neophodno je definisati više činioca u pripremi i izradi štamparske forme, što se omogućuje sprovođenjem niza testova i analiza nad uzorcima štamparskih formi izrađenih pri različitim uslovima.

Može se proizvesti zaključak da bez obzira na činjenicu da zadate razlike brzina razvijanja imaju male intervale, pa su shodno tome i ispitivane promene na površini uzoraka male, primetne su i mogu imati uticaja pri eksploataciji štamparske forme. Kako je pretpostavljeno, kod manjih brzina razvijanja, veća količina sredstva za razvijanje dolazi u kontakt sa štamparskom formom, što rezultuje bubrenjem polimera i štampajući elementi imaju porast, koji eksponencijalno raste sa povećanjem zadate veličine merenog parametra. Za neštampajuće elemente, sa porastom brzine, njihova visina raste, posto je manje neosvetljenog polimera ostranjeno. U zavisnosti da li je primenjen tretman sušenja i naknadnog UVA/UVC osvetljavanja, zaključeno je da uzorci sa sušenjem beleže manji porast ispitivanih parametara u odnosu na zadate vrednosti od uzoraka kod kojih nije primenjen tretman sušenja, što je podupreto teorijskom pretpostavkom da će se pod dejstvom svetla i tretmana sušenjem polimer dodatno umrežiti.

Zaključuje se da su intenzivnije trake bez sušenja i naknadnog UV osvetljavanja (1B) u odnosu na 6B. Isti trend se nastavlja i za ostale uzorke neštampajućih elemenata, osim u slučaju spektara uzoraka 5B i 10B gde su intenzivnije trake nakon sušenja i naknadnog UV osvetljavanja. Pri razvijanju štampajućih i neštampajućih elemenata sa sušenjem i naknadnim UV osvetljavanja uočava se da je pri povećanju brzine razvijanja odnos intenziteta traka: 6A>6B, 7A>7B, 8A>8B, 9A>9B i 10A<10B.

Neophodno je napomenuti da su dobijeni rezultati u direktnoj zavisnosti od broja izvršenih merenja, pošto su u najvećem broju slučajeva za analizu korišćene aritmetički srednje vrednosti. Osim toga, rezultati su u vezi sa uslovom da su korišćene tri ploče za izradu 10 uzoraka i da uzorci korščeni u analizi formi bez sušenja i naknadnog osvetljavanja (1-5) nisu isti uzorci na koje je kasnije primenjen tretman sušenjem (6-10), već su to različiti uzorci koji su pripremljeni, osvetljeni i razvijani pod identičnim uslovima, uz zadati porast brzine razvijanja. Dobijeni rezultati odgovaraju teorijskim pretpostavkama, uz šta se mora dodati da su najbolji rezultati najčešće dobijeni za štamparske forme za koje je u procesu razvijanja korišćen tačan opseg brzina ravijanja preporučen od strane proizvođača.

## 5. LITERATURA


[1] Pešterac, Č., Izrada štamparske forme, Novi Sad, 2005.

[2] Meyer, K., Flexo Printing Technology, Coating, St. Gallen, 2000.

[3] Majkić, S., Magistarska teza: FTIR spektroskopsko ispitivanje N–H···O vodonične veze N-cikloalkilbenzamida sa etrima, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, R Srbija, 2010.


**Adrese autora za kontakt:**


Nikolina Dramlić - nikolinadramlic@gmail.com

Docent dr Miljana Prica - miljana@uns.ac.rs

Ass. mr Savka Adamović - adamovicsavka@uns.ac.rs

Docent dr Sandra Dedijer - dedijer@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn, FTN, Novi Sad

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 658.62**

# ISTRAŽIVANJE UTICAJA STAROSNE DOBI KORISNIKA NA PREFERENCIJU BOJE PROIZVODA

# RESEARCH ABOUT THE INFLUENCE OF AGE GROUP ON PRODUCT COLOR PREFERENCE

Ivana Odanić, Gojko Vladić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *U radu je prikazano istraživanje međusobnog uticaja primene različitih harmoničnih šema boja na fotelje i starosne dobi kojoj su proizvodi namenjeni, na subjektivnu preferenciju proizvoda. Varijacije stimulusa za kombinacije monohromatskih, analognih i kontrastnih boja primenjene na proizvodima namenjenim različitim starosnim dobima korisnika, ispitanici su ocenjivali subjektivnu preferenciju na bipolarnoj sedmočlanoj skali. Fotelja je korišćena kao tipičan proizvod koji je korišćen od potrošača svih starosnih grupa. Dobijeni rezultati ukazuju na postojanje značajnih razlika u preferenciji između primenjenih harmoničnih šema u zavisnoti od starosne dobi korisnika.*

**Abstract –** *This paper explores mutual influence of applying different harmonious colour schemes for armchairs, and age groups for which the armchairs are designed, on subjective preference of the respondents. Stimuli variations for monochromatic, analog and contrasting combinations of colour schemes and age groups were made, and then rated on a bipolar seven-member evaluation scale by the respondents, depending on their subjective preference. The obtained results suggest the existence of significant differencies in preference between the harmonious color schemes depending on users age groups.*

**Ključne reči:** *Harmonija, boja, starosna dob, fotelja.*

## 1. UVOD

Boje se nalaze u našem okruženju, živimo sa njima i u njima. Primena bobro odabranih i harmonično komponovanih boja na proizvod mogu da povećaju vrednost dizajna i proizvoda u celini. Isto tako loš izabor boja može umanjiti vrednost proizvoda i opšti utisak. Istraživanja iz oblasti boja u proizvodnji, dala su rezultate koji potvrđuju uticaj boja na korisnika pri odabiru proizvoda [1]. Zbog toga boju treba uvek posmatrati kao sastavni deo dizajna, koji mora imati organsku povezanost i stvarati harmoniju oblika, odnosno forme i samog sadržaja [2]. Harmonija boja ili akord boja, predstavlja zadovoljavajuću ravnotežu i jedinstvo boja, koje se smatraju za naročito skladne i prijatne za oko. Postoji više harmoničnih šema boja: One koje se baziraju na monohromatskoj harmoniji boja i šeme izvedene pomoću kruga boja u koje spadaju analogne šeme boja i kontrastne šeme boja. U kontrastne šeme ubrajaju se komplementarna šema boja, triadna šema boja, razdeljeni komplement šema boja i tetraedarska šema boja [3]. Izbor i primena određene boje ili kombinacije boja zavisi od namene proizvoda, zatim pola i starosnog doba korisnika kojima je proizvod namenjen, kulturoloških aspekata i drugih karakteristika proizvoda.

Brojna istraživanja o preferenciji boja, koja se sprovode još od 1940. godine, bavila su se istraživanjem zajedničkih preferencija pripadnika određene starosne dobi. Onlajn istraživanje sprovedeno 2003. godine, od strane Joe Hallocka [4], o preferenciji boja u zavisnosti od starosne dobi korisnika su potvrdila postojanje zajedničkih preferencija određenih boja, kao i postojanje zajedničkih najmanje preferiranih boja u zavisnosti od starosne dobi.

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja je ispitati uticaj starosne dobi korisnika kojem je proizvod namenjen na preferenciju primene različitih harmoničnih šema boja na proizvode, kao i određivanje značaja tih uticaja.

## 3. METOD

### 3.1. Ispitanici

S obzirom da nameštaj, odnosno fotelje, uglavnom biraju kupci starosne dobi od 20 do 60 godina, izbor ispitanika usmeren je upravo na njih. Broj ispitanika je 40, od kojih su polovina prosečne starosne dobi od 30 godina, a druga polovina prosečne starosne dobi od 50 godina.

### 3.2. Stimulusi

Formirana je univerzalna podela proizvoda prema starosnoj dobi korisnika kome je namenjen, koja će se koristiti na dalje u radu.

1) starosna dob od 0 do 9 meseci,
2) starosna dob od 9 meseci do 6 godina,
3) starosna dob od 6 do 12 godina,
4) starosna dob od 12 do 25 godina,
5) starosna dob od 25 do 55 godina,
6) fotelje namenjene starosnoj dobi preko 55 godina.

Kao stimulus korišćeni su virtuelni modeli, izrađeni pomoću aplikacija Adobe Illusrator i Photoshop. Modelovano je 18 uzoraka, koji odgovaraju svakoj od kombinacija starosne dobi i harmoničnih šema boja kojima su fotelje namenjene. Korištene su iste kombinacije boja za svaku od harmoničnih šema boja. Ovim su se obezbedili jednaki uslovi prezentovanja

**NAPOMENA:**

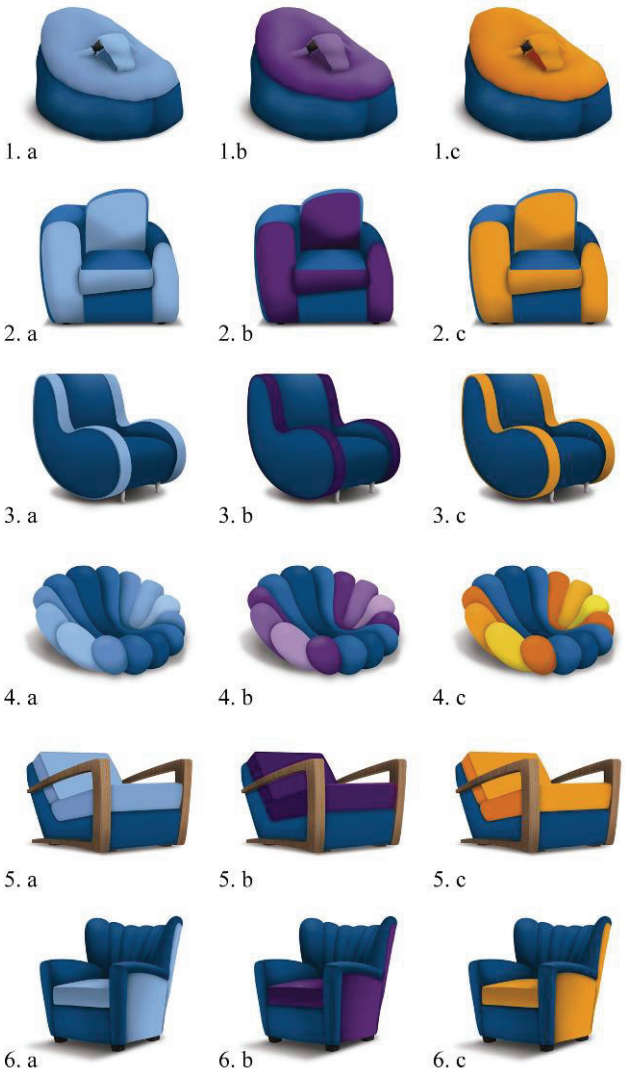
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Siniša Kuzmanović, red.prof.**

uzoraka ispitanicima. Svaki uzorak je obeležen brojem i slovom. Brojevi od 1 do 6 predstavljaju starosnu dob, od najmlađeg do najstarijeg uzrasta, a slova a, b i c harmonične šeme boja, gde je korištena sledeća raspodela:

a - monohromatska šema boja,
b - analogna šema boja,
c - kontrastna šema boja.

Uzorci su predstavljeni ispitanicima pojedinačno nasumičnim redosledom.

Stimulusi koji su predstavljeni ispitanicima prikazani su na slici 1.




Slika 1. *Modelovani stimulusi*

### 3.3. Instrument

Instrument ispitivanja je tabela, koja se sastoji od sedmočlane bipolarne skale procene dopadljivosti, na čijim se krajevima nalaze karakteristike suprotnog značenja, - 3 kao negativna ocena preferencije i 3 kao pozitivna ocena preferencije. Redovi tabele predstavljaju stimuluse, u čija polja je potrebno uneti krstić u kolonu koja odgovara oceni njihove preferencije. Za svaki uzorak moguće je uneti samo jednu ocenu. Instrument je prikazan na slici 2.

| | OCENA PREFERENCIJE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1 a | | | | | | | |
| 1 b | | | | | | | |
| 1 c | | | | | | | |
| 2 a | | | | | | | |
| 2 b | | | | | | | |
| 2 c | | | | | | | |
| 3 a | | | | | | | |
| 3 b | | | | | | | |
| 3 c | | | | | | | |
| 4 a | | | | | | | |
| 4 b | | | | | | | |
| 4 c | | | | | | | |
| 5 a | | | | | | | |
| 5 b | | | | | | | |
| 5 c | | | | | | | |
| 6 a | | | | | | | |
| 6 b | | | | | | | |
| 6 c | | | | | | | |

Slika 2. *Forma za ocenu preferencije*

### 3.4. Procedura

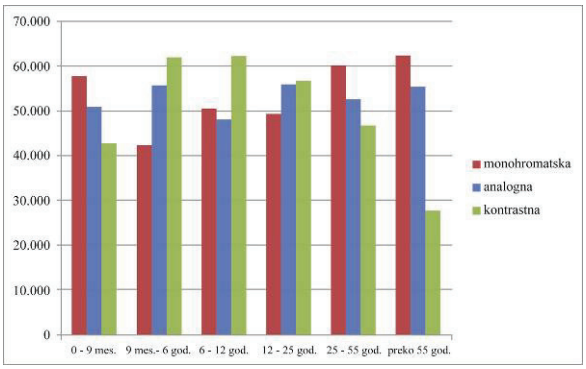
Pre sprovođenja ankete, svaki ispitanik je upućen u zadatak i detaljno mu je objašnjen način korišćenja instrumenta za ocenjivanje. Od ispitanika je bilo zatraženo da daju svoje subjektivno mišljenje i da ocene preferenciju prema različitim varijacijama proizvoda u zavisnosti od starosne dobi kojoj su ti proizvodi namenjeni. Ispitanicima su stimulusi prikazani na monitoru računara. Vreme posmatranja pojedinačnog stimulusa nije ograničeno. Tabela za ocenjivanje data je ispitanicima u štampanom obliku. Svaki ispitanik je pristupao ocenjivanju zasebno bez međusobnog dogovaranja ili bilo kakvog vida komunikacije sa drugim ispitanicima. Ispitanici su zamoljeni da ne koriste prethodna teorijska znanja vezana za primenu boje i da ne koriste strategije prilikom davanja odgovora.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Podaci prikupljeni anketom su unešeni u matricu radi obrade u softverima MS Excel i IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Analiza varijanse za ponovljena merenja, ANOVA, sa Post-hoc testovima je izvršena kako bi se ustanovile statistički značajne razlike među ocenama pojedinačnih kombinacija boja u okviru proizvoda za određenu starosnu dob.

Na slici 3 prikazane su prosečne ocene preferencije harmoničnih šema (y-osa) za svaku starosnu dob (x-osa).




Slika 3. *Prikaz prosečnih ocena preferencije harmoničnih šema za svaku starosnu dob*

Može se primetiti razlika u proceni preferencije šema boja kod svih starosnih grupa. Rezultati ANOVA testa za prvu grupu (0 do 9 meseci) pokazuju vrednost p= 0.003 što ukazuje na statistički značajne razlike (p<0.05) [5]. U tabeli 1 prikazani su rezultati Post-hoc testova kojim se dobijaju rezultati između pojedinačnih varijansi.

Tabela 1. *Rezultati Post-hoc testova za starosnu dob od 0 do 9 meseci*

| (I) kombinacija_boja | (J) kombinacija_boja | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | .675* | .233 | .006 |
| | 3 | 1.500* | .461 | .002 |
| 2 | 1 | -.675* | .233 | .006 |
| | 3 | .825* | .394 | .043 |

Za starosnu dob od 0 do 9 meseci, srednja vrednost ocena za monohromatsku šemu boja je M=5.75, dok je standardna devijacija, SD=1.75; zatim za analognu šemu boja, M=5.08 i SD=1.47; dok je za kontrastnu šemu boja, M=4.25 i SD=1.69. Za korisnike starosne dobi od 0-9 meseci, ispitanici najviše preferiraju monohromatsku šemu, zatim analognu, a najmanju ocenu dobila je kontrastna šema boja.
Rezultat je očekivan jer monohromatske boje deluju umirujuće i opuštajuće, dok nasuprot njih jake kontrastne boje izazivaju nadraženost, što kod beba može da izazove nemir [6].

Rezultati ANOVA testa za drugu starosnu grupu (9 meseci do 6 godina) pokazuju vrednost p=0.00, što ukazuje na statistički značajne razlike. U tabeli 2 prikazani su rezultati Post-hoc testova za drugu generaciju.

Tabela 2. *Rezultati Post-hoc testova za starosnu dob od 9 meseci do 6 godina*

| (I) kombinacija_boja | (J) kombinacija_boja | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | -1.325* | .230 | .000 |
| | 3 | -1.950* | .209 | .000 |
| 2 | 1 | 1.325* | .230 | .000 |
| | 3 | -.625* | .111 | .000 |

Za starosnu dob od 9 meseci do 6 godina, srednja vrednost ocena za monohromatsku šemu boja je, M=4.23, dok je standardna devijacija, SD=1.31; zatim za analognu šemu boja, M=5.55 i SD=1.26; dok je za kontrastnu šemu boja, M=6.18 i SD=0.93. Za korisnike uzrasta od 9 meseci do 6 godina ispitanici najviše preferiraju kontrastnu šemu, a najmanje preferiraju monohromatsku šemu boja. Rezultati su očekivani, jer su deca u tom uzrastu veoma energična i radoznala, a upravo kombinacije kontrastnih boja deluju veselo i interesantno. "Žive" kombinacije boja takođe podstiču faktor zabave i imaju cilj promociju aktivnosti i kreativnosti [7].

Rezultati ANOVA testa za treću starosnu grupu (6 do 9 godina) pokazuju vrednost p=0.00, što ukazuje na statistički značajne razlike. Na tabeli 3 prikazani su rezultati Post-hoc testova za treću grupu.

Tabela 3. *Rezultati Post-hoc testova za starosnu dob od 6 do 12 godina*

| (I) kombinacija_boja | (J) kombinacija_boja | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | .225 | .145 | .130 |
| | 3 | -1.200* | .144 | .000 |
| 2 | 1 | -.225 | .145 | .130 |
| | 3 | -1.425* | .138 | .000 |

Može se primetiti da između ocena monohromatske i analogne šeme boja ne postoje statistički značajne razlike, p=0.130, dok kod druge dve kombinacije šema boja razlike postoje, p=0.00. Što dovodi do zaključka da kod korisnika uzrasta od 6 do 12 godina nema značajne razlike u preferenciji između upotrebe monohromatske ili analogne šeme boja. Za starosnu dob od 6 do 12 godina, srednja vrednost ocena za monohromatsku šemu boja je, M=5.03, dok je standardna devijacija, SD=1.07; zatim za analognu šemu boja, M=4.08 i SD=1.36; dok je za kontrastnu šemu boja, M=6.23 i SD=0.95. Za korisnike starosne dobi od 6 do 12 godina, ispitanici najviše preferiraju kontrastnu šemu u odnosu na analognu i monohromatsku šemu boja. Objašnjenje može biti isto kao i kod predhodne starosne grupe, "žive" kombinacije boja podstiču faktor zabave i promovišu aktivnost i kreativnost te odgovaraju ovoj starosnoj grupi.

Rezultati ANOVA testa za četvrtu grupu (12 do 25 godina) pokazuju da je vrednost p=0.01, što ukazuje na statistički značajne razlike. U tabeli 4 su prikazani rezultati Post-hoc testova za četvrtu grupu.

Tabela 4. *Rezultati Post-hoc testova za starosnu dob od 12 do 25 godina*

| (I) kombinacija_boja | (J) kombinacija_boja | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | -.650* | .154 | .000 |
| | 3 | -.750* | .229 | .002 |
| 2 | 1 | .650* | .154 | .000 |
| | 3 | -.100 | .195 | .612 |

Može se primetiti da između ocena analogne i kontrastne kombinacije nema statistički značajnih razlika, p=0.612. Za starosnu dob od 12 do 25 godina, srednja vrednost ocena za monohromatsku šemu boja je, M=4.93, dok je standardna devijacija, SD=1.56; zatim za analognu šemu boja, M=5.58 i SD=1.15; dok je za kontrastnu šemu boja, M=5.68 i SD=1.19. Što dovodi do zaključka da kod korisnika uzrasta od 12 do 25 godina ispitanici ne prave razlike u preferencijama između analogne ili kontrastne kombinacije boja, dok im se monohromatska kombinacija boja manje svidela. Objašnjenje može biti isto kao i kod predhodne dve starosne grupe, "žive" kombinacije boja podstiču faktor zabave i promovišu aktivnost i kreativnost, te odgovaraju i ovoj starosnoj grupi.

Rezultati ANOVA testa za petu grupu (25 do 55 godina) pokazuju vrednost p=0.00, što ukazuje na statistički značajne razlike. U tabeli 5 su prikazani rezultati Post-hoc testova za petu grupu.

Tabela 5. *Rezultati Post-hoc testova za starosnu dob od 25 do 55 godina*

| (I) kombinacija_ boja | (J) kombinacija _boja | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | .750* | .178 | .000 |
| | 3 | 1.325* | .194 | .000 |
| 2 | 1 | -.750* | .178 | .000 |
| | 3 | .575* | .171 | .002 |

Za starosnu dob od 25 do 55 godina, srednja vrednost ocena za monohromatsku šemu boja je, M=6, dok je standardna devijacija, SD=0.9; zatim za analognu šemu boja, M=5.25 i SD=1. Kod korisnika starosne dobi od 25 do 55 godina, preferencija ispitanika je naklonjena monohromatskoj šemi, sledi analogna i kontrastna šema boja. Ovo se može objasniti da sa porastom godina ljudi teže jednostavnosti i miru, čemu odgovaraju monohromatske kombinacije boja [6].

Rezultati ANOVA testa za šestu grupu (preko 55 godina) pokazuju vrednost p=0.00, što ukazuje na statistički značajne razlike. U tabeli 6 su prikazani rezultati Post-hoc testova za šestu grupu:

Tabela 6. *Rezultati ispitivanja Post-hoc testova za starosnu dob preko 55 godina*

| (I) kombinacija_ boja | (J) kombinacija _boja | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | .700* | .148 | .000 |
| | 3 | 3.450* | .427 | .000 |
| 2 | 1 | -.700* | .148 | .000 |
| | 3 | 2.750* | .403 | .000 |

Za starosnu dob preko 55 godina, srednja vrednost ocena za monohromatsku šemu boja je, M=6.25, dok je standardna devijacija, SD=1.31; zatim za analognu šemu boja, M=5.52 i SD=1.18; dok je za kontrastnu šemu boja, M=2.77 i SD=1.82. Ispitanici za starosnu dob iznad 55 godina, preferiraju monohromatsku šemu, zatim analognu, a najmanju ocenu je dobila kontrastna šema boja. Isto kao i za prethodnu starosnu grupu ovo se može objasniti činjenicom da je to doba života kada čovek ima manje energije, te teži miru i harmoniji, kojima odgovaraju monohromatske i analogne boje koje izazivaju spokojstvo i jednostavnost [6].

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultati ukazuju na razlike u preferenciji kombinacija boja u zavisnosti od starosne dobi kojoj je proizvog namenjen. Razlike su uočene u svim starosnim grupama i ukazuju na značaj pravilnog izbora boje. Harmonične šeme boja jesu skladne same po sebi, međutim njihova upotreba zavisi od starosne dobi kojoj je proizvod namenjen. Dizajn proizvoda uvek treba da privuče pažnju i zadovolji preferencije potrošača, budući da oni koriste odluku o kupovini i proizvod eksploatišu. Pomoću rezultata ovog istraživanja se može doći do zaključaka na osnovu kojih se mogu formirati preporuke za upotrebu boja u dizajnu nameštaja, u zavisnosti od starosne dobi korisnika. Rezultate ispitivanja ne bi trebalo prihvatiti kao striktna pravila već kao preporuke pri odabiru boja prilikom dizajniranja proizvoda.

## 6. LITERATURA


[1] Jacobs KW, Suess JF. Effects of four psychological primary colors on anxiety state. Perception Motor Skills 1975; 49:143–61.

[2] M. Fruht, "Industrijski dizajn", Beograd 1981.

[3] Milan Stanojlović, "Harmonija linija, oblika i boja", Kruševac 1977

[4] Joe Hallock, "Color Assignement", online research project, 2003.

[5] B. Petz, "Osnovne statističke metode za nematematičare", Naklada Slap, Jastrebarsko, 1997.

[6] Teorija boja, Vladislava Cvetković, onlajn članak, Novembar 17, 2013.

[7] Color Theory, Ted Hewitt, onlajn stranica, ažurirano 12. Maj 2011
http://faculty.rcc.edu/hewitt/Advanced_Photoshop/color/color_main.htm


**Kratka biografija:**




**Ivana Odanić** rođena je u Novom Sadu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn – Industrijski dizajn odbranila je 2013.god.
email: cvetak86@hotmail.com





**MSc Gojko Vladić**.
email: vladicg@uns.ac.rs

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

**UDK: 7.05:62**

# UTICAJ VISINE POVRŠINE RADNOG STOLA NA BRZINU UNOSA TEKSTA PUTEM RAČUNARSKE TASTATURE

# INFLUENCE OF COMPUTER DESKTOP HEIGHT ON TYPING SPEED

Jasmina Simonović, Gojko Vladić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj –** *U radu je predstavljeno istraživanje uticaja visine radne površine stola na brzinu unosa teksta putem računarske tastature kao i utvrđivanje optimalne visine radne površine, u cilju povećanja efektivnosti rada na računaru od strane korisnika bez ugrožavanja njihovog zdravlja. U okviru istraživanja mereno je vreme potrebno za unos određenog sadržaja teksta od strane korisnika na šest različitih vrednosti visina radne površine. Na osnovu izmerenih vrednosti vremena utvrđeno je da visina radne površine ima značajan uticaj na brzinu unosa teksta i na efektivnost rada na računaru uopšte. Optimalna visina radne površine od 700 mm određena je na osnovu najmanje zabeležene vrednosti vremena potrebnog za unos teksta. Dobijeni rezultati mogu se iskoristiti kao smernice u procesu dizajniranja ergonomskog radnog stola za računar.*

**Ključne reči:** *radni sto, tastatura, ergonomija, industrijski dizajn.*

***Abstract*** *– In this paper research of an influence of computer desktop height on typing speed and determination of the optimum computer desktop height is presented. Research is executed in order to increase the effectiveness while using computer without endangering user's health. Within the research the time required to enter specific text content by users in six different values of a computer desktop height is measured. Based on the measured time values it is determined that the computer desktop height has a significant effect on typing speed and efficiency while using computer. The optimum computer desktop height of 700 mm is determined based on the minimum measured time value required for text entry.*

**Key words:** *computer desk, keyboard, ergonomics, industrial design.*

## 1. UVOD

Računar, u eri informatičke tehnologije, predstavlja osnovni alat za obavljanje posla u gotovo svim sferama ljudskog delovanja od naučnog rada do upravljanja proizvodnim procesima. U zavisnosti od sfere, računar se koristi za projektovanje stambenih zgrada, dizajniranje proizvoda, obavljanje složenih proračuna, ispitivanja i sl. Zaposleni koristeći računar provode više od 85% radnog vremena [1].

Kako rad na računaru ima karakter pasivnog rada, jer zaposleni obavlja posao u sedećem položaju, zahteva se da radno mesto bude uređeno poštujući principe ergonomije, jer omogućava efektivan rad uz minimalno opterećenje mišića i tela uopšte, što je od ključnog značaja za uspeh u radu.

Rezultati istraživanja sprovedenog 1987. godine u Sjedinjenim Američkim Državama od strane Dressela i Francisa, na temu „Istraživanje uticaja kancelarijskog nameštaja na efektivnost obavljanja posla" [1] pokazali su da je efektivnost obavljanja posla prilikom korišćenja ergonomskog kancelarijskog nameštaja veća za čak 20,6% u odnosu na efektivnost rada prilikom korišćenja konvencionalnog nameštaja namenjenog za kancelarije.

Na efektivnost rada na računaru u najvećoj meri utiče dizajn radnog stola, koji predstavlja platformu za obavljanje posla, s obzirom da se na radnom stolu nalaze svi periferni elementi za interakciju čoveka sa računarom (tastatura, miš, monitor, grafička tabla i ostala periferna oprema) [2].

Radni sto predstavlja složen industrijski proizvod, prilikom čijeg dizajniranja treba posebnu pažnju obratiti na oblik, teksturu, dimenzije, položaj i stepen funkcionalnosti svakog elementa posebno – elementa za kućište računara, monitor, tastaturu, miš, elementa za odlaganje kancelarijskog materijala, štampač, skener i ostale uređaje neophodne za rad. Svaki od ovih elemenata mora biti dizajniran tako, da zadovoljava principe fizičke i kognitivne ergonomije, poštujući pritom i estetska načela.

Prilikom unosa teksta, od najvećeg je značaja pravilan položaj tela i idealna visina postolja za tastaturu, u cilju minimalnog naprezanja tela.

Faktori koje treba uzeti u obzir prilikom dizajniranja radnog stola su:

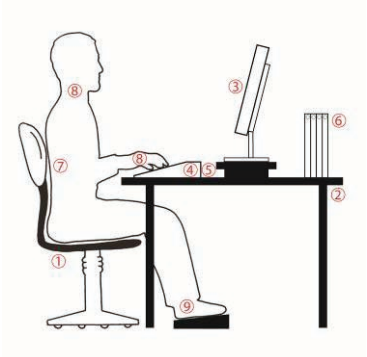
- visina stolice,
- visina radne površine,
- visina i ugao zakrivljenja postolja za monitor,
- visina postolja za tastaturu,
- visina postolja za miš,
- dostupnost kancelarijskog materijala,
- stepen opterećenja kičmenog dela tela,
- stepen opterećenja mišića vrata, ramena, lakta i šake,
- stepen opterećenja nogu.

Na slici 1 prikazani su faktori koji utiču na efektivnost rada na računaru [1].

Predmet istraživanja ovog rada je zavisnost brzine unosa teksta od visine površine radnog stola na kom je tastatura postavljena.

**NAPOMENA:**
**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Siniša Kuzmanović, red.prof.**

Istraživanje je sprovedeno na osnovu antropometrijskih podataka utvrđenih na osnovu istraživanja ljudskog tela u okviru fizičke ergonomije, u cilju određivanja parametara neophodnih za sprovođenje istraživanja.



Slika 1. *Faktori koji utiču na efektivnost rada na računaru [1]*

## 2. METOD

### 2.1. Ispitanici

U eksperimentu je učestvovalo 20 ispitanika životne dobi od 24 do 35 godina, 12 ispitanika su ženskog pola, dok je 8 ispitanika muškog pola.

### 2.2. Uslovi istraživanja

Eksperiment je sproveden u prostoriji prijatnog ambijenta u kojoj se nalazi radni sto sa postoljem za tastaturu čija se visina može regulisati, monitor, kućište računara, držač radnog dokumenta, tastatura i miš, stolica za ispitanika i stolica za lice koje istraživanje sprovodi. Prostorija je oslobođena suvišnih elemenata koji mogu uticati na rezultate sprovedenog eksperimenta.

Svi ispitanici su izloženi identičnim uslovima istraživanja. Za izvođenje eksperimenta pripremljena su tri različita teksta dužine od 900 karaktera, čiji sadržaj je bilo potrebno uneti putem standardne tastature.

Svi elementi koji utiču na brzinu unosa teksta visina, udaljenost i ugao zakrivljenja monitora, visina postolja za papir i visina stolice bili su unapred određeni za sve ispitanike, tako da jedini promenjivi faktor bude visina radne površine.

Visina stolice je određena po principima ergonomije, gde se nastoji da ugao između natkolenice i potkolenice iznosi približno 90°. Na osnovu antropometrijskih vrednosti za sedeći položaj u okviru ergonomije određena je visina stolice, koja iznosi 450 mm. Visina, udaljenost i ugao zakrivljenja monitora je takođe određena po principima ergonomije, kako bi se ispitaniku obezbedio prirodan položaj tela.

Visina monitora se nalazi u visini očiju ispitanika, udaljenost istog se kreće u opsegu 450-600 mm, centar ekrana se nalazi u opsegu 100-120 mm ispod nivoa očiju ispitanika, dok ugao zakrivljenja iznosi 35° [4]. Držač radnog dokumenta se takođe nalazi u visini monitora, kako bi se olakšalo praćenje teksta, i time eliminisao uticaj kako monitora, tako i otežanog praćenja teksta. Visina radne površine je promenljiva, i njene vrednosti se kreću od 500 mm do 1000 mm, sa međurazmacima u vrednosti 100 mm.

### 2.3. Procedura izvođenja eksperimenta

Eksperiment je sproveden sa svakim ispitanikom ponaosob. Procedura izvođenja eksperimenta se sastoji od 6 identičnih koraka. U prvom koraku visina radne površine se podešava na najmanju vrednost visine, 500 mm. Zatim ispitanik dobija jedan od tri teksta, čiji sadržaj treba da unese putem tastature. Mereno je i evidentirano vreme potrebno za unos teksta. Time je prvi korak istraživanja završen i pristupa se sledećem koraku. U sledećem koraku, visina radne površine se povećava za vrednost međurazmaka, na visinu od 600 mm. Ispitanik dobija drugi tekst čiji sadržaj treba da unese putem tastature. Koraci se ponavljaju za svaku novu vrednost visine radne površine - 700 mm, 800 mm, 900 mm i 1000 mm. Prilikom promene visine površine radnog stola ispitaniku je dodeljen tekst različitog sadržaja od prethodnog radi izbegavanja pojave greške u rezultatima zbog mogućeg pamćenja teksta od strane ispitanika i samim tim kucanja zasnovanog na njegovoj memoriji. Na visinama 500 mm i 800 mm ispitanici su unosili sadržaj prvog teksta, na visinama 600 mm i 900 mm sadržaj drugog teksta, dok su na visinama radne površine u vrednosti 700 mm i 1000 mm unosili sadržaj trećeg teksta.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

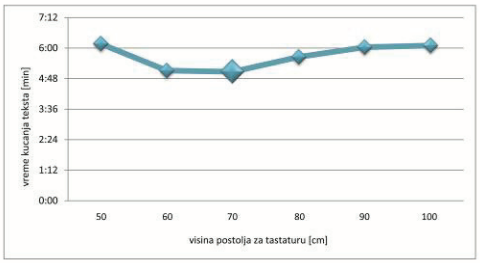
Nakon završetka eksperimenta pristupa se obradi podataka, gde se analizira zavisnost promenljive „vreme“ od promenljive „visina radne površine“.

Na osnovu rezultata merenog vremena moguće je doći do zaključaka o optimalnoj visini radne površine radnog stola za potrebe brzog unosa teksta. Rezultati vremena unosa teksta u zavisnosti od visine radne površine prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. *Tabelarni prikaz vremena potrebnog za unos teksta u zavisnosti od visine radne površine stola*

| **Red. br. ispitanika** | **Visina ispitanika [mm]** | **Visina postolja za tastaturu [mm]** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| **1** | 1650 | 4:16 | 4:00 | 4:10 | 3:32 | 3:51 | 4:32 |
| **2** | 1840 | 5:25 | 5:27 | 4:43 | 5:26 | 5:43 | 6:12 |
| **3** | 1730 | 6.10 | 5:25 | 6:57 | 5:05 | 5:13 | 6:34 |
| **4** | 1750 | 7:54 | 7:53 | 6:56 | 8:04 | 8:10 | 8:29 |
| **5** | 1780 | 8:39 | 7:25 | 7:38 | 6:54 | 7:05 | 6:46 |
| **6** | 1720 | 4:47 | 4:30 | 4:22 | 5:01 | 5:14 | 5:11 |
| **7** | 1620 | 6:30 | 5:44 | 5:47 | 6:30 | 6:02 | 7:06 |
| **8** | 1780 | 7:04 | 6:45 | 6:14 | 7:06 | 7:42 | 9:14 |
| **9** | 1680 | 5:11 | 4:36 | 4:11 | 5:02 | 5:14 | 5:36 |
| **10** | 1740 | 5:00 | 4:41 | 4:15 | 5:10 | 4:46 | 5:26 |
| **11** | 1700 | 6:01 | 5:42 | 5:08 | 5:14 | 5:58 | 6:43 |
| **12** | 1650 | 6:42 | 6:12 | 5:43 | 6:02 | 6:54 | 7:32 |
| **13** | 1680 | 5.13 | 5:18 | 4:04 | 4:16 | 4:53 | 5:43 |
| **14** | 1660 | 7:11 | 6:36 | 6:02 | 6:10 | 6:58 | 7:32 |
| **15** | 1730 | 4:41 | 4:37 | 3:58 | 4:13 | 4:45 | 5:08 |
| **16** | 1700 | 5:15 | 5:08 | 4:41 | 4:59 | 5:31 | 6:28 |
| **17** | 1850 | 7:02 | 6:48 | 6:11 | 6:30 | 7:12 | 8:04 |
| **18** | 1760 | 7:43 | 7:56 | 7:12 | 7:18 | 7:58 | 8:47 |
| **19** | 1830 | 6:28 | 6:11 | 5:14 | 5:33 | 6:18 | 7:03 |
| **20** | 1850 | 6:14 | 5:54 | 5:07 | 4:58 | 5:23 | 6:31 |
| **Srednja vr.vremena** | | 6:10 | 5:07 | **5:04** | 5:39 | 6:02 | 6:06 |

Na osnovu podataka iz tabele 1 izračunata je srednja vrednost vremena potrebnog za unos teksta svih učesnika istraživanja, za svaku visinu radne površine stola zasebno. Najmanja vrednost vremena izmerena je na visini 700 mm, iz čega proizilazi da optimalna visina postolja za tastaturu iznosi 700 mm, što se može videti i na slici 2, gde kriva jasno ukazuje da vreme potrebno za unost teksta opada povećanjem visine od 500 mm ka 700 mm, da bi daljim povećanjem visine prema 100 cm vreme unosa teksta ponovo raslo.




Slika 2. *Grafički prikaz srednje vrednosti vremena potrebnog za unos teksta u zavisnosti od visine radne površine stola*

Pored tabele, koja prikazuje srednje vrednosti vremena potrebnih za unos teksta na određenim vrednostima visine radne površine, što je prikazano i na grafikonu, izvršena je i **analiza varijanse**.

Analiza varijanse vrši se u cilju povećanja pouzdanosti rezultata, jer se koristi za testiranje značajnosti razlike između srednjih vrednosti dve ili više grupa, kao i za definisanje i izdvajanje uzroka varijabilnosti koji utiče na skup posmatranja. U okviru ovog istraživanja izvršena je analiza ANOVA-repeated measures [4]. Analiza je izvršena za uzorke uzete iz skupa vremena zabeleženih prilikom unosa teksta na različitim visinama radne površine.

Nakon izvršenog Mauchly-jevog testa sferičnosti utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u vrednostima obuhvaćenim istraživanjem. Kako vrednost odstupanja od sferičnosti (promenljiva ε) iznosi 0.531, neophodno je izvršiti korekciju stepena slobode Greenhouse-Geisser metodom [4], i utvrditi uzrok varijabilnosti koji utiče na skup posmatranja.

Poređenjem vrednosti izmerenih vremena potrebnih za unos teksta došlo se do sledećih zaključaka.

Ukoliko se posmatra poređenje vrednosti vremena u odnosu na visinu radne površine 500 mm, očigledno je da postoje statistički značajne razlike u vrednostima na svim visinama osim pri poređenju visina 500 mm i 900 mm ($F(1, 19)=562.60$, $p=0.28$).

Kada se posmatraju vrednosti izmerenih vremena u odnosu na visinu radne površine 600 mm, takođe su prisutne statistički značajne razlike u vrednostima na svim visinama osim u poređenju visina 600 mm - 800 mm ($p=0.09$) i 600 mm - 900 mm ($p=0.03$).

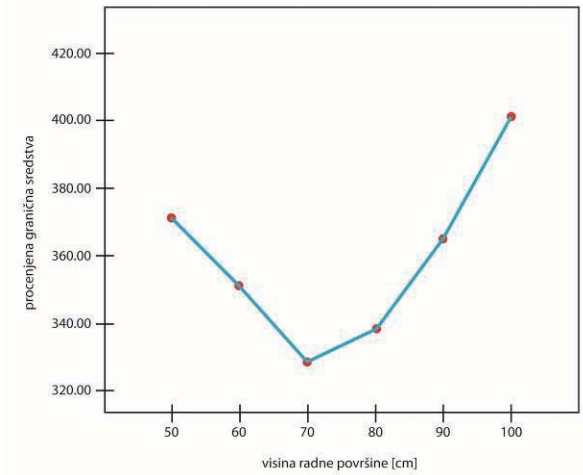
Sličan slučaj je prisutan i kod poređenja izmerenih vrednosti vremena u odnosu na visinu radne površine 700 mm, gde su zabeležene statistički značajne razlike u vrednostima na svim visinama radne površine osim u poređenju visina 700 mm - 800 mm ($p=0.17$).

Poređenjem izmerenih vremena potrebnih za unos teksta na svim visinama radne površine u odnosu na visinu 800 mm, utvrđeno je da su statistički značajne razlike odsutne samo pri poređenju visina 600 mm - 800 mm ($p=0.09$) i 700 mm - 800 mm ($p=0.17$).

Posmatrajući poređenje vrednosti vremena na svim visina u odnosu na visinu radne površine 900 mm, značajne razlike postoje kod svih vrednosti osim pri poređenju visina 500 mm - 900 mm ($p=0.28$) i 600 mm - 900 mm ($p=0.03$).

Poređenjem vrednosti u odnosu na visinu radne površine 1000 mm uočene su jasne statistički značajne razlike u vrednostima vremena na svim visinama, gde se vrednost promenljive p kreće u rasponu 0.000 - 0.003.

Na osnovu analize varijanse može se zaključiti da postoje statistički značajne razlike u posmatranim vrednostima vremena potrebnih za unos teksta na svim visinama radne površine, dok optimalna visina iste iznosi 700 mm, što se može videti na slici br. 3, koja je rezultat analize varijanse.




Slika 3. *Grafički prikaz statističkih razlika u vrednostima dobijenih putem analize varijanse*

U ergonomiji, prilikom dizajniranja proizvoda, tako i radnog stola za računar, velika pažnja se obraća na razlike između polova. Kada se kaže "razlike između polova", isključivo se misli na razlike u visini, jer je opšte poznato, da su žene u proseku niže od muškaraca [5].

Iz tog razloga, neophodno je izvršiti analizu podataka kod ispitanika muškog i ženskog pola zasebno, i zatim utvrditi idealnu visinu radne površine stola kod oba pola.

Izdvanjem podataka iz tabele 1, i analizom istih iz tabela 2 i 3, kao i merenjem srednje vrednosti vremena potrebnog za unos teksta na svakoj visini radne površine stola, došlo se do sledećih zaključaka.

Tabela 2. *Tabelarni prikaz vremena potrebnog za unos teksta u zavisnosti od visine radne površine stola kod ispitanika muškog pola*

| **Red. br. ispitanika** | **Visina postolja za tastaturu [mm]** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| **1** | 4:16 | 4:00 | 4:10 | 3:32 | 3:51 | 4:32 |
| **2** | 5:25 | 5.27 | 4.43 | 5:26 | 5:43 | 6:12 |
| **3** | 8:39 | 7:25 | 7:38 | 6:54 | 7:05 | 6:46 |
| **4** | 7:04 | 6:45 | 6:14 | 7:06 | 7:42 | 9:14 |
| **5** | 7:02 | 6:48 | 6:11 | 6:30 | 7:12 | 8:04 |
| **6** | 7:43 | 7:56 | 7.12 | 7:18 | 7:58 | 8:47 |
| **7** | 6:28 | 6:11 | 5:14 | 5:33 | 6:18 | 7:03 |
| **8** | 6:14 | 5:54 | 5:07 | 4:58 | 5:23 | 6:31 |
| **Srednja vr.vremena** | 6:36 | 6:18 | **5:48** | 5:54 | 6:23 | 7:08 |

Iz tabele 2 može se zaključiti, da optimalna visina radne površine stola kod ispitanika muškog pola iznosi 700 mm. Isti slučaj je kod ispitanica ženskog pola, što je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3. *Tabelarni prikaz vremena potrebnog za unos teksta u zavisnosti od visine radne površine stola kod ispitanica ženskog pola*

| **Red. br. ispitanika** | **Visina postolja za tastaturu [mm]** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| **1** | 6:10 | 5:25 | 6:57 | 5:05 | 5:13 | 6:34 |
| **2** | 7:54 | 7:53 | 6:56 | 8:04 | 8:10 | 8:29 |
| **3** | 4:47 | 4:30 | 4:22 | 5:01 | 5:14 | 5:11 |
| **4** | 6:30 | 5:44 | 5:47 | 6:30 | 6:02 | 7:06 |
| **5** | 5:11 | 4:36 | 4:11 | 5:02 | 5:14 | 5:36 |
| **6** | 5:00 | 4:41 | 4:15 | 5:10 | 4:46 | 5:26 |
| **7** | 6:01 | 5:42 | 5:08 | 5:14 | 5:58 | 6:43 |
| **8** | 6:42 | 6:12 | 5:43 | 6:02 | 6:54 | 7:32 |
| **9** | 5:13 | 5:18 | 4:04 | 4:16 | 4:53 | 5:43 |
| **10** | 7:11 | 6:36 | 6:02 | 6:10 | 6:58 | 7:32 |
| **11** | 4:41 | 4:37 | 3:58 | 4:13 | 4:45 | 5:08 |
| **12** | 5:15 | 5:08 | 4:41 | 4:59 | 5:31 | 6:28 |
| **Srednja vr.vremena** | 5:52 | 5:31 | **5:10** | 5:28 | 5:48 | 6.27 |

Na osnovu rezultata, dolazi se do zaključka, da, kada je visina postolja za tastaturu u pitanju, optimalna visina istog kod oba pola iznosi 700 mm.

Iako je u toku istraživanja visina stolice bila konstantna, visina ispitanika je varirala u rasponu od 1600 mm do 1850 mm. Kako visina ispitanika u ovom slučaju u velikoj meri utiče na rezultate, neophodno je izvršiti analizu podataka u zavisnosti od visine ispitanika i tako izvršiti proveru da li je visina radne površine stola u vrednosti od 700 mm zaista optimalna visina.

Ispitanici su podeljeni u 5 grupa, nakon čega je za svaku grupu izmerena srednja vrednost vremena potrebnog za unos teksta na svakoj visini radne površine zasebno, i tako određena optimalna visina radne površine stola za svaku grupu.

Grupa 1 - visina ispitanika u rasponu 1600 - 1650 mm;
Grupa 2 - visina ispitanika u rasponu 1660 - 1700 mm;
Grupa 3 - visina ispitanika u rasponu 1710 - 1750 mm;
Grupa 4 - visina ispitanika u rasponu 1760 - 1800 mm;
Grupa 5 - visina ispitanika u rasponu 1810 - 1850 mm.

Nakon detaljne analize izdvojenih podataka iz tabele 1, na osnovu visine svih ispitanika, došlo se do sledećih zaključaka.

Kod prve grupe ispitanika, optimalna visina radne površine stola takođe iznosi 700 mm. Međutim, kod ove grupe ispitanika, posmatranjem vrednosti vremena unosa teksta, može se zaključiti da ispitanicima telesne visine u rasponu 1600 - 1650 mm odgovaraju i niže vrednosti visine radne površine stola.

Isti je slučaj i kod druge i treće grupe ispitanika, čija se telesna visina kreće u rasponu od 1660 mm do 1700 mm i u rasponu od 1710 do 1750 mm. Najmanja vrednost srednjeg vremena potrebnog za unos teksta zabeležena je na visini od 700 mm, iz čega proizilazi da i u ovom slučaju optimalna visina radne površine iznosi 700 mm. Četvrta grupa ispitanika takođe pokazuje iste rezultate, gde je najkraće vreme unosa teksta zabeleženo na visini od 700 mm.

Međutim, nakon izdvajanja podataka iz tabele 1, došlo se do zaključka da su približne vrednosti srednjeg vremena potrebnog za unos teksta zabeležene i na visini od 800 mm, što je očekivano, pošto se radi o grupi ispitanika čija se telesna visina kreće u rasponu 1760 - 1800 mm.

Peta grupa ispitanika je dala identične rezultate kao i sve prethodne grupe, u kojoj kao optimalna visina radne površine stola dominira visina od 700 mm.

## 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih eksperimentom može se zaključiti, da optimalna visina radne površine stola za računar iznosi 700 mm, bez obzira na pol ili telesnu visinu korisnika. Pored toga, upoređivanjem dobijenih rezultata pomoću ANOVA analize došlo se do zaključka da je neophodno dizajnirati radni sto sa mogućnošću regulisanja radne površine, kako bi se zadovoljile potrebe korisnika iz svih grupa. Kako ispunjavaju sve zahteve ergonomije, rezultati dobijeni ovim istraživanjem mogu poslužiti kao smernica prilikom dizajniranja radnih stolova za računare na svim tržištima u oblasti izrade kancelarijskog nameštaja. Upotrebom istih, može se rešiti problem radne površine stola, što bi korisniku u velikoj meri olakšalo rad na računaru, vodeći pritom računa o njegovom zdravlju.

Tržište današnjice nudi neverovatan broj radnih stolova za računare dizajnirane tako, da se uklapaju u svaki prostor, i da pritom cenom budu pristupačni svima. Razvoj tehnologije omogućava konstruisanje mehanizama za regulisanje visine radne površine kako na elektronski, tako i mehanički način, stoga je neophodno podići svest o značaju visine radne površine stola i ergonomije u dizajnu kancelarijskog nameštaja uopšte.

## 5. LITERATURA


[1] Robert S. Bridger: *"Introduction to Ergonomics"*, Taylor & Francis e-library , 2003.

[2] Scott Openshaw, Erin Taylor: *"Ergonomics and design, a Reference Guide"*, Allsteel Inc. , 2006.

[3] Nataša Kozar dr. med.: *"Računari i zdravlje"* , 2012.

[4] Adam Lund, Mark Lund: *"Repeated measures ANOVA"*, 2013.

[5] Dragutin Mikšić*: "Antropometrija, obrada poglavlja iz knjige Uvod u ergonomiju"*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997.


**Podaci za kontakt:**




MSc Simonović Jasmina
jasmina.grafdizajn@gmail.com





MSc Vladić Gojko
vladicg@uns.ac.rs

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2012. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić
Aleksandar Erdeljan
Aleksandar Ristić
Bato Kamberović
Biljana Njegovan
Bogdan Kuzmanović
Bojan Batinić
Bojan Lalić
Bojan Tepavčević
Bojana Beronja
Branislav atlagić
Branislav Nerandžić
Branislav Veselinov
Branislava Kostić
Branislava Novaković
Branka nakomčić
Branko Milosavljević
Branko Škorić
Cvijan Krsmanović
Damir Đaković
Danijela Lalić
Darko Čapko
Darko Marčetić
Darko Reba
Dejan Ubavin
Dragan Ivanović
Dragan Ivetić
Dragan Jovanović
Dragan kukolj
Dragan Mrkšić
Dragan Pejić
Dragan Šešlija
Dragana Bajić
Dragana Konstantinović
Dragana šarac
Dragana Štrbac
dragi Radomirović
Dragiša Vilotić
Dragoljub Novaković
Dragoljub Šević
Dubravka Bojanić
Dušan Dobromirov
Dušan Gvozdenac
Dušan Kovačević
Dušan Sakulski
Dušan Uzelac
Duško Bekut
Đorđe Ćosić
Đorđe Lađinović
Đorđe Obradović
Đorđe Vukelić
Đura Oros
Đurđica Stojanović
Emil Šećerov
Filip Kulić
Goran Sladić
Goran Švenda
Gordana Milosavljević
Gordana Ostojić
igor Budak
Igor Dejanović
Igor Karlović
Ilija Kovačević
Ivan Beker
Ivan Tričković
Ivan Župunski
Ivana Katić
Ivana Kovačić
Jasmina Dražić
Jelena Atanacković Jeličić
Jelena Borocki
Jelena Kiurski
Jelena kovačević Jureša
Jelena Radonić
Jovan Petrović
Jovan Tepić
Jovan Vladić
Jovanka Pantović
Karl Mičkei
katarina Gerić
Ksenija Hiel
Laslo Nađ
Leposava Grubić Nešić
Livija Cvetičanin
Ljiljana Vukajlov
Ljiljana Cvetković
Ljubica Duđak
Maja Turk Sekulić
Maša Bukurov
Matija Stipić
Milan Kovačević
Milan Rackov
Milan Rapajić
Milan simeunović
Milan Trifković
Milan Trivunić
Milan Vidaković
Milena Krklješ
Milica Kostreš
Milica Miličić
Milinko Vasić
Miloš Slankamenac
Miloš Živanov
Milovan Lazarević
Miodrag Hadžistević
Miodrag Zuković
Mirjana Damjanović
Mirjana Malešev
Mirjana Radeka
Mirjana Vojnović
Miloradov
Mirko Borisov
Miro Govedarica
Miroslav Hajduković
Miroslav Nimrihter
Miroslav Plančak
Miroslav Popović
Mitar Jocanović
Mladen Kovačević
Mladen Radišić
Momčilo Kujačić
Nađa Kurtović
Nebojša Pjevalica
Neda Pekarić Nađ
Nemanja Stanisavljević
Nenad Katić
Nikola Brkljač
Nikola Đurić
Nikola Jorgovanović
Nikola Radaković
Ninoslav Zuber
Ognjen Lužanin
Pavel Kovač
Peđa Atanasković
Petar Malešev
Predrag Šiđanin
Radivoje Rinulović
Rado Maksimović
Radovan Štulić
Rastislav Šostakov
Slavica Mitrović
Slavko Đurić
Slobodan Dudić
Slobodan Krnjetin
Slobodan Morača
Sonja Ristić
Srđan Kolaković
Srđan Popov
Srđan Vukmirović
Staniša Dautović
Stevan Milisavljević
Stevan Stankovski
Strahil Gušavac
Svetlana Nikoličić
Tanja Kočetov
Tatjana Lončar
Turukalo
Todor Bačkalić
Toša Ninkov
Uroš Nedeljković
Valentina Basarić
Velimir Čongradec
Velimir Todić
Veljko Malbaša
Veran Vasić
Veselin Avdalović
Veselin Perović
Vladan Radlovački
Vladimir Katić
Vladimir Radenković
Vladimir Strezoski
Vladimir Škiljajica
Vlado Delić
Vlastimir Radonjanin
Vuk Bogdanović
Zdravko Tešić
Zora Konjović
Zoran Anišić
Zoran Brujic
Zoran Jeličić
Zoran Mijatović
Zoran Milojević
Zoran Mitrović
Zoran Papić
Željen Trpovski
Željko Jakšić