



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXI

Број: 17/2016

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXI

Свеска: 17

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

**Уредништво:**

Проф. др Раде Дорословачки

Проф. др Драгиша Вилотић

Проф. др Срђан Колаковић

Проф. др Владимир Катић

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Миодраг Хаџистевић

Проф. др Растислав Шостаков

Доц. др Мирослав Кљајић

Доц. др Бојан Лалић

Доц. др Дејан Убавин

Проф. др Никола Јорговановић

Доц. др Борис Думнић

Проф. др Дарко Реба

Проф. др Ђорђе Лађиновић

Проф. др Драган Јовановић

Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић

Проф. др Драгољуб Новаковић

**Редакција:**

Проф. др Владимир Катић, главни  
уредник

Проф. др Жељен Трповски, технички  
уредник

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Драгољуб Новаковић

Др Иван Пинћур

Бисерка Милетић

**Језичка редакција:**

Бисерка Милетић, лектор

Софија Рацков, коректор

Марина Катић, преводилац

**Издавачки савет:**

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,  
проф. др Радош Радивојевић, председник.

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

CIP-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)

62

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

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

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

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

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

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

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

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 06.10.2016. до 31.10.2016. год., а који се промовишу 18.05.2017. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Известан број кандидата објавили су радове на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.

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

У овој свесци, са редним бројем 17., објављени су радови из области:

- графичког инжењерства и дизајна,
- инжењерства заштите животне средине,
- мехатронике,
- математике у техници,
- геодезије и геоматике,
- заштите вода,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара,
- инжењерства информационих система и
- сценске архитектуре и дизајна.

У свесци са редним бројем 15. објављени су радови из области:

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

У свесци са редним бројем 16. објављени су радови из области:

- архитектуре,
- инжењерског менаџмента и
- регионалне политике и развоја.

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

	<b>STRANA</b>
<b>Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn</b>	
1. Dragana Trajković, Neda Milić, Dragoljub Novaković, DIZAJN KORISNIČKOG INTERFEJSA U IGRAMA SA SKRIVENIM OBJEKTIMA .....	3245-3248
2. Jovanka Višnjičan, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, UTICAJ NAČINA MAPIRANJA NA OPSEG BOJA U OFSET TEHNICI ŠTAMPE .....	3249-3252
3. Hristina Belić, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, UTICAJ BELINE PODLOGE NA REPRODUKCIJU BOJE U DIGITALNOJ ŠTAMPI .....	3253-3256
4. Kristian Tot, Živko Pavlović, ČITLJIVOST QR KODOVA U ZAVISNOSTI OD DIMENZIJE I PODLOGE ZA ŠTAMPU ...	3257-3261
5. Blagoje Bulajić, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, ISPITIVANJE KVALITETA OTISAKA DOBIJENIH INK DŽET ŠTAMPOM NA PVC PODLOGAMA .....	3262-3265
6. Josip Videc, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, UTICAJ SPEKTRALNE RASPODELE IZVORA SVETLA NA REPRODUKCIJU BOJA OTISAKA OSLOJENIH PERLASCENTNIM PIGMENTIMA .....	3266-3269
7. Borislav Stanković, Nemanja Kašiković, Ivana Jurič, UTICAJ TONERA NA KVALITET ŠTAMPE U ELEKTROFOTOGRAFIJI .....	3270-3273
8. Darija Jovičić, Dragoljub Novaković, Stefan Đurđević, PRIMENA NFC ELEMENATA U INTELIGENTNOJ AMBALAŽI .....	3274-3277
9. Aron Vajda, Dragoljub Novaković, Ivan Pinčjer, RAZVOJ PROGRAMSKOG REŠENJA UČENJA NA DALJINU ZA MAŠINU ZA SAKUPLJANJE TABAKA .....	3278-3281
10. Žaklina Mako, Dragoljub Novaković, Magdolna Pál, RAZVOJ I ISPITIVANJE REŠENJA AMBALAŽE ZA ČAJ .....	3282-3285
11. Kristina Balić, Sandra Dedijer, ANALIZA REPRODUKCIJE TONSKIH VREDNOSTI 3D MIKROSKOPOM (ANICAM) NA DIGITALNIM FLEKSO ŠTAMPARSKIM FORMAMA .....	3286-3289

	<b>STRANA</b>
12. Viktoria Szabo, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, UTICAJ SVOJSTAVA PODLOGE ZA ŠTAMPU NA S-CIELAB VREDNOSTI OTISKA .....	3290-3293
13. Ana Gvozdenović, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, SPEKTROFOTOMETRIJSKA ANALIZA KVALITETA OTISKA ROTACIONE OFSET ŠTAMPE NA NOVINSKIM PAPIRIMA .....	3294-3297

### **Radovi iz oblasti: Inženjerstvo životne sredine**

1. Milana Ćopić, PRIMENA ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA PRI IZBORU OPTIMALNIH ZAŠTITNIH RUKAVICA .....	3298-3301
2. Ružica Moconja, IZBOR LIČNE ZAŠTITNE OPREME PRIMENOM VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE .....	3302-3305
3. Radomir Ostojić, KARAKTERIZACIJA I SORPCIONI KAPACITETI PEPELA SUNCOKRETOVE SAČME U DOMENU SEPARACIONIH TEHNOLOGIJA .....	3306-3309
4. Милана Кривокапић, ПЛАН ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА, СПАСАВАЊА И РЕАГОВАЊА У ВАНДРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА НА КОГЕНЕРАЦИОНОМ ПОСТРОЈЕЊУ .....	3310-3313
5. Kristina Nemet, Sabolč Pap, Maja Turk Sekulić, OPTIMIZACIJA I PRINOS TERMOHEMIJSKE KONVERZIJE LJUSKE KIKIRIKIJA PRI SINTEZI EKONOMSKI ISPLATIVOG SORBENTA .....	3314-3317
6. Svetlana Ristić, SISTEMI ZA DETEKCIJU I RANO UPOZORENJE ŠUMSKIH POŽARA .....	3318-3321
7. Milana Grahovac, Slavko Đurić, ANALIZA KARAKTERISTIKA BIOMASE I NJIHOV UTICAJ NA TERMIČKU PRERADU ...	3322-3325
8. Nemanja Rusić, ANALIZA METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE KOLIČINE I SASTAVA KOMERCIJALNOG OTPADA .....	3326-3329
9. Teodora Bulatović, Milan Martinov, POREĐENJE STAJNJAKA I OSTATKA FERMENTACIJE SA STANOVIŠTA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU .....	3330-3333
10. Daniela Damjanovski, Sabolč Pap, Maja Turk Sekulić, PRIMENA KOMERCIJALNIH I ALTERNATIVNIH ADSORBENATA ZA REDUKCIJU ORGANSKOG I NEORGANSKOG OPTEREĆENJA PROCEDNE VODE DEPONIJE .....	3334-3337
11. Jelena Golijanin, Milosav Georgijević, BEZBEDNOST U REGALNIM SKLADIŠTIMA .....	3338-3341

### **Radovi iz oblasti: Mehatronika**

1. Pavle Mulaj, REKONSTRUKCIJA OČIJU ROBOTA <i>MARKO</i> RADI PRIMENE NA ROBOTU <i>SARA</i> .....	3342-3345
2. Srđan Gojkov, KVALIFIKACIJA KGH I CSNU SISTEMA U FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI .....	3346-3349

**Radovi iz oblasti: Geodezija i geomatika**

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Davorin Kosanović,<br>AUTOMATIZOVANA INDETIFIKACIJA REFLEKSIJA TOPLOVODA U BETONSKIM<br>KORITIMA I ESTIMACIJA DIMENZIJA KANALA SA RADARGRAMA ..... | 3350-3353 |
| 2. Miloš Stojiljković,<br>AUTOMATIZOVANA DETEKCIJA REFLEKSIJA TOPLOVODNE INFRASTRUKTURE U<br>RADARGRAMIMA .....                                       | 3354-3357 |
| 3. Željko Ćulum,<br>EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE GREŠAKA DIGITALNIH NIVELIRA .....   | 3358-3361 |
| 4. Maja Raspopović,<br>ANALIZA GREŠKE TROPOSFERSKOG UTICAJA NA GNSS MERENJA .....   | 3362-3365 |

**Radovi iz oblasti: Inženjerstvo tretmana i zaštite voda**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Nikolina Popović, Maja Đogo, Ivana Mihajlović,<br>RAZVOJ METODOLOGIJE ZA OPTIMIZACIJU KALIBRACIJE SPECTROLYSER<br>UREĐAJA ZA ONLINE ANALIZU OTPADNIH VODA NA PODRUČJU NOVOG SADA ...          | 3366-3369 |
| 2. Dragan Carević, Boris Obrovski, Jovan Bajić, Ivana Mihajlović,<br>RAZVOJ METODOLOGIJE ZA OPTIMIZACIJU KALIBRACIJE SENZORA NA BAZI<br>OPTIČKIH VLAKANA ZA ANALIZU POVRŠINSKE VODE DUNAVA ..... | 3370-3373 |
| 3. Bojana Radaković, Mirjana Vojinović Miloradov, Ivana Mihajlović,<br>PRIMENA PROCENE UTICAJA ZA IDENTIFIKACIJU SPECIFIČNIH POLUTANATA ZA<br>BASEN DUNAVA U REPUBLICI SRBIJI .....              | 3374-3377 |

**Radovi iz oblasti: Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Čedomir Glišin,<br>KOMPARATIVNA ANALIZA MEĐUNARODNIH I DOMAĆIH MINIMALNIH<br>TEHNIČKIH ZAHTEVA BEZBEDNOSTI OD POŽARA ZA UGOSTITELJSKE OBJEKTE ..... | 3378-3381 |
| 2. Milan Janković,<br>SIMULACIJA POPLAVE ULED OSTVARENJA RIZIKA PUCANJA BRANE<br>BORKOVAČKOG JEZERA I EVAKUACIJA STANOVNIŠTVA .....                    | 3382-3385 |
| 3. Milan Srdanović,<br>PROJEKAT STACIONARNE INSTALACIJE ZA ZAŠTITU OD POŽARA BIBLIOTEKE NA<br>FAKULTETU TEHNIČKIH NAUKA .....                          | 3386-3389 |
| 4. Zoran Davidović,<br>PROCENA UGROŽENOSTI OD POŽARA SPORTSKO-REKREATIVNIH OBJEKATA .....  | 3390-3393 |

**Radovi iz oblasti: Inženjerstvo informacionih sistema**

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Jelena Simić,<br>PRIMENA RESTFUL VEB SERVISA U IZRADI APLIKACIJA ZA JKP "PARKING SERVIS" . | 3394-3397 |
| 2. Miloš Petrić,<br>JEDNO REŠENJE ARHITEKTURE RAČUNARSKE MREŽE VISOKOŠKOLSKE USTANOVE         | 3398-3401 |

**Radovi iz oblasti: Scenska arhitektura i dizajn**

1. Željko Piškorić, ČUVARI SMEĆA: VIŠEMEDIJSKA PROSTORNA INTERVENCIJA .....	3402-3404
2. Stanislava Jamušakov, Miljana Zeković, Višnja Žugić, SCENSKE MEMORIJE .....	3405-3408
3. Olivera Čejović, DISKONEKTOVANI OSTANITE KONEKTOVANI .....	3409-3412
4. Vladimir Savić, Darko Nedeljković, „ULICA“ KAO SCENSKI PROSTOR: SCENSKI DIZAJN ZA PREDSTAVU „ŠINE ILI BOG NAS POGLEDAO“ .....	3413-3416
5. Ivana Rončević, BOJA KAO ELEMENT SCENSKOG DIZAJNA .....	3417-3420
6. Tijana Sićević, Radivoje Dinulović, Tijana Đuričić, TIPOLOŠKO UODNOŠAVANJE LJUDSKOG KARAKTERA I ODEVANJA .....	3421-3424
7. Nemanja Jovanović, ARHITEKTURA EROTIKE U SCENSKOM DOGAĐAJU LJUDSKOG TELA .....	3425-3428



## DIZAJN KORISNIČKOG INTERFEJSA U IGRAMA SA SKRIVENIM OBJEKTIMA USER INTERFACE DESIGN IN HOPA GAMES

Dragana Trajković, Neda Milić, Dragoljub Novaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Kratka sadržaj** – *Popularnost tzv. casual video igara je poslednjih decenija u naročitoj porastu. Konzumenti avanturističkih igara sa skrivenim objektima (HOPA) su ljudi koji žele da pobjegnu od svakidašnjice, utonu u igru i na kratko se opuste i rasonode. Zato je važno omogućiti im jednostavnu i nesmetanu kontrolu nad komandama u igri i lišiti ih svih potencijalnih frustracija koje loš interfejs može da proizvede. Cilj rada je upoznavanje sa principima dizajna korisničkog interfejsa. Rad obuhvata upoznavanje sa svim elementima interfejsa HOPA igre, analizu nefunkcionalnih rešenja, kao i kreiranje kompletnog korisničkog interfejsa konkretne HOPA igre.*

**Abstract** – *The popularity of so-called casual video games is on the rise these last few decades. Hidden object adventure game consumers are people who want to escape from everyday chores, get immersed briefly and unwind. It is, therefore, important to allow them easy and smooth governing over the controls in the game as well as deprive them of any potential frustration that a bad interface might produce. The aim of this paper is to introduce the principles of designing game user interface. The work examines all interface elements of HOPA games, addresses a number of impractical solutions as well as creating a complete HOPA game user interface.*

**Ključne reči:** *HOPA igre, korisnički interfejs, dizajn interfejsa*

### 1. UVOD

Ekspanzija mobilnih uređaja u poslednjih dvadeset godina i njihov prodor u svaku poru svakodnevnog života značajno je izmenio naš svakodnevni život, a, samim tim, i načine na koje se opuštamo i odmaramo. Danas su video igre lako dostupne svima, svuda i uvek.

### 2. IGRE SA SKRIVENIM OBJEKTIMA

HOPA (hidden object puzzle adventures games) igre su avanturističke igre skrivenih objekata sa mini igrama. Za njih je karakterističan niz povezanih lokacija između kojih se mogu obavljati različite interakcije. Scene su bogate bojama, naročito na interaktivnim mestima koji treba da privuku pažnju.

S obzirom da je reč o 2D igrama, scene su uglavnom statične sa vrlo jednostavnim animacijama kretanja u dve ose. Ovaj nedostatak nadomešćuje se svetlosnim efektima jarkih boja.

Prvobitne HOPA igre su sadržale jednostavni zadatak za igrača da pronađe dvadesetak objekata pobrojanih na

spisku u dnu ekrana, a skrivenih na sceni prikazanoj u gornjem delu ekrana među mnoštvom drugih sličnih objekata i distrakcija. Vremenom su ove igre dobile određeni dramski narativ (npr. igrač se nalazi u ulozi arheologa nekog muzeja i cilj mu/joj je da uredi kolekcije pronalazanjem skrivenih objekata na različitom broju iskopina), tako da su scene i objekti tematizovani što je poboljšalo atraktivnost ovog žanra igara.

### 3. PRINCIPI DIZAJNA KORISNIČKOG INTERFEJSA

#### 3.1 Forma

Forma se odnosi na podelu i organizaciju delova ekrana. Radi lakšeg rukovanja informacijama i veće preglednosti, interfejs u HOPA igrama deli se u četiri celine: info sekcija (HUD) koja se nalazi na dnu ekrana, prozori koji zauzimaju središnji deo ekrana, lebdeći elementi koji se mogu pojaviti u bilo kom delu ekrana i crna traka sa tekstom koja stoji uz gornju ivicu ekrana.

#### 3.2 Estetika

Estetika je jedan od principa dizajna korisničkog interfejsa koji daje neka uputstva kako napraviti interfejs prijatan za oko. Estetika korisničkog interfejsa mora biti usaglašena sa temom igre. Međutim, funkcionalnost i intuitivnost interfejsa imaju prioritet nad estetikom [1].

#### 3.3 Poznavanje korisnika

Potrebno je poznavati veštine i iskustvo korisnika. Nije bitno nužno pratiti trendove. Potrebno je fokusirati se na korisnike interfejsa i prema njihovim profilima kreirati interfejs koji im omogućava da ostvare ciljeve igre [2].

#### 3.4 Konzistentnost

Konzistentnost je osnova dobro dizajniranog korisničkog interfejsa. Doslednost u stilu, navigacijama, veličini dugmića itd. Igrači žele da budu sigurni da, kada jednom nešto nauče da rade, će moći na isti način da odrade tu aktivnost ponovo. Konzistentnost u interfejsu omogućava korisnicima bolje razumevanje funkcionisanja mehanike igre i povećava njihovu efikasnost [2][4].

#### 3.5 Funkcionalnost

Funkcionalnost se odnosi na to da li interfejs obezbeđuje neophodne povratne informacije i kontrole [3].

#### 3.6 Obezbeđivanje povratne informacije za kontrole

Kontrole bi trebalo da daju povratne informacije kada se koriste. Igrači koriste kontrole (npr. pritiskom na dugme) kako bi komunicirali sa igrom. Ako se ništa očigledno ne pojavi, oni će se zapitati da li je igra registrovala njihov pokušaj i biće biti frustrirani odsustvom rezultata [3].

#### 3.7 Umanjiti konfuziju

Bez dovoljno smernica igrači mogu postati zbunjeni; oni znaju šta žele da urade, ali ne i kako da sprovedu to u

### NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio profesor dr Dragoljub Novaković.**

okviru igre. Trebalo bi da igrač savlada interfejs što pre je moguće i ovlada kontrolama koristeći ih intuitivno. To uključuje: redukovanje broja kontrola, ukazivanje na trenutno aktivne kontrole i konzistentnost [3].

#### 4. DOBRI I LOŠI PRIMERI INTERFEJSA

Osnovni zadatak dobrog interfejsa je jasno razumevanje sadržaja. Međutim, na *Slici 1* to nije slučaj. Svetao font na šarenoj podlozi izuzetno je nečitljiv. Bitni elementi igre, kao što je logo i numeracija, takođe se ne ističu dovoljno.



Slika 1: *Nightfall mysteries, Haunted by the past* - vodič kroz igru

Još jedan primer nefunkcionalnog interfejsa prikazan je *Slikom 2* gde se elementi igre (tekst, prozor, strelica) teško pronalaze na sceni slične palete boja kao elementi interfejsa.



Slika 2: *Redemption cemetery, The island of the lost* – tutorial

Dobar primer interfejsa prikazan je *Slikom 3*. Jednostavan je i čitljiv. Svi elementi ističu se jasno na pozadini.



Slika 3: *Mystery of the ancients, Deadly cold* – opcije

## 5. PODELA INTERFEJSA U SKLOPU JEDNE HOPA IGRE UZ PRIMERE PRAKTIČNOG RADA

### 5.1 Animacije i efekti

Animacije su efekti koji se koriste da bi se stvorila iluzija kretanja slika. U interfejsu HOPA igara koriste se: HUD animacije i animacije smernice.

### 5.2 Glavni meni

Glavni meni (*Slika 4*) je scena koja sadrži sve dugmiće neophodne za pokretanje igre i podešavanja u vezi sa njom.



Slika 4: *Glavni meni*

### 5.3 Opcije

Prozor za opcije obično uključuje klizace za jačinu zvukova, kao i opcije da li želimo da igra zauzima ceo ekran i da li želimo redovne ili kursorne bez animacija.

### 5.4 Profili

Neophodan korak pri pokretanju igre je registrovanje profila. Možemo imati više sačuvanih profila.

### 5.5 Težina

Nakon kreiranja profila sledi biranje težine igranja (*Slika 5*). Ponuđena su tri nivoa težine i jedna specijalna u kojoj se samostalno podešavaju specijalna svojstva.



Slika 5: *Težina igranja*

### 5.6 Ikonica igre

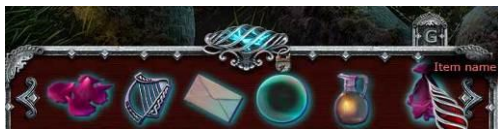
Instalacijom igre pojavljuje se ikonica preko koje se igra pokreće. Uspešna i efektna ikonica jeste jednostavna i omogućava brzo i lako prepoznavanje i pamćenje. Primer uspešne ikonice vidimo na *Slici 6*. [1]



Slika 6: *Ikonica igre*

### 5.7 Inventar

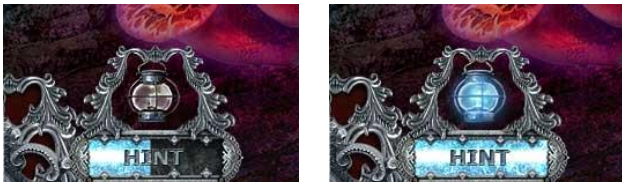
Inventar (*Slika 7*) je prostor u HUD delu u koji se tokom igre smeštaju prikupljeni objekti. Važno je da ne zaklanja ništa što od značaja za korisnika, kao, na primer, neke od objekata, interakcija itd.



Slika7: Inventar

### 5.8 Smernica

Smernica prikazana *Slikom 8* je vrsta pomoći u igri koja, u zavisnosti od situacije, treba da odgovori na jedno od sledećih pitanja: gde treba ići, šta treba uraditi sledeće i gde je sakriven objekat koji nam treba. Smernica može biti aktivna i neaktivna. Na *Slici 8a*) prikazana je smernica u trenutku punjenja, dok je na *Slici 8b*) smernica „napunjena“ i spremna za korišćenje.



a)

b)

Slika8: Smernica

### 5.9 Mini igre

**Skip** je dugme za preskakanje mini igre. **Reset** je dugme koje omogućava vraćanje na početno stanje mini igre. **Info dugme** daje informacije o rešavanju i trebalo bi da bude na raspolaganju sve vreme trajanja mini igre.

### 5.10 Meni iz igre

Meni iz igre je prozor koji se poziva iz HUD dela i sadrži sledeća polja: dugme za opcije, nastavak igranja, podešavanje težine igranja i dugme za izlazak iz ovog menija tj. povratak u igru.

### 5.11 Nagradni prozor

Prozor za dobijanje nagrade/objekta iskače po rešavanju HO scene (scene sa skrivenim objektima) i u njemu se uvek prikazuje slika predmeta koji dobijamo kao nagradu.

### 5.12 Žurnal

Žurnal je metod praćenja igračevog napretka i ciljeva u igri. Stranice u žurnalu treba da sadrže dovoljno informacija da bi podsetile igrača šta i zašto treba uraditi.

### 5.13 Mapa

Mapa je skica lokacija u igri. Pomoću nje igrači mogu da isplaniraju buduće akcije do cilja, a, takođe, preko njih mogu da vide koji su ciljevi nezavršeni i na kojim lokacijama. Primer mape prikazan je *Slikom 9*.

### 5.14 Ciljevi

Igrač u toku igre dobija ciljeve koje mora ostvariti kako bi mogao da napreduje. Svaki put kada se stigne do nekog cilja to treba signalizirati kako bi igrač znao da li ide u dobrom smeru što vidimo na *Slici 10*.



Slika9: Mapa



Slika10: Ciljevi

### 5.15 Prozor za potvrdu

Prozor za potvrdu sadrži pitanje i moguće odgovore.

### 5.16 Tutorijal

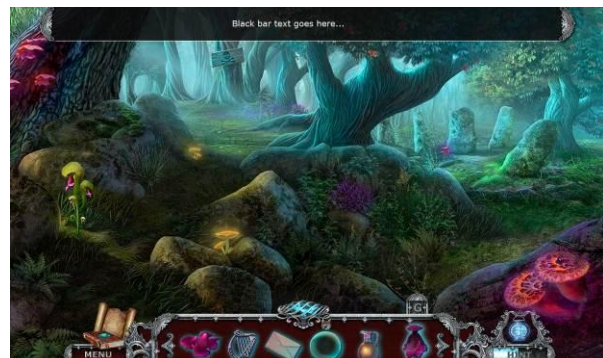
Tutorijal objašnjava mehaniku svega sa čim se u igri susrećemo po prvi put. *Slikom 11* predstavljen je primer tutorijala.



Slika11: Tutorijal

### 5.17 Crna traka za tekst

Crni ram (*Slika 12*) predstavlja prostor za tekst iz perspektive igrača. U okviru ovog rama ispisuje se većina tekstova u igri i pomažu igraču da razume interakcije, situacije itd.



Slika12: Crna traka za tekst

### 5.18 Vodič kroz igru

Vodič kroz igru ima poseban prozor u kome je igra podeljena na poglavlja i biranjem nekog od njih dobijamo instrukciju za igranje uz slikovni prikaz.

### 5.19 Zumirana oblast

Zumirane oblasti prikazuju se u okviru specijalnih ramova standardnih dimenzija, a u slučajevima kada se zumira predmet ili oblast manjih dimenzija, koristi se mini zumirana oblast.

### 5.20 Dijalog

Konverzaciju sa likovima u igri vršimo preko prozora za dijalog. Oni se sastoje od slike karaktera sa kojim pričamo i prozora u kom je ispisan tekst koji karakter izgovara.

### 5.21 Kratak video

Kratak video u okviru igre služi da igraču približi samu priču. Gledanje video sekvence se može preskočiti preko posebnog dugmeta.

### 5.22 Učitavanje igre

Svaka igra, zbog količine sadržaja, ima vreme neophodno za učitavanje. Za to vreme aktivna je scena sa barom za učitavanje koja je vizuelna predstava progressa učitavanja igre.

### 5.23 Pauza

Pauza je poruka koja se pojavljuje u momentu pauziranja igre. Može biti grafička, tekstualna ili kombinovana.

### 5.24 Kursori

Kursor je grafička predstava pomeranja miša kojim upravlja igrač. Kursori sa kojima se srećemo u HOPA igrama, a redom prikazani na *Slici 13* su: predefinisani kursor, interaktivni zupčanici, lupa kursor, kursor za dijalog, interaktivna ruka, navigacioni kursor i informativni kursor.



Slika13: Kursori

Zajedničke osobine koje doprinose funkcionalnosti svih elemenata interfejsa jedne HOPA igre pre svega su jasno isticanje i prepoznavanje. Isticanje elemenata postiže se varijacijama oblika i boja, ali se zbog korisnika sa smetnjama u razlikovanju boja treba najpre oslanjati na kontrast u svetlini, pa tek onda, estetike radi, upotpuniti i bojama. U zavisnosti od tipa elemenata nekada se može koristiti i animacija.

Međutim, treba uzeti u obzir da ona može da ometa i frustrira igrače. Najčešći elementi sa animacijom su kursori gde animacija podstiče njihovo isticanje na šarenim podlogama. Svi interaktivni elementi bi trebalo da imaju stanje promene boje u momentu kada se kursor pozicionira iznad njih. To omogućava veću preciznost igrača nad interaktivnim elementima. Elementi koji u sebi ne sadrže naziv, pored grafičke promene prilikom pozicioniranja kursora, trebalo bi da poseduju i kratak opis (*tooltip*). U momentu otvaranja prozora i menija pozadina igre trebalo bi da se zatamni, jer se na taj način ostvaruje bolji fokus.

## 6. ZAKLJUČAK

Pri kreiranju interfejsa neke igre treba pre svega odrediti tematiku i žanr igre. Zatim treba sagledati sve specifičnosti vezane za prostor i vreme dešavanja, a potom odrediti ambijent, istorijski period, godišnje doba i doba dana u kom se priča odvija.

Na osnovu svega ovoga određuje se paleta boja igre, a samim tim i interfejsa, zatim vrste materijala od kojih će se kreirati elementi interfejsa, kao i oblik.

Pri definisanju korisničkog interfejsa igre treba obratiti pažnju na to kako prezentovane informacije utiču na korisnike – intuitivan i funkcionalan interfejs svodi frustracije korisnika na minimum i ne odvraća ga od igranja igre. Na kraju, korisnički interfejs uvek treba testirati sa korisnicima različitih profila u probnim igračkim sesijama u kojima će igrati igru bez pomoći i navođenja.

## 7. LITERATURA

- [1] Dušić M. (2014), Univerzitet Singidunum, Grafički dizajn štampanih medija i web dizajn sa dizajnom korisničkog interfejsa. Dostupno na: <  
<http://www.singipedia.singidunum.ac.rs/content/3836-Grafi%C4%8Dki-dizajn-%C5%A1tampanih-medija-i-web-dizajn-sa-dizajnom-korisni%C4%8Dkog-interfejsa>>
- [2] Sollenberger K. (2012) Treehouse, User Interface Design Fundamentals. Dostupno na: <  
<http://blog.teamtreehouse.com/10-user-interface-design-fundamentals>>
- [3] Saunders K. and Novak J., Game Development Essentials: Game Interface Design, DELMAR CENGAGE Learning.
- [4] Oppenlander B. (2015) GAMASUTRA, Game UI design. Dostupno na: <  
[http://www.gamasutra.com/blogs/BrianOppenlander/20151223/262574/Game\\_UI\\_design.php](http://www.gamasutra.com/blogs/BrianOppenlander/20151223/262574/Game_UI_design.php)>

### Adresa autora za kontakt:

MSc Dragana Trajković, [distant.countries@gmail.com](mailto:distant.countries@gmail.com)  
prof dr Dragoljub Novaković, [novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)  
docent dr Neda Milić, [milicn@uns.ac.rs](mailto:milicn@uns.ac.rs)

## UTICAJ NAČINA MAPIRANJA NA OPSEG BOJA U OFSET TEHNICI ŠTAMPE

### THE IMPACT OF RENDERING INTENT ON THE COLOR GAMUT IN OFFSET PRINTING

Jovanka Višnjičan, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Kratak sadržaj** – U ovom radu analiziran je uticaj načina mapiranja na opseg boja u ofset štampi u cilju dobijanja vrednosti boja koje su što približnije originalu. U procesu reprodukcije boje koriste se standardni profili boja koji omogućuju preciznu komunikaciju između uređaja. Za pripremu ofset štampe postoji nekoliko preporučenih standardizovanih profila. Primenom svakog od njih uočljiva je razlika vrednosti boja a njihovom analizom u ovom radu ispitaće se koji standardni profil, u zavisnosti od načina mapiranja, je optimalan za korišćenje u toku pripreme za ofset štampu.

**Ključne reči:** *profili boja, ofset štampa, mapiranje boja*

**Abstract** – This thesis analyze the impact of rendering intent on the color gamut in offset printing techniques in order to obtain the most accurate color reproduction. During the process of color reproduction by using the standard color profiles it is established precise communication between the devices. Offset printing has a few recommended standardized profiles. There is a difference in applying each of them. Through analysis conducted in this theses, we will try to examine which standard color profile suits the most for offset printing preparation, in dependence of rendering intent.

**Key words:** *colour profiles, offset printing, color mapping*

#### 1. UVOD

Razvoj industrije je doveo do toga da u grafičkoj industriji imamo mnogo različitih ulaznih i izlaznih uređaja. Svaki od ovih ulaznih i izlaznih uređaja ima drugačiji opseg boja.

Konvertovanjem određenog opsega boja iz RGB prostora boja (ulaznih uređaja) u CMYK prostor boja (izlaznih uređaja) dolazi do gubitka tonova boja i upravo zbog ovog nedostatka česte su razlike između originala za štampu i odštampanog materijala u ofset štampi.

Da bi se ovaj problem rešio, neophodna je primena sistema za upravljanje bojama što znači da svaki uređaj koji učestvuje u procesu reprodukcije boje ima tačno definisan raspon boja kojim raspolaze.

Sa tako definisanim profilom boje koji preko softvera komunicira sa ostalim uređajima koji učestvuju u procesu reprodukcije boje omogućuje se dobijanje i tačno prenošenje podataka o boji sa jednog uređaja na drugi.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proukistkao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, docent.

#### 2. TEORIJSKE OSNOVE

##### 2.1. Reprodukcijska boja u grafičkoj industriji

U proces reprodukcije boje u grafičkoj industriji uključeni su različiti ulazni i izlazni uređaji za obradu boja, čiji su prostori boja specifični za uređaj. Metoda reprodukcije koju koriste ulazni uređaji zasniva se na principu kombinacije crvene, zelene i plave boje [1] a princip reprodukcije boje koju koriste izlazni uređaji zasniva se na mešanju: cijan, magente, žute i crne boje. Kada je reč o prostorima boja, onda se može napraviti podela na uređajno zavisne i uređajno nezavisne prostore boja. U uređajno zavisne prostore boja spadaju RGB i CMYK dok su uređajno nezavisni CIELAB i CIELUV. Ograničenja uređaja su posledice unapred definisanog opsega odnosno gamuta boja koje uređaji mogu da reprodukuju [2]. Cilj svake reprodukcije boje je ujednačavanje vizuelnog doživljaja između gamuta originala i reprodukcije. Da bi mapiranje gamuta osiguralo dobru usklađenost u boji celokupnog izgleda između originala i reprodukcije mora se obezbediti [3]:

- očuvanje maksimalne vrednosti kontrasta, zadržati bela i crna iz originala i obezbediti dobra reprodukcija sive,
- maksimalno smanjene vrednosti boja izvan gamuta,
- minimalno pomeranje tona boje koja je najvažnija informacija o boji i njeno očuvanje na račun vrednosti zasićenosti i svetline boje,
- povećanje zasićenosti boja s ciljem povećanja hromatičnosti.

##### 2.2. CIE kolorimetrija

CIE (engl. *International Commission on Illumination*) je međunarodna komisija koja se bavi svetlom, osvetljenjem, bojom i prostorima boja. Godine 1931, CIE je standardizovala sisteme boja definišući svetlosni izvor. Ovi standardi imaju za cilj postizanje precizne i tačne reprodukcije boja. CIE sistem sadrži sadrži egzaktnu preporuku o [4]:

- Standardnom posmatraču
- Standardnom osvetljenju
- CIE XYZ primarnom sistemu boja
- CIE xyY prostoru boja
- CIE hromatskom dijagramu

##### 2.3. Upravljanje bojama

Upravljanje bojom (engl. *Color Management*) je programska podrška za kalibraciju i karakterizaciju svih ulaznih i izlaznih uređaja unutar reprodukcijskog lanca za konverziju boje između uređaja, sa ciljem standardizacije reprodukcijskih procesa i postizanja željene reprodukcije boja nezavisno od uređaja koji se koristi [5].

Sistemi za upravljanje bojama (ICC) bazirani je na četiri osnovne komponente: prostoru povezivanja profila, ICC profilima, modulu upravljanja bojama i načinu mapiranja boja [6].

Prostor povezivanja profila ili PCS (engl. *Profile Connection Space*) je posrednik za prikaz željenih boja. PSC služi kao čvoriste svih konverzija između uređaja u toku procesa proizvodnje [7]. Prednost PCS pristupa je smanjen broj transformacija i eliminacija potrebe za komunikacijom među uređajima na principu "svaki sa svakim" već direktno iz prostora za povezivanje profila. ICC profili su datoteke koje u sebi sadrže opis svojstava prostora boja određenog uređaja [8]. Tako se razlikuju ulazni profili i izlazni profili.

Profili uređaja sadrže podatke o tri promenive koje opisuju ponašanje uređaja [6]:

- gamut - ton i svetlina primarnih boja,
- dinamički raspon boja - svetlina bele i crne tačke,
- kriva reprodukcijских tonova.

Industrijske organizacije sa svojim istraživačkim društvima razvile su standardne profile namenjene za ofset štampu. Da bi se dobila najbolja reprodukcija originala (dizajn ili fotografija) za komercijalnu ofset štampu mora se odabrati odgovarajući CMYK profil koji najbolje odgovara uslovima štampe.

Modul za upravljanje bojom, CMM (engl. *Color Management Module*) nazivase i kalkulator koji obavlja sve proračunske radnje da bi se vrednosti konvertovale u RGB ili CMYK [6].

Mapiranje gamuta se može definisati na način da se pojedine informacije o boji transformišu iz jednog gamuta u drugi [9]. ICC je definisao četiri načina mapiranja gamuta na koji se mogu uskladiti boje: perceptualno mapiranje, relativno mapiranje, mapiranje sa maksimalnim zasićenjem i apsolutno mapiranje [6].

Apsolutno kolorimetrijsko mapiranje podrazumeva da sve boje unutar gamuta ulaznog i izlaznog uređaja ostaju nepromenjene a boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja, mapiraju se u najbliže boje različitog zasićenja koje se nalaze na granicama izlaznog gamuta.

Perceptualno mapiranje boja podrazumeva da se sve boje prostora ulaznog uređaja ravnomerno kompresuju da bi stale u prostor boja izlaznog uređaja.

Relativno kolorimetrijsko mapiranje boja podrazumeva promenu boje samo izvan gamuta boje unutar gamuta ulaznog i izlaznog uređaja ostaju nepromenjene [10].

Mapiranje sa maksimalnim zasićenjem podrazumeva da boje izvan gamuta izlaznog uređaja mapiraju u najbliže odgovarajuće boje istog zasićenja, svetline i tona. [10].

### 3. EKSPERIMENTALNI DEO

#### 3.1. Plan i metoda rada

Izabrane su tri fotografije koje raspolažu određenim rasponom tonova koje su konvertovane kroz četiri standardna CMYK profila boja: Coated Fogra 39, Coated Fogra 27, US Sheetfed Coated v.2 i ISO Coated v.2 eci uz pojedinačnu primenu: Perceptual, Relative Colorimetric, Absolute Colorimetric načina mapiranja.

Konvertovane fotografije su procesuirane u Wolfram Mathematica programu u kome su, korišćenjem ugrađene

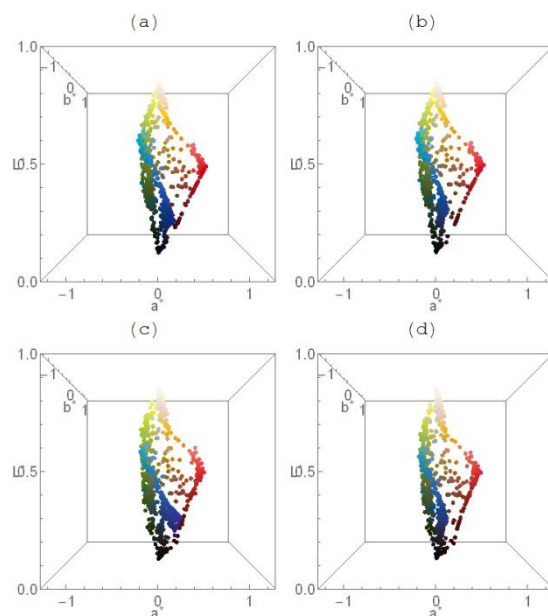
funkcije softvera, generisani i grafički prikazi nastalih opsega boja.

Grafički prikaz dobijenih opsega boja pruža jasne, uočljive i vrlo uporedive razlike koje zavise od primenljivog standardnog profila i primenjenog načina mapiranja.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Analiza i procena opsega boja fotografije sa zasićenim tonovima

Upoređivanjem opsega boja zasićenih tonova kod koje je prilikom konvertovanja korišćen apsolutno kolorimetrijski način mapiranja zaključuje se se da Coated Fogra 27 (slika 1a) i Coated Fogra 39 (slika 1b) osiguravaju postizanje veće vrednosti zasićenja srednjih tonova od ISO Coated (slika 1c) i US Shetfeld coated v2 (slika 1d) profila. Coated Fogra 39 takođe osigurava neznatno veći raspon manje zasićenih tonova u odnosu na druge profile. Coated Fogra 27 i ISO Coated v2 profili obezbeđuju veći raspon zasićenih tonova plave boje od druga dva profila.



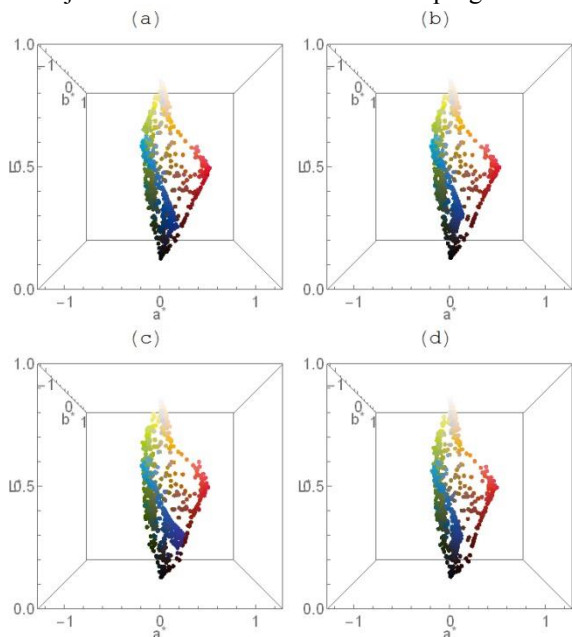
Slika 1. Opseg boja fotografije zasićenih tonova kod koje je prilikom konvertovanja korišćen apsolutno kolorimetrijski način mapiranja (a) Coated Fogra 27 profil, (b) Coated Fogra 39 profil, (c) ISO Coated v2 profil, (d) US Shetfeld coated v2 profil

Korišćenjem relativno kolorimetrijskog načina mapiranja najmanji raspon boje daje primena US Shetfeld coated v2 (slika 2d) i ISO Coated v2 (slika 2c) profili a najveći raspon boje daje Coated Fogra 27 profil (slika 2a).

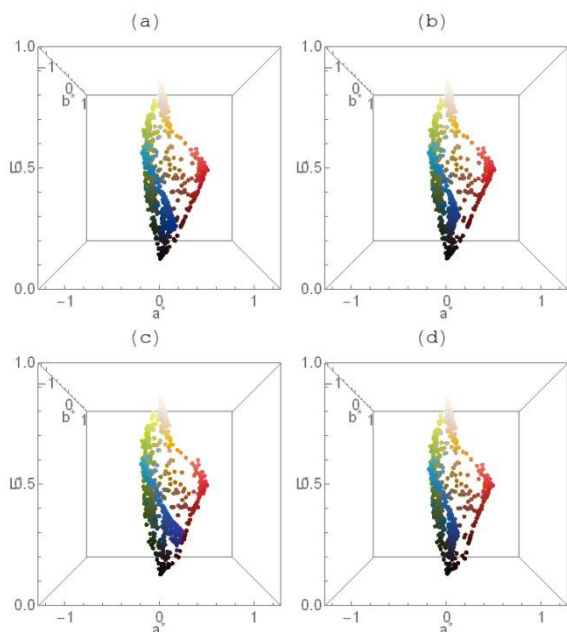
Optimalne vrednosti za perceptualni način mapiranja omogućava Coated Fogra 27, jer daje veći gamut od ostalih profila.

Primenom perceptualnog načina mapiranja na fotografijama zasićenih tonova dobijeni su dijagrami opsega boja sa slike 3. Opsezi boja pokazuju da je raspodela zasićenih vrednosti plave boje na Coated Fogra 27 (slika 3a) i ISO Coated v2 (slika 3c) opsezima boja uočljivo drugačija od raspodele plave boje na opsezima Coated Fogra 37 (slika 3b) i US Shetfeld coated v2 (slika 3d). Dok se analizom opsega dobijenim primenom Coated

Fogra 27 profila primećuje veća zastupljenost zasićenosti u srednjim tonovima u odnosu na ostale opsege



Slika 2. Opseg boja fotografije zasićenih tonova kod koje je prilikom konvertovanja korišćen relativno kolorimetrijski način mapiranja (a) Coated Fogra 27 profil, (b) Coated Fogra 39 profil, (c) ISO Coated v2 profil, (d) US Shetfeld coated v2 profil

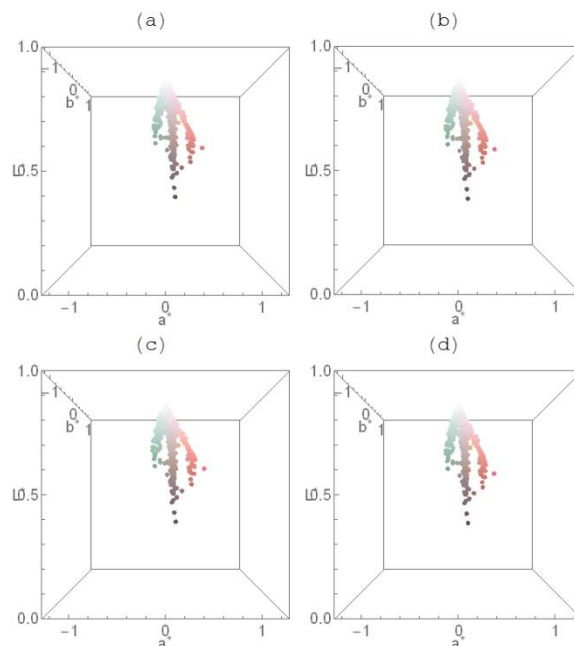


Slika 3. Opseg boja fotografije zasićenih tonova kod koje je prilikom konvertovanja korišćen perceptualni način mapiranja (a) Coated Fogra 27 profil, (b) Coated Fogra 39 profil, (c) ISO Coated v2 profil, (d) US Shetfeld coated v2 profil

#### 4.2. Analiza i procena opsega boja fotografije sa pastelnim tonovima

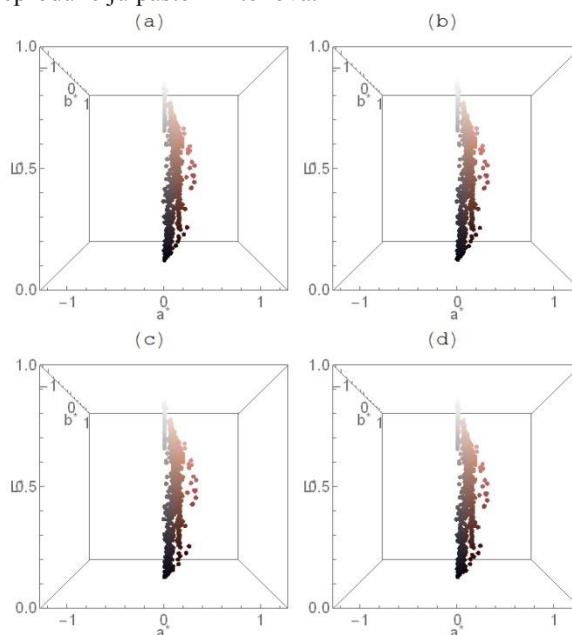
Korišćenjem apsolutno kolorimetrijskog načina mapiranja primenom US Shetfeld coated v2, ISO Coated v2, Coated fogra 27 ili Coated fogra 39 profila dobiju se približno jednaki opsezi boja koji zadovoljavaju reprodukciju pastelnih tonova.

Primenom relativno kolorimetrijskog načina mapiranja pastelnih tonova primećuje se da opseg boja ISO Coated v2 profil (slika 4c) ima neznatno veći opseg zasićenih tonova od ostalih profila i da primenom Coated Fogra 27 i ISO Coated v2 profila dobijaju opsezi boja se većim rasponom zasićenost crvene boje.



Slika 4. Opseg boja fotografije tonova kože kod koje je prilikom konvertovanja korišćen relativno kolorimetrijski način mapiranja (a) Coated Fogra 27 profil, (b) Coated Fogra 39 profil, (c) ISO Coated v2 profil, (d) US Shetfeld coated v2 profil

Primenom perceptivnog načina mapiranja i ISO Coated v2 profila se dobija veći raspon zasićenja i svetline za reprodukciju pastelnih tonova.



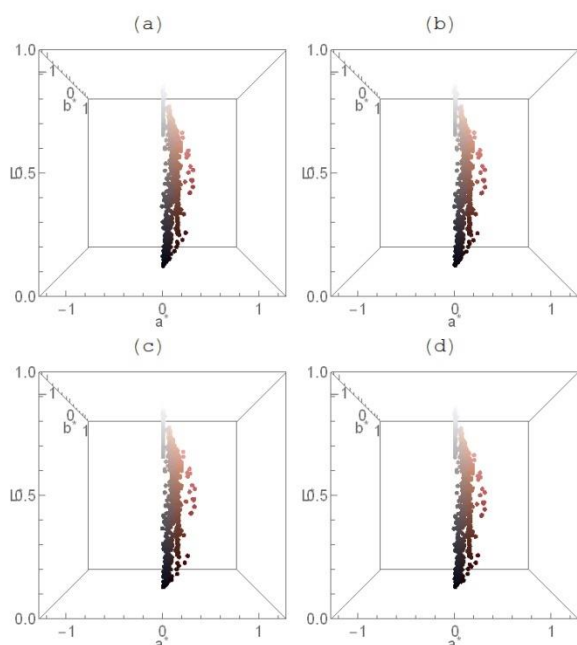
Slika 5. Opseg boja fotografije tonova kože kod koje je prilikom konvertovanja korišćen relativno kolorimetrijski način mapiranja (a) Coated Fogra 27 profil, (b) Coated Fogra 39 profil, (c) ISO Coated v2 profil, (d) US Shetfeld coated v2 profil

### 4.3. Analiza i procena opsega boja fotografije sa tonovima kože

Primenom profila ISO Coated v2 i apsolutno kolorimetrijskim načinom mapiranja tonova kože dobija se opseg boja sa optimalnom zastupljenosti svetlih i tamnih kao i najbolje raspoređene tonove za potrebe reprodukcije kože.

Opsezi boja kože na slici 5 dobijeni primenom relativno kolorimetrijskim načinom mapiranja prikazuju približno jednaka zasićenja boja svih profila sa malim odstupanjima. US Shetfeld coated v2 profil (slika 5d) daje opseg boje sa manjim rasponom crne a ISO Coated v2 profil (slika 5c) daje opseg boje sa najvećim rasponom svetlih tonova.

Primenom perceptivnog načina mapiranja tonova kože primećuje se da opseg boja US Shetfeld coated v2 profila (slika 6d) daje najmanji raspon zasićenja. Opseg boja Coated Fogra 39 profila (slika 6b) ima najmanji raspon crne dok primenom Coated Fogra 27 i ISO Coated v2 profila dobija se veće zasićenje.



Slika 6. Opseg boja fotografije tonova kože kod koje je prilikom konvertovanja korišćen perceptivni kolorimetrijski način mapiranja (a) Coated Fogra 27 profil, (b) Coated Fogra 39 profil, (c) ISO Coated v2 profil, (d) US Shetfeld coated v2 profil

### 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata zaključuje se da savršeno tačna reprodukcija boje ne postoji i da bi se boja reprodukovala sa određenom tačnošću moraju se primeniti standardi u celokupnom procesu štampe.

Analiza četiri standardna profila za ofset štampu pokazala je da je za različite tonove zastupljene na fotografiji potrebno primenjivati drugi standardni profil boja.

Najbolji rezultati pri konverziji zasićenih tonova u slučaju primene apsolutno kolorimetrijskog načina mapiranja postižu se primenom Coated Fogra 39 profila, dok je kod relativno kolorimetrijskog načina najbolji rezultat dobijen sa Coated Fogra 27 profilom. Ako se prilikom konverzije navedenog tipa slika koristi perceptualno mapiranje

optimalan rezultat će se dobiti primenom Coated Fogra 27 profila.

Opseg pastelnih tonova je veoma mali i njihovom konverzijom nisu uočljive znatne razlike između dobijenih opsega boja različitih profila. Ipak se može zaključiti da primenom relativno kolorimetrijskog načina mapiranja najbolji rezultat daje primena Coated Fogra 39 profila, a primenom perceptualnog mapiranja optimalan rezultat daje primena ISO Coated v2 profil. Konvertovanjem boja sa apsolutno kolorimetrijskim načinom mapiranja primenom sva četiri profila, dobili su se približno jednaki opsezi boja koji zadovoljavaju reprodukciju pastelnih tonova.

Analizom opsega boja sa tonovima kože dobijenih konvertovanjem uz primenu apsolutno kolorimetrijskog načina mapiranja zaljučuje se da ISO Coated v2 daje najbolji rezultat. Primenom relativno kolorimetrijskog načina mapiranja optimalni rezultati se postižu primenom takođe ISO Coated v2 profila, dok je konverzijom tonova kože u slučaju primene perceptualnog načina mapiranja najbolji rezultat dobijen primenom istog profila kao i u prethodna dva podešavanja, ISO Coated v2.

### 6. LITERATURA

- [1] X-Rite, "Guide to Understanding Color Communication", US, 2004.
- [2] A. Pharma, "Understanding Color Management", Delmar Cengage Learning, 2003.
- [3] S. Ivančić, D. Valdec, D. Vusić, "Tehnički glasnik", Vol.3, No1-2, 2009.
- [4] Č. Pešterac, "Osnovi tehnologije Computer to Plate", GRIF, Novi Sad, 2002.
- [5] H. Kipphan, "Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods", Berlin, Springer, 2001.
- [6] B. Fraser, C. Murphz, F. Bunting "Real World Color Management", Peachpit Press, Berkeley, 2005.
- [7] A. Sharma, "Understanding Color Management", Clifton Park, NY: Thomson/Delmar Learning, 2005.
- [8] M. Kurečić, "Osnove color managementa", Zagreb, 2012.
- [9] D. Donevski, "Optimizacija modela izlaznih uređaja u grafičkoj reprodukciji", doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2010.
- [10] J. Morovic, L. Ronnier, "The Fundamentals of Gamut Mapping", Color & Imaging Institute, Derby, United Kingdom, 2001.

### Podaci za kontakt:

Jovanka Višnjičan,  
E-mail: [visnjican.j@gmail.com](mailto:visnjican.j@gmail.com)

Dr Sandra Dedijer,  
E-mail: [dedijer@uns.ac.rs](mailto:dedijer@uns.ac.rs)

MSc Ivana Tomić,  
E-mail: [tomic@uns.ac.rs](mailto:tomic@uns.ac.rs)



## UTICAJ BELINE PODLOGE NA REPRODUKCIJU BOJE U DIGITALNOJ ŠTAMPI

### INFLUENCE OF SUBSTRATE'S WHITENESS ON COLOR REPRODUCTION IN DIGITAL PRINTING

Hristina Belić, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Elektrofotografija predstavlja digitalnu tehniku štampe kod koje na kvalitet odštampanog otiska utiče interakcija između štamparske mašine, boje (tonera) i podloge za štampu a ponovljivost ovih uslova određuje sposobnost reprodukcije ujednačenih tonova na otisku. Takođe velik uticaj na izgled odštampanih uzoraka ima i podloga za štampu zbog načina formiranja tonških vrednosti i transparentnosti boje. Kako bi se procenio uticaj boje podloge na reprodukciju boje i tonških vrednosti, neophodno je sprovesti odgovarajuća istraživanja koja uključuju procenu beline i/ili žutoće podloge za štampu, merenja odštampanih tonških vrednosti i proračunavanja razlika u boji.

**Ključne reči:** indeks beline,  $L^*a^*b^*$  vrednosti, razlika u boji  $\Delta E$

**Abstract** – Electrophotography is a digital printing technique where the print quality depends on the interaction between the printing machine, toner and printing substrate and repeatability of these conditions determines the ability to reproduce uniform prints. A printing substrate also has a large influence on the appearance of the printed sample because of the way tone values are formed and the transparency of colour (toner). In order to evaluate the impact of substrate's colour on colour reproduction and tone values, it is necessary to conduct appropriate research which involves the assessment of whiteness and/or yellowness of printing substrate, measurements of printed tone values and colour difference calculation.

**Key words:** whiteness index,  $L^*a^*b^*$  values, colour difference  $\Delta E$

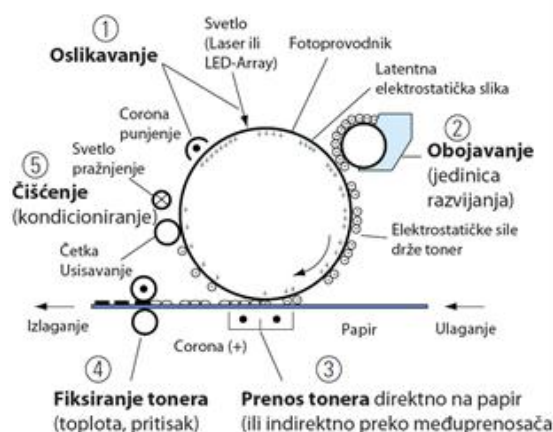
#### 1. UVOD

Elektrofotografija je digitalna tehnika štampe koja je danas u širokoj primeni. Njena glavna prednost je dinamička štamparska forma zbog čega njena upotreba sve više raste. Princip štampe elektrofotografije, prikazan na slici 1., vrlo je delikatan. Osobine papira, tonera i parametri procesa prenosa su zavisni od različitih uslova sredine jer je elektrostatički proces osetljiv na promene vlažnosti i temperature. Stoga je potreban visoko automatizovani sistem da bi se kompenzovali različiti efekti okoline i kontrolisali željeni procesni parametri [1].

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, docent.

Za merenje boja se najčešće koriste kolorimetri, koji direktno mere CIE kolorimetrijske koordinate i spektrofotometri, koji mere reflektansu ili transmitansu na opsegu talasnih dužina [2].



Slika 1. Princip elektrofotografije [1]

Za data merenja CIE komisija (Commission Internationale de l'Eclairage) je u okviru kolorimetrije definisala standardne geometrije, standardnog posmatrača, koji je okarakterisan pomoću seta od tri funkcije odziva na vizuelni stimulus koje predstavljaju nesingularne linearne transformacije osetljivosti tri tipa čepića u oku, standardna osvetljenja i referentne vrednosti na osnovu kojih se kalibrišu uređaji [2].

Za kolorimetrijska merenja razvijeni su i prostori boja pomoću kojih je moguće bliže odrediti i vizualizovati sve vidljive boje. Najčešće se koristi CIE 1976  $L^*a^*b^*$  (skraćeno CIELAB) prostor boja prilikom čijeg razvoja je glavni cilj bio da se obezbedi uniformnost potrebna za merenje razlike u boji. Ovo je trodimenzionalni prostor boja opisan pomoću tri ortogonalne koordinate koje su definisane jednačinama [2].

Razlika u boji se može odrediti vizuelnim putem ili merenjima pomoću određenih instrumenata te proračunom preko odabrane jednačine. 1976. godine CIE je objavila prvu internacionalno prihvaćenu jednačinu za razliku boja koja je nazvana  $\Delta E_{76}$  ili  $\Delta E_{ab^*}$  koja je najčešće u upotrebi. Razlika boja  $\Delta E_{ab^*}$  između dva posmatrana stimulusa, obojena objekta,  $(L_1^*, a_1^*, b_1^*)$  i  $(L_2^*, a_2^*, b_2^*)$  predstavljena je jednačinama (1-4) [3]:

$$\Delta E_{ab^*} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^* \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^* \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^* \quad (4)$$

$\Delta L^*$  predstavlja razliku u svetlini sa tim da pozitivan rezultat označava svetliju a negativan tamniju boju,  $\Delta a^*$  razliku po crveno/zelenoj osi gde pozitivan rezultat označava crveniju a negativan zeleniju nijansu dok  $\Delta b^*$  sa pozitivnim rezultatom označava žuću a sa negativnim plavljaju nijansu [3].

Srednja razlika boja od srednje vrednosti MCDM (Mean Colour Difference from the Mean) se računa prema jednačini (5) [4]:

$$MCDM = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_{abi}^*}{n} \quad (5)$$

gde je  $n$  broj merenja, a  $\Delta E_{abi}^*$  suma izračunatih razlika boja [4].

Podesnost papira za štampu je opšti pokazatelj na osnovu kog se procenjuju i utvrđuju specifični zahtevi zavisni od tehnike štampe, a na nju utiču kako sama svojstva papira tako i proces štampe. Da bi se odredila vrše se različita ispitivanja od kojih optičke osobine najviše utiču na konačan izgled odštampanih otisaka. Optička svojstva su belina, opacitet i transparentnost, fluorescentnost, boja i sjajnost, a njih određuje interakcija svetla sa površinom [5].

Kao stepen beline nekog materijala, pa prema tome i papira, podrazumeva se stepen odnosno postupak kojim se taj materijal približava nekoj idealnoj belini, pri jednakim uslovima osvetljenja i posmatranja. Belina papira je relativna veličina u odnosu na materiju koja se smatra kao osnova i sa kojom se upoređuje. Stepenn beline papira zavisi od njegove kompozicije, odnosno od sastava vlaknastih materijala, punila i ostalih komponenata. Najveću belinu imaju papiri koji su proizvedeni iz beljene sulfite celuloze sa većim sadržajem punila. Da bi se dobili papiri naročite beline vrši se dodavanje optičkih belila [5].

Beli papiri različitog porekla ili kvaliteta kada se posmatraju bez referentnog objekta izgledaju belo ali kada ih postavimo jedan do drugog možemo napraviti subjektivnu skalu beline. Razvijene su mnoge jednačine za belinu od kojih je CIE GANZ 82 najprihvaćenija [6]. Zapravo postoje dve jednačine, jedna koja opisuje skalu beline (6) i druga koja opisuje nijansu (7) jer uzorci mogu imati zelenkastu ili crvenkastu nijansu bele [3].

$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \quad (6)$$

$$T_w = 1000(x_n - x) - 650(y_n - y) \quad (7)$$

Gde je  $Y$  tristimulusna vrednost uzorka,  $x$  i  $y$  su  $x_n$ ,  $y_n$  su hromatske koordinate idealno belog difuznog polja za standardnog posmatrača CIE 1931. Što je viša vrednost  $W$  veći je stepen beline. Što je vrednost  $T_w$  veća, nijansa je zelenija. Ako je vrednost manja, to je nijansa crvenija [3].

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

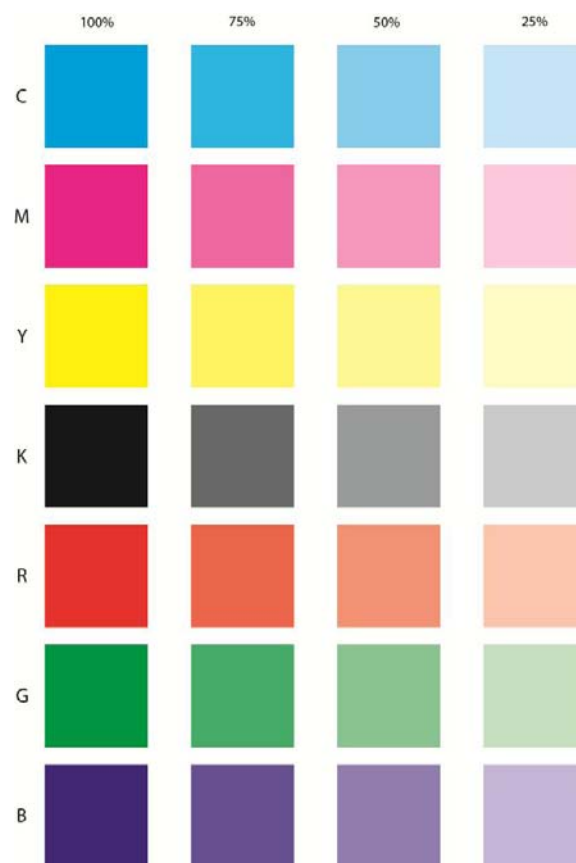
### 2.1. Izbor uređaja i materijala za eksperiment

Uređaji koji su korišćeni za izvršavanje eksperimentalnog dela su Versant 80 Digital Press štamparska mašina, proizvođača Xerox, i spektrometar X-Rite i1 pro.

Kao podloge za štampu odabrani su mat papiri različite beline i gramature. Podloga 1, u daljem tekstu P1, je papir VIA Smooth Ivory, gramature 120 g/m<sup>2</sup>, koji ima najmanju belinu i najveću žutoću među odabranim podlogama. Podloga 2, u daljem tekstu P2, je papir Options Cream White, gramature 220g/m<sup>2</sup>, krem bele boje. Podloga 3, u daljem tekstu P3, je ekskluzivni krem-beli nepremazni papir sa odličnim karakteristikama za štampu Munken Pure, gramature 200 g/m<sup>2</sup>. Podloga 4, u daljem tekstu P4, je nepremazni papir glatke površine i prirodno bele nijanse Munken Lynx, gramature 150 g/m<sup>2</sup>. Podloga 5, u daljem tekstu P5, je nepremazni papir glatke površine i oštro bele nijanse Munken Polar, gramature 170 g/m<sup>2</sup>. Podloga 6, u daljem tekstu P6, je papir Selection Smooth, gramature 120 g/m<sup>2</sup>, koji ima najveću belinu i najmanju žutoću među odabranim podlogama.

### 2.2. Metod merenja

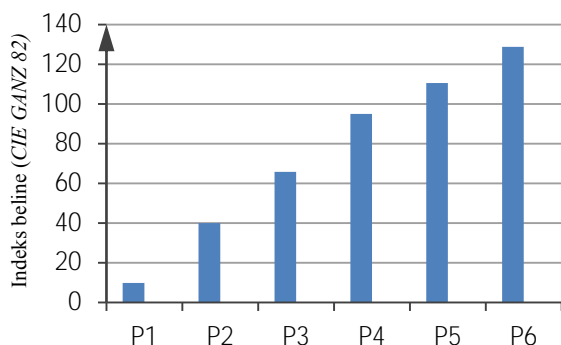
Za potrebe ispitivanja formirana je test karta, slika 2. U svrhu ovog istraživanja merena su polja tonskih vrednosti 25%, 50% i 75% CMYK i RGB. Test karta formirana je u Adobe Illustratoru CS5. Napravljena su polja 45x45mm za CMYK i RGB sa različitim pokrivenostima 25%, 50% i 75%.



Slika 2. Prikaz test karte korištene u eksperimentu

Merenje vrednosti indeksa beline i  $L^*a^*b^*$  vrednosti polja tonskih vrednosti boje je izvršeno na pet različitim pozicija, na svakom odštampanom uzorku, pomoću spektrometra X-Rite i1 pro za standardnog posmatrača od 2° i sa osvetljenjem D65, pomoću softvera BabelColor Patch Tool. U toku diskusije rezultata uzete su u obzir srednje vrednosti merenja za svako polje. Belina je računata prema CIE GANC 82 jednačini.

### 2.3. Analiza beline podloge za štampu



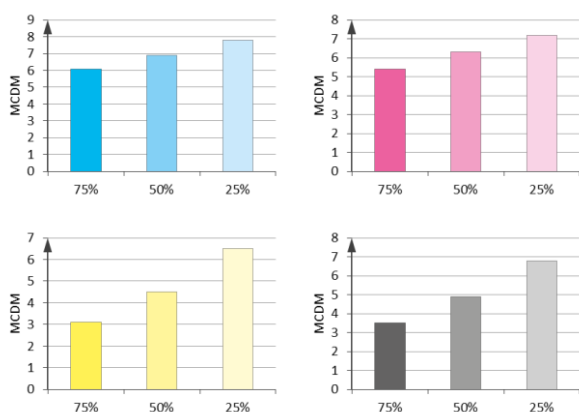
Slika 3. Grafički prikaz srednjih vrednosti indeksa beline dobijenih prema CIE GANZ 82 jednačini

Na osnovu vrednosti predstavljenih na slici 3., može se videti da najmanju vrednost beline, odnosno najniži indeks beline ima podloga za štampu P1, dok najveću vrednost indeksa beline ima podloga P6. P1 je papir Via Smooth Ivory, boje slonovače, stoga je i bilo očekivano da upravo ova podloga za štampu ima najnižu vrednost beline. Podloga P3 je papir koji se prema proizvođačkim specifikacijama klasifikuje kao beli ali je u potpunosti proizveden bez optičkih izbeljivača, stoga je indeks beline od 65.8 jedinica bio i očekivan. Podloge za štampu P4, P5 i P6 imaju visoke vrednosti indeksa beline koji se kreće u intervalu od 95 do 130 jedinica, što je bilo i očekivano s obzirom na određeni sadržaj optičkih izbeljivača u njihovoj strukturi i njihovu osnovnu namenu.

### 2.4. Analiza reprodukcije tonских vrednosti primarnih (CMYK) i sekundarnih (RGB) boja

#### 2.4.1 Predstavljanje MCDM vrednosti

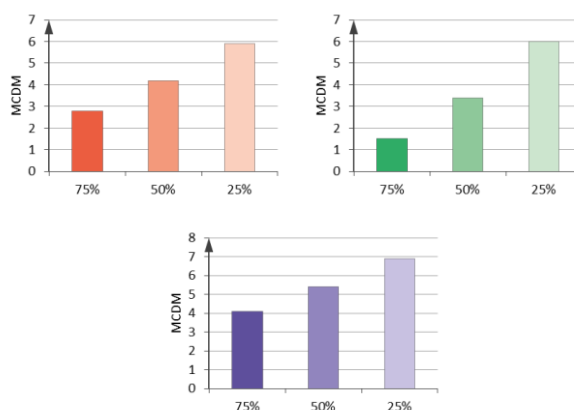
Na slikama su predstavljene MCDM vrednosti za cijan, magentu, žutu i crnu (slika 4) i crvenu, zelenu i plavu (slika 5) koje su štampane na šest podloga sa pokrivenošću od 75%, 50% i 25%.



Slika 4. MCDM vrednosti a) cijana b) magente c) žute i d) crne boje polja pokrivenosti 75%, 50% i 25%

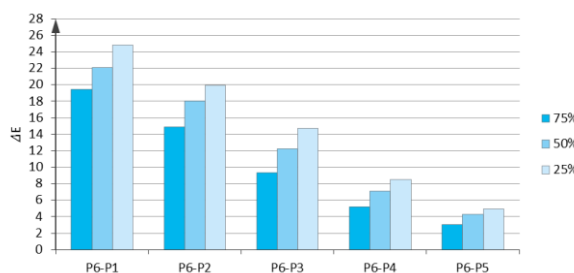
Najniža MCDM vrednost, odnosno najmanja odstupanja od srednje vrednosti, u slučaju primarnih (CMYK) i sekundarnih (RGB) boja, dobijeno je kod tonских polja od 75% što je bilo i očekivano obzirom na veću pokrivenost bojom. Analogno tome najviša MCDM vrednost, odnosno najveće odstupanje u kolorimetrijskim vrednostima, u

slučaju primarnih (CMYK) i sekundarnih (RGB) boja, dobijeno je kod pokrivenosti podloge bojom od 25% gde je pokrivenost bojom manja. Iz priloženog možemo zaključiti da je belina podloge uticala na različitu reprodukciju tonova obzirom da su razlike u boji veće kod manje pokrivenosti bojom.

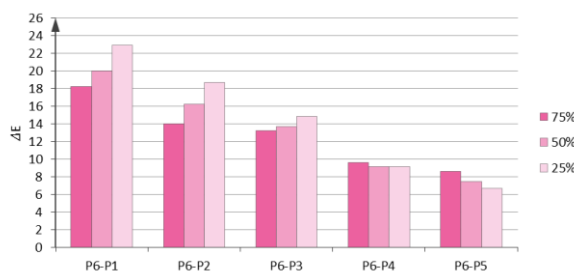


Slika 5. MCDM vrednosti a) crvene b) zelene i c) plave boje polja pokrivenosti 75%, 50% i 25%

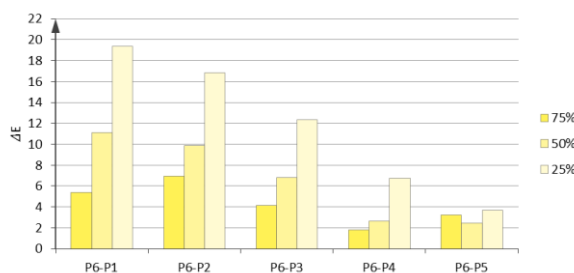
#### 2.4.2. Analiza razlika u boji između podloge najvećeg indeksa beline i ostalih podloga



Slika 6. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (cijan)

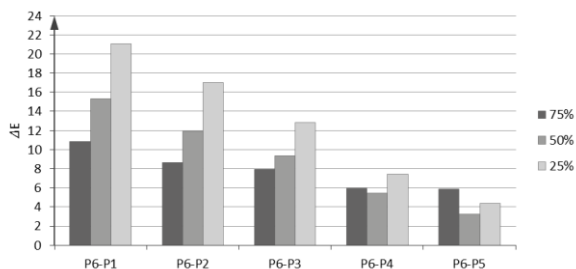


Slika 7. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (magenta)

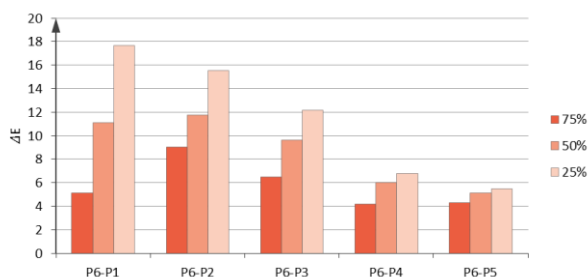


Slika 8. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (žuta)

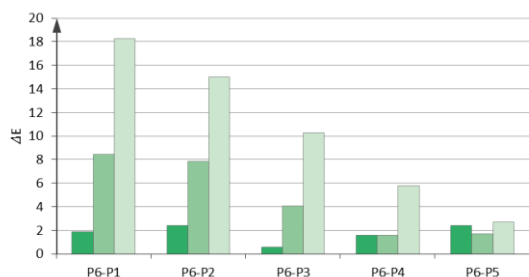
Razlika u boji između izmerenih srednjih vrednosti kolorimetrijskih koordinata četiri procesne boje i tri sekundarne boje između najsvetlije podloge P6 i ostalih podloga, P1-P5, različitih belina, predstavljena je grafički na slikama 6-12. za cijan, magentu, žutu, crnu, crvenu, zelenu i plavu, respektivno.



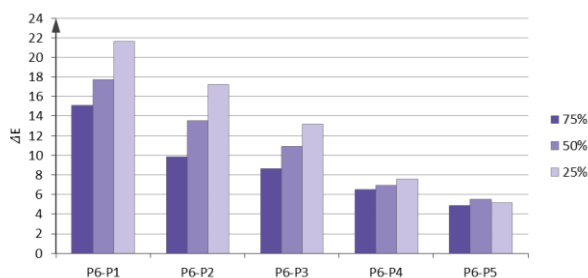
Slika 9. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (crna)



Slika 10. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (crvena)



Slika 11. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (zeleno)



Slika 12. Razlika u boji između podloge P6 i podloga P1-P5 za 75%, 50% i 25% pokrivenosti bojom (plava)

Razlika u boji između izmerenih srednjih vrednosti kolorimetrijskih koordinata četiri procesne boje i tri sekundarne boje između najsvetlije podloge P6 i ostalih podloga, P1-P5, različitih belina ukazuje da se najveće razlike javljaju na poljima pokrivenosti bojom 25%, a najmanje razlike na poljima pokrivenosti bojom 75%. Na osnovu vrednosti razlike u boji, koja ako je iznad

vrednosti 2, biće jasno uočljiva i neuvežbanom oku, zaključuje se da u slučaju cijana, magent, crne, crvene i plave, razlike u boji ukazuju da će ista boja štampana na različitim podlogama, bez obzira na tonsku vrednost, biti jasno vidljiva. Izuzetak čine zelena i žuta boja na podlogama sa optičkim izbeljivačima, gde su uočene manje razlike u boji i klasifikuju se kao razlike koje su primetne isključivo iskusnom oku.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih analiza, zaključuje se da su kod svih boja najveće promene koje su posledica različite beline podloge za štampu zabeležene u slučaju  $b^*$  koordinate, potom  $L^*$  koordinate i na kraju  $a^*$  koordinate. U slučaju procesnih boja, kako se belina podloge povećava tako vrednost  $L^*$  koordinate opada, dok se vrednost  $b^*$  koordinate smanjuje i pomera se ka plavom delu spektra. Zaključeno je i da promena u indeksu beline podloge više utiče na hromatičnost boje odnosno vrednost hromatskih koordinata  $a^*$  i  $b^*$ . Rezultati ukazuju na zaključak da veća vrednost indeksa beline ukazuje na pomeranje tona boje ka plavom i zelenom delu spektra.

Proračun razlike u boji pokazao je da što je razlika između beline podloge veća to će i ukupna razlika u boji neovisno od tonske vrednosti i same boje biti veća i uočljivija čak i neuvežbanom oku (razlika veća od  $2 \Delta E$ ). U slučaju zelene, i delimično cijana i žute boje, pokazano je da ako je tonska vrednost 75%, belina podloge će imati znatno manji uticaj na uočavanje razlika u boji.

Na osnovu MCDM vrednosti pokazano je da, globalno, manja razlika u boji, kao posledica različitih belina podloga za štampu, se može očekivati ako je veća tonska pokrivenost.

#### 4. LITERATURA

- [1] H. Kipphan, "Handbook of Print Media", Berlin, Springer, 2001.
- [2] M. Fairchild, "Color Appearance Models", Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2013.
- [3] CIE(International Commission on Illumination), "CIE 15: Technical Report: Colorimetry", 2004.
- [4] M. Wang, K. Xiao, S. Wuerger, V. Cheung, M. Ronnier Lou, "Measuring human skin colour. Color and Imaging Conference: Colour Science, Systems and Applications (CIC 23)", 19-23 Oct 2015 Darmstadt, Germany, 2015
- [5] B. Perić, "Poznavanje celuloze i papira. Priručnik za komercijaliste" Drugo izdanje. Beograd, Građevinska knjiga, 2004
- [6] J. Schanda, "Colorimetry: Understanding the CIE system" New Jersey: John Wiley & Sons Ltd, 2007

#### Podaci za kontakt:

MSc Hristina Belić,  
E-mail: [hriskoo@yahoo.com](mailto:hriskoo@yahoo.com)

Dr Sandra Dedijer,  
E-mail: [dedijer@uns.ac.rs](mailto:dedijer@uns.ac.rs)

MSc Ivana Tomić,  
E-mail: [tomic@uns.ac.rs](mailto:tomic@uns.ac.rs)

## ČITLJIVOST QR KODOVA U ZAVISNOSTI OD DIMENZIJE I PODLOGE ZA ŠTAMPU READABILITY OF QR CODES DEPENDING ON THE DIMENSIONS AND SUBSTRATE FOR PRINTING

Kristian Tot, Tivko Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Rezime** – U radu se prikazuje istraživanje čitljivosti QR kodova u zavisnosti od dimenzije i podloge za štampu, za niti 140nit/cm i 180nit/cm. Istraživanje je obuhvatilo analizu čitljivosti QR kodova u šest različitih dimenzija sa tri različita sadržaja, svaka vrsta podloge je štampana u pet primeraka na sedam vrsta pologa. Upoređivanjem rezultata se odredila minimalna dimenzija za štampu kodova i odgovarajuća gustina niti sita za štampu.

**Ključne reči:** QRkod, dimenzije QR koda, sito štampa

**Abstract** – The paper shows the research of QR code's readability depending on the dimensions and surfaces for printing. For printing process screen printing machine S550 with a screen density or 140tread/cm and 180tread/cm has been used. The survey included an analysis of readability QR codes in six different dimension with three different content, each type of material is printed in five specimens on seven different substrate. Comparing of the results has been done in order to determine the minimum dimensions for printing of QR codes and corresponding density for the screen.

**Keywords:** QR code, QR code dimension, screen printing

### 1. UVOD

Obzirom da je nastanak QR koda vezan za obavljanje jednog zadatka tj. praćenje delova u proizvodnji vozila, može se slobodno reći da je njegova zastupljenost danas daleko šireg opsega.

Poslednjih godina QR kod je počeo da se koristi u mnogo širem kontekstu [1]. Danas se QR kod koristi skoro u svakom segmentu poslovanja i može se videti svuda. Ali tek pojavom pametnih telefona i aplikacija koje skeniraju i čitaju barkodove korisnici su bili u mogućnosti da lakše pristupe podacima koje sadrži QR kod.

Uzimajući u obzir ovaj podatak matriks kod je postao popularan u mnogim segmentima. Upotreba ovog koda je toliko rasprostranjena i svestrana tako da njegovu primenu možete uočiti kako u bolnicama tako i u restoranima, zapravo QR kod možete da koristite svako ko želi da primi, pošalje, pristupi ili deli podatke.

Cilj eksperimenta je bio da se utvrdi minimalna efektivna dimenzija QR-koda koja se može štampati sito štampom zavisno od podloge i sadržaja koda, sa sitom gustine niti 140nit/cm i 180nit/cm.

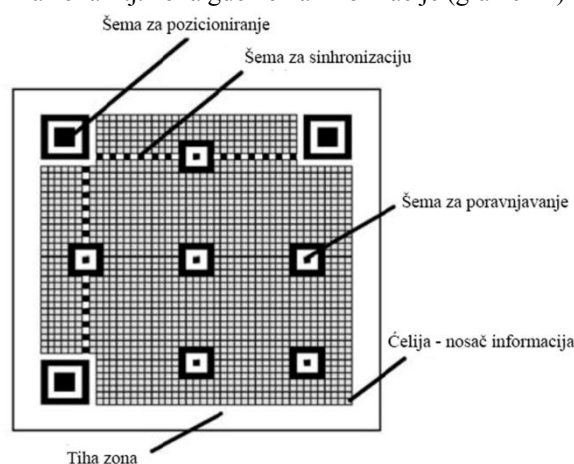
### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio Živko Pavlović, docent.

### 2. STRUKTURA QR KODA

QR kod se sastoji od pet glavnih elemenata (Slika 1):

1. Moduli - nosač informacija
2. Šema za poravnavanje
3. Šema za sinhronizaciju
4. Šema za pozicioniranje
5. Tiha zona - tj. zona gde nema informacije (graničnik)



Slika 1. Struktura QR koda

**2.1 Moduli** su nosači kodiranih podataka, informacija. Sastoji se od binarnih 0 i 1 koji su crni i beli moduli. U zakonu o dekodiranju je određeno koji modul ima za rezultat 1 ili 0. U crno - belu šemu je ugrađen i Reed-Solomon kod i šema za ispravljanje grešaka [2].

**2.2 Šema za poravnavanje** - služi za ispravljanje deformisanog QR koda. Detekcijom pozicije centra šeme, vrši se korekcija deformisanja pomoću korišćenja odgovarajućeg algoritma [2].

**2.3 Šema za sinhronizaciju** - služi za identifikovanje centralne koordinate svakog modula u QR kodu. Šema za poravnavanje se sastoji od ponavljanja crno-belih ćelija po horizontali i vertikali. Koristi se za ispravku centralne koordinate, tojest nalaženje tačne centralne koordinate, ako je došlo do deformacije QR koda [2].

**2.4 Šema za pozicioniranje** - služi za određivanje pozicije QR koda. Pozicijom ove šeme na tri ćoška koda se određuje ugao, pozicija i dimenzija koda. Zahvaljujući strukturi ove šeme moguće ga je naći skeniranjem iz bilo kog ugla [2].

**2.5 Tiha zona** - služi za određivanje pozicije QR koda. Pozicijom ove šeme na tri ćoška koda se određuje ugao, pozicija i dimenzija koda. Zahvaljujući strukturi ove šeme moguće ga je naći skeniranjem iz bilo kog ugla [2].

**3. Dimenzija QR koda** - se slobodno određuje zavisno od veličine sadržaja. Potrebno je samo pratiti par uslova a

to su da broj modula po horizontali i vertikali treba da bude isti (ako je po vertikali X modula tad je i po horizontali potrebno imati X modula) i potrebno je ostaviti marginu oko koda koja je veličine četiri modula. Margina okružuje QR kod, znači dimenzija koda je  $4+X+4$ . Veličina modula nije definisana i to omogućuje označavanje koda od privezaka za ključeve do plakata koji pokrivaju zgrade [2].

#### 4. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Priprema za eksperiment se odvijala u dve faze:

##### - Priprema QR kodova za eksperiment

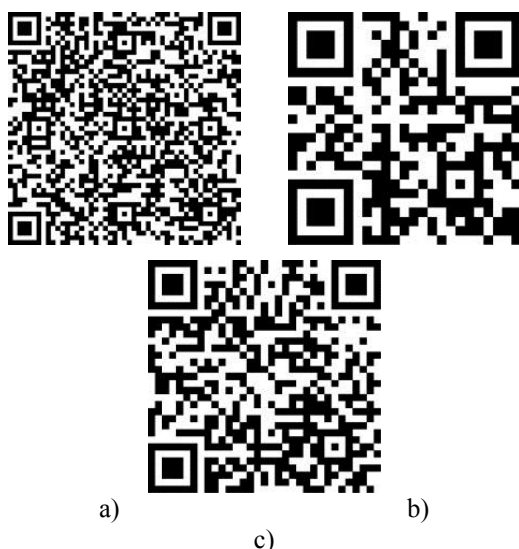
Prvi korak je bio da se generiše QR kod. Generisanje koda se vršilo online na sajtu Kerem Erkan [3] sa M (15% koda može biti vraćeno) nivoom korekcije i tri različita sadržaja:

- tekst poruka-sms (160 karaktera, koliko je maksimalno za tekstualnu poruku) (Slika 2a)

- kratak URL (<http://www.grid.uns.ac.rs/>) (Slika 2b)

- dugačak URL

(<http://flashzourtattoo.com/blog/wpcontent/uploads/2010/05/davidboltt.jpg>) (Slika 2c)



Slika 2. Generisani QR kod a) tekst poruka b) kratak URL c) dugačak URL

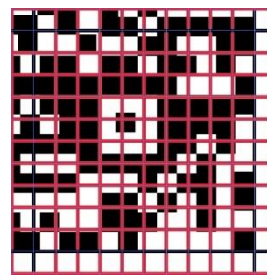
Radi utvđivanja najmanje dimenzije koju je moguće štampati sito štampom, a da pritom ostane čitljiva, tri QR koda su izrađena u šest veličina:  $1\text{cm}^2$ ,  $1,3\text{cm}^2$ ,  $1,6\text{cm}^2$ ,  $1,9\text{cm}^2$ ,  $2,2\text{cm}^2$ ,  $2,5\text{cm}^2$

##### - Primprema za testiranje

Pre same štampe QR kodova na podlogama sa sitom od 140 niti/cm i 180 niti/cm, izvršena je simulacija, gde se za svako sito simulirao proces štampe, prolaz boje kroz sita i sa time nanos na podlogu, za svaki pojedinačan koda i za sve veličine.

Simulacija je izvršena u programu Adobe Illustrator CS5 tako što je napravljena mreža koja odgovara gustini i debljini niti sita.

Mreža je postavljena preko QR koda i izvršena je provera da li moduli, koji su nosači podataka, mogu da se odštampaju bez značajnih gubitaka modula (na primer spajanje dva ili više modula).



Slika 3. Prikaz simulacije štampe QR koda sitom sa 120 niti/inču

Sito sa 120 niti/cm je bilo eliminisano, kao što je prikazano na Slici 3., jer je štampom matriks koda sa sitom te gustine došlo do gubitaka, u toj meri, da je kod postao potpuno nečitljiv. Simulacijom je utvrđeno da je gubitak pri štampi sa ostalim gustinama sita manji i sa time je bilo moguće očitavanje štampanog QR koda.

Pre same štampe na podlogama za eksperiment se vršio probni otisak sa sitom od 140 niti/cm i sa sitom od 180 nit/cm, na kunsdruk papiru gramature  $100\text{g/m}^2$  radi provere čitljivosti QR kodova svih veličina za sva tri sadržaja. Nakon što se boja osušila, izvršeno je uspešno probno očitavanje QR koda i pokrenut sledeći korak, štampa sedam podloga za eksperiment. Svaka vrsta podloge je odštampana u pet primeraka.

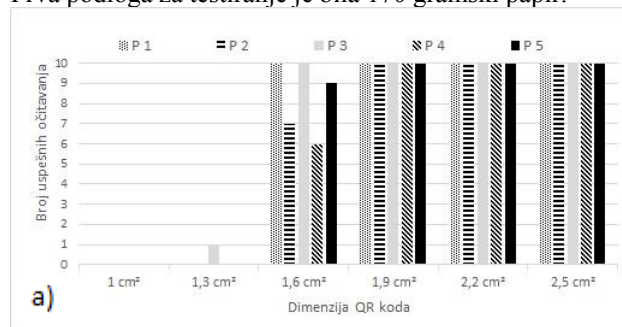
Za štampu QR-kodova je korišćena moderna polu automatska sito štamparska mašina S550 sa stolom sa mogućnošću štampe na razna sita i na razne površine. Zavisno od podloge koriste se razne boje koje imaju drugačije karakteristike, koje odgovaraju podlozi na kojoj se štampa. Korišćene su dve vrste boje od proizvođača Sericol: Trichromatic Plastijet TG004 i Texopaque Classic OP004.

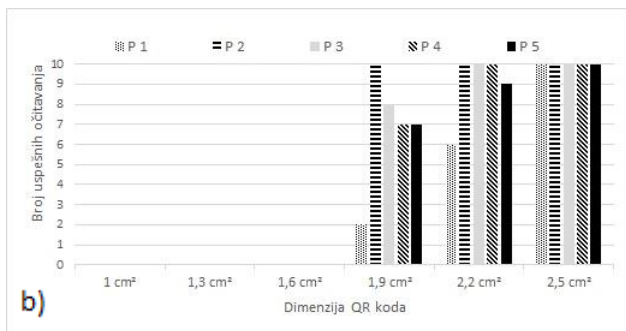
Da bi se osiguralo konstantno osvetljenje pri eksperimentu, merenje se vršilo u kabini za posmatranje Agile Radiant Controlled Light 5 sa standardnim svetlom D65. Za skeniranje QR-kodova je korišćen pametni telefon HTC Desire. Za skeniranje QR-kodova se koristio besplatan program NeoReader. Za skeniranje se koristio i kalup sa otvorom od  $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ , uz pomoć kojeg se selektuje samo ciljani QR kod koji se žel i skenirati. Kalup je napravljen od kunsdrukt papira težine  $80\text{g/m}^2$ , za tamnije podloge je bilo potrebno da se napravi tamni okvir na šablonu da bi se moglo izvršiti očitavanje kodova

#### 5. REZULTATI I DISKUSIJA

P1 – Primerak 1, P2 – Primerak 2, P3 – Primerak 3, P4 – Primerak 4, P5 – Primerak 5

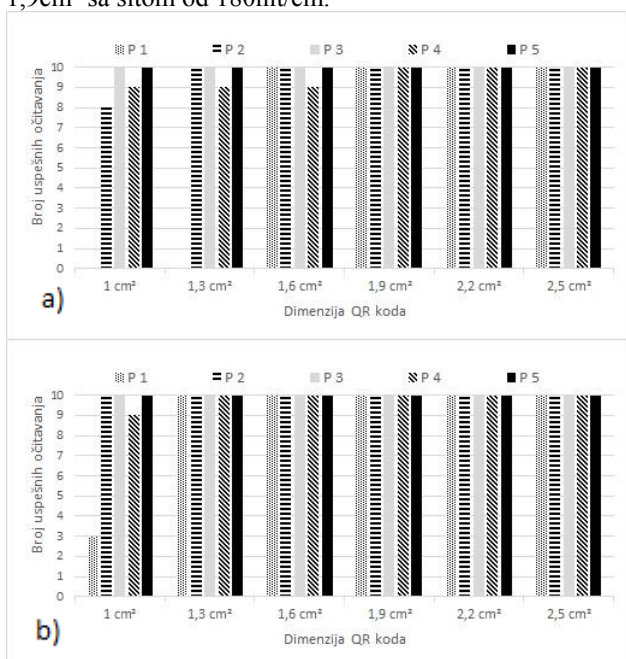
Prva podloga za testiranje je bila 170 gramski papir.





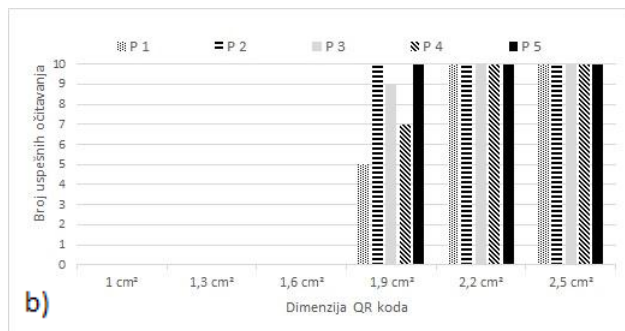
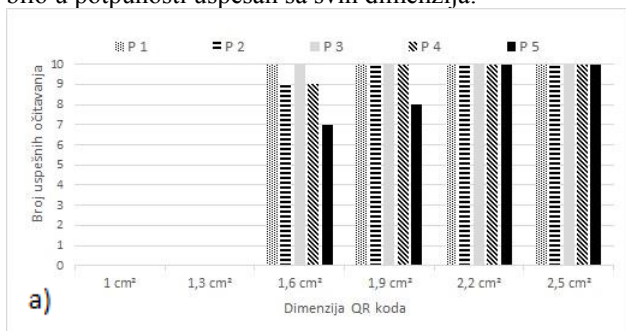
Grafikon 1. Prikaz broja uspešnog očitavanja QR kodova sa tekstualnim sadržajem sa podloge 170g papir na kojoj je štampano sitom a) 140nit/cm b) 180nit/cm

Sa Grafikon 1. može se zaključiti da je najmanja dimenzija QR koda na ovoj podlozi, da bi bila efikasna to jest čitljiva, 1,6cm<sup>2</sup> za štampu sa sitom od 140nit/cm a 1,9cm<sup>2</sup> sa sitom od 180nit/cm.



Grafikon 2. Prikaz broja uspešnog očitavanja QR kodova sa dugačkim URL sadržajem sa podloge 170g papir na kojoj je štampano sitom a) 140nit/cm b) 180nit/cm

Očitavanje dugačkog URL sadržaja je bilo moguće i sa najmanje veličine koda odštampanih sa oba sita, a sa Grafikona 2a) se vidi da sa prvog primera (P1) nije bilo uspešnog očitavanja do 1,6cm<sup>2</sup>, a do toga je došlo zbog oštećenja štampe. Očitavanje kratkog URL sadržaja je bilo u potpunosti uspešno sa svih dimenzija.

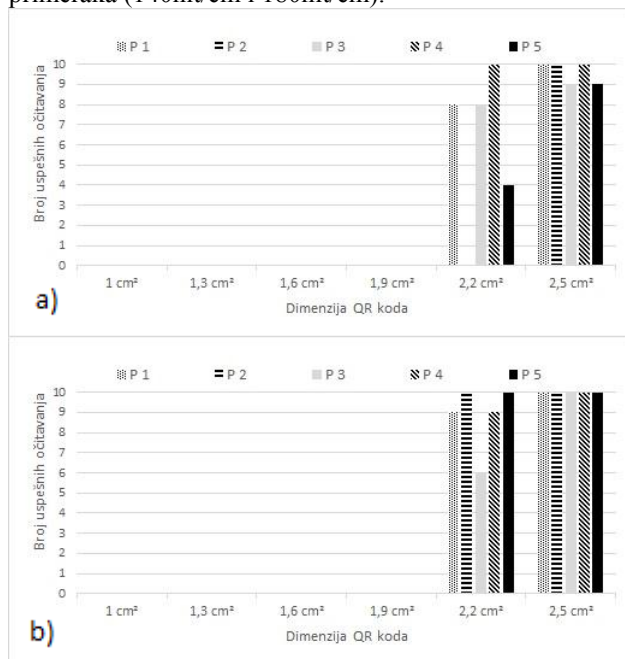


Grafikon 3. Prikaz broja uspešnog očitavanja QR kodova sa tekstualnim sadržajem sa muflona štampano sitom a) 140nit/cm i b) 180nit/cm

Minimalna dimenzija za QR kod sa tekstualnim sadržajem je 1,6cm<sup>2</sup> za sito od 140nit/cm a 1,9cm<sup>2</sup> za 180nit/cm.

Očitavanje kratkog URL sadržaja bilo je u potpunosti uspešno sa muflona za sve veličine kodova, dok je sa dugačkim URL sadržajem P1 dao 3 a P4 9 uspešnih očitavanja, a sa ostalih primeraka je očitavanje bilo u potpunosti uspešno.

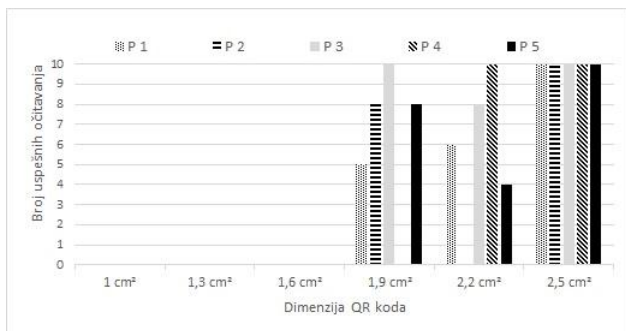
Treća podloga za ispitivanje je PVC koja je dala prihvatljive rezultate sa 2,2cm<sup>2</sup> veličina kodova za oba primeraka (140nit/cm i 180nit/cm).



Grafikon 4. Prikaz broja uspešnog očitavanja QR kodova sa tekstualnim sadržajem sa PVC podloge štampane sitom a) 140nit/cm i b) 180nit/cm

Očitavanje dugačkog i kratkog URL sadržaja sa PVC podloge je moguće i sa najmanje dimenzije koda (1cm<sup>2</sup>), Za dugački URL sa najmanje veličine koda štampano sitom 140nit/cm četiri primeraka daju rezultat osam i više uspešnih očitavanja, dok je sa podloge štampane sa sitom 180nit/cm sa četiri podloge dobijeno pet i više uspešnih skeniranja.

Očitavanje sa bele pamučne podloge je uspešno za tekstualni sadržaj štampano sitom 140nit/cm od 1,9cm<sup>2</sup>.

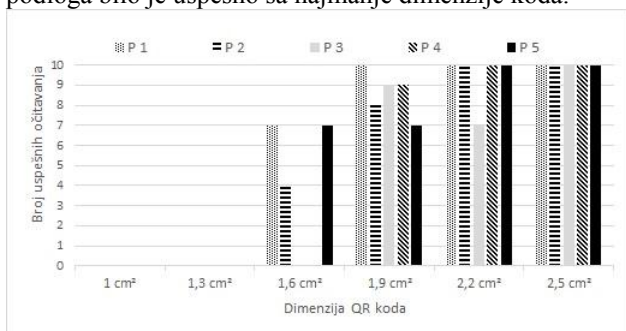


Grafikon 5. Prikaz broja uspešnog očitavanja QR kodova sa tekstualnim sadržajem sa belog pamuka štampano sitom 140nit/cm

Za isti QR kod štampan sa sitom 180nit/cm je uspešno očitano 9 puta sa veličine 2,5cm<sup>2</sup> za primerke P2, P3, P4 a 4 puta za P5 dok sa P1 nije bilo uspešnih očitavanja. Kratak i dugačak URL je bilo moguće očitati sa svih veličina sa svih podloga. Za dugački URL P5 je dao 9 uspešnih očitavanja sa podloge štampane sitom 140nit/cm a sa podloge štampane sa 180nit/cm P4 i P5 su dali 8 pozitivnih rezultata.

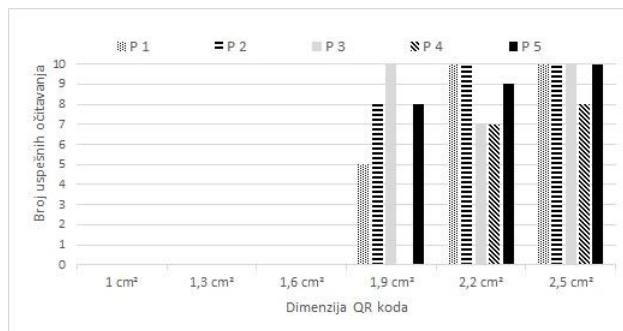
Rezultati dobijeni očitavanjem QR kodova sa tekstualnim sadržajem na čuтом pamuku su ukazali da je minimalna dimenzija veća od 2,5cm<sup>2</sup> za štampu sa oba sita, jer nije bilo ni jednog uspešnog skeniranja. Minimalna dimenzija kodova sa dugačkim URL sadržajem je 1,6cm<sup>2</sup> za oba sita. Kod primeraka štampanih sitom 140nit/cm očitavanje P1, P2 i P4 je bilo potpuno uspešan. Kod kodova dobijenih štampanjem sa sitom 180nit/cm uspešno očitavanje je obavljeno sa manje dimenzije 1,3cm<sup>2</sup> gde je P2 uspešno skeniran 8 puta i P4 4 puta ali to nije dovoljno da bi se prihvatilo za minimalnu dimenziju. Očitavanje kratkog URL sadržaja je moguće i sa 1cm<sup>2</sup> za primerke štampane sa oba sita. Primerak 3 je dao najslabije rezultate.

Skeniranje kodova tekstualnog sadržaja sa Aluminiјumske podloge štampane sitom 140nit/cm nije bilo ni jednom uspešno, dok je sa podloge štampane sitom 180nit/cm minimalna dimenzija 1,9cm<sup>2</sup> (Grafikon 6). Očitavanje QR koda sa kratkim URL sadržajem sa svih podloga bilo je uspešno sa najmanje dimenzije koda.



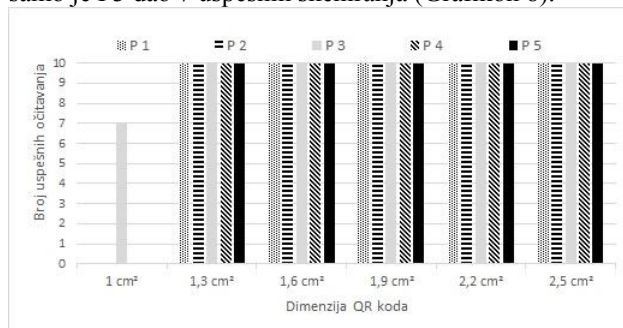
Grafikon 6. Prikaz broja uspešnog očitavanja tekstualnih QR kodova sa Aluminiјuma štampano sitom 180nit/cm

Skeniranja QR koda sa tekstualnim sadržajem je uspešno od veličine 1,9cm<sup>2</sup> sa staklene podloge na kojoj je štampano sa sitom od 140nit/cm (Grafikon 7), P4 se nije očitavao od veličine 1,9cm<sup>2</sup> zbog oštećene štampe, dok sa podloge štampane sitom 180nit/cm nije bilo ni jednog uspešnog očitavanja.



Grafikon 7. Prikaz broja uspešnog očitavanja tekstualnih QR kodova sa stakla štampano sitom 140nit/cm

QR kod sa dugačkim i kratkim URL sadržajem je moguće čitati i sa veličine od 1cm<sup>2</sup> za primerke štampane sitom 140nit/cm i 180nit/cm. Zbog oštećenog štampanog koda na staklenoj podlozi P4 i P5 očitavanje je bilo neuspešno za kod sa dugačkim URL sadržajem štampanih sitom 140nit/cm, a kod primeraka štampanih sa sitom 180nit/cm samo je P3 dao 7 uspešnih skeniranja (Grafikon 8).



Grafikon 8. Prikaz broja uspešnog očitavanja dugačkog URL sadržaja QR kodova sa stakla štampano sitom 180nit/cm

## 6. ZAKLJUČAK

Posmatrajući rezultate dobijene eksperimentom može se zaključiti da bolje rezultate daju QR kodovi odštampani sa sitom od 140nit/cm od sita koje ima gustocu niti 180nit/cm.

Razlika je uočena najviše kod koda sa sadržajem tekstualne poruke, gde je kodove odštampane sa sitom manje gustine niti po centimetru, bilo moguće očitati za dimenziju a sa

nekim primeraka dve dimenzije manje. Značajna razlika se javila kod podloge aluminijum i podloge staklo. Očitavanje sa podloge staklo nije bilo niti jednom uspešno za kod dobijen štampom sa sitom 180nit/cm dok je za kod štampan sitom 140nit/cm bilo uspešnih očitavanja do dimenzije 1,9cm<sup>2</sup>. Očitavanje sa podloge aluminijum nije bilo ni jednom uspešno za kod štampan sa sitom 140nit/cm, dok je očitavanje koda koji je dobijen štampanjem sitom 180nit/cm bilo uspešnih skeniranja do 1,6cm<sup>2</sup>.

Štampani QR kod na podlozi od stakla je potrebno zaštititi lakiranjem ili nekom drugom tehnikom nakon štampe jer može lako doći do oštećenja štampanog koda i nakon sušenja.

Štampanje QR koda na tekstilu nije najpouzdanije za manje dimenzije koda jer je podloga fleksibilna i može doći do deformacije i tokom štampe.



Sa utvrđene minimalne dimenzije QR koda štampano sitom od 140nit/cm i 180nit/cm po podlogama od 170g papira, muflona, PVC-a, belog pamuka, ŕutog pamuka, aluminijuma i stakla skeniranje je bilo moguće ali se preporučuje štampanje većih dimenzija zbog povećanja verovatnoće uspešnog skeniranja sadržaja koda, jer experiment je vršen u laboratorijskim uslovima a u praktičnoj primeni uslovi nisu idealni.

## 7. LITERATURA

[1] Denso Wave Incorporated “Answers to your questions about the QR Code” [Online] Dostupno na: <http://www.qrcode.com/en/>

[2] Synthesis journal 2008, section three - QR Code strana 059-078

[3] Kerem Erkan, Available on: <http://keremerkan.net/>

Adresa autora za kontakt:

Kristian Tot, [globalama@gmail.com](mailto:globalama@gmail.com)

Ŧivko Pavlović, [zivkopvl@uns.ac.rs](mailto:zivkopvl@uns.ac.rs)

Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka,  
Novi Sad

**ISPITIVANJE KVALITETA OTISAKA DOBIJENIH INK DŽET ŠTAMPOM  
NA PVC PODLOGAMA****TESTING THE QUALITY OF PRINTS OBTAINED WITH INK JET PRINTING  
ON PVC SUBSTRATES**

Blagoje Bulajić, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Rezime** – U radu se prikazuje istraživanje kvaliteta otiska ink džet štampača na PVC podlozi. Za proces štampe test karti korišteni sistemi su Mutoh Value jet 1614, Value jet 1638H kao i Spitfire 3065. Istraživanje je obuhvatilo analizu optičke gustine, spektralnu analizu kao obimnu i površinsku analizu. Uzorci su upoređeni međusobno zasebno, kao i sa elektronskim podacima iz test karte. Analizom je ustanovljeno izraženo odstupanje od standarda kao i međusobna razlika u boji za sve štampače.

**Ključne reči:** Ink Jet štampa, razlika boje otiska, optička gustina.

**Abstract** – The paper presents research on quality of printed samples from ink jet printers on a PVC base. For process of the printing test charts we used systems Mutoh Value jet 1614, Value jet 1638X as well as Spitfire 3065. The survey included an analysis of the optical density, spectral analysis as comprehensive and surface analysis. The samples were compared with each other individually as well as with the electronic data from the test cards. The analysis found strong deviation from the standards as well as the mutual difference of colors for all printers.

**Keywords:** Ink Jet printing, color difference on printed materials, optical density

**1. UVOD**

Digitalna štampa je danas jedna od najperspektivnijih vrsti štampe na tržištu sa tendencijom preuzimanja primata u celoj štamparskoj industriji. Njena specifičnost je da se može štampati na velikom broju različitih materijala, počevši od papira, tekstilnih i plastičnih materijala itd. Jedni od tih materijala su PVC materijali, koji se koriste za izradu podnih obloga. Otisci dobijeni digitalnom štampom na PVCu služe u svrsi razvoja novih proizvodnih dezena, stoga njihova boja mora biti dobra. Cilj ovog rada jeste da se ispita preciznost odnosno odstupanja boja uzoraka odštampanih ink jet štampom sa tri različita štampača na PVC podlozi.

**2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA**

U eksperimentalnom delu rada za proces štampe PVC podloga korišćeni su grafički sistemi Mutoh SP3065, Mutoh ValueJet 1614 i Mutoh ValueJet 1638X.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nemanja Kašiković, docent.**

Svi sistemi rade na principu piezo Drop on Demand Ink Jet tehnologije [1].

Interesantno je da su se u eksperimentu koristili različiti grafički sistemi istog proizvođača ali su upotrebljene iste boje jer su svi sistemi opremljeni istim glavama i bojama u cilju dobijanja približnijih rezultata. U pitanju su boje Eko-Solvent Ultra boje koje su na bazi rastvarača [2].

Kao podloge za štampu, u eksperimentu su korišćene PVC vinilne podloge koje se specijalno namenski prave za podnu industriju. Upitanju su vinilne podloge sa osnovom od staklenog filsa [3].

Pre procesa štampe, pripremljena je odgovarajuća test karta koja se sastoji od sedam mernih polja: prvo polje (cijan - 100 %), drugo polje (magenta - 100 %), treće polje (žuta - 100 %) i četvrto polje (crna - 100 %). Pored ta četiri polja nalaze se i polja crvene, zelene i plave boje sa 100 % nanosa boje.

Kao dodatna polja za analizu kvaliteta štampe, ubačena su polja za analizu površine i obima karaktera.

Prvobitna analiza uzoraka je izvršena nakon procesa štampe. Za sakupljanje podataka o spektrofotometrijskim CIE Lab vrednostima korišten je uređaj Techkon SpectroDens Premium [4] sa sledećim podešavanjima merna geometrija 0/45°; standardni posmatrač 2°; standardno osvetljenje D50; tolerancija greške 0,3. Analiza površine i obima karaktera koji su štampani na test karti je rađena merenjima pomoći programa "imageJ". Prethodno su uzorci odštampani na tri grafička sistema digitalizovani korišćenjem skenera Canon CanoScan 5600F.

Nakon vršenja analize optičke gustine i spektralne refleksije, dobijeni rezultati su upoređeni između uzoraka odštampanih na različitim grafičkim sistemima i određene su vrednosti za razliku boje ( $\Delta E$ ). Izračunavanje se vršilo prema formuli:

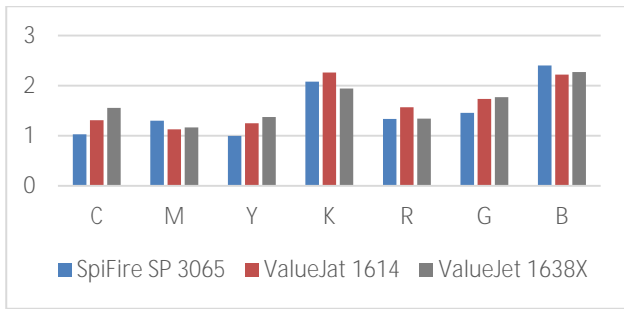
$$\Delta E^{*ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

pri čemu je  $\Delta L^*$  - razlika u svetlini,  $\Delta a^*$  - razlika u crveno-zelenoj osi spektra i  $\Delta b^*$  - razlika u plavo-žutoj osi spektra.

Vizuelna razlika dve boje ocenjivana je prema sledećim kriterijumima:  $\Delta E$  između 0 i 1 - razlika se ne može primetiti,  $\Delta E$  između 1 i 2 - veoma mala razlika,  $\Delta E$  između 2 i 3,5 - srednja razlika,  $\Delta E$  između 3,5 i 5 - krupna razlika i  $\Delta E$  preko 5 - masivna razlika [5].

**3. REZULTATI I DISKUSIJA**

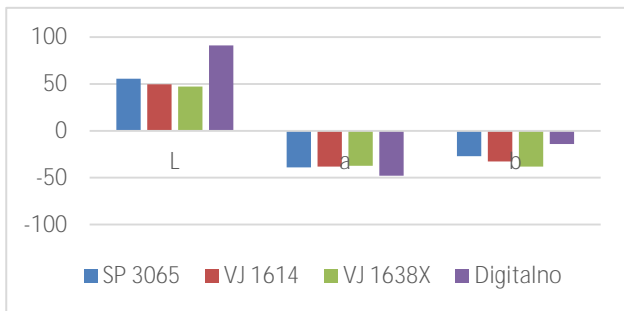
Dobijeni rezultati nakon merenja optičke gustine predstavljani su na slici 1, pri čemu su vrednosti dobijene kao aritmetičke vrednosti pet uzastopnih merenja.



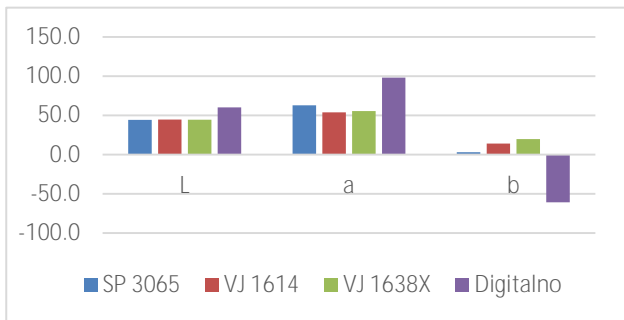
Slika 1. Grafički prikaz uporedne optičke gustine uzoraka

Dobijeni rezultati pokazuju odstupanja optičke gustine procesnih boja (Slika 1.) zasebno između štamparskih sistema. Takođe su primetne neobične vrednosti u poređenju Cyan i Magenta kao i Key i Blue.

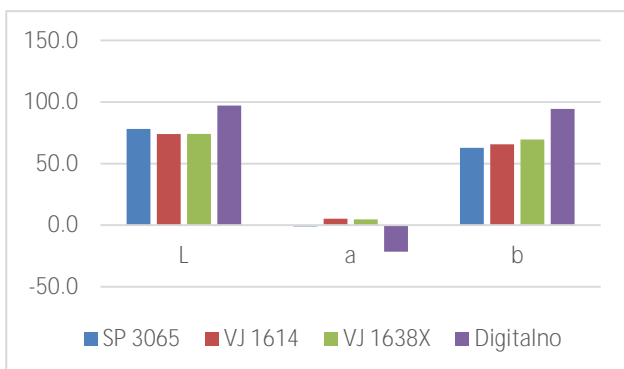
Analizom CIE L a b vrednosti dobijenih kao usrednjene vrednosti sa 5 uzorkovanih mesta prikazane su na slikama 2, 3, 4 i 5. Pored vrednosti dobijenih sa odštampanih uzoraka u cilju analize odstupanja od elektronske datoteke prikazane su i vrednosti L a b za procesne boje u digitalnom obliku.



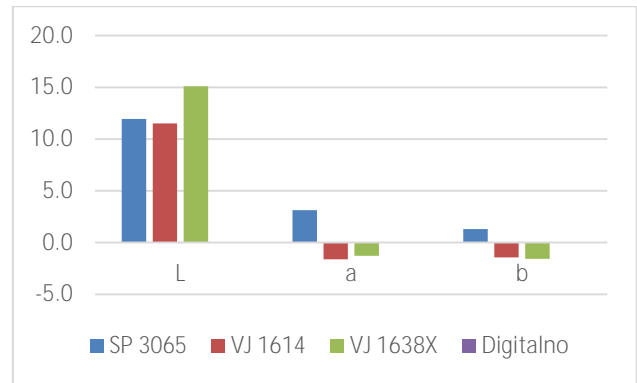
Slika 2. Grafički prikaz CIE L a b vrednosti za Cyan.



Slika 3. Grafički prikaz L a b vrednosti za Magentu



Slika 4. Grafički prikaz L a b vrednosti za Yellow



Slika 5. Grafički prikaz L a b vrednosti za Key.

Iz prethodnih grafika zapažamo odstupanja u vrednostima između samih štamparskih sistema kao i odstupanja u odnosu na digitalno očitane vrednosti sa test karte. Primetno su izražena odstupanja, naročito u odnosu na digitalni uzorak. Potvrdu o odstupanju dobijamo i poređenjem razlika u boji  $\Delta E$  između sistema i digitalnih vrednosti (tabela 1).

Tabela 1. Prikaz razlike u boji  $\Delta E$

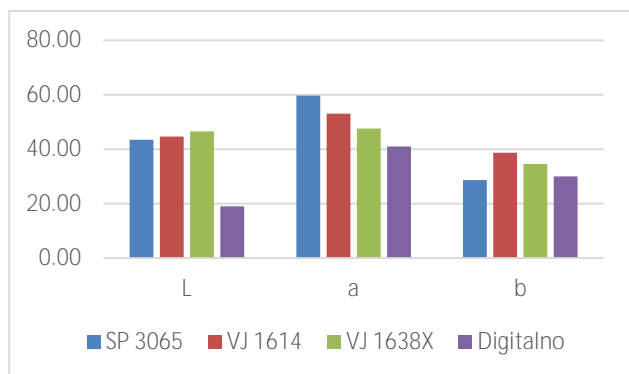
Cyan			
Uzorak	VJ 1614	VJ 1638X	Digitalno
SP 3065	8,32	14,07	38,68
VJ 1614	/	6,01	46,39
Digitalno	/	51,05	/
Magenta			
SP 3065	14.22	18.22	74.78
VJ 1614	/	5.92	88.43
Digitalno	/	92.55	/
Yellow			
SP 3065	8.05	9.77	42.27
VJ 1614	/	3.91	45.60
Digitalno	/	42.86	/
Key			
SP 3065	5.50	6.13	12.42
VJ 1614	/	3.61	11.72
Digitalno	/	15.24	/

Može se zaključiti da su odstupanja obimna i lako primetna čak i neutreniranom oku. Samu razliku u boji možemo primetiti i prostim posmatranjem uzoraka na slici 6.

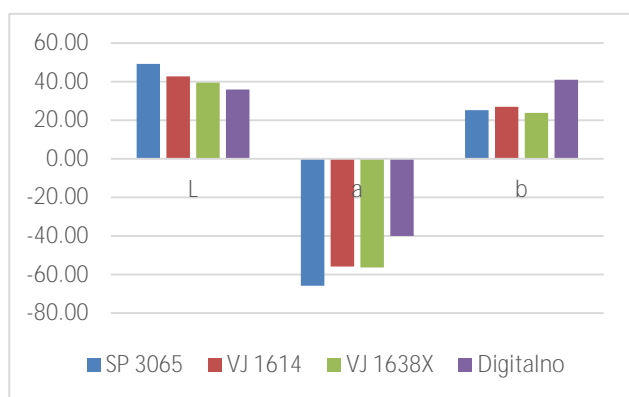


Slika 6. Uporedni prikaz skeniranih uzoraka sa tri štamparska sistema i digitalni uzorak kao referenca

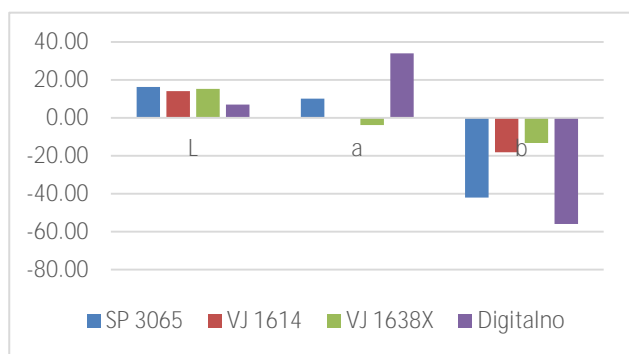
Analiza RGB boja daje slične rezultate. Prikazani su grafici na slikama 7, 8 i 9 vrednosti CIE L a b kao i odstupanja od digitalnog uzorka. Tabela 2. su prikazane vrednosti  $\Delta E$  kao i sami uzorci na slici 10. Ovdje možemo primetiti takođe značajna odstupanja poredići kako same štamparske sisteme tako i digitalni uzorak sa svim sistemima zasebno.



Slika 7. Grafički prikaz L a b vrednosti za crvenu boju



Slika 8. Grafički prikaz L a b vrednosti za zelenu boju



Slika 9. Grafički prikaz CIE L a b vrednosti za plavu boju

Tabela 4. Prikaz rezultata razlike u boji  $\Delta E$

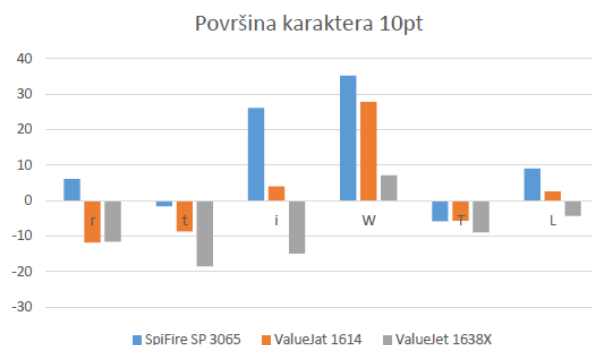
Red			
Uzorak	VJ 1614	VJ 1638X	Digitalno
SP 3065	12.12	13.89	30.82
VJ 1614	/	7.14	29.68
Digitalno	/	28.71	/
Green			
SP 3065	11.99	13.61	32.98
VJ 1614	/	4.53	22.19
Digitalno	/	23.96	/
Blue			
SP 3065	26.02	32.00	29.19
VJ 1614	/	6.33	51.40
Digitalno	/	57.70	/



Slika 10. Uporedni prikaz skeniranih uzoraka sa tri štamparska sistema i digitalni uzorak kao referenca

Dalja analiza je vršena u pravcu ispitivanja obima i površine karaktera kao i horizontalnih linija kako bi utvrdili stepen porasta tačke i krzavosti otiska.

Na slici 11 je prikazana površina merenih uzoraka u odnosu na digitalnu ulaznu vrednost, pri čemu je merena površina karaktera od 10 pt. Vrednosti su izražene u procentima i porast je karakterisan vrednostima preko 100% dok je umanjeno ispod 100%.



Slika 11. Grafički prikaz porasta odnosno umanjnja površine karaktera (10 pt)

U datom slučaju ovakvim rezultatima doprinosi sama podloga koja izrazito slabo upija te se boja duže vreme suši.

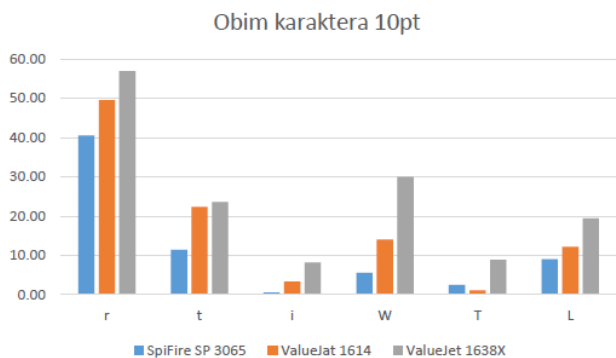
Takođe, ovakav rezultat mogu izazvati neprilagođena brzina štampe i sušenja kao i podešavanja visine štramparske glave u odnosu na podlogu.

Mašina SP3065 pokazuje najveći porast što je i očekivano obzirom da je najduže u upotrebi pa se može pretpostaviti da su mlaznice oštećene.

Na slici 12 možemo videti porast obima u odnosu na obim analizirane digitalne datoteke.

Primetan je porast obima što možemo dovesti u vezu sa samom krzavošću štampe. Ovakve efekte stvaraju

štamarske glave koje nisu u potpunosti funkcionalne, odnosno delimično su oštećene ili zapušene.



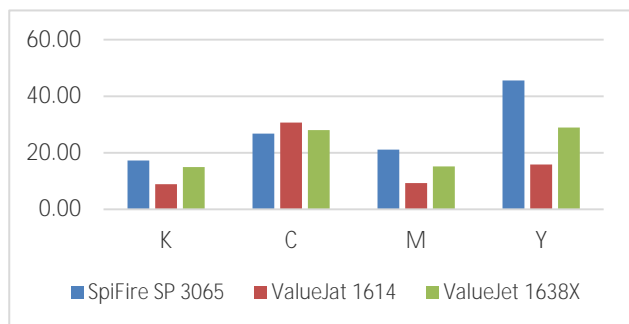
Slika 12. Grafički prikaz porasta obima karaktera (10 pt)

Pored analize površine i obima karaktera, analizirane su iste vrednosti na linijama od 1 pt i 2 pt.

Iako su trendovi slični onima koje smo već prikazali kod analize karaktera, ovde može da se ima bolji uvid u izvor problema.

Budući da štampači štampaju sve boje u istom prolazu odnosno istim uslovima za očekivati je da se javlja ista greška ako su sama podloga ili brzina štampe uzrok krzavosti ili promene površine.

Rezultati mogu da se vide na slici 13. koja prikazuje grafički prikaz porasta obima linije od 1 pt za svaku boju zasebno.



Slika 13. Grafički prikaz porasta obima linije po bojama

#### 4. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati pokazali su da dolazi do veoma velikog odstupanja boja kako između grafičkih sistema tako i u odnosu na boju digitalnog uzorka. Sva tri sistema odstupaju značajno i sa sigurnošću se može reći da su loše kalibrisani i profilisani.

Sistem SF 3065 pravi najmanje odstupanje od željenih tonskih vrednosti. Same uređaje je teško kalibrisati zbog prirode materijala na kome se štampa da vremenom menja stepen žutine.

Takođe, podešavanje profila se vrši veoma retko iz ekonomskih razloga. Geometrijski posmatrano štampači poseduju loš i krzav otisak. Razlog takvom otisku je loše održavanje štamparskih sistema koji se često zaprljaju staklenim filmsom koji je podloga PCV materijala.

U datom eksperimentu nismo imali prilike da menjamo parametre profila niti da vršimo kalibraciju.

U daljoj razradi, bilo bi potrebno izvršiti kalibraciju uređaja i ponoviti test.

#### 5. LITERATURA

- [1] Mutoh, product specification [on line] Dostupno na: <http://www.mutoh.eu> [Pristupljeno: 10.19.2016.]
- [2] Mutoh, Eco ultra ink [on line] Dostupno na: <http://www.mutoh.com/eco\_ultra\_inks.html> [Pristupljeno: 10.19.2016.]
- [3] Tarkett.doo, Interna dokumentacija, Bačka Palanka, 2015.
- [4] Techkon, spectrodens [on line] Dostupno na: <http://www.techkonusa.com> [Pristupljeno: 17.02.2014.]
- [5] Novaković D., Pešterac Č., Pavlović Ž., Karlović I., Reprodukciona tehnika – priručnik za vežbe, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2009

#### Adresa autora za kontakt:

Bulajic Blagoje, [bulajic.blagoje@gmail.com](mailto:bulajic.blagoje@gmail.com)

Dr Nemanja Kašiković, [knemanja@uns.ac.rs](mailto:knemanja@uns.ac.rs)

MSc Rastko Milošević, [rastko.m@uns.ac.rs](mailto:rastko.m@uns.ac.rs)

Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**UTICAJ SPEKTRALNE RASPODELE IZVORA SVETLA NA REPRODUKCIJU BOJA OTISAKA OSLOJENIH PERLASCENTNIM PIGMENTIMA****INFLUENCE OF THE LIGHT SOURCE SPECTRAL POWER DISTRIBUTION ON THE COLOR REPRODUCTION OF PEARLESCENT IMPRINTS**Josip Videc, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratki sadržaj** – Uvođenjem novih trendova u grafičkoj reprodukciji, kozmetici, autoindustriji i drugim potrošačkim tržištima, pigmenti koji generišu specijalne efekte dobijaju sve više na ekonomskom značaju i mogu se pronaći u različitim industrijskim proizvodima. U primeni su najzastupljeniji perlascentni pigmenti, kod kojih se efekat promene boje sa uglom posmatranja u osnovi bazira na konstruktivnoj interferenciji. U ovom radu ispitana je mogućnost merenja otisaka oslojenih perlascentnim pigmentima kamerom i analiziran je uticaj spektralne raspodele izvora svetla na dobijene kolorimetrijske vrednosti.

**Glavne reči:** goniohromizam, perlascentni pigmenti, višegona merenje, razlika boja

**Abstract** – Driven by trends in graphic reproduction, cosmetics, automotive and other consumer markets, pigments that generate special effects like angle-dependent color have a growing economic significance and can be found in various industrial products. In practical application the most commonly used are pearlescent pigments, which enable color change with the change of the viewing angle due to the constructive interference. In this paper assessment of camera-based color measurement of prints coated with pearlescent pigments was performed, as well as the analysis of the influence of spectral power distribution of the light source on the obtained colorimetric values.

**Keywords:** goniochromism, pearlescent pigments, multi-angle measurement, color difference

**1. UVOD**

Boja predstavlja jedan od najuticajnijih faktora prilikom kreiranja proizvoda. Dobijanje dopadljivog vizuelnog efekta postaje jedan od ključnih faktora vezanih za proizvod. Napredak tehnologija doveo je do porasta primene različitih materijala koji, pored osnovne funkcije bojenja proizvoda, daju specifične vizuelne efekte kako bi privukli pažnju kupaca. Jedan od vizuelnih efekata koji se primenjuju je promena boje zavisno od ugla posmatranja proizvoda. Za izradu ovakvih materijala primenjuju se posebni pigmenti, koji omogućavaju promenu optičkih osobina materijala na koji se nanose.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, docent.

Primena specijalnih pigmenta može biti dekorativna ili funkcionalna. Razlika boje kod ovakvih materijala je uslovljena uglom pod kojim se reflektuje svetlost, pa je neophodno primeniti specifičan način izrade i merenja.

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. Goniohromizam**

Goniohromizam (engl. *Iridescence*) je pojava koja predstavlja prelivanje boja ili promenu boja u zavisnosti od ugla posmatranja [1]. Za postizanje goniohromatskog efekta neophodna je primena posebnih pigmenta. Pigmenti koji se primenjuju se nazivaju "efektnim" pigmentima i čine posebnu grupu u odnosu na češće korišćene apsorpcione pigmente. Primenom efektnih pigmenta otvara se mogućnost reprodukcije posebnih optičkih efekata kao što su veoma visok biserni sjaj podloge, prelivanje jedne boje u drugu ili promena tona boje u zavisnosti od ugla gledanja, odnosno položaja posmatrača u odnosu na objekat. Optički efekti koji zavise od ugla prelamanja svetlosti se mogu pronaći u različitim industrijskim proizvodima i aplikacijama.

**2.2. Perlascentni pigmenti**

Promena boje sa uglom posmatranja se kod perlascentnih pigmenta u osnovi bazira na konstruktivnoj interferenciji svetlosti. Ovi pigmenti se koriste kako bi oponašali sjaj prirodnih bisera. Jedinstven sjaj nastaje usled svetlosnih interakcija kao što su apsorpcija i višestruka refleksija na granicama površina i čestica. Perlascentni pigmenti se često svrstavaju u istu grupu sa interferentnim pigmentima iako postoji razlika između ove dve grupe pigmenta. Interferentni pigmenti proizvode znatno više sjaja od perlascentnih pigmenta, dok perlascentni pigmenti imaju sjaj tipičan za prirodne bisere, koji se reprodukuje unutar površine sloja boje.

Perlascentni pigmenti sa najjednostavnijom strukturom nemaju suptrat i sastoje se iz kristala u obliku pahuljica. Usled mehaničke nestabilnosti primena im je veoma ograničena [2]. Pigmenti koji se sastoje iz više slojeva, odnosno sadrže suptrate (podlogu), su stabilniji.

Perlascentni pigmenti mogu se podeliti u dve grupe. Jednu grupu čine pigmenti sa znastom strukturom kao što su: prirodne esencije bisera, osnovni karbonati olova, bizmut-oksi hlorigid,  $\alpha$ -gvoždje(III)oksid, titanijum dioksid, kao i mešavine aluminijum oksida i magnezijum-gvoždje(III)oksida. Drugu grupu čine pigmenti bazirani na mica česticama gde se za supstrate koriste: mica slojevi, titanijum dioksid, gvoždje(III)oksid, hrom(III)oksid i

silikon-dioksid. Najčešće korišćen supstrat su mica čestice (mica suptrati) [3]. Mica suptrat je prirodan sloj od silikata pod nazivom muskovit čija je ukupna molekularna formula  $KAl_2[(OH, F)_2 AlSi_3O_{10}]$ . Pored prirodnih mica suptrata primenjuju se i sintetički mica suptrati. Sintetički suptrati su više uniformne strukture čime imaju sjajniju boju. Čestice perlascentnih pigmentata se sastoje od slojeva sa različitim indeksima refleksije. Debljine slojeva su reda veličina talasnih dužina vidljivog dela spektra elektromagnetnog zračenja.

### 2.3. Merenje goniohromatskih materijala

Promena boje u zavisnosti od ugla posmatranja zahteva primenu posebne karakterizacije perlascentnih boja kao i upotrebu posebnih uređaja za merenje. Danas se primenjuju instrumenti pod nazivom goniospektrofotometri ili višeuugaoni spektrofotometri koji su dizajnirani tako da mogu da vrše merenje i karakterizaciju goniohromatskih materijala. Geometrije merenja su postavljena u skladu sa ASTM [4] i DIN [5] standardima.

Kada se mere goniohromatski materijali, neophodno je vršiti merenja iz više uglova, kako bi se odredila adekvatna promena boje [6]. Nasuprot efektu sjaja i promene boje zrnasta struktura same površine pod difuznim osvetljenjem se ne menja u zavisnosti od ugla gledanja. Usled različite raspodele pigmentata i veličine čestica, nanosi boje kod goniohromatskih materijala nisu uniformni.

Kako je neophodno vršiti merenje materijala iz više uglova potrebno je odrediti geometriju merenja. CIE [7] standard je za goniohromatske materijale odredio uglove merenja od  $-15^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $75^\circ$  i  $110^\circ$  aspekularno. Aspekularni uglovi su uglovi koji se definišu u odnosu na spekularnu refleksiju svetlosti, pri čemu se za pozitivne uglove uzima smer prema izvoru svetlosti.

Geometrija propisana standardom se definiše kao:  $45^\circ \times -60^\circ$ ,  $45^\circ \times -30^\circ$ ,  $45^\circ \times -20^\circ$ ,  $45^\circ \times 0^\circ$ ,  $45^\circ \times 30^\circ$ , i  $45^\circ \times 65^\circ$ . Prikaz geometrije merenja dat je na slici 1. Najčešći uglovi korišćeni za postavljanje izvora svetlosti su  $25^\circ$ ,  $45^\circ$  i  $75^\circ$  u odnosu na uzorak, dok su najčešći uglovi merenja uzorka  $15^\circ$  aspekularno,  $25^\circ$  aspekularno,  $45^\circ$  aspekularno i  $110^\circ$  aspekularno.

Kao uređaji za merenje boja poslednjih godina koriste se i digitalni aparati, pri čemu se odziv aparata koristi za preračunavanje kolorimetrijskih vrednosti. Navedeni princip merenja iskorišćen je i u ovom radu. Kako na detekciju boja aparatom utiče izvor svetla koji se prilikom merenja koristi, predmet rada predstavljala je procena uticaja spektralne raspodele izvora svetla na reprodukovane boje. Cilj rada je definisanje izvora svetla kojim se osigurava najtačnija reprodukcija boja, u poređenju sa standardnim iluminantom D65.

## 3. EKSPERIMENTALNI DEO

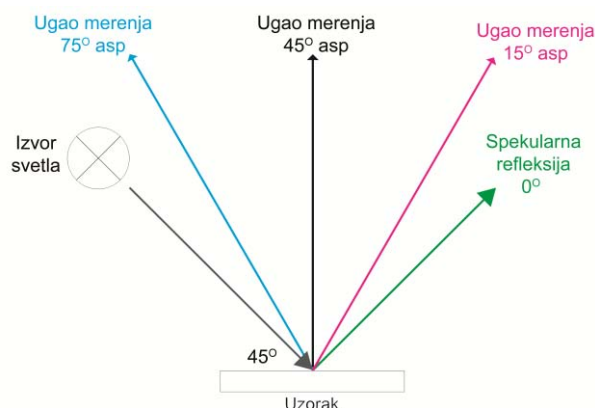
### 3.1. Metod i postavka merenja

Uzorci koji se koriste u radu štampani su po uzoru na IT8 test kartu. IT8 test karta data je prema ISO 12641 [8] i predstavlja jednu od najčešće korišćenih karti za karakterizaciju skenera i digitalnih fotoaparata. U radu je korišćena usled velikog broja polja različitih boja.

Materijal korišćen za štampu uzoraka je  $300 \text{ g/m}^2$  mat kundruk papir. Papir se zbog svojih karakteristika može svrstati u tip 2, prema ISO 12647-2:2013 standardu [9]. Uzorci su štampani na Xerox DocuColor 252 digitalnoj mašini, pri čemu je korišćen suvi toner koji odgovara navedenoj tehnici štampe. Uzorci su oslojeni perlascentnim pigmentima dispergovanim u vodenoj bazi štamparske boje u odnosu 1:10 (pigment:vodena baza). Primenom perlascentnih pigmentata moguće je postići veliki broj kombinacija transparentcije, refleksije i refrakcije. Pigment korišćen u radu je Merck221 Rutil Feinblau, koji otisku daje plavo-žuti preliv. Oslojavanje pigmentata je vršeno sito tehnikom štampe, pri čemu je korišćena karusel mašina S-6S4T.B, a linijatura sita iznosila je 43 l/cm. Kako bi se naglasio uticaj promene boje, vršena su tri nanosa mokro na mokro.

Merenja u radu su izvršena na isti način i sa istim brojem uglova koji se primenjuju kod standardnih mernih uređaja. Kako bi se izvršila adekvatna analiza rezultata najpre su definisane referentne vrednosti uzorka primenom goniospektrofotometra Gretag Macbeth Auto-Eye 640, sa intervalom merenja od 360-750 nm i korakom od 10 nm. Prilikom određivanja CIELAB vrednosti korišćeni su standardno osvetljenje D65 i standardni posmatrač od  $10^\circ$ . Svi uzorci su mereni tri puta nakon čega je određena srednja vrednost svakog uzorka. Srednja vrednost se koristi kao reprezentativna, čime su smanjene greške i šumovi nastali pri merenju.

Kao uređaj za merenje uzoraka korišćen je digitalni fotoaparat (Canon EOS 550D), kojim su simulirane pozicije senzora gonio-spektrofotometra. Ugao osvetljavanja bio je  $45^\circ$ , dok su uglovi merenja iznosili  $15^\circ$  aspekularno,  $45^\circ$  aspekularno i  $75^\circ$  aspekularno. Geometrija merenja sa naznačenim uglovima data je na slici 1. Kako bi se postigla adekvatna ispravnost merenja podešavanja fotoaparata su ista za svaki ugao i izvor svetlosti. Funkcije fotoaparata koje utiču na reprodukciju fotografija su isključene. Sve fotografije snimljene su u RAW formatu kako bi se rezultat merenja maksimalno približio odzivu sa senzora fotoaparata.



Slika 1. Geometrija merenja

Prilikom merenja uzorci su snimani pod tri različita izvora svetlosti iste korelisane temperature boje (6500 K), a različite spektralne raspodele. Korišćena su dva izvora osvetljenja koja spadaju u fluorescentne: fluorescentna lampa simulator standardnog osvetljenja D65 i

fluorescentna sijalica iste korelisane temperature boje. Kao treći izvor osvetljenja korišćena je LED sijalica.

Nakon uzorkovanja dobijene fotografije je bilo neophodno obraditi kako bi se iz njih mogle definisati RGB vrednosti. Da bi se smanjio uticaj neuniformnog osvetljenja i detektovanja, koji se pojavljuje na fotografijama, vršilo se izdvajanje središnjeg dela fotografija. Obrada uzoraka je vršena primenom softverskog alata Adobe Photoshop. Prostor boja korišćen za obradu podataka je sRGB. RGB vrednosti uzoraka su konvertovane u  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti kako bi se moglo izvršiti upoređivanje razlike boja sa referentnim uzorcima. U tu svrhu korišćen je softverski alat MathWorks® MATLAB. Kako RGB vrednosti ne mogu direktno da se mapiraju u  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , najpre je izvršena konverzija u XYZ prostor boja, nakon čega su određene  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti uzoraka. Nakon određivanja  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti uzoraka izvršeno je poređenje sa referentnim vrednostima odnosno vrednostima dobijenim merenjem gonio-spektrofotometrom. Upoređivanje izmerenih vrednosti sa referentnim je bilo nepohodno kako bi se izvršila procena koji od izvora svetla najbolje simulira standardni izvor osvetljenja. Kao rezultat određene su vrednosti razlike boja ( $\Delta E_{ab}$ ), na način:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (1)$$

Gde je:  $\Delta L = L_2 - L_1$ ;  $\Delta a = a_2 - a_1$ ;  $\Delta b = b_2 - b_1$ .

$L_1$ ,  $a_1$  i  $b_1$  referentne koordinate boje mernog polja,

$L_2$ ,  $a_2$  i  $b_2$  izmerene koordinate boje mernog polja.

### 3.2. Rezultati merenja i diskusija rezultata

Analiza rezultata merenja data je prema korišćenim izvorima svetla kao i prema primenjenim uglovima merenja.

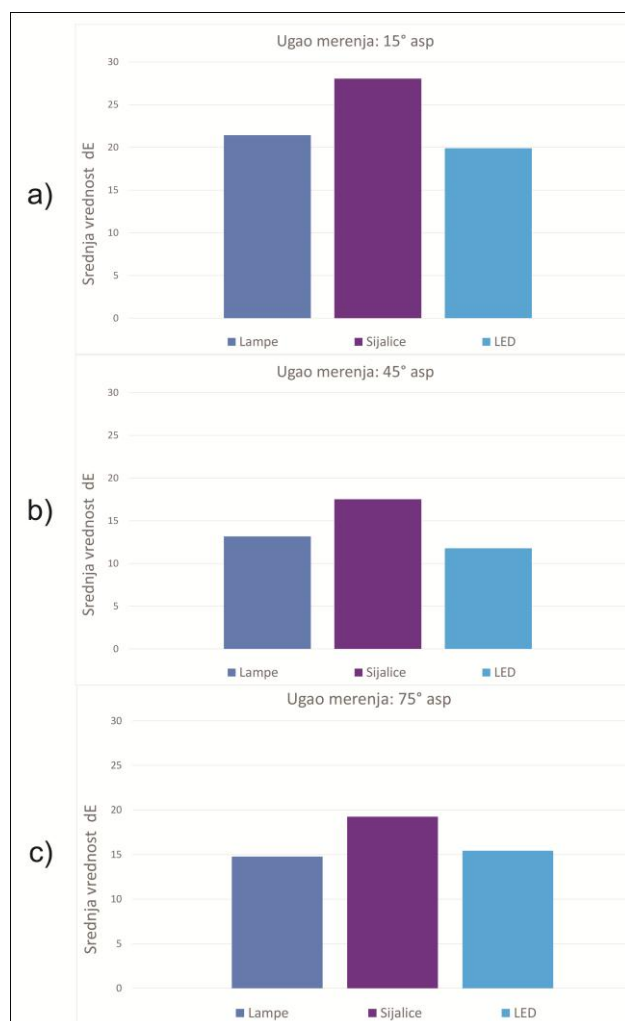
Za svaki izvor svetla izračunata je srednja vrednost razlike boja  $\Delta E$  kao srednja vrednost pojedinačnih razlika svih uzoraka boja. Kod sva tri izvora osvetljenja uzorci su mereni pod uglovima od  $15^\circ$  aspekularno,  $45^\circ$  aspekularno i  $75^\circ$  aspekularno. Prikaz rezultata srednje  $\Delta E$  vrednosti za svaki ugao posmatranja dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Prikaz srednje vrednosti  $\Delta E$  u zavisnosti od ugla merenja dat za svaki izvora osvetljenja

Srednje vrednosti $\Delta E$		
D65 Fluorescentne lampe		
$15^\circ$ asp	$45^\circ$ asp	$75^\circ$ asp
21.439	13.168	14.770
D65 Fluorescentne sijalice		
$15^\circ$ asp	$45^\circ$ asp	$75^\circ$ asp
28.059	17.527	19.246
D65 LED		
$15^\circ$ asp	$45^\circ$ asp	$75^\circ$ asp
19.906	11.779	15.425

Kako bi se omogućio bolji prikaz rezultata i naglasila razlika boja srednjih vrednosti  $\Delta E$ , dat je i vizualni prikaz rezultata predstavljen na slici 2.

Zbog jednostavnosti prikaza kod D65 fluorescentnih lampi i sijalica izostavljena je oznaka za tip osvetljenja (odnosno oznaka „fluorescentno“).



Slika 2. Prikaz srednje vrednosti  $\Delta E$  u zavisnosti od ugla merenja dat za svaki izvora osvetljenja a) Ugao  $15^\circ$ ; b) Ugao  $45^\circ$ ; c) Ugao  $75^\circ$

Sa slike 2 se vidi da su najmanje razlike boja uočene kod ugla od  $45^\circ$  aspekularno. Najbolji odziv, odnosno najmanju grešku merenja daju D65 LED sijalice dok se najveća greška merenja pojavljuje kod D65 fluorescentnih sijalica. Izuzetak se javlja kod ugla od  $75^\circ$  aspekularno, gde najmanju grešku daju D65 fluorescentne sijalice. Kod sva tri izvora osvetljenja najveća razlika boja dobija se pod uglom od  $15^\circ$  aspekularno.

Najmanja razlika boja  $\Delta E$  dobijena je kod D65 LED sijalica za ugao od  $45^\circ$  aspekularno ( $\Delta E=11.779$ ), dok je najveće odstupanje izmereno kod D65 fluorescentnih sijalica pod uglom od  $15^\circ$  aspekularno ( $\Delta E=28.059$ ).

Nakon sagledanja grafika za srednje vrednosti  $\Delta E$  primećuju se varijacije rezultata prilikom promene izvora svetla. Kako bi se izvela bolja procena intenziteta greške izračunate su srednje  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti greške, koje su predstavljene kao apsolutne vrednosti Prikaz rezultata dat je u tabeli 2.



Tabela 2. Prikaz apsolutnih srednjih vrednosti greške  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  koordinata uzoraka u zavisnosti od korišćenih izvora svetlosti

D65 Fluorescentne lampe								
15° asp			45° asp			75° asp		
dL*	da*	db*	dL*	da*	db*	dL*	da*	db*
0.56	1.66	20.66	5.75	5.87	1.34	8.491	5.71	2.29
D65 Fluorescentne sijalice								
15° asp			45° asp			75° asp		
dL*	da*	db*	dL*	da*	db*	dL*	da*	db*
16.6	10.21	13.99	6.21	9.53	0.67	10.54	8.3	1.52
D65 Fluorescentne LED								
15° asp			45° asp			75° asp		
dL*	da*	db*	dL*	da*	db*	dL*	da*	db*
12.8	5.749	9.207	2.6	5.45	4.64	5.846	6.69	6.40

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 2 može se primetiti da se najveća odstupanja primećuju kod  $b^*$  vrednosti merenih pod uglom od 15° aspekularno.

Najveća greška za  $b^*$  vrednost se pojavljuje kod D65 fluorescentnih lampi ( $db^*=20.661$ ). Kod D65 fluorescentnih sijalica i LED sijalica se uočava porast u intenzitetu vrednosti kod svetline uzoraka ( $L^*$ ) merenih pod uglom od 15° aspekularno. Najveće odstupanje za  $L^*$  se pojavljuje kod D65 fluorescentnih sijalica. Najmanji intenziteti greške za  $L^*$  i  $a^*$  izmerene su kod D65 fluorescentnih lampi za ugao od 15° aspekularno ( $dL^*=0.556$ ;  $da^*=1.657$ ).

Najmanje odstupanje za vrednosti  $db^*$  izmereno je kod D65 fluorescentnih sijalica, pri merenju od 45° aspekularno ( $db^*=0.669$ ). Kod ugla od 45° aspekularno najveće odstupanje se primećuje kod D65 fluorescentnih sijalica, za vrednost  $a^*$  ( $da^*=9.528$ ). Takođe se kod fluorescentnih sijalica primećuje najveće odstupanje za  $L^*$ , kod ugla merenja od 15° aspekularno ( $dL^*=16.563$ ).

#### 4. ZAKLJUČAK

Kada se sumiraju ukupni rezultati merenja zapažaju se velike razlike boja  $\Delta E$ . Takve vrednosti su očekivane jer su umesto izvornih RGB vrednosti digitalnog fotoaparata, korišćene sRGB vrednosti što je svakako uticalo na rezultate merenja. Primena transformacija sRGB vrednosti u XYZ i transformacije XYZ u CIELab je takođe uticala na porast razlike boja između vrednosti izmerenih kamerom i mernim uređajem.

Kod ugla od 45° aspekularno se za sva tri osvetljenja primećuju najniže srednje vrednosti  $\Delta E$  za svaku od boja. To je i očekivano s obzirom na činjenicu da je u ovom uglu u potpunosti izbegnuta spekularna refleksija, kao i mogućnost senke. Merenjima uzoraka pod uglom od 15° aspekularno primećene su najveće greške. Takva pojava uslovljena je činjenicom da je ugao od 15° aspekularno najbliži spekularnoj refleksiji.

Procenom uticaja spektralne raspodele izvora svetla na rezultate merenja boja kamerom došlo se do zaključka da su najniže greške merenja postignute korišćenjem fluorescentnih lampi i LED osvetljenja. Razlog nižim

greškama treba tražiti u činjenici da spomenuti izvori svetla poseduju manje-više kontinualnu spektralnu raspodelu, čime se omogućava bolja simulacija standardnog osvetljenja D65.

Kod reprodukcije boja najveće greške su primećene u reprodukciji cijan i plavih tonova. Porast srednje  $\Delta E_{ab}$  vrednosti za cijan i plavu boju je veoma uočljiv kod D65 LED osvetljenja, za uglove od 45° aspekularno i 75° aspekularno. Kako LED osvetljenje najviše zrači u tom delu spektra, ovakav rezultat može biti posledica naglašavanja spomenutih talasnih dužina. Takođe treba uzeti u obzir da su senzori fotoaparata često najmanje osetljivi na plavu boju što dodatno utiče na povećavanje greške merenja plavih tonova.

#### 5. LITERATURA

- [1] G. A. Klein, (2010). „*Industrial Color Physics—* (Springer Series in Optical Sciences), London Springer.
- [2] F. J. Maile, G. Pfaff, P. Reynders (2005), —*Effect pigments—past, present and future*”, Merck KGaA, Pigments R&D, Frankfurter Str. 250 D-64271 Darmstadt, Germany, Elsevier
- [3] G. Pfaff, (2008). „*Special effect pigments: technical basics and applications*”, Darmstadt, Vincentz Network GmbH & Co KG
- [4] American Society for Testing Materials (2008), E-2539 „*Multiangle Color Measurement of Interference Pigments*“.
- [5] Deutsches Institut für Normung e.V. (2001), 6175-2 „*Tolerances for goniochromatic automotive paints—*
- [6] T. Atamas, K. Hauer and A. Höpe (2012), —*Appearance Measurements of Goniochromatic Colours*”, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany
- [7] Commission internationale de l'éclairage (2004) 15:2004, “*CIE Colorimetry Technical Report 15:2004 (3rd edition)*”, CIE Central Bureau, Vienna
- [8] International Organization for Standardization (1997) 12641-1997. —*Scanner Color Calibration Targets*”, Geneva: ISO
- [9] International Organization for Standardization (2013) 12647-2:2013 —*Graphic technology - Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 2: Offset lithographic processes—*, Geneva: ISO

#### Podaci za kontakt:

MSc Josip Videc,  
E-mail: [videcns@gmail.com](mailto:videcns@gmail.com)

Dr Sandra Dedijer,  
E-mail: [dedijer@uns.ac.rs](mailto:dedijer@uns.ac.rs)

MSc Ivana Tomić,  
E-mail: [tomic@uns.ac.rs](mailto:tomic@uns.ac.rs)

**UTICAJ TONERA NA KVALITET ŠTAMPE U ELEKTROFOTOGRAFIJI****THE INFLUENCE OF TONER ON ELECTROPHOTOGRAPHIC PRINTING QUALITY**Borislav Stanković, Nemanja Kašiković, Ivana Jurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – *Elektrofotografija je tehnologija otiskivanja koja, preko digitalnih fajlova uz pomoć fotoreceptora, izvora svetlosti, elektrostatičkih principa i tonera, proizvede štampani otisak. Osnovni cilj ovog rada je analiza kvaliteta reprodukcije, dobijene tečnim i suvim tonerom. Deset različitih uzoraka papira je odštampano na dve štamparske mašine, Xerox Color 1000 koji koristi suvi toner, i HP Indigo Press 1000 koja koristi tečni toner. Na uzorcima papira odštampana su tri polja, pomoću kojih je izmerena uniformnost površine. Pored ovoga, izmerena su i svetlina, opacitet, hrapavost i količina boje u papiru.*

**Gljučne reči:** *Elektrofotografija, toner, uniformnost.*

**Abstract** – *Electrophotography is an imaging technology that takes a digital file and utilizes a photoreceptor, light source, electrostatic principles, and toner to produce the printed output. The main objective of this paper is to analyze the quality of the reproduction, obtained by liquid and dry toners. Ten different samples of paper were printed on two printing machines, Xerox Color 1000 with dry toner and HP Indigo Press 1000 with liquid toner. On these samples, three fields are printed, which allowed us to determine the uniformity of the surface. In addition, brightness, opacity, roughness and tint of the paper is measured.*

**Key words:** *Electrophotography, toner, uniformity.*

**1. UVOD**

Elektrofotografija je tehnologija otiskivanja koja, preko digitalnih fajlova uz pomoć fotoreceptora, izvora svetlosti, elektrostatičkih principa i tonera, proizvede štampani otisak. Kvalitet otiska se može definisati preko većeg broja različitih parametara, kao što su optička gustina, CIE Lab vrednosti, porast tonskih vrednosti itd.

Jedna od novijih metoda kojom se definiše kvalitet otiska je uniformnost. Uniformnost su mrlje na otisku gde se očekuje homogena površina. Opštija fizička definicija bi bila da je površinska uniformnost neželjena varijacija optičke gustine na otisku [1]. Mikro uniformnost se procenjuje merenjem šuma visoke frekvencije i definiše zrnčavost. Makro uniformnost uključuje merenje šuma niske frekvencije i definiše stepen površinske šare. Jedinica zrnčavosti je standardna devijacija optičke gustine broja malih površina.

Prema ISO 13660, zrnčavost predstavlja: “periodične oscilacije optičke gustine na prostornoj frekvenciji iznad

0,4 ciklusa/mm u svim pravcima” [1]. Formula za računanje zrnčavosti:

$$ISO_G = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}}{n} \quad (1)$$

$\sigma_i$  - standardna devijacija optičke gustine unutar polja  
 $n$  - ukupan broj polja

Prema ISO 13660, površinska neuniformnost je: “periodična varijacija optičke gustine u svim pravcima na frekvencijama manjim od 0,4 ciklusa/mm” [1]. Formula za računanje površinske neuniformnosti:

$$ISO_M = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - (\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i))^2} \quad (2)$$

Mottle je problem koji se javlja prilikom štampanja, gde odštampana površina izgleda zamrljano, neuniformno ili se pojavljuju neželjene linije na otisku.

Kako se u postupku dobijanja otiska u elektrofotografiji, mogu koristiti tečni i suvi toneri, cilj ovog rada je da se utvrdi uticaj vrste tonera na kvalitet štampe u elektrofotografiji [2].

Osnovni cilj ovog rada je uticaj vrste tonera na kvalitet štampe u elektrofotografiji [2].

**2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA**

Eksperiment se sastoji iz štampe na dve različite štamparske mašine, od kojih jedna koristi suvi toner (Xerox Color 1000), a druga tečni toner (HP Indigo Press 1000).

Za potrebe ovog eksperimenta korišćeno je deset vrsta premaznih i nepremaznih papira A3 formata:

- Selection Smooth 120 g/m<sup>2</sup> - nepremazni papir,
- Neobond 200 g/m<sup>2</sup> - sintetički nepremazni papir,
- Smooth business card 250 g/m<sup>2</sup> - nepremazni papir,
- Options white 220 g/m<sup>2</sup> - premazni papir,
- Cyclus offset 140 g/m<sup>2</sup> - nepremazni papir,
- Phoenixmotion Xantur 115 g/m<sup>2</sup> - nepremazni papir,
- Yupo 115 g/m<sup>2</sup> - sintetički premazni papir,
- Phoenixmotion Xenox 170 g/m<sup>2</sup> - premazni papir,
- Gardapat/Kiara 180 g/m<sup>2</sup> - premazni papir i
- Revive 100 white silk 130 g/m<sup>2</sup> - nepremazni papir

Na papirima su odštampana tri polja sa različitim vrednostima sive, slika 1.



Slika 1. Polja za merenje uniformnosti

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nemanja Kašiković, docent.

Na osnovu ovih polja, dobijene su vrednosti mikro i makro uniformnosti. Pored ovih vrednosti, biće izmerene i svetlina, opacitet, hrapavost i količina boje u papiru. Za potrebe merenja svetline, opaciteta i količine boje u papiru, koristili smo uređaj X-rite i1 Basic Pro, slika 2.



Slika 2. X-rite i1 Basic pro

Kako bi se izmerene vrednosti očitale na računaru, korišćen je softver Babel Color CT&A. Merenju je pristupljeno tako što je svaki uzorak papira izmeren tri puta. Svako merenje je izvršeno na različitim mestima na papiru. Kao vrednost je uzeta srednja vrednost sva tri merenja.

Merenje hrapavosti površine papira omogućio nam je uređaj TR200, slika 3.



Slika 3. TR200

Merenje hrapavosti počinje tako što se prvo podesi cut-off, tj. distanca koju merna igla pređe po površini papira. Merenje se vrši tri puta na različitim mestima u pravcu dužine papira i tri puta u pravcu visine papira, a kao konačna vrednost se uzima srednja vrednost ovih merenja. Količina hrapavosti papira se iskazuje u vrednostima Ra. U ovom eksperimentu, cut-off je podešen na 0,8 mm. Za uzorke papira većih gramatura, merenje je izvršeno i na cut-off 2,5 mm.

Kako bi se digitalizovali uzorci, upotrebljen je digitalni fotoaparata Canon EOS 550D.



Slika 4. Canon EOS 550D

Nakon toga, tri merna polja sa svakog papira su kropovana na odgovarajuću veličinu, kako bi bila spremna za merenje uniformnosti. Za merenje uniformnosti koristili smo softver MATLAB R2014b. Svako kropovano polje učitamo u MATLAB, i uz pomoć odgovarajuće funkcije, računamo vrednosti zrnčavosti, mottle i ISO\_M.

### 3. REZULTATI MERENJA

U tabeli 1. su ispisani svi rezultati merenja svetline, opaciteta i količine boje u papiru.

Tabela 1. Izmerene vrednosti svetline, opaciteta i količine boje u papiru

Vrsta papira	Svetlina	Opacitet	Boja
Selection Smooth	101,4	97,1	-1,26
Smooth Business Card	96,9	99,6	-1,67
Phoenixmotion Xantur	88,1	95,5	-0,22
Yupo	93,6	98,6	0,16
Neobond	84,8	91,6	-0,16
Phoenixmotion Xenox	94,4	98,1	0,87
Options White	97,5	99,5	-0,51
Gardapat/Kiara	87,4	97,6	-1,50
Cyclus Offset	80,5	99,3	-0,74
Revive 100 White Silk	89,1	96,8	-0,91

U tabeli 2. su ispisane srednje vrednosti Ra.

Tabela 2. Izmerene vrednosti hrapavosti površine

Vrsta papira	Ra(0,8 mm)	Ra(2,5 mm)
Selection Smooth	2,673	3,055
Smooth Business Card	2,153	2,576
Phoenixmotion Xantur	0,802	-
Yupo	0,344	-
Neobond	4,141	4,913
Phoenixmotion Xenox	0,976	-
Options White	2,665	2,962
Gardapat/Kiara	1,466	-
Cyclus Offset	3,490	4,435
Revive 100 White Silk	0,540	-

Na osnovu izmerenih vrednosti Ra, zaključujemo da su Neobond i Cyclus Offset najhrapaviji papiri, dok su Revive i Phoenixmotion papiri male hrapavosti.

**Cyclus Offset** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 3,4 i 5.

Tabela 3. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.4339	2.9525
	4.9908	3.1707
	5.6676	3.0900

Tabela 4. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.1430	2.9383
	3.9283	3.8449
	3.8929	3.3801

Tabela 5. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	2.5120e <sup>-15</sup>	1.3637e <sup>-15</sup>
	1.4211e <sup>-14</sup>	1.5790e <sup>-14</sup>
	9.4739e <sup>-15</sup>	1.1196e <sup>-14</sup>

**Gardapat/Kiara** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 6, 7 i 8.

Tabela 6. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.6061	2.4881
	5.6539	3.2216
	5.3120	2.9033

Tabela 7. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.0276	3.5048
	3.5560	3.8970
	3.2230	2.9921

Tabela 8. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	5.8853e <sup>-15</sup>	2.3685e <sup>-15</sup>
	1.9091e <sup>-14</sup>	3.0144e <sup>-15</sup>
	1.6938e <sup>-14</sup>	3.1580e <sup>-15</sup>

**Neobond** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 9, 10 i 11.

Tabela 9. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	6.9673	18.2271
	6.8652	5.6371
	8.2135	4.1192

Tabela 10. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.7833	7.8605
	4.3969	3.0963
	2.9788	3.3541

Tabela 11. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	7.8231e <sup>-15</sup>	6.8183e <sup>-15</sup>
	4.3063e <sup>-15</sup>	1.8661e <sup>-14</sup>
	2.0383e <sup>-14</sup>	1.5790e <sup>-14</sup>

**Options White** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 12, 13 i 14.

Tabela 12. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.6834	3.0041
	5.2346	3.0610
	5.0013	3.1325

Tabela 13. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.0190	3.3923
	4.3963	4.1203
	3.1163	3.4405

Tabela 14. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	8.0385e <sup>-15</sup>	5.0240e <sup>-16</sup>
	9.4739e <sup>-15</sup>	1.0479e <sup>-14</sup>
	1.6651e <sup>-14</sup>	2.5838e <sup>-15</sup>

**Phoenixmotion Xantur** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 15, 16 i 17.

Tabela 15. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.9453	2.3220
	5.7927	3.1094
	5.2519	2.9094

Tabela 16. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	2.9291	3.7255
	4.2107	3.3698
	3.2419	3.3964

Tabela 17. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	2.0814e <sup>-15</sup>	6.8901e <sup>-15</sup>
	1.5216e <sup>-14</sup>	1.7512e <sup>-14</sup>
	7.4643e <sup>-15</sup>	3.9905e <sup>-14</sup>

**Phoenixmotion Xenox** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 18, 19 i 20.

Tabela 18. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.7479	2.6126
	5.5454	3.2481
	4.9774	3.0010

Tabela 19. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	2.8884	3.5146
	3.5766	4.0335
	3.3032	2.9465

Tabela 20. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	9.4021e <sup>-15</sup>	5.0240e <sup>-15</sup>
	1.0048e <sup>-14</sup>	1.4067e <sup>-14</sup>
	1.4354e <sup>-14</sup>	2.9857e <sup>-14</sup>

**Revive 100 White Silk** - izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 21, 22 i 23.

Tabela 21. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.4179	2.3594
	5.2533	2.9602
	4.7807	2.8641

Tabela 22. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.4625	3.5161
	3.5533	3.6935
	3.0155	2.7522

Tabela 23. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	$2.7273e^{-15}$	$3.6604e^{-15}$
	$1.2632e^{-14}$	$1.2919e^{-15}$
	$1.3206e^{-14}$	$1.0048e^{-14}$

**Selection Smooth** - Izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 24, 25 i 26.

Tabela 24. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.8164	2.4847
	5.1285	3.1481
	4.6167	2.7995

Tabela 25. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.1570	3.9782
	4.2781	4.5028
	3.7646	4.8064

Tabela 26. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	$2.7273e^{-15}$	$2.5838e^{-15}$
	$1.8661e^{-15}$	$1.7799e^{-14}$
	$4.0192e^{-15}$	$4.5934e^{-15}$

**Smooth Business Card** - Izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 27, 28 i 29.

Tabela 27. Izmerene vrednosti zrnčavosti










Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.2040	2.1129
	4.5649	2.7110
	4.5827	2.8222

Tabela 28. Izmerene vrednosti mottle

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.2583	3.2276
	4.3384	4.7975
	3.7133	3.8466

Izmerene vrednosti zrnčavosti su veće kod papira štampanih tečnim tonerom, izuzimajući papir Gardapat/Kiara, kod kojeg su vrednosti zrnčavosti veće kod polja odštampanih suvim tonerom.

Tabela 29. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	$7.1772e^{-15}$	$4.9523e^{-15}$
	$1.8948e^{-14}$	$7.8949e^{-15}$
	$8.0385e^{-15}$	$1.9522e^{-14}$

**Yupo** - Izmerene vrednosti su predstavljene u tabelama 30, 31 i 32.

Tabela 30. Izmerene vrednosti zrnčavosti




Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	4.3892	3.2810
	5.0018	2.8224
	4.4412	2.4640

Tabela 31. Izmerene vrednosti mottle







Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	3.3913	4.9086
	3.8952	4.4934
	3.1356	3.7351

Tabela 32. Izmerene vrednosti ISO\_M

Polje	HP Indigo 1000	Xerox 1000
	$3.3733e^{-15}$	$5.4547e^{-15}$
	$2.1101e^{-14}$	$6.8901e^{-15}$
	$5.7418e^{-16}$	$2.2393e^{-14}$

Vrednosti mottle su, isključujući Cyclus Offset papir, generalno veće kod Xerox štampanje mašine.

ISO\_M vrednosti vrednosti variraju, kako kod vrste papira, tako i kod odštampanih polja na samim papirima, pa ih je zato teže uporediti.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izračunatih vrednosti uniformnosti površine za svaku vrstu papira, kao i objektivne metode procene kvaliteta, došli se do zaključka da je štamparska mašina Xerox sa suvim tonerom dala bolji otisak u odnosu na Hp Indigo sa tečnim tonerom. Takođe, može se primetiti da je na kvalitet reprodukcije uticala i vrsta papira. Kod papira Neobond primećuje se da zrnčavost, kod obe štamparske mašine, ima znatno više vrednosti u odnosu na ostale papire. To se može pripisati sintetičkom sastavu samog papira. Papir Yupo, zbog veće količine boje koje poseduje u svom sastavu, dao je otisak sa nijansama plave boje.

#### 5. LITERATURA

- [1] N. Kašiković, "Digitalna štampa" - materijal sa predavanja, FTN, Novi Sad, 2014.
- [2] W. Collins, A. Hass, K. Jeffrey, A. Martin, R. Medeiros, S. Tomljanović, "Graphic Design and Print Production Fundamentals", Graphic Communications Open Textbook Collective, 2015.
- [3] N. Kašiković, "Digitalna štampa", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2013

#### Kontakt:

Borislav Stanković, borislav21@hotmail.com  
dr Nemanja Kašiković, knemanja@uns.ac.rs  
msc Ivana Jurić, rilovska@uns.ac.rs

## PRIMENA NFC ELEMENATA U INTELIGENTNOJ AMBALAŽI APPLICATION OF NFC ELEMENTS IN INTELLIGENT PACKAGING

Darija Jovičić, Dragoljub Novaković, Stefan Đurđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazana istraživanja usmerena na primenu kratko-dometne tehnologije bežične komunikacije NFC na inteligentnoj ambalaži. Urađena je analiza postojećih primera i kreirano dizajnersko rešenje ambalaže sa NFC oznakom. Pravljenjem veb stranica na kojima se nalaze svi potrebni detalji o proizvodu, njihovom stanju i kvalitetu i postavljanjem svih informacija u jedinstvenu bazu podataka, dostupne su kompletne informacije i proizvodu koje se dobijaju očitavanjem NFC oznake. Upotrebom adekvatnih softvera NFC oznake su programirane tako da se pametnim mobilnim telefonom mogu upisati i očitati odgovarajući podaci.

**Ključne reči:** *Inteligentna, ambalaža, NFC tehnologija, baza podataka*

**Abstract** – *The focus of this research is a development of application of Near Field Communication in intelligent packaging. A thorough analysis was conducted about existing examples, and according to that was created a new concept of graphic packaging with implemented NFC element. All the information about the product which is obtained by reading NFC tags is accessible by creating Web pages that contain all the necessary details about the product, its quality and condition; and by placing all the information in a single database. Using an appropriate software NFC tags are programmed so that the smart mobile phone can read and show corresponding data.*

**Keywords:** *Intelligent packaging, NFC technology, database*

### 1. UVOD

Ambalažna industrija se konstantno razvija i teži ka implementaciji novih tehnologija u cilju zadovoljenja sve većih potreba za proizvodima koji će stići do potrošača u bezbednom stanju, a takođe i ispuniti sve standarde i očekivanja u pogledu kvaliteta.

Povezivanjem više modernih tehnologija i načina rada, dolazi se do toga da se u svakom trenutku mogu imati informacije o proizvodu, njegovom kvalitetu, karakteristikama i načinu transporta i skladištenja. Povezivanjem NFC tehnologije i inteligentne ambalaže, dobija se brz i efikasan način za dobijanje svih potrebnih informacija o proizvodima koji se nalaze u bazi podataka i za koje je osmišljen način postavljanja NFC oznaka u ambalažu.

### NAPOMENA:

**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Dragoljub Novaković.**

### 2. OSNOVNI POJMOVI, FUNKCIJE I KLASIFIKACIJE AMBALAŽE

Ambalaža je neoblikovan ili oblikovan materijal u koji se pakuje predmet ili roba, u cilju zaštite i bezbednijeg transportovanja, kao i zbog lakšeg rukovanja prilikom prometa ili upotrebe. Uopšteno, ambalažu predstavljaju solidi različitog oblika i veličine, izrađeni od različitih materijala, a namenjeni za raznovrsne robe ili proizvode koji se u njih pakuju. [1].

Funkcije ambalaže se danas mogu posmatrati sa različitih aspekata, a prvenstveno sa aspekta proizvoda koji se pakuje. Osnovne funkcije ambalaže, koje ona mora da zadovolji, bez obzira o kom proizvodu se radi su: komercijalna funkcija, funkcionalnost upotrebe, funkcija držanja i distribucije, sigurnosna i ekološka funkcija. Roba se kupcu mora dopremiti neoštećena, treba je zaštititi od svih mogućih spoljašnjih štetnih uticaja.

Osnovna klasifikacija grafičke ambalaže je prema [1]:

1. Materijalu
2. Nameni
3. Načinu upotrebe
4. Obliku
5. Trajnosti
6. Industrijii
7. Fizičkim svojstvima
9. Upakovanom sadržaju

Prema savremenoj klasifikaciji ambalaža se može klasifikovati u tri grupe i to na konvencionalnu, aktivnu i inteligentnu ambalažu.

### 3. INTELIGENTNA AMBALAŽA

Inteligentna ambalaža može da se definiše kao ambalaža koja sadrži spoljašnje ili unutrašnje indikatore koji daju informaciju o istoriji i kvalitetu hrane. Inteligentna ambalaža je dodatak tradicionalnoj u pogledu funkcije komuniciranja i daje informaciju potrošačima zasnovanu na njihovom čulu mirisa, opažanju ili beleži spoljašnje ili unutrašnje promene u okruženju proizvoda [2].

#### 3.1. Inteligentna ambalaža kao nosilac podataka

Ambalaža može biti inteligentna ako sadrži mogućnost praćenja proizvoda u smislu kretanja, senzorskog praćenja unutrašnjosti ili spoljašnjosti ambalaže, i ukoliko sadrži mogućnost komunikacije sa ljudima. Komunikacija bi se odnosila na to da ambalaža sadrži mogućnost bežičnog identifikovanja proizvoda uz pružanje dodatnih informacija putem određenih sistema kao što su bar-kodovi, RFID i NFC tehnologije [1].

Dva glavna tipa inteligentne ambalaže su [3], [4].:

1. Inteligentna ambalaža kao nosilac podataka
  - a. Barkodovi
  - b. Radio frekventni identifikacioni čipovi (RFID)
2. Inteligentna ambalaža opremljena indikatorima i senzorima:
  - a. Indikatori
    - Vremensko-temperaturni
    - Indikatori gasa
    - Indikatori svežine
    - Termohromatske boje
    - Ostali indikatori
  - b. Senzori
    - Senzori promene gasa
    - Biosenzori
    - Fluorescentni senzori
    - Ostali senzori

Ove tehnologije se međusobno razlikuju ne samo po fizičkim karakteristikama već i po količini i vrsti podataka koje mogu da sadrže. Senzori uključuju komponentu i receptora i transduktora, dok indikatori prenose informaciju kroz direktnu vizuelnu promenu.

#### 4. POJAM NFC TEHNOLOGIJE

Međunarodni standard za NFC (Near Field Communication) tehnologiju Interfejs i Protokol, ISO/IEC 18092 (NFCIP-1) definiše načine komunikacije za NFC.

Prema ovom standardu, NFC tehnologija može da funkcioniše u aktivnom ili pasivnom načinu rada. U aktivnom režimu, uređaji nezavisno generišu sopstveno elektromagnetno polje, dok je u pasivnom režimu samo jedan od uređaja u stanju da generiše elektromagnetno polje, a ostali uređaji crpe od njega energiju da bi radili i prenosili potrebne informacije. Aktivna NFC oznaka podržava tri različita režima rada [1]:

1. „Peer to peer“
2. „Read/Write“
3. Emulacija kartice

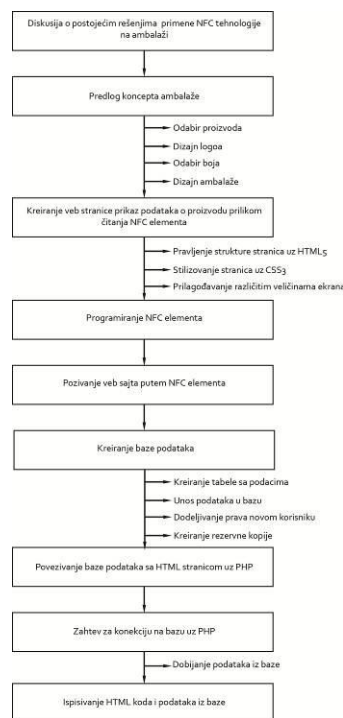
#### 5. ŠEMA POSTUPKA KREIRANJA EKSPERIMENTALNOG DELA RADA

Prvi korak u kreiranju novog koncepta ambalaže je istraživanje već postojećih rešenja i diskusija o načinu postavljanja NFC oznake na ambalažu na bezbedan i jasan način.

Sledi kreiranje dizajna ambalaže, zatim pravljenje veb sajta koji sadrži informacije o proizvodima. Za pisanje koda korišćeni su HTML5, CSS3 i ceo sajt je prilagodljivog dizajna.

Programiranjem NFC elemenata u adekvatnim aplikacijama prvo je upisan zahtev na oznaku, a zatim se omogućava da se očitava pametnim mobilnim telefonom.

tehnologije i inteligentne ambalaže imala više smisla, potrebno je napraviti bazu podataka koja sadrži više proizvoda. Na kraju, uz skriptni jezik PHP prvo se piše skripta kojom se baza podataka povezuje sa HTML stranicom, a zatim i skripta preko koje se dobijaju podaci iz baze.



Slika 1: Šematski prikaz postupka kreiranja eksperimentalnog dela rada

#### 5. PREDLOG KONCEPTA AMBALAŽE

Pri postupku kreiranja dizajna ambalaže na kojoj će biti na neki način ugrađena NFC oznaka uzeti su u obzir zaključci iz analiza postojećih primera da bi se došlo do novog što boljeg rešenja. Cilj je bio umanjiti bilo kakvu mogućnost zloupotrebe ili krivotvorenja, i u isto vreme osmisliti kvalitetno dizajnersko rešenje ubacivanja NFC oznake na ambalažu. Za primer ambalaže uzet je kozmetički proizvod krema za ruke za koje su dizajnirana ambalaža, slika 1, osmišljen logo, a pored toga još i dva proizvoda koja bi predstavljala deo cele serije sličnih proizvoda – krema za lice i pena za skidanje šminke. Za kreiranje dizajna ambalaže korišćeni su programi Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Blender.



Slika 1: Prikaz dizajna ambalaže za kozmetički proizvod

## 6. KREIRANJE VEB SAJTA ZA PRIKAZ PODATAKA O PROIZVODU

Da bi se sastavio veb sajt koji bi prikazivao podatke o proizvodu prilikom čitanja NFC elemenata na inteligentnoj ambalaži, upotrebljen je jezik za kreiranje osnovne strukture stranice, a to je HTML (eng. Hypertext Markup Language) jezik, koji služi za opisivanje onoga što se vidi na veb stranici, uključujući tekst, slike i njihov međusobni raspored.

Definisanjem elemenata na stranici uz HTML, njihovim stilizovanjem uz CSS i poštovanjem principa dobrog dizajna, napravljene su početne strane za tri različita proizvoda, gde se prikazuje da je ambalaža proizvoda originalna i nije otvarana, slika 2.

U nastavku je dat deo HTML koda i objašnjeni su njegovi najvažniji delovi. Prva HTML stranica, koja bi se otvarala očitavanjem sa NFC oznake sadrži nekoliko osnovnih podataka i sliku proizvoda.

```

```

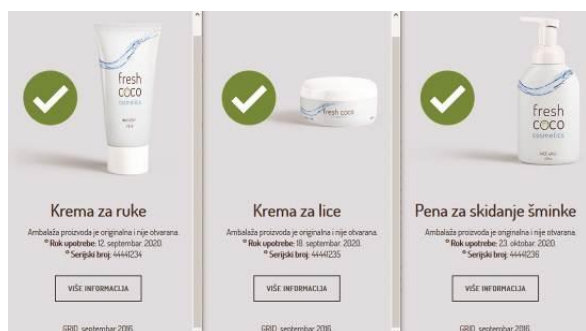
```
<h1>Krema za ruke</h1>
```

```
<p class="tekst"> Ambalaža proizvoda je originalna i nije otvarana. <br>
```

```
<span>° Rok upotrebe:</span> 12. septembar. 2020.<br>
```

```
<span>° Serijski broj:</span> 44441234<br> </p>
```

U datom primeru se mogu videti dva selektora koji služe daljem stilizovanju preko CSS-a, a to su selektor klase i ID selektor. Element <h> služi da označi tekst koji je naslov. Element <p> služi da označi pasus. Koristi se za definisanje blokova teksta. Element <span> služi za stlizovanje kratkih delova teksta koji se razlikuju od ostatka teksta. Element <img> (img od image) služi da bi referencirali neku rastersku sliku, a samim tim naredili pregledaču da je prikaže.



Slika 2: Izgled stranica pri očitavanju neotvarane ambalaže proizvoda

Dalje, da bi se stranica u potpunosti formatirala, dobile željene dimenzije elemenata, boje i oblici, korišćeni su CSS (eng. Cascading Style Sheets) stilovi koji će se pridružiti HTML stranici da bi se upotpunio celokupan izgled.

```
div.slika-d {  
width:650px;  
height:554px;  
float:right;  
background-image:url(images/11.png);  
background-repeat:no-repeat;}
```

Slikama je zadata visina i širina, pozicija i određeno im je da se ne ponavljaju, pošto je to predefinisano svojstvo. „Float” je CSS svojstvo koje omogućava da element pomerimo iz normalnog toka dokumenta.. Takođe, da bi se sav sadržaj korektno prikazivao na uređajima različitih veličina ekrana kao što su mobilni telefoni, tableti i računari, svi elementi su uz pomoć tehnika prilagodljivog dizajna (eng. responsive design) prilagođeni tim različitim veličinama ekrana.

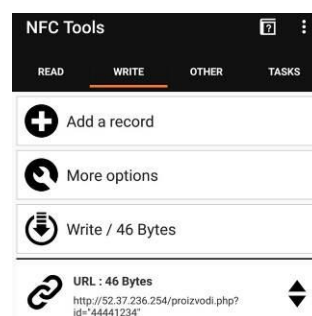
## 7. PROGRAMIRANJE NFC ELEMENTA

Programiranje NFC elemenata se vrši preko aplikacija koje su namenjene za to. Preko aplikacije moguće je snimiti mnoge informacije koje će biti kompatibilne sa bilo kojim NFC uređajem. Najčešća upotreba NFC oznaka je za programiranje određenih zadataka u cilju automatizacije aktivnosti koje se ponavljaju. Na primer, moguće je programirati oznaku tako da se samo prislanjanjem telefona smanjuje ili povećava zvuk, osvetljenje, alarm, uključuje ili isključuje internet i slično. Pored toga, moguće je vršiti i neke kompleksnije izmene.

### 7.1. Pozivanje veb sajta putem NFC elementa

Za potrebe rada odabrane su dve aplikacije „NFC Tools“ koja se pokazala kao najbrža, sa specifikacijama koje su potrebne za ovaj rad i zbog pozitivnih recenzija drugih korisnika. Pomoću nje moguće je programirati željene opcije. Druga aplikacija koja je potrebna da bi se programirane opcije izvršile je „NFC Tasks“.

U konkretnom slučaju pozivanja neke veb stranice putem NFC aplikacije, potrebno je izabrati opciju za dodavanje URL/URI (eng. Uniform Resource Locator/ Uniform Resource Identifier) tj. adrese koja će da vodi ka nekom resursu na mreži, slika 3.



Slika 3: Slike 35 i 36: Izgled aplikacije „NFC Tools“ sa upisanom URL adresom

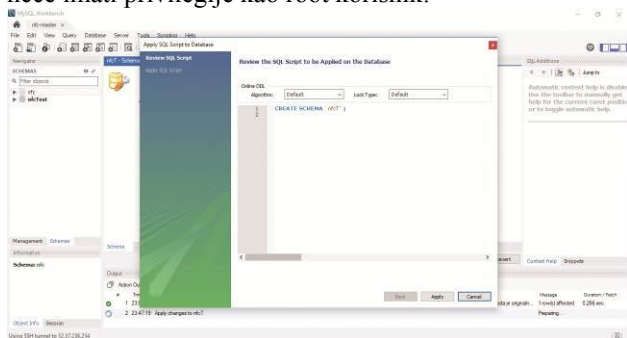
Po pokretanju aplikacije, izabrana je opcija write>add a record>URL/URI i u označeno polje je uneta adresa: http://52.37.236.254/proizvodi.php?id=44441234”. Za veb server korišćen je HTTP server „Apache”, verzija 2.4. Nakon toga, potrebno je samo približiti NFC oznaku uređaju na koji su uneti podaci i automatski se kopiraju na meoriju oznake. Kada je NFC oznaka programirana, potrebno je upotrebiti neku aplikaciju koja će da čita te upisane instrukcije. Kao što je već napomenuto, u ovom slučaju izabrana je aplikacija „NFC Tasks“ koja je



kompatibilna sa aplikacijom koja upisuje informacije. Dakle, kada telefon ili tablet pročita podatke koji su programirani na NFC iznaku, pomoću ove aplikacije će i da izvrši zadate instrukcije, konkretno, da otvori veb stranicu koja je upisana.

## 8. KREIRANJE BAZE PODATAKA

Kreiranje baze je moguće uraditi na više načina. U ovom slučaju povezivanje sa serverom baze podataka se odvijalo pomoću alata „MySQL Workbench”. Korišćeni su kredencijali „root“ korisnika koji ima najviša prava nad serverom baze podataka. Kada je baza napunjena podacima, slika 4, ostaje da se napravi rezervna kopija, kako bi u slučaju neželjene/slučajne izmene ili brisanja mogli lakše da se povrate potrebni podaci. Nakon što je sve gotovo, potrebno je napraviti još jednog korisnika koji neće imati privilegije kao root korisnik.



Slika 4: Izgled aplikacije „MySQL Workbench“ pri dodavanju tabele

Kada NFC oznaka pristupa veb sajtu, posredstvom PHP-a izvršava se jedan SELECT upit u bazu podataka kojim se dobijaju potrebni podaci na osnovu unetog ID odnosno serijskog broja proizvoda. Prema tome, potrebno je napraviti korisnika koji ima prava samo na SELECT upit. Time se preduzimaju neophodne mere bezbednosti, u slučaju da zlonamerni korisnik/napadač, dodje do kredencijala iz PHP fajla mogao bi samo da izlista artikle iz baze podataka i ne bi mogao da napravi nikakvu štetu (izmenu, brisanje, upisivanje u bazu).

### 8.1. Povezivanje baze podataka sa HTML stranicom

Kako se određeni podaci veb sajta za prikaz podataka o proizvodu prilikom čitanja NFC elementa, nalaze u bazi podataka, potrebno je napraviti spregu između statičkih strana pisanih u HTML-u i same baze. U ovom slučaju korišćen je skriptni jezik PHP koji ima mogućnost povezivanja na bazu i mogućnost prikaza podataka iz baze podataka. U trenutku kada korisnik poseti PHP stranicu, veb server automatski obrađuje PHP kôd na osnovu kojeg određuje šta će prikazati korisniku.

U nastavku, izlistan je deo PHP koda da bi se povezala baza sa HTML stranicom.

```
<?php
// Kreiranje konekcije
$conn = new mysqli($servername, $username,
$password, $dbname);
// Proveravanje konekcije
```

```
if ($conn->connect_error) {
die("Connection failed: " . $conn->connect_error); }
?>
```

Deo PHP koda stranice „proizvodi.php” preko koje se dobijaju podaci iz baze:

```
require_once(„db_connect.php”);
$id = $_GET[„id”];
if (isset($id)) {
Promenljivu $id dobijamo GET metodom odnosno iz samog linka. Klijent, što smo mi, posredstvom veb pretraživača, klikom na neki link ili upisom adrese u pretraživač (u ovom slučaju prozivanjem linka NFC oznakom), serveru se šalje zahtev (request) nekom od metoda kojima se potražuju podaci od njega. U konkretnom slučaju, serveru se šalje GET metod, u kom je sadržano polje ID iz baze podataka, na osnovu kojeg se bazi prosleđuje SELECT upit, a server baze podataka vraća podatke, koji se preko PHP-a ispisuju na stranici.
```

## 9. ZAKLJUČAK

Sa istovremenim razvojem i inovacijama dolazi i do sve veće primene NFC tehnologije u ambalažnoj industriji. Zamisao pri spajanju ove dve tehnologije je da kada se korisnik odlučuje o kupovini, da na ovaj način samo prislanjanjem pametnog mobilnog telefona na ambalažu proizvoda dobije sve potrebne informacije o stanju, istoriji, kvalitetu proizvoda kao i informacije o sličnim proizvodima.

Ovim radom dat je primer na koji način je moguće unaprediti samu oblast grafičke ambalaže sa sve većim zahtevima korisnika. Svakako, ovo tek otvara mogućnosti za dalje razvijanje ideje, ali cilj je bio istražiti što više mogućnosti, sagledati postojeće primere i prema tome postaviti jasnu osnovu za dalji razvoj.

## 10. LITERATURA

- [1] Novaković, D.: „Slajdovi iz predmeta Grafička Ambalaža“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.
- [2] Robertson, G.: „Active and intelligent packaging“. 2nd ed. CRC press, Boca Raton, 2006.
- [3] Han, J.H.: „Inovations in Food Packaging“. Second edition. Food Science and Technology International. USA, 2013. URL: <https://books.google.rs> (last request: 14-05-2016)
- [4] Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., Meulenaer, F.: „Intelligent food packaging.“. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgium, 2014.

Adresa autora za kontakt

MSc Darija Jovičić  
[darija1004@gmail.com](mailto:darija1004@gmail.com)

Prof. dr Dragoljub Novaković  
[novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)  
 MSc Stefan Đurđević  
[djurdjovic@uns.ac.rs](mailto:djurdjovic@uns.ac.rs)

**RAZVOJ PROGRAMSKOG REŠENJA UČENJA NA DALJINU ZA MAŠINU ZA SAKUPLJANJE TABAKA****DEVELOPMENT OF SOFTWARE SOLUTION FOR A COLLATING MACHINE THROUGH DISTANCE LEARNING**

Aron Vajda, Dragoljub Novaković, Ivan Pinčjer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu su predstavljena istraživanja vezana za razvoj baze znanja o mašinama za sakupljanje tabaka materijala. Poseban segment je vezan za razvoj vizuelnih elemenata funkcionisanja konkretne mašine i procesa. Istraživački deo daje prikaz kako se došlo do željenog cilja, prikaz 3D modelovanja i kompozitiranja u fleš prezentaciji, i koji su programi korišćeni.

**Abstract** – This paper consists of two main parts. The theoretical part which explains the collating process how does the machine work and explains its segments. Practical part which explains how were 3d model and flash presentation created and what programs were used to do so. And the research part which explains how it was all achieved.

**Ključne reči:** *Horizon, VAC 100, sakupljanje, završna grafička obrada, 3d animacije, 3d modelovanje, flash prezentacija.*

**1. UVOD**

Cilj master rada se odnosi na izradu trodimenzionalnog modela mašine za sakupljanje, Horizon VAC-100, kao i priprema za vizualizaciju i izradu animacije toka sakupljanja. Deo rada se odnosi na učenje na daljinu i mogućnost korisnika da dobije osnovna i neophodna znanja o samom radu mašine i procesu sakupljanja kroz animaciju.

Korisniku je omogućena interakcija sa modelom, pomoću koje su prezentovani ključni funkcionalni delovi mašine i date su detaljne informacije šta ti određeni delovi predstavljaju i koja im je uloga u samom procesu izrade grafičkog proizvoda.

Za uspešno realizovanje zadatka i izradu trodimenzionalnog modela mašine potrebno je prikupiti što veći broj referentnih fotografija kako bi dobili što realističniji model. Takođe je potrebno obratiti posebnu pažnju na način funkcionisanja mašine, koji su ključni delovi i u kakvoj su povezanosti ti delovi, jer bez toga nije moguće izraditi zahtevanu animaciju.

Izrada trodimenzionalnog modela, njegova vizualizacija i animacija je dobijena pomoću 3D softvera pod nazivom 3D studio Max, a za samu prezentaciju je korišćena Adobe Flash aplikacija.

**NAPOMENA:**

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

**2. UČENJE NA DALJINU**

Učenje na daljinu je dostizanje znanja i veština kroz dostavljene informacije i uputstva, primenom različitih tehnologija i ostalih formi učenja na daljinu. Početak ovog vida obrazovanja, prihvatimo 1858. godinu, kada je Londonski univerzitet svojom odlukom dao dozvolu polaganja ispita bez prethodnog posećivanja predavanja i time utemeljio prvi zvanični oblik učenja na daljinu u vidu dopisnih kurseva. Od 1920. godine, radijski program je počeo da se koristi kao medij za učenje na daljinu, a njegovu ulogu je potom dopunila, pa čak i preuzela televizija, tridesetak godina kasnije. Od 1980. godine, počela je implementacija računarskih mreža, što je omogućilo da se komunikacija između učesnika programa učenja na daljinu podigne na viši nivo. (Zenović i Bagarić, 2014)

**3. ZAVRŠNA GRAFIČKA OBRADA**

U završnoj grafičkoj obradi se štampanom proizvodu daju zahtevane karakteristike, forme i funkcije. Razni proizvodi podležu završnoj grafičkoj obradi, kao što su pojedini tabaci, savijeni tabaci, novine, knjige, brošure itd. U procese završne grafičke obrade spadaju sečenje, savijanje, lepljenje, sakupljanje, šivenje žicom ili koncem, perforacija itd. (Kipphan, 2001)

Sakupljanjem nesavijenih i savijenih tabaka, listova ili traka dobijaju se knjižni blokovi i slične naslage materijala za grafičke proizvode i poveze kao što su knjige, brošure i blokovi (monografije, časopisi, magazini, kalendari i slično). Operacija sakupljanja se realizuje ručno ili mašinski. (Pal, 2016)

**4. HORIZON VAC-100**

VAC-100, je vertikalna mašina za sakupljanje. Sastoji se iz 10 ulagajućih jedinica i proširiva je do 6 modula, i tako stvara 60 ulagajućih jedinica zauzimajući najmanji mogući prostor. VAC-100 je veoma pouzdana i produktivna mašina. Ima jedinstveni sistem ulaganja koji dozvoljava širok dijapazon tabaka, od 52 g/m<sup>2</sup> do kartona od 208 g/m<sup>2</sup>. Veličina tabaka može da varira od 120x148mm do 350x500mm.

**4. Horizon PJ-77**

PJ-77 je vibracioni i spuštajući uređaj za prikupljanje sakupljenih tabaka koje se mogu staviti sa prednje i zadnje strane mašine VAC – 100 da bi se tabaci prikupili. Pokrenut je uz pomoć posebnog motora, pa se prikupljanje sakupljenih tabaka perfektno poravnava i spušta automatski u zavisnosti od brzine mašine za sakupljanje.

## 5. 3D

Kod trodimenzionalne grafike elementi slike se čuvaju u vidu matematičkih podataka, s tim što su ovaj put u pitanju koordinate tačaka u prostoru. To znači da objekti imaju širinu, visinu i dubinu. Objektu je zatim moguće definisati materijal i dodeliti mu određena svojstva kao što su boja, tekstura, reljef, transparentcija, refrakcija i sl. Tako definisani objekti se postavljaju na scenu zajedno sa svetlosnim izvorima i kamerama.

Na osnovu zadatih parametara, računar generiše prikaz scene kako bi sve to izgledalo kroz kameru. Ovaj proces senčenja naziva se praćenje zraka odnosno ray tracing u kojem se proračunava kretanje svetlosti od izvora do kamere. Zavisno od toga koliko je slika kompleksna i koliki nivo realnosti se zahteva, za prikaz će biti potrebno od nekoliko sekundi do nekoliko sati.

Svaka 3D mreža se može klasifikovati u dve grupe, čvrsta površina ili organska. Statični objekti, kao što su kamene statue, benzin pumpe, saobraćajni znaci, bi bili gledani kao čvrste površine a objekti koji bi se deformisali ili animirali, kao što su ljudski karakteri, životinje padaju u kategoriju organskih 3D modela. (Vaughan,2012)

Postoje dve vrste stila modeliranja, fotorealistični stil ili stilizovani. Fotorealistični modeli su modeli koji su realistični. Digitalni umetnici koriste fotografske reference i svoje sposobnosti opažanja da prenose realistične karakteristike koje se mogu naći na samom modelu. Kada se digitalni model sastoji iz umetničkih formi i nerealistični stil, naziva se stilizovanim modeliranjem. Crtani karakteri i okolina su najbolji primeri stilizovanog modelovanja. (Vaughan,2012)

### 5.1. Autodesk 3D Studio Max

Program 3ds Max (Slika 1) je jedan od najpopularnijih i najefikasnijih programa za 3D grafiku koji su zastupljeni na tržištu. Može da se koristi u najrazličitije komercijalne i umetničke svrhe, bez obzira da li je reč o arhitekturi, računarskim igricama, filmskoj produkciji, dizajnu, sudskom veštačenju, vizuelizaciji u medicini, tj medicinskoj simulaciji, vizuelizaciji u naučne svrhe, virtuelnoj realnosti ili umetnosti. (Cvetković i Kostić, 2009)



Slika 1. 3DS MAX

### 5.2. Materijali

Materijali se koriste kako bi 3D objektu zadali boju. Kao i materijali u stvarnom životu koji se opisuju kao meke, glatke, providne ili plavi materijali koji su primenjeni 3D objektu i imitiraju karakteristike kao što su boja, tekstura, providnost, sjajnost itd. (Murdock, 2012)

### 5.3. Izvori svetlosti

U svetu digitalnih slika svetlost je računarska operacija. Algoritmi za vizualizaciju, način poravnanja normala, G-baferi i Z-baferi određuju način prikazivanja objekata i senki. Na mestima gde računarske operacije otkazu, na korisniku je da uočene probleme ispravi. (Cvetković i Kostić, 2009)

U 3ds max scenama najčešće se koriste dva načina osvetljenja: svetla zasnovana na prirodnom i svetla zasnovana na veštačkom osvetljenju. Prirodna svetla se koriste za spoljne scene i gde se koristi sunce i mesec kao izvor svetlosti. Veštačka svetlost se koristi za unutrašnje scene gde su izvori svetlosti sijalice. Mada, nekad se koriste i veštačke i prirodne svetlosti zajedno, npr. sunčeva svetlost kroz prozor, ili sijalica na banderama. (Murdock, 2012)

### 5.4. Kamera

Korišćenjem kamere korisnik određuje na koji način će publika posmatrati scenu. Položaj kamere bitno određuje kompoziciju konačne slike. Na ovaj način se posmatraču saopštava šta je zapravo važno u sceni i on se postavlja u samo srce scene. Pravilnim postavljanjem kamere, jedna sasvim prosečna scena može se učiniti nezaboravnom. (Cvetković i Kostić, 2009)

### 5.5 Render

Renderovanje predstavlja poslednji korak za dobijanje 2D slike na osnovu izrađene 3D scene. Naravno, scena koja se pravi u 3D softveru konstantno biva renderovana pomoću rendera u realnom vremenom koji koristi DirectX i OpenGL i oni su podržani grafičkim karticama. (Chopine, 2011)

Uz pomoć 3ds max pluginova moguće je izabrati renderer koji želimo koristiti za izlaznu informaciju. Moguće je izabrati razne rendere za produkciju, Material Editor, i ActiveShade mod. Rendereri koje se mogu izabrati su Default Scanline Renderer, mental ray, Vray, Quicksilver Hardware Renderer ili neki drugi instalirani renderer. (Murdock, 2012)

### 5.6 Simulacija

Slike u reprodukovanoj sekvenci se u simulaciji označavaju kao kadrovi. U programu 3ds Max kadrovi se posmatraju u vidnom polju tako što se menja prikaz scene u vremenskom kontinuitetu. Vremenski klizač (na engleskom time slider) omogućava jednostavnu kretnju kroz frejmove jedne animacije. Animacija u 3ds max-u radi na principu ključeva. Ključevi označavaju stanje jednog objekta u određenom vremenu. Animacija se stvara tako što se objekat kreće ili menja između dva ključa. (Cvetković i Kostić, 2009)

## 6. PRAKTIČNI DEO

Nakon što su potrebne informacije skupljene i odabran pogodan softver počinje proces stvaranja 3D modela, sama simulacija i sklapanje svih elemenata u jednu flash prezentaciju.

### 6.1. Modelovanje

Za izradu 3D modela mašine Horizon VAC-100 (Slika 2) i njenih delova korišćena je tehnika boks modelovanja. Ova tehnika modelovanja je opisana teorijskom delu samog rada. Program koji je korišćen za realizovanje

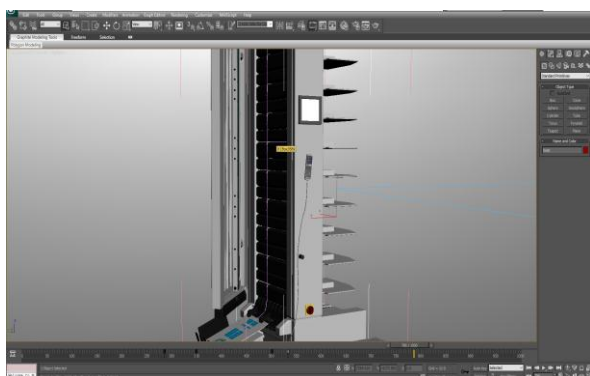
modela je 3ds Max. Proces izrade se sastoji od prikupljanja što većeg broja referentnih fotografija, izrada skica da bi se dobila što realističniji i verodostojniji prikaz mašine. Skice su korišćenje za izradu grubog modela tj. za izradu "školjke" i nakon toga se koriste fotografije za izradu samih detalja. Rešavanje problema i način izrade delova je takođe važan deo izrade modela. Rešavanje problema se steče vremenom i iskustvom, a predstavlja strategiju koje alate i tehnike da se koriste za izradu određenog modela.



Slika 2. 3D model mašine Horizon VAC-100

## 6.2. Izrada simulacije

Simulacija mašine (Slika 3) Horizon VAC-100 je realizovana korišćenjem ključnih frejmove između delova mašine, koji imaju za cilj da prikažu proces sakupljanja. Proces sakupljanja koji je prikazan preko simulacije se sastoji iz ulaganja tabaka u odgovarajuće jedinice, zatim se mašina pokreće i vrši sakupljanje, nakon toga se sakupljeni tabaci izlažu u mašinu za izlaganje Horizon PJ-77. Nakon izrade simulacije postavlja se kamera, njena putanja i kontrola kretanja. Ova putanja je takođe omogućena uz pomoć ključnih frejmoveva.



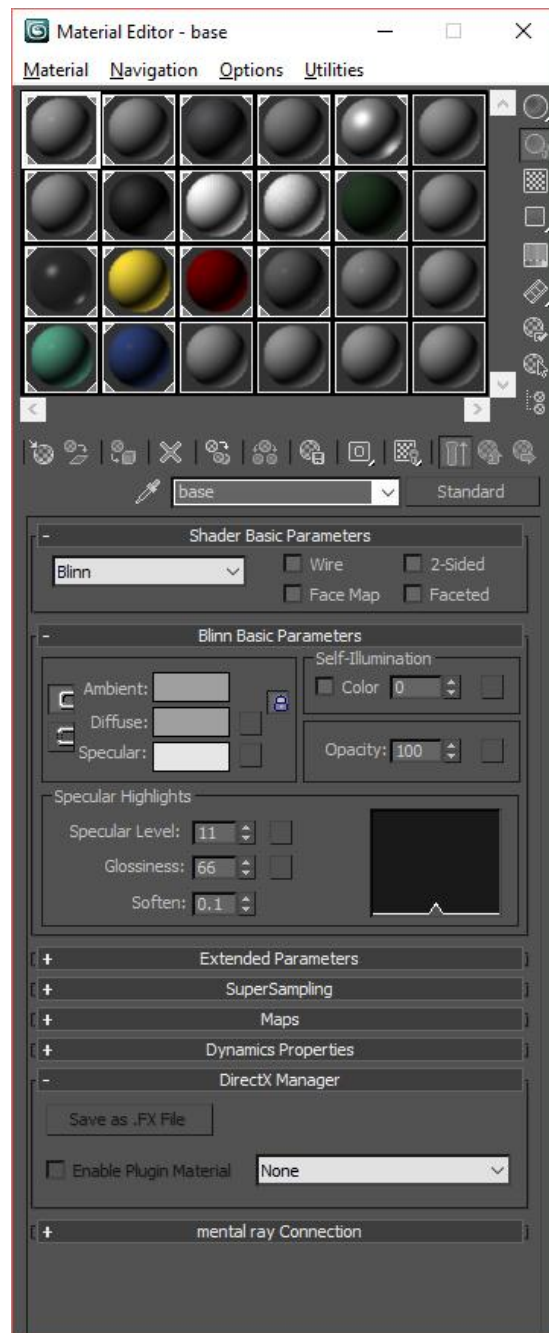
Slika 3. Izrada animacije

## 6.3. Materijali, svetla i render

Materijali, svetla i render su u uskoj vezi u 3D aplikacijama. U 3ds maxu najčešće se koristi Mental Ray, Vray, Brazil. U zavisnosti od odabranog rendera se koriste određeni materijali i izvori svetlosti. Za realizaciju

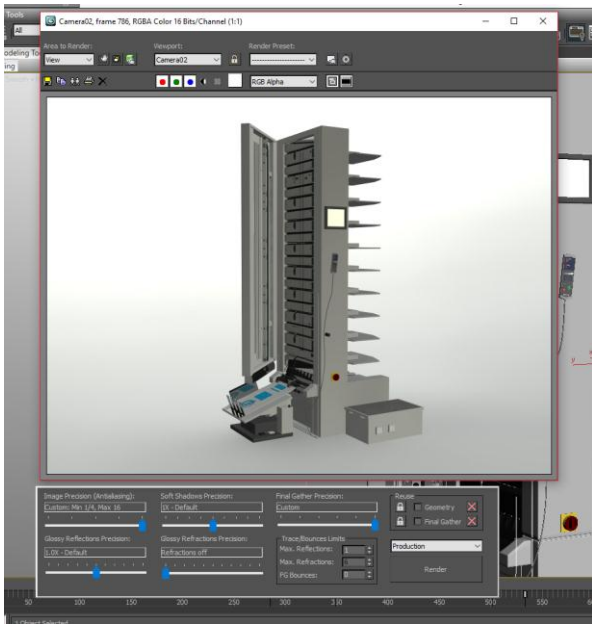
simulacije Horizon VAC-100 korišćen je Mental Ray, pa samim tim svetlosni izvori i materijali su optimizovani za ovu vrstu rendera. Svetla se nalaze u panelu Create pod karticom standard.

Korišćen je Omni i Target Spot osvetljenje. Materijali koji su korišćeni se nalaze u Material Editoru, koji se nalazi u glavnoj paleti ili pritiskom dugmeta M na tastaturi (Slika 4).



Slika 4. Materijali za senčenje mašine

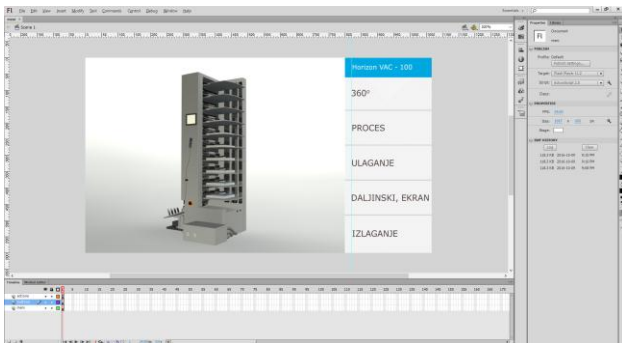
Mental Ray (Slika 5) je softver za renderovanje koji generiše slike odličnog kvaliteta i neprevaziđenog realizma koja je bazirana na naprednoj tehnologiji zraka svetla. Mental Ray se koristi u zabavnoj industriji i u dizajnu. Takođe se može koristi za renderovanje na render farmama.



Slika 5. *Mental Ray*

#### 6.4. Flash prezentacija

Posle izrade modela, materijala, svetla, simulacije i dobijenog konačnog formata, potrebno je povezati u jednu interaktivnu celinu radi dobijanja potrebne baze za učenje na daljinu. Ova interakcija je omogućena uz pomoć flash aplikacije koja je unapred napravljena u Adobe Flash softveru (Slika 6). Sama interakcija se sastoji iz mogućnosti pregledanja svih delova mašine i dobijanje detaljnih informacija o njima.



Slika 6. *Adobe Flash*

### 7. ZAKLJUČAK

Koncept učenja na daljinu nije novo, ali sa pojavom interneta se veoma proširilo i vremenom će postajati sve pristupačniji vid obrazovanja. Glavni razlozi ovoga su manja ograničenja i veće fleksibilnosti koje daje učenje na daljinu. Sve veći broj univerziteta, obrazovnih institucija, kurseva i srednjih škola uvode ili su u fazi uvođenja mogućnosti sticanja znanja iz određenih oblasti putem online učionica. Takođe, omogućena je i interaktivna komunikacija sa profesorima ili ostalim učesnicima programa kako bi se učenje ubrzalo i olakšalo.

Glavni cilj rada je stvaranje interaktivne prezentacije preko koje studenti mogu da proučavaju datu mašinu, tačnije Horizon VAC-100, koja se koristi za sakupljanje tabaka.

Prvo se izrađuje trodimenzionalni model uz pomoć programa 3DS Max.

Nakon toga se izrađuje animacija, sa svojim ključnim funkcionalnim delovima. Uz pomoć video zapisa je omogućeno korisniku da dobije detaljne informacije o samoj mašini i njenom procesu.

Da bi se omogućila interaktivnost korišćen je program Adobe Flash. Ovim konceptom je korisniku data mogućnost za dobijanje detaljnijih informacija o funkcionalnim delovima mašine.

### 8. LITERATURA

- [1] Chopine, A. 3D ART ESSENTIALS The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing, and Animation. Oxford, Elsevier Inc., 2011
- [2] Cvetković, D., Kostić, Z. "3D grafika i animacija", Beograd, Univerzitet singidunim Fakultet za informatiku i menadžment, 2009
- [3] Kipphan, H. Handbook of print media. Berlin, Springer-Verlag, 2001
- [4] Murdock, K. "Autodesk® 3ds Max® BIBLE" Indianapolis, John Wiley & Sons, Inc., 2012
- [5] Novaković, D., Pal, M. "Završna grafička obrada-Praktikum za vežbe" Novi Sad, FTN izdavaštvo 2012
- [6] Pal, M. Završna grafička obrada-Sakupljanje grafičkih materijala-Skripta. Novi Sad, 2016
- [7] Vaughan, W. Digital modeling. Berkley, Pearson Education, Inc., 2012
- [8] Zenović, I., Bagarić, I. Trendovi u otvorenom učenju na daljinu u svetu i kod nas, [Online] Dostupno na: <http://portal.sinteza.singidunum.ac.rs/Media/files/2014/379-384.pdf>, 2014

### Adresa autora za kontakt

Aron Vajda  
vajdans@gmail.com

Prof. dr Dragoljub Novaković  
novakd@uns.ac.rs

Dr Ivan Pinčjer  
pintier@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**RAZVOJ I ISPITIVANJE REŠENJA AMBALAŽE ZA ČAJ****DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF TEA PACKAGING SOLUTION**

Žaklina Mako, Dragoljub Novaković, Magdolna Pál, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Kao posledica sve veće konkurencije i međunarodne trgovine raznovrsnost ambalaže čaja se znatno povećala. Cilj rada je projektovanje složive kartonske kutije za rinfuzni čaj i analiziranje kvaliteta projektovane kutije. Vršena su ispitivanja zatezne čvrstoće kartona, otpornost kutije na sabijanje, kontrola dimenzije i vizuelna kontrola.

**Abstract** – As a result of ever growing competition and international trade the diversity of tea packaging has increased. The goal of this paper is to design a folding carton box for loose leaf tea and analyse it's quality. The following characteristics were tested: tensile strength, box compression strength, dimensions and visual quality.

**Ključne reči:** *grafička ambalaža, složiva kutija, strukturni dizajn, kvalitet*

**1. UVOD**

Ambalaža predstavlja važnu ulogu tokom životnog ciklusa proizvoda. Prvobitna namena joj je da zaštiti i čuva robu tokom transporta i upotrebe proizvoda, ali takođe pruža bitne informacije i daje atraktivan izgled, čime privlači pažnju ciljne publike. Povećanjem konzumiranja čaja, rešenja za ambalažu tih proizvoda su postala kreativnija i raznovrsnija. Za izradu ambalaže za čaj su dostupni raznovrsni materijali. Tokom poslednjih nekoliko godina zbog ekoloških razloga došlo je do renesanse korišćenja kartona kao materijala za izradu ambalaže. Kartonska ambalaža daje mogućnost izrade nekonvencionalnih formi i oblika [1].

**1.1. Složiva kartonska ambalaža**

Kartonska ambalaža, kao deo sveukupne ambalaže koja se koristi u pakovanju raznih proizvoda, velikog je dijapazona primene. Izrađuje se od kartona različitog kvaliteta, korišćenjem savremene tehnologije štampe i oblikovanja. Najtipičniji predstavnici kartonskih kutija su složive kutije. Za složive kutije je karakteristično da se dostavljaju u rasklopljenom ili 2D obliku. Prilikom pakovanja proizvoda u ambalažu kartonska kutija se formira, puni i zatvara. Uobičajeni strukturni dizajn složivih kutija je pravougaonog oblika. Mada su mogući i ostali oblici, npr. trapezni, trougaoni, piramidni i slično. Svaka ozbiljna kompanija ulaže mnogo u dizajn ambalaže jer je pravi izbor materijala i tehnologije pakovanja najbolji način da se proizvod što duže održi u željenom kvalitetu i da bude privlačan kupcu [2].

**NAPOMENA:**

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

**1.2. Projektovanje ambalaže**

Ambalaža često ima presudnu ulogu pri kupovini proizvoda, zbog čega je procesu projektovanja ambalaže potrebno posvetiti posebnu pažnju. Složenost procesa projektovanja zavisi od više faktora, kao što su: obim proizvodnje, raspoloživi podaci i raspoloživo vreme. Razvoj ambalaže od ideje do konačnog rešenja se može podeliti na sledeće korake [3]:

- prikupljanje informacija,
- razvoj preliminarnog koncepta kutije,
- konačno rešenje kutije, strukturni dizajn,
- grafički dizajn,
- konstrukcija prototipa,
- prezentacija, testiranje i usvajanje.

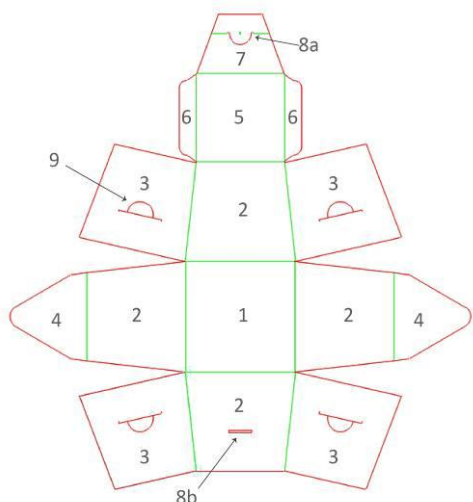
**2. SOFTVERSKO REŠENJE ZA RAZVOJ PROJEKTA**

U ovom radu su razmatrani neki od koraka projektovanja nove ambalaže. Na osnovu prikupljenih informacija o proizvodu i potencijalnim potrošačima izrađeno je više idejnih rešenja, a konačno rešenje je odabrano na osnovu unapred definisanih kriterijuma.

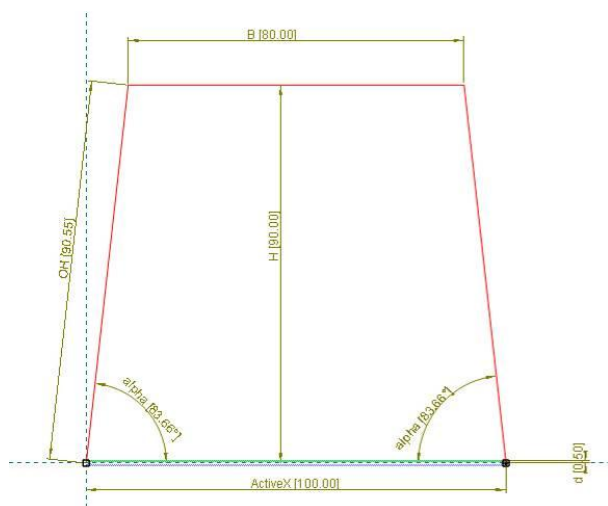
Strukturni dizajn kartonske ambalaže za čaj je rađen u programu EngView Synergy. EngView Synergy je program za kreiranje dimenziono podesivog nacrt kutije za industriju kartonske ambalaže. Izrada podesivog nacrt kutije u ovom programu se sastoji iz dve faze: kreiranje parametarskih komponenata i sklapanje tih komponenata u kompletan dimenziono podesiv nacrt kutije. Parametarske komponente su konstrukcioni elementi dimenziono podesive kutije. Dimenzije parametarskih komponenata nisu definisane brojevanim vrednostima već parametrima, čije vrednosti su dostupne u kontrolnom panelu softvera i po potrebi se mogu neposredno menjati bez narušavanja polaznog nacrt elementa. U parametarske komponente se ubrajaju baza, pojedinačne komponente i povezane komponente. Softver EngView Synergy nudi mogućnost kreiranja novog, dimenziono podesivog nacrt od potpuno novih elemenata definisanjem novih parametarskih komponenti ili od već postojećih komponenata, koje se nalaze u biblioteci programa i modifikovanjem istih [4].

U ovom radu projektovanje dimenziono podesivog nacrt kutije za konkretan proizvod (čaj) je izvršeno pomoću potpuno novih parametarskih komponenata. Prikaz tih komponenata (označeni brojevima) kao i kompletan nacrt projektovane kutije je dat slici 1. Brojevi elemenata predstavljaju i planirani redosled kreiranja tih elemenata. Primer jednog novo projektovanog elementa sa definisanim parametrima (Tabela 1) je dat na slici 2. Prikazan primer predstavlja pojedinačnu komponentu 2 (stranicu kutije), na koju se postavljaju svi ostali elementi

kutije. Stranica je direktno spojena sa bazom kutije preko parametra A, koji je i ujedno parametar ActiveX.



Slika 1. Dimenziono podesiv nacrt kutije sa označenim elementima: 1 – baza, 2 – stranice kutije, 3 – bočne klapne, 4 – klapne kutije, 5 – poklopac kutije, 6 i 7 – klapne za zatvaranje, 8a i 8b – elementi za zatvaranje, 9 – otvor na bočnim klapnama



Slika 2. Primer jedne projektovane klapne kutije

Tabela 1. Vrednosti parametara projektovanog elementa

Tip parametra	Oznaka parametra	Vrednosti parametra
Globalni	d	d() [debljina materijala]
Globalni	H	90 [mm]
Globalni	B	80 [mm]
Lokalni	ActiveX	100 [mm]
Lokalni	A	ActiveX
Lokalni	alpha	atan(H/((A-B)/2))
Lokalni	OH	sqrt(H*H+((A-B)/2)*((A-B)/2))

Po završetku definisanja parametara za svaku pojedinačnu komponentu bilo je neophodno promeniti one parametre iz lokalne u globalne, koji treba da ostanu dostupni (i po potrebi promenljivi) u gotovom, dimenziono podesivom nacrtu kutije.

### 3. IZRADA PROTOTIPA

Nakon završetka projektovanja nove dimenziono podesive kutije vršena su objektivna i subjektivna ispitivanja kvaliteta na prototipovima kutije. Projektovana kutija je bila izrađena u 5 različitih veličina: u originalnoj projektovanoj veličini (sa osnovom dužine 100 mm), u

dve umanjene (50% i 75% od originalne kutije) i u dve uvećane (125% i 150% od originalne kutije). Prototipovi kutija u različitim dimenzijama su bili izrađeni od tri vrste kartona različitih karakteristika (Tabela 2). Dati kartoni su bili odabrani na osnovu oblasti primene: karton 1 je obostrano premazni karton sa dobrim štamparskim svojstvima, karton 2 je predviđen za tehničko crtanje i izradu maketa, dok karton 3 predstavlja ambalažni karton. Od svakog kartona i u svim veličinama je bilo izrađeno po pet kutija.

Tabela 2. Osnovni podaci korišćenih kartona

Uzorak	Proizvođač	Naziv	Gramatura [g/m <sup>2</sup> ]	Debljina [mm]
Karton 1	Gold East Paper	Nevia C2S Matt	300	0,38
Karton 2	Fedrigoni	Tecnico	240	0,39
Karton 3	Fedrigoni	Freelife Mérida	280	0,41

Za izradu prototipa projektovane kutije korišćena je mašina za izradu prototipa ambalažnih i pratećih materijala Aristomat SL 1317. Mašina ima mogućnost rezanja više tipova materijala uz odgovarajući izbor alata i podešavanja, a preko kontrolnog panela ona može biti povezana i sa računarom i različitim softverima. Pa tako, kutije su bile izrezane putem instrukcija snimljenih u HPGL formatu (Hewlett-Packard Graphics Language) direktno kreiranih u softverskom paketu EngView Package Designer.

### 4. ISPITIVANJE KVALITETA PROJEKTOVANOG REŠENJA

Metode ispitivanja kvaliteta kartonske ambalaže koje su se koristile u ovom radu mogu se podeliti na objektivne i subjektivne metode. Objektivnim ispitivanjem je određena zatezna čvrstoća kartona, odstupanje dimenzija kutije od projektovanih dimenzija i otpornost kutije na sabijanje. Subjektivno ispitivanje je obuhvatilo vizuelnu analizu izgleda projektovane kartonske ambalaže u celosti, a poseban osvrt je dat izgledu linija savijanja.

Uređaj koji je korišćen za ispitivanje zatezne čvrstoće materijala i otpornosti kutije na sabijanje je Shimadzu EZ-LX sa mogućnošću upravljanja preko računara uz odgovarajući softver, TrapeziumX. U datom softveru su kreirane metode, kontrolisan je tok ispitivanja i analizirani su rezultati merenja. Uređaj karakteriše maksimalno opterećenje od 5 kN, maksimalan hod merne glave od 920 mm, brzina testiranja od 0,001 do 1000 min/mm [5]. Za testiranje zatezne čvrstoće kartona na mašinu su bile postavljane samostezajuće čeljusti za prihvatanje epruveta, dok su za ispitivanje otpornosti kutije na sabijanje bile korišćene kompresione ploče.

#### 4.1. Zatezna čvrstoća

Na osnovu vrednosti zatezne čvrstoće može se predvideti ponašanje kartona kada je izložen dinamičkom opterećenju. Ovo je posebno bitan faktor kada je reč o kartonima za ambalažu, koji su izloženi raznim opterećenjima kako u toku izrade ambalaže, tako i u toku transporta i skladištenja robe. Za potrebe ispitivanja, merenje zatezne čvrstoće je vršeno metodom TAPPI T494. U slučaju papira i kartona zatezna čvrstoća je sila

kidanja po jedinici širine testiranog uzorka, a jedinica je N/mm ili kN/m [6].

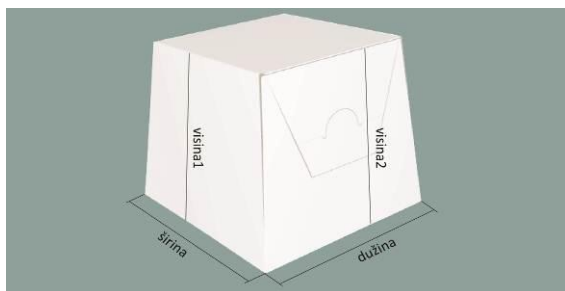
Zatezna čvrstoća papira i kartona je različita u poprečnom (CD – cross direction) i mašinskom (MD – machine direction) smeru, zbog čega je potrebno meriti zateznu čvrstoću u oba smera. Za testiranje se koristilo 10 epruveta u oba smera (MD i CD) širine  $25 \pm 1$  mm i dužine 270 mm, (180 mm za uzorak i po 45 mm po prihvatnoj čeljusti). Rastojanje između prihvatnih čeljusti je iznosilo 180 mm, dok je njihova brzina razmicanja bila 25 mm/min. Kao rezultat merenja dobila se sila kidanja, izduženje u milimetrima i procentima. Korišćeni softver TrapeziumX je automatski izračunavao srednju vrednost po vrstama kartona i odgovarajuću standardnu devijaciju. Na osnovu dobijenih vrednosti sile kidanja izračunate su zatezne čvrstoće za svaki karton ponaosob i to u oba smera vlaknaca.

#### 4.2. Otpornost na sabijanje

Otpornost kutije na sabijanje je jedna od karakteristika na osnovu kojih se može proceniti sposobnost kutije da izdrži opterećenja kojima je izložena tokom transporta i skladištenja. Prema definiciji otpornost na sabijanje predstavlja maksimalnu silu sabijanja koju uzorak može da izdrži bez savijanja ili deformacija i izražava se u N sa obaveznom definisanjem tipa kutije i njenih dimenzija [7]. Prilikom testiranja, prazne kutije su bile postavljane između kompresionih ploča uređaja za ispitivanje, pri čemu je gornja ploča bila pokretna i vršila sabijanje kutije brzinom od  $13 \pm 2.5$  mm/min, što je propisano standardom TAPPI T804 [8]. Za vreme ispitivanja je bilo potrebno da se klapna za zatvaranje pričvrsti (zalepi) za telo kutije da se ne bi otvorila spontano i tako uticala na rezultat ispitivanja. Iz tehničkih razloga, ispitivanje otpornosti kutije na sabijanje je izvršeno samo na kutijama smanjenih dimenzija (50% i 75% originalne kutije) i na kutijama originalnih dimenzija. Srednje vrednosti, odgovarajuće standardne devijacije i koeficijent varijacije po svakom kartonu i dimenziji ispitanih kutija su bile izračunate na osnovu pet pojedinačnih merenja.

#### 4.3. Kontrola dimenzija

Radi provere tačnosti izrade, na projektovanim kutijama je izvršena i kontrola osnovnih dimenzija (dužine, širine i visine kutije u svim kombinacijama - Slika 3). Kako klapna za zatvaranje projektovane kutije može značajno da utiče na rezultate visine, ista je bila merena (i kasnije analizirana) odvojeno i na bočnim stranama (visina1) i na prednjem/zadnjem panelu (visina2).



Slika 3. Skica kutije sa obeležnim mestima merenja

Izvršeno je 10 merenja po svakoj kombinaciji parametra (kartonu i veličini). Na osnovu izmerenih vrednosti izračunate su srednje vrednosti, odgovarajuće standardne devijacije i koeficijenti varijacije za svaku kombinaciju

dimenzija i materijala, a sama odstupanja od projektovanih dimenzija su izračunata i u milimetrima i procentima.

#### 4.4. Vizuelna kontrola

Vizuelna kontrola se služi za uočavanje grešaka na izrađenim kutijama. Za dokumentaciju su fotografisani uzorci sa karakterističnim greškama. Uz odgovarajuće slike su date uočene greške, mogući uzroci i preporuke za uklanjanje tih grešaka. Za uklanjanje uzroka grešaka neophodno je poznavanje celog procesa izrade kutije i podesivih parametara u procesu.

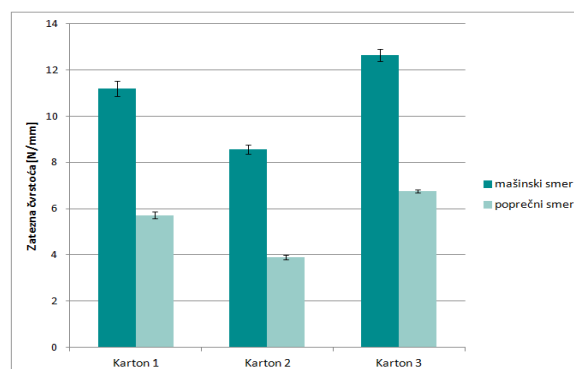
### 5. DISKUSIJA REZULTATA

#### 5.1. Zatezna čvrstoća

U tabeli 3 se nalaze izračunate srednje vrednosti zatezne čvrstoće u oba smera, dok su na slici 4 ti rezultati prikazani i grafički sa odgovarajućim vrednostima standarne devijacije.

Tabela 3. Srednje vrednosti zatezne čvrstoće kartona

Uzorak	Zatezna čvrstoća [N/mm]	
	mašinski smer	poprečni smer
Karton 1	11,20	5,72
Karton 2	8,57	3,90
Karton 3	12,64	6,75



Slika 4. Grafički prikaz vrednosti zatezne čvrstoće

Na osnovu prikazanih rezultata se može videti da je zatezna čvrstoća u mašinskom smeru veća nego u poprečnom, što je karakteristično za sve ambalažne materijale na bazi celuloze. Male vrednosti standardne devijacije ukazuju na ujednačenu strukturu i kvalitet ispitanih kartona. Raspon odgovarajućih koeficijenata varijacije u mašinskom smeru je bio od 2.14 do 2.95%, a u poprečnom smeru od 1.04 do 2.31%. Upoređivanjem rezultata zatezne čvrstoće različitih kartona može se uočiti da je karton 3 dao najveće vrednosti a karton 2 najmanje. Ovakvi rezultati su bili i očekivani, s obzirom na to da karton 3 predstavlja ambalažni karton, dok je karton 2 predviđen za tehničko crtanje i izradu maketa.

#### 5.2. Otpornost na sabijanje

Izračunate srednje vrednosti maksimalne sile sabijanja su prikazane u tabeli 4.

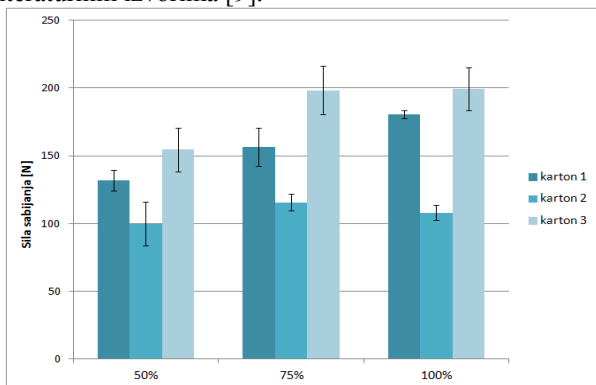
Tabela 4. Srednje vrednosti maksimalnih sila sabijanja

Veličina kutije	Maksimalne sile sabijanja [N]		
	Karton 1	Karton 2	Karton 3
50%	131,977	99,720	154,599
75%	156,621	115,507	198,409
100%	180,663	108,056	199,293

Na slici 5 je predstavljen uporedni prikaz promene maksimalne sile kompresije u zavisnosti od veličine kutije



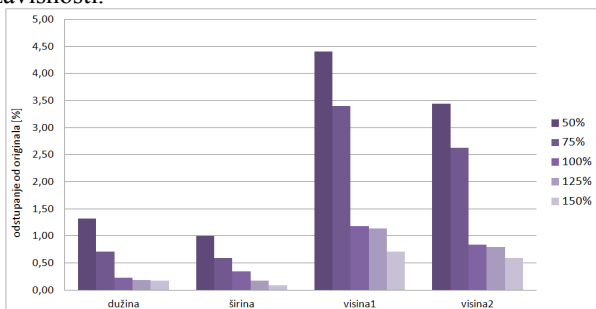
i od korišćenih kartona. Može se videti da kod svake veličine, kutije od kartona 3 imaju najveću silu sabijanja dok kutije od kartona 2 najmanju. Na grafikonu su prikazane i vrednosti standardne devijacije, na osnovu kojih se može videti da je rasipanje izmerenih oko srednje vrednosti kod kartona 3 najizraženije (odgovarajući koeficijenti varijacije su redom 10.48%, 9.10% i 8.03% za veličine od 50%, 75% i 100% polaznih dimenzija kutije). Dobijene vrednosti standardne devijacije su u skladu sa literaturnim izvorima [9].



Slika 5. Grafički prikaz maksimalne sile sabijanja

### 5.3. Kontrola dimenzija

Na slici 6 je grafički prikazan primer odstupanja dimenzija kutije (od kartona 1) od projektovanih dimenzija. Može se videti da su odstupanja kod visine znatno veće nego kod baze (dužina i širina). Takođe se uočava razlika u visini u zavisnosti od mesta merenja. Merenjem visine sa bočnih strana (visina1) dobija se veća vrednost nego merenjem sa prednje i zadnje strane (visina2), jer poklopac zbog klapne za zatvaranje ne naleže potpuno na bočne stranice. Ako se pogleda odstupanje dimenzija zavisno od vrste kartona koji je korišćen za izradu kutija, vidi se da između njih nema zavisnosti.

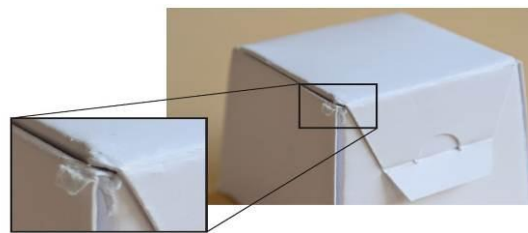


Slika 6. Odstupanja dimenzija kutije kod kartona 1

Iz rezultata merenja dimenzija se može uočiti da se povećanjem veličine same kutije smanjuju odstupanja od projektovanih dimenzija (izražena u procentima).

### 5.4. Vizuelna kontrola

Vizuelnom kontrolom su uočene greške na najmanjim izrađenim kutijama (50% originalne kutije). Zbog debljine korišćenih materijala, kod ovih kutija je izraženije da klapna za zatvaranje ne naleže potpuno na bočne stranice. Pored toga greška se javlja i na čoškovima u vidu oštećenja materijala (primer oštećenje se nalazi na slici 7). Uzrok ove greške je neadekvatan izbor debljine materijala ili alata. Za ovu dimenziju preporučeno je koristiti karton manje debljine (npr. polukarton). Kod kutija većih dimenzija ovi problemi ne postoje.



Slika 7. Primer oštećenja materijala

## 6. ZAKLJUČAK

Dimenziono podesiv nacrt kutije za čaj je bio kreiran pomoću potpuno novih parametarskih komponenata. Iako je sam proces projektovanja kutije složen, u velikoj meri olakšava ponovnu upotrebu i naknadne modifikacije nacrt kutije.

Zatezna čvrstoća u oba smera je bila najveća u slučaju kartona 3. Prema tome može se zaključiti da karton 3 ima najjaču strukturu. Od ispitanih kutija najveću silu na sabijanje su mogle da izdrže kutije izrađene od kartona 3, što je bilo i očekivano na osnovu rezultata zatezne čvrstoće. Rezultati merenja dimenzija ukazuju na to da se odstupanje dimenzija smanjuje povećanjem veličine kutije i da ne zavisi od korišćenih kartona. Vizuelnom analizom je utvrđeno da se vidljive greške javljaju samo kod najmanjih kutija i ne zavise od korišćenog kartona. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je od ispitanih kartona za izradu projektovane ambalaže najprikladniji karton 3, tj. ambalažni karton Freelifa Merida od proizvođača Fedrigoni.

## 7. LITERATURA

- [1] Kipphan, H., 2001. *Handbook of Print Media – Technologies and Production Methods*. Springer.
- [2] Kirwan, M., J., 2005. *Paper and paperboard packaging technology*. Blackwell Publishing.
- [3] DuPuis, S. i Silva, J., 2008. *Package design workbook: the art and science of successful packaging*. Singapore: Rockport Publishers.
- [4] EngView Systems, 2016. *EngView Synergy*. [online] Dostupno na: <https://www.engview.com/en/engview/products/EngView-Synergy/> [05.09.2016].
- [5] Shimadzu Corporation, 2012. *Compact Table-Top Universal Tester EZ Test*. [pdf] Dostupno na: <http://www.ssi.shimadzu.com/products/literature/testimg/c224-e055.pdf> [18.09.2016].
- [6] TAPPI, 2006. *T 494 om-01 Tensile properties of paper and paperboard*.
- [7] Iggesund, 2014. Box compression strength. [online] Dostupno na: <https://www.iggesund.com/en/knowledge/the-reference-manual/baseboard-physical-properties/box-compression-strength/> [16.09.2016].
- [8] TAPPI, 1997. *T 804 om-97 Compression test of fiberboard shipping containers*.
- [9] Paunonen, S., i Gregersen, Ø., 2010. The Effect of Moisture Content on Compression Stength of Boxes Made of Solid Fiberboard with Polyethylene Coating. *Journal of Applied Packaging Research*, 4(4).

### Kontakt autora:

Žaklina Mako [zaklina.mako@gmail.com](mailto:zaklina.mako@gmail.com)  
 Prof. dr Dragoljub Novaković [novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)  
 dr Magdolna Pál [apro@uns.ac.rs](mailto:apro@uns.ac.rs)  
 Grafičko inženjerstvo i dizajn, FTN, Novi Sad

**ANALIZA REPRODUKCIJE TONSKIH VREDNOSTI 3D MIKROSKOPOM (ANICAM)  
NA DIGITALNIM FLEKSO ŠTAMPARSKIM FORMAMA****TONE VALUE REPRODUCTION ANALYSIS ON DIGITAL FLEXOGRAPHIC  
PRINTING PLATES USING 3D MICROSCOPE (ANICAM)**

Kristina Balić, Sandra Dedijer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je izvršena analiza reprodukcije tonских vrednosti na digitalnim flekso štamparskim formama koristeći se 3D analizom. Pri tome, analiziran je uticaj linijature i debljine polimerne flekso štamparske forme, na reprodukciju tonских vrednosti i visinu reprodukovane pojedinačne rasterske tačke određenog tonkog polja. Analiza je vršena upotrebom uređaja Troika AniCAM, 3D mikroskopom, a snimci su obrađeni alatkama u softveru Anilox QC.

**Ključne reči:** flekso štampa, flekso štamparske forme, reprodukcija tonских vrednosti

**Abstract** – This thesis analyse the reproduction of tonal values on the digital flexo printing plates using 3D analysis. We have investigated the impact of polymer flexo printing plate resolution and thickness on the tonal value reproduction and height of a reproduced dot of exact tone value, as well. The analysis was performed using Troika AniCAM – 3D microscope, and records are processed with Anilox QC software tool.

**Key words:** flexo printing, flexo printing plate, tone value reproduction

**1. UVOD**

Iako je prvobitno kvalitet otiska u flekso štampi trpeo, u korist brzine i ekonomičnosti, danas možemo reći da se otisci dobijeni flekso tehnikom štampe mogu porediti sa visokokvalitetnim otiscima dobijenim bilo kojom drugom tehnikom štampe.

Flekso tehnika štampe je danas vrlo zastupljena tehnika koja je pronašla svoju primenu prvenstveno u štampi ambalaže. Od svoje prvobitne namene za štampu na neravnim podlogama, flekso tehnika štampe je napredovala i omogućila realizaciju otiska na neverovatan broj različitih podloga, upojnih i neupojnih, i širok dijapazon boja na različitim bazama što je rezultovalo da fleksibilnost i jednostavnost postanu jedne od glavnih prednosti ove tehnike. Ekonomičnost, veća brzina izrade štamparske forme, kao i zadovoljavajući kvalitet otiska u pogledu domena primene su samo još neke od prednosti flekso tehnike štampe koje joj omogućavaju siguran napredak na tržištu u odnosu na druge tehnike. Skorašnja unapređenja u oblasti flekso štamparskog procesa podigla su kvalitet flekso štampe na nivo ofset ili duboke štampe.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, docent.**

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. Digitalne štamparske forme u flekso štampi**

Štamparske forme za flekso štampu se proizvode u asortimanu željenih tvrdoća i debljina, u zavisnosti od primene. U načelu, ako podloga koja se štampa ima neujednačenu talasastu ili izražajno hrapavu strukturu površine, poželjno je koristiti štamparsku formu koja će biti dovoljno meka da omogući adekvatan prenos slike na podlogu, primenom malog pritiska koji neće dovesti do deformacije površine materijala koji se štampa (npr. štampanje na talasastom kartonu) [1].

Digitalni proces izrade štamparskih formi sve više je zastupljen u fleksografskoj tehnici štampe ali i dalje se ne izrađuje dovoljan broj ploča ovom tehnikom. Razlog tome je što ne postoji značajna ušteda u vremenu obrade u oblasti digitalne fleksografije. Takođe, materijal i ploče koje se koriste kod ove tehnike izrade su skuplji nego konvencionalni fotopolimerni materijali [2].

Digitalni proces oslikavanja fotopolimerne ploče postiže se, bez upotrebe negativ filma. Poizvođači su to omogućili integriranjem dodatnog sloja, crne karbonske maske, na gornji sloj fotopolimernog materijala. Tokom procesa digitalnog oslikavanja ploče laser otklanja procesom ablacije crnu masku sa ploče na mestima štampanja elemenata [3].

Dakle, osnovne prednosti digitalnog fleksografskog sistema bile su poboljšanje kvaliteta kao i bolja kontrola slike. Distorzija svetlosti, koja se javlja prilikom osvetljavanja fotopolimerne ploče kroz negativ film, jer film, ma koliko dobro bio postavljen, nikada u potpunosti ne može perfektno da naleže na ploču, dovodila je do promene dubine reljefa i spajanja rasterskih tačaka. Uz upotrebu digitalnih ploča dobijaju se rasterske tačke koje, u toku osvetljavanja ploče, ne menjaju svoju veličinu i oblik, što znači da ne dolazi do smanjenja reljefa na ploči, povećanja ili spajanja rasterskih tačaka, naročito kod jako niskih i visokih tonских vrednosti (TV). Ovo za sobom povlači mogućnost upotrebe veće linijature, reprodukciju oštrijih linija i manjih tačaka, a samim tim i mnogo širi spektar tonских vrednosti, jači kontrast slike i reprodukciju tonских vrednosti od 1-98%, što je u slučaju konvencionalnih ploča bilo nezamislivo.

CtP tehnologija omogućila je veliku preciznost izrade flekso štamparske forme isto tako i mogućnost primene različitih vrsta rastriranja kao što su AM - klasičan raster, hibridni ili FM raster. U poređenju sa kvalitetom izrade štamparske forme i posledično širokim mogućnostima u pogledu kvaliteta kranjeg otiska, troškovi investiranja u nove tehnološke CtP sisteme su svakako opravdani s obzirom da se obezbeđuje ponovljivost, visoka preciznost

izrada, štampa poslova visoke linijature čak i do 70 l/cm [4].

## 2.2. Štamparske forme od čvrstog fotopolimera

Svaka fotopolimerna kompozicija trebalo bi u svom sastavu da ima elastomer koji obezbeđuje osobine gume, elastičnost i čvrstoću, monomer zbog koga se dobijaju jačina i fleksibilnost usled ukrštanja lanaca i fotoinicijator koji obezbeđuje početak polimerizacije [5].

Polimerna smola osetljiva na svetlost izlaže se ultravioletnom zračenju i selektivno se učvršćuju željeni delovi smole, oni koji predstavljaju štampajuće elemente. Ploča se dalje obrađuje, odstranjuju se neosvetljeni delovi uglavnom upotrebom vode ili odgovarajućih rastvarača. Slika se prenosi na materijal ploče izlaganjem ultravioletnom zračenju. Sirov materijal koji je izložen zračenju kroz providne delove filma ili maske nakon toga otvrdne, odnosno, polimerizuju se. Delovi koji su zaštićeni od zračenja zatamnjenim delovima filma ili maske ostaju neočvršćeni i u sledećem koraku se ispiraju baznim rastvaračem ili vodom. [3].

## 2.2. Izrada digitalne (CtP) flekso štamparske forme koja se razvija konvencionalnim postupkom

Izrada digitalne (CtP) flekso štamparske forme koja se razvija konvencionalnim postupkom, odnosno u prisustvu organskog razvijачa odvija se po sledećim fazama:

- predosvetljavanje,
- lasersko oslikavanje,
- glavno osvetljavanje,
- razvijanje (najčešće u organskom razvijачu),
- sušenje i
- naknadno osvetljavanje (UVA i UVC).

Razvijanje je olakšano i ubrzano dejstvom četki (sa tankim čekinjama najčešće izrađenim od plastičnih materijala) koje svojim kretnjama po površini forme mehaničkim dejstvom olakšavaju uklanjanje neosvetljenog polimera. Sredstvo za razvijanje je najčešće mešavina alifatskih i cikličnih ugljovodonika i alkohola sa dugačkim lancem [6].

## 3. EKSPERIMENTALNI DEO

### 3.1. Metode i materijali

Za potrebe eksperimenta izabrane su štamparske forme istog proizvođača, tri različite debljine (1.14 mm, 1.7 mm i 2.54 mm) izrađene u pet različitih linijatura (75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 15 lpi i 180 lpi). Uređajem Troika AniCam su snimana tonska polja od 10%, 30%, 50%, 70% i 90% pokrivenosti, na svakoj od izrađenih štamparskih formi.

Kodak Flexcel NXH je tip fotopolimernih ploča koji po procesu izrade spada u digitalno - konvencionalni proces. Karakteristično za ovaj sistem je rešenje problema neujednačene gornje ravne strukture koju formira niz tačaka. Ove ploče su kompaktilne sa bojama na bazi vode, rastvarača, UV sušivim i katjonskim bojama.

Vreme predosvetljavanja i glavnog osvetljavanja je definisano prema preporukama proizvođača, s ciljem postizanja adekvatne visine osnove i pune debljine štamparske forme.

Tehnologija oslikavanja tačke kvadratnog oblika obezbeđuje viši nivo stabilnosti, tačnost i pouzdanost u toku pripreme za štampu [7].

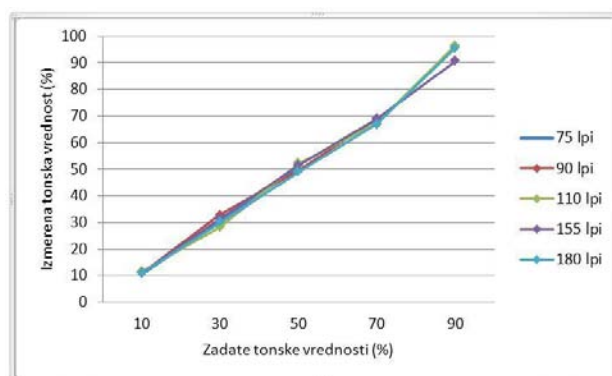
Snimci tonskih polja su dalje procesuirani u Anilox QC programu u kome su, korišćenjem raspoloživih alatki softvera, merene reprodukovane tonske vrednosti i srednja vrednost visine tačaka.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Analiza reprodukcije tonskih vrednosti u zavisnosti od linijature i debljine štamparske forme

Na Slici 1. predstavljen je grafik izmerenih tonskih vrednosti (srednja vrednost) za polja od 10%, 30%, 50%, 70% i 90%, u zavisnosti od primenjene linijature rastera za formu debljine 1.14 mm.

Na osnovu vrednosti predstavljenih na grafiku, može se zapaziti da nema značajnih odstupanja u pogledu tonske vrednosti u odnosu na inicijalno zadate vrednosti. Vrednosti su izmerene za polja od 10%, 30% i 50%, dok ostale vrednosti nije bilo moguće izmeriti na štamparskim formama niže linijature.



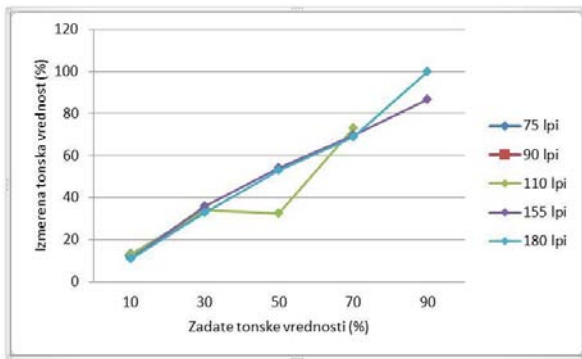
Slika 1. Grafički prikaz reprodukcije tonskih vrednosti na štamparskoj formi debljine 1.14 mm u zavisnosti od primenjene linijature rastera

Na osnovu rezultata predstavljenih na grafiku na Slici 1. za formu debljine 1.14 mm, dolazi se do zaključka da promena linijature za tonska polja na kojima je bilo moguće izmeriti tonske vrednosti, ne utiče značajno na promenu u reprodukovanoj tonskoj vrednosti.

Na Slici 2. predstavljen je grafik izmerenih tonskih vrednosti (srednja vrednost) od 10%, 30%, 50%, 70% i 90%, u zavisnosti od primenjene linijature rastera, za formu debljine 1.7 mm.

Na osnovu vrednosti predstavljenih na grafiku na Slici 2, može se zapaziti da su jedina veća odstupanja reprodukovane tonske vrednosti u odnosu na inicijalno zadate vrednosti izmerena na formi linijature 110 lpi na polju od 50% kao i na formi linijature 180 lpi na polju od 90%.

Za forme linijatura 75 lpi i 90 lpi vrednosti su izmerene za polja od 10%, 30% i 50%, dok ostale vrednosti nije bilo moguće izmeriti. Takođe, nemogućnost merenja tonske vrednosti od 90% je detektovana i kod štamparske forme linijature 110 lpi.

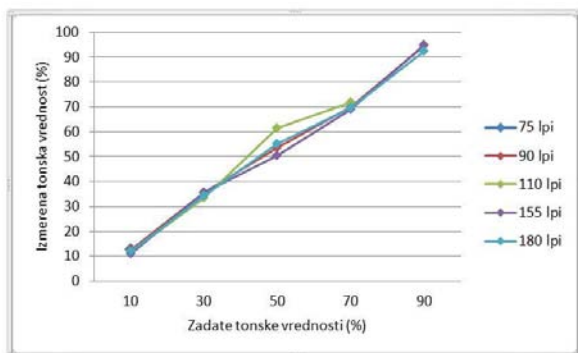


Slika 2. Grafički prikaz reprodukcije tonskih vrednosti na štamparskoj formi debljine 1.7 mm u zavisnosti od primenjene linijature rastera

Na osnovu rezultata predstavljenih na grafiku na Slici 2. za formu debljine 1.7 mm, dolazi se do zaključka da promena linijature za tonska polja na kojima je bilo moguće izmeriti tonske vrednosti, ne utiče značajno na promenu u reprodukciji iste.

Na Slici 3. predstavljen je grafik izmerenih tonskih vrednosti (srednja vrednost) od 10%, 30%, 50%, 70% i 90%, u zavisnosti od primenjene linijature rastera, za štamparsku formu debljine 2.54 mm.

Na osnovu vrednosti predstavljenih na grafiku na Slici 3, može se zapaziti da nema značajnih odstupanja u pogledu tonske vrednosti u odnosu na inicijalno zadate vrednosti. Vrednosti nisu izmerene na formi linijature 75 lpi za polja od 30% i 50%, 70 i 90%.



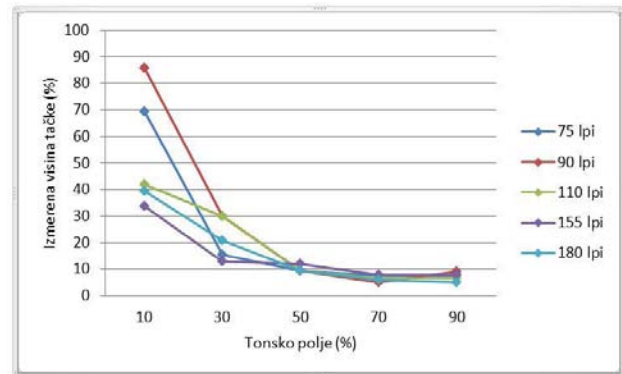
Slika 3. Grafički prikaz reprodukcije tonskih vrednosti na štamparskoj formi debljine 2.54 mm u zavisnosti od primenjene linijature rastera

Na osnovu vrednosti predstavljenih na grafiku na Slici 3. se jasno vidi da su vrednosti izmerene na različitim formama vrlo bliske. Odstupanje se i u ovom slučaju javilo na polju 50% tonske vrednosti na formi linijature 110 lpi gde su vrednosti nešto veće u odnosu na ostale forme. Na osnovu rezultata predstavljenih na grafiku na Slici 3. za formu debljine 2.54 mm, dolazi se do zaključka da promena linijature ne utiče bitno na promenu tonske vrednosti.

#### 4.2. Analiza visine tačke u zavisnosti od promene linijature i debljine štamparske forme

Na Slici 4. predstavljen je grafik srednjih vrednosti izmerenih visina tačke merenih na poljima tonskih

vrednosti od 10%, 30%, 50%, 70% i 90%, na štamparskoj formi debljine 1,14 i linijatura rastera od 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi i 180 lpi.



Slika 4. Grafički prikaz vrednosti visine rasterske tačke mereno na poljima TV od 10%, 30%, 50%, 70% i 90% - štamparska forma debljine 1.14 mm/linijatura rastera 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi, i 180 lpi

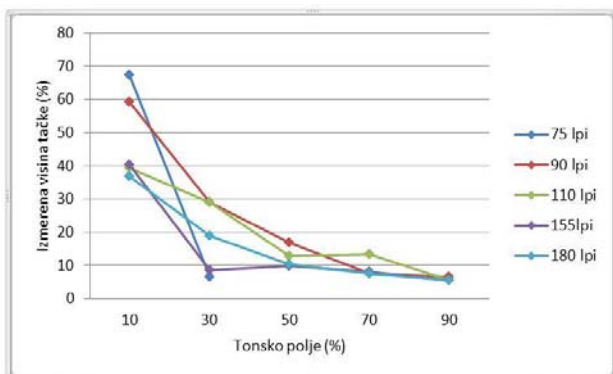
Posmatrajući grafik predstavljen na Slici 4. može se zapaziti da na tonskim poljima od 50% pokrivenosti pa na dalje, promena linijature ima vrlo mali uticaj na promenu u visini rasterske tačke. U slučaju nižih tonskih vrednosti, primćen je značajniji uticaj linijature rastera na promenu u visini tela rasterske tačke gde je uočeno da manja linijatura rastera korespondira većoj visini tela tačke. Najniže vrednosti visine tačke su izmerene na formi linijature 155 lpi za većinu tonskih polja (iako bi očekivano bilo da je to slučaj za formu od 180 lpi). Najviše vrednosti visine tačke izmerene su na formi linijature 90 lpi, za većinu tonskih polja, izuzev na polju od 70% tonske vrednosti.

Rezultati su u ovom slučaju optimalni i u skladu sa teorijskim predviđanjima da se sa porastom linijature smanjuje visina tela rasterske tačke.

Na Slici 5. predstavljen je grafik srednjih vrednosti izmerenih visina tačke merenih na poljima tonskih vrednosti od 10%, 30%, 50%, 70% i 90%, na štamparskoj formi debljine 1.7 mm i linijatura rastera od 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi i 180 lpi.

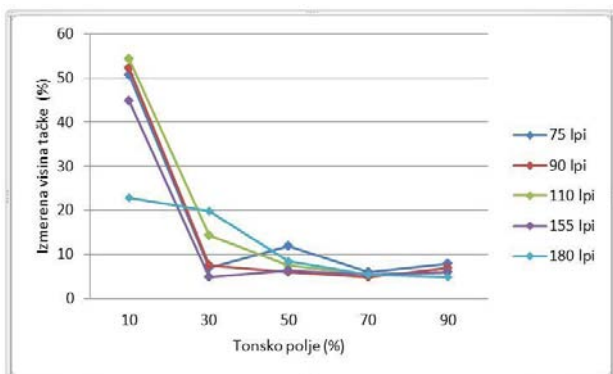
Posmatrajući grafik predstavljen na Slici 5. može se zapaziti da na tonskim poljima od 50% pokrivenosti pa na više promena linijature ima vrlo mali uticaj na promenu u visini rasterske tačke. Izmerene vrednosti visine tačke variraju u pogledu linijature od polja do polja. Za formu linijature 75 lpi od polja 30% tonske vrednosti pa na više nije bilo moguće izmeriti vrednosti visine, s toga nisu predstavljane na grafiku. Takođe, u slučaju nižih tonskih vrednosti, primćen je značajniji uticaj linijature rastera na promenu u visini tela rasterske tačke gde je uočeno da manja linijatura rastera korespondira većoj visini tela tačke.

Sa povećanjem debljine štamparske forme, primećene su nešto veće oscilacije u izmerenim vrednostima u zavisnosti od primenjene linijature rastera.



Slika 5. Grafički prikaz vrednosti visine rasterske tačke mereno na poljima TV od 10%, 30%, 50%, 70% i 90% - štamparska forma debljine 1.7 mm/linijatura rastera 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi, i 180 lpi

Na slici 6. predstavljen je grafik srednjih vrednosti izmerenih visina tačke merenih na poljima tonskih vrednosti od 10%, 30%, 50%, 70% i 90%, na štamparskoj formi debljine 2.54 mm i linijatura rastera od 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi i 180 lpi.



Slika 6. Grafički prikaz vrednosti visine rasterske tačke mereno na poljima TV od 10%, 30%, 50%, 70% i 90% - štamparska forma debljine 2.54 mm/linijatura rastera 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi, i 180 lpi

Posmatrajući grafik predstavljen na Slici 6. može se zapaziti da na tonskim poljima od 50% pokrivenosti pa na više promena linijature ima vrlo mali uticaj na promenu u visini rasterske tačke. Izmerene vrednosti visine tačke variraju u pogledu linijature od polja do polja.

Za formu linijature 75 lpi od polja 50% tonske vrednosti pa na više nije bilo moguće dobiti srednje vrednosti visine stoga nisu predstavljane na grafiku. U slučaju nižih tonskih vrednosti, primećen je značajniji uticaj linijature rastera na promenu u visini tela rasterske tačke gde je uočeno da sa manja linijatura rastera korespondira većoj visini tela tačke.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovim radom bila je obuhvaćena analiza reprodukcije tonskih vrednosti i parametara tačke (visine tela tačke na određenom tonskom polju) na flekso štamparskim formama, dobijenih digitalno-konvencionalnim postupkom, u zavisnosti od promene linijature i debljine ploče. Primarni cilj rada je bio utvrditi kvalitet reprodukcije tonskih vrednosti i parametara tačke (visine) u zavisnosti od promene linijature.

Prvi deo merenja obuhvatio je analizu reprodukcije tonskih vrednosti na štamparskim formama pet različitih linijatura i tri različite debljine. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da promena linijature ne utiče značajno na reprodukciju tonskih vrednosti, što važi za sve tri različite debljine ploče. Za određena tonska polja veće inicijalno zadate TV nije bilo moguće izmeriti tonske vrednosti, i to u slučaju nižih linijatura rastera, što može u kazivati na neadekvatnu reprodukciju datih tonskih vrednosti ili pak nemogućnost direktnog izračunavanja istih datim mernim instrumentom u slučaju niskih linijatura rastera. Porast linijature utiče na visinu tačke tako da se ona smanjuje, za sve tri debljine štamparske forme, sa odstupanjem kod štamparske forme debljine 1.7 mm, linijature 110 lpi na polju 50% tonske vrednosti, gde su rezultati niži od očekivanih. Uticaj linijature je svakako veći na reprodukciju nižih tonskih vrednosti. Međutim, neophodno je naglasiti da su u eksperimentalnom delu korištene forme finoće rastera 75 lpi, 90 lpi, 110 lpi, 155 lpi i 180 lpi. Za veće razlike u finoći rastera i donošenja opšteg zaključka, bilo bi neophodno ponoviti eksperiment sa širom paletom linijatura i većim opsegom tonskih vrednosti.

## 6. LITERATURA

- [1] P. Crouch, „*Flexography primer*”, Sewickley, GATF Press, 2003.
- [2] J. Hershey “*Advantage Digital? The future for flexo may be digital, but the present still belongs to analog platemaking. Packageprinting*”  
[Online] Dostupno na:  
<http://www.packageprinting.com/article/the-future-flexo-may-digital-but-present-still-belongs-analog-platemaking-25556/1>, 2006.
- [3] Foundation of Flexographic Technical Association, “*Flexography: principles and practices*” 5th ed. th Vol. 1. Ronkonkoma, NY: Foundation of Flexographic Technical Association, Inc, 1991.
- [4] S. Dedijer, “*Razvoj modela procesne analize parametara izrade flekso štamparske forme*”, doktorska disertacija. doktorski rad, Univerzitet u Novom Sadu, fakultet tehničkih nauka, 2012.
- [5] S. Dedijer, T. Pavlović, D. Novaković, M. Apro, “*The Influence Of Measurement Parameters And Data Processing On The Surface Roughness Quantities Of The Flexo Printing Plate, International Symposium in the field of pulp, paper, packaging and graphics*”, 21-24 June, Zlatibor, 133 -140, 2010.
- [6] T. Tomašegović, S. Mahović Poljaček, T. Cigula, “*Impact of Screen Ruling on the Formation of the Printing Elements on the Flexographic Printing Plate*”  
[Online] Dostupno na:  
<http://www.actagraphica.hr/index.php/actagraphica/article/view/120>, 2013.
- [7] Kodak “*KODAK Flexcel NX System*”  
[Online] Dostupno na:  
[http://graphics.kodak.com/Products/Flexographic/Flexcel\\_NX/Technology/default.htm](http://graphics.kodak.com/Products/Flexographic/Flexcel_NX/Technology/default.htm), 2016.

## Podaci za kontakt:

Kristina Balić, E-mail: [kristina1563@gmail.com](mailto:kristina1563@gmail.com)  
Dr Sandra Dedijer, E-mail: [deditjer@uns.ac.rs](mailto:deditjer@uns.ac.rs)

## UTICAJ SVOJSTAVA PODLOGE ZA ŠTAMPU NA S-CIELAB VREDNOSTI OTISKA THE INFLUENCE OF THE PRINTING SUBSTRATE'S CHARACTERISTICS ON THE S-CIELAB VALUES OF THE PRINTS

Viktorija Szabo, Sandra Dedijer, Ivana Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

**Kratak sadržaj** – *Ovaj rad se bavi analizom uticaja svojstava podloge za štampu na S-CIELab vrednosti otiska. Koristeći se S-CIELab metrikom određene su razlike u boji između originala i reprodukcija tri slike koristeći pet vrsta podloga i šest različitih tipova rasterskih tačaka. Izvedena su merenja optičkih i površinskih svojstava podloga za štampu te dovedena u vezu sa S-CIELab vrednostima.*

**Abstract** – *This paper analyzes the impact of printing substrate characteristics on S-CIELab values. Using S-CIELab metrics differences in colours of the original and the reproductions of three pictures are determined using five types of substrates and six types of raster dots. Optical and surface characteristics of printing substrates are measured and correlated to S-CIELab values.*

**Ključne reči:** S-CIELab, podloga za štampu, rastriranje  
**1. UVOD**

Osnovni cilj grafičke industrije je što vernija i kvalitetnija reprodukcija originala, koji su danas najčešće u digitalnom obliku (fotografije, slike, tekst)[1]. U kompleksnom procesu reprodukcije postoji mnoštvo objektivnih faktora koji utiču na kvalitet štampanog otiska. Pored parametara rastriranja, ključnu ulogu igraju korišćene tehnike štampe i odabrani materijali za štampu; podloga i štampane boje, kao i njihova međusobna interakcija koja u ovoj fazi reprodukcijskog procesa u najvećem delu utiče na finalni izgled otiska [2]. U procesu reprodukcije učestvuju različiti uređaji, koji koriste različite prostore boja. U cilju unapređenja kvaliteta otiska razvijene su merne metode za određivanje razlike u kvalitetu reprodukcije i samog originala. CIELab  $\Delta E$  metrika za određivanje razlike u boji fokusirala na upoređivanje većih uniformno obojenih površina. Da bi se CIELab metrika mogla koristiti za procenu kvaliteta realnih slika (npr. fotografija), Zhang i Wandell su razvili tzv. S-CIELab model (S je od engl. Spatial - prostorna), koja predstavlja prostornu ekstenziju CIELab-a, i merenje više prilagođava ljudskoj percepciji [3]. S-CIELab metrika koja se zasniva na metodi analize slike, i uzima u obzir određena svojstva ljudskog viđenja na koji način prilagođava merenje razlike više prema ljudskom vizuelnom sistemu [4].

### 2. METODE I MATERIJALI

Za eksperiment odabrane su tri fotografije istih dimenzija, rezolucije 1200 piksela. Slika 1 sadrži svetle slabo zasićene tonove, u suprotnosti sa Slikom 2, koja sadrži

veoma zasićene boje, dok se Slika 3 sastoji od veoma svetlih i tamnih boja, i boja kože. Za rastriranje slika korišćen je softverski RIP, Harlequin sa AM metodom, linijature od 150 lpi, i rezolucije od 1200 dpi. Rasterski uglovi za četiri procesne boje su bili sledeći: cijan (C) 15°, magenta (M) 75°, žuta (Y) 0°, Crna (K) 45°. Navedeni parametri su bili konstantni tokom rastriranja slika, a varijabilni parametar predstavljao oblik rasterske tačke. Korišćeni oblici rasterskih tačaka bili su: eliptična, euklidova, kružna, linijska, dijamantska i kvadratna. Kao podloge za štampu rastriranih slika izabrani su sledeći papiri: GMG ProofPaper sjajni i polumat premazni, gramature 250 g/m<sup>2</sup> Ilford OMNIJET InstatDry sjajni i polumat premazni, gramature 200 g/m<sup>2</sup>, i Kunstdruck sjajni premazni od 130 g/m<sup>2</sup>. Nakon rastriranja slika, izvršeno je štampanje pomoću inkdžet uređaja Epson Stylus Pro 7800 (maksimalna rezolucija), i softvera GMG DotProof. Digitalizacija odštampanih uzoraka izvršena je skenerom CanoScan 5600F na rezoluciji 1200 spi. S-CIELab algoritam pripremljen je u programskom paketu MatLab. Nakon učitavanja slika, S-CIELab metrikom određena je razlika u boji između originalne (digitalne) i odštampane/skenirane slike, pri čemu je konačna vrednost data kao srednja razlika svakog pojedinačnog piksela. Za instrumentalno merenje optičkih osobina korišćen je spektrofotometar i1Pro. Merenje uzoraka svakog od korišćenih papira izvedeno je 5 puta. Za obradu dobijenih podataka sa uređaja korišćen je softver BabelColor CT&A. Instrumentalno merenje upojnosti odabranih podloga vršilo se prema standardnoj metodi Cobb, dok merenje površinske hrapavosti se vršilo kontaktim, mehaničkim putem na način prelaska stilus profilometra preko površine papira. Merenje je izvršeno 10 puta pomoću uređaja TR-200 u uzdužnom i u poprečnom smeru vlakana, nako čega su izračunate srednje vrednosti za analizu.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 3.1. Rezultati merenja optičkih osobina papira

U slučaju optičkih osobina, za analizu su uzete vrednosti CIE indeksa beline podloge za štampu, koje su prikazane u Tabeli 1.

Tabela 1. *Rezultati merenja beline papira*

Podloga	CIE ind. beline
GMG 250 g/m <sup>2</sup> polumat premazni	96.14
GMG 250 g/m <sup>2</sup> sjajni premazni	95.76
OMNIJET 200 g/m <sup>2</sup> polumat premazni	104.02
OMNIJET 200 g/m <sup>2</sup> sjajni premazni	108.48
Kunstdruck 130 g/m <sup>2</sup> sjajni premazni	95.24

### NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, docent.**

Na osnovu dobijenih rezultata merenja može se primetiti da OMNIJET papiri, i sjajni i polumat premazni poseduju mnogo veće vrednosti beline od GMG i Kunstdruck papira.

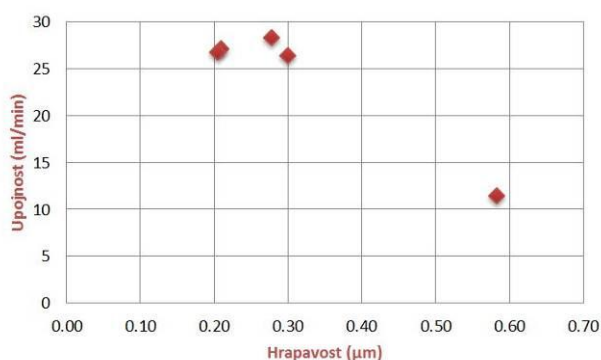
### 3.2. Rezultati merenja površinske upojnosti i hrapavosti papira

Rezultati instrumentalnog merenja površinske upojnosti i površinske hrapavosti su predstavljani u Tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati merenja površinske upojnosti i hrapavosti podloga za štampu

Podloga	Upojnost (ml/min)	Hrapavost ( $\mu\text{m}$ )
GMG 250 g/m <sup>2</sup> polumat premazni	28.3	0.28
GMG 250 g/m <sup>2</sup> sjajni premazni	27.1	0.21
OMNIJET 200 g/m <sup>2</sup> sjajni premazni	26.7	0.21
OMNIJET 200 g/m <sup>2</sup> polumat premazni	26.4	0.30
Kunstdruck 130 g/m <sup>2</sup> sjajni premazni	11.4	0.58

Na osnovu dobijenih rezultata merenja se može uočiti da Kunstdruck papir poseduje najniže Cobb vrednosti upojnosti. Vrednosti dobijeni za GMG i OMNIJET pokazuju sličnosti, sa napomenom da GMG papiri su malo više upojni od OMNIJET papira. Sa aspekta površinske hrapavosti može se zaključiti da Kunstdruck papir poseduje najveću vrednost hrapavosti, dok vrednosti za GMG i OMNIJET papire se nalaze u opsegu od 0.2 do 0.3  $\mu\text{m}$ . Pored navedenog, zaključuje se da sjajni premazni papiri oba proizvođača su manje hrapaviji od polumat premaznih, što predstavlja korelaciju sa teorijskim osnovama, po kojima sjajni premazni papiri su proizvedeni sa ciljem da budu glatke površine, koje spekularno reflektuju svetlost, čineći otisak i samu površinu sjajnim.



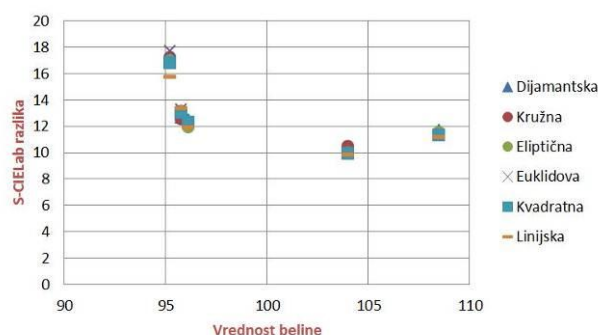
Slika 1. Medusobna zavisnost površinske hrapavosti i površinske upojnosti podloga

Dijagram prikazan na Slici 1. pokazuje da postoji zavisnost između površinske hrapavosti i upojnosti podloga za štampu. Na osnovu rezultata se zaključuje da što su vrednosti hrapavosti veće, takođe se povećavaju i vrednosti površinske upojnosti.

Međutim, iz razloga što je dati zaključak izveden na osnovu samo 5 uzoraka, potrebno je analizirati veći broj uzoraka u cilju potvrđivanja korelacije između ove dve osobine.

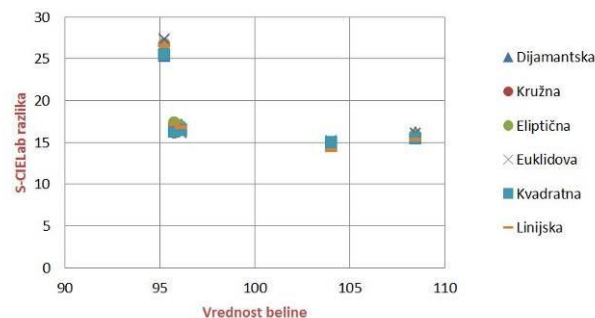
### 3.3. Analiza S-CIELab vrednosti i optičkih osobina podloga za štampu

Na Slici 2. se nalazi dijagram S-CIELab vrednosti razlike Slike 1 (svetli tonovi) u zavisnosti od oblika rasterske tačke i beline papira.



Slika 2. Medusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 1; različiti oblici rasterske tačke i različite beline podloga za štampu

Na osnovu dijagrama na Slici 2. se može uočiti slaba linearna veza S-CIELab razlike po oblicima rasterskih tačaka a u zavisnosti od beline podloge za štampu ( $R^2=0.46$ ). Međutim, primećuje se da osim malog odstupanja kod linijskog oblika tačke, oblik rasterske tačke ne vrši veliki uticaj na sam rezultat, dok porast vrednosti beline podloge rezultuje manjom vrednosti S-CIELab razlike. Na Slici 3. je predstavljen dijagram za Sliku 2, čiji sadržaj obuhvata boje visoke zasićenosti.

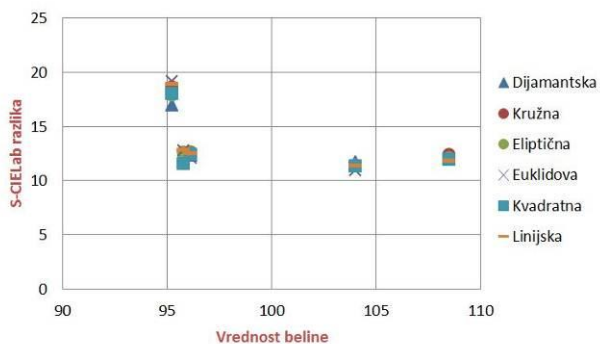


Slika 3. Medusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 2; različiti oblici rasterske tačke i različite beline podloga za štampu

Na osnovu dijagrama na Slici 3. može se primetiti da u slučaju Slike 2 postoji slabija linearna veza između beline podloge i S-CIELab razlike ( $R^2=0.35$ ). Primećuje se da kako se povećava vrednost beline podloge, opada vrednost razlike, što za rezultat ima bolji otisak.

Vrednosti S-CIELab razlike su generalno veće u ovom slučaju, jer boje visoke zasićenosti se teže reprodukuju koristeći samo osnovne CMYK boje za štampu.

Na Slici 4. predstavljeni su rezultati S-CIELab razlike za Sliku 3, čiji sadržaj karakterišu tonovi ljudske kože.

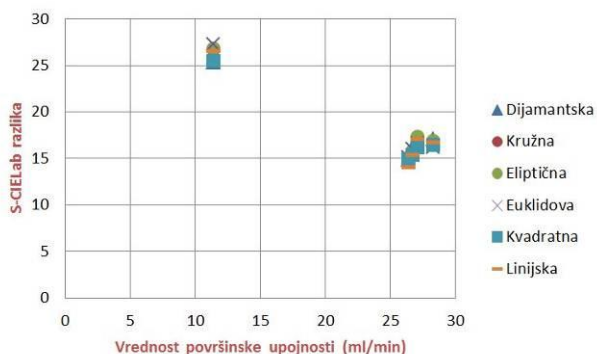


Slika 4. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 3; različiti oblici rasterske tačke i različite beline podloga za štampu

Posmatrajući dijagram S-CIELab razlike u zavisnosti od oblika tačaka i beline podloge za Sliku 3, primećuje se da su vrednosti razlike niže nego kod Slike 2. Pored toga, takođe je pokazana slaba linearna veza ( $R^2=0.32$ ). Oblik rasterske tačke ne vrši veliki uticaj na rezultat, i veće vrednosti beline i u ovom slučaju prouzrokuju manje vrednosti razlike.

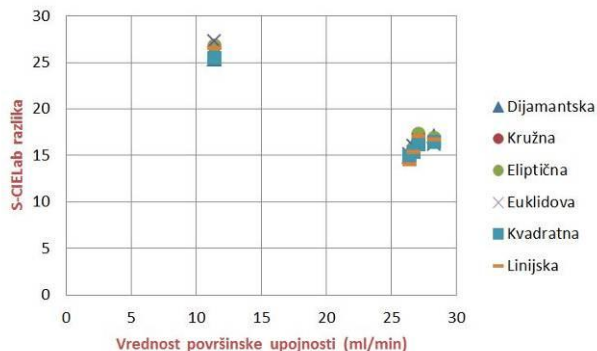
### 3.4. Analiza S-CIELab vrednosti i površinske upojnosti papira

Slika 5. predstavlja dijagram dobijenih rezultata S-CIELab razlike u zavisnosti od površinske upojnosti za test sliku svetlih tonova, tj. Sliku 1.



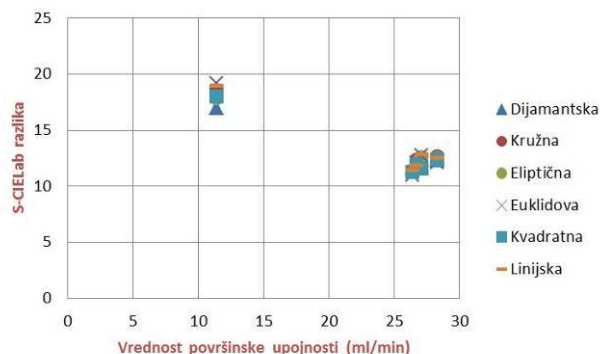
Slika 5. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 1; različiti oblici rasterske tačke i različite vrednosti površinske upojnosti podloga za štampu

Kod Slike 1 niže vrednosti upojnosti rezultuju veće vrednosti razlike, a povećanjem smanjuje se S-CIELab razlika. Sa druge strane, oblik rasterske tačke ne utiče u značajnoj meri na dobijenu razliku.



Slika 6. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 2; različiti oblici rasterske tačke i različite vrednosti površinske upojnosti podloga za štampu

Na Slici 6. se nalazi dijagram vrednosti S-CIELab razlike i površinske upojnosti za Sliku 2, tj. za fotografiju koja sadrži boje visoke zasićenosti. Na osnovu predstavljenih vrednosti može se primetiti su vrlo slične vrednosti razlike dobijene za papire sa specijalnim premazom, tj. za papire GMG i OMNIJET. Najmanju površinsku upojnost poseduje Kunstdruck papir, gde su dobijene i najveće vrednosti S-CIELab razlike. Na Slici 7. su predstavljeni dobijeni rezultati S-CIELab razlike za Sliku 3 (nijanse ljudske kože) i vrednosti površinske upojnosti papira.

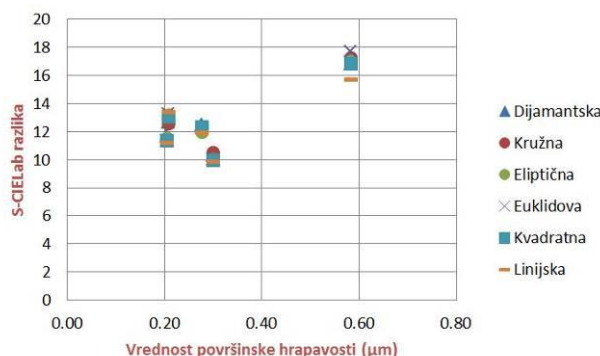


Slika 7. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 3; različiti oblici rasterske tačke i različite vrednosti površinske upojnosti podloga za štampu

Na osnovu vrednosti predstavljenih na Slici 7., mogu se primetiti sličnosti sa prethodnim rezultatima, odnosno da smanjenje vrednosti razlike je rezultat povećanja vrednosti površinske upojnosti podloge. Uočava se da je većina tačaka grupisana na istom mestu, i oni poseduju približno iste vrednosti razlike i površinske upojnosti. Takođe, primećuje se da korišćen oblik rasterske tačke vrši minimalan uticaj na krajnji rezultat razlike, kao i u slučaju Slike 1 i Slike 2 koje su prethodno analizirane sa aspekta površinske upojnosti.

### 3.5. Analiza S-CIELab vrednosti i površinske hrapavosti

Dijagram rezultata merenja S-CIELab razlike za Sliku 1 i vrednosti površinske hrapavosti podloge je predstavljen na Slici 8.

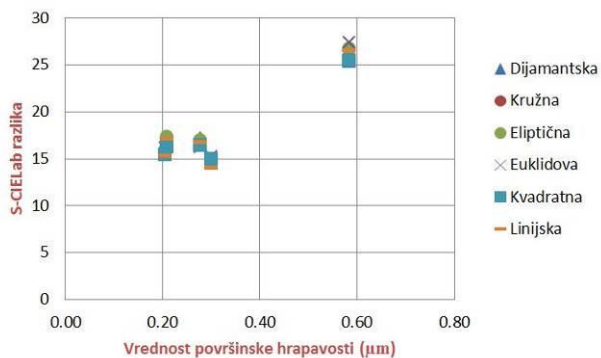


Slika 8. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 1; različiti oblici rasterske tačke i različite vrednosti površinske hrapavosti podloga za štampu

Na osnovu vrednosti predstavljenih na Slici 8., može se zaključiti da postoji izvesna linearna veza između S-CIELab razlike i vrednosti površinske hrapavosti papira. Dakle, na osnovu dobijenih vrednosti se može uočiti da

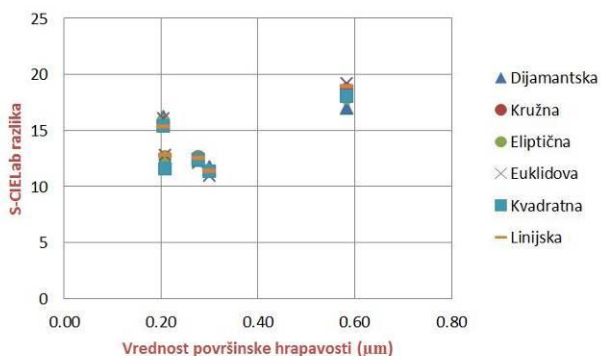


kako raste vrednost površinske hrapavosti podloge, povećava se i vrednost S-CIELab razlike. Korišćen oblik rasterske tačke vrši zanemarujući uticaj na razliku u reprodukciji sa aspekta S-CIELab razlike. Vrednosti razlike se nalaze između 10 i 18, sa tim da većina rezultata se nalazi u opsegu od 10 do 14, a najveće odstupanje je dobijeno za Kunstdruck papir koji i do sada pokazao lošije performanse od ostalih papira. Na dijagramu, koji je predstavljen na Slici 9. se nalaze dobijeni vrednosti S-CIELab razlike za Sliku 2 u odnosu na vrednosti površinske hrapavosti podloge za štampu.



Slika 9. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 2; različiti oblici rasterske tačke i različite vrednosti površinske hrapavosti podloga za štampu

Na osnovu rezultata predstavljenih na Slici 9. postoji izvesna veza između razlike i površinske hrapavosti podloge. Rast površinske hrapavosti rezultuje rastom S-CIELab razlike, odn. smanjenjem kvaliteta reprodukcije sa vizuelnog aspekta. Najveća razlika je dobijena za papir najveće površinske hrapavosti, koji je Kunstdruck papir. Dijagram rezultata merenja S-CIELab razlike za Sliku 3 i vrednosti površinske hrapavosti podloge je predstavljen na Slici 10.



Slika 10. Međusobna zavisnost S-CIELab razlike za Sliku 3; različiti oblici rasterske tačke i različite vrednosti površinske hrapavosti podloga za štampu

Trend rasta S-CIELab vrednosti razlike sa rastom vrednosti površinske hrapavosti papira je uočljiv i kod Slike 3. Na osnovu rezultata se može zaključiti da uticaj oblika rasterske tačke je zanemarljiv, međutim, tonski sadržaj same fotografije vrši veći uticaj na krajnji rezultat, što se može uočiti posmatranjem dijagrama za Sliku 1, Sliku 2, Sliku 3.

#### 4. ZAKLJUČAK

Analiza S-CIELab vrednosti u zavisnosti od vrednosti indeksa beline podloge za štampu ukazuju na zaključak da

kako raste vrednost beline podloge, S-CIELab razlika opada, odnosno dobija se vizuelno kvalitetniji otisak. Na osnovu rezultata merenja površinske upojnosti podloga, primećuje se da papiri proizvođača GMG i OMNIJET poseduju slične vrednosti površinske upojnosti podloga, dok Kunstdruck papir ima znatno manji vrednost. Analiza S-CIELab razlike i vrednosti upojnosti podloge pokazuje da postoji veza između ove dve vrednosti, tj. rast površinske upojnosti rezultuje opadanje S-CIELab razlike. Kunstdruck papir pokazao je najniže vrednosti upojnosti, i najveće vrednosti razlike. Analizom površinske hrapavosti podloga takođe se mogu izvesti određeni zaključci. Dobijeni trend pokazuje da rast vrednosti hrapavosti podloge rezultuje rastu S-CIELab razlike, tj. opadanju kvaliteta otiska. Rezultati pokazuju da povećanje vrednosti hrapavosti podloge rezultuje povećanje vrednosti upojnosti, što predstavlja zanimljiv podatak, jer u slučaju analize S-CIELab vrednosti u zavisnosti od hrapavosti, i od upojnosti, uočava se da bolji rezultati su dobijeni za podloge koje su manje hrapave, a istovremeno poseduju i visoke vrednosti upojnosti. Mogući razlog ovome jeste što navedeni papiri su specijalno oslojeni papiri za inkdžet štampu, i proizvedeni su sa namenom da zadovoljavaju uslove štampe ove tehnologije. Dobijeni rezultati svih analiza pokazuju, da korišćen oblik rasterske tačke u slučaju inkdžet štampe ne vrši značajan uticaj na vrednost S-CIELab razlike, tj. na kvalitet otiska. Međutim, može se primetiti da tonski sadržaj slike vrši promenu rezultata kod svih analiza. Uzrok visokih vrednosti razlike za Sliku 2 je činjenica da reprodukcija visoko zasićenih boja predstavlja jednostavan zadatak u RGB prostoru boja, a izvođenje istog je mnogo teže samo u CMYK prostoru boja, jer navedeni tonovi se često nalaze van CMYK opsega. Dobijeni vrednosti analiza još ukazuju na činjenicu, da iako postoje korelacije između S-CIELab vrednosti i određenih karakteristika podloge, linearnost ili nelinearnost odnosa se ne može sa velikom sigurnošću potvrditi ili opovrgnuti s obzirom na odabrani uzorak i njegovu veličinu. Drugačiji izbor podloga u cilju dobijanja adekvatne gradacije, i povećanje broja uzoraka podloge bi verovatno rezultovalo preciznijim zaključcima.

#### 5. LITERATURA

- [1] Bann, D., "Štampanje danas - tehnike, materijali i procesi", Prvo srpsko izdanje, DON VAS, Beograd, 2010.
- [2] Yang, L., "Ink-Paper Interaction", Norrköping, Sweden, 2003.
- [3] Zhang, X. M., Wandell, A. B., "A Spatial Extension of CIELab for Digital Color Reproduction." *Journal of the Society for Information Display*, Vol. 65 pp 61-63, 1996.
- [4] Zhang, X., Wandell, A. B. "Color Image Fidelity Metrics Evaluated Using Image Distortion Maps" *Journal Signal Processing -Special issue on image and video quality metrics*, Vol. 70 Issue 3, pp 201-214

#### Podaci za kontakt:

**Viktoria Szabo:** [viktoriadesign.blog@gmail.com](mailto:viktoriadesign.blog@gmail.com)

**dr Sandra Dedijer:** [dedijer@uns.ac.rs](mailto:dedijer@uns.ac.rs)

**Msc Ivana Tomić:** [tomic@uns.ac.rs](mailto:tomic@uns.ac.rs)

**SPEKTROFOTOMETRIJSKA ANALIZA KVALITETA OTISKA ROTACIONE OFSET ŠTAMPE NA NOVINSKIM PAPIRIMA****SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF WEB-FED OFFSET NEWSPAPER PRINT**Ana Gvozdrenović, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu su prikazani rezultati kontrole kvaliteta u štampariji “Color print”. Za analizu kvaliteta otiska korišćeni su uzorci dve vrste novinskih papira. Prvi uzorak su novine “Meridian”, štampan na novinskom papiru 45 g/m<sup>2</sup>, a drugi uzorak su novine “Lepota i zdravlje”, štampan na papiru Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>. Parametri koji su ispitani su belina, žutoća, optička gustina, sivi balans, porast tonskih vrednosti i preklapanje boja.

**Ključne reči:** Rotaciona ofset štampa, vrste papira, kontrola kvaliteta, spektrofotometrija

**Abstract** – This paper presents the quality control results measured in the printing house “Color print”. Samples used for analysis of the print quality were two types of news paper. The first sample is the newspaper “Meridian”, printed on newsprint 45 g/m<sup>2</sup>, a second sample is the newspaper “Beauty and Health”, printed on Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup> paper. Tested parameters were whiteness, yellowness, optical density, gray balance, increase of tonal values and overlapping colors.

**Key words:** Web - fed offset printing, paper types, quality control, spectrophotometry

**1. UVOD**

Za štampane proizvode je karakteristična podela na osnovu njihovog vremenskog pojavljivanja na akcidenaciju i periodiku. Akcidenacije predstavljaju štampane proizvode koji se proizvode u zavisnosti od potrebe, kao što su na primer brošure, katalogi, vizit karte dok periodični štampani proizvodi predstavljaju one proizvode koji se pojavljuju periodično kao što su časopisi, novine. Tržište štampane proizvodnje danas je najraznovrsnije. Štampani proizvodi treba da prođukroz 3 faze procesa proizvodnje, a to su priprema štampe (Prepress), proces štampe (Press) i završna grafička obrada (Post Press).

Da bi se sigurno odvijale ove tri faze potrebni su podaci i informacije kako bi proizvodnja bila kvalitetna i ekonomična. Sam tok procesa treba da bude usmeren da se štampani proizvod dostavlja krajnjem potrošaču [1]. Mnogobrojni parametri u ofset štampi utiču na krajnji kvalitet otiska (način izrade štamparske forme, vrszta boje, sredstvo za vlaženje itd). Održavanje ovih parametara tokom postupka štampe je ključno ukoliko se žel i obezbediti konzistentnost dobijenog otiska [2].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nemanja Kašiković, docent.**

Poznavanje postupka ofset štampe i pravovremeno uticanje na parametre kvaliteta su jedan od najvećih izazova sa kojim se suočavaju radnici u štampariji. Kontrola kvaliteta u grafičkoj industriji podrazumeva spektro-denzitometrijska merenja različitih parametara kvaliteta dobijenog otiska i njihova analiza. Na osnovu rezultata ovih analiza, moguće je utvrditi postignut stepen kvaliteta i pravovremeno odreagovati u slučaju potrebe za korekcijama [3].

Cilj ovog rada je da se izvrši ispitivanje kvaliteta ortiska rotacione ofset štampe na premaznim papirima.

**2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA**

Eksperimentalni deo rada se zasniva na ispitivanju otisaka koji su dobijeni štampom na dve vrste papira: premazni papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup> i nepremazni novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>. Prva vrsta papira se koristi za štampu novina Meridian, a druga za štampu časopisa Lepota i Zdravlje. Prilikom izrade termalnih štamparskih formi, korišćen je CTP uređaj Screen PlateRite 8300s i in line uređaj za razvijanje Ovit Sirio TH 120. Štampanje se vršilo na mašini Man Roland Rotoman D.

Na otiscima su se ispitivale sledeće karakteristike: belina, žutoća, optička gustina, sivi balans, porast tonske vrednosti i preklapanje, a za ispitivanje je korišćen uređaj Techkon Spectrodens (merna geometrija 0/45°, standardni posmatrač 2°, standardno osvetljenje D50; tolerancija greške 0,3). Rezultati su prikazani u vidu grafika.

Temperatura proizvodnog pogona tokom eksperimenta iznosila je 20 °C sa vlažnošću vazduha od 52% što zadovoljava preporučene standarde.

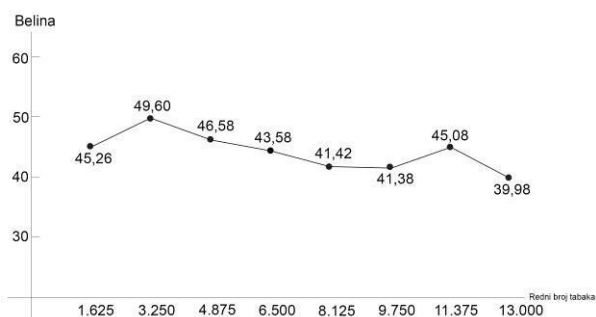
**3. REZULTATI MERENJA**

Pomoću uređaja Techkon Spectrodens vršeno je merenje parametra beline na dva uzorka papira. Belina je jednocifreni indeks koji se odnosi na relativni stepen beline papira (ali samo pod određenim svetlosnim uslovima) i što je ovaj broj veći, veća je i belina samog materijala.

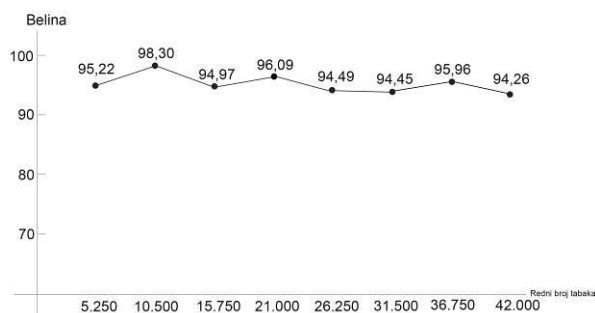
Na slikama 1 i 2 date su vrednosti za belinu za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup> i Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>.

Izmerene vrednosti za belinu za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup> su približno ujednačene i ne predstavljaju velike vrednosti. Najveća izmerena vrednost iznosi 49,60 na tabaku pod rednim brojem 3.250, a najmanja vrednost iznosi 39,98 na tabaku pod rednim brojem 13.000.

Izmerene vrednosti za belinu za papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup> su takođe približno ujednačene i predstavljaju visoke vrednosti. Najveća izmerena vrednost je 98,30 na tabaku 10.500 dok je najmanja vrednost 94,26 na tabaku 42.000.



Slika 1. Belina - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>



Slika 2. Belina - papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>

U tabeli 1 se mogu videti vrednosti prema ISO 12647 / 2 - 2013 sa kojima su se upoređivali uzorci.

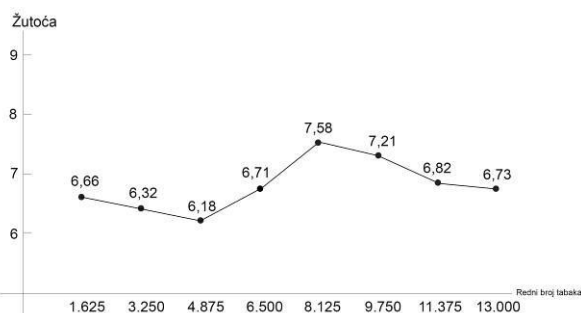
Tabela 1. ISO standardi za belinu papira

	Nepremazni Standardni (40-52 g/m <sup>2</sup> )	Premazni sjajni standardni (48-70 g/m <sup>2</sup> )
Belina	40-80 %	60-90 %

Za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>, izmerene vrednosti se kreću u opsegu od 41,42 % do 49,60 % i spadaju u opseg ISO standarda za belinu papira. Takođe, za papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>, izmerene vrednosti kreću se u opsegu od 94,26 % do 98,30 %, odstupaju od opsega ISO standarda za belinu papira jer su veće vrednosti izmerene.

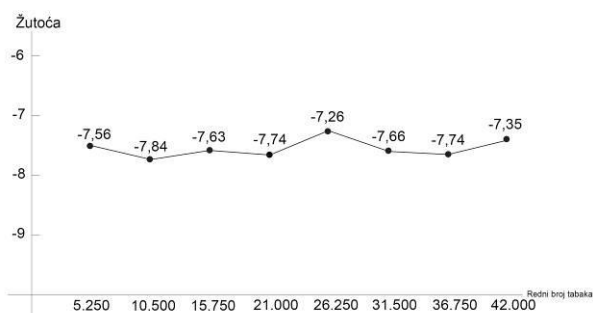
Kao što je već istaknuto, što je veća vrednost izmerene vrednosti za belinu to je belji papir. Ukoliko vrednosti izmerene idu u minus papir je tu te boje.

Na slikama 3 i 4 date su vrednosti za žutoću za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup> i Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>.



Slika 3. Žutoća - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>

Izmerene vrednosti za žutoću za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup> su neujednačene, najveća vrednost je 7,58 na tabaku pod rednim brojem 8.125, a najmanja 6,18 na tabaku 4.875. Iz ovih izmerenih vrednosti može se videti da je veoma velika prisutnost žutoće u papira, što znači da je papir žuti.



Slika 4. Žutoća - papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>

Izmerene vrednosti za žutoću za papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup> su ujednačene i predstavljaju niske vrednosti. Najveća izmerena vrednost je -7,26 na tabaku 26.250 dok je najmanja vrednost -7,84 na tabaku 10.500.

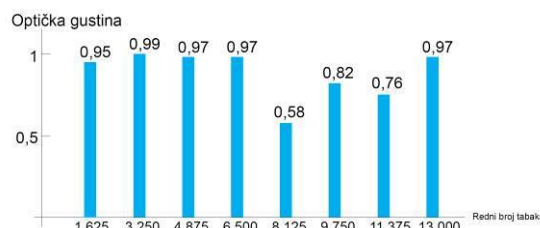
Kod četvorbojne štampe bitno je da su gustine cijana, magente i žute izbalansirane.

U tabeli 2 se mogu videti vrednosti prema ISO 12647 - 2 sa kojima su se upoređivali uzorci.

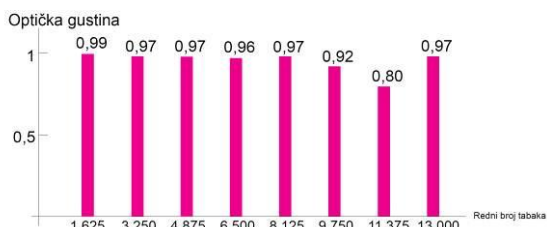
Tabela 2. Vrednosti optičke gustine punih tonova

		Vrednosti optičke gustine punih tonova prema ISO 12647 - 2			
		Standard	Tolerancija		Gornja granica
Sjajni premazni papir	K	1.85	1.70	+/- 0.15	2.00
	C	1.55	1.45	+/- 0.10	1.65
	M	1.50	1.40	+/- 0.10	1.60
	Y	1.45	1.40	+/- 0.05	1.50
Ofsetni natur papir	K	1.25	1.10	+/- 0.15	1.40
	C	1.00	0.90	+/- 0.10	1.10
	M	0.95	0.85	+/- 0.10	1.05
	Y	0.95	0.90	+/- 0.05	1.00

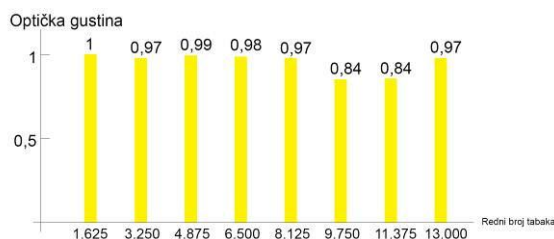
Kod merenja optičke gustine za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup> primećujemo za cijan da od 6.500 rednog broja tabaka vrednosti blago opadaju, ali na zadnjem tabaku vrednost je izjednačena sa predhodnim brojem tabaka pre pada. Kod magente, žute i crne vrednosti merenja su približno ujednačeno visoke. Izmerene vrednosti za cijan, magentu, žutu i crnu spadaju u opseg ISO standarda. Na slikama 5, 6, 7 i 8 je prikazana optička gustina za novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>. Kod merenja tonske vrednosti za papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup> vrednosti cijana, magente, žute i crne su visoke ujednače. Kod cijana, magente, žute i crne boje dolazi do odstupanja vrednosti u poređenju sa vrednostima iz ISO standarda. Na slikama 9, 10, 11 i 12 se nalaze prikazi optičke gustine za papir Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>.



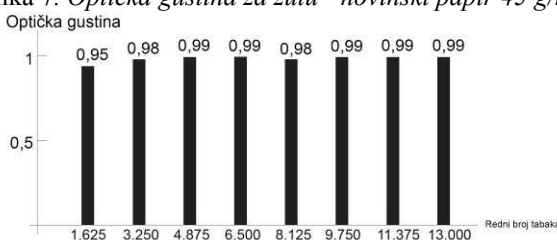
Slika 5. Optička gustina za cijan - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>



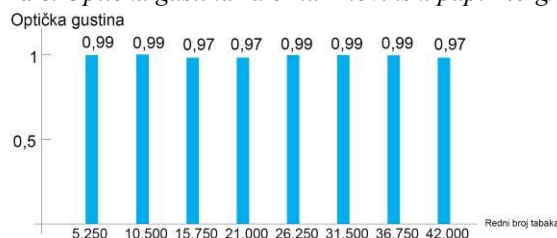
Slika 6. Optička gustina za magentu - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>



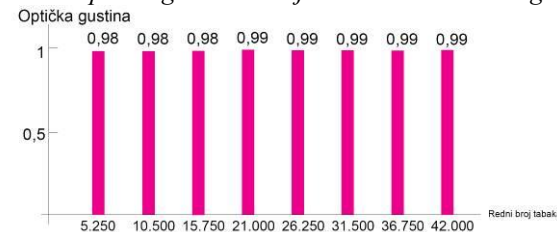
Slika 7. Optička gustina za žutu - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>



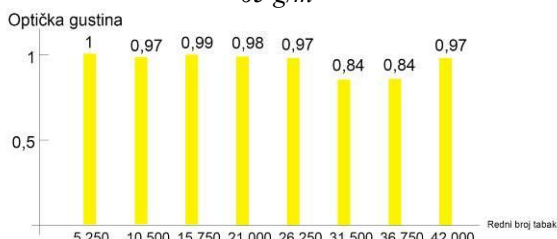
Slika 8. Optička gustina za crnu - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>



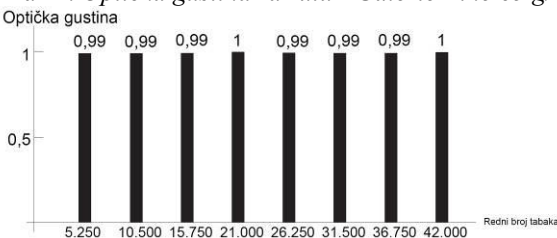
Slika 9. Optička gustina za cijan - Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>



Slika 10. Optička gustina za magentu - Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>

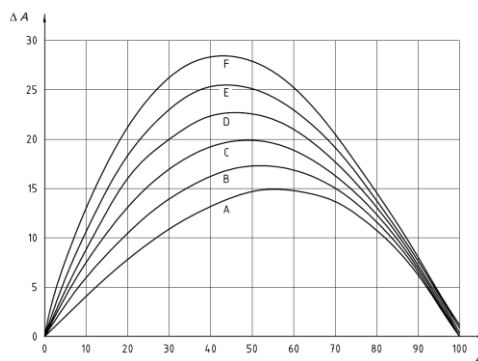


Slika 11. Optička gustina za žutu - Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>



Grafik 12. Optička gustina za crnu - Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>

Da bismo uporedili izmerene vrednosti sa ISO 12647 – 2 : 2004 standardom potrebno je da ih uporedimo. Na slici 12 na x - osi se nalaze podaci tonske vrednosti a na y - osi nalazi povećanje tonske vrednosti. Krive označene od A do F odgovaraju uslovima štampanja.



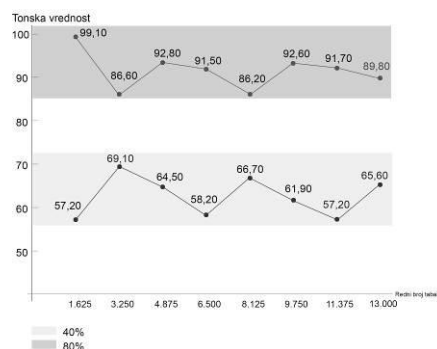
Slika 12. ISO 12647 – 2 : 2004 standard za porast tonske vrednosti

U tabeli 4 se nalaze tolerencije odstupanja i tolerancija varijacije za porast tonskih vrednosti.

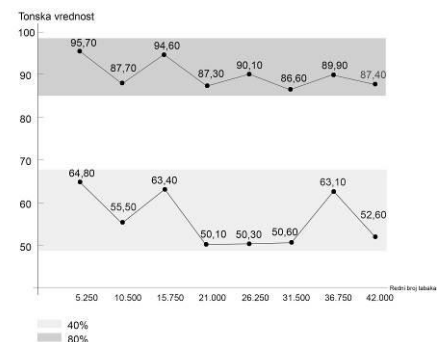
Tabela 4. Tolerancije za porast tonskih vrednosti ISO 12647 – 2 : 2004

Tonska vrednost kontrolnog dela	Tolerancija odstupanja		Tolerancija varijacije
	Korektura štampe	Dobro štampanje	Proizvodna štampa
40 ili 50	3	4	4
75 ili 80	2	3	3
Maksimalni premaz srednjih tonova	4	5	5

Na slikama 13 i 14 se nalaze prikazi parametra porast tonske vrednosti za crnu, koja najviše odstupa kod oba uzorka, novinski papir 45 g/m<sup>2</sup> i Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>.



Slika 13. Porast tonske vrednosti za crnu - novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>



Slika 14. Porast tonske vrednosti za crnu - Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>

Novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>: za cijan, prema ISO 12647-2 : 2004 standardu i izmerenih vrednosti, dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojem 11.375 (64,60 %) za kontrolno polje od 40 %. Takođe, dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojem 6.500 (74,80%) za kontrolno polje od 80 %. Za magentu, takođe dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojem 11.375 (61,5 %) kao i kod cijana za kontrolno polje od 40 %. Do odstupanja dolazi na tabaku pod rednim brojem 3.250 (81,70 %) za kontrolno polje od 80 %. Za žutu, dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojem 11.375 (92,90 %) kao i kod cijana i magente, za kontrolno polje od 40 %. Nema odstupanja na kontrolnom polju 80 % za žutu. Za crnu, dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojevima 3.250 (69,10 %), 4.875 (64,50 %), 8.125 (86,20 %), 9.750 (61,90 %) i 13.000 (65,60 %) za kontrolno polje od 40 %. Dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojem 1.625 (99,10 %) za kontrolno polje od 80 %.

Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>: za cijan, prema ISO 12647-2 : 2004 standardu dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojevima 26.250 (62,70 %) i 31.500 (60,30 %) za kontrolno polje od 40 %. Ne dolazi do odstupanja za kontrolno polje od 80 % za cijan. Za magentu, ne dolazi do odstupanja za kontrolna polja od 40 % i 80 %. Za žutu, takođe dolazi do odstupanja na kontrolnom polju 40 %, dok na kontrolnom polju 80 % dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojem 10.500 (87,60 %). Za crnu, dolazi do odstupanja na tabaku pod rednim brojevima 5.250 (64,80 %), 15.750 (63,40 %) i 36.750 (63,10 %) za kontrolno polje od 40 %. Dolazi do odstupanja skoro na svim izmerenim tabacima sem na 26.250 i 36.750 gde su vrednosti u okviru standarda za kontrolno polje od 40 %. Za preklapanje boje potrebno je naneti na osušenu boju svežu (mokru) boju. Zelena boja se dobija štampanjem žute na cijan. Crvena boja se dobija štampanjem žute na magentu a plava boja se dobija štampanjem magente na cijan. Preklapanje je pokazatelj sposobnosti ili nesposobnost štampanoj boji da prihvati sledeći odštampanu boju. U tabeli 5 su date vrednosti za preklapanje i njihovo ocenjivanje da li su dobre ili loše.

Tabela 5. Vrednosti preklapanja

Preklapanje	
Vrednosti	1 ili 2 boje odštampane
95% +/- 100%	veoma dobro
85% +/- 95%	dobro
75% +/- 85%	standardno
70% +/- 75%	prihvatljivo
65% +/- 70%	loše
< 65%	neprihvatljivo

Novinski papir 45 g/m<sup>2</sup>: merenjem preklapanja kod crvene boje, uglavnom su niske vrednosti. Najveća vrednost je izmerena na tabaku pod rednim brojem 9.750 i iznosi 70 % dok najniža vrednost iznosi 54,20 % a izmerena je na tabaku pod rednim brojem 1.625. Neprihvatljivi tabaci su svi sem tabaka pod rednim brojem 9.750 koji je prihvatljiv.

Merenjem preklapanja kod zelene boje, najveća vrednost je 97,20 na tabaku pod rednim brojem 8.125, a najniža vrednost je 60,90 na tabaku pod rednim brojem 1.625 kao i kod crvene boje. Neprihvatljivi tabaci su pod rednim brojevima 1.625, 4.875 i 6.500.

Merenjem preklapanja kod plave boje, neujednačene vrednosti su prisutne gde dolazi do naglog porasta i opadanja vrednosti. Najveća izmerena vrednost je 80,80 % na tabaku pod rednim brojem 3.250, a najmanja vrednost je 56,30 % na tabaku pod rednim brojem 4.875. Neprihvatljivi tabaci su pod rednim brojevima 4.875, 6.500, 9.750, 11.375 i 13.000.

Galerie Fine 65 g/m<sup>2</sup>: merenjem preklapanja kod crvene boje, prisutni su nagli porasti zadnje vrednosti i dve izražajno niže vrednosti gde je najveća izmerena na tabaku pod rednim brojem 21.000 čija je vrednost 73 % dok je najniža vrednost je 55,36 % izmerena na tabaku pod rednim brojem 36.750. Neprihvatljivi tabaci su pod rednim brojevima 10.500 i 36.750.

Izmerene vrednosti preklapanja boja, za zelenu boju, su prilično visoke sa blagim oblikom neujednačenja. Najveća izmerena vrednost iznosi 88 % na tabaku pod rednim brojem 10.500 dok najmanja vrednost iznosi 68,90 % na tabaku pod rednim brojem 5.250. Ne postoje neprihvatljivo preklapljeni tabaci za zelenu boju.

Izmerene vrednosti preklapanja boja, za plavu boju, su neujednačene gde prve tri vrednosti opadaju, a zatim dolazi do naglog skoka vrednosti, pa opada blago dostižu najveću vrednost od 79,50 % na 36.750 tabaku, a najniža vrednost je 61,30% na tabaku pod rednim brojem 15.750. Ne postoje neprihvatljivo preklapljeni tabaci za plavu boju.

#### 4. ZAKLJUČAK

Analizirajući rezultate, koji su dobijeni spektrofotometrijskim merenjem, na kontrolnoj mernoj traci, moguće je saznati da li dolazi do greške prilikom štampe, gde dolazi do greške, šta treba uraditi ili popraviti da bi kvalitet štampe bio bolji. Da bi se dobio otisak odgovarajućeg krajnjeg kvaliteta neophodno vršiti kontrolu ulaznih parametara i toka samog procesa štampe.

Za ispitivanje otisaka u ovoj štampariji potrebno je obraditi pačnju na nanos boje i došlo bi se do proizvoda većeg kvaliteta.

#### 5. LITERATURA

[1] Novaković, D. (2012). Grafički procesi - skripta. Novi Sad: Fakultet Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

[2] Novaković, D., Pavlović, T., & Kašiković, N. (2011). Tehnike štampe - praktikum za vežbe. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

[3] Novaković, D., Pavlović, T., Karlović, I., & Pešterac, Č. (2008). Reprodukciona tehnika - priručnik za vežbe. Novi Sad: FTN izdavaštvo.

#### Podaci za kontakt:

Ana Gvozdrenović, eloren.ana@gmail.com  
Dr Nemanja Kašiković, knemanja@uns.ac.rs  
Rastko Milošević, rastko.m@uns.ac.rs

**PRIMENA ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA PRI IZBORU OPTIMALNIH ZAŠTITNIH RUKAVICA****APPLICATION OF ANALITIC HIERARCHY PROCESS FOR SELECTION OF OPTIMAL PROTECTIVE GLOVES**

Milana Ćopić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE NA RADU**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisano višekriterijumsko odlučivanje, kao i neke od metoda koje se primenjuju pri višekriterijumskom odlučivanju sa posebnim osvrtom na analitički hijerarhijski proces (AHP). Urađeno je poređenje Kini i Matrične metode 5x5 za procenu rizika sa AHP. U radu je prikazan postupak primene AHP pri izboru optimalne zaštitne rukavice. Nakon vrednovanja AHP metode dobijeni su rezultati o optimalnoj zaštitnoj rukavici na osnovu zadatih kriterijuma.

**Abstract** – This paper describes multiple-criteria decision-making, as well as some of the methods that are used in multiple-criteria decision-making. The comparison of Kinney method and 5x5 Matrix method with analytic hierarchy process (AHP) is given. The paper also presents the procedure of applying the AHP method to personal protective equipment - gloves. After implementation of AHP method results on the optimal protective glove were obtained, based on defined criteria.

**Ključne reči:** Višekriterijumsko odlučivanje, Metode višekriterijumskog odlučivanja, AHP metoda, alternative (rukavica 1, rukavica 2, rukavica 3, rukavica 4), kriterijumi

**1. UVOD**

Od kada postoji, čovek se susreće sa problemima koji podrazumevaju više alternativa, pri čemu se, u datim uslovima i pri važećim ograničenjima, postavlja pitanje odabira najbolje. Dakle, susreće se sa problemima vrednovanja, rangiranja i odabira optimalne alternative. Odluke koje se donose imaju za cilj pronalaženje najboljeg načina za izvršenje nekog zadatka, pri čemu se istovremeno zadovoljavaju unapred poznati zahtevi.

Odlučivanje je jedna od najvažnijih menadžerskih aktivnosti. Teoretičari menadžmenta i istraživači se slažu da je donošenje odluka jedna od najuobičajenijih i najbitnijih uloga menadžera. Ljudi su se oduvek bavili odlučivanjem, samim tim su uvek težili i pokušavali da proučavaju proces odlučivanja. Ipak, neposredno izučavanje počinje relativno kasno, negde tridesetih godina XX veka. Cilj rada je da se na osnovu višekriterijumskog odlučivanja, odnosno primenom AHP izvrši izbor optimalne zaštitne rukavice na osnovu izabраних kriterijuma.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio Doc. dr Boris Agarski

**2. DONOŠENJE ODLUKA U OBLASTI BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU**

S obzirom na to da se u metodama za procenu rizika Kinney i matričnoj metodi 5x5 koristi subjektivno vrednovanje, ove dve metode su poređene sa AHP metodom sa ciljem identifikovanja sličnosti..

U većini anketa za ocenu različitih slučajeva, koristi se subjektivno vrednovanje gde je učesniku ankete ponuđena bodovna skala od pet vrednosti. Vrednosti koje dodeljujemo tokom anketiranja mogu biti kvantitativnog karaktera (1- 5) ili kvalitativnog karaktera (1- nezadovoljavajući, 2 - zadovoljavajući, 3 - dobar, 4 - vrlo dobar, 5 - odličan). AHP koristi vrednosti od 1 do 9, gde najčešće korišćene vrednosti su (1, 3, 5, 7, 9), dok se parni brojevi koriste kada je neophodan kompromis između kriterijuma ili alternativa.

Tokom dodeljivanja vrednosti u Kinney metodi i matrici 5x5 u proceni rizika, može se primetiti da su i ove dve metode zasnovane na subjektivnom odlučivanju (vrednovanju) i donose odluke takođe ocenama od od 1 do 5. Nedostatak ovih metode jeste subjektivnost donosioca odluka, koji se razlikuje od donosioca odluke.

**3. VIŠEKRI TERIJUMSKO ODLUČIVANJE**

Kod višekriterijumske analize osnovni cilj je da se na konzistentan način prevaziđu teškoće na koje analitičar nailazi pri rešavanju problema sa velikom količinom složenih informacija. Ona obuhvata veliki broj različitih tehnika koji se razlikuju po pristupu problemu tj. načinu agregacije podataka datih za pojedinačne merljive kriterijume, a u cilju određivanja ukupne performanse alternativa u odnosu na skup eksplicitno definisanih ciljeva. [1]

Prilikom donošenja odluka često se postavlja pitanje izbora najbolje odluke. Pre nego što je višekriterijumska analiza razvijena, problemi izbora i rangiranja različitih odluka obično su se svodili na zadatke optimizacije jednog kriterijuma.

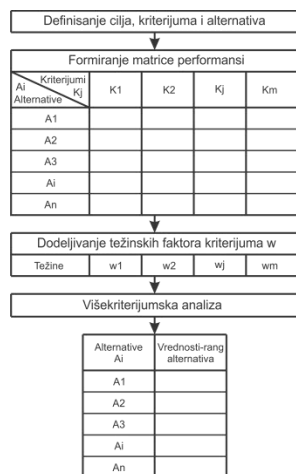
Danas postoji više metoda višekriterijumskog odlučivanja i u zavisnosti od korišćene metode kao rešenje se dobija:

- • rang alternativa,
- • najbolja alternativa,
- • skup alternativa koje ispunjavaju određene uslove.

Kod višekriterijumskog odlučivanja moguće je identifikovati sledeće osnovne faze:

- definisanje cilja, kriterijuma i alternativa,
- formiranje matrice odlučivanja,
- određivanje težina kriterijuma,
- višekriterijumsko odlučivanje,
- dobijanje vrednosti-ranga alternativa.

Redosled izvršavanja osnovnih faza višekriterijumskog odlučivanja šematski je prikazan na slici 1.



Slika 1. Primer osnovnih faza višekriterijumskog vrednovanja i rangiranja alternativa [1]

#### 4. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP)

AHP predstavlja jedan od najpoznatijih metoda naučne analize scenarija i donošenja odluka konzistentnim vrednovanjem hijerarhija čije elemente čine ciljevi, kriterijumi, podkriterijumi i alternative.

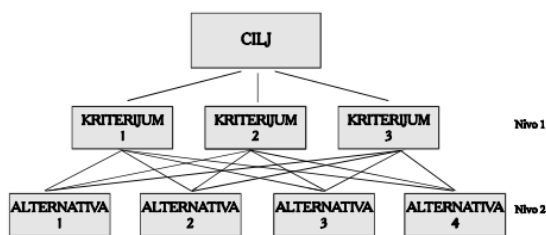
##### 4.1. Metodološki osnovi AHP

Metodološki posmatrano, AHP je višekriterijumska tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju.

Cilj se nalazi na vrhu hijerarhije, dok su kriterijumi, podkriterijumi i alternative na nižim nivoim.

Na slici 2. data je hijerarhija koju čine cilj, tri kriterijuma i četiri alternative.

Hijerarhija ne mora da bude kompletna; npr. element na nekom nivou ne mora da bude kriterijum za sve elemente u podnivou, tako da se hijerarhija može podeliti na podhijerarhije kojima je zajednički jedino element na vrhu hijerarhijskom modelu određuju težinski koeficijenti svih elemenata hijerarhije.



Slika 2. Primer hijerarhije u AHP-u [3]

Svako poređenje dva elementa hijerarhije (modela) vrši se korišćenjem Satijeve skale date u tabeli 1 [4].

Tabela 1. Satijeva skala vrednovanja [4]

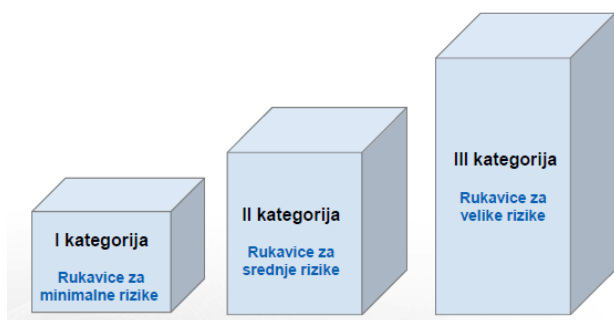
Značaj	Definicija	Objašnjenje
1	Istog značaja	Dva elementa su identičnog značaja u odnosu na cilj
3	Slaba dominantnost	Iskustvo ili rasuđivanje neznatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi
5	Jaka dominantnost	Iskustvo ili rasuđivanje znatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi
7	Demonstrirana dominantnost	Dominantnost jednog elementa potvrđenog u praksi
9	Apsolutna dominantnost	Dominantnost najvišeg stepena
2,4,6,8	Međuvrednost	Potreban kompromisi

#### 5. ZAŠTITNE RUKAVICE

Sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu koristi zaposleni na radnom mestu i u radnoj okolini, odnosno prilikom obavljanja poslova i radnih aktivnosti, na kojima se opasnosti i štetnosti, odnosno rizici od nastanka povreda i oštećenja zdravlja, ne mogu otkloniti ili u dovoljnoj meri smanjiti primenom tehničkih, tehnoloških, organizacionih i drugih mera u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu. i pored stalnog usavršavanja tehnološkog procesa, još uvek postoje radne operacije koje su opasne po čoveka, pa uslovljavaju upotrebu lične zaštitne opreme.

Zaštitne rukavice su deo vlastite zaštitne opreme. Nose se da bi šaku zaštitile od mehaničkih rizika (zareživanja), vibracija, toplote, hladnoće, električnih udara, opasnih hemijskih materija. U zavisnosti od radnog mesta bira se različita vrsta rukavica, koja je izrađena i testirana po zahtevanom standardu. Da bi se ispunili zahtevi o ličnoj zaštitnoj opremi, izvršena je podela na tri rizične kategorije (slika 3):

- Kategorija 1 – mali rizik (kategorija I) Jednostavna oprema za ličnu zaštitu, rukavice moraju odgovarati osnovnim zahtevima EN 420 i moraju biti označene samo CE oznakama. Ispitivanje izrađenog uzorka nije potrebno, dovoljna je dozvola o usklađenosti.
- Kategorija 2 – srednji rizik (kategorija II) Ovde je dodatno potrebno ispitivanje izrađenog uzorka. Pod ovaj standard spadaju na primer rukavice EN 388, zaštita od mehaničkih rizika.
- Kategorija 3 – visok rizik (kategorija III) Ovde je pored izrađenog uzorka dodatno potrebna kontrola kvaliteta prema ISO standardima. Ovde spada sva oprema za ličnu zaštitu, na primer zaštitne rukavice za požar ili hemikalije, gde u slučaju njihove neispravnosti mogu nastati teške posledice po zdravlje korisnika (fizičke povrede do nivoa smrtno opasnosti).



Slika 3. Kategorije zaštitnih rukavica

## 6. AHP VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA ZAŠTITNIH RUKAVICA

Kriterijumi koji su izdvojeni kao najbitniji za rukavice su:

- $k_1$  cena,
- $k_2$  dužina rukavice,
- $k_3$  zaštita od mehaničkih opasnosti,
- $k_4$  zaštita od hemijskih opasnosti,
- $k_5$  zaštita od hladnoće i
- $k_6$  zaštita od toplote.

U radu su analizirane četiri alternative (rukavica 1, rukavica 2, rukavica 3, rukavica. 4), na kojima je primenjena AHP metoda (tabela 2).

Tabela 2. Osnovne karakteristike zaštitnih rukavica

Rukavica	Karakteristike	Slika
Rukavica 1	<i>Materijal:</i> goveđa špalat koža <i>Dlan:</i> postavljen mekanom vunom <i>Manžetna:</i> čvrst crveni pamuk	
Rukavica 2	<i>Materijal:</i> goveđa špalat koža <i>Palac:</i> povezan štiti metakarpalne kosti <i>Manžetna:</i> špalat koža	
Rukavica 3	<i>Materijal:</i> pvc crveni <i>Palac:</i> pamuk <i>Manžetna:</i> pletivo	
Rukavica 4	<i>Materijal:</i> crni PVC <i>Spoljna baza:</i> najlon <i>Unutrašnjost:</i> vuna i akril	

Matrica odlučivanja sa vrednostima kriterijuma za svaku alternativu zaštitnih rukavica prikazana je tabelom 3.

Tabela 3. Matrica odlučivanja

K	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	799,00	kratka	Vrlo dobar (4)	Dobar (3)	Odličan (5)	Odličan (5)
A2	294,00	kratka	Odličan (5)	Vrlo dobar (4)	Dobar (3)	Dobar (3)
A3	538,00	dugačka	Odličan (5)	Odličan (5)	Zadovoljavajući (2)	Zadovoljavajući (2)
A4	985,00	dugačka	Odličan (5)	Odličan (5)	Odličan (5)	Dobar (3)
t.k	min	max	max	max	max	max

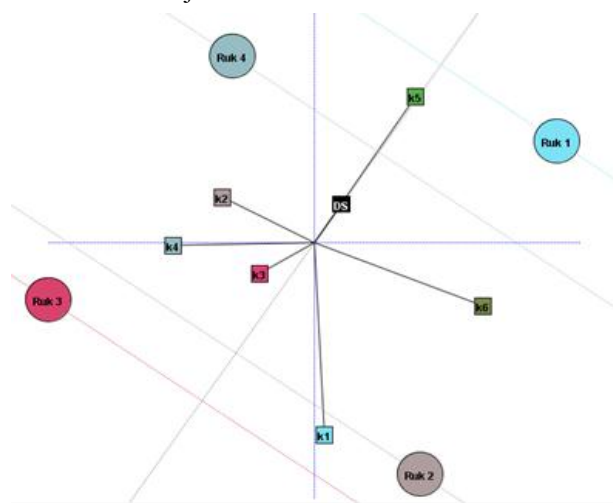
### 6.1. Rezultati i diskusija

Na osnovu dobijenih konačnih težina alternativa tabela 4, koje uzimaju u obzir vednovanje alternative prema svim kriterijumima, može se zaključiti da je rukavica 2 optimalna alternativa. Nasuprot alternativni rukavici 2, rukavica 1 se ispostavila da je najmanje optimalno rešenje.

Tabela 4. Konačne težine alternativa

ALTERNATIVA	TEŽINA ALTERNATIVE
Rukavica 1	0,187
Rukavica 2	0,308
Rukavica 3	0,269
Rukavica 4	0,236

Na slici 4. grafički je prikazan položaj alternative u odnosu na kriterijume.



Slika 4. Grafički prikaz položaja alternativa u odnosu na kriterijume

Položaj alternative je postavljen prema osama kriterijuma, koji najviše ispunjavaju vrednosti tog kriterijuma. Npr. Rukavica 2 je orjentisana između kriterijuma  $k_1$  i  $k_6$ , gde



je  $k_1$  cena koja iznosi 294,00 i predstavlja najbolju alternativu sa aspekta kriterijuma cene.

## 6.2. Poređanje težina kriterijuma dobijenih primenom tri različite metode

Pored rezultata težine kriterijuma dobijenih Geometric Mean (GM) metodom, rezultati su izračunati uz pomoć još dve metode, Eigenvector (EV) i Direct Least Sq (DLS) radi lakšeg upoređivanja rezultata prikazanih u tabeli 5.

Tabela 5. Težina kriterijuma Geometric Mean, Eigenvector, Direct Least Sq

Težine kriterijuma	Težina kriterijuma	Težina kriterijuma	Težina kriterijuma
Kriterijumi	GM	EV	DLS
$k_1$	0,246	0,246	0,256
$k_2$	0,047	0,047	0,051
$k_3$	0,387	0,388	0,369
$k_4$	0,147	0,147	0,146
$k_5$	0,086	0,086	0,089
$k_6$	0,086	0,086	0,089

Prikom poređenja dobijenih rezultata iz sve tri metode, zaključuje se da je veoma mala razlika između njih, kod nekih kriterijuma su vrednosti čak podjednake. Vrednosti težine kriterijuma –  $k_1$ , u metodama GM i EV su jednake, dok u metodi DLS je veća za 0,01. Za kriterijum  $k_2$ , vrednosti težine kriterijuma u GM i EV je jednak, a u DLS metodi je veća za 0,004.

Težine kriterijuma  $k_3$  se međusobno razlikuju u sve tri metode, metoda EV i GM se razlikuju za 0,01, GM i DLS za 0,018, dok se EV i DLS razlikuju za 0,019.

Kriterijum  $k_4$  ima iste težinske vrednosti i u metodi GM i EV, koje se razlikuju od DLS metodi za 0,01.

Težine kriterijuma  $k_5$  i  $k_6$  imaju iste vrednosti u metodama GM i EV, dok se u metodi DLS razlikuju za 0,03.

## 7. ZAKLJUČAK

Višekriterijumsko odlučivanje se uspešno koristi u prilikama kada postoji veliki broj, neretko međusobno suprotstavljenih kriterijuma, koje treba uzeti u obzir prilikom donošenja odluke.

Budući da lična zaštitna oprema – rukavice, podrazumeva donošenje odluka uzimajući u obzir veliki broj raznovrsnih kriterijuma, metode višekriterijumskog odlučivanja se nameću kao savršen instrument za odlučivanje.

U radu je prezentovana AHP metoda VKO koja je i primenjena na podacima odnosno na kriterijumima i izvršeno je vrednovanje istih.

Napravljena je sistematizacija standarda iz oblasti lične zaštite opreme - rukavice, koji se primenjuju u Srbiji polazeći od početnih pretpostavki u istraživanju potvrđeno je da je moguće formirati model višekriterijumske analize pri odabiru zaštitne rukavice za adekvatnu ličnu zaštitnu opremu. Na osnovu rezultata istraživanja, dobijeni su različiti rezultati u zavisnosti prvo od odabira najbitnijeg kriterijuma u ovom slučaju cene prilikom čega je korišćen odgovarajući softver za AHP metodu kako bi se dobile vrednosti težina kriterijuma.

Nakon odabira optimalnog kriterijuma dolazi se do zaključka da je optimalna alternative u poređenju sa kriterijumom cene rukavica 2. Prilikom poređenja alternative sa kriterijumom dužine rukavice, najbolja alternative predstavlja rukavica 1 i rukavica 2. Kod kriterijuma zaštite od mehaničkih opasnosti najbolje alternative predstavljaju rukavice 2, 3, 4. Alternativa koja zadovoljava najbolje kriterijum zaštite od hemijskih opasnosti jeste rukavica 3. Kriterijum zaštite od hladnoće ispunjavaju rukavica 1, dok kriterijum zaštite od toplote ispunjava rukavica 1 i rukavica 2.

## 8. LITERATURA

- [1] J. Hodolič, I. Budak, M. Hađžistević, Đ. Vukelić, M. Majernik, J. Chovancova, J. Pankova-Jurikova, M. Čulibrk, "Sistemi za upravljanje zaštitom životne sredine", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ISBN: 978-86-7892-469-9, 2013.
- [2] S. Opricović, G. H. Tzeng, Compromise solution by MCDM methods; "A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", European Journal of Operational Research, 2004.
- [3] T. L. Saaty, D. K. Kearns, "Analytical Planning, The Organization of System, The Analytic Hierarchy Process Series", Vol. IV, RWS Publications, 1991.
- [4] T. L. Saaty, "Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process", RWS Publication, 4922 Ellwordth Ave, Pittsburgh, PA 15213, 1980.

### Kratka biografija:



**Milana Čopić** rođena je 1992. godine u Zrenjaninu. Diplomski rad odbranila je 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti – Inženjerstva zaštite na radu –. Analiza sistema bezbednosti i zdravlja na radu u preduzeću „Mecaplast doo“.

## IZBOR LIČNE ZAŠTITNE OPREME PRIMENOM VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE SELECTION OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT BY USING MULTI- CRITERIA ANALYSIS

Ružica Moconja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE NA RADU**

**Kratak sadržaj** - U radu je opisana višekriterijumska analiza, metode AHP i TOPSIS koje su primenjene pri višekriterijumskoj analizi. Opisana je značajnost upotrebe lične zaštitne opreme sa posebnim naglaskom na zaštitnu obuću. Dat je primer vrednovanja sredstava za ličnu bezbednost – zaštitne obuće metodama AHP i TOPSIS. Nakon sprovedene višekriterijumske analize dobijeni su rezultati o optimalnoj zaštitnoj obući na osnovu zadatih kriterijuma za vrednovanje zaštitne obuće.

**Abstract** - Thesis describes the multi criterial analysis, AHP and TOPSIS methods that were applied for multi-criteria analysis. The importance of wearing safety equipment, and safety shoes is also described. And example of safety equipment evaluation is shown for safety shoes by using AHP and TOPSIS methods. The results show the optimal safety shoes, based on the previously defined evaluation criteria.

**Ključne reči:** Višekriterijumska analiza, AHP, TOPSIS, lična zaštitna oprema, zaštitna obuća

### 1. UVOD

Odlučivanje je sastavni deo svakodnevnog života ljudi pa se može reći da su upravljanje i odlučivanje, kao procesi, neophodni u svakom segmentu savremenog društva. Rezultat odlučivanja su odluke koje mogu varirati od onih koje su od vitalnog značaja pa do onih koje se donose rutinski i imaju relativno mali značaj.

Prilikom donošenja odluka često se postavlja pitanje izbora optimalne. Pre nego što je višekriterijumska analiza razvijena problemi izbora i rangiranja različitih odluka obično su se svodili na zadatke optimizacije jednog kriterijuma.

Međutim, u praksi se najčešće sreću zadaci gde alternative treba oceniti po više kriterijuma što problem čini znatno složenijim [1].

Zaposleni su svakodnevno izloženi određenim rizicima, odnosno opasnostima od povreda i opasnostima po zdravlje. Preduzeću je u interesu da izbegne, tj. da što više smanji rizik od nastanka povreda i oboljenja zaposlenih zbog obavljanja posla, radi izbegavanja troškova i drugih negativnih efekata. Cilj rada je da se na osnovu višekriterijumske analize, odnosno primenom metoda AHP i TOPSIS izvrši izbor optimalne zaštitne obuće na osnovu izabranih kriterijuma.

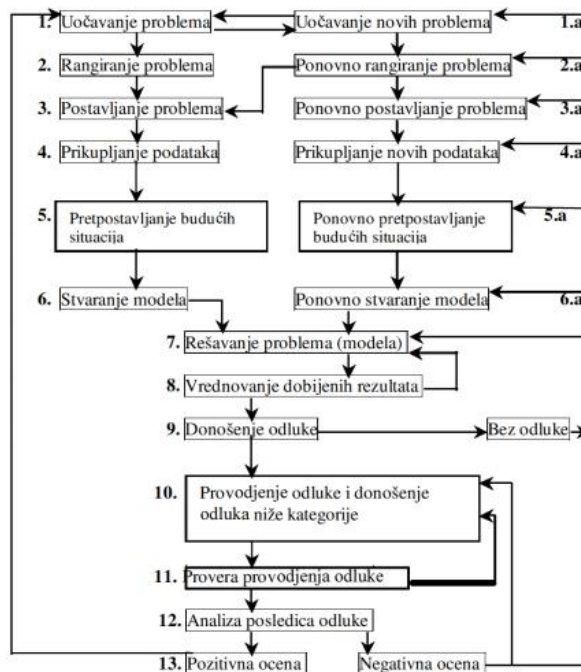
### 2. VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA

Kod višekriterijumske analize osnovni cilj je da se na konzistentan način prevaziđu teškoće na koje analitičar nailazi pri rešavanju problema sa velikom količinom složenih informacija. Ona obuhvata veliki broj različitih tehnika koje se razlikuju po pristupu problemu tj. načinu agregacije podataka datih za pojedinačne merljive kriterijume, a u cilju određivanja ukupne performanse alternativa u odnosu na skup eksplicitno definisanih ciljeva [2].

#### 2.1. Donošenje odluka

Odlučivanje predstavlja intelektualnu aktivnost ljudi koja je, kao i proces mišljenja, ljudska karakteristika. Proces donošenja odluka, odnosno, potreba za njime, neprekidno je prisutan u svim područjima ljudskih aktivnosti nezavisno od toga da li je reč o pojedincu, grupi ljudi, firmi, državi itd. Pošto je proces odlučivanja veoma složen, nastoji se da se taj proces podeli na što više delova (faza).

U tim podelama se često zanemaruje analiza odluke, te je moguća njena revizija. Znajući da se u realnim problemima često javljaju situacije da već donešena odluka ne mora opstati u svom prvobitnom obliku nego se može i dopunjavati, u celosti izmeniti ili zameniti odlukom o nekom drugom problemu, jedna od prihvatljivijih podela procesa odlučivanja data je šematski na slici 1. [3].



Slika 1. Raščlanjena struktura faza procesa odlučivanja [3]

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Boris Agarski.

Danas postoji više metoda VKA i u zavisnosti od korišćene metode kao rešenje se dobija:

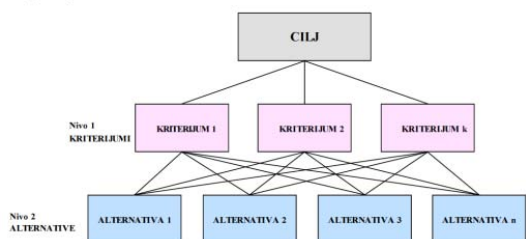
- rang alternativa,
- najbolja alternativa i
- skup alternativa koje ispunjavaju određene uslove.

### 3. METODE AHP I TOPSIS

U radu, metodom AHP dodeljeni su težinski faktori kriterijuma, dok je metoda TOPSIS primenjena za izbor optimalne alternative.

#### 3.1. Analitički hijerarhijski proces - AHP

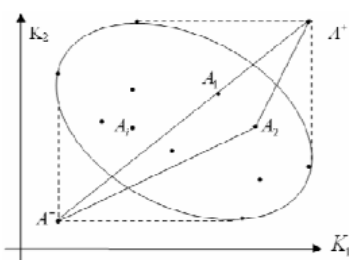
AHP predstavlja jedan od najpoznatijih metoda naučne analize scenarija i donošenja odluka konzistentnim vrednovanjem hijerarhija čije elemente čine ciljevi, kriterijumi, podkriterijumi i alternative. Metodološki posmatrano, AHP je visekriterijumska tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju. Cilj se nalazi na vrhu hijerarhije, dok su kriterijumi, podkriterijumi i alternative na nižim nivoim. Na slici 2. data je hijerarhija koju čine cilj, tri kriterijuma i četiri alternative. Hijerarhija ne mora da bude kompletna; npr. element na nekom nivou ne mora da bude kriterijum za sve elemente u podnivou, tako da se hijerarhija može podeliti na podhijerarhije kojima je zajednički jedino element na vrhu hijerarhijskog modela određuju težinski koeficijenti svih elemenata hijerarhije.



Slika 2. Hijerarhijski model – AHP struktura [4]

#### 3.2. TOPSIS metoda

TOPSIS metoda (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), zasnovana je na konceptu da izabrana alternativa treba da ima najkraće rastojanje od idealnog rešenja i najduže od anti-idealnog rešenja. Na slici 3 koja predstavlja prostorni raspored alternativa definisan sa dva kriterijuma tipa max, može se uočiti da alternativa  $A_1$  iako je bliža idealnom rešenju ( $A^+$ ) u poređenju sa alternativom  $A_2$ , istovremeno je bliža i anti-idealnom rešenju ( $A^-$ ) u poređenju sa  $A_2$ . Imajući u vidu ovu činjenicu, za ukupnu meru kvaliteta alternative proglašena je relativna bliskost alternative idealnom rešenju, uzimajući u obzir njenu udaljenost od idealnog i anti-idealnog rešenja istovremeno. [5]



Slika 3. Grafički prikaz položaja alternativa u odnosu na idealna rešenja za dva kriterijuma [5]

## 4. LIČNA ZAŠTITNA OPREMA

Sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu koristi zaposleni na radnom mestu i u radnoj okolini, odnosno prilikom obavljanja poslova i radnih aktivnosti, na kojima se opasnosti i štetnosti, odnosno rizici od nastanka povreda i oštećenja zdravlja, ne mogu otkloniti ili u dovoljnoj meri smanjiti primenom tehničkih, tehnoloških, organizacionih i drugih mera u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu. I pored stalnog usavršavanja tehnološkog procesa, još uvek postoje radne operacije koje su opasne po čoveka, pa uslovljavaju upotrebu lične zaštitne opreme.

#### 4.1. Zaštitna obuća

Lična zaštitna oprema za zaštitu nogu i stopala služi da zaštitu od mehaničkih, toplotnih ili hemijskih delovanja, kao i zračenja. U zavisnosti od opasnosti, štetnosti i napora na pojedinim radnim mestima, govori se o upotrebi sigurnosne, zaštitne ili radne obuće. Takva obuća ne sme biti teška i neudobna, odnosno mora biti oblikovana u skladu sa ergonomskim zahtevima. U zaštitnu obuću ubrajaju se zaštitne cipele i zaštitne čizme koje su izrađene od kože, gume ili sintetičkih materijala odnosno kombinacije navedenih materijala. Prema nameni zaštitne obuće moguće je ugraditi i dodatnu zaštitu poput zaštitnih čeličnih kapica, neprobojnih potpetica, zaštite za pete i potkolenice i dr.

Do sada su doneti sledeći srpski standardi iz oblasti lične zaštitne opreme – zaštitne obuće:

- Oprema za ličnu zaštitu (obuća) - metode ispitivanja otpornosti prema klizanju - nosi oznaku srpskog standarda SRPS EN ISO 13287:2009. Referentni evropski standard nosi oznaku EN ISO 13287:2007.
- Oprema za ličnu zaštitu- obuća koja štiti od toplotnih rizika i rastopljenih čestica metala kod procesa livenja i zavarivanja – nosi oznaku srpskog standarda SRPS EN ISO 20349:2011. Referentni evropski standard nosi oznaku EN ISO 20349:2010.
- Oprema za ličnu zaštitu – štitnici za koleno za rad u klečećem položaju – nosi oznaku srpskog standarda SRPS EN 14404:2010. Referentni evropski standard nosi oznaku EN 14404:2004., EN 14404:2004./A1:2010.

## 5. PRIMER VREDNOVANJA SREDSTAVA ZA LIČNU BEZBEDNOST

Metodom AHP dodeliće se težinski faktori kriterijuma, dok će se metoda TOPSIS primeniti za izbor optimalne alternative. U oba slučaja analiza je vršena kroz tri scenarija sa različitim težinskim faktorima kriterijuma. Kriterijumi za vrednovanje su odabrani subjektivno tako da opisuju najznačajnije karakteristike zaštitne obuće. Zaštitna obuća će se porediti prema sledećim kriterijumima:

- $k_1$ - cena,
- $k_2$ - zaštitna kapa,
- $k_3$ - amortizacija udara pete,
- $k_4$ - vatrootpornost,
- $k_5$ - ojačanje u predelu pete i
- $k_6$ - zaštita od hladnoće.

Za analizu su razmatrane četiri alternative: obuća 1, obuća 2, obuća 3, obuća 4.

Obuća 1 (slika 4), karakteristike:

- Materijal: koža;
- Unutrašnjost: Vodootporna membrana sa uloškom, termoizolacija;
- Đon: Dvoslojni;
- Poluduboka cipela sa čeličnom kapom;
- Pogodna za rad u vlažnim radnim uslovima.



Slika 4. Obuća 1

Obuća 2 (slika 5), karakteristike:

- Materijal: koža i najlon;
- Unutrašnjost: nema vodootpornu membranu;
- Đon: Dvoslojni;
- Plitka cipela sa čeličnom kapom;
- Pogodna za rad u suvim radnim uslovima.



Slika 5. Obuća 2

Obuća 3 (slika 6), karakteristike:

- Materijal: koža;
- Unutrašnjost: tekstil;
- Đon: Dvoslojni;
- Plitka cipela bez čelične kape;
- Pogodna za obavljanje komunalnih poslova.



Slika 6. Obuća 3

Obuća 4 (slika 7), karakteristike:

- Materijal: koža;
- Unutrašnjost: krzno;
- Đon: Dvoslojni;
- Duboka cipela sa čeličnom kapom i tabanicom;
- Pogodna za rad u svim uslovima.



Slika 7. Obuća 4

Za kriterijum  $k_1$  (tabela 1) uzete su kvantitativne vrednosti odakle se vidi da je obuća 1 najskuplja, a obuća 2 najjeftinija. Prema prethodnom, višekriterijumsko vrednovanje obuhvatiće kvantitativne i kvalitativne kriterijume. Matrica odlučivanja (tabela 1) predstavlja ulaz za višekriterijumsku analizu metodama AHP i TOPSIS.

Tabela 1. Matrica odlučivanja

K	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Alternativa						
Obuća 1	4900,00	Odličan (5)	Odličan (5)	Dobar (3)	Odličan (5)	Odličan (5)
Obuća 2	2550,00	Odličan (5)	Vrlo dobar (4)	Nedovoljan (1)	Nedovoljan (1)	Dobar (3)
Obuća 3	2900,00	Zadovoljavajući (2)	Odličan (5)	Zadovoljavajući (2)	Odličan (5)	Dobar (3)
Obuća 4	4200,00	Odličan (5)	Odličan (5)	Vrlo dobar (4)	Odličan (5)	Vrlo dobar (4)
Tip kriterijuma	min	max	max	max	max	max

### 5.1. Dodeljivanje težinskih faktora

Prilikom VKA zaštitne obuće sastavljena su tri scenarija na osnovu kojih su primenom AHP metode dobijeni težinski faktori:

1. Scenario vrednovanja sa aspekta zaštite na radu
2. Scenario vrednovanja sa aspekta ekonomičnosti
3. Scenario vrednovanja sa aspekta rada u hladnim uslovima

Scenario 1

Prilikom subjektivnog vrednovanja kriterijuma određen je sledeći redosled značajnosti kriterijuma:  $k_2$ -zaštitna kapa,  $k_3$ -amortizacija udarca pete,  $k_1$ -cena,  $k_4$ -vatrootpornost,  $k_6$ -zaštita od hladnoće i ojačanje u  $k_5$ -predelu pete. U tabeli 2 prikazani su dobijeni rezultati težina kriterijuma za scenario 1.

Tabela 2. Dobijeni rezultati težina kriterijuma-scenario 1

Težina kriterijuma	Težina kriterijuma (w)
Kriterijum	
$k_1$	0,143
$k_2$	0,407
$k_3$	0,241
$k_4$	0,081
$k_5$	0,042
$k_6$	0,081

Dobijena težina kriterijuma najveća je za kriterijum 2 (zaštitna kapa) i iznosi  $w_2=0,407$ , a najmanja za kriterijum 5 (ojačanje u predelu pete) i iznosi  $w_5=0,042$ .

Scenario 2

Prilikom subjektivnog vrednovanja kriterijuma, kao optimalan kriterijum za ovaj aspekt uzeta je  $k_1$ -cena zatim  $k_2$ -zaštitna kapa,  $k_4$ -vatrootpornost,  $k_6$ -zaštita od

hladnoće,  $k_3$ -amortizacija udarca pete, i  $k_5$ -ojačanje u predelu pete. U tabeli 3 prikazani su dobijeni rezultati težina kriterijuma za scenario 2.

Tabela 3. Dobijeni rezultati težina kriterijuma-scenario 2

Težina kriterijuma	Težina kriterijuma (w)
Kriterijum	
$k_1$	0,379
$k_2$	0,244
$k_3$	0,069
$k_4$	0,156
$k_5$	0,044
$k_6$	0,108

Dobijena težina kriterijuma najveća je za kriterijum 1 (cena) i iznosi  $w_1=0,379$ , a najmanja za kriterijum 5 (ojačanje u predelu pete) i iznosi  $w_5=0,044$ .

### Scenario 3

Za subjektivno vrednovanje kriterijuma kao optimalan kriterijum za ovaj aspekt uzet je  $k_6$ -zaštita od hladnoće zatim  $k_4$ -vatrootpornost,  $k_5$ -ojačanje u predelu pete,  $k_2$ -zaštitna kapa,  $k_3$ -amortizacija udarca pete, i  $k_1$ -cena. U tabeli 4 prikazani su dobijeni rezultati težina kriterijuma za scenario 3.

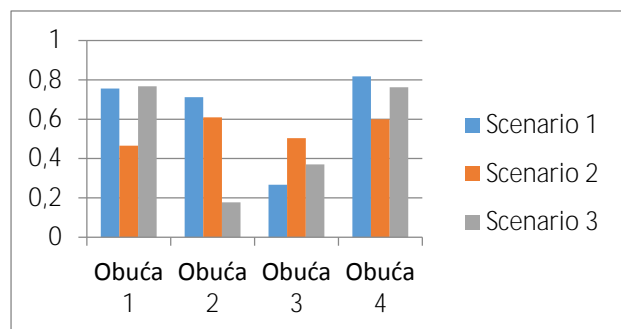
Tabela 4. Dobijeni rezultati težina kriterijuma-scenario 3

Težina kriterijuma	Težina kriterijuma (w)
Kriterijum	
$k_1$	0,044
$k_2$	0,108
$k_3$	0,074
$k_4$	0,246
$k_5$	0,146
$k_6$	0,383

Dobijena težina kriterijuma najveća je za kriterijum 6 (zaštita od hladnoće) i iznosi  $w_6=0,383$ , a najmanja za kriterijum 1 (cena) i iznosi  $w_1=0,044$ .

### 5.2. Diskusija rezultata

Na osnovu dobijenih rang alternativa za tri scenarija, rezultati vrednovanja alternativa su objedinjeni i prikazani na grafikonu 1. Sa grafikona 1 se vidi da je sa aspekta zaštite na radu optimalan izbor obuća 4, zatim obuća 1, 2 i 3. Sa aspekta ekonomičnosti optimalan izbor je obuća 2, a potom obuća 4, 3 i 1. Na kraju, pri radu u hladnim uslovima optimalan izbor su obuća 1 i 4, a posle njih obuća 3 i 2. Na osnovu navedenog zaključujemo da je obuća 4 optimalan izbor sa dva aspekta, aspekta ekonomičnosti i pri radu u hladnim uslovima.



Grafikon 1. Prikaz objedinjenih rezultata

## 5. ZAKLJUČAK

Metode VKA se razvijaju u pravcu omogućavanja što većeg, kreativnog, sistematskog uključivanja donosilaca odluke u proces donošenja optimalnih odluka, primenom računara. Uz korišćenje računara i odgovarajućeg računarskog softvera dobijaju se pouzdaniji rezultati, olakšava rad i štedi vreme.

U radu je napravljena sistematizacija standarda iz oblasti zaštitne obuće koji se primenjuju u Srbiji. Saglasno metodologijama AHP-a i TOPSIS-a na datom primeru izvršeno je poređenje kriterijuma u parovima u odnosu na zadati cilj, a nakon toga poređenje alternative prema prethodno zadatim kriterijumima za tri scenarija. Prvi scenario sa aspekta zaštite na radu, drugi sa aspekta ekonomičnosti i treći pri radu u hladnim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da je optimalna alternativa, izbor zaštitne obuće, obuća 4 ako se posmatra sa aspekta zaštite na radu. Ukoliko se posmatra scenario 2, sa aspekta ekonomičnosti, optimalna alternativa je alternativa 2 (obuća 2), dok su za treći scenario, pri radu u hladnim uslovima, optimalne dve alternative, alternativa 1 i 4 (obuća 1, obuća 4).

## 6. LITERATURA

- [1] J. Petrić, "Operaciona istraživanja", Nauka, Beograd, 1996.
- [2] J. Hodolič, I. Budak, M. Hadžistević, Đ. Vukelić, M. Majernik, J. Chovancova, J. Pankova-Jurikova, M. Čulibrk, "Sistemi za upravljanje zaštitom životne sredine", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ISBN: 978-86-7892-469-9, 2013.
- [3] J. P. Brans, "A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis", Operational Research '84, Nort Holland, 1984
- [4] T. L. Saaty, D. K. Kearns, "Analytical Planning, The Organization of Szstem, The Analytic Hierarchy Process Series", Vol. IV, RWS Publications, 1991.
- [5] B. Dimitrijević, "Višekriterijumska analiza", Diplomski rad, Beograd, 2013.

### Kratka biografija:



**Ružica Moconja** rođena je 1992. godine u Sremskoj Mitrovici. Diplomski rad odbranila je 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti – Inženjerstva zaštite na radu, na temu "Merenje buke kompresora vazduha u radnoj sredini".

**KARAKTERIZACIJA I SORPCIONI KAPACITETI PEPELA SUNCOKRETOVE SAČME U DOMENU SEPARACIONIH TEHNOLOGIJA****SUNFLOWER SHELL ASH CHARACTERIZATION AND SORPTION IN THE SPHERE OF SEPARATION TECHNOLOGY**Radomir Ostojić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratak sadržaj** – Cilj rada bio je utvrđivanje pozitivnih i negativnih aspekata korišćenja alternativnog adsorbenta dobijenog sagorevanjem suncokretove sačme (u daljem tekstu MS 1450) pri tretiranju voda opterećenih teškim metalima. U tu svrhu urađeno je laboratorijsko ispitivanje sorpcionih predispozicija adsorbenta MS 1450. Analizirane su karakteristike i efikasnost adsorpcije pri različitim procesnim uslovima, kao i uticaj na životnu sredinu prilikom korišćenja. Analizom generisanih rezultata dobijeni su odgovori o tipu mehanizama adsorpcije prisutnim prilikom korišćenja MS 1450, kao i o optimalnim vrednostima parametara procesa pod kojima je potrebno vršiti separaciju.

**Abstract** – The goal of the paper is to show the positive and negative aspects of using alternative adsorbent (hereinafter referred to as MS 1450) in the treatment of water loaded with heavy metals. For this purpose, the laboratory testing of the adsorbent MS 1450 have been done. Characteristics and adsorption efficiency at different conditions and environmental impact during use were observed. The obtained results were explained with answers about mechanisms of adsorption when using MS 1450 and the optimum conditions for its use.

**Ključne reči:** Adsorpcija, kontaminacija voda, alternativni adsorbent, uklanjanje olova iz vode.

**1. UVOD**

Voda je prirodno bogatstvo i neophodan je osnovni element života čoveka, životinja i biljaka, zbog čega je neophodno da celokupno stanovništvo planete brine o njenom pravilnom korišćenju i zaštiti. Otpadne vode različitih industrija opterećene su različitim hemijskim agensima, poput teških metala i zagađujućih supstanci organskog porekla.

Postoji veliki broj različitih postupaka za tretman otpadnih voda. Najčešće korišćeni postupak za uklanjanje teških metala iz vode je taloženje u vidu nerastvornih hidroksida u slabo alkalnoj sredini. Takođe, veoma efikasna tehnologija za uklanjanje metala iz komunalnih i industrijskih otpadnih voda je njihov tretman pomoću aktivnog

uglja. Adsorpcija u najširem smislu se pokazala kao efikasna metoda za uklanjanje teških metala iz vode.

Poslednjih godina, sve više se ispituju različiti alternativni materijali za sorpcioni tretman kontaminiranih voda. Pod alternativnim izvorima se podrazumeva korišćenje otpadnih materijala, organskog i neorganskog porekla.

Mogućnost korišćenja živih mikroorganizama privukla je veliku pažnju naučne javnosti, i uprkos velikom broju istraživačkih radova, samo mali broj ispitanih biosorpcionih procesa je imao komercijalnu primenu.

Iz tog razloga, novija istraživanja su više usmerena ka neživim biosorpcionim materijalima, posebno onim ekonomski dostupnijim, kao što je agro-industrijski otpad. Alternativni adsorbenti se koriste u prirodnom obliku, ili izmenjeni hemijskom ili termičkom obradom, u cilju povećanja njihovih sorpcione kapaciteta.

**2. ZAGAĐENJE ŽIVOTNE SREDINE TEŠKIM METALIMA**

Složena mreža industrijskih, komunalnih, akcidentnih, kao i u krajnjoj liniji, prirodnih faktora dovodi do neželjenog prisustva raznih štetnih materija u životnoj sredini. Značajan broj hemijskih elemenata i jedinjenja se u formi katjona mogu naći u koncentracijama iznad dozvoljenih u proizvodima namenjenim ljudskoj konzumaciji. Rastvoreni katjoni teških metala su stavka na koje se stavlja poseban akcenat prilikom prečišćavanja pijaće vode. Glavni izvori zagađenja vodnih resursa teškim metalima su železare, galvanizaciona postrojenja, proizvodnja hemikalija, kao i prirodno rastvaranje i izluživanje tla. Kako su teški metali nerazgradivi, njihova koncentracija u industrijskim otpadnim vodama mora biti ispod zakonom definisanih graničnih vrednosti pre ispuštanja u prirodne vodotokove. Teški metali u ljudski organizam mogu dospeti putem hrane, pijaće vode, kože ili udisanjem. Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji (SZO) u najtoksičnije metale spadaju aluminijum, kobalt, nikal, bakar, cink, kadmijum, živa i olovo.

**2.1 OLOVO**

U nezagađenim kontinentalnim vodama sadržaj olova je mali (do 3  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ); relativno visoke koncentracije se mogu javiti u vodama u blizini rudnika olova, kao i u rekama blizu velikih gradova i puteva kao posledica sagorevanja benzina. U atmosferskim padavinama, ukupni sadržaj olova se kreće od 1-50  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Primena olova je široka i mnogostruka. Koristi se za izradu baterija i akumulatora, omotača kablova, vodovodnih cevi, u

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Maja Turk Sekulić, van. prof.**

proizvodnji naoružanja, kao zaštita od rendgenskog i radioaktivnog zračenja, u industriji stakla i boja, itd. Tetrametil- i tetraetil-olovo se dodaju benzinskim gorivima kao antidetonatori koji poboljšavaju sagorevanje u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem

### 3. SORPCIONI PROCESI

Sorpcija u najširem smislu podrazumeva promenu koncentracije neke od komponenata na graničnoj površini faza heterogenog sistema. Princip sorpcije se zasniva na kontaktu rastvora ili gasa sa nekom čvrstom površinom pri čemu dolazi do separacije komponenata sorbata na površini ili unutar sorbenta. Priroda međučestičnih interakcija u čvrstom telu uslovljava postojanje energetskog polja na njegovoj površini; zato površina preferira privlačenje i vezivanje određenih komponenata, a sorpcija je limitirana veličinom i prirodom dodirne površine, brojem i dimenzijama pora. Termin adsorpcija upotrebljava se kada se vezivanje vrši u čitavoj zapremini po pravilu tečnog sorbenta (gas - tečno i tečno tečno sorpcija), a adsorpcija kada je u pitanju vezivanje na površini čvrste ili tečne materije gasovitih ili tečnih supstanci. Hemisorpcija podrazumeva građenje hemijske veze, pored fizičkog vezivanja supstance za sorbent. Supstanca koja se adsorbuje naziva se adsorbatom, a telo na kome dolazi do adsorpcije - adsorbentom. Adsorbenti se karakterišu poroznošću i velikom slobodnom površinom. Površina 1 g adsorbenta naziva se specifična površina. Maksimalna količina supstance koja se pod datim uslovima može vezati za jedinicu mase adsorbenta naziva se adsorpcioni kapacitet. Sorbenti su materijali koji imaju veliku površinu po jedinici mase, što je posledica velike poroznosti ili usitnjavanja. Najčešće korišćeni sorbenti su: aktivni ugalj, koštani ugalj, aktivne gline, silikagel, molekularna sita, razni oksidi, alumosilikati, među njima prirodni i sintetički zeoliti i druge materije.

#### 3.1 Adsorpcija

Pri kontaktu rastvora i čvrste faze, rastvorene čestice iz rastvora u početku procesa bivaju usmerene ka površini čvrste faze, neke se odmah adsorbuju, neke dođu u kontakt sa površinom, a onda difunduju nazad u rastvor, ali je izvesno da vremenom koncentracija adsorbata na površini čvrste faze raste. Paralelno sa procesom adsorpcije, odvija se i proces desorpcije koji podrazumeva da se primarno adsorbovane čestice vraćaju natrag u tečnu fazu. Ova pojava dobija na intenzitetu u fazi kada je vezivanje adsorbata već dostiglo značajne razmere. U određenom trenutku postiže se termodinamička ravnoteža kada se brzine adsorpcije i desorpcije izjednačavaju.

### 4. PRODUKT SAGOREVANJA SUNCOKRETOVE LJUSKE KAO ADSORBENT

U okviru master rada adsorbent koji je korišćen u postupku prečišćavanja vode opterećene olovom jeste pepeo nastao sagorevanjem suncokretove ljuske u TE-TO Sremska Mitrovica. Ljuska se sagoreva u vrelovodnom

kotlu koji služi za grejanje vode, kojom se greje grad Sremska Mitrovica. Sagorevanje se vrši u kontrolisanim uslovima na temperaturi od 1450 °C.

#### 4.1 Sagorevanje suncokretove ljuske radi dobijanja toplotne energije i pepeo kao nusproizvod

TE – TO Sremska Mitrovica je industrijska termoelektrana – toplana projektovana za proizvodnju električne energije, tehnološke pare i snadbevanje grada Sremska Mitrovica toplotnom energijom za grejanje. Suncokretova ljuska se koristi u vrelovodnom kotlu za grejanje grada.

Tabela 1. Osnovni podaci o vrelovodnom kotlu

Nominalna produkcija kotla	18 MW
Minimalna snaga kotla	8 MW
Temperaturski režim rada kotla	110/70 °C
Dozvoljeni pritisak u kotlu	12 bar
Stepen korisnosti kotla	86%
Gorivo	Suncokretova ljuska
Donja toplotna moć goriva	16991 kJ/kg
Gorivo za potpalu	Prirodni gas

Kotao radi u temperaturnom režimu 110/70 C sa konstantnim protokom i konstantnom temperaturom vode na izlazu iz kotla. Gasni gorionik na kotlu proizvodi Waishaupt – Nemačka snage min 5 MW. Kotao je izveden kao membranski kotao sa ciklonskim predložištem. Na čelu predložišta je gasni gorionik koji služi za zagrevanje predložišta, u cilju stvaranja uslova za sagorevanje suncokretove ljuske. Kod postizanja projektovane temperature u predložištu započinje se sa ubacivanjem suncokretove ljuske, a tada se gasi gasni gorionik. Radi obezbeđivanja potpunog sagorevanja u ložištu, na izlazu dimnih gasova iz kotla se vrši merenje sadržaja O<sub>2</sub> i na osnovu dobijenih rezultata se povećava ili smanjuje količina sekundarnog i tercijalnog vazduha koja se ubacuje u ciklonsko predložište i ložište kotla. Sagorevanje suncokretove ljuske je u letu i pri velikim brzinama u obrtnom kretanju da bi se obezbedilo što duže vreme zadržavanja suncokretove ljuske u njemu.

### 5. PROGRAM I METODIKA RADA

Predmet master rada bio je pokušaj separacije Pb<sup>2+</sup> jona iz vode pomoću novog adsorbenta, pepela (u daljem tekstu MS 1450) koji nastaje kao produkt sagorevanja suncokretove ljuske. MS 1450 se na mestu na kom nastaje tretira kao otpad i kao takav se skladišti na deponiju. Trenutno nema nikakvu upotrebnu vrednost i njegovo zbrinjavanje predstavlja trošak za preduzeće. Cilj master rada je ispitivanje uticaja pH vrednosti rastvora, inicijalne koncentracije Pb<sup>2+</sup> jona, kontaktnog vremena i količine adsorbenta na efikasnost separacije.

#### 5.1 Metodologija eksperimenta

Prilikom korišćenja MS 1450 kao adsorbenta u eksperimentalnom postupku master rada bilo je potrebno

pripremiti adsorbent, tj. oprati ga, kako bi se otklonile nečistoće koje su se nalazile u samom medijumu. S obzirom na to da se suncokretova ljuska dovozi sa lagersa i bez prethodnog tretmana, na njoj su prisutne određene nečistoće u vidu prašine, zemlje, itd.

Nakon pranja MS 1450 pepela, bilo je potrebno osušiti ga u sušnici na 105 °C u trajanju od dva sata. Eksperiment se realizovao u 4 faze, gde je u svakoj analiziran uticaj promene pojedinačnog procesnog parametra kao što je opisano u prethodnom potpoglavlju. Eksperimenti su se odvijali na temperaturi od 25 °C u laboratorijskim uslovima.

## 5.2 Uticaj pH rastvora

Nakon sušenja izmerena je količina od 0.2 g adsorbenta za osam različitih eksperimentalnih uslova. Pre dodavanja pepela, napravljen je rastvor olova koncentracije od 50 mg/dm<sup>3</sup> koji je sipan u osam erlenmajera, po 50 ml. U rastvore je dodat pepeo MS 1450. Svrha ovog dela eksperimenta bila je da se stekne jasan uvid u stepen adsorpcije olova Pb<sup>2+</sup> na različitim pH vrednosti rastvora. pH je bila različita kod svih 8 eksperimentalnih uslova.

## 5.3 Uticaj mase adsorbenta

Za potrebe ovog dela eksperimenta menjala se količina adsorbenta u rastvoru. Pepeo MS 1450 se dodavao u rastvor olova i vode u različitim količinama kako bi se ispitao uticaj količine adsorbenta na efikasnost adsorpcije. Pripremljeno je osam erlenmajera u koje je sipan rastvor olova koncentracije 50 mg/dm<sup>3</sup>, zapremine 50 ml, u svakom.

Nakon sipanja rastvora u erlenmajere dodavana je određena količina adsorbenta koja je bila različita za svaki od osam uzoraka. Potom su uzorci stavljeni na mešalicu gde su mešani narednih trideset minuta.

## 5.4 Uticaj vremena mešanja

U nastavku eksperimenta uslovi su podešeni tako da se utvrdi uticaj vremena mešanja na adsorpciju olova na pepeo MS 1450.

Postavljeno je osam erlenmajera u koje je nasut rastvor olova u koncentraciji 50 mg/dm<sup>3</sup> zapremine 50 ml, dodat je MS 1450 mase 0.1 g u svaki od osam uzoraka u istoj količini. Sistem rastvor olova - adsorbens podešavan je na pH = 6 za svaki uzorak kako bi bili identični uslovi. Vreme mešanja je bilo različito za svaki pojedini uzorak

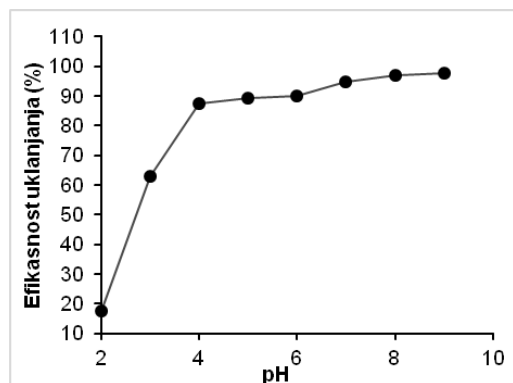
## 5.5 Uticaj količine adsorbata

Poslednji stadijum eksperimenta je ispitivanje stepena zasićenosti adsorbenta adsorbatom, tj. količinom olova koju određena količina pepela MS 1450 može da adsorbira na aktivnu površinu.

Iskorišćeni su dobijeni rezultati i zaključci iz prethodnih eksperimenata kako bi se postavili optimalni parametri: pH, količine adsorbenta i vreme mešanja. U osam erlenmajera sipan je rastvor olova i vode koncentracije 50 mg/l, parametri su podešeni na pH = 6 pomoću hlorovodonične kiseline i amonijum hidroksida, količina adsorbensa 0.1 g, vreme mešanja bilo je 30 min.

## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

### 6.1 Rezultati analize uticaja pH vrednosti rastvora na adsorpciju

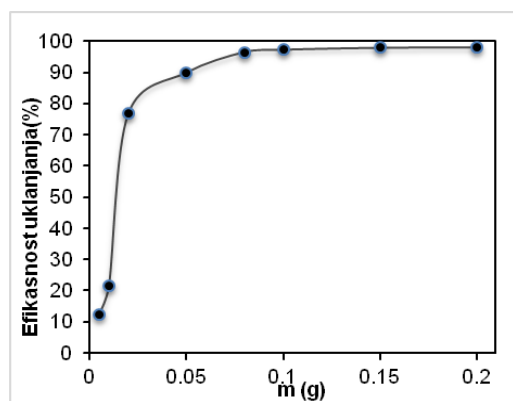


Slika 1 – Efikasnost uklanjanja u odnosu na promenu pH-vrednosti sistema

Na osnovu rezultata može se zaključiti da pri malim pH vrednostima adsorpcija je slabije izražena. Postepenim povećavanjem pH vrednosti sistema dolazi i do povećanja stepena adsorpcije. Oko pH = 7 i više koncentracije rezidualnog olova su najniže, međutim tu se javlja problem formiranja hidroksida.

Kako je pH u opsezima između 6 i 7 najbolji sa aspekta adsorpcije i aspekta zaštite životne sredine, kada je u pitanju ispuštanje voda u recipijent, usvojena je pH = 6. Data vrednost je najoptimalnija za sistem rastvora olova i adsorbenta, zbog minimalnog utroška sredstava, vremena i energije pre i posle adsorpcije - kada bi posmatrali operaciju kao deo nekog tehnološkog procesa prečišćavanja.

### 6.2 Rezultati analize uticaja količine adsorbenta na adsorpciju

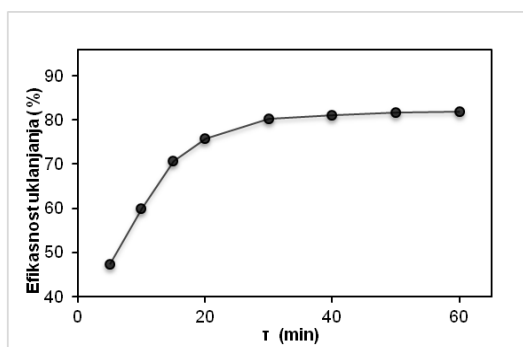


Slika 2 – Efikasnost adsorpcije u zavisnosti od količine adsorbenta

Koncentracija MS 1450 u rastvoru olova varirala je od 0.005 g do 0.2 g. Pri koncentraciji od 0.005 g adsorpcija se odvija u jako malom stepenu, dok pri dodavanju 0.02 g MS 1450 znatno raste. Tačka u kojoj dolazi do ravnoteže, odnosno količina pepela koja je optimalna za adsorpciju olova je 0.1 g, sve preko toga predstavlja neadekvatnu potrošnju resursa i energije. Efikasnost adsorpcije se poboljšava sa povećavanjem količine adsorbenta iznad 0.1 g, međutim to su male promene i gledano sa ekonomskog aspekta nepotrebne.



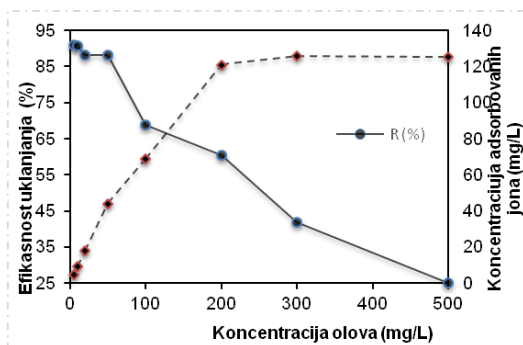
### 6.3 Rezultati analize uticaja vremena mešanja na adsorpciju



Slika 3 – Efikasnost adsorpcije u zavisnosti od vremena mešanja

Na osnovu analize se može zaključiti da je vreme mešanja jako bitan faktor kada je u pitanju adsorpcija. Ukoliko je vreme mešanja prekratko adsorpcija nije potpuna. Takođe ukoliko je predugačka onda nije optimalno, tj. troše se resursi a efektivnost nije povećana ili je zanemarljiva. Na Slici 3 se vidi da stepen adsorpcije raste eksponencijalno sa vremenom, do nekog trenutka, nakon čega povećavanje vremena mešanja nije faktor koji poboljšava adsorpciju. Zaključak za ovaj deo eksperimenta jeste da je optimalno vreme mešanja trideset minuta, kraće vreme mešanja daje lošije rezultate, a duže vreme veću potrošnju energije i istu efikasnost.

### 6.4 Rezultati analize uticaja početne koncentracije olova



Slika 4 – Efikasnost adsorpcije u zavisnosti od količine adsorbata

Pošto je količina adsorbenta konstantna, a količina adsorbata se menja logično je da se količina adsorbata adsorbovana na površini MS 1450 povećava sa povećanjem količine adsorbata u smeši. Sa druge strane efikasnost procesa separacije polutanta u model rastvoru opada sa povećanjem adsorbata. Cilj eksperimenta je bio pronaći optimalnu tačku gde je efikasnost optimizovana sa ekonomskog, inženjerskog i aspekta zaštite životne sredine. Kao što se vidi na Slici 4, količina adsorbovanog olova se povećava sa povećanjem koncentracije olova u rastvoru do određene tačke.

## 4. ZAKLJUČAK

Veliki broj stručnjaka i naučne javnosti se slaže da su problemi sa čistom, pijaćom vodom neminovni u bliskoj budućnosti. Kako kvalitet vode za piće zavisi od metode i tehnologije prečišćavanja, zavisi i od kvaliteta same ulazne sirovine koja se podvrgava tretmanu. Danas se radi na novim, isplativijim nekonvencionalnim metodama prečišćavanja vode od raznih polutanata. U master radu je korišćen MS 1450 lako dostupan adsorbent koji je korišćen za adsorpciju teškog metala, olova.

Nakon eksperimenata koji su sprovedeni u laboratoriji Fakulteta tehničkih nauka, može se zaključiti sledeće: MS 1450 ima odlične sorpcione karakteristike, lako je dostupan i jednostavan za manipulaciju; za njegovu primenu nisu potrebne opsežne pripreme samog adsorbenta i optimalna pH vrednost sistema je izuzetno povoljna sa aspekta zaštite životne sredine.

Samo podešavanje pH vrednosti iziskuje veoma male količine potrebnog kiselog rastvora. Do sad urađene analize nisu u potpunosti dovoljne da bi se potpuno kompetentno potvrdio kompletno pozitivan pristup u korišćenju opisanog medijuma za adsorpciju teških metala iz otpadne vode. Međutim, preliminarni rezultati ukazuju na veliki potencijal efikasne primene proučavanog medijuma u domenu separacionih tehnologija.

## LITERATURA

- [1] Bogner M., Stanojević M. (2006) O vodama, ETA, Beograd
- [2] Dalmacija B. (1998) Kvalitet vode za piće, PMF, Univerzitet u Novom Sadu, Novi sad
- [3] Esalah O.J., Weber M.E., Vera J.H. (2000) Removal of lead, cadmium and zinc from aqueous solutions by precipitation with sodium di-(n-octyl) phosphinate, The Canadian Journal of Chemical Engineering, 78, 948-954
- [4] Pap, S., Radonic, J., Trifunovic, S., Adamovic, D., Mihajlovic, I., Vojinovic Miloradov, M., Turk Sekulic, M. (2016). Evaluation of the adsorption potential of eco-friendly activated carbon prepared from cherry kernels for the removal of  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  from aqueous wastes, Journal of Environmental Management (2016)

## KRATKA BIOGRAFIJA



Radomir Ostojić je rođen u Sremskoj Mitrovici; 25.12.1989. 2008 god upisuje osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih Nauka, smer Inženjerstvo zaštite životne sredine. 13.10.2013. godine brani diplomski rad nakon čega upisuje master studije.

## ПЛАН ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА, СПАСАВАЊА И РЕАГОВАЊА У ВАНДРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА НА КОГЕНЕРАЦИОНОМ ПОСТРОЈЕЊУ

## PLAN OF FIRE PROTECTION, RESCUE AND EMERGENCY REACTION TO A COGENERATION PLANT

Милана Кривокапић, Факултет техничких наука, Нови Сад

## Област – ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

**Кратак садржај** – У раду су представљене основе процеса когенерационог постројења са приказаним предностима и ефикасношћу таквог начина производње енергије. Описан је план заштите од пожара, система за дојаву пожара и детекцију гаса као и план евакуације за когенерационо постројење СОС 2.

**Abstract** – In the paper is presented the basic process of the cogeneration plant with the displayed benefits and efficiency of this way of producing energy. In the paper also is presented the plan for fire protection, fire detection systems and gas detection and evacuation plan for the cogeneration plant SOS 2.

**Кључне речи:** Когенерационо постројење, план заштите од пожара, евакуација

## 1. УВОД

У данашње време се много интензивније трага за најефикаснијим решењима који ће омогућити рационалну употребу енергије. Захтеви за што мањим утицајем на животну средину, сазнања о све сиромашнијим изворима енергије, енергетске кризе, све виша цена енергије битно су утицали на развој енергетских технологија а тиме и употребу когенерационих постројења.

Посматрајући са национално - енергетске политике когенерацијска постројења су врло прихватљива у односу на друге сличне енергетске процесе из више разлога:

Когенерациона постројења пуно су ефикаснија од рада постојећих термоелектрана, смањује захтеве за изградњом нових електроенергетских и топлотних објеката, омогућује поступно и равномерно улагање новца, те потпомажу законску регулативу о мањем утицају на животну средину.

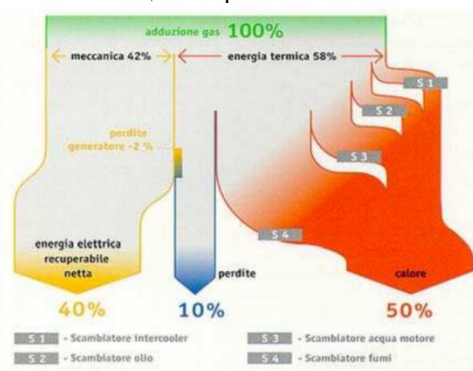
Свако когенерационо постројење смањује потрошњу примарне енергије.

## 2. КОГЕНЕРАЦИЈА

Когенерација (СНР) је процес комбиноване производње два корисна облика енергије из једног енергетског извора. У већини когенерацијских постројења хемијска енергија се претвара у механичку и топлотну енергију.

Механичка енергија користи се за производњу електричне струје, док се топлотна енергија користи за производњу паре, загревање воде или ваздуха. Основна предност когенерације је већа искористивост енергента у односу на стандардне електране које служе само за производњу струје, те индустријска постројења која служе само за производњу паре или вруће воде за техничке процесе. Главни разлози градње когенерацијских постројења је могућност производње јефтиније струје у односу на цену струје у електричној мрежи, чиме когенерациона постројења сама себе исплаћују. Осим тога, индустријским постројењима когенерације пружају аутономију у случају испада главне мреже. За неке индустријске процесе, економски губици у случају заустављања процеса због нестанка електричне енергије су веома велики.

Као гориво може се користити природни гас, биомаса, дрвна грађа или водоник (у случају горивих ћелија), а избор технологије за когенерацију зависи о расположивости и цени горива.



Слика 1. Когенерациони процес

## 2.1. Предност и ефикасност когенерације

Основна предност когенерације је повећана ефикасност енергента у односу на конвенционалне електране које служе само за производњу електричне енергије и индустријска постројења која служе само за производњу паре или вруће воде за техничке процесе. Код одвојеног поступка где се топлота

## НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Ђорђе Ћосић, ван. проф.

производи у котлу са коефицијентом искористивости  $\eta = 90\%$  користи се 53% топлоте у односу на 59% хемијске енергије горива, док су топлотни губици зрачења 6%. Електрична енергија производи се у класичној електрани са коефицијентом искористивости 36% и добија се 34% електричне енергије, у односу на 100% хемијске енергије горива, губитак у разводу електричне енергије је 2%. Од 159% хемијске енергије горива, код одвојеног се процеса користи 53% за топлоту, 34% за електричну енергију, а укупни губитак је 66%. Код когенерационих постројења од 100% хемијске енергије горива за топлоту се користи 53%, за електричну енергију 34%, а укупни је губитак око 13%. Дакле, коефицијент искористивости горива код когенерације је 87%, а губитак 13%, док за спојени процес, ако се жели остварити исто дејство, треба уз губитак од 72% утрошити чак 59% (укупни индекс дакле 159%) више горива. Топлота које се добија хлађењем мотора, уља за подмазивање, гасне смеше и издувних гасова, користи се за грејање објеката или за технолошке потребе. Исплативост рада когенерационог постројења према досадашњим искуствима износи 4.000 сати годишње или више. Когенерације имају значајну улогу као дистрибуирани извор енергије због позитивних дејстава:

- мањи губици у мрежи,
- смањење загушења у преносу,
- повећање квалитета напона и
- повећање поузданости снабдевања електричном енергијом.

Уз све наведено, смањен је и штетан утицај на околину. Комерцијално доступне СНР технологије су парне и гасне турбине, микротурбине, мотори с унутрашњим сагоревањем, Стирлингов строј и гориве ћелије, у широком распону снаге од 1 kW за Стирлингов строј до 250 MW за плинске турбине.

### 3. ПЛАН ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА, СПАСАВАЊА И РЕАГОВАЊА У ВАНДРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА НА КОГЕНЕРАЦИОНОМ ПОСТРОЈЕЊУ

Предмет мастер рада је израда плана заштите од пожара, спасавања и реаговања у ванредним ситуацијама на когенерационом постројењу. Когенерационо постројење које ће се у овом случају описивати је мала гасна електрана под називом СОС 2.

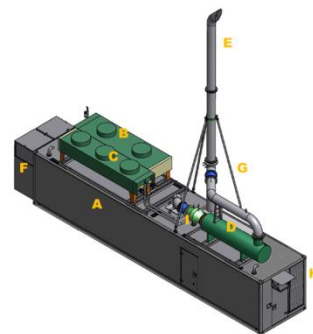
#### 3.2. Техничке карактеристике мале гасне електране СОС 2

Постројење мале гасне електране СОС 2 ће као погонско гориво користити отпадни каптажни гас издвојен у процесу производње нафте (растворени гас), који се сада делимично користи у когенерационом постројењу СОС 1, а највећи део се спаљује на постојећој бакљи.

#### Генераторско постројење

У контејнер генераторског постројења смештени су основни делови постројења за производњу електричне енергије. Изглед контејнера показан је на слици 8, а

шематски приказ размештаја опреме у контејнеру на слици 2.



Слика 2. Изглед контејнера генераторског постројења са гасним мотором

(А-Контејнер, Б-Хладњак смеше, Ц-Хладњак мотора, Д-Пригушивач буке, Е-Димњак, Ф-Усис ваздуха, Г-Носачи димњака, Х-Излаз вентилационог ваздуха)

## 4. ГЛАВНИ ПРОЈЕКАТ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА

### 4.1. Противпожарни и сервисни пут

Око електране се налази постојећи противпожарни и сервисни пут. Предвиђена је изградња манипулативног платоа који ће се повезати са постојећим противпожарним и сервисним путем. Постојећи противпожарни и сервисни пут је ширине до 6 m са минималним унутрашњим радијусом од 15 m и спољашњим од 21 m. До контејнера, у нивоу противпожарног пута, предвиђен је приступни плато за несметан прилаз људства и сервисних возила до контејнера опреме. Између пута и бетонске плоче, око целе електране, остављена је зелена површина. За приступ радника постројењу, од бетонске плоче до противпожарног пута, предвиђене су две пешачке стаза ширине 1 m. Око парцеле, а унутар грађевинске и регулационе линије у раздаљини од 0,5 m налази се постојећа ограда са капијама и додатним вратима за улаз особља.

### 4.2. Хидрантска мрежа

За гашење пожара на СОС 2 предвиђена је хидрантска мрежа која се снабдева водом из базена са водом запремине 200 m<sup>3</sup>, а помоћу пумпи које су смештене у пумпној станици. Хидрантска мрежа је постављена у облику прстена око резервоарског простора цевоводом ДН100. Мрежу сачињавају 6 надземних хидраната ДН100 ПН10 са хидрантским ормарима који садрже 2 црева по 15 m и млазнице за пуни и распршени млаз.

Растојање између хидраната је 48 m, а лоцирани су тако да се задовољи услов о прописаној удаљености од објеката у складу са Правилником о техничким нормативима за хидрантску мрежу за гашење пожара ("Сл. лист СФРЈ", бр.30/91).

### 4.3 Зоне опасности од експлозије

Преглед зона опасности је дат у следећој табели (Табела 1).

Табела 1. Усвојене зоне опасности

Локација	Зона	Ширење зоне
Контејнери гас - генератора	Зона 0	Не
	Зона 1	Не
	Зона 2	Простор око гасне рампе на растојању 1m од ње
Постројење за припрему и намештање гаса	Зона 0	Не
	Зона 1	Унутрашњост контејнера у делу где је смештена опрема за процесуирање гаса
	Зона 2	Простор око свих отвора на делу контејнера, где је смештена опрема за процесуирање гаса, на растојању од 1m од њих
Резервоар кондензата	Зона 0	Унутрашњи простор резервоара
	Зона 1	Унутрашњи простор ревизионог шахта Растојање од 1m од ревизионог шахта у свим правцима

## 5. СИСТЕМ ЗА ДОЈАВУ ПОЖАРА И ДЕТЕКЦИЈУ ЕКСПЛОЗИВНОГ ГАСА

### 5.1. Опис система за дојаву пожара

Инсталација система за дојаву пожара састоји се од централног уређаја, аутоматских детектора, ручних детектора, улазно/излазних модула, алармних сирена са бљескалицама и инсталационих каблова. Систем је адресабилног типа. Систем, који је предмет овог пројекта, се повезује на постојећи систем чији је централни уређај противпожарна централа која има могућност повезивања минимално до 256 детектора у једну адресабилну петљу и минимално два надзирана излаза. Смештена је у управној згради у просторији са сталним надзором. Монтирана је на зид, на висини 1,6 m од пода.

Напаја се мрежним напоном 220V, 50Hz из разводног ормана смештеног у истом објекту, са посебног струјног круга. У случају испада мрежног напона располаже уграђеном акумулаторском батеријом која обезбеђује несметани рад система у трајању од 72 часа у мирном стању и 30 минута у аларму. Систем, који је предмет овог пројекта, се на постојећи систем повезује у постојећем разводном орману који је монтиран у постројењу СОС 1.

### 5.2. Опис система та детекцију експлозивног гаса

Инсталација система за детекцију експлозивног гаса састоји се од централног уређаја, аутоматских детектора, улазно/излазних модула, алармних сирена са бљескалицама и инсталационих каблова.

Од експлозивних гасова, у постројењу је присутан природни (каптажни) гас (у даљем тексту: гас).

Систем, који је предмет овог пројекта, се повезује на постојећи систем чији је централни уређај централа за

детекцију гаса, микропроцесорски управљан модулари компактни централни уређај за надгледање концентрације гасова у ваздуху и управљање вентилационим системима, чији сваки модул подржава до 16 адресабилних детектора, 4 независна програмабилна релејна излаза за управљање вентилацијом у две брзине, поседује алфанумерички LCD дисплеј са 2 x 16 карактера за управљање системом и приказ концентрације гаса (у даљем тексту: Централа за детекцију).

Смештена је у постројењу „Сираково 1“. Монтирана је на зид, на висини 1,6 m од пода. Напаја се мрежним напоном 220V, 50Hz из разводног ормана смештеног у истом објекту, са посебног струјног круга.

У случају испада мрежног напона располаже уграђеном акумулаторском батеријом која обезбеђује несметани рад система у трајању од 72 часа у мирном стању и 30 минута у аларму.

Излаз централе за детекцију је, преко адресабилног улазно-излазног модула, повезан са системом за дојаву пожара, на чијем се централном уређају, који се налази у управној згради у просторији са сталним надзором, шаљу информације о детекцији експлозивног гаса.

## 6. ПРОРАЧУН И АНАЛИЗА ЕВАКУАЦИЈЕ

Евакуација је пребацивање особа у случају опасности од угроженог до безбедног места. Анализе евакуације обухватају све особе које у згради бораве и госте који номинално могу да се нађу у згради. Инвеститори, власници или корисници пословне или јавне зграде одређују номинални број лица која као гости долазе у зграду односно поједине просторије (дискотеку, ресторан, спортску или концертну дворану и сл.).

Број лица у згради се одређује према номиналним капацитетима појединих просторија и условима да се оствари кретање без загушивања већег од 3 лица по м<sup>2</sup> површине пода било где на коридорима за евакуацију.

Полазно место (ПМ) је место на којем се може затећи особа у тренутку сазнања да је дошло до таквог развоја пожара да је потребна евакуација.

Безбедно место (БМ) је место ван зграде на којем се не могу очекивати штетни ефекти пожара - пламен, дим, пад оштећених делова објекта и сл. Безбедно место за зграде ових врста је место удаљено најмање 5m од излаза из зграде, на улици или у пространом дворишту.

Коридор евакуације (КЕ) чине грађевинске конструкције зграде којима се ограничавају просторије за комуникацију (ходници, тампон-просторије, степеништа, ветробрани просторија, улази и сл.) и спречава продор пламена и дима из просторија за боравак.

## 7. МЕРЕ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА

### 7.1. Опште мере

- Гашење почетних пожара је предвиђено одговарајућим противпожарним апаратима;
- Сви радници морају бити детаљно упознати са опасностима од пожара у близини објекта, начину спровођења превентивних мера заштите од пожара и употребом уређаја, опреме и средстава за гашење пожара.

### 7.2. Општи поступци у случају пожара

Радници који су се затекли у непосредној близини места пожара дужни су да приступе гашењу пожара према поступку који је увежбан за време редовне периодичне обуке. Приликом гашења пожара, без обзира на место његовог настанка, радници су дужни да се придржавају следећих општих принципа и поступака:

- Гашењу пожара први приступају радници који су се затекли у непосредној близини места настанка пожара, без обзира да ли је у питању њихово радно место или не;
- Приступити гашењу пожара одмах, без одлагања;
- У случају да је немогуће савладати пожар постојећим средствима у почетној фази, алармирати ватрогасну јединицу;
- Пожар гасити апаратима за гашење почетних пожара, или адекватним средством које се може наћи при руци. Користити само подесна средства за гашење;
- Приликом гашења пожара по могућству настојати да се приликом интервенције прави што мање додатне штете;
- Искључити напајање електричном енергијом моментално, на главној склопки, тамо где је то могуће;

## 8. ЗАКЉУЧАК

Предности когенерације су многоструке. Уз њену помоћ могу се остварити све енергетске потребе, како за електричном, тако и за топлотном енергијом, а све то рационалним располагањем ресурса. Сама чињеница да се добијена топлота од сагоревања горива не отпушта слободно у атмосферу, иде у прилог економичности овог вида добијања енергије. Неке од предности когенерације су: повећана искоришћеност примарне енергије, самим тиме и мањи трошкови; смањена емисија штетних гасова у околину, посебно CO<sub>2</sub>, могућност коришћења отпадних материјала; независност у енергетском смислу; мала улагања у односу на добитке, тиме и исплативост улагања кроз пар година.

Оно што когенерацију чини јединственим процесом и што јој даје предност у односу на друге видове процеса добијања енергије је велика искоришћеност енергената, која се у неким случајевима креће и преко 90%.

Главни вид енергије који се добија когенерацијом јесте електрична енергија, а секундарни вид енергије јесте топлотна енергија. Електрична енергија би се користила као и до сада, а вишак би се продавао

електродистрибуцији по субвенционираној цени. Топлотна енергија би се користила пре свега за грејање санитарне воде, а у зимском периоду и за подно и радијаторско грејање.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

1. Шунјић М.: Ефикасност когенерацијских постројења, Енергетика маркетинг, 1996., Загреб
2. Др. сц. Дамир Рајковић: Производња и претворба енергије, Рударско – геолошки нафтни факултет, 2011., Загреб
3. Шемсо Хациефендић, Алија Лекић, Емин Кулић: Когенерација и алтернативне технологије у производњи електричне енергије, 2003
4. Драган Марковић: Процена и енергетска ефикасност, 2010., Београд
5. Energy Cogeneration handbook Criteria for Central plant desing, by George Polimeros, Industrial Press Inc.Ny
6. Cogeneration/combined heat and power (CHP), Pew Center, Global climate change, March 2011.
7. Закон о заштити од пожара („Сл гласник РС“ бр. 111/2009 и 20/2015)
8. Правилник о начину израда и садржају плана заштите од пожара аутономне покрајине, јединице локалне самоуправе и субјеката разврстаних у прву и другу категорију („Сл. Гласник РС“ бр. 73/2010)
9. Правилник о техничким нормативима за стабилне инсталације за дојаву пожара („Сл. лист СРЈ“, бр. 87/93)
10. Правилник о техничким нормативима за стабилне уређаје за гашење пожара угљен-диоксидом („Сл. лист СРЈ“, бр. 44/83 и 31/89)
11. Закон о ванредним ситуацијама („Сл гласник РС“ бр. 111/2009, 92/2011 и 93/2012)
12. Закон о безбедности и здрављу на раду („Сл гласник РС“ бр. 101/2005 и 91/2015)
13. Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању хемијским материјама („Сл гласник РС“ бр. 101/2005 и 91/2015)
14. Правилником о техничким нормативима за хидрантску мрежу за гашење пожара („Сл. лист СФРЈ“, бр.30/91)
15. <http://www.kogeneracija.rs/kogen.html>
16. <http://www.zemljiski-plin.si/kogeneracija/>
17. [http://www.termoprojekt.rs/strane/04\\_info/info.htm](http://www.termoprojekt.rs/strane/04_info/info.htm)
18. <https://powergen.gepower.com/applications/chp.html>

### Кратка биографија:



**Милана Кривокапић** (венчано Павићевић) рођена је у Урбасу 1989. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области инжењерства заштите животне средине одбранила је 2016. године

**OPTIMIZACIJA I PRINOS TERMOHEMIJSKE KONVERZIJE LJUSKE KIKIRIKIJA  
PRI SINTEZI EKONOMSKI ISPLATIVOG SORBENTA****THERMOCHEMICAL CONVERSION OF PEANUT SHELLS TO LOW COST SORBENT:  
CHALLENGES TO PROCESS OPTIMIZATION AND YIELD**

Kristina Nemet, Sabolč Pap, Maja Turk Sekulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratik sadržaj** – U okviru rada realizovano je recikliranje organskog industrijskog otpada, tačnije proizvodnja aktivnog uglja iz otpadne biomase. Kada je u pitanju sinteza aktivnih ugljeva, neophodno je kao sirovinu koristiti tip otpada koji ima visok sadržaj ugljenika. Vrste otpada, koje su u praksi najčešće od interesa jesu ljuske orašastog voća (badem, kesten, lešnik, pinjoli, kikiriki, orasi i pistacija), koštice različitog voća (šljiva, višnja, trešnja, kajsija, avokado itd.), semenke (grožđa, pomorandže), itd. Cilj rada bio je eksperimentalno utvrđivanje prinosa aktivnog uglja proizvedenog od ljuske kikirikija u Laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha Fakulteta Tehničkih Nauka u Novom Sadu, i upoređivanje dobijenih rezultata sa dokumentovanim podacima dobijenim eksperimentalnim putem u okviru drugih istraživačkih studija.

**Abstract** – The theme, which is dealt with in the context of this work is recycling of the organic industrial waste, accurately the production of activated carbon from biomass. If it comes to activated carbon, apply to wastes that have a high carbon content. The types of waste that are of interest are the shells of nuts (almonds, chestnuts, hazelnuts, pine nuts, pistachio nuts and peanuts), kernel of various fruit (plum, cherry, cherry, apricot, avocado, etc.), Seeds (grapes, oranges), etc. Goal of the experiment is determining the yield of activated carbon produced from the peanut shells in the Laboratory for monitoring landfills, waste water and air in Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, and comparison of the results with documented information obtained through the same experiments worldwide. In addition will be talking about different types of activated carbons which are derived from various types of biomass.

**Ključne reči:** Biomass, lignocellulosic precursors, activated carbon, peanut shell.

**1. UVOD**

Na osnovu principa održivog razvoja i principa integralnog upravljanja otpadom razvili su se novi i unapredniji postupci zbrinjavanja otpada. Traže se mogućnosti za bezbednu preradu sporednih proizvoda prehrambene industrije i načini kako da se oni pretvore u sirovine, čijom bi se reciklažom u nove proizvode smanjila količina otpada i uz to se dobili novi upotrebljivi proizvodi [1].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila Maja Turk-Sekulić, vanred.prof.**

Proizvod termohemijske konverzije biomase jeste aktivni ugalj. U ovom radu, aktivni ugalj je definisan kao jedan izuzetan adsorbent koji se proizvodi na taj način da poseduje veliku specifičnu površinu i poroznost. Ove karakteristike, kao i hemijska priroda površine (koja zavisi od sirovina i načina aktivacije u procesu pripreme) omogućava privlačenje i zadržavanje tečnih ili gasovitih komponenti na preferencijalni način. Aktivni ugalj je najčešće korišćen adsorbens za uklanjanje polutanata industrijskog porekla, organskih komponenata, teških metala, herbicida, boja, kao i mnogih drugih otrovnih i opasnih materija.

**2. TERMIČKA OBRADA I PROCEDURA  
AKTIVIRANJA UGLJEVA**

Priprema aktivnih ugljeva generalno se sastoji od dva koraka, prvi je karbonizacija sirovog materijala ili prekursora, a drugi je aktivacija. Karbonizacija se sastoji od termičke dekompozicije materijala, eliminisanja nekarboničnog dela i proizvodnje uglja sa rudimentarnom strukturom pora (tokom ovog koraka nastaju vrlo male i zatvorene pore). Sa druge strane, svrha aktivacije uglja jeste povećanje prečnika malih pora i stvaranje novih pora što se može postići korišćenjem hemijskih i fizičkih sredstava. Tokom hemijske aktivacije, karbonizacija i aktivacija se postižu u jednom koraku odigravanjem termičke dekompozicije sirovine impregnane sa određenim hemijskim agensima kao što su  $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $NaOH$ ,  $KOH$  and  $ZnCl_2$  [2, 3]. U fizičkoj, drugim rečima termičkoj aktivaciji nakon karbonizacije koristi se jedan oksidacioni gas ( $CO_2$ , para, vazduh, itd.) za aktivaciju uglja, u temperaturnom opsegu od 800 do 1100 °C.

**3. KARAKTERIZACIJA PROIZVODA PIROLIZE  
TOKOM PROIZVODNJE BIO-ULJA I  
AKTIVNOG UGLJA**

Piroliza biomase je jedan od obećavajućih metoda za istovremenu proizvodnju aktivnih ugljeva, bio-ulja i gasovitih goriva kao i drugih hemikalija. Proizvod istovremene pirolize i gasifikacije biomase je čvrsta materija sa velikom površinom, i dobro razvijenim poroznom strukturom [4, 5]. Piroliza je razgradnja organskih makromolekula pri visokim temperaturama i bez prisustva kiseonika.

**3.1 Osobine biomase**

Biomasa je čvrst, kompleksan materijal koje čine kiseonični organski polimeri, proizvedeni prirodnim procesom. Glavne strukturne hemijske komponente su polimeri ugljenih hidrata i oligomera (65-75 %) i lignina (18-35 %) velikih molarnih masa. Glavni konstituenti se sastoje od celuloze (polimer

glukoze), hemiceluloze (polioza), lignina, organski ekstraktivi i neorganski minerali. Maseni udeo celuloze, hemiceluloze i lignina varira u zavisnosti od vrste biomase. Ostali sastojci biomase su lipidi, proteini, šećeri i voda.

### 3.2 Proizvodi pirolize

Produkti pirolize biomase su kompleksne kombinacije produkata individualne pirolize celuloze, hemiceluloze, lignina i ekstraktanata, gde svaka komponenta ima svoje specifične kinetičke karakteristike. Primarne reakcije pirolize su reakcije dehidratacije i reakcije fragmentacije. Pri temperaturi ispod 300 °C, prevladuje reakcija fragmentacije koja podrazumeva depolimerizaciju biomase u primarni ter. Sekundarne reakcije odvijaju se pri povišenim temperaturama (iznad 600 °C) između produkata primarnih reakcija, a mogu biti homogene i heterogene. Sekundarne reakcije obuhvataju reakcije repolimerizacije i reakcije krekovanja. Pirolitičko ulje se reakcijom repolimerizacije razlaže na gas, a krekovanjem na kokсни ostatak [6].

## 4. EKSPERIMENTALNI DEO RADA

Eksperimentalni deo istraživanja, realizovan u Laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha, bio je fokusiran na dobijanje aktivnog uglja od ljuske kikirikija. Eksperiment je bio realizovan u 5 koraka, i to: priprema, tretiranje kiselinama, žarenje, regeneracija i sušenje. Kiseline, koje su bile korišćene, su fosforna kiselina, sumporna kiselina i hlorovodonična kiselina. Ljuska kikirikija koja je korišćena u eksperimentu, sakupljena je pri potrošnji prženog kikirikija, koji potiče iz Vojvodine, Bačkog Gradišta. Sirovina u suvom stanju prvo je bila usitnjena.

### 4.1 Karakteristike ljuske kikirikija

Temperatura žarenja bila je 650 °C, a vreme 60 min, dok je temperatura sušenja iznosila 105 °C a vreme 3h.

Tabela 1. Karakteristike ljuske kikirikija [7]

	Rezultati dobijeni u okviru prikazanog istraživanja	Rezultati objavljeni u literaturi
Sadržaj pepela (neorganski deo) [%]	23,21	11,31
Sadržaj isparljive materije (organski deo) [%]	76,79	58,38
Fiksni ugljenik [%]	-	22,29
Sadržaj vlage [%]	6,21	8,03
Gustina biomase [kg/m <sup>3</sup> ]	217,5	228

U Tabeli 1. su prikazani rezultati analize sadržaja pepela, isparljive materije, fiksnog ugljenika, sadržaj vlage i gustine ljuske kikirikija dobijeni u okviru istraživanja prikazanog u radu kao i objavljeni u literaturi.

### 4.2 Pripremanje uzoraka

Prvi korak kod pripremanja biomase bio je usitnjavanje. Nakon toga, ukupna masa ljuske kikirikija raspoređena je u 3 suda (po 20 g). Priprema prvog uzoraka vršena je dodavanjem 50 % fosforne kiseline u prvi sud. Odnos biomase (g) i razblažene fosforne kiseline (ml) iznosio je 1:2, što podrazumeva da je za svaki 1 gram biomase bilo

potrebno 2 ml 50 % fosforne kiseline. U drugi sud dodata je 20 % sumporna kiselina, gde je odnos biomase (g) i razblažene sumporne kiseline (ml) bio 1:1. U treći sud dodata je 7 % hlorovodonična kiselina. Odnos biomase (g) i razblažene kiseline (ml) bio je 1:1.

### 4.3 Određivanje prinosa

Određivanje prinosa dobijenih sorbenata realizovano je u tri posebna ciklusa, kako bi se odredio svaki pojedinačni prinos – za sva tri primenjena hemijska agensa. Temperatura žarenja bila je 450 °C, a vreme žarenja 60 min. Prinos je izračunat pomoću sledeće formule:

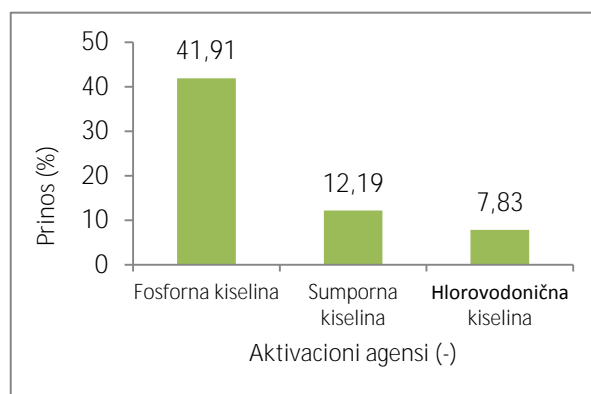
$$\text{Prinos} = \frac{m_z - m_t}{m_i} \cdot 100 [\%] \quad (1) \text{ Gde je:}$$

m<sub>z</sub> – masa tigla i biomase nakon žarenja, [g]

m<sub>t</sub> – masa tigla, [g]

m<sub>i</sub> – masa tretirane biomase pre žarenja. [g]

Dobijeni podaci nakon žarenja biomase su prikazani na Grafiku 1.



Grafik 1. Prinos aktivnog uglja dobijenog različitim postupcima termohemijske konverzije

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 2. može se zaključiti da je parametar koji u najvećoj meri utiče na prinos - vreme aktivacije. Poslednja 2 eksperimenta prikazani u Tabeli 2. poseduju najveći prinos, među kojima se nalazi i eksperiment predstavljen u radu.

Najveći prinos je dobijen mikrotalasnom aktivacijom, koji je potpuno različit način žarenja od onih koji su bili korišćeni u ostalim eksperimentima.

Tabela 2. Prinosi istog sorbenta dobijeni pri različitim eksperimentima uslovima

Redni broj	1	2	3	4
Koncentracija kiseline (%)	50	50	50	33,04
Impregnacioni odnos	1	1	0.5	Nema pod.
Temperatura aktivacije (°C)	500	500	450	Mikrotalasna aktivacija
Vreme aktivacije (h)	3	6	1	9 min
Prinos (%)	28	22	41,91	42,12
Referenca	[8]	[8]	Predstavljen eksperiment	[9]

#### 4.4 Regeneracija aktivnog uglja

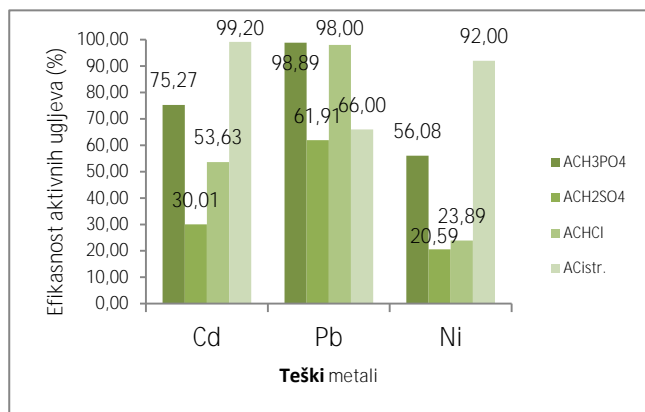
U Bihnerovom levku postavljen je vlažni filter papir, na koji je sipan aktivni ugalj. Uzastopnim dodavanjem destilovane vode, uz povremeno mešanje kašikom, odvijao se proces regeneracije. Destilovana voda se dodavala, dok pH vrednost vode nakon ispiranja nije došla do iznad 3. Isti postupak se vršio za sva tri dobijena sorbenta (sorbent tretiran fosfornom, sumpornom i hlorovodoničnom kiselinom).

Posle regeneracije aktivni ugalj se sušio u sušnici 2 sata na 105 °C. Sa time je završen proces dobijanja aktivnog uglja od ljuske kikirikija.

#### 4.5 Procena efikasnosti separacije polutanata aktivnog uglja dobijenog od ljuske kikirikija

Da bismo utvrdili adsorpcionu efikasnost aktivnog uglja, potrebno je pripremiti standardne rastvore. U prikazanom istraživanju su korišćeni rastvori teških metala, tačnije rastvor olova (Pb), kadmijuma (Cd) i nikla (Ni). Koncentracija teških metala, u zapremini od 50 ml rastvora, iznosila je 100 mg/l. Početne i rezidualne koncentracije kadmijuma, olova i nikla kvantifikovane su uz pomoć atomskog apsorpcionog spektrofotometra (AAS). Kako bi se procenio adsorpcioni kapacitet aktivnih ugljeva dobijenih termohemijskom konverzijom ljuske kikirikija ( $AC_{H_2PO_4}$ ,  $AC_{H_2SO_4}$  i  $AC_{HCl}$ ) potrebno je bilo odrediti i uporediti postignute stepene efikasnost separacije metalnih katjona, sa drugim eksperimentima ( $AC_{istr}$ ).

Na osnovu rezultata prikazanih na Grafiku 2. može se zaključiti da su aktivni ugljevi dobijeni termohemijskom konverzijom u Laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha konkurentni sorbentima dobijenim u okviru drugih istraživačkih studija, i predstavljaju vrlo dobar adsorbent za uklanjanje olova iz vode. Za separaciju kadmijuma i nikla potrebni su dalji pokušaji i unapređenje pripreme AC, kako bi se postigle efikasnosti separacije bliže rezultatima objavljenim u literaturi. Izvedene zaključke potrebno je uzeti sa rezervom, s obzirom na to da u literaturno dostupnim postupcima pripreme aktivnih ugljeva  $AC_{istr}$  nisu specificirani impregnacioni odnosi, primenjeni aktivacioni agensi, temperatura i vreme aktivacije aktivnih ugljeva, dok specifična površina i veličina pora nisu poznati ni u jednom slučaju.



Grafik 2. Efikasnosti uklanjanja teških metala aktivnim ugljevima dobijenim različitim postupcima termohemijske konverzije

#### 4.6 Procena troškova proizvodnje aktivnog uglja od ljuske kikirikija

Za izračunavanje okvirne cene proizvodnje 1 t aktivnog uglja od ljuske kikirikija potrebno je znati sledeće podatke:

- Cenu sirovine koja iznosi 0,00 RSD (0 USD), jer se ljuska kikirikija smatra otpadom.
- Cenu drobljenja sirovine za pripremu aktivnog uglja sa aktivacijom fosforne, sumporne i hlorovodonične kiseline, koja iznosi 99,00 RSD (1 USD); 297,00 RSD (3 USD) i 429,00 RSD (4 USD), respektivno.
- Cenu aktivacionog agensa za pripremu aktivnog uglja sa aktivacijom fosforne, sumporne i hlorovodonične kiseline, koja iznosi 100155,00 RSD (891 USD); 533866,00 RSD (4751 USD) i 877069,00 RSD (7806 USD), respektivno.
- Cenu karbonizacije za pripremu aktivnog uglja sa aktivacijom fosforne, sumporne i hlorovodonične kiseline, koja iznosi 56,00 RSD (0,5 USD); 222,00 RSD (2 USD) i 278,00 RSD (2,5USD), respektivno.
- Cenu regeneracije koja je ista u sva tri slučaja, i iznosi 1800 RSD (16 USD).
- Cenu sušenja nakon regeneracije, koja je takođe ista u sva tri slučaja, i iznosi 690 RSD (6 USD).

Sabiranjem predstavljenih troškova, dobija se da cena proizvodnje 1 t aktivnog uglja iznosi približno:

- 920 USD/t (102800,00 RSD po toni AC) sa aktivacijom fosfornom kiselinom,
- 4780 USD/t (536876,00 RSD/t) sa aktivacijom sumpornom kiselinom i
- 7835 USD/t (880266,00 RSD/t) sa aktivacijom hlorovodoničnom kiselinom.

### 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu predstavljenih rezultata može se zaključiti da je ljuska kikirikija jedan dobar prekursor za dobijanje aktivnog uglja. Formulisanu izjavu potvrđuju i rezultati eksperimenta koji su obavljani u okviru drugih istraživanja. Sa primenom fosforne kiseline, kao aktivacionim agensom, dobijen je najveći prinos, a samim tim i najbolji rezultat kod adsorpcije teških metala (kadmijuma, olova i nikla). Biomasa pripremljena sa sumpornom kiselinom je na drugom mestu, što se tiče prinosa, dok je efikasnost ove vrste aktivnog uglja najniža. Najmanji prinos je dobijen kod impregnacije hlorovodoničnom kiselinom, ali se efikasnost ovog aktivnog uglja nalazi na drugom mestu.

Prema izračunatoj približnoj ceni proizvodnje aktivnog uglja iz ljuske kikirikija, proces je isplativ samo u slučaju aktivacije sa fosfornom kiselinom, koja iznosi 920 USD/t, dok je priprema sa sumpornom i hlorovodoničnom kiselinom ekonomski slabo isplativa.

### 6. LITERATURA

- [1] Grujić R., Odošić A., Grujić S., Održive tehnologije u prehrambenoj industriji Održive tehnologije u prehrambenoj industriji - Zagađenja koja nastaju u prehrambenoj industriji, 67-68.



- [2] Hu, Z., Srinivasan, M.P. & Ni, Y. (2001). Novel activation process for preparing highly microporous and mesoporous activated carbons. *Carbon*, Vol. 39, No. 6, (May 2001), pp. (877-886), ISSN 0008-6223.
- [3] Mohamed, A. R., Mohammadi, M. & Darzi, G.N. (2010). Preparation of carbon molecular sieve from lignocellulosic biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, No. 6, (August 2010), pp. (1591-1599), ISSN 1364-0321.
- [4] Nickolov, R.N. & Mehandjiev, D.R. (1995). Application of the Simplified equation for micropore size distribution to the study of water vapour adsorption on activated carbon. *Adsorption Science and Technology*, Vol 12, No.3, pp. (203-209), ISSN 0263-6174.
- [5] Mehandjiev, D.R., Nickolov, R.N. & Ioncheva, R.B. (1997). Determination of nitrogen structures on activated carbon surfaces by a chemical method. *Fuel*, Vol. 76, No. 5, (April 1997), pp. (381-384), ISSN 0016-2361.
- [6] Gade P. Investigation of Volatile Products from Wood Pyrolysis, Master Thesis. Faculty of the Department of Chemistry, Western Kentucky University, Bowling Green, Kentucky .2010.
- [7] Alisa Mamaeva, Arash Tahmaseb and Jianglong Yu, Catalytic Fixed-Bed Pyrolysis of Lignocellulosic Biomass for Production of Phenolic-Rich Bio-Oil, *International Symposium on Energy Science and Chemical Engineering (ISESCE 2015)* 151-154.
- [8] Girgis, B.S., Yunis, S.S. & Soliman, A.M. (2002). Characteristics of activated carbon from peanut hulls in relation to conditions of preparation. *Materials Letters*, Vol. 57, No. 1, (November 2002), pp. (164–172), ISSN 0167-577X.
- [9] Tao and LIU Xiaoqin, Peanut Shell Activated Carbon: Characterization, Surface Modification and Adsorption of Pb<sup>2+</sup> from Aqueous Solution, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16(3) 401 – 406 (2008).
- [10] Pap, S., Radonic, J., Trifunovic, S., Adamovic, D., Mihajlovic, I., Vojinovic Miloradov, M., Turk Sekulic, M. (2016). Evaluation of the adsorption potential of eco-friendly activated carbon prepared from cherry kernels for the removal of Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> from aqueous wastes, *Journal of Environmental Management* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.089>

#### Kratka biografija:



**Kristina Nemet** rođena je 1993. godine u Novom Sadu. Osnovne studije upisala je na Fakultetu tehničkih nauka, usmerenje - Inženjerstvo zaštite životne sredine. Diplomski rad na temu "Evaluacija uticaja na životnu sredinu različitih tehnologija kompostiranja biorazgradivog otpada" odbranila je 27.10.2015. godine, a master rad 28.10.2016.



**Dr. Maja Turk-Sekulić** rođena je u Novom Sadu i diplomirala je 2003. godine na Tehnološkom fakultetu (UNS), smer Hemijsko inženjerstvo. 2009. godine doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka gde je od maja 2015. godine izabrana u zvanje vanredni profesor, za užu naučnu oblast Inženjerstvo zaštite životne sredine.

**SISTEMI ZA DETEKCIJU I RANO UPOZORENJE ŠUMSKIH POŽARA  
SYSTEMS FOR FOREST FIRE DETECTION AND EARLY WARNING**Svetlana Ristić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE**

**Kratak sadržaj** – Predmet ovog rada predstavlja analiza sistema za detekciju i rano upozorenje šumskih požara. Najefikasniji način u sprečavanju velikih šteta koje nastaju prilikom šumskog požara jeste njegovo pravovremeno otkrivanje.

**Abstract** – The subject of this paper present analysis system for the detection and early warning of forest fires. The most efficient way in preventing big damages which is generated during forest fire is their timely detection.

**Ključne reči:** Šumski požari, detekcija i predikcija požara, integrisani sistemi, senzorski sistemi, uzročnik požara

**1. UVOD**

Požari u svim sredinama predstavljaju stalnu opasnost iako se nalaze na samom dnu svakodnevnih rizika. Razvoj svesti o opasnostima i posledicama doprinosi smanjenju broja požara, ali ih ne eliminiše u potpunosti.

Uzroci i posledice zahtevaju ozbiljan i profesionalan pristup analizi rešavanju ovog problema i utvrđivanju preventivnih mera za sprečavanje pojave požara, u suprotnom materijalna šteta može biti ogromna. Urbanizacija, tehnologija i industrija su ljudima donela mnogo toga pozitivnog, ali i pored toga donose između ostalog i veću opasnost od požara i eksplozija [1].

U ovom radu su analizirani sistemi za detekciju i rano upozorenje šumskih požara. Poslednjih godina svedoci smo sve češćih šumskih požara koji nastaju tokom letnjih meseci kako u našoj zemlji, tako i u drugim zemljama, a naročito u zemljama u okruženju koje su pod uticajem mediteranske klime. Zbog značaja koju šumski ekosistemi imaju u zaštićenim područjima, a naročito u nacionalnim parkovima i rezervatima prirode, cilj je da se šumski požari suzbiju još u ranoj fazi.

Danas se u svetu sve češće koriste inteligentni integrisani sistemi za ranu detekciju i predikciju šumskih požara. Pomoću sistema za detekciju i rano upozorenje šumskih požara mogu se u velikoj meri smanjiti štete koje izazivaju požari.

U ovom radu opisani su pojedini sistemi za detekciju požara koji se koriste u svetu, u susednim državama kao i sistem za detekciju požara koji se koristi u Srbiji [3].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Čosić, vanr. prof.

**2. POŽARI NA OTVORENOM PROSTORU  
(ŠUMSKI POŽARI)**

Šumski požari spadaju u grupu požara na otvorenom prostoru. Šumski požar je po samom značenju reči požar u kojem gori šuma, dok je požar otvorenog prostora bilo koji požar koji se ne događa u zatvorenom prostoru.

Šumski požar je nekontrolisano, stihijsko kretanje vatre po šumskoj površini (u prirodnoj okolini). Spada u prirodne katastrofe. Razlikuje se po vrsti, načinu nastanka i štetama. Veličina opožarene površine i jačina požara zavisi od tipa vegetacije koji je ugrožen vatrom. Dimenzije ovih prirodnih katastrofa često znaju biti tolikih razmera da su vidljive iz svemira. Karakteristika šumskih požara je veoma brzo širenje i nagle promene pravca pod uticajem vremenskih prilika. Ponekad je požar od ključnog značaja za šumsku regeneraciju, međutim on često uništava šume i ima ozbiljne društvene i ekonomske posledice [4].

**2.1. Uzroci šumskih požara**

Požari predstavljaju prirodno-antropogenu nepogodu i mogu nastati delovanjem prirodnih uticaja, ali su najčešće (u 80% slučajeva) inicirani antropogenim faktorom (kod šumskih požara taj procenat je čak 97%, a 3% izazivaju prirodni uticaji) [5].

Do šumskih požara može doći: usled delovanja prirodnih sila (prirodni uzrok) i posredstvom čoveka.

**3. SISTEMI ZA DETEKCIJU I RANO  
UPOZORENJE ŠUMSKIH POŽARA**

Požari su jedna od elementarnih nepogoda koja se mogu sprečiti ili umanjiti štetu s prevremenim upozorenjem. Kako bi se to postiglo mora postojati sistem koji može pravovremeno detektovati požar.

Esencijalno pitanje uspešne borbe sa požarima u šumi je njihovo otkrivanje i suzbijanje u inicijalnoj fazi razvoja. Tada se akcija izvodi najlakše, najbrže i uz najniže troškove i gubitke. Zato se pravovremenom otkrivanju požara u šumi pridaje najveći značaj.

Danas se u svetu koriste više tipova sistema za detekciju i predikciju požara, ali se oni generalno dele na tri grupe: zemaljske sisteme, vazdušne sisteme i satelitske sisteme. Zemaljski sistemi za detekciju šumskih požara sačinjeni su od perifernih osmatračkih stanica i komandnokontrolnih centara. Jedinice perifernih osmatračkih stanica su postavljene na pažljivo odabranim lokacijama koje su ili bežičnim ili žičanim putem povezane sa jednim ili više komandno kontrolnih centara. Svaka od perifernih osmatračkih stanica sastoji se od senzora za detekciju požara (najčešće kamera u vidljivom i/ili infracrvenom delu spektra), jedinice za merenje meteoroloških

parametara, transmisione jedinice, jedinice za napajanje sistema i dr.

Vazdušni sistemi se koriste za pokrivanje velikih površina (korišćenjem aviona), a osnovni nedostatak ovakvih sistema što se tiče pouzdanosti je prisutnost jakog vetra ili niske oblačnosti. Neki od sistema u komercijalnoj upotrebi su BOMEN (Kanada) i GerINTRADAN (Danska).

Nedostaci vazdušnih sistema su loša prostorna i vremenska rezolucija, teško i skupo je organizovati 24 satna nadgledanja, još uvek postoji problem prenošenja žive slike u realnom vremenu, pa se zato i koriste za nadgledanje velikih nenaseljenih šumskih prostora.

Sistemi zasnovani korišćenjem satelita imaju neke od prednosti kao i nedostataka vazdušnih sistema za ranu detekciju šumskih požara. Sateliti koje se nalaze na geostacionarnim orbitama su izuzetno efikasni za detekciju šumskih požara, ali nedostaci se ogledaju u vremenu kašnjenja signala i u nekim slučajevima na efikasnost detekcije šumskih požara u prisustvu oblaka. Neki od komercijalnih sateletskih sistema su FIRE – M3 (Kanada) i FUEGO (Evropa).

Satelitski sistemi su pogodni za nadzor većih, nenastanjenih područja. Nedostatak im je loša prostorna i vremenska rezolucija, skupi su, služe samo za rano otkrivanje, a ne i za daljinsku prisutnost [3].

### 3.1. DEDICS (Distributed Environmental Disaster Information and Control Systems)

DEDICS (Distributed Environmental Disaster Information and Control Systems) predstavlja integrisanu mrežu (regionalnog karaktera) uspostavljenu u cilju poboljšanog upravljanja – kontrolisanja vandrednih situacija nastalih u slučajevima prirodnih nesreća.

Ova mreža je najveću primenu našla u ranoj detekciji i kontrolisanju širenja šumskih požara. Sistem sa sastoji od više komponenti (podistema): osmatrački podsystem, analitički podsystem, informacioni podsystem i komunikacioni podsystem [3].

### 3.2. "IFFED" sistem

IFFED (Integrated System for Forest Fire Early Detection) sistem, razvijen na Institutu "Ruđer Bošković" (Hrvatska), predstavlja integrisani automatski sistem za ranu detekciju kao i za kontrolisanje širenja šumskih požara.

Sistem je u potpunosti modularan, autonoman i operativan tokom 24 časa. Sistem se sastoji od perifernih osmatračkih tačaka (stanica) (POP – Peripheral Observation Points) i komandno kontrolnih centara (CCC – Comand and Control Centre) [3].

### 3.3. FireBug sistem

FireBug sistem za detekciju šumskih požara je uspešno testiran u blizini San Franciska. Sistem se zasniva na korišćenju senzorskih platformi tj. senzorskih čvorova, baznih stanica i servera. Senzorski čvorovi su sastavljeni od senzora za merenje temperature, senzora za merenje relativne vlažnosti i pritiska vazduha, kao i GPS jedinice. Sistem je projektovan tako da bude jednostavan za instalaciju, da može da radi pod ekstremnim uslovima (visoka temperatura) i da bude jednostavan za upotrebu,

tj. da zahteva minimalnu obuku osoblja koje opslužuje sistem.

Podaci se sa senzora preko baznih stanica šalju u MySQL bazu podataka kojoj se pristupa korišćenjem standardnih Web pretraživača [2].

### 3.4. FFSS (Forest-Fires Surveillance System)

FFSS (Forest-Fires Surveillance System) je uspešno testiran sistem na bazi senzora za zaštitu šumskog planinskog pojasa Južne Koreje od požara. Sistem se sastoji od mreže bežičnih senzora, mrežnih prolaza, programa za obradu prikupljenih podataka i Web aplikacije. Senzorski čvorovi su opremljeni sensorima za merenje temperature, vlažnosti vazduha i dima [2].

### 3.5. EIDOS (Equipment Destined for Orientation and Safety) sistemi

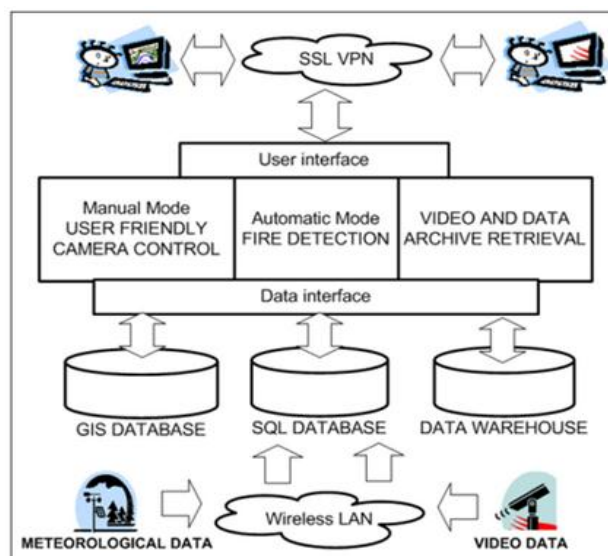
Za razliku od prethodno opisanih senzorskih sistema čiji se princip rada zasniva na prikupljanju podataka sa senzora a nakon toga i prosleđivanju tih istih podataka centralnom serveru radi obrade i prikazivanja, princip rada EIDOS (EquIpment Destined for Orientation and Safety) sistema zasniva se na obradi međusobno prikupljenih podataka sa senzora u okviru samih senzorskih čvorova. Konačno, rezultati tih obrada se prosleđuju baznim stanicama ili ka mobilnim uređajima kojima su opremljeni ljudi koji učestvuju u operaciji gašenja požara [2].

### 3.6. GinisSensee sistem

GinisSensee sistem razvijan na Elektronskom fakultetu u Nišu, zasniva se na primeni GIS-a i Web tehnologija u cilju prikupljanja podataka i upozoravanja, kao i na primeni meteoroloških modela za proračunavanje rizika od nastajanja šumskog požara [2].

### 3.7. Sistemi za detekciju i rano upozorenje šumskih požara u susjednim državama – „IPNAS“

„IPNAS“ je automatski sistem za rano otkrivanje požara otvorenog prostora, pri čemu se pre svega misli na požare rastinja, zasnovan na analizi slika snimljenih video kamerama u vidljivom delu spektra.



Slika 1. Struktura „IPNAS“ sistema

„IPNAS“ je zasnovan na terenskim jedinicama i centralnom procesorskom jedinicom. Terenske jedinice su zamišljene kao posebne jedinice opremljene video kamerama (kojima se može upravljati na daljinu), kao i mini meteorološkom stanicom koja je bežičnom (wireless) LAN mrežom povezana sa centralnom procesorskom jedinicom gde se vrše sve analize, proračuni i ostale obrade, i gde se vrši skladištenje (arhiviranje) svih podataka i slika [3].

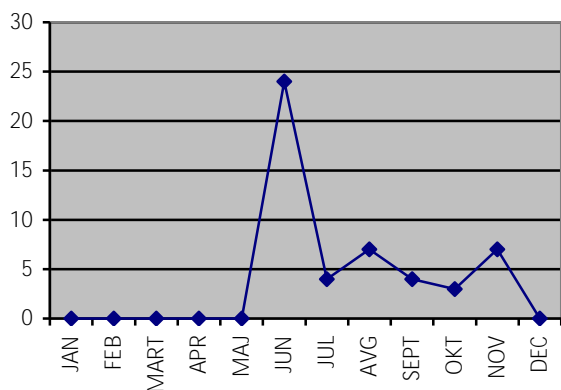
„IPNAS“ sistem prikazan je slikom 1. i zasniva se na korišćenju tri tipa podataka: video podataka u realnom vremenu, meteoroloških podataka u realnom vremenu i GIS bazom podataka.

#### 4. SISTEMI ZA DETEKCIJU I RANO UPOZORENJE ŠUMSKIH POŽARA U VOJVODINI

U Srbiji su zabeležene velike štete prouzrokovane šumskim požarima, te se iz tog razloga kao logično rešenje nameće pitanje uvođenja integrisanih informacionih sistema za ranu detekciju i predikciju širenja šumskih požara. Jedan od naprednih požarnih informacionih sistema za detekciju šumskih požara na području Vojvodine je EOPS sistem. EOPS je satelitski sistem koji snima Vojvodinu, odnosno koji detektuje požare na području Vojvodine. Ova usluga je u stanju da odredi relativne temperaturne razlike ili „žarišta“, ali nije sposobna da utvrdi uzrok ili da identifikuje prirodu takvih „žarišta“. Informacije zavise od dostupnosti (izbora) i funkcionisanja satelita. Kvalitet i geo-položajna tačnost informacija nije zagarantovana. Informacije zbog toga mogu biti zastarele, netačne ili nepotpune usled okolnosti koje postoje u tom trenutku kao što su nedostupnost ili kašnjenja u snabdevanju podataka iz satelita, nemogućnost dobijanja preciznih podataka što je izazvano svojstvenim prostornim nepravilnostima (netačnostima) satelitskih senzora ili nemogućnosti dobijanja potpunih podataka zbog preovlađujućih vremenskih uslova tokom leta [6].

U nastavku rada ćemo razmotriti podatke o požarima u Vojvodini iz 2014. godine koje je detektovao EOPS sistem.

Većina požara događali su se uglavnom u letnjim mesecima, kada je i najveća učestalost požara zbog visokih temperatura, što prikazuje i grafik 1.



Grafik 1. Vremenska raspodela požara iz 2014. godine

EOPS sistemi predstavljaju za sada dobro rešenje u prevenciji i detekciji šumskih požara, jer doprinosi da se na vreme suzbije požar i onemogući širenje vatre, a samim tim se i smanjuje rizik od nastanka štete i ljudskih žrtava.

Iako ne daje uvek najtačnije podatke, trenutno je ovo za Srbiju i Vojvodinu sistem koji je od velike koristi za smanjenje širenja šumskih požara.

Šumski požari godišnje nanose neprocenjive štete šumskom fondu Republike Srbije.

U proteklih deset godina, u šumskim požarima u Vojvodini je stradalo oko 1.015 hektara šuma i obraslog šumskog zemljišta, a razlog izbijanja požara je prema statističkim pokazateljima u preko 95 % slučajeva ljudski faktor.

#### 5. PREDNOSTI I NEDOSTACI SISTEMA ZA DETEKCIJU ŠUMSKIH POŽARA

Prednosti automatskih sistema za ranu detekciju i predikciju širenja šumskih požara u odnosu na tradicionalni način (ljudskim nadgledanjem sa osmatračnica na određenim lokacija tokom letnje sezone) su višestruke.

Automatskim sistemom postiže se 24-časovno osmatranje terena pri čemu su eliminisane greške uslovljene ljudskim faktorom (umor itd). Automatski se aktivira alarm u slučaju pojave požara pri čemu je detekcija „lažnih alarma“ (prouzrokovanih refleksijom sunčeve svetlosti sa vodenih i drugih površina) svedena na minimum korišćenjem posebnih detekcionih algoritama, a naročito algoritama tokom izlaska i zalaska sunca. Implementacijom jednog ovakvog sistema značajno bi se smanjile štete prouzrokovane šumskim požarima [3].

#### 6. ZAKLJUČAK

Pojava požara na velikim šumskim prostranstvima predstavlja veliki problem jer izaziva velike štete u svim sferama društva, uništava ekološke sisteme, infrastrukturu i ljudske živote. Rana detekcija ima mnoge prednosti u gašenju požara i u tom smislu predstavlja jedan od najvažnijih elemenata sistema za detekciju požara.

Na društvenu svest o činjenici da veliki požari mogu prouzrokovati dramatične i trajne nepovoljne efekte na životnu sredinu, uticao je veliki broj incidenata sa katastrofalnim posledicama u poslednjih dvadeset godina. Zaključak se nameće sam po sebi: osmatranje terena prekrivenog šumskim rastinjem, rano otkrivanje nastanka šumskih požara i dobro organizovan sistem protivpožarne zaštite su najvažniji zadaci u budućem periodu uz opremanje neophodnom opremom.

Pred našom službom zaštite od požara je da se najpre izbore sa problemima nabavke savremene opreme što je opet u uskoj vezi sa ekonomskim mogućnostima privrede a sa druge strane ulaganje u obrazovanje stručnog kadra koji će umeti da iskoristi tu opremu ako i kada bude nabavljena, da se ne bi dogodilo da znanje bude limitirajući faktor što je za svaku ozbiljnu državu u dvadesetprvom veku nedopustivo.

#### 6. LITERATURA

- [1] Aleksić P., Krstić M., Jančić G. „Šumski požari – ekološki i ekonomski problem u Srbiji“, 2009.

- [2] Pavlović D. „Primena senzorskih sistema za detekciju šumskih požara“. JP „Nacionalni park Đerdap“, Donji Milanovac.
- [3] Pavlović D. „Uloga integrisanih sistema za ranu detekciju i predikciju širenja požara u zaštićenim šumskim područjima“. JP „Nacionalni park Đerdap“, Donji Milanovac.
- [4] Radovanović M., Pereira Gomes J.F. „Sunčeva aktivnost i šumski požari“. Geografski institut „Jovan Cvijić“ Beograd, 2008.
- [5] Renovica R. „Uzroci požara i mere protivpožarne zaštite industrije“. Univerzitet Singidunum.
- [6] [afis.meraka.org.za](http://afis.meraka.org.za)

**Kratka biografija:**



**Svetlana Ristić** rođena je u Vrbasu 1989. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranio je 2016. god.

**ANALIZA KARAKTERISTIKA BIOMASE I NJIHOV UTICAJ NA TERMIČKU PRERADU****ANALYSIS OF BIOMASS CHARACTERISTICS AND THERMAL TREATMENT EFFECT**

Milana Grahovac, Slavko Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada bio je da se pokaze važnost korištenja OIE, zakonske regulative kako u EU, tako i u BiH. Kroz rad smo se osvrnuli konkretno prema biomasi kao OIE. Objasnili smo šta je to biomasa i kako se dijeli i koji su glavni potencijali biomase u BiH. Zatim smo objasnili i koji su to termički postupci prerade biomase.

**Abstract** – Objectives of this study are demonstrating the importance usage of renewable energy, legislation in both the EU and the Bosnia and Herzegovina. Through the study we focus on biomass as a renewable source. We explained what is a biomass classifications and what are the main potential of biomass in Bosnia and Herzegovina. Then we described in detail thermal treatment steps for biomass.

**Cljučne reči:** Biomasa, Piroлиза, Gasifikacija, Sagorijevanje

**1. UVOD**

Stalni porast populacije za sobom donosi i konstantno veće potrebe za energijom i čovječanstvo je u kontinuiranoj potrazi za izvorima energije koji bi primjereno pokrili energetske potrebe. Obnovljivi izvori energije uključuju vjetar, solarnu energiju, hidroenergiju, energiju plime i oseke, kao i geotermalnu energiju i biomasu.

Više energije iz obnovljivih izvora omogućuje Evropskoj uniji da postigne smanjenje emisije gasova staklene bašte i da u manjoj mjeri zavisi od uvozne energije. Biomasa je obnovljivi izvor energije, a može se podijeliti na drvenu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati: drvena biomasa (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo), drvena uzgojena biomasa (brzorastuće drveće), nedrvna uzgojena biomasa (brzorastuće alge i trave), ostaci i otpaci iz poljoprivrede, životinjski otpad i ostaci, gradski i industrijski otpad [1, 2].

Glavna prednost u korišćenju biomase kao izvora energije su obilni potencijali, ne samo u tu svrhu zasađene biljne kulture već i otpadni materijali u poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji.

**2. STRATEGIJA ENERGIJE U EU**

Težnja Evropske unije jeste da 20% od ukupne energije potiče iz obnovljivih izvora.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Slavko Đurić.

Obnovljivi izvori energije uključuju vjetar, solarnu energiju, hidroenergiju, energiju plime i oseke, kao i geotermalnu energiju i biomasu.

Više energije iz obnovljivih izvora omogućuje Evropskoj uniji da postigne smanjenje emisije gasova staklene bašte i da u manjoj mjeri zavisi od uvozne energije. Unapređivanje industrije obnovljive energije povećava tehnološke inovacije i zaposlenost u Evropi. Sve značajniji pokazatelji klimatskih promjena i rastuća zavisnost od energije doprinose odlučnosti Evropske unije da ostvari koncept male potrošnje energije i da energija koja se koristi bude sigurna, bezbedna, konkurentna, lokalno proizvedena i održiva. Još jedan korak u omogućavanju efikasnog funkcionisanja energetskog tržišta Evropske unije jeste energetska politika koja promovira međusobnu povezanost energetskih mreža i energetsku efikasnost. Zakonska regulativa Evropske unije u oblasti energetike podijeljena je na sljedeće oblasti:

- Evropska energetska politika
- Unutrašnje energetske tržište
- Energetska efikasnost
- Obnovljiva energija
- Nuklearna energija
- Obezbeđenje snabdevanja, spoljna dimenzija i proširenje.

**2.1. Zakonodavstvo u EU**

Zakonodavstvo u Evropskoj Uniji koristi više oblika Zakonskih instrumenata, od kojih svaki ima drugačiju zakonsku težinu i primjenjuje se u zavisnosti od ciljne institucije.

- Propisi su pravne norme koje se primjenjuju direktno u zemljama članicama i imaju prednost nad nacionalnim zakonima članica.
- Direktive su obavezujuće za zemlje članice i podrazumijevaju njihove obaveze da odredbe propisane direktivom integrišu u nacionalne zakone u propisanom vremenskom roku.
- Odluke se odnose na konkretna pitanja i pravno su obavezujuće za one institucije na koje su naslovljene.
- Preporuke i mišljenja su pravno neobavezujući tekstovi koji služe kao smjernice za efikasnije rješavanje zadataka članica EU ili njihovih institucija.

**2.2 Zakonske regulative u BiH**

Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih poslova nadležno je za obavljanje poslova i zadataka iz nadležnosti BiH koji se odnose na definisanje politike, osnovnih principa, koordinaciju djelatnosti i usklađivanje

planova entitetskih tijela vlasti i institucija na međunarodnom planu u području energetike i zaštite okoline, kao i razvoja i korišćenja prirodnih resursa. Zbog državne strukture i nadležnosti entiteta (FBiH i RS) u oblasti energije, ovo ministarstvo ima ulogu koordinacije između državnog i entitetskih nivoa vlasti u implementaciji predmetnih direktiva. Energetski sektor na državnom nivou je definisan sljedećim zakonima:

- Zakon o prijenosu, regulatoru i operatoru sistema električne energije u BiH ("Službeni glasnik BiH", br. 7/02, 13/03, 76/09 i 1/11)
  - a. Pravilnik o tarifnom postupku ("Službeni glasnik BiH", broj 44/05)
  - b. Pravilnik o licencama ("Službeni glasnik BiH", br. 87/12, 98/15)
  - c. Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o licencama ("Službeni glasnik BiH", broj 98/15)
  - d. Pravilnik o priključku ("Službeni glasnik BiH", br. 95/08, 79/10, 60/12)
  - e. Pravilnik o zaštiti povjerljivih informacija ("Službeni glasnik BiH", broj 13/07)
- Zakon o osnivanju Nezavisnog operatora sistema za prijenosni sistem u BiH ("Službeni glasnik BiH", broj 35/04)
- Zakon o osnivanju kompanije za prijenos električne energije u Bosni i Hercegovini („Sl. glasnik BiH", broj 35/04, 76/09, 20/14)

### 3. BIOMASA

Biomasa je izvor energije iz obnovljivih organskih materijala kao što su drvo, poljoprivredne kulture ili otpad i biorazgradivi komunalni ili industrijski otpad. Biomasa se može direktno spaljivati ili preraditi u bio-goriva. Glavne prednosti biomase su:

- **Biomasa je obnovljivi izvor energije.** Najočitija prednost biomase je činjenica da se radi o obnovljivom izvoru energije, što znači da se ne može u potpunosti potrošiti kao što je to slučaj s fosilnim gorivima. Biomasa većinom dolazi iz biljaka, a biljke su osnovni element za održavanje života na našoj planeti [5].
- **Biomasa pomaže u borbi protiv klimatskih promjena.** Biomasa zaista pomaže smanjivanju ukupne emisije stakleničkih plinova u atmosferu i time znatno doprinosi u borbi protiv klimatskih promjena. Iako je biomasa povezana s određenim nivoima ispuštanja stakleničkih plinova, to je puno manje nego kod fosilnih goriva
- **Čistija životna sredina.** Treća velika prednost energije iz biomase je mogućnost prečišćavanja okoline prilikom korišćenja biomase. Broj ljudi na svijetu konstantno raste i s tim rastom naravno raste i problem sve veće količine otpada koja se stvara i treba biti primjereno zbrinuta. Trenutno velika količina otpada završi u rijekama, potocima, morima i okeanima i time se stvara veliki negativni uticaj na ekologiju i ljudsko zdravlje. Veći dio ovog otpada mogao bi se iskoristiti za proizvodnju energije iz biomase i time bi se bacanje tog otpada direktno u prirodu znatno smanjilo.

- **Biomasa je široko dostupan izvor energije.** Čak se i žestoki protivnici korišćenja biomase slažu s činjenicom da je to široko i jednostavno dostupan izvor energije. Biomasa postoji u određenom obliku gdje god pogledamo i samim time i potencijalna proizvodnja energije moguća je gotovo bilo gdje. Ovo je svakako jedna od najvećih prednosti biomase pred tradicionalnim fosilnim gorivima [3].

#### 3.1. Potencijal biomase u BiH

Potencijal biomase u BiH je biomasa koja se dobija iz prerade drveta (ostaci i otpad) i poljoprivrednih sektora (ostaci iz stočarstva i ostaci od usjeva), što se vidi iz tabele 1.

Postoji nekoliko nivoa energetskog potencijala: resursni, tehnički, ekonomski i tržišni [4].

Resursni ili teoretski potencijal je jednak ukupnoj dostupnoj količini resursa.

Tehnički potencijal je manji od resursnog potencijala jer uzima u obzir tehnička ograničenja pri korištenju tog resursa.

Ekonomski potencijal uzima u obzir ekonomsku isplativost korišćenja resursa.

Tržišni potencijal razmatra druga ograničenja, kao što su regulatorna ograničenja i mogućnost finansiranja.

Tabela 1 Procijenjeni primarni energetski potencijal tehničke biomase u Bosni i Hercegovini u 2008.

Vrsta biomase	Tehnički potencijal (PJ)	Tehnički potencijal (GWh)
Energetski usjevi	15.33	4.258,3
Šumska drvena biomasa	28.04	7.788,9
Ostaci iz usjeva	6.63	1.841,7
Ostaci iz voćarstva	0.84	233,3
Stočni ostaci	1.3	361,1
Komunalni čvrsti otpad	4.28	1.188,9
<b>TOTAL</b>	<b>56.41</b>	<b>15.672,2</b>

BiH je veoma bogata šumama i šumskim zemljištima, koje pokrivaju više od 50% teritorije i jedan su od najznačajnijih prirodnih resursa. Procjena šumske drvene biomase prikazane u Tabela 2 je uzeta iz Studije UNDP-a od oktobra 2014, a zasnovana je na obimu šumske proizvodnje iz 2012. godine.

Tabela 2 Teoretski potencijal drvene biomase u BiH

Izvori drvene biomase	Četinari (m <sup>3</sup> )	Lišćari (m <sup>3</sup> )	Teoretski dostupne količine (m <sup>3</sup> )
Ogrjevno drvo	1.711	1.228.441	1.230.152
Šumski ostaci	342.181	261.154	603.334
Sitna granjevina	314.848	401.432	716.280
Panjevina	354.857	200.843	649.375
Ostaci iz drvno-prerađivačke industrije	314.848	334.527	555.701
<b>UKUPNO</b>	<b>1.328.446</b>	<b>2.426.396</b>	<b>3.754.842</b>

Potencijal biomase iz poljoprivrede je analiziran u dva poglavlja: Biomasa iz ostataka od usjeva i biomasa iz stočarstva.

Podaci u izvještajima Statističke agencije BiH pokazuju da kukuruz, pšenica i ječam čine preko 95% usjeva u BiH, što je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3 Proizvodnja glavnih usjeva u BiH od 2010.-2014.godine

Godišnja proizvodnja u tonama						
Usjev	2010	2011	2012	2013	2014	Prosjeak
Kukuruz	853.376	764.119	539.432	798.500	798.487	750.783
Pšenica	145.412	210.004	225.137	265.152	170.055	203.152
Ječam	50.183	65.667	65.337	70.844	48.649	60.136

Stočni otpad (Đubrivo) je izvanredan izvor energije ako se prikuplja u odgovarajućim bazenima ili velikim rezervoarima. Životinjski otpad se anaerobno razgrađuje u digesteru, proizvodeći pritom biogas koji se može koristiti za proizvodnju toplote i električne energije. Energetski potencijal životinjskog otpada je prikazan u tabeli 4.

Tabela 4 Energetski potencijal životinjskog otpada u BiH

	Goveda	Svinje	Pilad
Broj životinja (po glavi)	444.000	533.000	20.664.000
Godišnja proizvodnja biogasa po životinji (Nm <sup>3</sup> /po glavi)	352	105	8
Potencijal biogasa (milion Nm <sup>3</sup> )	156.3	55.97	165.3
Teoretski potencijal (PJ)	3.37	1.21	3.56
Stepen dostupnosti (%)	20	20	20
Tehnički potencijal (PJ)	0.67	0.24	0.71
<b>Ukupni tehnički potencijal (PJ)</b>	<b>1.62</b>		

Procjena potencijala tehničke biomase koja se može koristiti za proizvodnju električne energije ili kogeneraciju u dravno-prerađivačkom i poljoprivrednom sektoru je prikazana u Tabeli 5.

Tabela 5 Procijenjeni primarni energetski potencijal tehničke biomase u dravno-prerađivačkom i poljoprivrednom sektoru u BiH u 2014.godini

Vrsta biomase	Tehnički potencijal (PJ)	Tehnički potencijal (GWh)
Drvena biomasa	7.44	2.066,7
Ostaci od usjeva	4.69	1.302,8
Stočni ostaci	1.62	450,0
<b>UKUPNO</b>	<b>13.75</b>	<b>3.819,5</b>

#### 4. FIZIČKO-HEMIJSKE OSOBINE BIOMASE

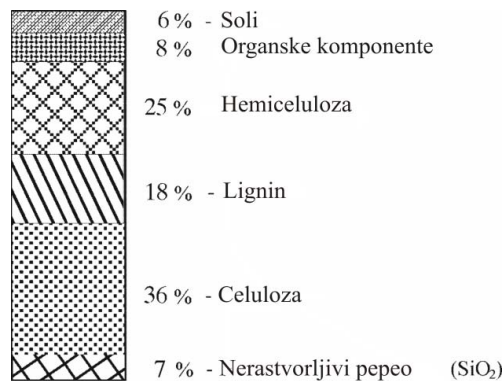
Biomasa je regenerativni ili obnovljivi izvor toplotne energije. Ona nastaje fotosintezom solarne energije, ugljen-dioksida i vode. Biomasa spada u alternativne vrste goriva sa kojima se može veoma uspješno zamijeniti konvencionalna (klasična) goriva (naftne derivate, prirodni zemni gas i ugalj) čije su svjetske zalihe sve manje. Biomasa, kao alternativna vrsta goriva, dijeli se na čvrsto, tečno i gasovito biogorivo.

U čvrsto biogorivo spada: slama od žitarica i uljarica, kukuruzovina, oklasak (kočanka), stabljike sirka, ljuske od sjemena suncokreta, glave i stabljike suncokreta, stabljike ricinusa, ostaci od stabljike konoplje, lana, hmelja i duvana, stabljike sjemenske šećerne repe, stabljike pasulja, otpaci od zrna žitarica i uljarica nastali u postupku čišćenja zrna, koštice i ljuske voća, grane od orezanih stabala voća i vinoveleze, i dr.

Biomasa, kao biogorivo, ima svoje specifične karakteristike u odnosu na konvencionalne vrste goriva, u pogledu: hemijskog sastava, temperature sagorevanja, tačke topljenja pepela, toplotne vrednosti goriva i stepena zagađivanja okolne sredine. Sva biomasa svedena na čistu gorivu masu ima praktično isti hemijski sastav, definisan izrazom CH<sub>1,4</sub>O<sub>0,6</sub>N<sub>0,1</sub>, ali postoje velike razlike u prirodi

polimera, koji ulaze u njen sastav. Tu se podrazumijevaju: celuloza, hemiceluloza, lignin i ekstraktivna ulja. Tako se za pšeničnu slamu može konstatovati da je lignocelulozni materijal, donekle promjenljivog elementarnog sastava, što je uslovljeno čitavim nizom faktora.

Renomirani autori iz ove oblasti navode da su osnovne materije koje ulaze u građu žitne slame: celuloza 36%, hemiceluloza 25%, lignin 18%, organske komponente 8%, soli 6% i mineralne materije 7%, Slika 1.



Slika 1: Sastav žitne slame i mogućnost upotrebe pojedinih komponenti

Druga prirodna čvrsta goriva (jednogodišnja i višegodišnja biomasa i fosilna goriva). Tu se podrazumijevaju: ugljenik (C), vodonik (H), kiseonik (O), azot (N), sumpor (S), mineralne materije (a) i vlaga (w).

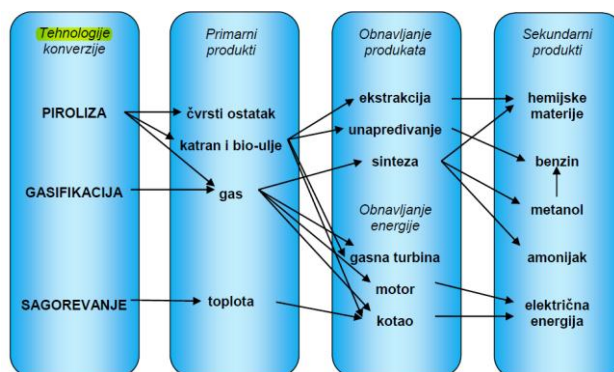
Tabela 5: Elementarni hemijski sastav biomase (Brkić, 1995)

Red. br.	Hemijski element	Slama (%)	Oklasak (%)	Ljuske sunc. (%)	Drvo (%)	Kora od drveta (%)
1.	Ugljenik (C)	44,84	48,31	50,57	50,30	50,60
2.	Vodonik (H)	5,68	5,74	5,68	6,20	5,90
3.	Kiseonik + azot (O + N)	41,48	43,13 + 0,66	40,91 + 0,57	43,10	40,70
4.	Pepeo (A)	8,00	2,16	2,27	0,40	2,80

#### 5. TERMIČKI POSTUPCI PRERADE BIOMASE

Biomasa se može konvertovati u različite oblike energije brojnim procesima. Izbor procesa prerade zavisi od tipa i količine biomase, željenog oblika krajnjeg produkta, kao i drugih uslova propisanih standardima o zaštiti životne sredine, ekonomskih uslova i slično. Postupci prerade biomase se dele na: *direktne konverzije procese* (dobijanje toplotne energije sagorevanjem) i *indirektne konverzije procese*.

Termohemijski procesi prerade sirovina i dobijeni produkti šematski su prikazani na Slici 2.



Slika 2: Termohemijski procesi prerade biomase



### 5.1. Piroliza

Piroliza je proces termičkog razlaganja supstance koji se javlja uslijed dugotrajnog izlaganja visokim temperaturama, ali bez kontakta sa kiseonikom i ostalim oksidacionim sredstvima. Proces pirolize podrazumijeva fizičke, hemijske i temperaturne promjene. Postoji nekoliko procesa pirolize biomase koji se mogu odrediti u zavisnosti od brzine zagrijavanja, ali i od ostalih parametara, a to su:

- Spora
- Brza
- Fleš
- Katalitička piroliza.

Spora piroliza je proces sporog zagrijavanja biomase. Brzina procesa zagrijavanja je od 5 do 7 °C/min, dok je temperatura procesa od 300 do 650 °C. Brza piroliza je proces pri kom se biomasa zagrijava brzinom oko 300 °C/min, bez prisustva kiseonika. Fleš piroliza je proces pri kom se male čestice biomase zagrijavaju. Katalitička piroliza dobijena je procesima spore, brze i fleš pirolize.

### 5.2. Gasifikacija

Proces gasifikacije odvija se na relativno visokim temperaturama, od 600-1500°C. Osnovni proces gasifikacije sastoji se od sušenja, toplotne razgradnje organske tvari ili pirolize, djelimičnog izgaranja gasa, pare iz biomase i gasifikacije ostatka. Za gasifikaciju je potreban gasifikatorski medijum (para, vazduh ili kiseonik). Ogrjevna moć i hemijski sastav dobijenog gasa značajno zavise od primarnog energenta i količine gasovitih reagenasa. Obično proces gasifikacije biomase započinje zagrijavanjem, sušenjem i pirolizom nakon čega dolazi do hemijske reakcije između nus-proizvoda pirolize biomase i radnog medija. Proces gasifikacije najčešće se odvija uz dodavanje gasifikacionih agenasa para – vazduh – obogaćeni vazduh – kiseonik – mešavine pare i izvora kiseonika – ugljen – dioksid.

Glavni cilj gasifikacije je po mogućnosti potpuna konverzija početnog materijala u gorive gasove, pri čemu se biogeni početni materijal dodavanjem sredstava za gasifikaciju. Vrste gasifikatora koje su najčešće u upotrebi su:

- Gasifikator sa pokretnim ili fiksnim slojem
- Gasifikator sa fluidizovanim slojem
- Istosmerni protočni gasifikator.

### 5.3. Sagorijevanje

Sagorijevanje biomase predstavlja seriju hemijskih reakcija u kojima se ugljenik oksiduje do ugljen-dioksida, a vodonik oksiduje do vode. Nedostatak kiseonika dovodi do nepotpunog sagorijevanja i formiranja različitih proizvoda, dok višak vazduha hladi sistem. Potrebna količina vazduha zavisi od hemijskih i fizičkih karakteristika biomase. Karakteristike koje utiču na sagorijevanje su: veličina čestica i specifična težina, sadržaj pepela, sadržaj vlage, sadržaj ekstraktivnih materija, sadržaj elemenata (C, H, O i N) i sadržaj strukturnih konstituenata (celuloza, hemiceluloza, lignin). Osnovni cilj sagorijevanja je da se oslobodi što veća količina toplotne energije. Prvi preduslov za ovo je "potpuno sagorijevanje goriva". Pri tome kroz dimnjak treba da izađu samo neškodljivi produkti sagorijevanja (vodena para i ugljen-dioksid). Nesagorljive materije koje

sačinjavaju drvenu supstancu (osnovno gorivo u fabrikama za preradu drveta), a dobijene su iz zemljišta na kome je drvo raslo, ostaju kao pepeo na rešetki. Postoji nekoliko tipova ložišta koja koriste drvenu biomasu kao gorivo:

- Ložišta sa sagorevanjem u sloju
- Ložišta sa pokretnom rešetkom
- Postrojenja za loženje sa donjom propulzijom
- Jamsko loženje
- Ložišta sa fluidizovanim slojem
- Ložišta sa sistemom za direktno uduvanje.

## 7. ZAKLJUČAK

Ako posmatramo iskustva stranih zemalja u kojima su postrojenja za termičku preradu otpadnih materijala u eksploataciji, i s obzirom na ekonomske mogućnosti i sadašnju energetska situaciju u zemlji, realno se može očekivati da bi se dobri efekti mogli postići primjenom procesa gasifikacije i pirolize otpadnih materijala (poljoprivredne biomase, otpadnih automobilskih guma, drvnih otpadaka, komunalnog čvrstog otpada)

Upotrebom poljoprivredne biomase smanjila bi se potreba države za uvozom energenata, zaštita životne sredine bi se podigla na veći nivo, privreda bi napredovala, smanjila bi se nezaposlenost u seoskim sredinama i spriječila migracija stanovništva iz ruralnih u urbane sredine.

## 8. LITERATURA

- [1] Arnautović Akšić Dragica, Bratić Lena, Husika Azrudin, Jović Dušan, Prskalo Nikica, 2013. Energija i okoliš u BiH – Preporuke civilnog društva za brži put prema EU
- [2] Brankov Saša, 2016. Mogućnost korištenja energije pirolizom poljoprivredne biomase. Doktorska disertacija, FTN, Univerzitet u Novom Sadu
- [3] Ceranić Mirjana, 2015. Uticaj procesnih parametara na pirolizu i gasifikaciju oklaska kukuruza. Doktorska disertacija, FTN, Univerzitet u Novom Sadu
- [4] Đonlagić Mirsad prof. Dr, 2010. Studija o obnovljivim izvorima energije u BiH. Centar za ekologiju i energiju, Tuzla
- [5] Kosanić Tijana, 2015. Uticaj procesnih parametara na pirolizu drvene biomase. Doktorska disertacija, FTN, Univerzitet u Novom Sadu

### Kratka biografija:



**Milana Grahovac** rođena je u Mrkonjić Gradu 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranila je 2016. god.

**ANALIZA METODOLOGIJA ZA UTVRĐIVANJE KOLIČINE I SASTAVA KOMERCIJALNOG OTPADA****THE ANALYSIS OF METHODOLOGIES FOR DETERMINATION OF COMMERCIAL WASTE QUANTITIES AND COMMERCIAL WASTE MORPHOLOGICAL COMPOSITION**

Nemanja Rusić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada jeste da opiše različite metodologije definisane u cilju određivanja količina i sastava komercijalnog otpada kako u svetu, tako i na nacionalnom nivou u Srbiji. U cilju definisanja nacionalne metodologije, potrebno je analizirati strane metodologije, pogodne delove prihvatiti, a ostale delove prilagoditi kako bi merenja na nacionalnom nivou dala tražene rezultate u najkraćem mogućem roku. Dobijeni rezultati, u kombinaciji sa primerima iz svetske prakse upravljanja otpadom, daju uvid u prisutno stanje vezano za upravljanje komercijalnim otpadom u Srbiji uz savete za unapređenje sistema upravljanja komercijalnim otpadom.

**Abstract** – The aim of this paper is to describe the different methodologies defined in order to determine the quantity and composition of commercial waste in the world, and on the national level in Serbia. In order to define a national methodology, foreign methodologies were analyzed, suitable parts were accepted, while other parts were adapted to the measurement at the national level give the required results in the shortest possible time. These results, combined with examples from the world's waste management practices, provide insight into the present situation regarding the management of commercial waste in Serbia with advices to improve the management system commercial waste were given.

**Ključne reči:** *Komercijalni otpad, metodologija, količine otpada, sastav otpada.*

**1. UVOD**

Čvrst otpad je moguće definisati kombinacijom fizičke definicije (otpad sa liste definisanih supstanci) i pravne definicije (supstanca ili predmet koji vlasnik, korisnik ili proizvođač odlaže ili je primoran da odloži, u skladu sa zakonom) [4]. Kao što se vidi iz navedene definicije, otpad kao pojam je prilično složen, pa se u cilju boljeg objašnjavanja ovog pojma prave podele otpada na osnovu različitih kriterijuma.

Komercijalni otpad predstavlja otpad nastao u komercijalnim subjektima (prodavnice, restorani, javne ustanove, obrazovne ustanove i slično..).

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Bojan Batinić.**

Ovaj tip otpada predstavlja žižu rada, i o njegovim karakteristikama će biti više detalja u nastavku. Da bi upravljanje otpadom bilo podignuto na viši nivo, potrebno je izvršiti merenja.

Za definisanje metodologije merenja potrebno je odrediti obim merenja, učestalost, preciznost, itd... Ovaj rad prikazuje različite metodologije primenjivane u svetu, kao i metodologiju primenjenu u Srbiji u cilju određivanja relevantnih karakteristika vezanih za komercijalni otpad.

**2. ANALIZA POTREBA ZA UTVRĐIVANJEM KOLIČINE I SASTAVA KOMERCIJALNOG OTPADA**

Proizvodnja, prodavnice, komercijalni subjekti svih veličina i tipova su samo neki od mnogih izvora komercijalnog i industrijskog otpada. Najveći procenat komercijalnog otpada za finalno odredište ima deponiju, a potrebno je reći da je ovaj tip otpada u velikoj meri sastavljen od organskih, biorazgradljivih materijala, koji nakon raspada emituju gasove sa efektom staklene bašte – CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>. Sa druge strane, vrlo je važno uzeti u obzir uticaj komercijalnog i industrijskog otpada zbog procenta sa kojim ovaj tip otpada učestvuje u ukupnoj masi otpada koju je potrebno tretirati ili deponovati [1,2].

Da bi se lakše, bolje i potpunije objasnila problematika vezana za nastanak komercijalnog otpada, potrebno je obratiti pažnju na izvore, pa je shodno tome potreno sistematizovati podelu izvora.

Druga bitna karakteristika jeste specifičnost morfološkog sastava otpada. Sastav komercijalnog otpada u visokoj meri zavisi od industrijske grane kojoj izvor pripada grane.

Na osnovu ovoga, postoje izvori otpada koji produkuju otpad koji je vrlo pogodan za različite reciklažne procese, dok sa druge strane, postoje izvori koji produkuju značajne količine organskog otpada, koje treba na drugi način tretirati. Sa druge strane, činjenica da je u našoj državi najzastupljenije deponovanje bez prethodnog tretmana, kao posledicu ima da značajne količine otpada koje dospevaju na telo deponija bez ikakvog pred-tretmana stvaraju niz negativnih uticaja:

- Nema preusmeravanja toka komercijalnog otpada ka recikliranju, ili drugim načinima tretmana, pa dolazi do brzog popunjavanja deponija
- Nema izdvajanja sekundarnih sirovina, koje bi moglo omogućiti ekonomske olakšice (jeftinija cena recikliranja od proizvodnje materijala iz sirovina) i očuvanje prirodnih sirovina.

- Ne ostvaruju se propisani ciljevi vezani za reciklažu

Navedeni nedostaci ukazuju na generalno loše stanje u upravljanju komercijalnim otpadom. Stanje je negativno usled ekonomske slabosti i nepostojanja adekvatnog plana koji bi osnažio navedeni sektor.

Sa druge strane, povećanjem procenta ponovnog iskorišćenja iz komercijalnog sektora, pomaže se smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, sačuvaće se znatne količine vode, energije, a pored ovoga, obezbeđiće se pomoć dostizanju propisanih mera za reciklažu materijala. Pored do sada navedenih razloga, Okvirna direktiva Evropske Unije, propisuje niz zahteva vezanih za komercijalni sektor. Neki od zahteva predstavljeni su ciljevima vezanim za reciklažu otpadnih materijala iz komercijalnog sektora

### 3. OPIS POSTOJEĆIH METODOLOGIJA ZA ODREĐIVANJE KOLIČINE I SASTAVA KOMERCIJALNOG OTPADA U RAZLIČITIM ZEMLJAMA

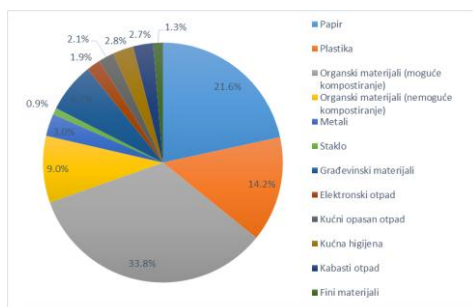
#### 3.1 Vankuver

U Vankuveru u toku 2011. godine, raĐem su istraživanja sa ciljem utvrĐivanja sastava i količine komunalnog čvrstog otpada. Lokalno postrojenje za tretman otpada je „Burnaby Waste to Energy Facility“ dobijalo je otpad sa lokalnih transfer stanica, ali je potrebno obratiti pažnju da do transfer stanica dolazi otpad različitog porekla. Tako je otpad po poreklu u okviru ove studije podeljen u sledeće kategorije [3]:

- Individualni način stanovanja,
- Kolektivni način stanovanja,
- Industrijski, komercijalni i institucionalni (IKI) sektor i
- Otpad iz stambenih delova grada koji se ne tarifira i odlagališta komercijalnog otpada

Za potrebe ovog rada, sagledan je samo deo vezan za industrijski, komercijalni i institucionalni sektor.

Studija za 2011. prikazuje ukupan sastav otpada na osnovu dva merenja. Prvo merenje sprovedeno je tokom avgusta 2011. godine, dok je drugo merenje sprovedeno tokom novembra i decembra iste godine. Slika 1 prikazuje rezultate merenja u Vankuveru.



Slika 1 – uprosečen sastav komercijalnog otpada na osnovu dva merenja u Vankuveru u toku 2011. godine

#### 3.2 Ontario

Preporučena metodologija za karakterizaciju komercijalnog otpada u studiji u Ontariju bazirana je na uzorkovanju na mestu nastajanja otpada i uključuje sledeće elemente:

- Odabir SIC<sup>1</sup> kodova za studiju
- Odabir poslovnih komercijalnih subjekata za uzorkovanje
- Sakupljanje uzoraka otpada
- Sortiranje
- Analiza i izrada izveštaja

Uzorci su sakupljeni dan pre planom ugovorenog termina odnošenja otpada od strane javnog komunalnog preduzeća (ili drugog preduzeća koje ima ulogu odnošenja otpada). Neki poslovni komercijalni subjekti su posećivani 3 ili više puta u cilju sakupljanja nedeljne količine otpada. Dnevno su uzorkovana dva do tri lokaliteta (komercijalna subjekta). Veliki kontejneri (4,5 do 6 m<sup>3</sup>) su sortirani polovično.

Uporedo je beležen i broj zaposlenih radnika u svakom od komercijalnih subjekata.

Uzorkovanje je podrazumevalo sakupljanje nedeljne količine otpada nastale u komercijalnim subjektima. Veličine uzoraka varirale su između 2.4 i 5,782 kg. Izveštaj savetuje da broj uzoraka i njihova veličina treba da budu određeni uzimajući u obzir vremenska i ekonomska ograničenja.

Nakon uzorkovanja sledila je analiza podataka i navedene su smernice za izveštavanje.

#### 3.3 Kalifornija

Primarni ciljevi projekta karakterizacije otpada u Kaliforniji tokom 2008. godine bili su karakterizacija i kvantifikacija otpada iz tri sektora:

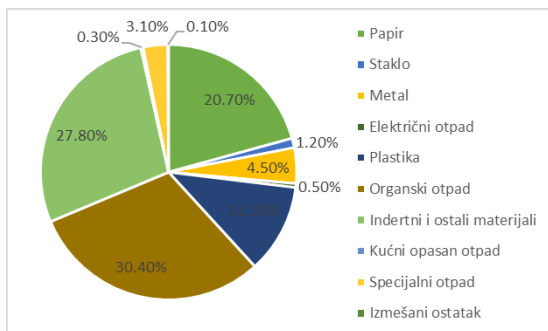
- Komunalnog otpada,
- komercijalnog otpada,
- otpada koji je do postrojenja (deponija ili transfer stanica) donet samostalno od strane trećih lica

Otpad je uzorkovan korišćenjem metodologije slučajnog uzorkovanja. Otpad je uzorkovan iz brojnih pod-grupa (postojali su različiti sektori, kao što su geografske regije ili izvori otpada), što je za cilj imalo utvrĐivanje karakteristika sastava otpada za svaku od grupa. Pod-grupe su tada „sabirane“ u skladu sa relativnim doprinosom svake grupe na ukupan tok otpada, čime se na kraju došlo do informacije o krajnjem sastavu otpada.

Projekta je bio podeljen u fazu planiranja i fazu sakupljanja podataka, i obe faze su se sastajale iz niza pod-faza.

Po pet postrojenja iz svakog od regiona su pristale da učestvuju u studiji, čime je dostignut ukupan broj od 25 postrojenja. U okviru studije vršena su četiri sezonska merenja. Krajnji rezultati prikazani su na slici dva.

<sup>1</sup>SIC – Standard Industrial Classification – grane industrijskog i komercijalnog sektora sistematizovane su i podeljene u grupe, gde je svakoj od grupa dodeljen poseban kod



Slika 2 – grafički prikaz sastava deponovanog komercijalnog otpada

### 3.4 Procedure za karakterizaciju otpada po EPA-i

U dokumentu koji je EPA izdala u toku 1996. godine, navode se koraci u proceduri koji objašnjavaju korektan način postupanja, kojim bi se došlo do relevantnih podataka o karakteristikama komercijalnog otpada. Komercijalni otpad je u ovom slučaju definisan kao otpad iz komercijalnih subjekata koje se u celosti ili svojim većim delom koristi u svrhu trgovine ili biznisa, ili u svrhu rekreacije, sporta, obrazovanja ili rekreacije, a ne uključuje komunalni, poljoprivredni ili industrijski otpad. Dokument za razliku od do sada objašnjenih metodologija propisuje i tehničke potrebne stvari za obavljanje radova. Subjekti su u ovoj metodologiji podeljeni na:

- Trgovina na malo (prodavnice, supermarketi i slično),
- Trgovina na veliko (distributeri, dobavljači robe do maloprodajnih mesta),
- Ne trgovinske radnje (uslužne radnje, hoteli, restorani, kancelarijski prostori i slično) i
- Obrazovanje (škole, univerziteti i slično)

U nastavku su predstavljeni detalji vezani za dobijanje optimalne veličine uzorka, kao i detalji vezani za proces sortiranja.

## 4. DEFINISANJE METODOLOGIJE ZA ANALIZU KOLIČINE I SASTAVA KOMERCIJALNOG OTPADA U OPŠTINAMA U SRBIJI

### 4.1 Podela generatora komercijalnog otpada

Radi bolje organizacije, kvalitetnijeg prikaza podataka i sveobuhvatnijeg pristupa, komercijalni subjekti su podeljeni u sledeće grupe (i podgrupe):

1. Komercijalni subjekti (kompanije, firme, trgovinske radnje i sl.),
  - a. Male firme (broj radnika od 10 do 50),
  - b. Srednje firme (broj radnika od 50 do 250),
  - c. Velike firme (broj radnika veći od 250)
2. Obrazovne ustanove (predškolske ustanove, osnovne i srednje škole),
3. Restorani i ostali uslužni objekti (restorani, hoteli),
4. Javne institucije (sudovi, policijske stanice, zgrade opštine i sl.).

### 4.2 Obim studije – broj odabranih komercijalnih subjekata

Bez obzira na željeni nivo detaljnosti, iz svake od navedenih grupa trebalo bi uzeti uzorke iz bar dva komercijalna subjekta, radi usrednjavanja vrednosti. Pored ovoga, potrebno je odabrati komercijalne subjekte na taj način da ne pripadaju istoj grupi poslova (izbegavati dve trgovinske radnje u grupi malih firmi i sl.).

Veći broj uzoraka iz iste grupe (ili podgrupe) dovodi do veće tačnosti, sveobuhvatnosti i generalno je reprezentativniji, ali se mora voditi računa o vremenu potrebnom za sortiranje većeg broja uzorka, ali i ekonomskoj opravdanosti previše detaljnih studija.

### 4.3 Odabir komercijalnih subjekata i veličina uzorka

Nakon definisanja obima studije za svaku od posmatranih opština, potrebno je izabrati komercijalne subjekte iz svake od grupa. Pri odabiru voditi računa da se komercijalni subjekti biraju tako da poslovi kojima se zaposleni bave u okviru komercijalnih subjekata budu raznovrsni, i da najbolje prikazuju opštu sliku u određenoj grupi (ili podgrupi).

Pri donošenju uzorka iz svih komercijalnih subjekata bitno je zabeležiti dan prethodnog odnošenja otpada sa lokacije, da bi se ustanovio vremenski period u kojem je otpad generisan.

Mali uzorci (uzorci do 150-200 kg) ne zadaju poteškoće pošto je tokom sortiranja moguće izmeriti ukupnu težinu čitavog uzorka. Velike uzorke (najčešće uzorci iz velikih preduzeća) nije moguće ni meriti nakon ručnog sortiranja ni sortirati u celosti. Merenje ukupne mase ovih uzoraka obavlja se na kolskim vagama, uz obavezno beleženje vremenskog perioda u kojem je otpad generisan. Sortiranje se, sa druge strane, vrši nakon smanjenja veličine uzorka, četvrtanjem primarno donesenog uzorka

### 4.4 Lokacija za sortiranje uzoraka i potrebni uslovi

Lokacija na kojoj bi se vršilo sortiranje uzoraka bi trebala da bude natkriveni betonirani plato, dovoljno velikih dimenzija da mogu da stanu uzorci koje je potrebno sortirati. Za samo sortiranje potrebno je obezbediti dovoljan broj kanti, kako bi se težina svake od frakcija mogla nesmetano meriti. Za radnike je potrebno obezbediti zaštitnu opremu (odela, rukavice, čizme, maske).

### 4.5 Sortiranje

Sušara u kojoj se sušio otpad je jednostepena. Temperatura sušenja je definisana na samom početku ispitivanja, i do kraja eksperimenta nije menjana – otpad se sušio na temperaturi 77°C. Vreme sušenja je variralo, ali je otpad uvek sušen do trenutka kada je došlo do prestanka promene (smanjenja) mase u sušari.

### 4.6 Odabir i prikaz rezultata

Nakon obavljenog sortiranja, potrebno je obraditi podatke kako bi na kraju prikazali sastav otpada za svaki komercijalni subjekt posebno, zatim za svaku od grupa posebno, na taj način da su podaci predstavljeni u kg/radniku/danu.

#### 4.7 Potencijalne poteškoće

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti u sledećim slučajevima:

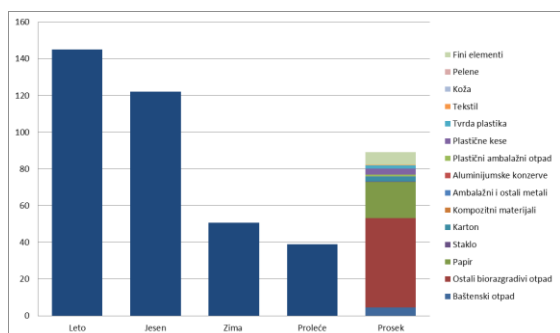
- Nepoznat broj radnika
- Zatvaranje ili otvaranje komercijalnih subjekata
- Promena komercijalnih subjekata
- Vreme čekanja
- Neograđenost kontejnera u okviru kruga komercijalnih subjekata – mešanje sa komunalnim otpadom
- Donošenje uzoraka u velikim kontejnerima
- Nemogućnost obavljanja radova

Posebnim pristupom moguće je rešiti sve navedene probleme

#### 5. PRIMENA METODOLOGIJE NA PRIMERU BELE CRKVE

Ovo poglavlje ima za zadatak da da osnovne informacije vezane za Belu Crkvu, kao jednu od opština koje su bile uključene u projekat utvrđivanja količine i sastava komercijalnog otpada primenom predstavljene metodologije.

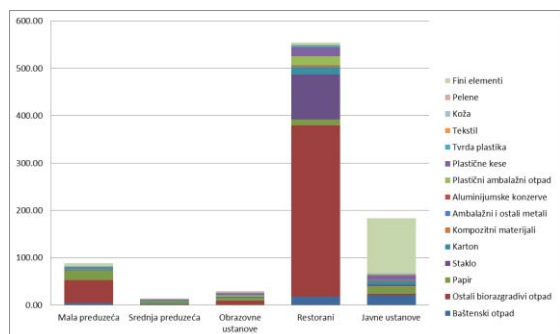
Prethodno prikazana podela komercijalnih subjekata pokazuje grupe u koje su subjekti grupisani. U nastavku je prikazan primer samo jedne od grupa komercijalnih subjekata – male firme (slika 3).



Slika 3 – godišnji pregled količina i morfološkog sastava otpada u malim firmama u Beloj Crkvi

Slika prikazuje količine komercijalnog otpada u navedenom sektoru u četiri sezonska merenja, dok je na kraju dat pregled prosečnog morfološkog sastava otpada. Isti pristup bio je primenjivan za svaku od grupa komercijalni subjekata.

Na kraju je dato poređenje grupa komercijalnih subjekata (slika 4).



Slika 4 – Poređenje količina i morfološkog sastava otpada u različitim grupama komercijalnih subjekata

#### 6. ZAKLJUČAK

Primenom metodologije za određivanje količine i sastava komercijalnog otpada u Srbiji na četiri puta tokom jedne godine došlo se do prvih podataka ovog tipa na teritoriji Srbije. Kako bi proces iskorišćenja sekundarnih materijala koji bi dolazili iz komercijalnog sektora bio što efikasniji, potrebno je obezbediti sledeće uslove:

- Detaljniji uvid u sve komercijalne subjekte na nivou države, kao i na lokalnom nivou.
- Ograđenost fabričkih krugova, i odvojenost kontejnera za sakupljanje komercijalnog otpada od izvora komunalnog otpada (stanovništva).
- Postojanje većeg broja kontejnera u okviru fabričkog kruga, kako bi se u svaki od kontejnera mogli sakupljati posebni tokovi (posebne frakcije). Ovim bi se sačuvao kvalitet i „čistoća“ sekundarnih sirovina koje potiču iz ovog sektora. Izvesni problemi vezani za sakupljanje i transport sekundarnih sirovina mogli bi se prevazići formiranjem formulara za prikupljanje podataka o tipovima i okvirnim količinama komercijalnog otpada, koji bi bio podeljen komercijalnim subjektima.

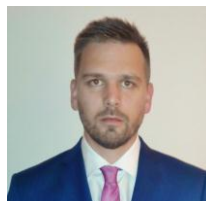
#### 7. LITERATURA

- [1] Department of Environment, Climate Change and Water NSW. 2010. Disposal based survey of commercial and industrial waste stream in Sydney
- [2] EPA. 2015. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2013
- [3] TRI Environmental Consulting Inc. 2012. Metro Vancouver 2011 Solid Waste Composition Monitoring
- [4] Vujić G, Ubavin D, Stanisavljević N, Batinić B. 2012. Upravljanje čvrstim otpadom u zemljama u razvoju. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija.

#### KRATKA BIOGRAFIJA



**Nemanja Rusić**, rođen u Kninu, završio je srednju elektrotehničku školu u Šapcu. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka u Novom sadu, smer inženjerstvo zaštite životne sredine.



**Bojan Batinić** doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2015. god., i izabran je u zvanje Docenta. Oblast naučnog istraživanja je zaštita životne sredine, sa fokusom na upravljanje otpadom

**POREĐENJE STAJNJAKA I OSTATKA FERMENTACIJE SA STANOVIŠTA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU****COMPARISON OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF MANURE AND DIGESTATE APPLICATIONS**Teodora Bulatović, Milan Martinov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratak sadržaj** - U istraživanju je upoređena primena stajnjaka i ostatka fermentacije sa stanovišta uticaja na životnu sredinu. Primena stajnjaka može imati različite efekte na poljoprivredno zemljište, atmosferu, podzemne i površinske vode pogotovo je značajna emisija metana, gasa sa efektom staklene bašte. Anaerobnom fermentacijom sprečavaju se emisije CH<sub>4</sub>, širenje neprijatnih mirisa, zagađenje podzemnih voda. Ostatak fermentacije je korisno hranivo za poljoprivredno zemljište koje može da zameni stajnjak.

**Abstract** - This study compared environmental impacts of manure and digestate applications. Application of organic fertilizers can have various effects on the environment, especially in case of improper management. Anaerobic digestion prevents the emission of CH<sub>4</sub>, odors, soil and water pollutions. Digestate is an organic fertilizer which can replace raw manure.

**Ključne reči:** stajnjak, ostatak fermentacije, životna sredina, metan

**1. UVOD**

Pored najznačajnije uloge proizvodnje hrane, poljoprivreda može prouzrokovati negativne uticaje na zemljište i vodene resurse koji su osnov poljoprivredne proizvodnje. Prema podacima iz Nacionalne liste indikatora za vazduh i klimatske promene, sektor poljoprivrede emituje petinu gasova od ukupne emisije GHG [1].

Najveći procenat emisije GHG (*Greenhouse Gases*) zauzimaju metan i azotsuboksid oslobođeni biohemijskim procesima u poljoprivredi. Proizvodni sistem u stočarstvu razlikuje se od države do države, a ponekad i od regije do regije u zavisnosti od svojstva predela, klime i gajene biljne vrste [2].

Prema istraživanjima isplativo je instalirati postrojenje za biogas na većim gazdinstvima, gde se gaji veliki broj uslovnih grla (govedo mase 500 kg). Međutim, mali procenat ukupnog broja stoke u Srbiji nalazi se na većim gazdinstvima (7 % goveda, 18 % svinja, 1 % ovaca i 27 % peradi) [3]. Količina proizvedenog stajnjaka u Srbiji na dnevnom nivou nije mala. Samo u govedarstvu to je oko 45.000 t dnevno [4].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Martinov, profesor**

Cilj rada jeste da se uporedi primena i uticaj stajnjaka i ostatka fermentacije, koji se primenjuju za melioraciju zemljišta, na životnu sredinu. Zadaci rada su:

- Da se sagleda sadašnje stanje primene i postupaka raspodele, te analiziraju propisi u zemlji i inostranstvu.
- Da se sagledaju i kvantifikuju uticaji na životnu sredinu, a pre svega sa stanovišta očuvanja plodnosti zemljišta i emitovanje gasova s efektom staklene bašte ova dva organska materijala.
- Da se sagledaju mogućnosti unapređenja postupaka raspodele sa stanovišta uticaja na životnu sredinu, sa posebnim akcentom na zagađenje podzemnih voda i očuvanja plodnosti zemljišta.

Negativni uticaj zagađenja stajnjakom klasifikovani su u tri grupe [5]:

1. *zagađenje zemljišta* primenom ekstremno visokih stopa stajskih nutrijenata,
2. *zagađenje vode* uzrokovano oticanjem nakon primene i raskvašavanjem prekomerne doze nutrijenata, curenjem tečne faze skladištenog stajnjaka bez prisustva odgovarajuće hidrozolatorske podloge,
3. *zagađenje vazduha* uzrokovano unutar uzgojnog objekta i tokom primene na poljoprivredno zemljište u vidu neprijatnih mirisa i gasova nastalih dekompozicijom stajnjaka.

Anaerobna fermentacija obezbeđuje zatvoreni ciklus ugljenika i nutrijenata od proizvodnje sirovina do primene ostatka fermentacije na zemljište kao hranivo [6]. Primenom stajnjaka popravljaju se tekstura zemljišta, vodeni režim i povećava sadržaj organske materije i organskog ugljenika, humusa. Stajnjak je jedno od važnijih hraniva i meliorativnih sredstava pri podizanju dugogodišnjih zasada. Sadržaj nutrijenata u stajnjaku prikazani su u tabeli 1 [6].

Tabela 1. *Sadržaj suve materije, nutrijenata i pH vrednost u stajnjaku*

Tip stajnjaka	SM %	N kg/t	P kg/t	K kg/t	pH
Svinjski stajnjak	4,0	5,0	1,0	2,0	7,0
Goveđi stajnjak	6,0	5,0	0,8	3,5	6,5

SM – suva materija

Na osnovu načina dobijanja, sastava i tipa skladištenja razlikujemo: čvrsti stajnjak – mešavina ekskremenata i prostirke, u formi osušenih ili ocedjenih ekskremenata, sa kojim se postupa kao sa čvrstom materijom, tečni stajnjak (osoka) – mešavina ekskremenata i vode, transportuje se i skladišti kao tečnost, i otpadna voda – sakupljena voda od pranja uzgojnih objekata i opreme, izmuzišta. Sadrži mleko, dezinfekciona sredstva, stajnjak i dr. [2].

U poređanju sa sirovim stajnjakom ostatak fermentacije ima homogeniju strukturu, povoljni odnos C/N, bolju dostupnost nutrijenata, značajno smanjene neprijatne mirise [6]. Kvalitet ostatka fermentacije zavisi od sastava polaznog supstrata i procesa fermentacije u biogas postrojenju. Sadržaj nutrijenata u ostatku fermentacije prikazani su u tabeli 2 [6].

Tabela 2. Sadržaj nutrijenata, suve materije i pH vrednost ostatka fermentacije

	SM %	N kg/t	P kg/t	K kg/t	pH
Ostatak fermentacije	2,8	5,0	0,9	2,8	7,5

Odvajanje ostatka fermentacije na tečnu i čvrstu fazu često se primenjuje pužnim presama. Tečna faza se vraća u fermentor kako bi se ostvarila stabilnost i optimalna gustina supstrata. Sadržaj suve materije u čvrstoj fazi nije veći od 25 % [7].

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1 Materijali

U radu su razmatrani čvrsti i tečni stajnjak sa farmi koji su upoređeni sa ostatkom fermentacije koji je dobijen u biogas postrojenjima koja koriste čvrsti stajnjak i energetske bilje, pre svega, silažu kukuruza.

### 2.2 Metod

Metod rada se zasniva na prikupljanju podataka relevantne literature domaćih i stranih autora koji se bave problemima organskih hraniva i njihovim uticajima na životnu sredinu. Na osnovu tih podataka sprovedeno je poređenje uticaja na životnu sredinu čvrstog stajnjaka i ostatka fermentacije.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

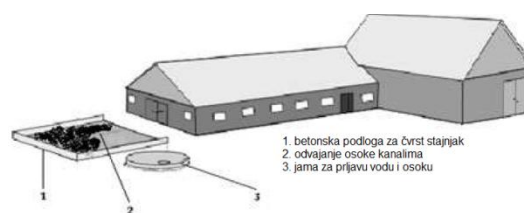
### 3.1 Pregled sadašnjeg stanja primene i raspodele stajnjaka i ostatka fermentacije

Republika Srbija kao potencionalna članica u obavezi je da uskladi svoje zakonodavstvo sa svim propisima Evropske unije u oblasti zaštite životne sredine. Prema Zakonu o sredstvima za ishranu bilja i oplemenjivačima zemljišta: „Sredstva za ishranu bilja primenjuju se u skladu sa dobrom poljoprivrednom praksom, u količini koja je u skladu sa plodnošću zemljišta i potrebama biljaka uzimajući u obzir klimatske uslove područja i uslove setve i sadnje“ [8]. Isti izvor objavljuje da se stajnjak i osoka ne upisuju u Registar sredstava za ishranu bilja i oplemenjivača zemljišta. Odredbe Zakona o

upravljanju otpadom se ne primenjuju na otpad životinjskog porekla, tj fekalne materije.

Sistem za upravljanje stajnjakom sastoji se iz šest koraka [9]: proizvodnja, prikupljanje, skladištenje, tretman, transport, eksploatacija. Svaki od navedenih koraka podjednako je važan jer utiče na sadržaj hranljivih materija u stajnjaku i jer se gubici nutrijenata javljaju u svim fazama upravljanja stajnjakom.

Čvrst stajnjak se obično skladišti na betonskim podlogama u natkrivenom ili otvorenom prostoru, sa obaveznom prikupljanjem i odlaganjem odvojene tečne faze, slika 1. Površina prostora za skladištenje po uslovnom grlu su od 2 do 3 m<sup>2</sup> [5].



Slika 1. Izgled staje u kojoj se stajnjak tretira u čvrstom stanju sa rezervoarom za osoku i podloga za odlaganje čvrstog stajnjaka

Tečni stajnjak se skladišti u rezervoare koji mogu biti od različitog materijala kao što su beton, čelik, plastika ili bazeni tipa laguna, otvorena jezera, delimično ukopana ili kompletno ispod ili iznad zemlje. Jedan od ključnih problema tečnog stajnjaka je niska koncentracija suve materije do 10 % [2]. Amonijak je isparljiv tokom čitavog perioda skladištenja, pogotovo kod tečnog stajnjaka. Neodgovarajuće skladištenje uzrokuje gubitke azota i do 30 %. Kako bi se smanjile emisije amonijaka, tečni stajnjak se puni u glavni skladišni rezervoar odozdo i pokriva se.

Uslovi koje treba da ispunjavaju raspodeljivači su sledeći: ravnomerna raspodela po celoj širini zahvata, maksimalno iskorišćenje nosivosti, veliki učinak i tačnost. Najčešći tipovi raspodeljivača čvrstog stajnjaka koji se primenjuju su sa noževima, sa nazubljenim lopatama i pužni sa noževima. Raspodeljivači sa dva diska značajno povećavaju radni učinak i zahvat. Čvrst stajnjak se raspodeljuje i unosi u zemljište takođe i korišćenjem opreme za obradu zemljišta.

Tečni stajnjak se unosi površinski ili se ubrizgava u zemljište preko cisterni ili creva. Najčešće se koristi sistem za površinsko rasturanje stajnjaka deflektorom za rasprskavanje koji za sobom povlači negativne posledice za životnu sredinu: neravnomerno rasprskavanje, veliki intenzitet neprijatnog mirisa i emisije amonijaka.

Ostatak fermentacije privremeno se skladišti u rezervoarima u periodu od najmanje šest meseci do vremena raspodele na poljoprivredno zemljište. Do rezervoara se transportuje preko cevovoda. Tipovi rezervoara su betonski sa mešalicama za homogenizaciju, izolovane lagune i skladišni džakovi sa obaveznom pokrivanjem. Gubici metana i nutrijenata prilikom

skladištenja i upotrebe su mogući. Do 20% biogasa od ukupne proizvodnje može se generisati u skladištima za ostatak fermentacije [6].

Količine koje treba primeniti su različite i zavise od pojedinih biljnih kultura i adekvatnih informacija na osnovu analize zemljišta koje poljoprivrednici dobijaju od strane savetodavnih službi uz poštovanje svih standarda. Tipične stope primene čvrstog stajnjaka u većini zemalja EU su 20 – 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, a za čvrsti stajnjak oko 40 t ha<sup>-1</sup> [2].

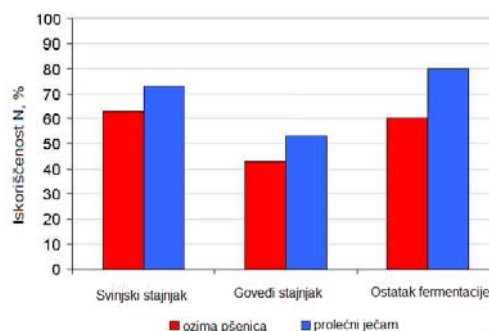
### 3.2 Pregled uticaja na životnu sredinu

Rezultat intenzivne poljoprivredne proizvodnje i velike potražnje za poljoprivrednim proizvodima ogleda se u narušavanju prirodne ravnoteže i ograničenim resursima. Sa nepravilnim skladištenjem, tretmanom i primenom prekomernih doza organskog hraniva, dolazi do emisija gasova staklene bašte, zagađanja površinskih i podzemnih voda i degradacije zemljišta do trajne neupotrebljivosti.

Ostatak organske fermentacije i stajnjak proizvode slične količine NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Primenom veće doze, pogotovo tečnog stajnjaka, respiraciona stopa zemljišta raste do maksimalne vrednosti oksidacije organske materije [5]. Dalja primena rezultira gomilanje organske materije u tlu, zapušavanje pora što ozbiljno može smanjiti rasprostiranje kiseonika, stvarajući anaerobni pojas u kojem se oslobađa CH<sub>4</sub>, nitrati se pretvaraju u N<sub>2</sub>O i N<sub>2</sub>, a sulfati u H<sub>2</sub>S [5]. Kretanje azota u obliku nitrata (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) po zemljišnim slojevima je definisano kao raskvašavanje. Ispiranje padavinama rastvorenih nitrata i drugih soli zavisi od tipa zemljišta i sposobnosti zemljišta da zadrži ili propusti vodu. Tečni stajnjak obično sadrži 50% organskog-N, koji nije odmah dostupan biljkama i 50% amonijačnog-N [5]. Denitrifikacija u zemljištu u anaerobnim uslovima moguća je putanja azotnih oksida (N<sub>2</sub>O i NO<sub>2</sub>) u atmosferu. Sa porastom kalcijuma u zemlji smanjuje se rastvorljivost fosfora. Superfosfat zajedno sa kalcijumom gradi dikalcijumfosfat i postaje biljkama nepristupačan jer je nerastvorljiv u vodi. Stvaranje ovog jedinjenja nije štetno.

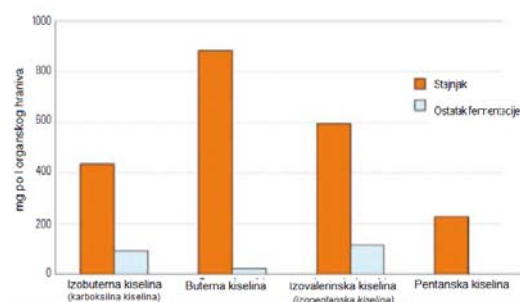
Ostatak fermentacije primenjen na zemljište stvara manji pritisak na životnu sredinu i pogodnije uslove za mikroorganizme. Istraživanja su pokazala da je potreba za kiseonikom u procesu BPK čak deset puta manja nego u slučaju netretiranog stajnjaka [6]. Tokom procesa anaerobne fermentacije količina teških metala se ne menja [6]. Teški metali su perzistentni i nisu biorazgradivi.

Povećani sadržaj NH<sub>4</sub>-N u ostatku fermentacije u poređenju sa netretiranim stajnjakom ne garantuje bolju efikasnost azota kao ni uštedu azotnih hraniva. Poljski ogledi ukazuju da primena iste količine ukupnog azota tečne frakcije ostatka fermentacije i netretiranog stajnjaka ima jednako dejstvo usvajanja N, dok saksijski ogledi ukazuju na bolju nadoknadu N kod ostatka fermentacije. Takođe u ogledima 2, ostatak fermentacije ukazuje na bolju iskorišćenost [6]. Očekivani procenat iskorišćenosti je veći kod ostatka fermentacije nego kod stajnjaka u periodu prolećne raspodele direktnim ubrizgavanjem hraniva u površinu zemlje.



Slika 2. Iskorišćenost azota, u poređenju sa OF i netretiranim stajnjakom

Tokom anaerobne fermentacije veliki deo ugljeničnih jedinjenja se transformiše u CH<sub>4</sub> i CO<sub>2</sub> koji čine biogas. Udeo ugljenika se smanjuje u ostatku, a povećava se udeo azota u obliku NH<sub>4</sub>-N. Povećana pH vrednost u ostatku fermentacije deluje na degradaciju isparljivih masnih kiselina što dovodi do smanjenja rasprostiranja neprijatnih mirisa, slika 3. Iskustvo je pokazalo da se AF može smanjiti do 80 % neprijatnog mirisa. Primena prikladne metode raspodele organskog hraniva takođe može doprineti smanjenju širenja neprijatnih mirisa.



Slika 3. Koncentracija isparljivih masnih kiselina u stajnjaku i ostatku fermentacije

### 3.3 Predlozi mogućnosti unapređenja za smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu

Redovna i regulativna analiza uzoraka hraniva i zemljišta je neophodna radi izbegavanja prekomernih doza. Najvažnija oprema poljoprivredne mehanizacije svakako su senzori, GPS i GIS sistemi koji uz pravilnu upotrebu poboljšavaju prinos i pružaju poljoprivredniku potpune informacije i parametre, smanjuju preklope susjednih prohoda, radno vreme, troškove obrade zemljišta, dok sa druge strane smanjuje negativan uticaj na životnu sredinu.

Zagađena voda organskim materijama i teškim metalima poreklom iz poljoprivrede ima veliki higijenski značaj na njen kvalitet. Sadržaj nitrata iznad dozvoljenih granica je štetan za ljudsko zdravlje. Pijaća voda koja sadrži 10 mg/l nitrata može da izazove poremećaj krvi kod beba mlađih od šest meseci [2]. Veliki uticaj na količinu nitrata koji dostižu u podzemne vode ima tip zemljišta [2]. Nitrati se mogu cediti kroz drenirana peskovita i šljunkovita zemljišta.

Za ublažavanje rasutih zagađenja postoje različite mere remedijacije poput tampon zona ili vegetacione trake (pufer trake), melioracijski rovovi i rovovi za



odvodnjavanje. Vegetacione trake pored zaštite podzemnih i površinskih voda, štite kultivisane oblasti od erozije vetra, sprečavaju buku, prašinu, mirise i proizvode biomasu [9].

Tehnološki sistemi prerade organskih hraniva mogu biti: anaerobna fermentacija stajnjaka sa proizvodnjom biogasa, aeracija, separacija hraniva, dodavanjem slame u stajnjak, stalni hemijski tretman i dr.

Anaerobni tretman stajnjaka: Poljoprivredna biogas postrojenja su deo moderne poljoprivredne aktivnosti koja imaju socijalno-ekonomske i ekološke prednosti. Anaerobna fermentacija u kontrolisanim uslovima predstavlja održivu tehnologiju za redukciju stope globalnog zagrevanja i klimatskih promena. Ostatak fermentacije korišćen kao hranivo predstavlja minimalni rizik od širenja patogena, virusa, bakterija, bolesti, korova i ostalih neželjenih materija [6]. Anaerobna fermentacija ima sanitarni efekat pri čemu onesposobljava većinu patogena.

#### 4. ZAKLJUČCI

Adekvatan tretman stajnjakom često nije dovoljan kao rešenje štetnog uticaja na životnu sredinu. Usvajanjem dobre poljoprivredne prakse, pravilnim upravljanjem organskim hranivom, poboljšanom ishranom životinja, smanjenjem broja grla stoke i drugim merama značajno se smanjuje rizik od nepoželjnih uticaja emisije amonijaka, gasova sa efektom staklene bašte, ispuštanja nutrijenata u vode i degradacije zemljišta.

Takođe se doprinosi smanjenju potrošnje mineralnog hraniva, popravljaju svojstva i plodnost zemljišta, a samim tim dolazi do uštede finansijskih sredstava.

Nekontrolisana primena stajnjaka na poljoprivrednim zemljištima ima potencijalni rizik od širenja korova, što indirektno utiče na potrebu korišćenja pesticida i herbicida, dok je primenom ostatka fermentacije suprotno. Preradom stajnjaka, u biogas postrojenjima, gotovo se u potpunosti uklanja emisija metana, smanjuje se količina nepoželjnih jedinjenja i širenje neprijatnih mirisa, a kao negativan ishod je smanjena količina organske materije i organskog ugljenika. Vraćanjem ostatka fermentacije na poljoprivredno zemljište zatvara se ciklus nutrijenata i organske materije.

Opšte je poznato da se puno energije troši za proizvodnju mineralnog hraniva, a upotreba ostatka fermentacije doprinosi smanjenju utrošene energije. Ostatak fermentacije ima visoku pH vrednost i sadržaj  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$ . Zbog toga ima veći potencijal oslobađanja emisije  $\text{N}_2\text{O}$  i amonijaka u atmosferu u odnosu na stajnjak. Poznavanje raspoložive količine hraniva u zemljištu i potrebe gajenih kultura omogućuje dobru procenu doze hraniva.

Primenom metode analize sastava zemljišta značajno se može smanjiti količina unosa organskog hraniva, bez uticaja na visinu prinosa.

#### 5. LITERATURA

- [1] Anonim. 2009. *Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. Official Journal of the European Union.
- [2] Burton C.H, Turner C, 2003. *Manure Management: Treatment strategies for sustainable agriculture*. Silsoe Research Institute, Bedford, United Kingdom.
- [3] Carić M, Soleša D. 2014. *Biomasa kao obnovljiv izvor energije i tehnologija za proizvodnju biogasa – priručnik za petodnevni kurs*.
- [4] Radivojević D. 2012. *Poljoprivreda u Republici Srbiji: popis poljoprivrede 2012. Poljoprivredna mehanizacija, oprema i objekti*, Beograd.
- [5] Zoranović M, Potkonjak V. 2008. *Ekološki tretman stajnjakom, Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 12(1-2): 22-26.
- [6] Al Seadi Teodorita, Rutz D, Prassl H, Köttner M, Finsterwalder T, Volk S, Janssen R. 2008. *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark, Esbjerg.
- [7] Martinov M, Đatkov Đ, Krstić J, Risić M, Golub M, Višković M, Šučov J, Mesaroš Ljubica. 2012. *Biogas Postrojenje – Uputstvo za izradu prethodnih studija opravdanosti sa primerom za jedno biogas postrojenje*, Novi Sad.
- [8] Anonim. 2009. *Zakon o sredstvima za ishranu bilja i oplemenjivačima zemljišta; Pravilnik o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja, odstupanjima sadržaja hranljivih materija i minimalnim i maksimalnim vrednostima sadržaja hranljivih materija, kao i o sadržini deklaracije i načinu obeležavanja sredstava za ishranu bilja*. Sl. glasnik RS 41/09.
- [9] Zhang H, Schroder J. 2014. *Animal Manure Production and Utilization in the US*. In *Applied Manure and Nutrient Chemistry for sustainable Agriculture and Environment*, ed. Zhongqi H, Zhang H, ch. 1, 12-385. Springer, USA.

#### Kratka biografija



**Teodora Bulatović** Rođena u Somboru, 30.10.1991. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine, odbranila je 2016.god.



**Prof. dr. Milan Martinov** je rođen 1951. Uža naučna oblast inženjerstvo biosistema. U aktivnostima posebno fokusira obnovljive izvore energije i održivi razvoj poljoprivrede i ruralnih oblasti.

**PRIMENA KOMERCIJALNIH I ALTERNATIVNIH ADSORBENATA ZA REDUKCIJU ORGANSKOG I NEORGANSKOG OPTEREĆENJA PROCEDNE VODE DEPONIJE****APPLICATION OF COMMERCIAL AND ALTERNATIVE ADSORBENTS FOR THE REDUCTION OF ORGANIC AND INORGANIC LOAD IN LANDFILL LEACHATE**

Daniela Damjanovski, Sabolč Pap, Maja Turk Sekulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratak sadržaj** - Cilj istraživanja bio je utvrđivanje efikasnosti separacije određene grupe polutanata iz deponijskih procednih voda, nakon njihove sekundarne obrade, primenom predstavnika komercijalnih i alternativnih adsorbenata. Adsorbenti koji su ispitani u okviru eksperimenta jesu aktivni ugalj Hydrodarco C kao i alternativni ("low-cost") adsorbent dobijen termohe-mijskom konverzijom koštica kajsije. Parametri koji su praćeni kako bi se utvrdila efikasnost redukcije kontaminacije procednih voda adsorpcijom bili su: boja vode, hemijska potrošnja kiseonika, konduktivnost rastvora kao i sadržaj jona natrijuma i kadmijuma. Na osnovu dobijenih rezultata, procenjen je stepen efikasnosti primene ispitivanih adsorbenata za proces adsorpcije polutanata iz deponijskih procednih voda.

**Abstract** - The aim of this research was to determine the efficiency of separation of certain groups of pollutants from landfill leachate, after their secondary processing, applying the representatives of commercial and alternative adsorbents. Adsorbents that were used in the experiment are the active carbon - Hydrodarco C and the alternative ("low-cost") adsorbent obtained by thermochemical conversion of apricot pitted. Parameters that are monitored to determine the effectiveness of the reduction of contamination in landfill leachate by adsorption were: water color, chemical oxygen demand, conductivity of the solution and the content of sodium and cadmium ions. Based on the results, the degree of efficiency of the application testing adsorbents is estimated for adsorption of pollutants from the landfill leachate.

**Key words:** Wastewater, tertiary treatment, landfill leachate, adsorption, "low-cost" adsorbents.

**1. UVOD**

Današnja ljudska populacija susreće se sa brojnim problemima koji su izazvani antropogenim aktivnostima i ogledaju se u različitim oblicima zagađivanja medijuma životne sredine. Značajan problem predstavlja nastanak sve veće količine otpadnih materija i njihovo nesanitarno odlaganje. Potrošnja vode je izraženija, a to povlači sa sobom nastanak velikih količina otpadnih voda različitog porekla.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Maja Turk Sekulić, van. prof.

Deponijski filtrat se smatra otpadnom vodom najvećeg stepena kontaminacije. Razvijeni su mnogobrojni načini prečišćavanja otpadnih voda koji imaju za cilj uklanjanje organskih materija i industrijskih hemikalija, bez opasnosti po ljudsko zdravlje i zagađanje životne sredine [1]. Najveći broj istraživanja posvećen je razvoju metoda u okviru tercijarne obrade voda.

U ovom domenu nalaze se selektivni sorpcioni procesi zasnovani na efikasnim ekonomski isplativim i ekološki prihvatljivim nosintetizovanim materijalima za redukciju opterećenja deponijskih filtratnih voda.

**2. OTPADNE VODE**

Pod otpadnim vodama podrazumevaju se sve vode koje su tokom upotrebe na bilo koji način zagađene. Poreklo upotrebljenih voda može biti različito. Najšira podela svih upotrebljenih voda je na komunalne, industrijske i atmosferske upotrebljene vode. Sve otpadne vode karakterišu se fizički, hemijski i biološki.

**2.1 Deponijske procedne vode**

Proces nastanka deponijskih voda, paralelno sa dekompozicijom materijala na deponijama, odvija se u nekoliko stupnjeva.

U početnom stadijumu, procedne vode nastaju aerobnom dekompozicijom otpada i ovu fazu karakteriše potrošnja kiseonika za oksidacionu hidrolizu ugljenih hidrata, proteina i lipida iz organskog otpada. Nakon početnog stupnja, nastupaju anaerobni uslovi u telu deponije, srazmerno činjenici da je istrošen sav kiseonik u prethodnom stupnju formiranja filtrata.

Naredni stupanj se odlikuje povećavanjem emisije metana i intenzivnim stvaranjem kiselina unutar tela deponije, odnosno stvara se "metanska faza" koja se uspostavlja nakon nekoliko meseci ili godina. U krajnjem stupnju formiranja filtrata, odnosno pri kraju procesa biodegradacije otpada, ponovo se mogu uspostaviti aerobni uslovi unutar tela deponije dok deponijski filtrat postaje u manjoj meri štetan i opasan po površinske i podzemne vode.

**3. POSTUPCI ZA OBRADU OTPADNIH VODA**

Prečišćavanje otpadne vode zahteva niz operacija i postupaka kojima se vrši smanjenje zagađujućih materija u vodama do koncentracija u kojima ne predstavljaju opasnost po žive organizme i ne uzrokuju neželjene promene u životnoj sredini nakon njihovog ispuštanja. U toku prethodne obrade, vrši se izdvajanje materijala koji

bi mogao da naruši efikasno funkcionisanje uređaja koji se koriste u daljem procesu obrade upotrebljenih voda. U postrojenjima za prečišćavanje voda koristi se primarni tretman, kojim se postiže uklanjanje suspendovanih čestica.

Sekundarno prečišćavanje obuhvata postupke uklanjanja koloidno dispergovanog i rastvorenog biološki razgradljivog organskog zagađenja. Tercijarni tretman se primenjuje za uklanjanje nutrijenata - azota i fosfora koji nisu uklonjeni sekundarnim tretmanom. Ponekad je potrebno, nakon tercijarnog tretmana voda, izvršiti finalno prečišćavanje u vidu dezinfekcije.

#### 4. PROCES ADSORPCIJE

Adsorpcija je difuzioni proces koji se široko koristi u praksi za uklanjanje supstanci iz fluidne faze u okviru tercijarnog tretmana otpadnih voda. Takođe se može posmatrati i kao prirodni proces u različitim medijumima životne sredine.

Opšta definicija adsorpcije opisuje ovaj proces kao koncentrisanje hemijske supstance iz fluidne faze na površini tečnosti ili čvrste supstance [2]. U procesu adsorpcije, supstanca koja se adsorbuje naziva se **adsorbat**, dok se supstanca na čijoj se površini proces adsorpcije odigrava, naziva **adsorbent**. Suprotna operacija, kojom se jedna ili više komponenata sa površine adsorbenta prevodi u gasnu ili tečnu fazu, naziva se **desorpcija**.

##### 4.1 Adsorbenti

U procesima adsorpcije koriste se adsorbenti koji imaju veliku specifičnu površinu na kojoj se odvija sama adsorpcija polutanata. Obično su to materijali koji se mogu naći u prirodi iz koje vode svoje poreklo ili su to materijali koji su nastali kao rezultat proizvodnih procesa. Tipični prirodni materijali koji se koriste kao adsorbenti jesu gline, prirodni zeoliti, oksidi ili biopolimeri. Komercijalni adsorbenti se klasifikuju kao ugljenični, polimerni, oksidni i zeolitno molekularni. Aktivni ugalj se najviše primenjuje kao adsorbent u tretmanu otpadnih voda [2].

#### 5. EKSPERIMENTALNI DEO

Eksperimentalni deo master rada bio je fokusiran na utvrđivanje efikasnosti komercijalnih i alternativnih adsorbenata za adsorpciju organskih polutanata i jona natrijuma i kadmijuma iz procednih voda deponije. Za potrebe određivanja efikasnosti adsorpcije polutanata korišćen je realan uzorak deponijskog filtrata nakon sekundarnog tretmana.

Adsorbenti analizirani u eksperimentu bili su aktivni ugalj Hydrodarco C (komercijalni) i aktivni ugalj dobijen od koštice kajsije (alternativni). Cilj istraživanja bio je utvrđivanje stepena efikasnosti separacije i prednosti alternativnog "low-cost" adsorbenta nad komercijalnim. Sistem koji je korišćen za procenu efikasnosti bio je deponijski filtrat nakon sekundarne obrade kontaminiran različitim vrstama zaostalog organskog i neorganskog opterećenja.

Procesni parametri koji su varirani prilikom ispitivanja adsorpcije bili su: kontaktno vreme i masa adsorbenta.

Čitav eksperiment realizovan je u izotermnim uslovima. Stepenn redukcion kontaminacione praćen je kroz promenu sledećih parametara:

- Boja, odnosno sadržaj organske materije;
- HPK;
- Konduktivnost;
- Joni natrijuma i
- Joni kadmijuma.

#### 5.1 Materijal i metod

##### Priprema uzoraka

Postupak ispitivanja efikasnosti navedenih adsorbenata za proces adsorpcije polutanata iz procednih voda deponije realizovao se na potpuno isti način kako za komercijalni aktivni ugalj (Hydrodarco C), tako i za alternativni adsorbent – koštice kajsije. Eksperiment se postavljao pripremom sistema adsorbent – adsorbat u 7 različitih staklenih erlenmajera, gde se u svaki dodavalo po 100 ml realnog uzorka procedne vode i različite količine adsorbenta. Precizno odmerene različite mase aktivnog uglja (Hydrodarco C) prikazane su u Tabeli 1.

Variranje mase realizovano je u cilju procene optimalne količine adsorbenta kojim se postiže maksimalan efekat separacione polutanata iz deponijske procedne vode. Priprema sistema adsorbent-adsorbat kod alternativnog adsorbenta sprovedena je na isti način, sa razlikom što je neposredno pre formiranja sistema bilo neophodno koštice kajsije granulisanog oblika sa prečnikom granula od 2-3 mm, prevesti u prah.

Nakon pripreme sistema adsorbat-adsorbent, dobijena suspenzija se homogenizovala uz pomoć mešalice koja je podešena na vreme od 60 minuta i brzinu mešanja uzorka od 140 rpm (obrta u minuti).

Sledeći korak u eksperimentu sastojao se od filtriranja uzoraka pomoću levka i filter hartije. U dobijenom filtratu kvantifikovane su, odgovarajućom analitičkom metodom, rezidualne koncentracije parametara zagađenja koji se prate (boja, HPK, Na<sup>+</sup> i Cd<sup>2+</sup>)

Tabela 1. Mase dodatog aktivnog uglja Hydrodarco C po erlenmajerima

Redni br.	Masa adsorbenta [g]
I erlenmajer	0,1
II erlenmajer	0,5
III erlenmajer	1
IV erlenmajer	1,5
V erlenmajer	2
VI erlenmajer	2,5
VII erlenmajer	3

##### Postupak određivanja parametara kvaliteta otpadne procedne vode

Parametri kvaliteta otpadne procedne vode koji su praćeni u eksperimentalnom delu rada kvantifikovani su različitim analitičkim metodama (UV-VIS spektrofotometar, atomski apsorpcioni spektrofotometar).

Boja otpadne vode i hemijska potrošnja kiseonika rezultat su prisustva organskih materija u vodi. Ovi parametri u okviru eksperimenta ispitivani su pomoću uređaja UV-VIS spektrofotometra.

Merenje koncentracije organskih materija koje utiču na obojenost vode podrazumeva pripremu 10 ml destilovane vode (slepi uzorak) u kiveti koja predstavlja standardni rastvor. Nakon toga zapremina od 10 ml prethodno filtriranih uzoraka pipetira se u laboratorijske kivete i iste se postavljaju u UV-VIS spektrofotometar. Sadržaj organskih materija, odnosno obojenost vode, dobija se poređenjem ispitivanih uzoraka sa slepim uzorkom.

Za određivanje vrednosti HPK predviđene su različite metode, a u okviru istraživanja korišćena je LCK-114 proizvođačka metoda koja sadrži bočice sa unapred pripremljenim reagensom. Uz pomoć pipete odmerava se 2 ml uzorka nakon adsorpcije na aktivnom uglju i ista se pipetira u LCK-114 bocu. Nakon mešanja rastvora iz boce i pipetiranog ispitivanog uzorka oslobađa se toplota. Unutar bočice obrazuje se žuta boja čiji intenzitet zavisi od koncentracije organskih materija. Pre ubacivanja bočica u spektrofotometar, neophodno je prethodno digestiranje uzoraka u trajanju od 120 minuta na temperaturi od 148°C. Nakon 2h, uzorci se hlade do sobne temperature nakon čega se ubacuju u UV-VIS spektrofotometar.

U okviru eksperimenta za merenje elektroprovodljivosti (konduktivnosti) korišćen je uređaj Multi 340i. Na uređaj se priključuje elektroda za merenje konduktivnosti koja se zatim uranja u prvi erlenmajer. Nakon određenog vremena, na displeju se pojavljuje stabilna, izmerena vrednost. Nakon merenja elektroprovodljivosti, elektroda se pere, a postupak se ponavlja za sve naredne erlenmajere.

Joni natrijuma i kadmijuma određuju se iz uzoraka procedne vode uz pomoć atomskog apsorpcionog spektrofotometra. Laboratorija poseduje aparat kod kojega se atomizacija vrši pomoću plamena. Postupak određivanja  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cd}^{2+}$  podrazumeva uranjanje cevčice malog prečnika u erlenmajere. Cevčicom se usisava uzorak koji se nakon toga raspršuje u plamenu koji podstiče ekscitaciju odnosno pobuđivanje molekula i jona čija se koncentracija u uzorku očitava na računaru.

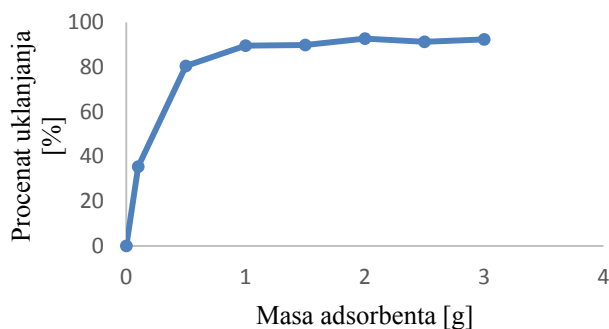
## 5.2 Rezultati i diskusija

### *Adsorpcija polutanata na aktivnom uglju Hydrodarco C*

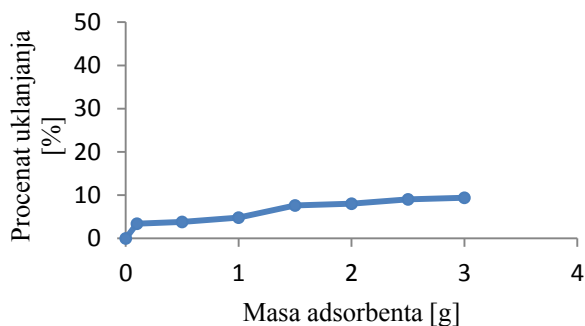
Na Grafiku 1 prikazano je uklanjanje materija koje utiču na boju vode, odnosno organskih polutanata iz uzorka deponijske procedne vode primenom aktivnog uglja Hydrodarco C. Može se primetiti da primena aktivnog uglja Hydrodarco C ima visoku efikasnost pri uklanjanju organskih polutanata. Postignuta efikasnost uslovljena je velikom specifičnom površinom ispitivanog adsorbenta. Sa Grafika 1 se vidi da procenat uklanjanja organskih materija zavisi od mase dodatog adsorbenta i može se zaključiti da se već pri blagom povećavanju mase ispitivanog adsorbenta postiže značajno uklanjanje organskih polutanata i do 90%.

Pored pomenutih prednosti u uklanjanju organskog opterećenja u uzorcima otpadne procedne vode, aktivni

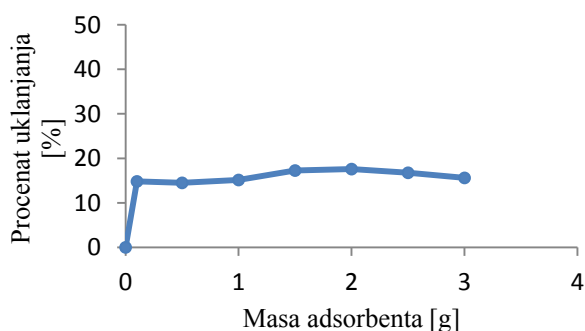
ugalj Hydrodarco C ima i određene nedostatke koji se ogledaju u izrazito slabom procentu uklanjanja natrijumovih i kadmijumovih jona. Na Grafiku 2 predstavljen je stepen uklanjanja jona kadmijuma iz deponijskih voda. U odnosu na visok stepen uklanjanja organskog zagađenja, aktivni ugalj Hydrodarco C kao adsorbent nije efikasan u procesu separacije jona  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cd}^{2+}$ . Efikasnost uklanjanja natrijumovih jona (Grafik 3) ispitivanim adsorbentom iznosi 15-20%, dok je efikasnost uklanjanja kadmijumovih jona još niža i iznosi svega od 3-10%.



Grafik 1. Promena boje uzorka otpadne procedne vode nastala korišćenjem aktivnog uglja Hydrodarco C



Grafik 2. Procenat uklanjanja jona kadmijuma iz procedne vode korišćenjem aktivnog uglja Hydrodarco C



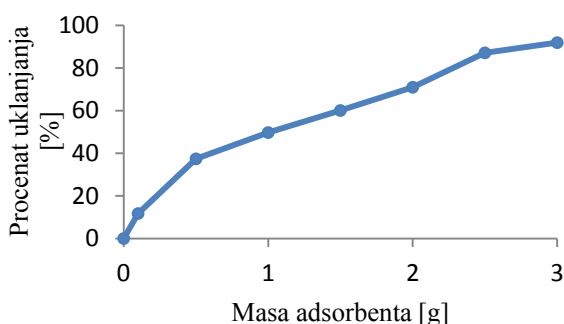
Grafik 3. Procenat uklanjanja jona natrijuma iz procedne vode korišćenjem aktivnog uglja Hydrodarco C

### *Adsorpcija polutanata na alternativnom adsorbentu-košticama kajsije*

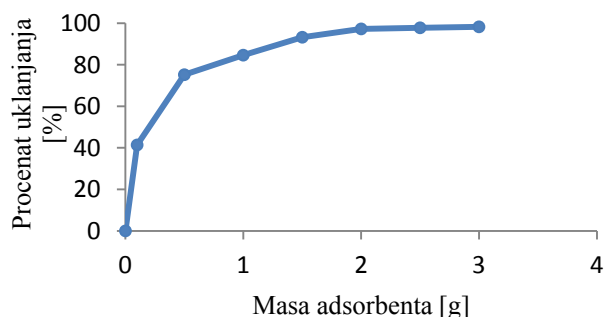
Na Grafiku 4 predstavljena je promena boje uzorka otpadne vode koja je nastala korišćenjem alternativnog adsorbenta. Sa Grafika 4 se može zaključiti da ugalj dobijen termohemijskom konverzijom koštica kajsije ima prilično visok stepen efikasnosti redukcije organskog opterećenja iz procedne vode deponije. Stepenu uklanjanja

boje primenom koštica kajsije iznosi od 85-92%, dok stepen uklanjanja organskih frakcija (promena HPK) iznosi oko 80%.

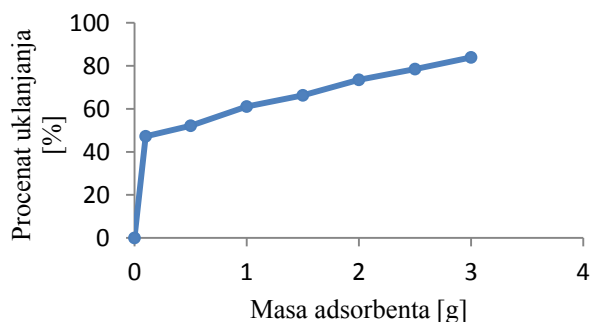
Grafikom 5 prikazan je procenat uklanjanja jona kadmijuma iz uzoraka procedne vode, odnosno efikasnost uklanjanja  $Cd^{2+}$  jona primenom adsorbenta dobijenog iz koštica kajsije. Iz priloženog, moguće je zaključiti da ispitivan alternativni adsorbent pokazuje afinitet prema adsorpciji jona iz rastvora deponijskih procednih voda na svojoj površini. Pored visokog stepena uklanjanja organskih polutanata, ispitivani adsorbent se dobro pokazao i kod uklanjanja natrijumovih i kadmijumovih jona. Za uklanjanje natrijumovih jona (Grafik 6), efikasnost datog adsorbenta iz procedne vode kreće se u opsegu od 75-85%, dok procenat uklanjanja kadmijumovih jona iznosi čak i do 98%.



Grafik 4. Promena boje uzorka procedne vode dobijena korišćenjem aktivnog uglja iz koštica kajsije



Grafik 5. Procenat uklanjanja jona kadmijuma iz procedne vode korišćenjem aktivnog uglja iz koštica kajsije



Grafik 6. Procenat uklanjanja jona natrijuma iz procedne vode korišćenjem aktivnog uglja iz koštica kajsije

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon dobijanja kompletnih eksperimentalnih rezultata, neophodno je izvršiti komparaciju adsorpcionih procesa i karakteristika primenjenih adsorbenata. Na osnovu

dobijenih rezultata dolazi se do zaključka da oba analizirana adsorbenta imaju afinitet ka uklanjanju organskih materija iz uzoraka procedne vode deponije nakon njihove sekundarne obrade. Na osnovu grafički prikazanih rezultata može se primetiti očigledna promena obojenosti vode nakon procesa adsorpcije ispitivanim adsorbentima što je rezultat visokog stepena efikasnosti separacije organskih materija. Isti rezultat registrovan je i kroz značajnu promenu HPK u uzorcima procedne vode primenom komercijalnog adsorbenta. Znatno lošije rezultate komercijalni adsorbent pokazao je pri separaciji  $Na^+$  i  $Cd^{2+}$  jona. Sa druge strane, ispitivani alternativni adsorbent, pored izrazite efikasnosti uklanjanja organskog opterećenja, pokazao je i vrlo visok afinitet ka adsorpciji  $Na^+$  i  $Cd^{2+}$  jona.

Uzimajući u obzir lokalnu dostupnost, ekološku isplativost, efikasnost i zadovoljene kriterijume zelenih tehnologija, na osnovu kompletnog istraživanja, može se zaključiti da primenjeni alternativni adsorbent, dobijen termohemijskom konverzijom biološkog otpada, može uspešno da se primeni za separaciju analiziranih zagađujućih materija iz procednih voda deponije.

## 7. LITERATURA

- [1] Pap S, Radonić J, Trifunović S, Adamović D, Mihajlović I, Vojinović Miloradov M, Turk Sekulić, M. 2016. Evaluation of the adsorption potential of eco-friendly activated carbon prepared from cherry kernels for the removal of  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  from aqueous wastes, *Journal of Environmental Management*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.089>
- [2] Worch Eckhard. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment, Fundamentals, Processes, and Modeling*. Institute of Water Chemistry. Berlin, Germany.

### Kratka biografija:



**Daniela Damjanovski** rođena je 1991. godine u Novom Sadu. Osnovne studije upisala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Diplomski rad odbranila je 21.09.2015. godine, a master rad 28.10.2016.



**Dr Maja Turk Sekulić** rođena je u Novom Sadu i diplomirala je 2003. godine na Tehnološkom fakultetu (UNS). 2009. godine doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka gde je od maja 2015. godine izabrana u zvanje vanredni profesor, za užu naučnu oblast Inženjerstvo zaštite životne sredine.

**BEZBEDNOST U REGALNIM SKLADIŠTIMA****WAREHOUSE SAFETY**Jelena Golijanin, Milosav Georgijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE NA RADU**

**Kratak sadržaj** – Prilikom rada u regalnim skladištima zaposleni su izloženi velikom broju rizika koji se poštovanjem preventivnih mera mogu svesti na prihvatljiv nivo. Problemi zaštite na radu u regalnim skladištima predstavljaju veoma značajnu oblast, s obzirom na rad angažovane transportne i pretovarne mehanizacije, intenzivno manuelno rukovanje teretom, odlaganje robe na visinu, pada tereta i sl. Kao najzastupljenije povrede, se navode povrede koje nastaju prilikom ručne manipulacije tereta, rada na visini i upotrebe pretovratne mehanizacije. Svi ti uticaji predstavljaju najčešće izvore potencijalnih povreda, profesionalnih oboljenja i materijalnih šteta. Pregledom zakonske regulative dolazi se do zaključka da se na bezbednost najviše može da uticati u fazi projektovanja skladišnih sistema. U skladu sa time zakonska regulativa, se pored aspekta eksploatacije, donosi velikim delom na uputstva za projektovanje bezbednih sistema koja se odnose na proizvođače i distributere..

**Abstract** – While working in warehouses employees are exposed to a large number of risks that can be reduced to an acceptable level by following preventive measures. Problems of safety at work in warehouses represent a very significant area, given the work of involved transport and reloading machinery, manually intensive cargo handling, disposal of goods at a height, falling load, etc. As the most common injuries, can be mentioned those that occur while manually handling loads, work at height and use reloading machinery. All these impacts are the most common sources of potential injury, occupational disease and property damage. A review of the legislation leads to the conclusion that the most influence to health safety can be made while designing storage system. In accordance with that legislation, in addition to the aspect of exploitation, refers in large part to the instructions for the design of safe system relating to manufacturers and distributors.

**1. UVOD**

Skladišni procesi su stari koliko i sama proizvodnja. U slučaju kada nije moguće ostvariti kontinuiran tok materijala neophodno je planirati i postavljati skladišta transportovanog materijala. Skladištenje je značajna funkcija u okviru procesa proizvodnje i obuhvata sve one operacije i postupke, sa sirovinama i reprodukcijom materijalom, koje uz transport i operaciju obrade omogućavaju ostvarivanje procesa proizvodnje.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milosav Georgijević.

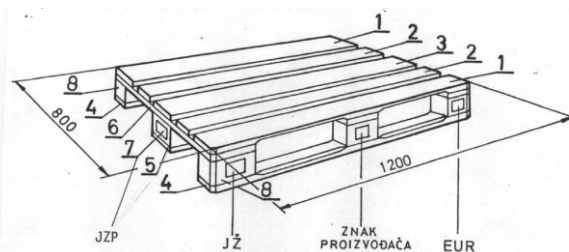
Radom su obuhvaćena regalna skladišta sa posebnim akcentom postavljenim na bezbednost i zdravlje na radu. Rad je jasno podeljen u dve celine, gde se u okviru prve vrši predstavljanje sadržaja regalnih skladišta, kako u pogledu opreme tako i u pogledu samih procesa koji se u skladištu odvijaju. U okviru drugog dela rada date su praktične preventivne mere za snižavanje nivo rizika koji se pojavljuju u radu unutar samih skladišta. Problemi zaštite na radu predstavljaju veoma značajnu oblast, s obzirom na rad angažovane transportne i pretovarne mehanizacije, intenzivno manuelno rukovanje teretom, odlaganje robe na visinu, pada tereta i sl. Svi ti uticaji predstavljaju najčešće izvore potencijalnih povreda, profesionalnih oboljenja i materijalnih šteta. Zadatak rada jeste identifikacija opasnih mesta, situacija i ponašanja prilikom obavljanja radnih operacija unutar regalnog skladišta i pregled zakonske regulative i dobre prakse koja se na njih odnosi. Osnovni cilj rada jeste predstavljanje preventivnih mera koje bi opasnosti i štetnosti na radnim mestima u skladištu svele na minimum ili ih držale unutar dozvoljenih granica.

**2. TRANSPORTNE JEDINICE**

Kao najčešća transportna sredstva javljaju se palete. Palete se dele na dve osnovne kategorije :

- palete bez nadgradnje ( ravne palete ), slika 1, i
- palete sa nadgradnjom ( boks palete ).

Paletizacija povezuje pojedinačno zapakovane pošiljke u nove, veće jedinice i tako olakšava uspostavljanje neprekidnog lanca distribucije.



Slika 1 Euro paleta

Pored ravnih paleta u regalnim skladištima u praksi se koriste i boks palete, drveni sanduci i kutije i ređe kontejneri.

**3. TRANSPORTNA SREDSTVA**

Transportna sredstva koja se upotrebljavaju u unutrašnjem transportu i za pretovarne radove, dele se prema kontinuitetu transportnog postupka na:

- Transportna sredstva neprekidnog transporta (kontinuirani transport). U ovu grupu transportnih sredstava spadaju: transporter i konvejeri, koji preko

određenog, nepromenljivog transportnog puta obezbeđuju neprekidni transport materijala.

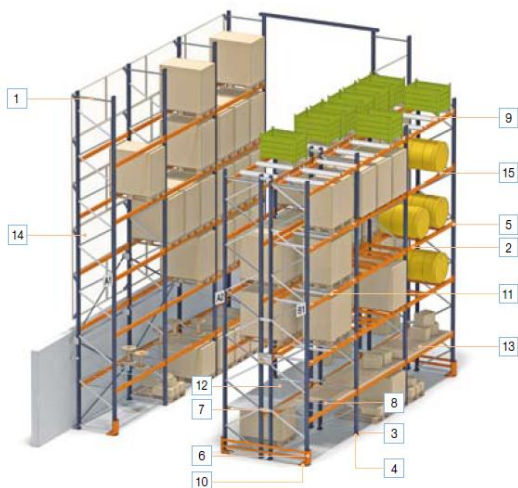
- Transportna sredstva prekidnog dejstva (diskontinualni transport). U ovu grupu transportnih sredstava spadaju prosti dizalični mehanizmi i dizalice, koje rade naizmenično po pravilu kretanja po slobodnom izboru. Diskontinualnim transportom omogućava se transport komadnog tereta, a naročito pretovar paleta, posuda ili kontejnera. [1].

U regalnim skladištima se od transportnih sredstava mogu sresti transporteri (valjkasti, trakasti i lančasti), regalne dizalice, mosne dizalice (ređe) i vozila unutrašnjeg transporta (najčešće viljuškari), i automatizovana vozila unutrašnjeg transporta.

#### 4. SKLADIŠNI SISTEMI

Tip skladišnog sistema zavisi od želja i potreba korisnika. Faktori koji utiču na odabir tipa skladišnog sistema jesu tip robe koja će se skladištiti, količina iste, intenzitet protoka robe, ograničavajući faktori same konstrukcije skladišta, potreba za automatizacijom, nosivost i sl. Paletni regali se mogu podeliti prema vrsti na:

- nepokretne (klasične) regale, slika 2,
- pokretne regale,
- protočne regale,
- prolazne (drive in) regale, i
- regale specijalne namene.



Slika 2 Elementi konstrukcije klasičnih regala

#### 5. BEZBEDNOST OPREME ZA RAD

U ovom poglavlju je obrađen bezbednosni aspekti eksploatacije opreme za rad. Kao najbitnije faktore koji utiču na bezbednost opreme za rad treba navesti:

- projektovanje,
- instalaciju,
- eksploataciju i
- održavanje.

##### 5.1 Bezbednost eksploatacije transportnih jedinica

Bezbednost pri eksploataciji se zasniva na pravilnoj upotrebi, redovnim održavanjima i pregledima transportnih jedinica. Ako se koriste u regalnim skladištima, treba proveriti da li su najpogodnije za dotične uslove rada. Pored toga neophodno je upoznati viljuškariste sa pravilnim načinom rukovanja. Paleta je neophodno redovno vizuelno kontrilisati, tako da samo

paleta koje ispunjavaju kriterijume ispravnosti mogu se naći u upotrebi u regalnim skladištima. Sve ostale paleta je neophodno izbaciti iz upotrebe ili izvršiti reparaciju na njima. Kriterijumi za zamenu paleta:

- jedna daska fali ili je slomljena,
- rubovi dasaka su okrnuti da se vidi više od jednog eksera ili vijka,
- jedna međupodnica nedostaje ili je tako razbijena da se vidi više do jednog eksera ili vijka,
- nemaju ili se ne vide značke sertifikacije,
- jasno vidljivo da su pri reparaturi primenjene uže ili tanje daske ili međupodnice,
- opšti izgled je loš i ne garantuje nosivost i bezbednost robe. [3]

Kod primene ravnih paleta postavlja se pitanje stabilnosti forme tereta na njima. Kako bi se transport i skladištenje obavljali bezbedno i neometano, teret mora čvrsto stajati na paleti bez ikakve mogućnosti preturanja ili rasipanja.

##### 5.2 Primena i održavanje skladišne opreme

Srpski standard SRPS EN 15635:2011 o primeni i održavanju skladišne opreme je identičan evropskoj normi EN 15635. On daje smernice za radne aspekte koji se odnose na sigurnost konstrukcija skladišne opreme. Ova norma još uvek nije na nivou obavezujuće te poslodavci nisu dužni da je primenjuju. Kako bi se norma podigla na nivo obavezujuće, neophodno je usvojiti direktivu koja će se na nju pozivati. U standardu se navodi da dobavljač mora dostaviti ispisano upozorenje o dozvoljenom opterećenju opreme, koje bi korisnik trebao postaviti na ili u blizini skladišnog sistema. Suština odgovornosti dobavljača se može prikazati kao kontrolna lista, potvrda korisniku da je sistem u skladu sa njihovim zahtevima, kao i da je njime bezbedno upravljati. Kada je reč o opštoj sigurnosti, korisnik imenuje odgovornu osobu, koja će voditi računa o skladišnoj opremi. Odgovorna osoba prolazi obuku koju propisuje dobavljač, kako bi se pravilno upravljalo opremom. Odgovorna osoba mora biti svesna prirode radova u skladištu, mora da poseduje znanje o proceni rizika od potencijalne štete i povreda, kao i da preuzima mere opreza radi sprečavanja nastanka štete uz pomoć uputstava ili znakova. Regale treba periodično pregledati, da bi se:

- ustanovili nedostaci i neposredno izveštavalo o oštećenjima i nedostacima,
- dobili izveštaji eksperata o stanju konstrukcije i celog skladišta.
- uradile hitne intervencije na mestima oštećenja (npr. rasterećenje neke zone) koja mogu uzrokovati havarije, dok se problem ne sanira.

Mere opasnosti su klasifikovane kao zelena, žuta i crvena. Zelena mera opasnosti ne zahteva smanjenje nosivosti regala niti popravak sistema, nego se vodi beleška do sledeće inspekcije gde će se ponovo pregledati i ustanoviti da li je došlo do pogoršanja i nastanka štete. Žuta mera opasnosti identifikuje mesto gde je oštećenje dovoljno veliko za sanacioni rad ali još ne toliko veliko za hitno oslobađanje regala od tereta. Čim se teret skine iz zone oštećene komponente (nosača), ta zona se neće ponovo napuniti sve dok se ne izvrši popravka. Crvena mera opasnosti predstavlja situacije u kojima je identifikovan kritičan nivo oštećenja .kada treba odmah isprazniti regal

i izolovati ga od dalje upotrebe sve dok se ne izvrši popravka. Takva popravka se obično vrši zamenom oštećene komponente.

### 5.3 Bezbednost u radu sa vozilima unutrašnjeg transporta

Mere bezbednosti pri radu sa VUT odnose se na procese zahvatanja, podizanja, slaganja, skidanja odlaganja i uzimanja tereta. Ovi procesi su sa visokim rizikom opasnosti od povređivanja. Rizik je mogućnost da se pojavi opasnost od povređivanja, koji može biti prouzrokovan:

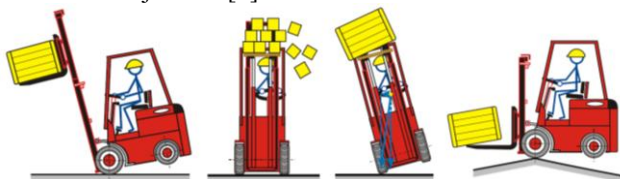
- neispravnošću sredstva unutrašnjeg transporta,
- promenom položaja tereta pri kretanju viljuškara,
- nepravilnim rukovanjem i održavanjem viljuškara i transportnih puteva,
- nepridržavanjem bezbednosnih mera,
- neosposobljenošću radnika za bezbedan rad i nedostatkom iskustva,
- lošom organizacijom radnih procesa,
- neadekvatnom, nekontrolisanom i neodržavanom radnom sredinom.

Osoba koja sme da upravlja viljuškarem mora biti punoletna. Rukovalac viljuškarom mora imati položen vozački ispit B ili barem A kategorije. Svaki rukovalac mora biti teorijski i praktično obučen za bezbedno rukovanje viljuškarom. Osoba koja ne ispunjava prethodno navedene uslove, ne može biti ovlašćena da rukuje viljuškarom, te joj je isto i zabranjeno da čini. [1]

U zaštitne elemente VUT spadaju sledeći elementi [4]:

- zaštitni krov ili zatvorena kabina sa vratima,
- sigurnosni pojas,
- protivpožarni aparat,
- spoljni retrovizor,
- sigurnosna brava,
- indikatori opterećenja i
- signalizacija, optička, svetlosna i zvučna.

Pri kretanju VUT sa teretom, uvek postoji tendencija momenta teži ne tereta da izazove preturanje VUT, čemu doprinose i horizontalne sile usled: ubrzanja/usporenja VUT (inercijalne sile), vožnje kroz krivinu (centrifugalna sila), slika 4. Stabilnost VUT je znači praktično neprekidno ugrožena pri radu. Od svih nesrećnih slučajeva pri korišćenju čeonih viljuškara, prevrtanje predstavlja najčešći vid i to 85%. Od ukupnog broja prevrtanja viljuškara, koje je često sa fatalnim posledicama po rukovaoca, bočno prevrtanje zauzima dominantno mesto sa oko 75%. Kada se viljuškar vozi velikim brzinama po krivolinijskoj putanji, veliki uticaj na prevrtanje ima centrifugalna sila ukupne mase. Savremeno rešenje sistema aktivne stabilnosti (SAS), kojim se umesto trougla stabilnosti uvodi pojam trapez stabilnosti viljuškara [5].



Slika 4 Preturanja VUT ili tereta sa VUT pri transportu  
Najčešće povrede i nesreće koje se javljaju prilikom rada na pretovarnim rampama jesu prevrtanje viljuškara sa

ivice pretovarne rampe, pad tereta na zaposlene ili udar zaposlenih radnom opremom. Kako bi se izbegli ovi neželjeni događaji, neophodno je pridržavati se bezbednosnih mera datih u zakonodavstvu kao i primera dobre prakse.

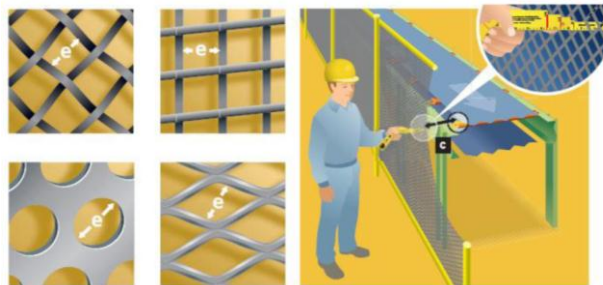
U radu sa automatizovanim transportnim sredstvima standard ANSI/ITSDF B56.5-2012 definiše bezbednost. Standard je namenjen proizvođačima, distributerima, kupcima i krajnjim korisnicima i obuhvata aspekte dizajna, konstrukcije, instalacije upotrebe i održavanja.

### 5.5 Bezbednost u radu sa transporterima

Svake godine, zbog fizičkog kontakta sa pokretnim elementima transporterera radnici se povređuju ili ginu zbog nesreća na transporterima. To je potrebno obratiti pažnju na osnovna pravila koja bi trebalo da zna svako ko rukuje ili se nalazi pored odnosno u blizini transporterera. Strategija za sprečavanje povreda pri radu sa transporterima obuhvata sledeće aktivnosti:

- identifikaciju potencijalnih opasnosti,
- ograničavanje rizika,
- korišćenje blokada i metoda kontrole,
- uzimanje u obzir faktora okruženja, instalacija i održavanja,
- sprovođenje edukacije,
- ukoliko opasna mesta nisu uočljiva ista moraju biti ograđena sigurnosnim ogradama, slika 5,
- kada se uoči opasna zona, ograničavanje pristupa mora biti očigledno.

U zaštitne elemente transporterera se ubrajaju sigurnosni uređaji sa ušetom, taster za hitno isključenje i zaštitne mreže.



Slika 5 Definisane i merenje otvora u mreži

Kritična mesta za zastoje pri radu su vezna mesta između transporterera za ulaz ili izlaz paleta i regalnih dizalica, jer se na ovim mestima menja način rada, tj. palete koje se kreću po valjcima zahvataju vile regalnih dizalica i obrnuto kod izlaza. Kao prva i osnovna preventivna mera koja treba sa se primenjuje u ulazno/izlaznim zonama jeste ograničavanje pristupa opsanoj zoni. Nezaposlenim licima je prilaz u svim varijantama zabranjen. Sigurnosni koncept podrazumeva ključ za ulazna vrata koji može biti isti i za sigurnosne brave na mašinama i uređajima u datoj zoni.

### 5.7 Elementi bezbednosti pri radu sa regalnim dizalicama

Elementi bezbednosti pri radu sa regalnim dizalicama definisani su u standardu JUS EN 528:2001, Regalne dizalice - Bezbednost. Ovaj standard utvrđuje listu opasnosti i propisuje preporuke za bezbednost, poštujući zahteve Direktive EU 89/392/EEC, svih uređaja namenjenih za skladištenje jediničnog tereta, koji se kreću po šinama. Ovaj standard primenjuje se za sve vrste



dizalica koje su u regalnom hodniku i van njega vezane za šine. Kako je standardom obuhvaćen ceo životni ciklus regalnih dizalica, napomenute su i opasnosti koje mogu nastati prilikom montaže, puštanja u rad, probnog rada, redovnog rada, servisiranja i demontaže dizalica i uređaja.

## 6. BEZBEDNOST ZAPOSLENIH

U regalnim skladištima primena ergonomije je najpotreb-nija prilikom procesa komisioniranja. Prilikom obavljanja poslova komisioniranja neophodno je izbegavati:

- učestalo ponavljanje jednog pokreta,
- nefiziološki i statički položaj tela,
- izvođenje radnih aktivnosti koje zahtevaju velika is-tezanja tela ili delova tela,
- neprilagođenost visine i položaja radnih površina,
- dugotrajno zadržavanje iste istog položaja tela,
- manualni poslovi i rad sa teškim predmetima,
- rad sa rukama daleko ispred tela,
- manipulacija ispod visine kolena ili iza ramena i
- manipulisanje predmetima koji su gabaritno veliki.

Da bi komisioner mogao da bude efikasan, potrebno je da roba bude locirana u zoni najpogodnijeg zahvata komision-nera, u zoni koja je u vertikalnoj ravni definisana linijama povučanim u visini struka i ramena komisionera.

Od poslodavaca se traži da sprovede procenu rizika i pre-duzme mere kako bi zaštitio radnike od rizika manualnog rukovanja. Preventivne mere uključuju:

- projektovanje i organizovanje zadataka na način da se manualno rukovanje potpuno izbegne ili ograniči,
- korišćenje automatizacije i opreme za dizanje tereta,
- organiziranje zadataka manualnog rukovanja na siguran način, podela tereta u manje jedinice i osiguravanje odgovarajućih razdoblja za odmor,
- davanje informacija i osposobljavanje radnika za za-datke i korišćenje opreme i ispravnih tehnika rukovanja.

Kretanje zaposlenih pešaka kroz skladišta i vozila moraju biti po označenim rutama, saglasno sigurnosnim pravi-lima sa kontrolama izvršenja. Pešačke staze bi morale biti nezavisne od ruta kretanja vozila. Odvajanje može biti uspešno kroz definisanje različitih vremena korišćenja saobraćajnica za pešake i vozila – vremensko odvajanje. Kompletno izdizanje pešačkih puteva iznad tla ili saobra-ćaja vozila je najbolje rešenje za smanjenje izlaganja ri-ziku. Ipak ovakva koncepcija je vrlo teško izvodljiva kada se vrši reorganizacija procesa na postojećem stanju.

## 7. ZAKLJUČAK

Analizom teorijskih osnova u oblasti primene bezbednosti i zdravlja na radu u regalnim skladištima, dolazi se do sledećih zaključaka da:

- je zaposlene neophodno obučiti za bezbedan i zdrav rad u pogledu praktičnih i teorijskih znanja iz oblasti,
- je zarad postizanja kolektivne bezbednosti potrebno sprovesti redovna ispitivanja i preglede opreme za rad, radi utvrđivanja faktičkog stanja,
- je standard SRPS EN 15635:2011, koji propisuje bez-bednosne aspekte upotrebe i održavanja skladišne op-reme (regalne konstrukcije), još uvek na nivou neobaveznosti, te ga u narednom preiodu treba podići na nivo obaveznosti donošenjem odgovarajuće zakonske regulative koja će ga definisati kao obaveznog,

- bezbednost u regalnim skladištima najvećim delom zavisi od pravilnog upravljanja VUT, koje je defini-sano zakonskim aktima, gde se posebna pažnja po-sevuje obuci zaposlenih,
- oblast upotrebe automatizovanih transportnih sredsta-va nije dovoljno zakonski regulisana, te je neophod-no ugledati se na primere dobre prakse utemeljenje na inostranoj zakonskoj regulativi i važećim standar-dima.

Kako bi se stanje u praksi poboljšalo neophodno je pridržavati se bezbednosnih mera propisanih zakonskom regu-lativom koja se odnosi na bezbedno poslovanje u regal-nim skladištima. U budućnosti bi se posebna pažnja tre-bala posvetiti podizanju na nivo obaveznosti postojeće zakonske regulative, kao i izučavanju automatizacije procesa kao dominantnog trenda u pogledu razvoja logistike.

## 8. LITERATURA

[1] Nikolić B, Gavanski D, 2006. Priručnik za obuku rukovaoca viljuškarom. Novi Sad :Viša tehnička škola Novi Sad, Novi Sad.

[2] Anonim. 2013c. Warehouse safety manual, operation, use, inspection and maintenance of conventional adjustable pallet racking. Barcelona, Spain :MECALUX

[3] Georgijević M, 2011a. Palete – elementi bezbednosti - materijal za pripremu ispita iz predmeta Bezbednost unutrašnjeg transporta. Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.

[4] Šostakov R, 2012. Opasnosti pri radu sa vozilima unutrašnjeg transporta- skripta za pripremu ispita iz predmeta zaštita na radu sa sredstvima mehanizacije. Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad).

[5] Kostić R, Gerogijević M, 2007. Podna transportna sredstva. Novi Sad :Ideja ekom, Novi Sad

[6] Anonim. 2003. A User's Guide to Conveyor Belt Safety, Protection from Danger Zones. Quebec, Canada, :IRSST, CSST

### Kratka biografija:



**Jelena Golijanin** rođena je u Kraljevu 1991. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti zaštita na radu u oblasti građevinarstva odbranila je 2014 godine, nakon čega upisuje master studije okviru iste institucije. Master studije završava 2016 odbranivši rad na temu Bezbednost u regalnim skladištima .



**Milosav Georgijević** Srednju školu završio 1968. u Somboru, a diplomirao januara 1974. na Mašinskom fakultetu u Novom Sadu. 1977. godine dolazi na Fakultet tehničkih nauka, gde je u međuvremenu bio honorarni asistent. 1982. godine magistrira, a 1989. doktorira i 1990. postaje do-cent, a 2000. godine redovni profesor.

**REKONSTRUKCIJA OČIJU ROBOTA MARKO RADI PRIMENE NA ROBOTU SARA  
REDESIGN OF THE ROBOT MARKO EYES FOR ROBOT SARA**Pavle Mulaj, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

**Kratak sadržaj** – Predmet ovog rada jeste rekonstrukcija antropomorfnih robotskih očiju. Oči su projektovane tako da ispunjavaju projektne zahteve vezane za dimenzije, konstrukciju i kretanje očiju.

**Abstract** – The subject of this work is the redesign of anthropomorphic robotic eyes. Eyes are designed to meet the project requirements related to dimensions, construction and movement of the eyes.

**Ključne reči:** Robotika.

**1. UVOD**

Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, kao jedan od projekata razvijen je humanoidni robot MARKO (Mobilni Antropomorfnii Robot Kognitivnih Osobina) koji ima zadatak da pomogne u terapiji dece obolele od cerebralne paralize. Pokazujući određene vežbe rukama, verbalnom komunikacijom i iskazujući svoje emocije očima MARKO pomaže deci tako što ih motiviše da što duže učestvuju u terapiji.

Iz ovog projekta javila se ideja o razvijanju novog robota koji će unaprediti neke osobine robota MARKO i koji će služiti za istraživanje socijalnih aspekata interakcije između čoveka i robota. SARA (Socially Acceptable Robot Assistant) bi trebalo da posluži kao napredna platforma za istraživanja iz oblasti uverljivog socijalnog ponašanja robota u čovekovom okruženju. Ona bi trebalo da ima bogatiji fond reči, bude sposobna za verbalnu i neverbalnu komunikaciju sa odraslim ljudima i da, u određenoj meri, iskaže svoje emocije.

Zbog toga što je lice robota SARA manjih dimenzija i što su oči zakošene potrebna je konstrukcija i izrada novih očiju, mehanizma za pomeranje kao i nosača motora. Prečnik očnih jabučica ne može biti manji od 55 mm zbog geometrije kamera koje će se koristiti. Za pomeranje očne jabučice i kapaka koristiće se novi motori koji su manjih dimenzija i drugačije konstrukcije nego što je to bio slučaj kod robota MARKO.

U ovom radu će prvo biti opisana analiza pokreta ljudskih očiju a potom će biti dati primeri gotovih izvedbi robotskih očiju. A na kraju će biti detaljno opisan proces konstruisanja očiju robota SARA.

**2. LJUDSKE OČI**

Oko je parni organ čula vida pomoću kojeg čovek dobija informacije iz okoline, percepciju svetla, razlikovanje boja i percepciju dubine prostora. Sastoji se iz očne jabučice, očnog živca i pomoćnih struktura.

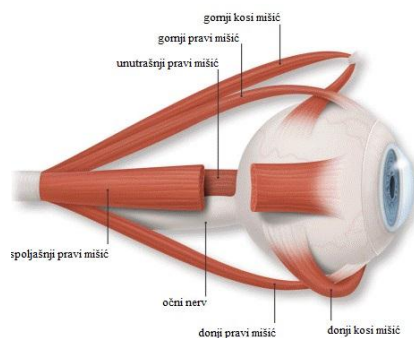
**NAPOMENA:**

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

Očna jabučica je smeštena u očnoj duplji i sa svih strana je zaštićena kostima lobanje osim sa prednje, gde joj zaštitu pruža suzni film i očni kapak brzim refleksnim zatvaranjem (treptanjem) ili potpunim zatvaranjem. Dimenzije oka kod odraslih osoba se razlikuju od 1 do 2 mm i prosečno oko u prečniku ima 24 mm [1].

**2.1 Pokreti očiju.**

Ljudsko oko pokreću tri para mišića, dva para pravih i jedan par kosih. To su gornji i donji pravi, spoljašnji i unutrašnji pravi, gornji i donji kosi (Slika 2.1). Oko može da se rotira oko tri ose i njegovo kretanje se može aproksimirati sfernim zglobovima. Razlikujemo tri vrste pokreta očiju, dukcije – pokreti jednog oka, verzije – sinhronizovani pokreti oba oka u istom pravcu i vergencije – sinhronizovani pokreti oba oka u suprotnom pravcu.



Slika 2.1 Mišići oka

Dukcije predstavljaju kretanje, rotacije jednog oka nezavisno od drugog. Kontrakcijom mišića oka ostvaruju se tri rotacije oka, rotacija oko vertikalne ose, rotacija oko horizontalne ose i rotacija oko ose normalne na njih. Kako jednu rotaciju čine dve dukcije tako razlikujemo šest dukcija. Abdukcija je rotacija oka oko vertikalne ose od centra lica, adukcija je rotacija oka oko vertikalne ose prema centru lica. Sursumdukcija je rotacija oka oko horizontalne ose prema gornjem delu lica dok je deorsumdukcija rotacija oko iste ose prema donjem delu lica. Rotacija oka oko ose normalne na horizontalnu i vertikalnu, tako da se gornja strana oka približava centru lica, se naziva intorzija. Ekstorzija je rotacija oko iste ose stim da se gornja strana oka udaljava od centra lica. Verzije su sinhronizovani pokreti oba oka u istom pravcu. Pri verziji udesno levo oko vrši adukciju a desno vrši abdukciju, dok pri verziji ulevo levo oko vrši abdukciju a desno adukciju [3].

Vergencije su sinhronizovani pokreti oba oka u suprotnom pravcu radi ostvarivanja stereo vizije. Razlikujemo dve vrste vergencija. Konvergencija je kada gledamo

objekat koji je blizu i tada oči rotiraju jedno prema drugom. Divergencija je kada gledamo objekat koji je daleko i tada dolazi do rotacije očiju jedno od drugog [3].

## 2.2 Priroda pokreta očiju

Kretanje očiju može se podeliti u pet grupa: sakadični pokreti, pokreti vergencije, pokreti finog praćenja, vestibulo-okularni refleksi i optokinetički refleksi.

Sakadični pokreti su brzi, simultani pokreti očiju kojima se objekat postavlja u tačku jasnog vida. Oni mogu biti refleksni i voljni. Kod refleksnih sakadičnih pokreta oči se najvećom mogućom brzinom usmeravaju ka objektu koji se iznenada pojavio u vidnom polju. Primer voljnog sakadičnog pokreta predstavlja prelazak u novi red prilikom čitanja. Sakadični pokreti su najbrži pokreti očiju i njihova ugaona brzina iznosi od  $300^{\circ}/s$  do  $900^{\circ}/s$  [4].

Vergencije su spori pokreti očiju pri fokusiranju objekta koji se nalazi u blizini i pri fokusiranju objekata koji se nalaze u daljini. Maksimalna brzina očiju pri vergencijama iznosi oko  $22^{\circ}/s$  [2].

Pokreti finog praćenja su pokreti kojima se objekat od interesa, koji se kreće, održava na tački jasnog vida. Maksimalna ugaona brzina ovog kretanja je  $30^{\circ}/s$  a ako je za praćenje objekta od interesa potrebna ugaona brzina veća od  $30^{\circ}/s$  koristi se kombinacija sakadičnih i pokreta finog praćenja [2][5].

Vestibulo-okularni refleksi je kretanje očiju u suprotnom smeru od kretanja glave kako bi se objekat od interesa održao na tački jasnog vida.

Optokinetički refleksi je kombinacija sakadičnih i pokreta finog praćenja. Nastaje kada pokretni objekat koji smo pratili nestane iz vidnog polja. Tada se oči velikom brzinom fokusiraju na tačku u kojoj se objekat nalazio kada smo ga prvi put uočili.

Nakon sagledavanja svih pokreta koje ostvaruje ljudsko oko i njihovih osobina dolazimo do zahteva koje robotske oči treba da ispune:

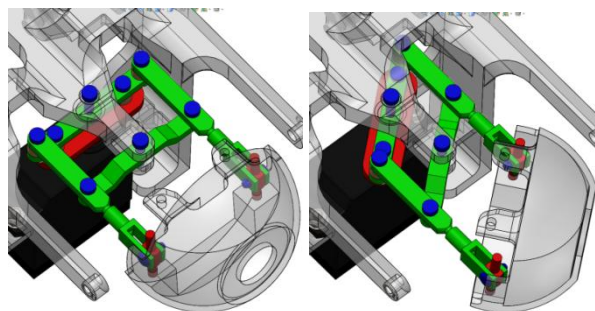
- Nezavisno kretanje svakog oka pojedinačno kako bi se omogućilo oponašanje konvergencije i divergencije
- Kretanje robotskih očiju ugaonim brzinama većim od  $400^{\circ}/s$  da bi se omogućilo oponašanje sakadičnih pokreta
- Ugao dukcije koje robotsko oko treba da ostvari treba da bude veći od  $40^{\circ}$  pri abdukciji i adukciji i  $35^{\circ}$  pri sursumdukciji i deorsumdukciji

## 3. ROBOT MARKO

Humanoidni robot MARKO je nastao na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu i njegova svrha je da pomogne u terapiji dece obolele od cerebralne paralize. MARKO pomaže deci tako što im pokazuje vežbe i podstiče ih da što duže učestvuju u vežbanju. On ima dve ruke, dve noge, trup i glavu ali ne hoda već je postavljen na mobilnu platformu. Rukama i nogama pokazuje vežbe

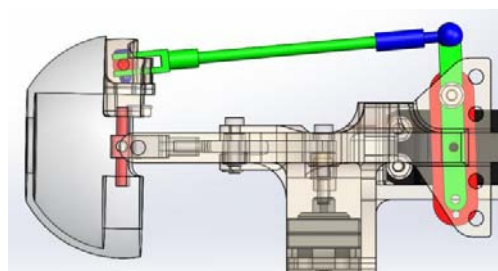
grube motorike dok rukama pokazuje i vežbe fine motorike. Uz sistem mikrofona i zvučnika i odgovarajući kognitivni sistem MARKO ostvaruje verbalnu interakciju sa detetom odnosno sa lekarom. U očima su postavljene kamere i pomoću stereo vizije prikuplja informacije iz svog okruženja. Kao još jedan vid interakcije koju robot ostvaruje sa ljudima je i neverbalna komunikacija koja se ogleda u izrazima lica, gestikulaciji, držanju tela i pogledu.

Svako oko je napravljeno kao zaseban mehanizam sa četiri stepena slobode, dva servo motora pomeraju očnu jabučicu oko vertikalne i horizontalne ose i po jedan servo motor pomera svaki kapak. Za pomeranje oka oko vertikalne ose korišćen je specijalno projektovan zglojni paralelogram sa jednakim naspramnim stranicama. Vratilo motora je postavljeno na sredini stranice paralelograma, tako da je njegova osa kolinearna sa osom koja je upravna na ravan paralelograma. Zakretanjem motora za isti ugao zakreće se i očna jabučica, koja je vezana za stranicu paralelograma. Mehanizam je prikazan na slici 3.2.



Slika 3.2 CAD model mehanizma za pomeranje oka oko vertikalne ose

Za pomeranje oka oko horizontalne ose korišćen je polužni mehanizam, odnosno zglojni četvorougao. On se sastoji iz četiri člana povezanim zglobnim vezama, od kojih su tri pokretna a jedan nepokretan. Motor je postavljen tako da mu je osa vratila upravna na ravan zglobnog četvorougla. Vratilo motora i centar očne jabučice predstavljaju krajnje tačke nepokretnog člana zglobnog četvorougla. Zakretanjem vratila motora se zakreće i pokretni član koji je vezan za vratilo motora koji dalje prenosi kretanje preko drugog člana na očnu jabučicu. Očna jabučica se dalje zakreće oko zglobova koji je pridržavaju i koji se nalaze u horizontalnoj ravni oka. Prikaz mehanizma se može videti na slici 3.3. [7].



Slika 3.3 CAD model mehanizma za pomeranje oka oko horizontalne ose

#### 4. PREDLOŽENA MEHANIČKA KONSTRUKCIJA

Svaka očna jabučica treba da ima dva stepena slobode, rotaciju oko vertikalne i horizontalne ose koje se seku u centru očne jabučice. Kao jedan od projektnih zadatak je i zahtev da se oči smanje kao i da razmak između zenica očiju bude 95 mm. Očnu jabučicu nije moguće smanjiti na manje od 55 mm u prečniku zbog geometrije kamera koje će se koristiti tako da je to usvojena dimenzija novih očnih jabučica.

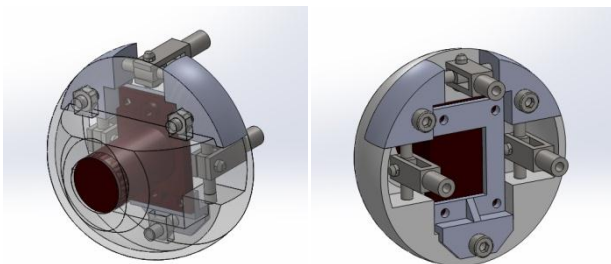
Rastojanje između zenica će biti ostvareno tako što će za svako oko biti konstruisan zaseban mehanizam nosača tako da razmak zenica neće biti veći od 95 mm, sa očnom jabučicom na sredini mehanizma. Kao još jedan projektni zahtev potrebno je da se kapci oba oka zarotiraju oko centra očne jabučice i to prvo za  $20^\circ$  oko vertikalne ose i zatim za  $20^\circ$  oko ose koja je normalna na novu osu rotacije kapaka i na vertikalnu osu očne jabučice. Na slici 4.1 je prikazan model glave robota SARA.



Slika 4.1 Model glave robota SARA

##### 4.1 Očna jabučica

Zbog potrebe za smanjivanjem prečnika očne jabučice sa 60 mm na 55 mm nije bilo moguće zadržati potpuno isti način vezivanja elemenata za prenos kretanja i oka, kao što je to bio slučaj kod robota MARKO. Elemente je potrebno približiti što je više moguće ka centru oka kako bi se sfera jabučice mogla smanjiti. Promene su napravljene uz održavanje osnovnih funkcionalnosti očiju. Na slici 4.2 je prikazana očna jabučica sa prednje i zadnje strane.

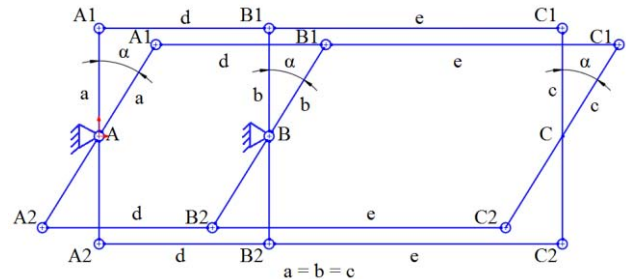


Slika 4.2 Očna jabučica pogled sa prednje i sa zadnje strane

##### 4.2Mehanizam za pomeranje oka oko vertikalne ose

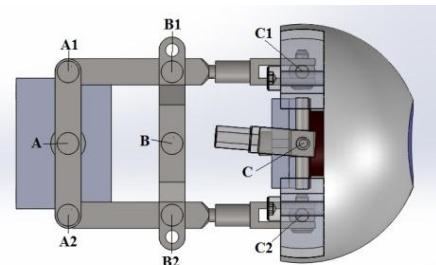
Promenom konstrukcije očne jabučice nametnuta je i promena mehanizma za pomeranje očiju. Konstruisan je

nov mehanizam ali uz zadržavanje osnovne ideje o prenošenju kretanja sa aktuatora na oko. Za pomeranje oka korišćen je zglobni paralelogram, prikazan na slici 4.3 koji je preuzet iz [6]. Tačke **A**, **B** i **C** su kolinearne gde su **A** i **B** tačke oslanjanja paralelograma dok je tačka **C** centar očne jabučice. Duži **a**, **b** i **c** su jednakih dužina. Zakretanjem duži **a** oko tačke **A** za ugao  $\alpha$  zakrećemo i duži **b** i **c** oko tačaka **B** i **C** za isti ugao  $\alpha$ .



Slika 4.3 Predloženi zglobni paralelogram

Na modelu mehanizma tačke **A** i **B** predstavljaju tačke na kojima se mehanizam oslanja na postolje. Paralelogram zakreće motor čija osa vratila prolazi kroz tačku **A** i upravna je na ravan paralelograma. Motor je za paralelogram vezan u tačkama **A1** i **A2** dok je nosačem vezan za postolje. Rotacioni zglobovi se nalaze u tačkama **A**, **A1**, **A2**, **B**, **B1** i **B2** koji su realizovani kao klizni. U tačkama **C1** i **C2** se nalaze zglobovi sa dva stepena slobode. Rotacijom vratila motora zakreće se poluga **A1A2**. Kako je poluga **B1B2** bočnim letvama vezana za polugu **A1A2** tako se i ona jednako zakreće. Bočne letve **A1B1** i **A2B2** su vezane za viljuške očne jabučice i time se rotacija motora prenosi na očnu jabučicu koja rotira oko svog centra, tačke **C**. Na slici 4.4 prikazan je mehanizam za pomeranje oka oko vertikalne ose.



Slika 4.4 Mehanizam za pomeranje oka oko vertikalne ose

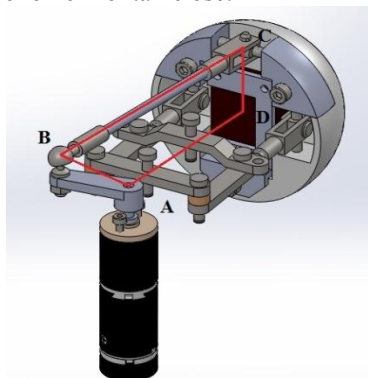
##### 4.3Mehanizam za pomeranje oka oko horizontalne ose

Kao osnova za rotiranje očne jabučice oko horizontalne ose korišćen je poluzni mehanizam, odnosno zglobni četvorougao. On se sastoji od tri pokretna segmenta (**AB**, **BC**, **CD**) i jednim nepokretnim (**AD**), na slici 4.5 je prikazana njegova skica na modelu mehanizma. Tačke **A**, **B**, **C** i **D** ne pripadaju jednoj istoj ravni.

Tačka **A** je postavljena na vratilu motora a tačka **B** u centru sfernog zgloba. U centru zgloba za vertikalno pomeranje je postavljena tačka **C** dok je tačka **D** centar očne jabučice.

Motor za pokretanje mehanizma je postavljen vertikalno, tako da mu je osa izlaznog vratila paralelna sa vertikalnom osom očne jabučice. Zakretanjem vratila motora prema oku zakreće se i segment **AB** čime se i segment **BC** približava oku. Zglob **C** kompenzuje kretanje segmenta i rotira očnu jabučicu prema dole, oko

horizontalne ose i tačke **D**. Zakretanjem vratila motora u drugu stranu se po istom principu ostvaruje rotacija oka prema gore oko horizontalne ose.

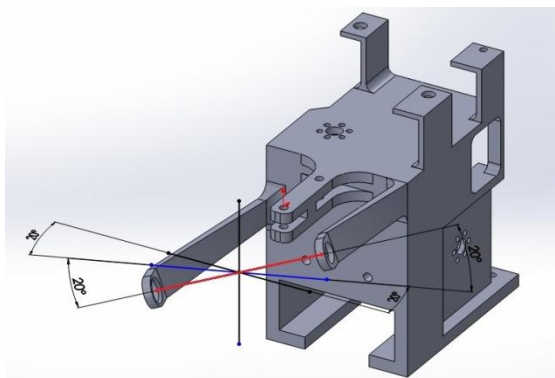


Slika 4.5 Skica zglobnog četvorougla na modelu mehanizma

#### 4.4 Postolje oka

Postolje predstavlja osnovu koja nosi sve elemente: očnu jabučicu, kapke, mehanizme za pomeranje, motore i elektroniku. Postolje se pričvršćuje za vrat robota i kreće se zajedno sa glavom. Pored promena koje se tiču dimenzija i načinu pričvršćivanja motora i mehanizama za pomeranje oka najveća promena se odnosi na postavljanja nosača kapaka tako da oni budu zarotirani oko centra očne jabučice.

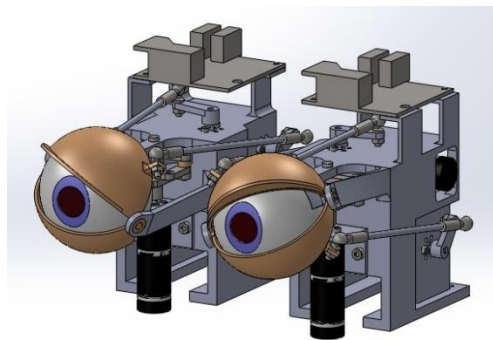
Nosači kapaka su bili postavljeni tako da su se njihove tačke oko kojih se rotiraju kapci nalazile na horizontalnoj osi očne jabučice i na jednakoj udaljenosti od centra oka. Pri kreiranju novog postolja, osa oko koje se rotiraju kapci je prvo zarotirana oko horizontalne ose oka za  $20^\circ$ . Zatim je ta ista osa zarotirana za  $20^\circ$  oko ose koja je normalna nju i na vertikalnu osu očne jabučice. Na slici 4.6 je prikazan konačan položaj ose kapaka posle navedenih rotacija.



Slika 4.6 Rotacija ose kapaka za zadate uglove

#### 4.5 CAD Model gotovih očiju

Kao što je bilo već bilo rečeno na početku ovog poglavlja oči robota sastojeće se od dva zasebna mehanizma, po jedan za svako oko, koja će se postaviti jedan pored drugog tako da razmak između zenica bude 95 mm. Na slici 4.7 su prikazane gotove oči postavljene tako da ispunjavaju zahte za definisanim rastojanjem između zenica. Ceo dosadašnji postupak projektovanja mehanizma oka je urađen tako da se dobije levo oko robota. Mehanizam desnog oka robota izveden je na isti način i koristiće iste delove, s tim što je gornji i donji kapak kao i postolje potrebno izraditi tako da oni budu preslikani kao u ogledalu.



Slika 4.7 Prikaz modela gotovih očiju

## 5. ZAKLJUČAK

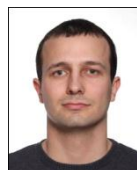
U ovom radu obrađena je tema projektovanja antropomorfnih robotskih očiju robota SARA. Date su osnovne karakteristike ljudskih očiju kao i njihovog kretanja. Opisani su primeri dosadašnjih gotovih rešenja robotskih očiju i robota koji imaju sposobnost da iskazuju emocije. U okviru rada detaljno je opisan postupak projektovanja očne jabučice, mehanizama za vertikalno i horizontalno pomeranje oka, postolja, kapaka kao i mehanizma za njihovo pomeranje. Prilikom projektovanja očiju ispunjeni su svi projektni zahtevi vezani za dimenzije, konstrukciju i kretanje očiju. Izvršena je analiza brzina kretanja projektovanih očiju i kapaka gde je utvrđeno da su one veće nego što su kod ljudskog oka.

Za budući rad može se istražiti mogućnost korišćenja novih kamera za oči, manjih dimenzija, čime bi se omogućilo dodatno smanjivanje očnih jabučica. Smanjivanjem jabučica otvara se mogućnost za dalju rekonstrukciju mehanizama za pomeranje oka i kapaka čime bi se smanjile ukupne dimenzije robotskih očiju.

## 6. LITERATURA

- [1] Mihalj, M. (2008), Anatomija čoveka, ISBN 9788686767172, Ortomedics, Novi Sad
- [2] von Noorden, G. K. and Campos, E. C. (2001), Binocular Vision and Oculat Motility: Theory and Management of Strabismus, Sixth Edition, ISBN-10: 0323011292, ISBN-13: 9780323011297, Mosby, St. Louis, MO., USA
- [3] TedMontgomery, [http://www.tedmontgomery.com/the\\_eye/index.html](http://www.tedmontgomery.com/the_eye/index.html), (datum pristupa: 2016-08-31).
- [4] B. Fischer and E. Ramsperger, Human express saccades: Extremely short reaction times of goal directed eye movements, Experimental Brain Research, 57, doi: 10.1007/BF00231145
- [5] B. Cassin, Dictionary of Eye Terminology, Triad Publishing Company, Solomon S. Gainesville, FL., USA. 2006., ISBN-10 0-937404-68-3, ISBN 13: 9780937404683.
- [6] Satja Sivčev, Mirko Raković, Branislav Borovac, Milutin Nikolić "Anthropomorphic robot eyes with realistic movements for non-verbal communication and emotion expressions".

### Kratka biografija:



**Pavle Mulaj** rođen je u Novom Sadu 1988. godine. Osnovne akademske studije na smeru Mehatronika - Mehatronika, robotika i automatizacija završio je 2012. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronika - Mehatronika, robotika i automatizacija odbranio je 2016.

**KVALIFIKACIJA KGH I CSNU SISTEMA U FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI****QUALIFICATION OF HVAC AND BMS SYSTEMS IN PHARMACEUTICAL INDUSTRY**SrĐan Gojko, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen postupak kvalifikacije KGH i CSNU sistema u farmaceutskoj industriji. Prikazani su tipovi KGH i CSNU sistema, kao i testovi i merna oprema za njihovu kvalifikaciju. Prikazani su rezultati na primeru uslovljene rekvalifikacije jednog od sistema pogona sterilnih proizvoda, odeljenja liofilizata.

**Abstract** – *Qualification process of HVAC and BMS systems in pharmaceutical industry was presented in this paper. Variety of different types of HVAC and BMS systems are presented, as well as tests and measuring equipment for their qualification. Therefore, results of example on conditional requalification of one system of sterile product plant, lyophilizates department, are presented as well.*

**Gljučne reči:** *Kvalifikacija, Validacija, KGH, CSNU, Čiste sobe*

**1. UVOD**

U farmaceutskoj industriji, KGH (klimatizacija, grejanje, hlaĐenje) sistem je jako bitan, kako zbog komfornog okruženja u kojima ljudi borave, tako i zbog same proizvodnje, koja zahteva posebne uslove, koji su uglavnom različiti od pogona do pogona. U farmaceutskoj industriji, pored temperature, relativne vlage, cirkulacije vazduha i njegovog kvaliteta, kontroliše se pritisak, protok, čistoća vazduha, zvučna izolacija i slični faktori koji mogu uticati na proizvod. Kod KGH sistema pored kontrole, moguća je i modifikacija parametra, ukoliko je to potrebno. Kako je farmaceutska industrija dosta zahtevna u pogledu standarda i regulativa, kako bi se obezbedili što bolji uslovi za samu proizvodnju lekova, svi parametri moraju biti praćeni i proveravani u odreĐenom vremenskom roku, a alarmi identifikovani na vreme. Zbog toga je potreba za automatizacijom svih procesa, sve veća. Kako zbog brzine rada, tako i zbog pojave ljudske greške koja je vremenom sve učestalija. CSNU (centar za nadzor i upravljanje) nam obezbeĐuje automatizaciju na viskom nivou, sa mogućnošću praćenja svih kritičnih parametara, i identifikaciju alarma, kako bi se eventualni kvarovi i greške što pre uklonili.

**2. KGH SISTEMI**

Osnova za svaki pogon proizvodnje jeste KGH sistem. Uloga KGH sistema jeste da obezbedi odgovarajuće uslove za proizvodnju, ali i odgovarajuće uslove za čoveko-

vo obitavanje u prostorijama zgrade kao što su kancelarije, laboratorije, kao i u samim pogonima proizvodnje, gde je vrlo često neophodno prisustvo čoveka u toku proizvodnje [3].

**2.1. Osnovne podele KGH sistema**

Prema radnom fluidu:

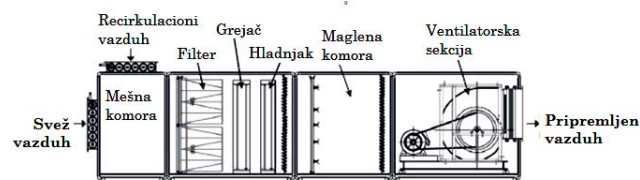
- vazdušni sistemi
- vazdušno – vodeni sistemi
- vodeni sistem
- sistemi sa rashladnim fluidom.

Druge podele KGH sistema:

- prema brzini strujanja vazduha (visokog i niskog pritiska)
- prema broju kanala (jedno i dvokanalni)
- prema količini vazduha (konstantnom i promenljivom)
- prema broju cevi (dvo, tro i četvorocevni)

**2.2. Elementi klima komore**

U klima komorama se vrši centralno pripremanje vazduha, koji se dalje sprovodi do željenog mesta. Konstrukcija i broj elemenata komore zavise od zahtevanih uslova. Na slici 1 su prikazani svi osnovni elementi komore.



Slika 1. *Elementi komore [2]*

**3. CSNU SISTEMI**

CSNU možemo posmatrati kao sistem za upravljanje zgradama (BMS - Building management system) i poznat je kao sistem automatizacije zgrada. To je kompjuterski sistem kontrole instaliran u objektima, koji kontroliše i prati rad zgrade, mašinske i elektro opreme, kao što je ventilacija, osvetljenje, elektroenergetski sistemi, protivpožarni sistemi i sigurnosni sistemi. BMS se sastoji od softvera i hardvera. Podeljen je na tri nivoa: nadzornog, upravljačkog i perifernog nivoa. Nadzorni i upravljački nivoi izvršavaju se pomoću računara sa odgovarajućim SIMENS paketom – DESIGO.

Sistem za automatizaciju je sistem za upravljanje energijom koji povećava efikasnost i smanjuje troškove za energiju i održavanje, tj. inteligentno umrežavanje elektronskih ureĐja, radi bezbednog i sigurnog

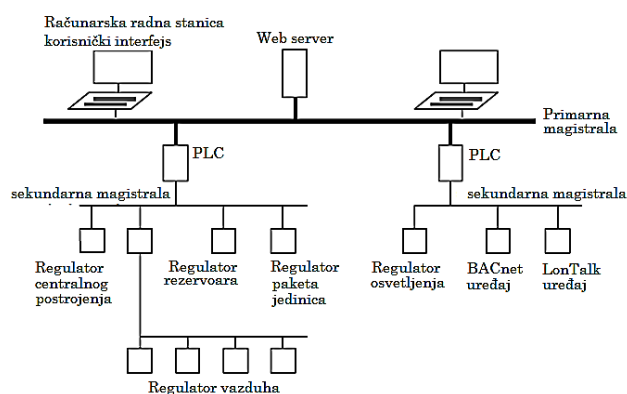
**NAPOMENA:**

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

funkcionisanja sistema. Dve glavne komponente sistema automatizacije su korisnički interfejs i regulator.

Sušтина funkcionisanja sistema automatizacije KGH sistema, jeste da održava klimatizaciju u određenom opsegu, monitoriše performanse sistema i greške u radu uređaja i omogućava da usled nekog problema inženjeri budu obavješteni putem tekstualne poruke na mobilnom telefonu ili mejlom.

Mreže kod automatizacije se sastoje od primarne i sekundarne magistrale. Mreže povezuju regulatore visokog nivoa (npr. PLK) sa regulatorima niskog nivoa (ulazni uređaji, korisnički interfejs). U suštini ceo sistem kontrolera je povezan mrežom za komunikaciju i monitoring.



Slika 2. Topologija dijagrama sistema automatizacije [4]

### 3.1. PLK (Programabilni Logički Kontroler)

Kontroleri su mali, namenski napravljeni računari koji imaju mogućnost priključenja raznih ulaza i izlaza. Ulazi omogućavaju da se očitavaju vrednosti različitih fizičkih veličina, kao što su temperatura, relativna vlaga, pritisak, protok i sl. Izlazi omogućavaju kontroleru da šalje izvršne upravljačke signale drugim uređajima i delovima sistema. Mogu biti različitih dimenzija.

Ulazi obezbeđuju očitavanje vrednosti fizičkih veličina (temperatura, vlažnost, pritisak, strujanje vazduha). Izlazi omogućavaju slanje komandi, to su upravljački, izvršni signali. I ulazi i izlazi mogu biti analogni i digitalni [4].

Najčešće korišćeni kontroleri su PLK, iz razloga što imaju dosta mogućnosti i veliku odgovornost za procesiranje signala. Iz tih razloga, vrlo su pogodni za farmaceutsku industriju, koja mora imati strogo kontrolisane uslove.

U slučaju KGH sistema, temperaturni senzori PLK-u obezbeđuju povratnu spregu, tako da on može upravljati grejanjem i hlađenjem u slučaju potrebe [4].

Prednosti sistema upravljanja sa PLK-om u odnosu na klasične sisteme upravljanja su:

- manje zauzimanje fizičkog prostora, kao i manji broj rezervnih delova i provodnika;
- softverska podrška koja olakšava programiranje kompleksnih upravljačkih funkcija;
- jednostavnost pri programiranju i održavanju programa
- mogućnost smanjenja sekvenci bez zaustavljanja procesa, a da pri tome stanje sa žicama ostaje

nepromenjeno (osim u slučaju dodavanja novog ulaznog i/ili izlaznog uređaja);

- dijagnostičke funkcije PLK-a i softvera omogućavaju brzo i efikasno otkrivanje grešaka;
- modularna organizacija PLK-a omogućava jednostavno održavanje;
- jeftiniji su, naročito u slučaju složenih upravljačkih funkcija;
- pouzdanost u radu [1].

PLK obezbeđuje funkciju logističkog i sekvencijalnog automata u otvorenoj ili zatvorenoj sprezi. Za to je neophodno da ima odgovarajuću programsku podršku, spregu sa ulazno/izlaznim uređajima, komunikaciju sa računarom ili kontrolerima koji su udaljeni, potrebna je komunikacija sa operatorskim panelom ili pokazivačkim uređajem. PLK realizuje unapred definisano upravljanje, a reaguje na trenutne vrednosti stanja. Zbog potrebe obrade analognih signala, razvijene su i numeričke funkcije koje obezbeđuju realizaciju složenih zakona upravljanja (PI, PD, PID). PID regulator ima tri podesiva parametra: pojačanje  $K_p$ , integralnu vremensku konstantu  $T_i$  i konstantu diferenciranja  $T_d$ , u zavisnosti od spojeva, može biti PI, PD ili PID. Videti sliku 3 za primer izgleda Siemens PLK kontrolera.

PLK podržava rad sa analognim, digitalnim i analogno-digitalnim signalima, zahvaljujući modulima za analogno-digitalno i digitalno-analognu konverziju.



Slika 3. Primer PLK kontrolera – SIMENS [1]

### 3.2. SCADA

SCADA ili drugačije nadzorno upravljački kompjuterski sistem, omogućava nadzor i upravljanje različitim udaljenim procesima pomoću serijskih komunikacija između centralne i udaljenih stanica.

Oprema je ugrađena na odgovarajućim uređajima na samom procesu, pomoću koje se dobijaju informacije o performansi procesa i zadaju komande kojima se utiče na izmenu performanse:

- Udaljeni U/I moduli – omogućavaju spregu računarskog sistema sa mernom opremom i izvršnim organima, deo ovih modula su i elementi za komunikaciju, kao i operatorski paneli.
- Udaljene stanice – mikroručarski kontroler koji sadrži udaljene module ili je sa njima povezan preko odgovarajućih komunikacionih linija. Kontroler prikuplja merne signale sa ulaznih modula, zadaje upravljačke signale aktuatorima, preko izlaznih modula, nadzire status procesne opreme i signalizira alarme. Pored toga udaljena stanica šalje potrebne informacije centralnoj stanici i prima komande od nje
- Sistem za komunikaciju – obezbeđuje prenos informacija između udaljenih stanica i dispečerskog

centra. Ova oprema uključuje sve elemente koji se koriste u formiranju industrijskih računarskih mreža.

- Centralna stanica – centralni računar za realizaciju, nadzor i upravljanje.

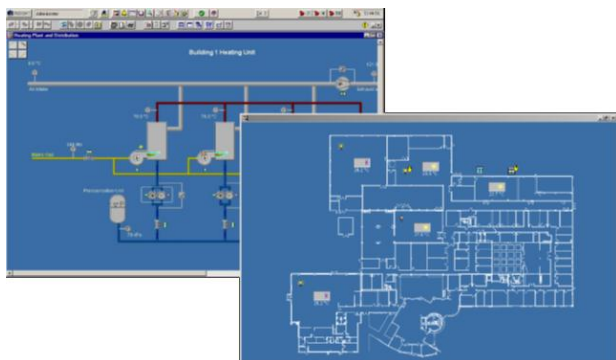
### 3.3. DESIGO

Automatski sistem, DESIGO, ispunjava sve zahteve u vezi sa kontrolom i praćenjem KGH sistema. Glavne karakteristike DESIGO sistema su stabilnost sistema sa programabilnim stanicama, otvorenost sistema i pouzdanost. Profesionalni softverski alati i širok spektar dokazanih blokova se mogu primeniti za inženjering i obradu automatizacije stanice. Modularni dizajn DESIGO sistema omogućava prilagođavanje skoro svim specifičnim zahtevima.

DESIGO sistem može kontrolisati KGH sistem cele zgrade. Može se povezati preko Eterneta, LonTalk/LonWorks ili modema. DESIGO kontroleri mogu biti integrisani u nivou automatizacije preko sistema kontrolera.

DESIGO generalno nudi povoljan i širok aspekt za kontrolu i praćenje svih postrojenja tj. čistih soba za jedan KGH sistem. Korisničke aplikacije mogu pružiti su sledeće: grafički rad postrojenja, učitavanje i prikaz izmerenih vrednosti, prikaz alarmnih poruka, zapisivanje sistemskih događaja, vreme planera za širok spektar prebacivanja rutina, prikaz i modifikacija podataka vrednosti, prenos alarmnih poruka, izveštaji za sadašnje vrednosti, reakcija procesora, baza podataka za reviziju *V* u skladu sa *Pharma Standard*, integracija nezavisnih sistema i analiza podataka da identifikuje strategije za optimizovanja korišćenja energije.

Primer grafičkog prikaza dat je na slici 4.



Slika 4. Primer grafičkog prikaza [1]

## 4. PROCES KVALIFIKACIJE SISTEMA

Definicije termina koji se koriste u farmaceutskoj industriji:

Kvalifikacija – Proces dokazivanja da bilo koja oprema ili sistem funkcioniše ispravno i kontinuirano daje očekivane rezultate. Sastoji se od Kvalifikacije dizajna (DQ), Instalacione kvalifikacije (IQ), Operacione kvalifikacije (OQ) i Kvalifikacije performansi (PQ).

Validacija – niz aktivnosti koje se sprovode u cilju dokumentovanja dokaza koji pružaju visok stepen sigurnosti da će bilo koja procedura, proces i aktivnost, kontinuirano, voditi do očekivanih rezultata. Validacija obuhvata i kvalifikacije sistema i opreme koje su u ovom

Operativnom postupku posebno obrađene (vidi Kvalifikacija).

Rekvalifikacija – predstavlja aktivnosti koje se sprovode i dokumentuju u cilju dokaza da promene na opremi ili sistemima, koje mogu biti izazvane namerno ili kao posledica korišćenja, ne utiču bitno na pravilno funkcionisanje opreme ili sistema i da su rezultati aktivnosti koji dokazuju pravilno funkcionisanje u granicama prihvatljivosti propisanih i ostvarenih tokom inicijalne kvalifikacije.

### 4.1. Testovi instalacione i operacione kvalifikacije – IQ/OQ

Izbor testova instalacione i operacione kvalifikacije opreme/sistema/postrojenja, vrši Tim za kvalifikaciju, prilikom izrade protokola o kvalifikaciji, a na osnovu zakonske regulative u polju farmaceutske proizvodnje (dobre proizvođačke prakse), zahteva korisnika, određenih operativnih postupaka propisanih od strane Hemofarm-a i preporuka odgovarajućih standarda i smernica.

### 4.2 Testovi kvalifikacije performansi – PQ

Kvalifikacija performansi uključuje testiranja, sa polaznim materijalima (sirovine, ambalaža, oprema koja se sterilize) i gotovim proizvodima koji će biti korišćeni, odnosno proizvođeni i u toku rutinske proizvodnje. Takođe, uključuje testiranja kritičnih parametara rada opreme, sistema ili postrojenja.

Kvalifikacija performansi obuhvata simulacije procesa na opremi, sistemu, postrojenju pri čemu “najgori slučaj” kao i gornji i donji limiti rada opreme, sistema ili procesa moraju da budu obuhvaćeni ovim simulacijama. Može da obuhvati više mašina i sistema koje u skladu sa navedenim zahtevima procesa i testova treba da rade, kontinuirano, u skladu sa unapred utvrđenim specifikacijama.

Tokom pripreme PQ protokola i odabira testova vrši analiza primenljivosti testova, koji zavise od vrste opreme/sistema kao i zahteva regulativa i odgovarajućih standarda za posmatranu opremu/sistem.

PQ testiranje kod KGH sistema bi objedinilo testiranje kritičnih parametara sistema, u zavisnosti od vrste sistema razlikujemo različite kritične parametre:

- Skladišta – temperatura i relativna vlaga
- Kontrolisane, neklasifikovane prostorije – temperatura i relativna vlaga, količina vazduha na ubacivanju, itd.
- Čiste sobe – temperatura i relativna vlaga, količina vazduha na ubacivanju, razlika pritisaka između prostorija, integritet apsolutnih filtera, vizuelizacija strujanja vazduha, verifikacija broja mikročestica, nadpritisak u prostorijama, nivo buke, nivo osvetljenja, vibracije, regeneracija nivoa mikročestica, itd.

## 5. REZULTATI I ANALIZA

U radu će biti predstavljeni i analizirani rezultati testiranja tokom uslovljene rekvalifikacije KGH i CSNU sistema koji snabdevaju čiste sobe pogona sterilnih proizvoda,



odeljenja liofilizata. Rekvalifikacija KGH i CSNU sistema je uslovljena kontrolama izmene:

- Premeštanje odsisne rešetke u prostoriji L07c
- Podela prostorije L23, u dve manje prostorije
- Instalacija sekcije za sušenje vazduha na klima sistemu LK1 vazduha, izmena konfiguracije sistema LK1, instalacija novih terminala za ubacivanje vazduha
- Instalacija novih vrata između prostorija sistema LK1 i izmena kritičnih alarma.

### 5.1. Odabir testova

Odabir testova uslovljene rekvalifikacije je izvršen od strane tima za kvalifikaciju, na osnovu analize uticaja koja je dobijena od strane izvođača radova, u kojoj se navode sve predviđene izmene na sistemu i procenjuje koji delovi sistema bi trebali biti testirani (odn. retestirani).

Spisak odabranih testova je sledeći:

- Oprema i/ili materijal korišćen za testiranje
- Provera glavnih komponenti
- Verifikacija softvera
- Verifikacija kritičnih instrumenata
- Verifikacija nekritičnih instrumenata
- Verifikacija uputstava i tehničke literature
- Provera crteža
- Ostale instalacione provere
- Podaci o filterima
- Test očišćenosti
- Sistemi za napajanje električne energije i rashladne i tople vode
- Odvodi
- Verifikacija ulaza/izlaza
- Provera rada motora
- Provera dokumentacije
- Elektro-mehanički funkcionalni testovi
- Funkcionalni testovi kontrolnog sistema
- Testovi performansi

### 5.2. Izvršavanje testova

Navedene testove izvršavaju određeni članovi tima predviđeni za izvršavanje testova, pri čemu su svi rezultati testiranja dodatno proveravaju od strane članova tima koji su zaduženi za pregled izvršenih testova.

Na slici 5 dat je primer izvršavanja funkcionalnog testova kontrolnog sistema - Provere alarma.

Component designation	Alarm designation	Alarm generation description	Generated signal (Circle out)	Delay	Alarm Activated (Yes/No)	Alarm Message	No/D / N/A	Initial / Date
<b>LK3 Critical Rel. Humidity</b>								
LK3-BTH2	LK3TRH122KndH	H ≥ 65 % Generate voltage signal of 6.6V (65%) on sensor LK3-BTH2 connection.	Digital Analog Physical value	Designed Set 2 sec.	YES	LK3 ALARM / TEMPERATURE / CS HUMIDITY ALARM WAGE.	N/A	TK 08.12.2017
<b>LK3 Non-Critical Rel. Humidity</b>								
LK3-BTH2	LK3TRH122Ujell	RH < 30 %RH, RH ≥ 64 %RH Generate voltage signals of 2.9V (20%) and 6.5V (65%) on sensor LK3-BTH2 connection.	Digital Analog Physical value	Designed Set 2 sec.	YES	LK3 ALARM / WAGE / CS TEMPERATURE WAGE / ALARM WAGE / WAGE.	N/A	TK 08.12.2017
LK3-BTH5	N/S	RH < 30 %RH, RH ≥ 64 %RH Generate voltage signals of 2.9V (20%) and 6.5V (65%) on sensor LK3-BTH5 connection.	Digital Analog Physical value	Designed Set 2 sec.	YES	LK3 ALARM / WAGE / CS TEMPERATURE / CS HUMIDITY ALARM WAGE.	N/A	TK 08.12.2017

Slika 5. Primer izvršavanja funkcionalnog testova kontrolnog sistema - Provere alarma

### 5.3. Analiza rezultata

Nakon izvršenih testiranja, vrši se pregled rezultata, gde vrši upoređivanje očekivanih i dobijenih rezultata. U slučaju da su rezultati unutar očekivanih vrednosti i u kriterijumu prihvatljivosti, može se zaključiti da su navedena testiranja izvršena bez pojave odstupanja i da se posmatrana oprema ili sistem može koristiti za dalje kvalifikacije ili rutinsku upotrebu.

Prilikom izvršavanja uslovljene rekvalifikacije, kojom su pokriveni instalacioni i operacioni testovi, kao i testovi performansi KGH i CSNU sistema u pogonu sterilnih proizvoda odeljenja liofilizata, Hemofarm A.D. Prokomentarisani su svi rezultati zajedno sa njihovim kriterijumima prihvatljivosti. Prilikom izvršavanja protokola o rekvalifikaciji, javilo se jedno odstupanje, kao i par grešaka koje nemaju praktičnog uticaja na sam rad i funkcionisanje sistema, pri čemu su svi ostali rezultati zadovoljili svoje kriterijume prihvatljivosti, preporukom tima za Validaciju sistema, posmatrani KGH i CSNU sistem odeljenja liofilizata u pogonu sterilnih proizvoda, može nesmetano da se koristi narednih godinu dana, od datuma pregleda rezultata.

## 7. ZAKLJUČAK

Farmaceutska industrija je samo jednu u nizu za koju je funkcija KGH i CSNU sistema bitna. Gotovo nijedan objekat danas ne može da se zamisli bez KGH sistema, pri čemu je CSNU dobrodošao. Još uvek se radi na razvoju ovih sistema, iako su na mnogim poljima razvijeni do zavidnih granica. Ovo je sigurno sistem koji će još dugo imati nezamenljivu ulogu kada su u pitanju povoljni uslovi što se klimatizacije, grejanja i hlađenja tiče, u prostorijama različitih svrha.

## 7. LITERATURA

- [1] Siemens Schweiz AG, „Desigo PX Automation system for HVAC and building services“, Steinhausen, Switzerland, 2015.
- [2] M. Todorović, „Energetska efikasnost sistema grejanja i klimatizacije“, Mašinski fakultet, Beograd, 2011.
- [3] B. Todorović, „Klimatizacija“, SMEITS, Beograd, 2009.
- [4] S. Jovanović, M. Stefanović i M. Matijević, „Koncepti automatizacije zgrada“, Festival kvaliteta, ISBN: 978-86-86663-52-8, 37. Nacionalna konferencija o kvalitetu, str. 592 – 598, 2010.

### Kratka biografija:



**Srđan Gojkov**, rođen je u Vršcu 1988. god. 2012. godine je diplomirao na smeru: Mehatronika u mehanizaciji. Od 2015. god. radi na poziciji višeg stručnog saradnika za validaciju sistema u Hemofarmu A.D. Vršac. Master rad, iz oblasti Mehatronika, odbranio je u 2016. godini.

**AUTOMATIZOVANA INDETIFIKACIJA REFLEKSIJA TOPLOVODA U BETONSKIM KORITIMA I ESTIMACIJA DIMENZIJA KANALA SA RADARGRAMA****AUTOMATIZED IDENTIFICATION OF REFLECTIOS OF HEATING PIPELINES IN CONCRETE CANALS AND ESTIMATION OF CANAL DIMENSIONS FROM RADARGRAMS**

Davorin Kosanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratik sadržaj** – U radu opisan je proces obrade i analize radargrama nastalog primenom Ground Penetrating Radara. Predprocesing radargrama izvršen je u programu matGPR koji funkcioniše u MATLAB okruženju. Predprocesuiran snimak podvrgnut je vremensko-spektralnoj analizi na osnovu koje je izvršeno izdvajanje dela radargrama koji sadrži refleksije betonskog kanala. Iz dobijenog binarnog snimka izvršeno je izdvajanje ivica primenom canny algoritma. Piksel, koji čine refleksiju izdvajaju se primenom Hough-ove transformacije. Formiranje linija koje definišu ivice betonskog kanala rezultat su funkcija Hough peaks i Hough lines. Analizom rezultata ustanovile se kojem tipu kanala refleksije pripadaju.

**Abstract** – This paper describes methods of processing and analyses radargram generated by using Ground Penetrating Radar. Preprocessing of radargram was made in program matGPR who works in the MATLAB environment. That preprocessed image is exposed to temporal-spectral analysis on the basis of which is separated part that contain useful reflections of concrete canal. The resulting binary image was subjected to detection technique of points that belong to the reflection using Hough's transformation. The formation of the lines defining the edges of the concrete channels are the result of a function Hough peaks and Hough lines. The analysis results are set up which type of channel reflection belong.

**Gljučne reči:** Radargram, refleksija, Canny, Hough

**1. UVOD**

Geodezija je jedna od najstarijih ljudskih delatnosti, temeljna zadaća bila je izmera zemljišta radi utvrđivanja granica i površina poseda te njihov prikaz na kartama i planovima. Poslednjih nekoliko decenija svedoci smo intenzivnog razvoja tehnologije. Kao rezultat toga nove metode prikupljanja, brža i kompjuterizirana obrada podataka doprineli su češćoj primeni georadara. Georadar je tehnologija koja služi za detekciju podzemne infrastrukture. Primena georadarske metode izvorno su bile vojne prirode, no danas se intenzivno koriste u rasponu od graditeljstva, arheologije, pa sve do istraživanja i kontrole struktura zgrada, mostova i saobraćajnica (temelja, nosivih zidova, položaja armaturne mreže, detekcija vlage i dr.). Georadar se također često naziva i GPR (Ground Penetrating Radar).

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Aleksandar Ristić.**

Detekcija podzemne infrastrukture obično podrazumeva detektovanje instalacija (vodovod, kanalizacija i sl.) koje je potrebno locirati, bilo zbog predostrožnosti ili mogućeg nanošenja štete pri raznim zemljanim radovima ili same evidencije u katastru vodova. Ovakvi objekti se na radargramu manifestuju u različitim oblicima.

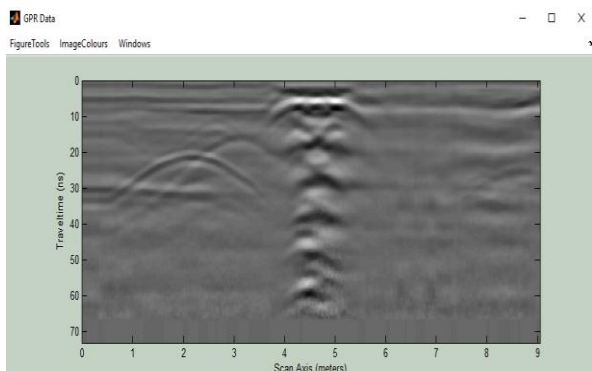
Ovaj rad bavi se identifikacijom refleksije toplovoda u betonskim kanalima i estimacija dimenzija kanala sa radargrama. Metoda prikupljanja podataka uzrokuje pojavu mnoštva suvišnih informacije koji se mogu pogrešno protumačiti kao refleksije od značaja ili mogu svojom pojavom prekriti neke druge bitne informacije na radargramu. Za što tačnije rezultate potrebno je izvršiti predprocesing radargrama, u kome se uklanjaju šumovi, suvišne refleksije i vrši se izostravanje slike radi daljnje analize. Predprocesing vrši se u programu matGPR koji funkcioniše u MATLAB okruženju. Predprocesiran radargram je binarna slika koja je podvrgnuta vremensko-spektralnoj analizi na osnovu koje je izvršeno izdvajanje dela radargrama koji sadrži refleksije betonskog kanala. Primenom Canny algoritma detektovane su ivice, a primenom Hough- ransformacije izdvajaju se pikseli koji pripadaju refleksiju betonskog korita.

**2. PREDPROCESIRANJE RADARGRAMA**

MatGPR pruža mnoštvo alata za obradu radargrama. U svrhu što tačnijih rezultata pristupilo se uklanjanju *time-zero* ofset-a. Time-zero ofset je deo reflektovanog signala od emitterskog dela antene do površine zemljišta i predstavlja smetnju za analizu ostatka refleksije, odnosno veštački uvećava relativnu dubinu detektovanog objekta. Pomoću funkcije *Adjust Singal Position* ispravno određujemo početnu ravan od koje se meri dubina do podzemnog objekta. Kako bi se smanjio uticaj šuma, vrši se filtriranje *median* filterom u vremenskom domenu. Korišten je prozor veličine 10 odbiraka koji se kreće kroz podatke i centralnom odbirku dodeljuje vrednost srednje vrednosti obuhvaćenog skupa skenova. Ovim procesom se eliminišu slučajne greške koje predstavljaju nagle promene u signalu (šum visoke frekvencije). Nedostatak ovakvog filtriranja je neizbežno degradiranje ivica, te je potrebno pronaći kompromis između smanjivanja šuma i „zamućivanja“ ivica.

*Background clutter removal*, eliminiše suvišne refleksije i slične smetnje koje se ponavljaju kroz skenove kao što su površinska refleksija, *system ringing* ili *coupling pulse*. Filtriranja podrazumeva pronalaznje srednjeg skena koji se dobija sumiranjem odgovarajućih semplova svih skenova i deljenjem sa ukupnim brojem skenova

(prosečna vrednost sempla). Pronalaženje srednje vrednosti skena naziva se i steking (stacking), a njim se naglašava koherentni signal a smanjuje slučajni promenljivi signal ili šum. Potom se dobijeni srednji sken oduzima od svakog skena posebno. Rezultati preprocesinga vidljivi su na slici 1.



Slika 1. Radargram nakon obrade u matGPR

### 3. SELEKCIJA DELOVA RADARGRAMA

Tokom prikupljanja i formiranja radargrama na terenu izvršeno je snimanje većeg dela medija u kojem se nalazi toplovodna instalacija. Selektovanje tj izdvajanje delova radargrama koji su od interesa za analizu vrši se pomoću vremensko-frekvencijske analize.

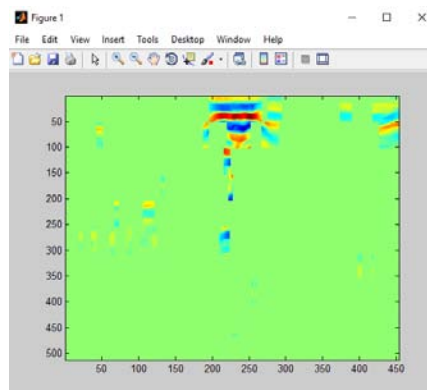
Zbog važnost informacija iz oba domene pri analizi je potrebno koristiti transformaciju koja će povezati i vremenski i frekvencijski domen. Primenom kratkotrajne Furijeove transformacije (*Short Time Fourier Transformation*) formiramo prozor koji će povezati vremensku i frekvencijsku domenu. Ovakva transformacija uvodi zavisnost frekvencije od vremena tako što filtrira signal u svim vremenima, tj. vremenima uslovljenim veličinom prozora, sa *band-pass* filterom centriranim nad svakom pojedinom frekvencijom i čiji impulsni odziv jeste odziv funkcije prozora.

Dimenzije prozora se određuje kod analize radargrama može se izračunati direktno iz a priori poznatih informacija o signalu koje se odnose na uređaj za samu akviziciju podataka i podešavanja pri prikupljanju istih. To su centralna frekvencija antene ( $A_f$ ), vreme dvostrukog puta koje predstavlja granicu snimanja, izraženo u ns (*range*) i broj semplova u svakom skenu ( $b$ ). Optimalna veličina prozora računa se tako da obuhvati dva kompletna perioda centralne frekvencije antene ( $T_{ant}$ ) pri povratku signala, a dobija se kao:

$$win = 2 \cdot T_{ant} = \frac{2 \cdot b}{A_f \cdot range} \dots\dots\dots(1)$$

Rezultat Fourier-ove transformacije su spektrogrami svih skenova u radargramu, a oni su iskorišteni za kreiranje dva snimka: magnitudskog i frekvencijskog snimka. Informacije koje nose snimci koriste se pri kreiranju maske, koja će sa radargrama izdvojiti samo one delove koji, na osnovu spektralnih karakteristika, potencijalno sadrže korisnu refleksiju.

Pri kreiranju maske, u obzir su uzete sve tačke radargrama čije su magnitude minimalno 50% vrednosti maksimalne magnitude na magnitudskom snimku i čije se frekvencije nalaze u intervalu od 50-250 MHz, a rezultat primene maske vidljiv je na slici 2.



Slika 2. Radargram nakon primene maske za izdvajanje oblasti od interesa

### 4. DETEKCIJA IVICA

Deo radargrama koji sadrži informacije o betonskom kanalu uspešno je izdvojen od ostatka radargrama u postupku selekcije delova radargrama. Sledeći korak u analizi je izolovanje elemenata koji sadrže informacije o lokaciji objekta i izdvajanje istog od pozadine. Za taj postupka izabrana je *Canny* metoda detekcije ivica.

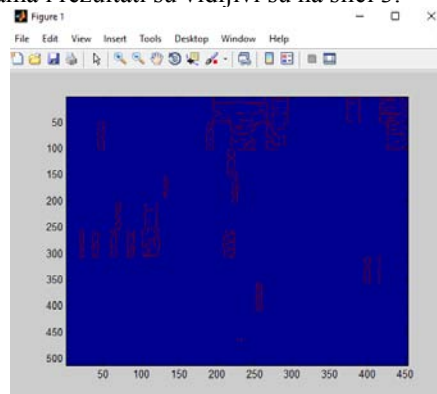
#### Canny algoritam detekcije ivica

Prva faza Canny algoritma podrazumeva eliminaciju šuma konvoluiranjem maske Gausovog filtera i radargrama. Nakon filtriranja, u sledećem koraku računa se gradijent radargrama.

Pri računanju gradijenta koristi se *Sobel*-ov operator. *Sobel* operator koristi par konvolucionih maski veličine 3x3 piksela za računanje gradijenta u horizontalnom i vertikalnom pravcu.

Ukupna snaga ivice zavisice od gradijenata u oba pravca, a smer se računa kao arkustangens količnika vertikalnog i horizontalnog gradijenta.

Nakon primene ove tehnike, ivice će biti predstavljene samo tankim linijama. Svaki piksel koji ima vrednost veću od visokog praga smatra se pikselom ivice. Bilo koji piksel koji se nalazi pored takvog piksela, treba da ima vrednost veću od niskog praga da bi se proglasio za piksel ivice. Rezultati primene Canny algoritma je binarizacije radargrama i rezultati su vidljivi su na slici 3.



Slika 3. Radargram nakon primene maske za izdvajanje oblasti od interesa

## 5. DETEKCIJA LINIJA

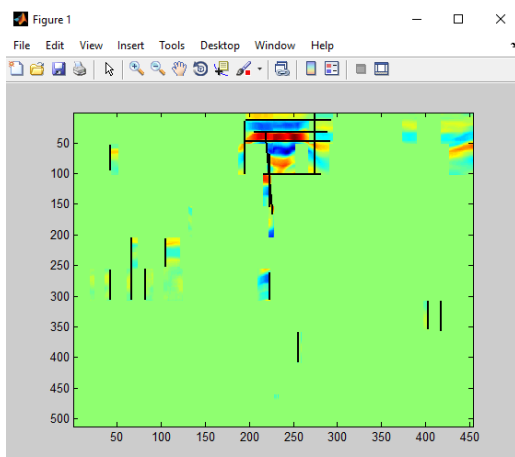
*Hough*-ova transformacija bavi se detekcijom linija na preprocesuiranom radargramu tj. binarnog prikaza radargrama. Hough transformiše svaku tačku radargrama u procesni prostor koji je definisan parametrima  $\rho$  i  $\theta$ , ugao  $\theta$  koji je ugao linije gledano na osu  $x$ ,  $\rho$  je okomita udaljenost od ishodišta na liniju. U procesnom prostoru vrši se analiza svakog piksela, u slučaju da piksel odgovara traženim parametrima poredi se sa susjednim pikselom i vrši se provjera postojanje šanse da pripadaju istoj refleksiji (liniji). Za detekciju segmenata svake linije potrebno je definisati redove i kolne svake osi nastale Hough-ovom transformacijom za tu opciju koristili smo MATLAB funkcija `houghpeaks`.

$$P = \text{houghpeaks}(H, \text{numpeaks}) \dots \dots \dots (2)$$

*Hough peaks* funkcija zadužena je da sortira novonastale piksele *Hough*-ove transformacije i dodeli im vrednosti koordinate za svaku osu ( $x, y$ ). Parametar ove funkcije je i broj piksela koji se uzimaju u obzir tj. funkcija će tražiti slične piksele koji se nalaze u okruženju i za njih dodeliti iste vrednosti. Formiranje linije spajanjem segmenata iste vrednosti vrši se uz pomoć funkcije `hough lines`.

$$\text{lines} = \text{houghlines}(R, \theta, \rho, P) \dots \dots \dots (3)$$

Formiranje linije bazira se na spajanju piksela određene vrednosti. Parametar  $R$  je predmetni radargram,  $\theta$  i  $\rho$  su vektori i  $P$  je broj piksela u okruženju koji se uzimaju u obzir. Slika 4. prikazuje rezultate obrade radargrama za cev DN250. Kao podloga na slikama nalazi se konačni oblik binarizovanog radargrama dobijen opisanim preprocesuiranjem. Na slici detektovane line definisane su u koordinatnom sistemu.



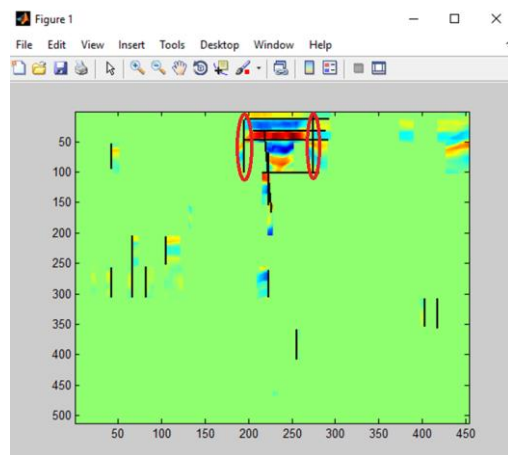
Slika 4. Rezultati primene Hough funkcija na predmetni radargram

U slučajevima gde sa sigurnošću možemo da tvrdimo da dve odvojene linije treba da budu jedana MATLAB pruža opciju da te linije spojimo i u daljnjoj analizi imamo postojanje samo jedne linije. Naredbe `'FillGap'` dodaje pozitivni realni skalar vrijednosti koja određuje udaljenost između dva segmenta linije povezane s *Hough* transformacijom. Kada je udaljenost između linija segmentima manja vrijednost navedena funkcija spaja segmente linije u jednu liniju segmenta. Zadana vrednost

je 20 dok `'MinLength'` dodaje pozitivni realnu skalarnu vrijednost koja određuje hoće li se spajanje linija izvršiti ili odbaciti. Linije kraći od specificirane vrijednosti se odbacuju. Zadano: 40. Primer naredbe vidimo na pozivu funkcije:

$$\text{lines} = \text{houghlines}(BW, T, R, P, 'FillGap', n, 'MinLength', m) \dots \dots \dots (4)$$

Dugogodišnje iskustvo, poznavanje tehnologije i terena potrebno je za donošenje ispravnih zaključaka nakon obrade radargrama. Za estimaciju dimenzija betonskog kanala potrebno je izdvajanje linije koje su od važnosti za dobijanje što tačnijih rezultata. Na slici 5 prikazane su linije od interesa za dobijanje širine betonskog kanala u koji je polegnuta cev tipa DN250.



Slika 5 linije od interesa za estimaciju širine betonskog kanala

Širina kanala definisana je u  $x$ -osi. i dobija se dužimanjem vrednosti koordinate  $x$  linije broj 13 od linije broj 14. Moramo uzete u obzir da je vrednost jednog odoeka na  $x$  osi vrednosti 2 i rezultat razlike  $x$  koordinate moramo uvećati dva puta. Vrednosti koordinata smeštene su u tabelama u kojoj je za svaku liniju određena početna i završna koordinata, udaljenost od ishodišta procesnog prostora i ugao pod kojim se nalazi lini u odnosu na  $x$  osu. Primer jedne tabele sa informacija o linijama prikazan je na slici 6.

lines	point1	point2	theta	rho
1	[274, 102]	[282, 102]	-90	-101
2	[97, 252]	[97, 306]	0	66
3	[193, 47]	[262, 47]	-90	-46
4	[43, 53]	[43, 96]	0	42
5	[43, 237]	[43, 307]	0	42
6	[196, 13]	[285, 13]	-90	-12
7	[223, 69]	[223, 156]	0	222
8	[223, 262]	[223, 307]	0	222
9	[206, 32]	[206, 32]	-90	-31
10	[418, 308]	[418, 257]	0	417
11	[258, 318]	[258, 406]	0	255
12	[82, 256]	[82, 307]	0	81
13	[197, 14]	[197, 101]	0	194
14	[274, 2]	[274, 102]	0	273
15	[193, 208]	[193, 253]	0	194
16	[442, 308]	[442, 353]	0	442
17	[218, 32]	[226, 167]	-3.5000	214.9000

Slika 6 Tabela sa podacima linija sa analiziranim radargramu

Za analizu cevi koja se nalazi u betonskom kanalu važna nam je i dubina kanala u koji je cev smeštena. Dubina kanala definisana je duž  $Y$ -osi i u ovom slučaju dobija se oduzimanjem vrednosti koordinate  $Y$  linije broj 6 od linije broj 1.

Direktnim merenjima na terenu ustanovilo se da dimenzije kanala mogu da ostupaju od 5-10cm u odnosu na projektovane dužine. Širina detektovanog kanala iznosi 154cm a projektovanog 145cm, dubina iznosi 89cm, projektovana 85cm. Rezultati obrade predmetnog radargrama ulaze u dozvoljena odtupanja.

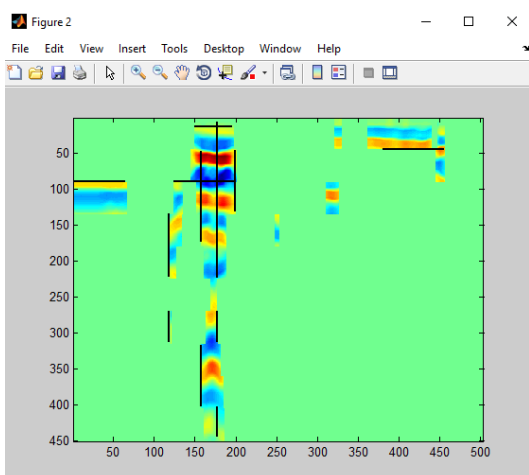
## 6. TESTIRANJE TEHNIKE NA DRUGOM RADARGRAMU

Funkcionalnost ove metode na testirana je na radargramima koji sadrži refleksije betonskih kanala čije su dimenzije prikupljene direktnim merenjima na terenu.

Testiranje metoda izvršeno je na radargramima za tip cevi DN65 i DN80. Ovi radargrami podvrgnuti su standardnom preprocesiranju koje obuhvata uklanjanje time-zero ofseta, filtriranje putem median i background removal filtera. Podvrgnuti su analiza u vremensko-spektralnom domenu (kratkovremenska Furijeova transformacija).

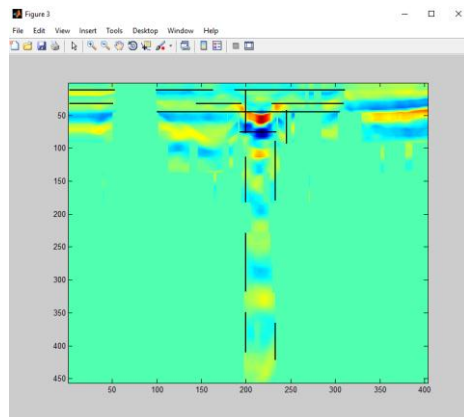
Na osnovu informacija magnitudske i frekvencijske slike i informaciji o centralnoj frekvenciji antene (tj. intervalu očekivanih frekvencija korisnih refleksija), kreirane su spektralne maske pomoću kojih se izdvajaju oblasti radargrama koje potencijalno sadrže traženu refleksiju. Na radargram sa kojeg su uklonjene suvišne informacije podvrgnut je prethodno opisanoj metodi detekcije ivica. Nakon primene Canny metode ivice su predstavljene tankim linijama.

Dalje se primenjuje histerezis, kako bi se sprečilo prekidanje linija koje definišu ivicu. Primenom Hough transformacije pristupilo se detekciji vrednosti pikcela koji definišu refleksije (ivice) betonskog kanala. Funkcijama houghpeaks i houghlines pikseli su sortirani i dodeljena im je vrednosti koordinate za svaku osu (x,y) i spajanjem piksela određene vrednosti dobijeni su rezultati prikazani na slici 7 i 8.



Slika 7 Prikaz detektovanih ivica za betonski kanal u koji je polegnuta cev DN80

Rezultati obrade radargrama su dimenzije kanala približne vrednosti projektovanoj u granicama odstupanja merenih od projektovanih dimenzija. Dimenzije betonskog kanala za tip cevi DN80 analizirano 86x76cm projektovano je 90x75cm. Dimenzije betonskog kanala za tip cevi DN65 analizirano 88x62cm projektovano je 90x65cm.



Slika 8 Prikaz detektovanih ivica za betonski kanal u koji je polegnuta cev DN60

## 7. ZAKLJUČAK

Na kraju se može utvrditi da se primena opisanih metoda i algoritama može koristiti kao dosta uspešan način estimacije dimenzija betonskog korita u kojeg je postavljena toplovodna cev. Za poboljšanje metode analize potrebna su dalja testiranja i istraživanja kako bi se sa sigurnošću ustanovilo šta sve i u kojoj meri utiče na tačnost izračunavanja dimenzija kanala. Uspešnost ove metode je na radargramima gde su razlike dimenzija betonskih kanala dosta velike. Dok u slučajevima gde su dimenzije betonskih kanala male, rezultati su bile približne vrednosti iz tog razloga određivanje dimenzija betonskog kanala nije davalo sigurne rezultate. Poboljšanje maske, metode detekcije ivica doprinelo bi i tačnijim rezultatima automatizovane identifikacije refleksija toplovođa u betonskim kanalima i estimacija dimenzija kanala sa radargrama

## 8. LITERATURA

- [1] - MATLAB User Manual
- [2] - MatGPR User Manual
- [3] - JW. Al-Nuaimy et al (1999): Automatic detection of buried utilities and solid objects with GPR using neural networks and pattern recognition, Journal of Applied Geophysics 43 (2000) 157-165
- [4] - W. Al-Nuaimy (1999): Automatic feature detection and interpretation in Ground Penetrating Radar data
- [5] - S. G. Sun, J. Wang, A. W. Miao, W. B. Liu, "Research and Application of GPR in Detection of Heating Pipelines on Complex Highway", Advanced Materials Research, Vols. 732-733, pp. 138-143, (2013)

### Kratka biografija:

**Davorin Kosanović** rođen u Vukovaru 1986. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije i geomatike na temu „Primena georadara za izradu posebne geodetske podloge“ odbranio je 2013. godine.

**AUTOMATIZOVANA DETEKCIJA REFLEKSIJA TOPLOVODNE INFRASTRUKTURE  
U RADARGRAMIMA****AUTOMATIC DETECTION OF HOT WATER PIPELINE INFRASTRUCTURE  
REFLECTIONS IN RADARGRAMS**Miloš Stojiljković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je objašnjen postupak automatske detekcije refleksija toplovodnih instalacija u radargramima korišćenjem CascadeObjectDetector aplikacije u okviru "MatLAB" paketa. Kreirane su obučavajuće mreže za dva tipa toplovodnih instalacija. Zadatak je bio ispitati da li se na ovaj način mogu detektovati ovako kompleksni objekti.

**Abstract** – This paper explains the procedure of automatic detection of hot water pipeline reflections in radargrams using CascadeObjectDetector application within "MatLAB" software. Training sets for two types of hot water pipelines were made. The objective was to question if such complex objects could be detected this way.

**Ključne reči:** GPR, hot water pipeline, automatic detection

**1. UVOD**

Tehnologija skeniranja georadarom (eng. GPR - Ground Penetrating Radar) je neinvazivna geofizička metoda lociranja i pronalaženja podzemnih instalacija kao i određivanja karakteristika zemljišta [1]. Koristi elektromagnetno zračenje u mikrotalasnim opsezima radijskog spektra i detektuje odbijene signale od struktura pod zemljom. Može da se koristi za detekciju različitih podzemnih instalacija, a u ovom radu korišćena je u svrhu detekcije toplovodnih instalacija položenih u zemljani rov i betonski kanal.

**2. TOPLOVODNA MREŽA**

Toplovodna mreža je deo daljinskog sistema grejanja i predstavlja hijerarhijski uređen sistem cevovoda i merno regulacionih uređaja koji povezuje proizvodni izvor i krajnjeg korisnika. Sistem se sastoji od tri elemenata: izvora toplote, mreže za distribuciju i toplopredajne stanice. Mreža za distribuciju se sastoji od para cevi, za slanje i vraćanje medijuma. A medijum koji se najčešće koristi je vruća voda pod pritiskom ili vodena para.

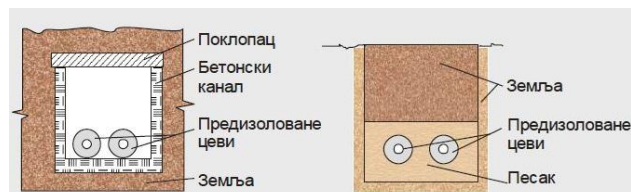
**2.1. Tipovi toplovoda**

Na terenu se mogu naći dva tipa toplovodnih instalacija. Noviji tip, koji se danas koristi, su predizolovane čelične cevi položene u zemljani rov i stariji, najčešće za vlažna zemljišta, tip toplovodnih cevi položenih u betonski kanal (slika 1).

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Aleksandar Ristić.**

Kao izolacija kod predizolovanih cevi najčešće se koristi staklena vuna ili lebit, mada može se naći i PUR pena.

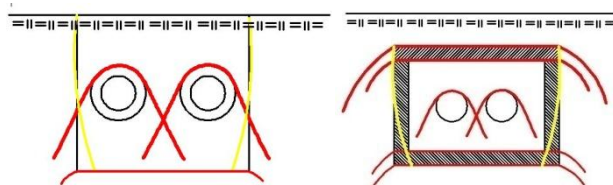


Slika 1. Dva tipa toplovodnih instalacija

**2.2. Očekivani rezultati detekcije**

Za refleksiju toplovodnih cevi položenih u zemljani rov (slika 2 levo) očekuju se samo hiperbolične refleksije dobijene od cevi, sa mogućom interferirajućom hiperboličnom refleksijom između njih. Međutim, manja refleksija može da se očekuje i od ivica rova, s obzirom da se unutrašnjost često ispunjava peskom.

Kod betonskih korita međutim, pored refleksija od cevi, očekuju se refleksije poklopa i dna korita imajući u vidu da su od armiranog betona okruženi zemljom (slika 2 desno). U skladu sa tim, usled karakteristika antena georadara, velika je verovatnoća da će se sa antenama više i srednje frekvencije, dobiti samo refleksija poklopa betonskog kanala. Sa antenama niže frekvencije za očekivati je da postoji mogućnost dobijanja refleksije cevi unutar korita.



Slika 2. Primer očekivane detekcije

**3. NEURONSKE MREŽE**

Neuronske mreže predstavljaju jednu od metoda veštačke inteligencije. Umesto što konceptualizuju problem u matematičkoj formi, neuronske mreže koriste principe ljudskog mozga i njegove strukture, kako bi razvile strategiju procesiranja podataka, tj. razvijene po ugledu na mozak čoveka i rade na istim principima [2].

Po arhitekturi, neuronske mreže se razlikuju prema broju neuronskih slojeva. Najpoznatija neuronska mreža sa jednim slojem je **jednoslojni perceptron**. Kod mreža sa više slojeva, obično svaki sloj prima ulaze iz prethodnog sloja, a svoje izlaze šalje narednom sloju. Prvi sloj se

naziva ulazni, poslednji je izlazni, ostali slojevi se obično nazivaju skrivenim slojevima. Jedna od najčešćih arhitektura neuronskih mreža je mreža sa tri sloja.

#### 4. CASCADE TRAINER

Cascade object detector može da detektuje objekte čije se proporcije (aspect ratio) ne razlikuju značajno. U tu grupu spadaju i hiperbole, dobijene refleksijom elektromagnetnih talasa od podzemnih vodova [3].

Obuka kaskadnog klasifikatora zahteva set pozitivnih i set negativnih uzoraka. Mora se obezbediti skup pozitivnih uzoraka, sa oblastima od interesa namenjenih za pozitivne uzorke.

##### 4.1. Modeli za obuku

Podaci koji se mogu koristiti za obuku mogu se svrstati u tri modela u okviru *Train Cascade Object Detector*:

- Haar
- LBP - Local Binary Patterns
- HOG - Histograms of Oriented Gradients

Haar i LBP modeli su u prošlosti korišćeni uglavnom prilikom detekcije lica. Oni funkcionišu korektno za objekte predstavljene finim teksturama. HOG model je, sa druge strane, korišćen za detekciju objekata poput vozila ili figure ljudi i on je koristan za snimanje celokupnog oblika objekta koji se detektuje. Ovaj model je korišćen i u ovom radu.

##### 4.2. Podešavanje parametara

Prilikom obučavanja skupova za automatsku detekciju, parametri su podešavani tako da se dobiju optimalni rezultati za radargrame koji su analizirani. Korišćeni parametri sa opisom rezultata prikazani u sledećim tabelama za jedan i drugi obučavajući skup.

Tabela 1. Cevi položene u betonski kanal

False alarm rate	True positive	No. of stages	Model	No. of negative samples
0,44	0,995	10	HOG	4

Tabela 2. Cevi položene u zemljani rov

False alarm rate	True positive	No. of stages	Model	No. of negative samples
0,40	0,995	9	HOG	1

#### 5. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Softverska obrada radargrama je izvršena u softveru za prikaz, filtriranje i obradu radargrama – *Radar Data*

*Analyzer* (RADAN). Od mnoštva funkcija u RADAN-u, u okviru ovog istraživanja, korišćene su standardne procedure obrade.

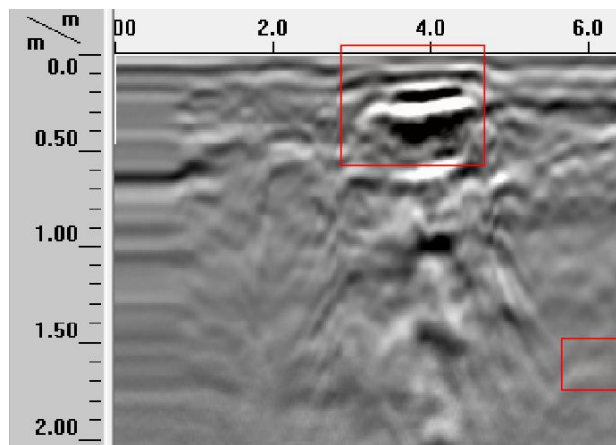
Kao rezultat primene obučavajuće mreže za prepoznavanje objekata od interesa dobija se matrica koja je nazvana bbox. U njoj su sadržane sve informacije koje se odnose na rezultujuće okvire - boundary boxes (dobijeni pravougaonici).

Dimenzije cevi su takođe uticale na samu akviziciju podataka. Nakon odabira cevi različitih prečnika na više lokacija, donešena je odluka da se u ovom radu koriste cevi srednjeg i većeg prečnika, koji uključuju cevi prečnika 65, 80, 100, 125, 150, 200 i 250 mm.

##### 5.1. Analiza obučavajućeg skupa za detekciju toplovoda u betonskom kanalu

Analizirani su pozitivni i lažni (negativni) uzorci. Pod pozitivnim uzorkom podrazumeva se radargram na kome se nalazi objekat pretrage što je u ovom slučaju toplovodna instalacija u betonskom kanalu. Lažni uzorak predstavlja radargrame na kojima se ne nalazi objekat pretrage, već neki drugi objekti ili pak nijedan.

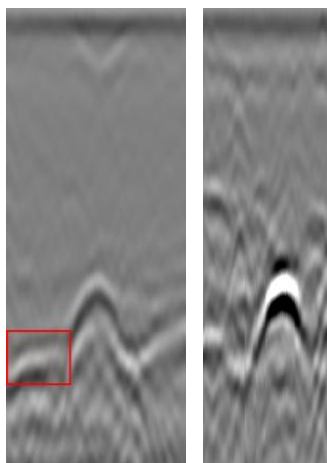
**Prilikom analize radargrama sa pozitivnim uzorcima**, na kojima postoje cevi položene u betonski kanal, rezultati su davali veliki procenat uspešne detekcije. Na većini radargrama korišćenih u analizi postoji poneki lažni detektovani okvir bbox-a koji sadrži uglavnom neki šum ili sloj zemljišta pogrešno detektovan kao tražena refleksija. Na slici 3 prikazani su rezultati detekcije na jednom od radargrama korišćenim u analizi.



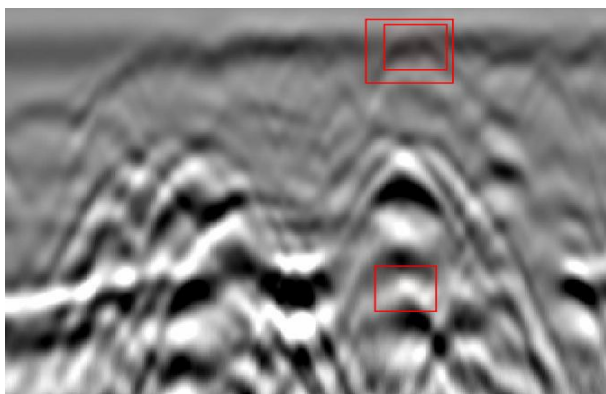
Slika 3. Primer dobre detekcije pozitivnog uzorka

**Što se tiče lažnih uzoraka**, na radargramima sa slike 4, dobijeni su dobri rezultati. Na njima postoji samo jedan rezultujući okvir koji najverovatnije predstavlja sloj zemljišta, dok na ostalima nije pronađena nijedna refleksija.

Na primerima toplovodnih instalacija položenih u zemljani rov, dobijeni rezultati za ovaj obučavajući skup pokazuju da se može desiti da se pogrešno detektuje neki sloj zemlje. Ipak, toplovodne cevi u paru, položene u zemljani rov, nisu detektovane, što je za ovu obučavajuću mrežu i bio zadatak (slika 5)



Slika 4. Dobri primeri detekcije nad lažnim uzorcima

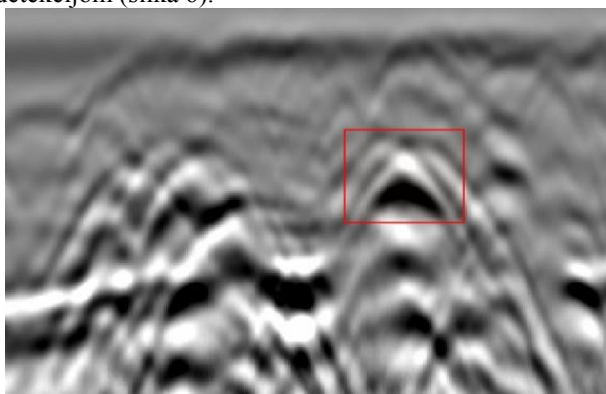


Slika 5. Lažni uzorak radargrama sa toplovodom u zemljanom rovu

### 5.1. Analiza obučavajućeg skupa za detekciju toplovoda u zemljanom rovu

U slučaju obučavajućeg skupa za automatsku detekciju toplovdnih cevi položenih u zemljani rov veliki deo uzoraka u analizi je dao dobre rezultate.

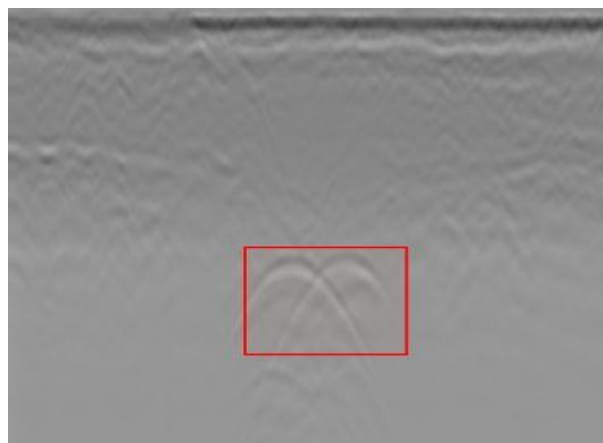
Kod radargrama na kojima se nalaze toplovdne cevi položene u zemljani rov, automatizovana detekcija je uspešno prepoznala objekat od interesa. Međutim, na nekim uzorcima je bilo rezultata sa ponekom lažnom detekcijom (slika 6).



Slika 6. Dobra detekcija dve hiperbole dobijene od toplovdnih cevi

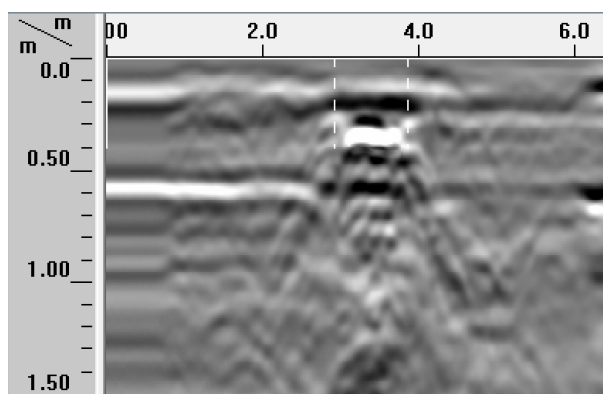
Određeni toplovdni u zemljanom rovu su snimljeni i sa antenom od 900 MHz, i na osnovu tih radargrama

kreirana je nova obučavajuća mreža koja je dala dobre rezultate (slika 7). Ovi rezultati su dobijeni na lokaciji gde je bilo moguće izmeriti dimenzije i utvrditi tip zemljišta pre zatrpavanja cevi i zagrtanja rova.

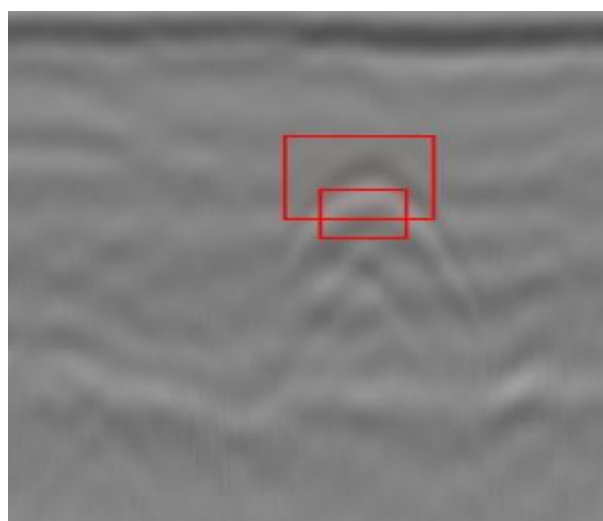


Slika 7. Rezultat detekcije radargrama snimljenih antenom od 900MHz

Na radargramima sa negativnim uzorcima za ovu obučavajuću mrežu nije bilo detekcije lažnih refleksija (slika 8) dok postoje i radargrami na kojima dolazi do detekcije lažnih koje potiču od drugih objekata (slika 9).



Slika 8. Rezultat detekcije radargrama snimljenih antenom od 900MHz



Slika 9. Primer gde je hiperbola pronađena kao par cevi



## 6. DISKUSIJA

Prilikom izrade i realizacije velikog broja projekata, obuhvaćeno je ispitivanje stanja i položaja postojećih podzemnih vodova, u svrhe izgradnje novih objekata, detekcije i sanacije kvarova na vodovima, sprečavanje havarija, dopunjavanje informacija i održavanje katastra vodova.

U poslednjim decenijama je rađeno dosta na detekciji hiperbola algoritmima baziranim na neuronskim mrežama. Međutim sama automatizacija procesa je još uvek nedovoljno razvijena. Pored takvih otežavajućih okolnosti, automatska detekcija toplovodnih instalacija, tj. refleksija jako kompleksnih oblika, još uvek nije ni približno obrađena tema.

Mora se naglasiti da je oblik refleksije koja nastaje od toplovodnih instalacija vrlo kompleksan za detekciju i da je do sada izuzetno malo rađeno na tome. S obzirom na to da su radargrami korišćeni prilikom obuke i analize realni radargrami dobijeni na terenu, u procesu obuke pojavili su se mnogi problemi. Neki od njih su lokacije toplovoda, tip podloge po kojoj se snima, razlika u sastavu zemljišta, uslovi na terenu u toku akvizicije i slično.

Na kraju akvizicije i obrade podataka iz rezultata može se zaključiti da antena od 200 MHz pruža mogućnosti snimanja toplovodnih cevi svih dimenzija a da pritom "izostavi" veći deo smetnji koje nastaju od drugih objekata. Sa antenom od 400 MHz radargrami su podložni uticaju okolnih objekata, te su hiperbole uglavnom nejasne ili nepotpune. Antena od 900 MHz dala je dobre rezultate u homogenom peskovitom zemljištu za toplovodne instalacije u zemljanom rovu.

Zbog svih ovih problema, prilikom realizacije ovog rada, korišćeni su radargrami sa najboljim rezultatima te su obučavajući skupovi bili nedovoljno veliki. I pored toga, dobijeni su zadovoljavajući rezultati kao osnova za dalje proučavanje ove oblasti.

## 7. ZAKLJUČAK

Glavni zadatak je bio odrediti da li su instalacije na radargramima toplovodne ili ne. Napravljene su dve obučavajuće mreže korišćenjem HOG modela koji se pokazao kao najbrži i najefikasniji model za detekciju hiperbola. Jedna obučavajuća mreža fokusirana je na detekciju toplovodnih cevi položenih u betonske kanale, tj. detekciju poklopaca betonskih kanala koji su od armiranog betona, a druga na detekciju toplovodnih cevi položenih u zemljani rov.

Dobijeni rezultati su pokazali da postoji mogućnost za uspešno korišćenje ove metode detekcije i pored malog broja podataka. U pogledu same akvizicije podataka, najbolji podaci dobijeni su antenom niske frekvencije za betonske kanale, dok je za toplovođe u zemljanom rovu najbolje podatke dala antena visoke frekvencije, i to za cevi većeg prečnika. Sa stanovišta detekcije, i jedna i druga obučavajuća mreža su dala dobre rezultate u slučajevima kada se traži tip toplovoda na koji se mreža i odnosi.

Ubuduće bilo bi potrebno ove obučavajuće mreže proširiti što boljim i kvalitetnijim uzorcima za obuku. *Matlab* je prilagodljiv kada se radi o pravljenju novih algoritama. Promenom parametara određene funkcije u okviru *CascadeObjectDetector*-a se uvek mogu promeniti rezultati, a to omogućava pronalazak optimalnog rešenja.

Treba integrisati ovakvu obučavajuću mrežu u algoritam za automatsku detekciju pojedinačnih hiperboličnih refleksija, sa automatizovanim pred-processing metodama. Takođe bi trebalo i omogućiti ekstrakciju dubine, određivanja prečnika instalacije kao i širine kanala.

## 8. LITERATURA

- [1] "Ground Penetrating Radar Fundamentals" by Jeffrey J. Daniels, Department of Geological Sciences, The Ohio State University Prepared as an appendix to a report to the U.S.EPA, Region V Nov. 25, 2000.
- [2] "Neuronske mreže kao metod multivarijacione analize", Aleksandra Fedajev, Vladimir Mihajlović, 2009.
- [3] <http://www.mathworks.com/help/vision/ref/traincascadeobjectdetector.html>, web stranica Train Cascade Object Detector

### Kratka biografija:



**Miloš Stojiljković** rođen je u Nišu 1991. god. Osnovne studije je upisao 2010. godine na smeru Geodezija i geomatika. Master studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije i geomatike upisao je 2014. god.

**EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE GREŠAKA DIGITALNIH NIVELIRA**  
**EXPERIMENTAL TESTING OF DIGITAL LEVELS ERRORS**Željko Čulum, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu je izvršena analiza grešaka pri radu sa optičkim i digitalnim nivelirima. Praktični deo rada obuhvatio je analizu grešaka pri radu digitalnim nivelirima Leica DNA03, terenske kontrole prema ISO standardu, odnosno uticaj fokusiranja na rezultate merenja.

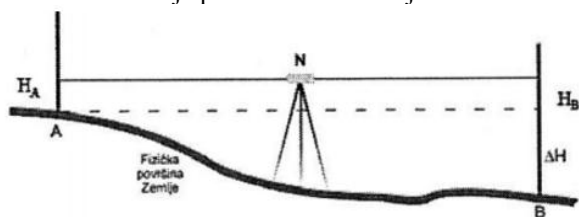
**Ključne reči:** digitalni niveliri, fokusiranje

**Abstract** – The work presents analysis of errors when working with optical and digital levels. Practical part of the work included the analysis of defects in the work of digital Leica DNA03, field control system according to ISO standards, and the impact of focusing on the measurement results.

**Key words:** digital levels, focusing

**1. UVOD**

Određivanje nadmorskih visina na površi zemlje se vrši iz više razloga, počev od izrade geografskih karata na kojima se prikazuje reljef, određivanje apsolutnih visina tačaka za izrade geodetskih mreža na manjim i većim područjima (kontinenta, države, lokalna mreža za izgradnju industrijskih postrojenja). Određivanje nadmorskih visina tačaka na površi Zemlje vrši se korišćenjem nekoliko metoda merenja uz pomoć nekoliko vrsta instrumenata [1]. Priznate metode koje se koriste u geodetske svrhe i mogu postići veliku preciznost su geometrijski nivelman, trigonometrijski nivelman, gps metoda i fotogrametrijska metoda, a od ostalih manje preciznih su barometrijski i hidrostatički nivelman. Princip geometrijskog nivelmana je uspostavljanje horizontalne ravni kroz presečnu tačku horizontalne i vertikalne ose samog instrumenta, a prikazan je na Slici 1. Kada se uspostavi horizontalna ravan onda se vrši očitavanje podele na letvama koje se na određenom rastojanju postavljaju u vertikalni položaj. Razlika rezultata očitavanja podele na letvama je visinska razlika.



Slika 1. Princip geometrijskog nivelmana

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Vladimir Bulatović.

**1.1. Podela nivelmana**

Podela nivelmana je urađena prema potrebnoj tačnosti pa se na osnovu toga može izvršiti podela i nivelmanskih instrumenata i pratećeg pribora.

Podela nivelmana prema tačnosti je nivelman visoke tačnosti (1mm/km), precizni nivelman (2mm/km), tehnički nivelman povećane tačnosti (5mm/km) i tehnički nivelman (8mm/km). U zavisnosti od ove podele odlučuje se o priboru koji je neophodan za uspešan rad. U ovu svrhu proizvođači instrumenata su uspeli da razviju instrumente i pribor koji je razvrstan po kategorijama kako po ceni tako i po tačnosti, a ove dve karakteristike su u tesnoj vezi.

Osim pribora potrebno je odabrati metodu merenja koja će na najekonomičniji način doneti potrebne podatke sa traženom tačnošću. U novije vreme od geodetskih stručnjaka se zahteva da se ne vrše preglomazna merenja u smislu postizanja što veće tačnosti već isključivo da se vrše ciljana merenja, postići minimalnu ali dovoljno potrebnu tačnost u što kraćem vremenskom roku [3].

U svim radovima postoje gornje granice tačnosti i donje granice tačnosti. Gornja granica tačnosti se dosta često ne može dostići a donja granica je granica koju ne bi trebalo prekoračiti pošto je ona definisana metodom merenja [1].

**1.2. Nivelmanske mreže**

Nivelmanska mreža je mreža sačinjena od repera koji su postavljeni na pogodnim mestima a povezani su preko nivelmanskih vlakova u jednu celinu koja predstavlja osnovu za izradu vertikalne predstave terena. U okviru nivelmanske mreže sve tačke su jednoznačno definisane u visinskom smislu.

**2. OPIS INSTRUMENTA**

Za merenja visinskih razlika koriste se instrumenti koji za dovođenje vizure u horizontalan položaj poseduju libelu ili uređaj za dovođenje vizure u horizontalan položaj. Automatsko dovođenje vizure se vrši preko sistema koji je kod različitih proizvođača različito razvijan ali je princip da se vizura dovodi u horizontalan položaj pod uticajem gravitacije. Za očitavanje podele na letvi pri uspostavljenju horizontalnoj vizuri optički instrumenti moraju biti opremljeni uređajem koji se naziva mikrometarski zavrtanj pomoću koga se očitavaju podele manje od podele na letvi. Kod digitalnih instrumenata ceo mehanizam za očitavanje podele na letvi je automatizovan ugradnjom CCD senzora koji omogućuje očitavanje podele na letvi. Sistem očitavanja je osmišljen da se upoređuje slika dobijena skeniranjem bar-kod letve i slika koja je uneta u memoriju računara ugrađenog u

instrument do postizanja identičnosti. Tada se slika pretvara u čitljive informacije koje se prezentuju na displeju instrumenta. Kod svih nivelmanskih instrumenata koji se koriste za izvođenje preciznih radova koriste se durbini sa uvećanjem od 25 do 42 puta sa kojim se obezbeđuju potrebni rezultati pri merenjima. Kod digitalnih instrumenata uvećanje durbina nije od presudnog značaja, s obzirom da se očitavanje letve vrši na drugačiji način. Jedan od predstavnika digitalnih nivelira jeste Leica DNA003. Ovaj instrument prikazan je na Slici 2.



Slika 2 Nivelir Leica DNA003

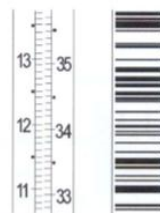
### 2.1. Digitalni nivelir Leica DNA003

Nivelir je opremljen LCD displejem sa 8 linija i 24 karaktera po liniji. Rezolucija ekrana je 144X64 piksela. Displej se nalazi sa leve strane uređaja, u sredini je objektiv a sa desne strane je alfanumerička tastatura koja uz pomoć funkcijskih tastera omogućava komforan rad u terenskim uslovima. Instrument je moguće koristiti u temperaturnom opsegu od -20°C do +50°C. Na prednjoj strani instrumenta ugrađeni su i dugme za uključivanje/isključivanje instrumenta i okno za pogled na centričnu libelu. Na gornjem delu instrumenta je ručica za nošenje na koju je ugrađen i grubi nišan. Sa leve strane se nalazi mesto za memorijsku karticu, koja služi za prenos podataka iz interne memorije instrumenta i bateriju, a sa desne strane instrumenta se nalazi dugme za početak merenja i zavrtnj za fino fokusiranje. Istovremeno sa obe strane nivelira postoje beskonačni zavrtnji za fino pomeranje gornjeg dela nivelira u horizontalnom smislu [5].

### 2.2. Nivelmanske letve

Nivelmanske letve su deo pribora koji je potreban prilikom određivanja visinskih razlika za optičke nivelire a za visokoprecizna merenja koriste se letve sa osnovom koja je od drveta ili neke jake legure metala i invarske pantljičke koja je ugrađena u letvu. Dužine ovih letava su 3 metra ali postoje i letve manjih dimezija. Za optičke nivelire na osnovi letve je naneta podela a u sredine je ugrađena invarska pantljička širine 24 mm. Invarska pantljička je za donji deo osnove letve pričvršćena dok je gornji kraj pomoću zgloba zategnuta oprugom određene sile. Za dovođenje letve u vertikalni položaj koristi se centrična libela a za održavanje u vertikalnom položaju postoje teleskopski držači. Nivelmanska letva sa dvojnogodelom i bar-kod letva su prikazane na Slici 3. Digitalni niveliri koriste invarske letve na kojima je naneta bar-kod podela koja je čitljiva CCD senzorom ugrađenim u nivelir

i koji menja operatera u vršenju očitavanja podele na letvi.



Slika 3 Nivelmanske letve (invarska sa dvojnogodelom – levo i bar-kodirana letva – desno)

## 3. GREŠKE U NIVELMANU

Greške merenja se mogu razvrstati prema izvoru nastajanja (instrumentalne, lične i greške spoljnih uslova), prema zakonitostima njihove pojave (sistematske i slučajne) i po značaju uticaja na tačnost merenja (dominantne i zanemarive) [4]. Pri radu sa digitalnim nivelirima sistematske i slučajne greške se mogu podeliti prema nastanku na:

- greške vezane za instrument (greška uspostavljanja horizontalne vizure, greška referentne slike podele letve u niveliru, nevertikalnost glavne ose nivelira, nestabilnost instrumenta, greške očitavanja letve, uticaj mesta opažaća, vibriranje terena),
- greške vezane za letvu (greška podele letve, greška snimanja podele letve, nepravilnost ravni pete letve na osu letve, neravnost pete letve, nejednakost adicijonih konstanti letve, temperaturne promene letve, nevertikalnost letve, nejednaka osvetljenost letve, promena sile zatezanja pantljičke, spuštanje/izdizanje podmetača za letvu),
- greške vezane za spoljne uslove (uticaj temperature i vlage na instrument, vertikalna refrakcija, smanjena vidljivost likova, treperenje vazduha, vetar, plima Zemlje i rad repera u vertikalni) i
- greške popravaka i greške zaokruživanja rezultata merenja (greške faktora jedinice mere, greške popravaka za refrakciju i greške zaokruživanja rezultata merenja) [6]. Pravilnim rukovanjem instrumentom i metodom rada otklanja se gotovo većina grešaka.

## 4. EKSPERIMENTALNI DEO

### 4.1 Određivanje upravnosti pete letve na osu letve

Nivelir je u radni položaj postavljen na oko 10 m od pobijenog eksera sa sfernom glavom u betonsku podlogu. Letva je u vertikalni položaj postavljena na ekseru vodeći računa da se izvrše merenja na 5 tačaka oslonca (centralni i 4 periferna). Posle tri serije merenja sa promenom visine instrumenta ispitana je i druga letva po istovetnom principu. Rezultati su prikazani u Tabeli 1, a prezentovani su u odnosu na centralni deo pete letve. Na osnovu rezultata i dozvoljenog odstupanja u iznosu od 0,1mm zaključeno je da prva letva nema veća odstupanja od dozvoljenog a da na drugu letvu treba postaviti prsten radi otklanjanja greške ili voditi računa da se pri niveliranju vodi računa o parnosti letava.

Tabela 1. Rezultati dobijenih eksperimentom

I letva		$a_2 = -0.1 \text{ mm}$	
	$a_1 = -0.08 \text{ mm}$	$a_5 = 0.00 \text{ mm}$	$a_3 = 0.05 \text{ mm}$
		$a_4 = -0.08 \text{ mm}$	
II letva		$a_2 = -0.15 \text{ mm}$	
	$a_1 = -0.15 \text{ mm}$	0.00000	$a_3 = -0.13 \text{ mm}$
		$a_4 = -0.11 \text{ mm}$	

#### 4.2 Određivanje ugla „i“

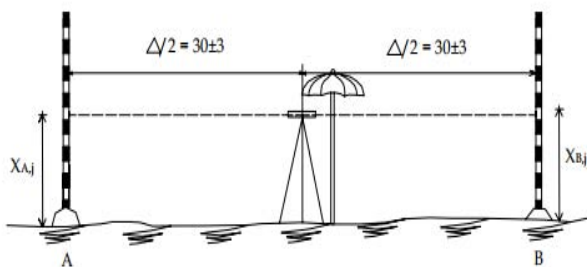
Eksperiment je vršen pri temperaturi vazduha od 33°C i temperaturi instrumenta od 32°C. Posle izvršenih 10 serija merenja „iz sredine“ udaljenost letava (bliža 24,14 m i dalja 24,63 m) i 10 serija merenja „s kraja“ (bliža letva 5,67 m i dalja 43,11 m) pri kontinualnom merenju 7 očitavanja, mod - mediana, dobijena je vrednost ugla  $i = 3,84''$ . Vrednost je određena iz aritmetičke sredine iz svih merenja po formuli (1):

$$i = \frac{\Delta h - \Delta h}{d_p - d_z} \rho = \frac{0,05013 - 0,05085}{43,11 - 5,67} \times 206265'' = 3,84'' \quad (1)$$

Ova vrednost ugla „i“ se uzima za referentnu prilikom projektovanja radova u nivelmanskoj mreži kada se niveliranje vrši ovim instrumentom. U terenskim uslovima nivelirati strogo iz sredine čime se poništava greška izazvana uglom „i“. Za umanjenje veličine ugla „i“ može se izvršiti rektifikacija prema nekoj od metoda kalibracije koja je instalirana u instrumentu.

#### 4.3 Terenska merenja prema proceduri ISO 17123-2

Procedura koja se primenjuje na nivelire novije generacije je ISO standard 17123-2. Ovim eksperimentom se dobijaju vrednosti za adicijonu konstantu para letava i standard merenja po km dužine. Konfiguracija poligona za proceduru ispitivanja nivelira prema ISO standardu prikazana je na Slici 5.



Slika 4 Konfiguracija terena za ispitivanje nivelira prema ISO 17123-2 standardu

Eksperiment se sastoji iz očitavanja para letava metodom niveliranja iz sredine u 10 ponavljanja sa promenom visine instrumenta. Sledeći postupak je da se letve očitavaju obrnutim redosledom sa deset ponavljanja. Naredni korak je ponavljanje procedure ali sa zamenjenim letvama. Ovim postupkom se dobija 40 visinskih razlika i nakon obrade rezultata vrši se određivanje standardnog

odstupanja po km niveliranja prema formuli iz ISO standarda 17123-2.

#### 4.3.1. Rezultati eksperimenta

Očitavanje vrednosti odsečaka na letvama je vršeno sa kontinualnim merenjem sa 11 ponavljanja kriterijumom mediana kojim se najviše i najniže vrednosti isključuju iz konačne osrednjene vrednosti čitanja. Na skup merenjih podataka primenjuje se formula propisana po ISO standardu 17123-2

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{f}} = 0,0345 \text{ mm} \quad (f=38) \quad (2)$$

i konačna formula prema navedenom standardu [7]

$$S_{iso-lev} = \frac{s}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{1000m}{60m}} = 2,89 \times s = 0,1 \text{ mm/km} \quad (3)$$

Utvrđeno je da razlika između sredine I serije i II serije merenja iznosi 0,05 mm što predstavlja razliku „nule“ letava. Prema hipotezi jednakosti aritmetičkih sredina dva skupa merenja, letve nemaju istu „nulu“ letve, što je utvrđeno testom  $|\delta| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(f)$ , u konačnom obliku  $|\delta| \leq s \times 0,64$ . Standard merenja visinskih razlika „ $S_{iso-lev}$ “ sračunat prema ISO standardu iznosi 0,1mm/km.

#### 4.4. Uticaj fokusiranja na rezultate merenja

Eksperiment je osmišljen na osnovu predloženog načina za određivanje uticaja lošeg fokusiranja kod optičkih nivelira a podstaknut nehotičnim merenjem sa lošim fokusiranjem. Instrumentom je očitavana podela na letvi pri istovetnom položaju zavrtnja za fokusiranje pri dužini 17,35 m i 35,55 m. Ovim nije bilo moguće ustanoviti ispravnost čitanja. Postavljene su i stabilizovane letve na rastojanju 1,5 m jedna od druge i nivelir u radnom položaju na jednakoj udaljenosti od obe letve čime je ispunjen uslov da se nivela iz sredine. Izvršeno je očitavanje sa ispravnim fokusiranjem a zatim fokus pomen ka udaljenom objektu. Očitavanje je registrovano tek u trenutku kada je instrument uspeo da prepozna letvu bez obzira što u tom trenutku operater nije imao jasan lik letve u okularu. Očitavanja su vršena u tri serije sa promenom visine instrumenta kako sa ispravnim fokusom tako i sa neispravnim fokusom. Nivelir je zatim približen letvama da bi se izvršila očitavanja po prethodnom rasporedu. Potom je nivelir odaljen od letava i ponovljena procedura.

Rezultati su podvrgnuti statističkom testu za otkrivanje grubih grešaka u merenjima na osnovu formule 4:

$$|X_i - \bar{X}| < t_p(f) m_1 \sqrt{\frac{n}{n-1}}, \quad f = n - 2 \quad (4)$$

Na osnovu merenja sa „dobrim fokusom“ utvrđena je

visinska razlika 0.023068 m, i u rezultatima nije utvrđeno postojanje grube greške.

Na osnovu merenja sa „lošim fokusom“ je preko test statistike utvrđeno da su postojale dve grube greške i posle eliminisanja pogrešnih merenja utvrđena je visinska razlika od 0,023070 m.

Ukoliko rezultate zaokružimo na 5 decimalnih mesta što je maksimalna rezolucija očitavanja na instrumentu dobijamo istovetan rezultat 0,02307.

## 5. ZAKLJUČAK I DALJA ISTRAŽIVANJA

Pre svakog obimnijeg zadatka i zahtevane povećane preciznosti potrebno je upoznati se (podsetiti se) sa instrumentom i njegovim karakteristikama kao i ispitati stanje opreme u celosti. Sama rektifikacija instrumenata novije generacije je ograničena tehnološkim rešenjima koja zahtevaju laboratorijske uslove i servisne preglede. S obzirom da su uslovi ispitivanja u laboratorijskim uslovima oslobođeni uticaja atmosfere potrebno je utvrditi koliko je moguće postići i dostići u realnim uslovima standarde deklarisanе od strane proizvođača. U okviru eksperimentalnog dela rada ispitivani su uslovi koje je bilo moguće uraditi u terenskim uslovima i koji su potrebni za utvrđivanje trenutnog stanja instrumenta i pribora.

Peta letve je ispitana i utvrđeno je da na jednoj letvi treba da se koristi prsten kako bi se obezbedilo da u toku merenja letva postavlja uvek na isto mesto.

Ugao  $i$  se menja prema promeni temperature a ona se najviše odražava kao ralika između spoljne temperature i temperature skladištenja opreme. Potrebno je izvršiti temperaturnu adaptaciju prema preporuci proizvođača. U eksperimentu je utvrđena vrednost ugla „ $i$ “ od oko  $4^{\circ}$ .

Eksperiment urađen u celosti prema potpunom testu po ISO standardu je ukazao da između dve letve postoji nula letve u vrednosti 0,05 mm što je zanemarljiva vrednost.

Optički niveliri za utvrđivanje adicione konstante letava koriste metod očitavanja na visoki reper sa rupicom za direktno očitavanje i niski reper na koji se postavlja letva koja se ispituje. Za nivelire koji imaju bar-kod podelu ovakav način ispitivanja ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Pri određivanju standarda nivelanja po km, prema proceduri definisanoj ISO standardom 17123-2 postignut je rezultat od 0,1 mm/km i ova vrednost ukazuje da su prilikom nivelanja mogući rezultati koji su bolji od deklarisanih od strane proizvođača.

Pri proveru očitavanja kod lošeg fokusiranja došlo se do rezultata da instrument od trenutka kada može da prepozna letvu bez obzira na stanje uređaja za fokusiranje i na daljinu jasnog viđenja ispravno očitava rezultate čime se greška viziranja svodi na grešku koja je zanemarljiva i u apsolutnom iznosu je 0,02 mm. Istovremeno treba napomenuti da instrument ne može sam po automatizmu da izvrši merenja i da je prisustvo opažaća neophodno. Prilikom očitavanja odsečka na letvi predlog je da se koristi mogućnost više očitavanja u kontinuitetu čime se u samom instrumentu računa standard svakog merenja i time preko vrednosti rasipanja rezultata utvrdi postignuti kvalitet određivanja visinske razlike.

Ukoliko se na osnovu vrednosti standardne greške ustanovi da su rasipanja rezultata merenja velika, merenja se mogu poništiti i ponoviti.

Bez obzira na dobre rezultate postignute na test poligonu, prilikom izvođenja preciznih geodetskih radova sa digitalnim instrumentima potrebno je voditi računa o teorijskim osnovama na osnovu kojih je osmišljena metoda nivelanje iz sredine. Metoda je mnoge greške minimizirala, a tehnološki napredak je umanjio instrumentalne greške. Napredak u preciznom određivanju visinskih razlika se može očekivati u tehnološkom rešavanju problema koji otklanjaju greške izazvane spoljnim uslovima odnosno pronalaženju tehnologije koja ne zavisi od uticaja atmosfere.

## 6. LITERATURA

- [1] Gligorije Perović - Precizna geodetska merenja, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu (2007).
- [2] Radovan Mrkić - Geodetska metrologija, Naučna knjiga Beograd (1991).
- [3] Krunoslav Mihajlović, Ivan R, Aleksić Koncepti geodetskih mreža u geodetskom premeru, Privredno društvo za kartografiju Geokarta doo, Beograd 2008
- [4] <http://www.docfoc.com/drugi-kolokvijum-2011-metrologija-xIyQX 15.10.2016>.
- [5] Branković Gordana, Diplomski rad „Ispitivanje metroloških svojstava digitalnog nivelira LEICA DNA03“, Beograd 2005.
- [6] skripta sa predavanja Precizna geodetska merenja i obrada rezultata
- [7] Džakmić Edin - Ispitivanje tačnosti teodolita i elektronskog tahimetra standardiziranim postupcima DIN i ISO Sarajevo 2007 diplomski rad

### Kratka biografija:



**Željko Čulum**, rođen je u Novom Sadu, 1966. godine. Osnovne akademske studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka 2012. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio je 2016. god. Zaposlen je u AB&Co Geosystems DOO na poslovima geodetskog premera i poslovima inženjerske geodezije. Radio na izradi svih vrsta podloga za projektovanje infrastrukturnih objekata. Radio na izvođenju Master centra na novosadskom sajmu i na izvođenju nekoliko visokih stambenih objekata. Obučen za rad u AutoCad-u, Excelu i za rad na novijim geodetskim instrumentima

**ANALIZA GREŠKE TROPOSFERSKOG UTICAJA NA GNSS MERENJA  
ERROR ANALYSIS TROPOSPHERIC EFFECTS ON GNSS MEASUREMENTS**Maja Raspopović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – Rad opisuje ispitivanje uticaja parametara troposfere na tačnost merenja GPS-om. Teorijski deo rada obuhvata opis i uticaj troposferske greške, kao i detaljno razmatranje matematičkih modela troposferskog kašnjenja. Praktični deo rada je izveden na osnovu podataka preuzetih sa akademske mreže permanentnih stanica APOS-NS. Upoređivanjem i analizom različitih troposferskih modela kroz 4 godišnja doba, dolazi se do preporuka za izbor najpogodnijeg troposferskog modela pri obradi GNSS merenja.

**Abstract** – This paper describes investigations of parameters of the troposphere on accuracy of GPS measurements. The theoretical part of the work includes a description of the impact of tropospheric errors, as well as a detailed discussion of mathematical models of tropospheric delays. Practical part of the work is carried out on the basis of data taken from an academic network of permanent stations APOS-NS. By comparing and analyzing different tropospheric model through 4 seasons, leads to recommendations for selecting the most appropriate model tropospheric when processing GNSS measurements.

**Ključne reči:** GNSS, troposferski modeli, apsolutno pozicioniranje, relativno pozicioniranje.

**1. UVOD**

Satelitska geodezija je oblast geodezije koja obuhvata postupke i obradu preciznih merenja ka satelitima, od satelita i između satelita, u cilju rešavanja različitih geodetskih zadataka. Sam pojam podrazumeva korišćenje posebno konstruisanih i lansiranih veštačkih Zemljinih satelita [1].

**2. GNSS/GPS SISTEM**

Satelitski navigacioni sistem sa globalnom pokrivenosti se može nazvati globalni navigacioni satelitski sistem ili GNSS. GNSS sistemi su operativni sistem (GPS) i sistemi u razvoju (GLONASS, Galileo, Compass ili BeiDou). Globalni pozicioni sistem – GPS (en.Global Positioning System - GPS) je trenutno jedini potpuno funkcionalan satelitski navigacioni sistem, svima dostupan. GPS se sastoji od 24 satelita, raspoređenih u orbiti Zemlje, koji emituju navigacione radio signale. Na osnovu ovih radio signala GPS prijemnici mogu da odrede svoju tačnu poziciju - nadmorsku visinu, geografsku širinu i geografsku dužinu - na bilo kom mestu na planeti Zemlji, danju i noću, pri svim vremenskim uslovima.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc.dr Vladimir Bulatović.**

Razvijen je od strane Američkog Ministarstva odbrane imenom NAVSTAR GPS u agenciji DARPA. U početku je GPS bio zaštićen i korišćen isključivo u bezbednosno vojne svrhe, da bi kasnije bio besplatno stavljen na raspolaganje svima stanovnicima planete Zemlje, kao javno dobro [2].

**2.1. Princip rada GPS-a**

GPS je pasivni satelitski sistem zasnovan na trilateracionoj metodi pozicioniranja i merenju dužina principom određivanja vremena puta radio signala. Da bi se, međutim, izmerilo vreme puta radio signala, časovnici u satelitima i prijemnicima moraju biti sinhronizovani sa visokom tačnošću. Pošto se u GPS prijemnike iz razloga ekonomičnosti ugrađuju kvarcni oscilatori znatno manje tačnosti od atomskih oscilatora u satelitima, svi vremenski intervali u trenutku merenja biće opterećeni sistematskom greškom. To znači da su u tom trenutku rastojanja prema svim satelitima podjednako duža ili podjednako kraća od istinitih vrednosti, zbog čega se nazivaju pseudodužinama. Činjenica da se GPS prijemnicima ne mere dužine već pseudodužine, neznatno menja trilateracioni princip GPS pozicioniranja.

**2.2. Komponente globalnog pozicionog sistema**

Komponente globalnog pozicionog sistema su: kosmička komponenta, kontrolna komponenta i korisnička komponenta. Globalni pozicioni sistem se sastoji od 24 satelita raspoređenih u orbitama, skoro kružnog oblika, sa poluprečnikom orbite od oko 20.000km. Sateliti su raspoređeni u 6 orbita po 4 satelita, a za potrebe merenja se mora upotrebiti najmanje 4, a može najviše 12 satelita. Kontrolni GPS segment zadužen je za kompletno upravljanje satelitskim operacijama. Glavna kontrolna stanica nalazi se u vazduhoplovnoj bazi Šriver, Kolorado. Korisničku komponentu GPS-a čine: GPS prijemnici i korisnici. Korisničku opremu GPS-a čine: hardver, softver i tehnološki razvoj. Hardversku opremu čine: GPS antena, GPS časovnik, procesor, radna memorija, izvor električne energije, komunikacioni sistem. Softversku opremu čine različite verzije računarskih sistema za prikupljanje, obradu, analizu i distribuciju podataka [3].

**2.3. Koncepti GPS pozicioniranja**

Pod pozicioniranjem se podrazumeva određivanje prostornih položaja stacionarnih ili mobilnih objekata.

Postoje dve vrste pozicioniranja: apsolutno pozicioniranje ili pozicioniranje tačke i relativno pozicioniranje ili diferencijalno pozicioniranje.

Apsolutno pozicioniranje podrazumeva korišćenje jednog prijemnika gde se pomoću kodova meri rastojanje do satelita. Položaj tačke se određuje pomoću X, Y, Z koordinata u terestričkom koordinatnom sistemu WGS84.

Relativno (diferencijalno) pozicioniranje - podrazumeva primenu najmanje 2 prijemnika kojima se vrši simultano opažanje na iste satelite.

Tačnost kod relativnog pozicioniranja veća je nego kod apsolutnog. Koordinate jedne tačke su poznate dok koordinate druge tačke određujemo na osnovu koordinata prve tačke, merenjem vektora između njih.

#### 2.4. Metode GPS pozicioniranja

Opažanja GPS se zasniva na merenju rastojanja između satelita i prijemnika, a računaju se na osnovu merenja vremena i faznih razlika dobijenih na osnovu upoređivanja primljenih signala i generisanih signala u GPS prijemniku.

Postoje dve vrste merenja GPS-om:

- Kodna merenja – kodovi C/A i P
- Fazna merenja – faze nosećih signala L1 i L2.

Kodno merenje se svodi na određivanje vremena za koje signal stigne od satelita do prijemnika. Ovako određeno rastojanje – naziva se pseudorastojanje. Kod kodnog merenja, prijemnik generiše istu kodnu sekvencu kao i satelit. Poređenjem ove dve sekvence, određuje se vreme koje je bilo potrebno da signal od satelita stigne do prijemnika.

Fazna merenja se svode na merenje faznih razlika između prijemnika i predajnika. Kod faznih merenja GPS predajnik emituje noseće signale (L1  $\lambda=19\text{cm}$ , L2  $\lambda=24,4\text{cm}$ ), a zatim se ti signali generišu u prijemniku [3].

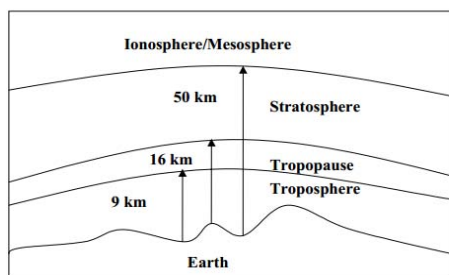
#### 2.5. Greške merenja GNSS tehnologijom

Greške merenja su neizostavne kod svih geodetskih metoda premera pa tako i kod GPS metode.

U zavisnosti od različitih uzročnika grešaka, mogu se podeliti na: greške satelitskih efemerida, greške satelitskih časovnika, greške prijemnika, greške sredine prostiranja signala, jonosfersko kašnjenje signala, i troposfersko kašnjenje signala.

### 3. TROPOSFERA I NJEN UTICAJ NA GNSS MERENJA

Atmosferski sloj od fizičke površi Zemlje do visine od približno 80 km naziva se neutralnom atmosferom, i obuhvata tri temperaturno razdvojena regiona: troposferu, stratosferu i deo mezofere (slika 3-1). Za razliku od jonosfere, neutralna atmosfera nije disperzivna sredina.



Slika 3-1: Vertikalna struktura atmosfere

Troposfera sadrži 80% ukupne molekularne mase atmosfere, i gotovo celokupnu količinu vodene pare i aerosola. Suvi vazduh troposfere sastoji se od mešavine gasova azota, kiseonika i argona, koja obuhvata 99.95% ukupne zapremine. Prisustvo vodene pare uglavnom je

rezultat isparavanja vodenih površina i vegetacije, i njen sadržaj u ukupnoj zapremini iznosi od 1% do 4%. Za razliku od suvog vazduha koji predstavlja veoma konzistentnu mešavinu gasova, vodena para skoncentrisana je u najnižih 4 km troposfere, gde varira kako vremenski tako i prostorno. Greška merenja pseudoduzina usled uticaja troposferske refrakcije takođe zavisi od zenitnog odstojanja.

#### 3.1. Refrakcioni indeks i refrakcija

Na svom putu od satelitskih antena do prijemnika GPS signali prolaze delom kroz praktično prazan vasionki prostor, a delom kroz Zemljin atmosferski omotač. Pošto se brzina moduliranih nosećih talasa menja pri prolasku kroz medijum koji nije vakuum, to unosi dodatnu nesigurnost u merenje vremena puta signala.

Refrakcioni indeks medijuma,  $n$ , je definisan kao odnos brzine prostiranja elektromagnetnog talasa u vakumu,  $c$ , sa brzinom prostiranja u ovom medijumu,  $v$  :

$$n = \frac{c}{v} \quad (3.1)$$

#### 3.2. Troposfersko kašnjenje

Kada GPS signal propagira kroz atmosferu, na njega značajno utiče promenljivost indeksa refrakcije u troposferi. Troposferski indeks refrakcije je veći od jedinice što izaziva kašnjenje, a promena indeksa refrakcije sa visinom prouzrokuje savijanje putanje signala.

Troposfersko kašnjenje je direktno proporcionalno refrakcionom indeksu ili refrakciji i može se izraziti kao funkcija atmosferske temperature i pritiska:

$$n = 1 + c_1 \frac{p}{T} + c_2 \frac{e}{T^2} \quad (3.2)$$

gde  $c_1$  i  $c_2$  predstavljaju konstante. Neutralni atmosferski region često se u celini naziva troposferom zbog dominantnog uticaja na prostiranje radio talasa, iako troposfera u užem smislu reči obuhvata samo najnižih 10 km atmosphere.

Troposfersko kašnjenje se može razdvojiti na dve glavne komponente: hidrostatičko kašnjenje i vlažno kašnjenje.

Hidrostatico kašnjenje je uzrokovano suvim delovima atmosferskih sastojaka i može se precizno proceniti korišćenjem površinske temperature i merenjima pritiska.

Uklanjanjem hidrostatičko kašnjenje od ukupnog troposferskog kašnjenja, dobijamo ostatak kašnjenja koji se naziva vlažno kašnjenje, uglavnom zbog vodene pare u troposferi.

Stoga, troposfersko kašnjenje često predstavlja kao linearna kombinacija hidrostatičke i vlažne komponente:

$$d_{trop} = 10^{-6} \int_{Path} N_h ds + 10^{-6} \int_{Path} N_w ds = d_h + d_w \quad (3.3)$$

#### 3.3. Troposferski modeli

Većina programa za obradu GPS merenja za otklanjanje uticaja troposfere koristi troposferske modele, i to: *Saastamoinen model*, *Hopfield model 1 i 2*, *Essen and Froome model* i ostali (*Lanyi* (1984), *Davis* (1985), *Herring* (1992), i *Neill* (1996)).

**Saastamoinen model** daje veoma pouzdane korekcije, a izraz za određivanje kašnjenja signala glasi:

$$T_k^p = \frac{0.002277}{\cos Z} \cdot \left[ P + \left( \frac{1255}{T} + 0.05 \right) \cdot e - \tan^2 Z \right] \quad (3.4)$$

gde su:  $T_k^p$  – kašnjenje talasa usled uticaja troposfere [m],  $z$  – zenitni ugao satelita [°],  $P$  – pritisak [mbar],  $T$  – temperatura [ $K = ^\circ C + 273,16$ ] i  $e$  – parcijalni pritisak vodene pare [mbar].

**Hopfield model** zasniva se na pretpostavci da suva i vlažna komponenta troposferskog uticaja ima isti funkcionalni model  $N_{tropo} = N_{wet} + N_{dry}$ . [4]

#### 4. PRAKTIČNI DEO RADA

U ovom poglavlju biće prikazan postupak prikupljanja, analize i procesinga odabranih podataka u odnosu na izabrani model troposfere u Leica GeoOffice-u.

Cilj eksperimentalnog dela je ocena promene uticaja parametara troposfere na tačnost merenja GPS-om, tokom godine. Analiza je izvršena za dve statičke metode pozicioniranja GPS-om, apsolutno i relativno. Izvedena su dva eksperimenta. U prvom je ispitan efekat primene troposferskih modela u SPP (*single point position*) rešenju, dok je u drugom eksperimentu ispitan uticaj modela troposfere u relativnom pozicioniranju.

Za potrebe analize troposferskih modela u radu korišćeni su podaci sa akademske mreže permanentnih stanica APOS-NS. Preuzeti su podaci sa permanentnih stanica u Somboru, Subotici, Vršcu i Zrenjaninu. GPS merenja na svim stanicama su izvršena u toku januara, aprila, jula i oktobra meseca 2015. godine.

Za obradu podataka je korišćen softver Leica Geo Office Professional. U sklopu ovog softvera moguće je procesirati vektore bez modela troposfere kao i uz korišćenje modela troposfere koji su opisani u prethodnom delu rada: *Hopfield, Simplified Hopfield, Saastamoinen, Essen and Froome i Computed* [5].

##### 4.1. Eksperimentalni deo 1: Apsolutno pozicioniranje

Zadatak prvog eksperimenta je bio da se kroz uporednu analizu primenjenih modela troposfere, odredi koji model daje manja odstupanja pri apsolutnom GPS pozicioniranju, kao i da se ispita promena odstupanja tokom godine. Merenja su preuzeta sa permanentnih stanica u dva grada, Sombor i Vršac. U tabelama ispod (tabela 4-1 i tabela 4-2) su prikazana 3D odstupanja tj. srednja vrednost ukupnog odstupanja u prostoru. 3D odstupanje predstavlja razliku između tačnih vrednosti i vrednosti dobijenih merenjem.

Tabela 4-1: 3D odstupanja - Sombor

Vrsta modela	Jan(m)	April(m)	Jul(m)	Okt(m)
Hopfield	1,5239	1,8198	1,4332	1,9861
Sasstamoinen	1,5299	1,8256	1,4344	1,9872
No troposfere	3,6090	3,8656	3,5263	3,6446

Analizirajući podatke iz tabele 4-1, u Somboru, može se uočiti da je razlika između primenjenog troposferskog modela *Hopfield* i *Saastamoinen* modela zanemarljiva, 0,006m u mesecu januaru, u aprilu 0,0058m, u julu 0,0012m i u oktobru 0,0011m. Značajna razlika u

odstupanju primenom bilo kog modela i bez primene troposferskog modela tj. *No troposphere* je za januar 2,0791m, april 2,0458m, jul 2,0931m i u oktobru 1,6585m.

Analizirajući odstupanja kroz sva četiri godišnja doba, može se zaključiti da su najmanje vrednosti u julu mesecu, kada nema puno padavina, samim tim i puno vodene pare u troposferi. Ove rezultate prate takodje male vrednosti odstupanja u mesecu januaru. Najveća odstupanja se javljaju u mesecima kada su vremenske prilike dosta nestabilne. Izvedeni zaključci su razumljivi kada se uzme u obzir da softver za troposferska odstupanja koristi uprosečene vrednosti.

Tabela 4-2: 3D odstupanja - Vršac

Vrsta modela	Jan(m)	April(m)	Jul(m)	Okt(m)
Hopfield	1,6841	2,3510	1,7638	1,9847
Sasstamoinen	1,6897	2,3555	1,7694	1,9858
No troposfere	3,6934	4,1210	3,7471	3,5615

Daljom analizom se može uočiti da su odstupanja u drugoj tabeli (tabela 4.2) veća od odstupanja u prvoj tabeli. Razlog tome su vremenske prilike karakteristične za grad Vršac.

Kao i u prvom analiziranom slučaju, i ovde su odstupanja primenom *Hopfield* modela manja. Razlike u vrednostima između dva najčešće izabrana modela, su takođe minimalne, i to u januaru za 0,0056m, u aprilu 0,0045m, u julu 0,0056m, i u oktobru 0,0011m. Razliku u odstupanju prilikom odabira jednog od pomenutih modela i izbora *no troposphere* modela je 2,0093m u januaru, u aprilu 1,77m, zatim u julu 1,9833m, i u oktobru 1,5768m.

Posmatrajući dobijene rezultate kroz sva godišnja doba, i njihovim upoređivanjem, zaključujemo da su najmanja odstupanja u januaru, zatim u julu, da bi najveće odstupanje opet bilo u mesecu aprilu i oktobru.

Nakon analize pojedinačnih odstupanja u Vršcu i Somboru, zaključujemo da *Hopfield* troposferski model daje bolje rezultate, tj. manje odstupanje u odnosu na drugi primenjivani model, *Saastamoinen*. Očekivano najveće vrednosti u obe tabele dobijene su bez primene troposferskog modela prilikom procesiranja vektora.

Takođe možemo zaključiti da su odstupanja mnogo veća u aprilu i oktobru, kada su vremenske prilike veoma nestabilne tj. dolazimo do zaključka da ukoliko prilikom procesiranja podataka prikupljenih metodom globalnog pozicioniranja, ne odaberemo nijedan troposferski model, dolazi do odstupanja 1,5m do 2m, što nije zanemarljivo mala dobijena vrednost.

##### 4.2. Eksperimentalni deo 2: Relativno pozicioniranje

Nakon izvršene analize rezultata SPP-om, sa ciljem dobijanja što boljih i tačnijih rezultata merenja izvršena je i analiza tačnosti pri relativnom pozicioniranju. GPS mreže često sadrže skup međusobno vezanih poligona, figura. Zbog jednostavnije analize, greške zatvaranja su izražene relativnim odnosom greške zatvaranja i ukupne dužine poligona u mm/km (ppm). Za analizu eksperimenta broj 2 - nezatvaranje poligona, izabran je poligon od 3 vektora Subotica – Sombor – Zrenjanin, čiji su rezultati dati u tabeli ispod (tabela 4-3).

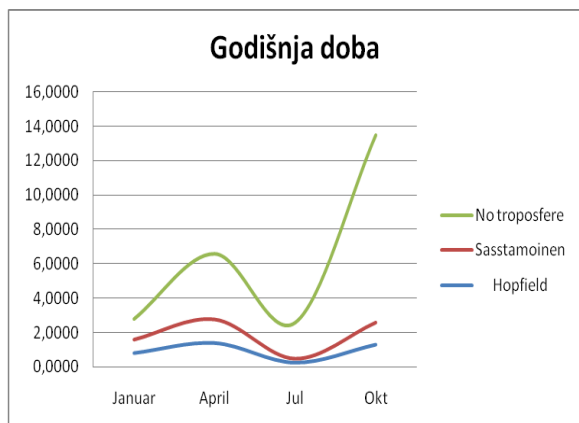


Nakon analize obrađanih podataka i upoređivanja vrednosti nezatvaranja za svaki model kroz različita godišnja doba uočava se da *Hopfield* troposferski model daje manje vrednosti nezatvaranja u odnosu na drugi izabrani modela, *Saastamoinen*.

Tabela 4-3: 3D odstupanja Su-So-Zr

Vrsta Modela	Jan (ppm)	Apr (ppm)	Jul (ppm)	Okt (ppm)
Hopfield	0,3065	0,5268	0,0953	0,4922
Saastamoinen	0,3081	0,5348	0,0964	0,5008
No troposfere	0,4582	1,4588	0,8009	4,1608

Razlike u vrednostima između dva izabrana modela su u januaru za 0,0016ppm, u aprilu 0,008ppm, u julu 0,0011ppm, i u oktobru 0,0086ppm. Ukoliko se pri obradi ne usvoji nijedan troposferski model (*No troposphere*), dobijaju se rezultati koji se od rezultata uz primenu nekog modela razlikuju u januaru za 0,1517ppm, u aprilu 0,932ppm, julu 0,7056ppm i oktobru 3,6686ppm. S obzirom na male razlike rezultata uz primenu modela (reda mm) i veću razliku u odnosu na rezultate dobijene bez troposferskog modela (reda cm) može se zaključiti da je pri obradi podataka od ključne važnosti koristiti troposferski model (grafikon 4-1) ali je od sekundarnog značaja koji se model koristi.



Grafikon 4-1: Promena troposferskog uticaja tokom godine

Takođe, u dobijenim rezultatima primećujemo, da su vrednosti nezatvaranja poligona najveće u aprilu i oktobru, kao i kod rezultata dobijenih u prvom eksperimentalnom delu. Razlog zbog kojeg su ostvareni ovakvi rezultati leži u činjenici da su pomenuti meseci uslovljeni velikim vremenskim i temperaturnim oscilacijama. Imajući u vidu da troposfera sadrži oko 90% ukupne mase atmosfere i da se u njoj se nalazi gotovo sva količina gasova atmosfere, vremenske prilike se vezuju upravo za ovaj sloj, jer ovaj sloj sadrži najveću količinu vodene pare.

## 5. ZAKLJUČAK

Tema ovog rada je bila analiza matematičkih modela troposfere koji su integrisani u Leica Geo Office softveru, i njihova primena na izabrane GPS vektore. Teorijski deo rada obuhvata opis i uticaj troposferske greške, kao i detaljno razmatranje matematičkih modela troposferskog kašnjenja. Praktični deo rada je izveden na osnovu podataka preuzetih sa akademske mreže permanentnih stanica APOS-NS. Upoređivanjem i analizom različitih troposferskih modela, prilikom merenja sa dve različite metode GPS pozicioniranja (apsolutno i relativno), utvrđeno je koji model tokom godine daje najmanje varijacije rešenja. Upotreba troposferskih modela pri procesiranju GPS merenja je od ključne važnosti pri oceni tačnosti koordinata tačke. Analizom troposferskih modela u ovom radu predložena je upotreba najpogodnijeg modela, čime se postiže maksimalna redukcija troposferskog uticaja na GPS merenja.

Kroz eksperimentalni deo rada se dolazi do zaključka da je pri obradi podataka za uklanjanje troposferskog uticaja bolje koristiti bilo koji od ponuđenih modela nego izabrati opciju bez modela. Rezultati će biti ujednačeniji, izbeći će se velike varijacije u rešenjima i greška troposferskog kašnjenja će znatno biti umanjena.

## LITERATURA

- [1] Blagojević, D., *Satelitska geodezija: Uvod u NAVSTAR GPS*, Beograd, 2007.
- [2] <http://www.vazduhoplovnetradicijesrbije.rs/>
- [3] Ivan Aleksić, *Skripta sa predavanja iz predmeta Aktivne geodetske mreže*, Novi Sad, 2015. preuzeto sa: <http://geo.ftn.uns.ac.rs/>
- [4] Sudhir M., S., *Investigations into the Estimation of Tropospheric Delay and Wet Refractivity Using GPS Measurements*, Master Thesis, Department of Geomatics Engineering, Calgary, Canada, 2003.
- [5] Leica Geosystems, Leica Geo Office Online Help ver. 8.3, [www.leica-geosystems.com2012](http://www.leica-geosystems.com2012).

## Kratka biografija:



**Maja Raspopović** rođena u Vrbasu 1989. god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezija i geomatika odbranila je 2013. god.

**RAZVOJ METODOLOGIJE ZA OPTIMIZACIJU KALIBRACIJE SPECTROLYSER UREĐAJA ZA ONLINE ANALIZU OTPADNIH VODA NA PODRUČJU NOVOG SADA****DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR OPTIMIZING THE CALIBRATION OF SPECTROLYSER DEVICE FOR ONLINE ANALYSIS OF WASTEWATER IN NOVI SAD**Nikolina Popović, Maja Đogo, Ivana Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO TRETMANA I ZAŠTITE VODA**

**Kratak sadržaj** – *Online monitoring urađen je korišćenjem spectrolyser uređaja u kombinaciji sa standardnim laboratorijskim analizama za uzorke prikupljene na ispustu otpadnih voda u gradu Novom Sadu tokom prvih 24h u tri kampanje i tokom 48h u narednih šest kampanja u periodu od decembra 2013. do februara 2014. godine. Značajna korelacija od  $R^2 > 0.9$  uočena je između laboratorijskih analiza i merenja korišćenjem spectrolyser uređaja za koncentracije hemij-ske potrošnje kiseonika (HPK) i biološke potrošnje kiseonika (BPK). Mikro/elementi u tragovima i/ili teški metali u uzorcima otpadne vode bili su u granicama maksimalno dozvoljenih koncentracija propisanih zakonskim standardima za otpadne vode. Međutim, koncentracije HPK, BPK, amonijaka i ukupnog fosfora koje su izmerene, daleko premašuju MDK propisane nacionalnim standardima i standardima Evropske Unije, te bi kao takve trebale biti značajno umanjene pre direktnog ispuštanja otpadne vode u reku Dunav.*

**Ključne reči:** *Spectrolyser, Hemijska potrošnja kiseonika, Biološka potrošnja kiseonika, Otpadne vode*

**Abstract** – *On-line monitoring was performed using spectrolyser equipment, coupled with laboratory analysis for samples collected from wastewater discharge in the city of Novi Sad, Serbia, during first 24 h of three and 48 h of six monitoring campaigns from October of 2013 to February of 2014. Significant correlation with  $R^2 > 0.9$  was observed between laboratory analysis and spectrolyser measurements for chemical oxygen demand (COD) and biological oxygen demand (BOD) concentrations. Micro/trace element and/or heavy metals in wastewater samples were within the limits as per the standard prescribed for wastewater. However BOD, COD, ammonia and total phosphorus concentrations were measured above the limit value according to Serbian and EU legislation and should be reduced before discharging wastewater directly into the Danube River.*

**Keywords:** *Spectrolyser, Chemical oxygen demand, Biological oxygen demand, Wastewater*

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Mihajlović, docent.**

**1. UVOD**

Kvalitet površinske vode predstavlja značajan problem u mnogim regionima sveta. To često može ograničiti korišćenje ovog esencijalnog resursa dok u ekstremnijim slučajevima može imati ozbiljan uticaj na zdravlje ljudi, živi svet i životnu sredinu.

Neke studije o kvalitetu vode u različitim efluentima ukazuju na to koliko antropološke aktivnosti mogu imati izrazito negativne uticaje na životnu sredinu, posebno na kvalitet vode u donjim tokovima velikih reka.

Ovo je rezultat kumulativog efekta iz gornjih tokova reke kao i od nedovoljnog prečišćavanja otpadnih voda. Pogoršanje kvaliteta voda odlikuje značajna modifikacija parametara kao što su HPK, ukupne suspendovane materije, ukupan azot, ukupan fosfor, gvožđe, nikl, bakar, cink, olovo, a sve to je rezultat ispuštanja otpadnih voda u reke. Komunalne otpadne vode i otpadne vode industrije predstavljaju najznačajnije komponente zagađenja voda. One doprinose većoj potrošnji kiseonika kao i dospevanju većih količina nutrijenata u vodna tela, što kasnije uzrokuje nestabilnost vodenog ekosistema.

Noviji zakoni u oblasti zaštite životne sredine ukazuju na potrebu optimizacije tretmana otpadnih voda, a naročito na razvijanje metoda koje će pružiti adekvatne informacije o kvalitativnom i kvantitativnom statusu komunalnih otpadnih voda [1].

Glavni zadatak utvrđen Okvirnom direktivom o vodama (WFD) jeste kontinualno praćenje vodnog režima zajedno sa određivanjem količina i kvaliteta vode koji dalje daje relevantan izvor informacija, predstavljajući stanje vodnih resursa u realnom vremenu.

Takođe, analiza kvaliteta površinskih voda predstavlja osnov za održivo upravljanje vodnim resursima.

Međutim, direktiva se ne bazira na korišćenju inovativnih uređaja za kontrolu kvaliteta voda kao što su online merenja. Štaviše, online monitoring omogućava sprovođenje politike koja za cilj ima smanjenje opterećenja nastalog od zagađenja kao i poboljšanje kontrole industrijskih postrojenja koja svoje otpadne vode ispuštaju u zajedničku kanalizaciju, što kasnije dovodi do smanjenja ukupnog zagađenja te zaštitu postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i mrežne opreme u celini [2].

Slučajna ispuštanja mogu imati izrazito negativne uticaje na biološke procese koji se koriste na samom postrojenju za prečišćavanje, i takva voda, ako nije adekvatno tretirana može da prođe kroz postrojenje nedovoljno prečišćena, a kasnije i u recipijent gde može negativno uticati na životnu sredinu.

Takva, nedovoljno prečišćena otpadna voda, mogla bi dospeti do izvorišta pijaće vode, gde može izazvati

neprijatne mirise i promeniti ukus vode, što kasnije rezultira ozbiljnim problemima u vodosnabdevanju.

## 2. MATERIJAL I METOD

### 2.1 Opis mernog mesta

Uzimanje uzoraka vršeno je na ispustu GC2 koji predstavlja jedan od četiri ispusta otpadne vode u Novom Sadu, na kome se ispuštaju najveće količine industrijske otpadne vode direktno u reku Dunav, što ujedno ukazuje i na najveći uticaj na varijacije u zagađenju reke.

Crpna stanica GC2 pokriva severni deo grada veličine od oko 900 ha u kojem živi približno 100.000 stanovnika.

Na crpnoj stanici GC2 – Severni gradski sliv praćen je kvalitet vode efluenta. Uzimanje uzorka i monitoring vršen je 100 - 200 m pre ispusta (19° 51' 24,146", 45° 15' 39,802" N) i 100 - 200 m nakon ispusta (19° 51' 29,127", 45° 15' 46,165" N) ispitivane otpadne vode/efluenta u Dunav. Monitoring je bio vršen jedanput mesečno, istog dana kada se sondom snimao i kvalitet vode efluenta. Na slici 1 prikazan je položaj crpne stranice GC2, kao i mernih mesta pre i posle ispusta.



Sl. 1 Prikaz crpne stanice GC2 sa mernim mestima uzvodno i nizvodno

### 2.2 Laboratorijska analiza površinske i otpadne vode

Analiza fizičko-hemijskih parametara, temperature, pH, elektroprovodljivosti, koncentracije rastvorenog kiseonika, utroška permanganata, BPK<sub>5</sub>, HPK, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>3</sub>-N, ukupnog fosfora, sulfata, kao i koncentracija metala (Pb, Fe, Cd, Cr, Ni, Zn) izvršena je standardnim EPA metodama u akreditovanoj laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha, Fakulteta tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu.

pH vrednost, elektroprovodljivost i koncentracija rastvorenog kiseonika određivane su pomoću multiparametarskog uređaja, Multi 340i, dok je sadržaj nitrita, nitrata, amonijaka, ukupnog fosfora i sulfata nakon standardnih metoda prireme uzoraka, određivan na UV/VIS spektrofotometru, HACH DR 5000.

Priprema uzoraka za određivanje koncentracija metala (Pb, Fe, Cd, Cr, Ni, Zn) urađena je prema standardnoj EPA metodi u peći za digestiju, a sadržaj metala u uzorcima otpadne vode analiziran je na atomskom apsorpcionom spektrofotometru, AAS (Thermo S Series).

Mikrobiološka analiza urađena je u Institutu za Javno zdravlje Vojvodine. Korišćene metode za analizu datih

parametara predstavljene su u Tabeli 1. Za analizu u laboratoriji, upotrebom standardnih laboratorijskih analiza, korišćen je kompozitni uzorak uziman u periodu od 24h, u periodima od 6h, 14h i 22h.

Tab. 1 Metode korišćene za laboratorijsko određivanje selektovanih fizičko hemijskih i mikrobioloških parametara kao i koncentracije metala.

Ispitivani parametar	Metoda	Jedinica
Temperatura	EPA 170.1	°C
pH vrednost	EPA 150.1	-
Elektroprovodljivost	EPA 120.1	µS/cm
Koncentracija rastvorenog kiseonika	EPA 360.1	mg/l
Nitrati	EPA 352.1	mg/l
Nitriti	EPA 354.1	mg/l
Amonijak	HACH LCK 303	mg/l
Ukupan fosfor	HACH LCK 349	mg/l
Utrošak permanganata	BS EN ISO 8467:1995	mg/l
HPK	HACH LCK 114	mg/l
BPK <sub>5</sub>	Упутство произвођача BODTraktm HACH Metod	mg/l
Sulfati	8051 SulfaVer4	mg/l
Ukupni azot po Kjeldalu	SRPS EN 25663:2009	mg/l
Suspendovane materije (gravimetrijski)	EPA 160.2	mg/l
Bor	EPA 212.3	mg/l
Ukupni hrom	EPA 218.1	mg/l
Olovo	EPA 239.1	mg/l
Gvožđe	EPA 236.1	mg/l
Kadmijum	EPA 213.1	mg/l
Cink	EPA 289.1	mg/l
Aluminijum	EPA 202.1	mg/l
Fekalni koliformi	Q3.BP.562	cfu/100ml
Ukupni koliformi	Q3.BP.562	cfu/100ml
Creвне enterokoke	Q3.BP.562	cfu/100ml
Broj aerobnih heterotrofa (metoda Kohl)	Q3.BP.562	cfu/100ml
Ispitivani parametar	Metoda	Jedinica

### 2.3 Snimanje kvaliteta otpadne vode pomoću uređaja za kontinualno praćenje – Spectrolysera

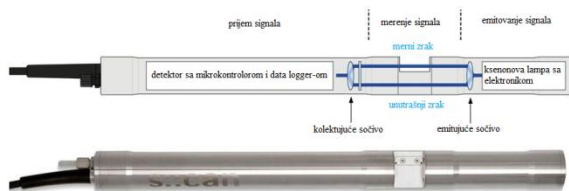
Prednosti korišćenja online senzora za analizu kvaliteta vode postaju sve više poznate. Online praćenje stvarnog kvaliteta vode, a ne samo hidroloških podataka, pruža potrebne informacije za pravovremeno prepoznavanje promena. Osim toga, online praćenje može pružiti mnoštvo podataka o stvarnoj dinamici sistema vode koje je nemoguće dobiti pomoću kompozitnog uzorkovanja; online praćenje omogućava skoro kontinualno praćenje i

nemoguće je propustiti bilo kakvu promenu u kvalitetu vode što se često može desiti primenom kompozitnog uzorkovanja. Takođe, korišćenje online uređaja se posmatra kao korist u skoro svim disciplinama analize vode.

Prednosti online merenja široko su prepoznate kako u analizama kvaliteta vode za piće tako i u analizama kvaliteta otpadne vode, gde promene koncentracije i sastava efluenta ili tretirane vode mogu na vreme biti otkriveni te tako mogu biti izbegnuti mogući problemi sa određenim performansama na samom postrojenju za prečišćavanje [3].

Ovaj spektrofotometar radi u opsegu talasnih dužina od 200 i 750 nm. Merenje se vrši na licu mesta, bez uzimanja uzoraka ili predtretmana uzoraka, čime se sprečavaju moguće greške nastale prilikom uzorkovanja, transporta i skladištenja uzoraka. Tipičan ciklus merenja traje između 20 i 60 sekundi. Za dugoročnu stabilnost signala koristi se rascepljen svetlosni snop; jedan zrak prolazi kroz uzorak dok je drugi putuje duž paralelnih putanja unutar samog instrumenta. Ovaj drugi snop se koristi kako bi se poništile bilo kakve fluktuacije u izvoru svetlosti, kao i fluktuacije samog instrumenta nastalih usled uticaja okoline.

Takođe, moguće je i da sonda radi uz upotrebu baterije što omogućava rad na udaljenim lokacijama. Na slici 2 prikazan je shematski prikaz Spectrolyser uređaja.



Slika 13 Shematski prikaz Spectrolyser uređaja [3]

Snimanje uređajem Spectrolyser vršeno je u pet serija merenja, u okviru kojih se vršilo kontinualno, 24-časovno snimanje parametara HPK, BPK, sadržaja nitrata i ukupnih suspendovanih čestica. Beleženje rezultata vršilo se na svakih 10 minuta, pomoću softvera ana::pro.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 3.1 Poređenje rezultata dobijenih standardnim laboratorijskim metodama i upotrebom Spectrolyser uređaja

Tab. 2 Poređenje rezultata dobijenih standardnim laboratorijskim analizama i upotrebom Spectrolyser uređaja za kampanju oktobar 2013. god

Parametar	Standardna laboratorijska analiza [mg/l]	Spectrolyser [mg/l]			Relativno odstupanje [%]
		Mi n	Av g	Ma x	
TSS	330	107	309	135 6	6.4
COD	538	347	612	143 6	13.7
BOD	352	206	304	605	13.6
NO <sub>3</sub> -N	2.40	0.0	2.1	3.8 8	9.2

U prvoj kampanji, u oktobru 2013.god, koncentracije izmerene analizom kompozitnog uzorka u laboratoriji i analizom uzoraka merenih spectrolyser uređajem se ne razlikuju mnogo i nema velikih relativnih odstupanja

Tab. 3 Poređenje rezultata dobijenih standardnim laboratorijskim analizama i upotrebom Spectrolyser uređaja za kampanju novembar 2013. god

Parametar	Standardna laboratorijska analiza [mg/l]	Spectrolyser [mg/l]			Relativno odstupanje [%]
		Mi n	Av g	Ma x	
TSS	200	76	181	140 5	9.5
COD	636	365	514	774	19.2
BOD	398	0	210	386	47.2
NO <sub>3</sub> -N	0.80	0.8	1.8	3.2 0	133.7

U drugoj kampanji, u novembru 2013.god, koncentracije izmerene analizom kompozitnog uzorka u laboratoriji i analizom uzoraka merenih spectrolyser uređajem znatno se razlikuju te se primećuju velika relativna odstupanja, pogotovo pri analizi BOD i NO<sub>3</sub>-N.

Tab. 4 Poređenje rezultata dobijenih standardnim laboratorijskim analizama i upotrebom Spectrolyser uređaja za kampanju decembar 2013. god

Parametar	Standardna laboratorijska analiza [mg/l]	Spectrolyser [mg/l]			Relativno odstupanje [%]
		Mi n	Av g	Ma x	
TSS	126	86	236	136 9	87.3
COD	1158	115	604	146 1	47.8
BOD	432	71	350	548	18.9
NO <sub>3</sub> -N	1.10	0.0	3.0	4.0 0	172.7

U trećoj kampanji, u decembru 2013.god, koncentracije izmerene analizom kompozitnog uzorka u laboratoriji i analizom uzoraka merenih spectrolyser uređajem znatno se razlikuju te se primećuju velika relativna odstupanja, pogotovo pri analizi TSS, COD i NO<sub>3</sub>-N. U ovoj kampanji merenja, relativna odstupanja za rezultate NO<sub>3</sub>-N su veća nego u toku prethodne kampanje.

Tab. 5 Poređenje rezultata dobijenih standardnim laboratorijskim analizama i upotrebom Spectrolyser uređaja za kampanju januar 2014. god

Parametar	Standardna laboratorijska analiza [mg/l]	Spectrolyser [mg/l]			Relativno odstupanje [%]
		Mi n	Av g	Ma x	
TSS	166	130	201	306	21.1
COD	604	434	576	730	4.6
BOD	316	230	324	428	2.5
NO <sub>3</sub> -N	1.20	1.4	2.6	4.2 0	118.3

U četvrtoj kampanji, u januaru 2014.god, koncentracije izmerene analizom kompozitnog uzorka u laboratoriji i analizom uzoraka merenih spectrolyser uređajem za parametre COD i BOD se znatno ne razlikuju. Međutim, prilikom analize TSS i NO<sub>3</sub>-N uočavaju se prilična relativna odstupanja, ali ipak manja nego u prethodne dve kampanje merenja, u novembru i decembru 2013.god

Tab. 6 Poređenje rezultata dobijenih standardnim laboratoriskim analizama i upotrebom Spectrolyser uređaja za kampanju februar 2014. god

Parametar	Standardna laboratoriska analiza [mg/l]	Spectrolyser [mg/l]			Relativno odstupanje [%]
		Mi n	Av g	Max	
TSS	532	155	237	802	55.4
COD	1128	488	588	1073	47.9
BOD	1004	107	303	552	69.8
NO <sub>3</sub> -N	1.40	1.00	2.07	3.40	47.9

U petoj kampanji, u februaru 2014.god, koncentracije izmerene analizom kompozitnog uzorka u laboratoriji i analizom uzoraka merenih spectrolyser uređajem se znatno razlikuju za sve parametre i uočena su velika relativna odstupanja.

Prilikom međusobnog poređenja rezultata dobijenih upotrebom standardnih laboratorijskih analiza i rezultata dobijenih upotrebom spectrolyser uređaja, kao i prilikom tumačenja relativnog odstupanja između pomenutih rezultata, jasno je da standardna laboratorijska analiza ne pruža realnu sliku zagađenja otpadnih voda, na šta jasno ukazuju i velika odstupanja između srednjih vrednosti analiziranih pomoću spectrolyser uređaja i standardnih laboratorijskih metoda.

## 5. ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Kao što je objašnjeno u radu, kompozitni uzorak je uziman za vremenski period od 8h i ovim putem dobijan je jedan uzorak koji je ispitivan u akreditovanoj laboratoriji. Ovakav način uzimanja uzoraka nije u potpunosti precizan, a razlog tome je što se ne dobija potpuna slika o kvalitetu vode u različitim intervalima, za razliku od Spectrolyser uređaja koji vrši automatsku analizu vode na svakih 10 min. U slučaju analize vode uz pomoć Spectrolyser uređaja dobija se stvarna slika kvaliteta vode.

Takođe, vršeno je upoređivanje rezultata između standardnih laboratorijskih metoda i rezultata dobijenih uz pomoć Spectrolyser uređaja. Može se primetiti da su u nekim vremenskim periodima i za neke analizirane parametre relativna odstupanja velika, u nekim slučajevima veća i od 150 %.

Ovo ne znači da je analiza sa Spectrolyser uređajem pogrešna, naprotiv. Rad sa Spectrolyser uređajem omogućava spektar rezultata, pa se tako dobija preciznija prosečna vrednost, za razliku od kompozitnog uzorka gde se dobija samo jedna vrednost. Rezultati dobijeni na osnovu ispitivanja na ispustu GC2 nam govore o značaju i prednostima Spectrolyser uređaja u odnosu na standardne laboratorijske metode. Pored toga što se uz pomoć Spectrolyser uređaja dobijaju precizniji i potpuniji rezultati, važno je napomenuti da je značaj neprestalnog monitoringa veoma veliki, pogotovo za gradove kao što je Novi Sad koji nemaju postrojenje za prečišćavanje otpadne vode. Uz pomoć kontinualnog monitoringa sa online uređajem može se uspostaviti sistem ranog upozorenja, koji može sprečiti, ili barem umanjiti, posledice potencijalne ekološke katastrofe.

## 6. LITERATURA

- [1] Vaillant S, Pouet MF, Thomas O. 2002. *Basic handling of UV spectra for urban water quality monitoring. Urban Water.*
- [2] Thomas O, Pouet MF. 2006. *Industrial wastewater quality monitoring. In: Quevauviller P, Thomas O, Van DBA (eds) Wastewater quality monitoring and treatment, 1st edn. Wiley, England.*
- [3] Pressl A, Winkler S, Gruber G. 2004. *On-line river monitoring - new challenges and opportunities. Water Sci. Technol.*

### Kratka biografija:



**Nikolina Popović** rođena je u Banja Luci 1992. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti inženjerstvo tretmana i zaštite voda, odbranila je 2016.god.

**RAZVOJ METODOLOGIJE ZA OPTIMIZACIJU KALIBRACIJE SENZORA NA BAZI OPTIČKIH VLAKANA ZA ANALIZU POVRŠINSKE VODE DUNAVA****DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR OPTIMIZATION OF CALIBRATION SENSORS BASED ON OPTICAL FIBRE FOR ANALYSIS OF SURFACE WATERS OF THE DANUBE**

Dragan Carević, Boris Obrovski, Jovan Bajić, Ivana Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO TRETMANA I ZAŠTITE VODA 1. UVOD**

**Kratak sadržaj** – *Monitoring kvaliteta podzemnih i površinskih voda izuzetno je važan sa aspekta zaštite životne sredine zbog povećanja zagađenja vodnih tela uzrokovanih antropogenim aktivnostima. Standardne laboratorijske analize za monitoring vodnih tela imaju određene mane povezane sa kompleksnošću analize vode, nemogućnosti dobijanja trenutnih rezultata, visokim troškovima, upotrebom specifičnih hemikalija, kao i kontaminacijom uzoraka koji mogu nastati prilikom uzimanja, transporta i čuvanja uzoraka. Senzori na bazi optičkih vlakana predstavljaju novu, inovativnu i ekonomski isplativu tehnologiju za analizu različitih neorganskih i organskih parametara. Senzori sa optičkim vlaknima imaju određene prednosti u odnosu na konvencionalne laboratorijske metode, što dovodi do intenzivnog istraživanja o razvoju i upotrebi senzora sa optičkim vlaknima.*

**Ključne reči:** *Senzor na bazi optičkih vlakana, monitoring, površinska voda*

**Abstract** – *Monitoring of the ground and surface water quality is extremely important from the aspect of environmental protection due to increasing contamination of water bodies caused by anthropogenic activities. Standard laboratory methods for monitoring of water bodies have certain disadvantages relating to the complexity of the water analysis, impossibility of obtaining immediate results, expensive, specific chemicals, as well as the possibility of loss of analytes in the collection, transportation, extraction and storage of the samples. Fiber optic sensor (FOS) is a new innovative and economically cost-effective technology for measuring and detecting different inorganic and organic parameters. FOS possesses certain advantages over the conventional laboratory methods, causing intensive research on FOS development and construction.*

**Keywords:** *Fiber optic sensor; Monitoring; Surface water*

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Mihajlović, docent.**

Optička vlakna su prvi put upotrebljena za izradu senzora 70-ih godina prošlog veka. U početku primena optičkih vlakana je bila ograničena zbog troškova komponenti za izradu uređaja i nemogućnosti da pariraju konvencionalnim metodama. Karakteristike današnjih komponenata su veoma poboljšane u odnosu na prethodne, a cena komponenata je znatno snižena.

Novija istraživanja omogućila su poboljšanje performansi senzora sa optičkim vlaknima koji su imali određene prednosti u odnosu na konvencionalne metode. Prednosti senzora sa optičkim vlaknima su: jednostavna izrada, male dimenzije, bezbednost rada jer nije potrebno napajanje na mestu merenja, primena na nepristupačnim mestima, mogućnost upotrebe u hemijski opasnim sredinama, otpornost na koroziju i elektro-magnetne uticaje. Postoji mogućnost multi-pleksiranja, odnosno povećanja broja senzora na jednom optičkom vlaknu. Senzori sa optičkim vlaknima sadrže određene limitirajuće faktore kao što su osetljivost na promene u spoljašnjoj sredini i fizičke smetnje, skraćen životni vek usled konstantne izloženosti zračenju. Dalja istraživanja u ovoj oblasti treba da minimiziraju uticaj ovih faktora na rad senzora [1].

Senzori sa optičkim vlaknima imaju sve veću primenu u industriji, za podvodno detektovanje, procese kontrole, monitoring životne sredine, u medicini, poljoprivredi, robotici, itd. Laboratorijske analize imaju određena ograničenja često zbog skupih i specifičnih hemikalija, kompleksnosti analize i nemogućnosti dobijanja trenutnih rezultata.

Senzori sa optičkim vlaknima obezbeđuju kontinualni monitoring i pouzdane prostorne i vremenske informacije o koncentraciji neorganskih parametara u cilju procene kvaliteta vodnog tela. Senzori sa optičkim vlaknima služe za obradu signala iz životne sredine, što eliminiše mogućnost ljudske greške kojaje prisutna u toku laboratorijske analize. Senzori sa optičkim vlaknima su u početku korišćeni za određivanje osnovnih fizičko-hemijskih parametara kao što su: temperatura, pH, mutnoća, rastvoreni kiseonik i elektroprovodljivost. Senzori sa optičkim vlaknima predstavlja najpogodniju tehniku za detektovanje posmatranih parametara. Napredovanje u razvoju senzora sa optičkim vlaknima je omogućilo upotrebu ovih uređaja za praćenje sulfata, hlora, nitrita, fosfata, katjona teških metala i drugih fizičko-hemijskih parametara u površinskim, podzemnim i otpadnim vodama [1].

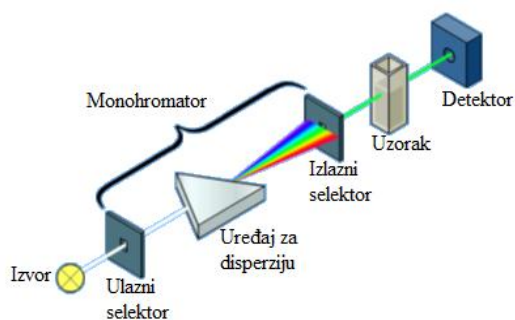
## 2. MATERIJAL I METOD

### 2.1 UV-Vis spektroskopija

Većina spektroskopskih uređaja je sastavljena od pet osnovnih delova:

- stabilnog izvora energije zračenja,
- selektora talasnih dužina koji omogućava izdvajanje određenog talasnog područja,
- jednog ili više postolja za uzorak,
- detektora zračenja ili konvertora energije zračenja u merljiv signal i
- procesora signala i uređaja za njegovo učitavanje.

Slikom 1 je prikazan način sastavljanja pojedinih delova u instrumentima za apsorpcionu spektroskopiju.



Sl.1 Princip rada UV/Vis spektrofotometra [3]

#### 2.1.1 UV/Vis Spektrofotometar DR 5000

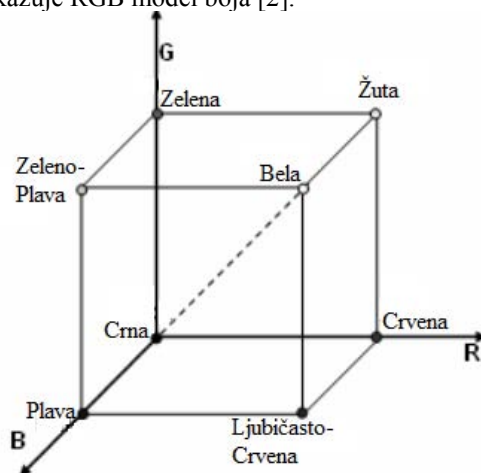
Spektrofotometar DR 5000 je UV/Vis spektrofotometar sa spektrom talasnih dužina od 190-1100 nm. DR 5000 se koristi za analizu uzoraka u delu vidljivog i ultravioletnog spektra. Volframova lampa punjena gasom proizvodi svetlo u vidljivom delu spektra (320-1100 nm), a deuterijumova lampa u ultravioletnom delu spektra (190-360 nm). DR 5000 spektrofotometar (slika 2) pruža digitalna očitavanja indirektnih jedinica koncentracije, apsorpcije i procenta transmisije. Prilikom odabira metode, moguće je odabrati onu koju je napravio korisnik ili neku već unapred programiranu, a nakon toga moguće je vršiti analizu prateći niz koraka i upustava koje daje sam uređaj. Ovaj sistem takođe se može koristiti i za generisanje izveštaja kao i statistički generisanih kriva evaluacije. Na slici 2. prikazan je pomenuti uređaj.



Sl. 2 UV/Vis Spektrofotometar DR 5000 uređaj korišćen pri analizi vode konvencionalnim metodama

### 2.2 Analiza fizičko hemijskih parametara uz pomoć senzora sa optičkim vlaknima

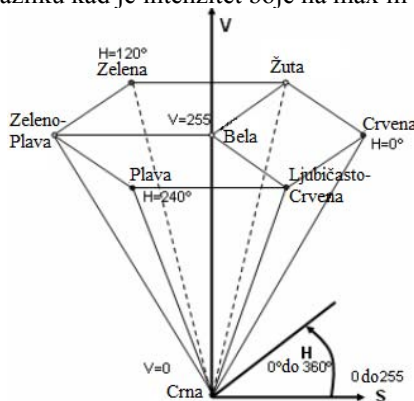
Spektar boja moguće je obraditi i predstaviti korišćenjem HSV ili RGB boja. RGB opisuje prostor u zavisnosti od količine prisutne crvene, zelene i plave boje. HSV opisuje prostor na osnovu nijanse, saturacije i vrednosti date boje. U situacijama gde tumačenje boje obavlja ključnu ulogu HSV model je često u prednosti nad RGB modelom. HSV model opisuje boje slično kako ljudsko oko ima tendenciju da ih vidi. RGB definiše boju u smislu kombinacije osnovnih boja dok HSV pri definisanju boja koristi poznatije parametre kao što su boja, toplina i osvetljenje. Slika 3 prikazuje RGB model boja [2].



Sl. 3 RGB model boja [2]

Slika 4 ilustruje na koji način su definisane nijansa, saturacija i vrednost date boje kod HSV modela:

- Senka predstavlja tip boje. To se može opisati u zavisnosti od ugla na krugu. Iako krug ima 360° rotacije, vrednost nijanse je normalizovana u opsegu od 0 do 255, dok 0 predstavlja crvenu.
- Saturacija predstavlja toplinu boje. Njene vrednosti se kreću takođe u opsegu od 0-255. Što je vrednost saturacije niža, pojavljuje se više sive u boji, što smanjuje i samu živost.
- Vrednost predstavlja osvetljenje boje. Vrednosti su takođe u opsegu od 0-255. 0 predstavlja potpunu tamu, a 255 potpunu osvetljenost.
- Bela ima HSV vrednost od 0-255, 0-255, 255. Crna ima HSV vrednost od 0-255, 0-255, 0. Vrednost najbolje opisuje crnu i belu. Nijansa i nivo saturacije ne prave razliku kad je intenzitet boje na max ili min nivou.

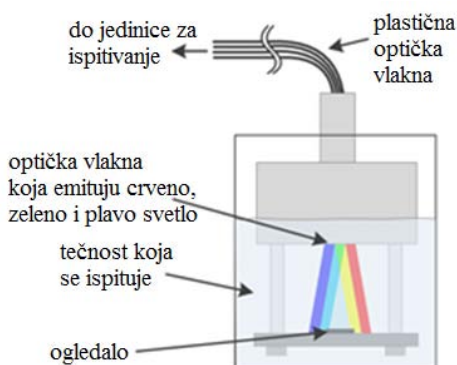


Sl. 4 HSV model boja [2]

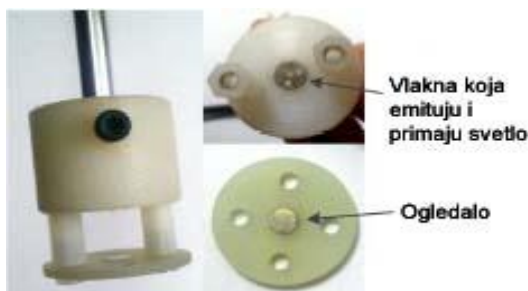
Za merenje koncentracije neorganskih fizičko-hemijskih parametara upotrebljen je senzor sa optičkim vlaknima koji na osnovu boje pripremljenog uzorka meri koncentracije definisanih parametara. Uređaj radi po principu prikupljanja odbijene svetlosti na osnovu čega se određuje boja. Senzor se sastoji od tri plastična optička vlakna koja emituju crvenu, zelenu i plavu komponentu i jednog optičkog vlakna koje prikuplja svetlo odbijeno od ogledala (Slika 5).

Tri diode koje emituju svetlo crvena, zelena i plava su podešene na različite frekvencije.

Tako podešen uređaj omogućava detektovanje odbijenog signala sa jednim fotodetektorom i tri propusna filtera. Propusni filteri su primenjeni kao digitalni IIR (beskonačni impulsni odziv) filteri na mikrokontroleru. Senzor sa optičkim vlaknima detektuje boju pretvarajući RGB model boja u HSV modela boja. Rezultati dobijeni upotrebom senzora su poređeni sa rezultatima dobijenim laboratorijskom analizom. Na slici 6 prikazan je senzor koji je primenjen za ispitivanje kvaliteta površinske vode reke Dunav.



Sl. 5. Princip rada senzora



Sl. 6 Senzor primenjen za ispitivanje kvaliteta površinske vode reke Dunav

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Utvrđivanje i praćenje koncentracionih nivoa specifičnih zagađujućih materija u površinskoj vodi, u cilju smanjenja rizika od negativnog uticaja, ima izuzetan značaj za celokupno unapređenje statusa životne sredine i kreiranje platforme za razvoj kvalitetnog monitoring programa, koji će pružiti doprinos u donošenju odluka i upravljanju kvalitetom površinskih voda. Monitoring reke Dunav je neophodan zbog upotrebe površinske vode u različitim ljudskim aktivnostima i potrebe za dobijanjem kvalitetne vode za piće. Važno je obezbediti higijenski ispravnu vodu koja nema negativni uticaj na ljudsko zdravlje. Pravovremene informacije omogućavaju reagovanje u slučaju kontaminacije.

Uzorci površinske vode Dunava su kolektovani i obrađeni uporednom analizom standardnim laboratorijskim metodama i merenjem pomoću senzora sa optičkim vlaknima (SOV). Poređenja rezultata dobijenih standardnim metodama i uz pomoć senzora pokazaće da li je primena senzora moguća i sa kolikom tačnošću, kao i dalji pravac razvoja. Izmerene koncentracije posmatranih neorganskih parametara prikazane su u Tabeli 1. Sa obzirom da su koncentracije ortofosfata u Dunavu niske, a koncentracije ukupnog hlora, nitrita i šestovalentnog hroma izuzetno niske, važno je napomenuti da je pri ispitivanjima uzorak morao biti spajkov, kako bi greška prilikom analize sa senzorom bila svedena na minimum.

Tab. 1 Poređenje rezultata dobijenih sa UV-Vis spektrofotometrom i primenjenim SOV za površinsku vodu reke Dunava

Parametar	UV-VIS [mg/l]	SOV [mg/l]	Relativno odstupanje [%]	Korišćen a vrednost
<b>Ukupan hlor</b>	0.165	0.171	3.62	S
<b>Šestovalentni i hrom</b>	0.124	0.129	4.00	S
<b>Nitriti</b>	0.062	0.060	3.07	S
<b>Ortofosfati (S)</b>	0.788	0.812	3.01	S
<b>Ortofosfati (V)</b>	0.630	0.610	3.17	V

Na osnovu laboratorijske analize i dobijenih rezultata može se utvrditi da reka Dunav spada u IV klasu ekološkog statusa površinskih voda. Slab ekološki status na osnovu analiziranih hemijskih parametara za površinske vode reke Dunav dozvoljava upotrebu vode uz odgovarajući tretman za piće, navodnjavanje i industriju (za rashlađivanje uređaja i u procesu proizvodnje).

Iz tabele 3 može se videti da je relativno odstupanje dobijenih rezultata sa UV-VIS uređajem i sa senzorom sa optičkim vlaknima manje od 4 %. Sva odstupanja koja su ispod 10 % su prihvatljiva, tako da se može zaključiti da je analiza kvaliteta vode sa SOV zadovoljavajuće tačnosti. Senzor boje sa optičkim vlaknima je kalibrisan i razvijen za merenje ortofosfata, nitrita, sulfata, šestovalentnog hroma i ukupnog hlora. Ovim postupkom univerzalni optički senzor prilagođen je primenama u analizi medijuma životne sredine, prvenstveno površinskih voda. Kalibracija senzora je sprovedena sa četiri standardna rastvora sa različitim koncentracijama za svaki parametar. Standardni rastvor sa najnižom koncentracijom za ortofosfate je bio svetlo plave boje, kod nitrita i šestovalentnog hroma svetlo roze boje, a kod ukupnog hlora svetlo ljubičaste boje. Sa povećanjem koncentracije standardnog rastvora se povećava intenzitet boje za sve parametre.

Kao što je u radu objašnjeno senzor sa optičkim vlaknima radi u HSV modelu spektra boja. Uz pomoć veličine „H“ (Hue - nijanse) senzor određuje talasnu dužinu, dok uz pomoć veličina „S“ (Saturation - zasićenost) i „V“ (Value - vrednost) određuje koncentraciju posmatranih parametara.



Ortofosfati su jedini parametar koji je određen na osnovu S i V, dok su koncentracije nitrita, šestovalentnog hroma i ukupnog hlora određeni na osnovu S vrednosti. V vrednost za navedene parametre je konstantna zbog čega njihova koncentracija u površinskoj vodi nije mogla da se odredi.

U tabeli 2 se može videti da su odstupanja u talasnim dužinama koje se dobijaju uz pomoć UV-VIS i talasnim dužinama koje se dobijaju uz pomoć senzora sa optičkim vlaknima male. Najveće odstupanje je dobijeno pri analizi ortofosfata, i to odstupanje je 5,2 %, dok je najmanje odstupanje dobijeno pri analizi ukupnog hlora od svega 0,5 %.

Tab. 2 Poređenje talasnih dužina dobijenih uz pomoć UV-VIS i senzora sa optičkim vlaknima

Parametar	Talasnja dužina UV-VIS [nm]	Prosečna dužina dobijena senzorom [°]	Suprotna nijansa (apsorpcija) [°]	Talasnja dužina senzora [nm]	Relativno odstupanje [%]
Ukupan hlor	530	332	152	533	0.5
Šestovalentni hrom	540	317	137	549	1.6
Nitriti	540	338	158	526	2.6
Ortofosfati	650	195	15	684	5.2

Dobijeni rezultati ukazuju da postoji Visoka mogućnost da se ovakav tip senzora sve više upotrebljava za praćenje narušavanja kvaliteta površinske vode i zameni standardne laboratorijske tehnike.

## 5. ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Sa razvojem tehnologije ljudi se okreću novim metodama za analizu i monitoring vode. U ovom radu je naglašena važnost monitoringa i kako vreme prolazi sve više pažnje će biti posvećeno razvoju savremenijih metoda za monitoring. Jedna od tih metoda jesu uređaji sa optičkim vlaknima koji ne samo da mogu parirati skupim konvencionalnim metodama već se pokazuju i efikasnijim. Pored svoje niske cene, koja može biti i do 50 puta niža u odnosu na konvencionalne metode, ovi uređaji obezbeđuju tačnije i pouzdanije rezultate.

Kontinualna poboljšanja karakteristika i performansi senzora sa optičkim vlaknima omogućavaju upotrebu ovih uređaja za širok opseg merenja. Zbog niske cene izrade, mogućnosti upotrebe na nepristupačnim mestima i dobijanja pouzdanih informacija senzori se koriste za praćenje kontaminacije vodnog tela.

Buduća istraživanja u ovoj oblasti treba da omoguće unapređivanje rada uređaja i otklanjanje ograničavajućih faktora koji danas postoje. Praćenje trendova iz razvijenih zemalja i donošenje zakona koji će zahtevati niže granične vrednosti za posmatrane zagađujuće materije zahtevaju nove tehnologije koje će se upotrebljavati za sve kompleksniju kontaminaciju životne sredine.

Zbog svih svojih prednosti senzori sa optičkim vlaknima pružaju mogućnost razvoja efikasne tehnike za merenje i detektovanje različitih organskih i neorganskih parametara u životnoj sredini. Postoji mogućnost da se standardne laboratorijske tehnike zamene sa efikasnijim senzornim tehnikama koje će pružiti pouzdanije i kvalitetnije informacije o zagađenju.

Zagađenje reke Dunav ima veliki uticaj na ekološki status površinske vode. Potrebno je definisati sve izvore negativnog uticaja na kvalitet površinske vode Dunava i preduzeti određene postupke da se kontaminacija smanji. Takođe, izuzetno je važno stvoriti uslove za donošenje zakona koji bi sprečio ispuštanje netretiranih otpadnih voda u životnu sredinu, a posebno u akvatičnu sredinu, zbog potencijalnog negativnog uticaja na ljudsko zdravlje i vodene organizme.

Trenutna primena senzora sa optičkim vlaknima je ograničena, međutim potencijal ovih uređaja je veliki i značaj daljih ispitivanja i konstantnog poboljšavanja performansi uređaja je od velike važnosti. Trenutno se uređaj koristi isključivo za ispitivanje površinske vode, ali konstantnim poboljšavanjem uređaj ima potencijal korišćenja i za kontrolu podzemnih, otpadnih, pa čak i procednih voda deponije.

## 6. LITERATURA

- [1] Ahmad A.B.H. (1994). *Development of a portable optical fibre chemical sensor measuring instrument*, Department of Instrumentation and Analytical Science, UMIST, Manchester.
- [2] Georgieva L, Dimitrova T, Angelov N. (2005). *RGB and HSV colour models in colour identification of digital traumas images*. CompSysTech, Bugarska.
- [3] Todorović M, Đurđević P, Antonijević V. (1993). *Optičke metode instrumentalne analize*, Hemijski fakultet, Beograd.

### Kratka biografija:



**Dragan Carević** rođen je u Pakracu 1990. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti inženjerstvo tretmana i zaštite voda, odbranio je 2016. god.

**PRIMENA PROCENE UTICAJA ZA IDENTIFIKACIJU SPECIFIČNIH POLUTANATA  
ZA BASEN DUNAVA U REPUBLICI SRBIJI****APPLICATION OF IMPACT ASSESSMENT TO IDENTIFY SPECIFIC POLLUTANTS IN  
THE DANUBE BASIN IN REPUBLIC OF SERBIA**

Bojana Radaković, Mirjana Vojinović Miloradov, Ivana Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO TRETMANA I ZAŠTITE  
VODA**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada daje se uvid u pojavu, sudbinu, koncentracione nivoe, ekotoksikološki rizik emergentnih i prioritetnih polutanata prisutnih u površinskoj vodi Dunava ispitivanoj 100 m nizvodno od kolektora ispusta kanalizacionih voda, u blizini Novog Sada. Prikazani literaturni i računski podaci procene uticaja polutanata omogućavaju sagledavanje kvaliteta površinske vode za sprovođenje odgovarajućih regulatornih mera i utvrđivanje adekvatnog načina upravljanja slivom Dunava u Republici Srbiji.

**Gljučne reči:** ekotoksikološki rizik, prioritetne supstance, Dunav, procena uticaja.

**Abstract** – In the framework of this paper, an insight into the occurrence, fate, concentration levels, the ecological risk of emerging and priority pollutants present in surface water of the Danube, examined 100 m downstream of the outfall sewage collectors, in vicinity of Novi Sad is given. The present literature and calculation data of impact assessment of pollutants facilitate recognition of the surface water quality for the implementation of appropriate regulatory measures and determination of adequate method for the Danube Basin management in the Republic of Serbia.

**Keywords:** ecotoxicological risk, priority pollutants, Danube, impact assessment.

**1. UVOD**

Sve veća kontaminacija slatkovodnih sistema širom sveta sa hiljadama industrijskih i prirodnih hemijskih jedinjenja je jedan od ključnih ekoloških problema sa kojima se čovečanstvo danas suočava. Iako je većina ovih jedinjenja prisutna u niskim koncentracijama, mnogi od njih dovode do zabrinutosti usled toksičnih efekata koje mogu da proizvedu, naročito kada su prisutni kao komponente kompleksnih smeša.

Kako bi se sačuvao i poboljšao kvalitet površinskih i podzemnih voda, naša zemlja je, sledeći praksu razvijenih zemalja, prihvatila prilaz da se normira i kvalitet otpadnih voda koje se ispuštaju u recipijente otpadnih voda tzv. prilaz preko emisije, ali i kvalitet vode u površinskim i

podzemnim vodama, tzv. prilaz preko imisije, u cilju regulisanja kvaliteta otpadnih voda koje se ispuštaju i kvaliteta površinskih i podzemnih voda i time sveobuhvatno zaštititi kvalitet voda u Republici Srbiji.

**2. MATERIJAL I METODE****2.1 Emergentne supstance**

Emergentne supstance, EmS, predstavljaju grupu sintetizovanih ili prirodnih jedinjenja koje su početkom 21. veka prepoznate kao potencijalno hazardne i veoma toksične komponente čije delovanje se može ispoljiti kroz mutagene, kancerogene i teratogene efekte. EmS u životnu sredinu dospevaju putem komunalnih i otpadnih voda industrije jer se u velikom broju slučajeva otpadne vode ne podvrgavaju tretmanima pre ispuštanja u recipijente, kao i procednim vodama deponija.

**2.2 Procesi u akvatičnoj sredini kojima podleću  
emergentne supstance**

U slučaju industrijskih emergentnih supstanci, procesi kojima iste podleću u životnoj sredini, jesu: sorpcija, particioni procesi koji se odvijaju između tečne i čvrste faze, formiranje kompleksa u rastvorima, abiotičke i biotičke transformacije, oksido-redukcioni i fotolitički procesi i dr.

**2.3 Procena rizika emergentnih supstanci u  
akvatičnim sistemima**

Verovatnoća i kvantifikacija poremećaja od opasnosti i proces procene rizika na životnu sredinu se mogu predstaviti kao dva glavna elementa: karakterizacija efekata i karakterizacija izloženosti.

Dosledna procena izloženosti i efekata je moguća ako se procesi u sistemu životne sredine i biološkom sistemu posmatraju istim sistemom za modelovanje i alatima.

**2.4 Procena uticaja specifičnih polutanata**

Program redukcije zagađenja podrazumeva identifikaciju supstanci koje je potrebno kontrolisati, postavljanje pravosnažnih standarda kvaliteta životne sredine, identifikaciju izvora supstanci i mere za njihovu kontrolu i monitoring. Procena rizika po životnu sredinu, kao i dobijanje podatka da li je jedinjenje ispušteno u značajnim količinama, utvrđuje se poređenjem procenjene koncentracije supstance u okolinu, PEC (*eng. Predicted Environmental Concentration*) sa koncentracijom za koju

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Mihajlović, docent.**

je procenjeno da nema biološke efekte, PNEC (eng. *Predicted No-Effect Concentration*).

Ukoliko je ovaj odnos manji od 1, ne postoji rizik, a ukoliko je veći ili jednak 1, znači da je došlo do prekoračenja standarda kvaliteta životne sredine i normi kvaliteta te postoji rizik za životnu sredinu zbog čega je potrebno sprovođenje regulatornih mera.

### 2.5 Emergentne i prioritetne supstance u površinskoj vodi Dunava u blizini Novog Sada

Zagađenje reke usled direktnog i indirektnog ispuštanja komunalnih i industrijskih otpadnih voda i površinski oticaji doveli su do akumulacije toksičnih jedinjenja poput pesticida, surfaktanata, halogenovanih aromatičnih jedinjenja i ugljovodonika na rečnim sedimentima.

To ukazuje na mogućnost njihove apsorpcije od strane živog sveta i time potencijalnog rizika za životnu sredinu. Sprovedenim istraživanjima, u Dunavu i njegovim pritokama detektovan je značajan broj industrijskih emergentnih i određen broj prioritetnih supstanci.

### 3. METOD RADA

U okviru međunarodnog NATO projekta sprovedene su istraživačke aktivnosti koje su obuhvatale skrining i target analize najčešće detektovanih industrijskih emergentnih hemikalija na odabranim lokalitetima aluvijalne ravni Dunava u okolini grada Novog Sada. Za uzorkovanje površinske vode Dunava uzeto je pet mesta (RI, GC1", GC2", RO", RP").

Na osnovu detektovanih koncentracionih nivoa jedinjenja i predviđenim podacima toksičnosti za odabrana jedinjenja, sproveden je postupak procene rizika u cilju generalizovanja liste supstanci razmatranih za monitoring mrežu voda u Novom Sadu.

### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati sprovedenih analiza i procene uticaja, predstavljeni su tabelarnim putem na osnovu čega se izvode zaključci te objašnjava mogući razlog pojave detektovanih jedinjenja.

Fokus istraživanja u ovom radu bio je na pojavi jedinjenja pesticida, PCB-a, PAH-ova, fenola i neorganskih jedinjenja detektovanih u površinskoj vodi Dunava.

#### 4.1 Neorganska jedinjenja

Neorganska jedinjenja koja su ispitivana u okviru ovog projekta u površinskoj vodi Dunava (Sb, Fe, Ni, Mn, Se, Cr, Zn, Cu, As, Pb, Hg, Cd, cijanidi, nitrati, hloridi, amonijak), otkrivena su samo u drugoj target analizi.

Od svih merenih jedinjenja, AA-EQS vrednost (eng. *Annual Average-Environmental Quality Standard*) bila je prekoračena za amonijak na svim i za Cr i Hg na nekoliko mernih mesta, pri čemu je zaključeno da zagađenje Dunava ovim metalima vodi poreklom iz ispusta otpadnih voda koja se nalaze nedaleko od mesta njihove detekcije. Proces procene rizika za neorganska jedinjenja usled nedostatka potrebnih informacija, nije sproveden.

#### 4.2 Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH)

Tabela 1. Rezultati prve i druge target analize PAH jedinjenja u površinskoj vodi Dunava

Jedinjenje	AA-EQS	RI	GC1"	GC2"	RO"	RP"
Prva target analiza						
Koncentracija ng/l						
Fluoren	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Fenantren	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Antracen	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Fluoranten	<b>6.3</b>	<2	<2	<2	<2	<2
Druga target analiza						
Fluoren	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Fenantren	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Antracen	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Fluoranten	<b>6.3</b>	<2	<2	<2	<2	<2
Piren	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Benzo(a) antracen	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10
Krizen	<b>100</b>	<10	<10	<10	<10	<10

U okviru analiza PAH-ova, koncentracioni nivoi su bili niži od AA-EQS vrednosti. Rezultati sprovedene procene rizika ukazuju da ova jedinjenja ne zahtevaju sprovođenje dodatnih mera prevencije i učestaliji monitoring.

#### 4.3 Polihlorovani bifenili (PCB)

Tabela 2. Rezultati prve i druge target analize PCB jedinjenja u površinskoj vodi Dunava

Jedinjenje	AA-EQS	RI	GC1"	GC2"	RO"	RP"
Prva target analiza						
Koncentracija ng/l						
PCB 138	<b>2,41</b>	<1	<1	<1	<b>1,06</b>	<1
PCB 153	<b>1,3</b>	<1	<1	<1	<b>1,01</b>	<1
PCB 180	<b>3,65</b>	<1	<1	<1	<b>1,08</b>	<1
PCB 194	<b>0,2</b>	<1	<1	<1	<b>1,04</b>	<1
Druga target analiza						
PCB 138	<b>2,41</b>	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 153	<b>1,3</b>	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 180	<b>3,65</b>	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 194	<b>0,2</b>	<1	<1	<1	<1	<1

U prvoj target analizi, 4 od 8 srodnih jedinjenja PCB-ima su detektovana samo u prvoj target analizi na jednom mestu. Glavni izvor PCB-a na mernom mestu RO" je, smatra se, novosadska rafinerija nafte.

Tabela 3. Rezultati sprovedenog postupka procene rizika za PCB jedinjenja

Jedinjenje PCB	Max konc.	MEC <sub>95</sub>	Prekoračenje	Učestalost	Koeficijent prekoračenja	Odnos > 1	Broj mesta	Prioritet
Koncentracija ng/l								
138	1,06	1,06	0,44	0,2	0	1	5	0,2
153	1,01	1,01	0,78	0,2	0	1	5	0,2
180	1,08	1,08	0,29	0,2	0	1	5	0,2
194	1,04	1,04	5,2	0,2	0,1	1	5	0,3

Računske vrednosti prioriteta pokazale su vrednosti manje od 1, iz čega proizilazi da detektovani koncentracioni nivoi posmatranih jedinjenja ne predstavljaju rizik za akvatični ekosistem i ljude.

#### 4.4 Pesticidi

Tabela 4. Jedinjenja pesticida merena u površinskoj vodi Dunava

Jedinjenje	AA EQ S	RI	GC1"	GC2"	RO"	RP"
Prva target analiza						
Koncentracija ng/l						
Pentahlorobenzen	7	<7	40	<7	<7	<7
Heksahlorobenzen	10	<3	50	30	<3	<3
Heksahlorocikloheksan gama-lindan	20	<20	<20	<20	<20	<20
Heptahlor	200	<50	420	<50	<50	<50
Trifluralin	30	30	<30	<30	30	<30
Hlorpirifos	30	<30	<30	<30	<30	<30
Dieldrin	10	<10	270	100	30	<10
Endrin	10	<10	<10	<10	100	<10
Endosulfan alfa	5	<5	230	<5	<5	<5
Endosulfan beta	5	<5	<5	<5	40	<5
p,p'-DDD	25	<25	400	<25	220	<25
p,p'-DDE	10	80	25	80	<25	<25
p,p'-DDT	10	<10	310	<10	<10	<10
Σ DDT	25	80	735	<25	300	<25

Druga target analiza

Pentahlorobenzen	7	10	11	9	14	7
Heksahlorobenzen	10	<3	<3	<3	<3	<3
Trihlorometan	2500	<500	<500	<500	<500	<500
Trihlor-etilen	10000	<10	<10	<10	<10	<10
Tetrahaloro-etilen	10000	<100	<100	<100	<100	<100

Prva target analiza 14 pesticida pokazala je da su gotovo sva jedinjenja prekoračila AA-EQS osim lindana i hlorpirifosa, dok je u okviru druge target analize od 5 pesticida, prekoračenje zabeležio samo pentahloroben. Konstatuje se da su ovakvi rezultati u zavisnosti od mesta detekcije, proizvod nekontrolisane primene pesticida u uzvodnim evropskim državama, poljoprivrednih delatnosti i ispusta komunalne otpadne vode.

Tabela 5. Računske vrednosti procesa procene rizika za odabrane pesticide

Jedinjenje PCB	Max konc.	MEC <sub>95</sub>	Prekoračenje	Učestalost	Koeficijent prekoračenja	Odnos > 1	Broj mesta	Prioritet
Koncentracija ng/l								
Pentahlorobenzen	40	33,5	5,72	1,2	0,1	6	5	1,3
Heksahlorobenzen	50	49	5	0,4	0,1	2	5	0,5
Lindan	<20	0	0	0	0	0	5	0
p,p'-DDD	400	391	16	0,4	0,2	2	5	0,6
p,p'-DDT	310	310	31	0,2	0,2	1	5	0,4
Dieldrin	270	253	27	0,6	0,2	3	5	0,8
Endosulfan alfa	230	230	46	0,2	0,2	1	5	0,4

Na osnovu proračuna prioritizacije za 7 pesticida, zaključeno je da jedinjenje pentahlorobenzena jedino prelazi vrednost 1 sa 1,3.

Zbog toga se kao takvo stavlja na listu prioriteta i zahteva sprovođenje dodatnih regulatornih mera i učestalijeg monitoring programa.

#### 4.5 Fenoli

Tabela 6. Jedinjenja fenola merena u površinskoj vodi Dunava

Jedinjenje	AA EQS	RI	GC1"	GC2"	RO"	RP"
Prva target analiza						
Koncentracija ng/l						
Di-n-butil ftalat	<b>800</b>	<10	426	<10	<10	<10
DEHP	<b>1300</b>	152	<b>2170</b>	220	270	117
4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol	<b>10</b>	<b>50</b>	<10	<10	<b>50</b>	<b>50</b>
Di-n-butil ftalat	<b>800</b>	<10	426	<10	<10	<10
DEHP	<b>1300</b>	152	<b>2170</b>	220	270	117
4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol	<b>10</b>	<b>50</b>	<10	<10	<b>50</b>	<b>50</b>
Di-n-butil ftalat	<b>800</b>	<10	426	<10	<10	<10
Druga target analiza						
Di-n-butil ftalat	<b>800</b>	<b>920</b>	<b>860</b>	<b>1220</b>	<b>1160</b>	<b>1160</b>
DEHP	<b>1300</b>	750	760	830	390	770
Nonilfenol	<b>440</b>	110	210	150	160	130
Oktilfenol	<b>390</b>	<10	<10	<10	<10	<10
4-nonilfenol	<b>300</b>	<10	<10	<10	<10	<10

Di-n-butil ftalat, di-(etilheksil)-ftalati (DEHP) i 4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol su detektovani u obe target analize. 4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol je u prvoj target analizi detektovan na jednom mestu u 5 puta većoj koncentraciji od AA-EQS vrednosti, dok je di-n-butil ftalat u okviru druge target analize detektovan u prekoračenim vrednostima na svim mernim mestima površinske vode.

Tabela 7. Računske vrednosti procesa procene rizika

Jedinjenje PCB	Max konc.	MEC <sub>95</sub>	Prekoračenje	Učestalost	Koeficijent prekoračenja	Odnos > 1	Broj mesta	Prioritet
Koncentracija ng/l								
Nonilfenol	210	200	0,7	1	0	5	5	<b>1</b>
Trihloretilen	<10	0	0	0	0	0	5	0

Na osnovu procene rizika za dva jedinjenja, izvlačimo konstataciju da je jedinjenje nonilfenol dostiglo vrednost 1.

#### 5. ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Detektovani koncentracioni nivoi i rezultati procene rizika ukazuju na permanentno prisustvo EmS u površinskim vodama Dunava kod Novog Sada. Potrebno je obezbediti frekventniju analizu uzoraka u vremenu i prostoru i povećati broj analiziranih jedinjenja, kako bi se stekao bolji uvid u hemijski ekostatus Dunava kao osnova za sprovođenje odgovarajućeg seta mera prevencije i smanjenje mogućih uticaja na životnu sredinu u okviru održivog upravljanja slivom Dunava u Srbiji.

#### 6. LITERATURA

- [1] P. C. Von der Ohe, V. Dulio, J. Slobodnik, E. De Deckere, R. Kuhne, R. U. Ebert, A. Ginebreda, W. De Cooman, G. Schuurmann, W. Brack, „A new risk assessment approach for the prioritization of 500 classical and emerging organic microcontaminants as potential river basin specific pollutants under the European Water Framework Directive“, Science of the total Environment Vol. 409, pp. 2064-2077, 2011.
- [2] M. V. Miloradov, I. Mihajlović, O. Vyviraska, F. Cacho, J. Radonić, N. Minić, I. Spanik, „Impact od wastewater discharges to Danube surface water pollution by emerging and priority pollutants in the vicinity of Novi Sad“, Fresenius environmental bulletin Vol. 23, pp. 2137-214, 2014.

#### Kratka biografija:



**Bojana Radaković** rođena je u Bečeju 1991. godine. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Inženjerstva tretmana i zaštite voda, odbranila je 2016. godine.

**KOMPARATIVNA ANALIZA MEĐUNARODNIH I DOMAĆIH MINIMALNIH TEHNIČKIH ZAHTEVA BEZBEDNOSTI OD POŽARA ZA UGOSTITELJSKE OBJEKTE****COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNATIONAL AND NATIONAL MINIMUM TECHNICAL REQUIREMENTS OF FIRE SAFETY FOR CATERING FACILITIES**

Čedomir Glišin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**

**Kratak sadržaj** – U radu je analiziran projekat izgradnje ugostiteljskog objekta, identifikovane su opasnosti i data je uporedna analiza UNOPS Tehničkih okvira za minimalne zahteve za projektovanje i važećih tehničkih propisa Republike Srbije iz oblasti izgradnje ugostiteljskih objekata.

**Ključne reči:** ugostiteljski objekat, bezbednost od požara.

**Abstract** – *The subject of analysis in this work is construction project for the catering facility, potential hazards were identified and comparative analysis is given: UNOPS Technical framework for minimal requirements for project design versus technical rules of the Republic of Serbia relating construction of catering facilities.*

**Key words:** catering facility, fire safety.

**1. UVOD**

U poslednjih nekoliko godina, u ugostiteljskim objektima u našoj zemlji, dogodilo se više požara sa katastrofalnim posledicama: bilo je žrtava i pričinjena je milionska materijalna šteta. Nakon navedenih događaja, pristupilo se sistemskom rešavanju ovog problema, s ciljem da se spreči i smanji broj požara, što istovremeno znači i smanjenje broja događaja sa smrtnim ishodom i većom materijalnom štetom.

Osnov za pravno regulisanje zaštite od požara u Republici Srbiji jeste Zakon o zaštiti od požara [1]. Ovaj zakon definiše i uređuje sledeće: sistem zaštite od požara, subjekte zaštite od požara, načela zaštite od požara, planiranje i organizovanje zaštite od požara, mere zaštite od požara, organizaciju vatrogasne službe, nadzor nad sprovođenjem zaštite od požara i dr.

Glavni projekat zaštite od požara je deo projektne dokumentacije za izvođenje objekata. Projekti za izvođenje građevinskih objekata predstavljaju skup međusobno usaglašenih projekata kojim se utvrđuju građevinsko – tehničke i tehnološke karakteristike sa opremom i instalacijama, tehničko – tehnološka i organizaciona rešenja za izgradnju objekta, investiciona vrednost i uslovi održavanja objekta.

Prilikom projektovanja i izgradnje objekta, prema zakonu koji uređuje oblast planiranja i izgradnje, moraju se

obezbediti osnovni zahtevi zaštite od požara tako da se u slučaju požara: očuva nosivost konstrukcije tokom određenog vremena, spreči širenje vatre i dima unutar objekta, spreči širenje vatre na susedne objekte i omogući sigurna i bezbedna evakuacija ljudi, tj. njihovo spasavanje.

Za potrebe organizacije UN i implementiranja infrastrukturnih projekata u procesu oporavka nakon realizacije hazarda, formulisani su UNOPS Tehnički okviri za minimalne zahteve za projektovanje objekata [2] – tj. zahtevi koji predstavljaju skup rešenja preuzetih iz nacionalnih propisa raznih zemalja i koji, tako objedinjeni, predstavljaju međunarodni konsenzus o minimalnim tehničkim performansama građevine.

Ovde definisani zahtevi iz oblasti bezbednosti od požara (barijere za očuvanje i zaštitu ljudskih života u uslovima požara) omogućavaju efikasnu evakuaciju ljudi iz objekta zahvaćenog požarom i uspešnu vatrogasno-spasilačku intervenciju.

U zemljama zapadnog Balkana, što podrazumeva i Republiku Srbiju, naročito je važno poznavanje i primena ovih međunarodnih zahteva, jer je uspešnost realizacije projekata izgradnje koji su finansirani od strane međunarodne zajednice često uslovljena ispunjavanjem međunarodnog minimalnog kriterijuma kvaliteta i održivosti projektnih rešenja.

Nadzor nad implementacijom minimalnih tehničkih zahteva sprovodi Kancelarija za vođenje projekata UN (UNOPS).

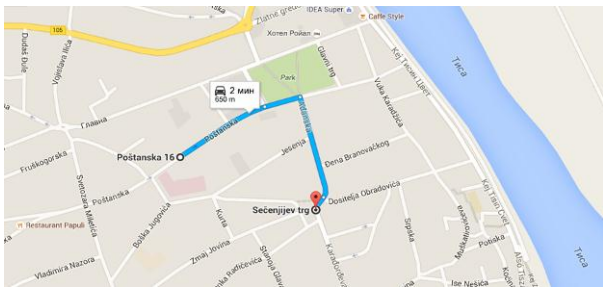
U radu je analiziran projekat za izgradnju ugostiteljskog objekta – diskoteke u Senti, i Glavni projekat zaštite od požara, u skladu sa domaćim propisima, i uz komparaciju sa međunarodnim tehničkim zahtevima bezbednosti od požara - UNOPS (2014) Tehničkim okvirima za minimalne zahteve za projektovanje.

**2. Studija slučaja – objekat diskoteke**

Katastarska parcela na kome će se nalaziti poslovni objekat nalazi se na uglu ulica Adanska i Sečenjijev trg u Senti. Sa jugozapadne i severne strane neposredno uz poslovni objekat nalaze se stambeni objekti, dok se sa južne strane nalazi otvoreni prostor.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila docent dr Mirjana Laban.



Slika br. 1: Udaljenost vatrogasne jedinice od lokacije ugostiteljskog objekta i putanja (izvor: google maps)

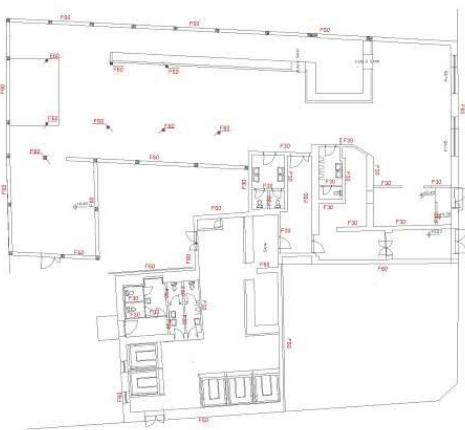
Širine pristupnih putevi i radijusi okretnica su usaglašeni sa Pravilnikom o tehničkim normativima za pristupne puteve, okretnice i uređene platoo za vatrogasna vozila u blizini objekata povećanog rizika od požara ("Sl. list SRJ" br.8/95). Objekat je svrstan u grupu objekata sa povećanim rizikom od požara u skladu sa Uredbom o razvrstavanju objekata, delatnosti i zemljišta u kategorije ugroženosti od požara [12].

Bruto građevinska površina objekta će iznositi 600 m<sup>2</sup>, korisna površina objekta iznosi 525 m<sup>2</sup>.

Objekat će biti izveden sa masivnim konstruktivnim zidovima od glinenih blokova, blokova izrađenih od kvarcnog peska, kreča i cementa - negorivog građevinskog materijala klase A1 (po SRPS U.J1.050) i pune opeke debljine 25, 38 i 50 cm, koji su obostrano malterisani. Pregradni zidovi su planirani da budu od pune opeke debljine 12 cm, obostrano malterisani.

Temelji su planirani da budu trakasti, od nabijenog betona.

Krovna konstrukcija je planirana da bude izrađena od drveta i da se oslanja na međuspratnu konstrukciju za koju je ankerovana.



Slika br. 2: Situacija predmetnog objekta (izvor: Glavni projekat zaštite od požara)

## 2.1. Procena opasnosti od požara

Koristeći postojeće tabele izračunatih požarnih opterećenja – **specifično požarno opterećenje** (Pi) nije računato, već je usvojeno iz literature iz oblasti zaštite od požara i eksplozija, i ono iznosi 335 MJ/m<sup>2</sup>.

Požarno opterećenje objekta se izračunava prema standardu SRPS U.J1.030 [11] po formuli:

$$Z = \sum P_i \times S_i$$

Gde je:

Z-požarno opterećenje u KJ

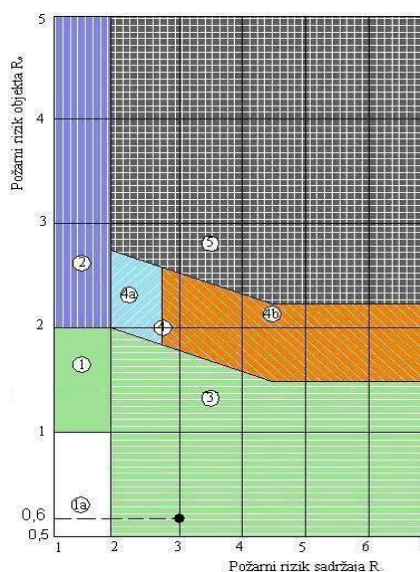
Pi-specifično požarno opterećenje u KJ/m<sup>2</sup>

Si-površina osnove na koju se odnosi vrednost Pi u m<sup>2</sup>.

Požarno opterećenje objekta:

335 MJ/m<sup>2</sup> x 525 m<sup>2</sup> = 1,75875 GJ/m<sup>2</sup> i spada u srednje požarno opterećenje.

Procena opasnosti od požara je izvršena metodom EUROALARM, po ličnom odabiru, jer je praktična i široko primenjena.



Grafik br. 1: Mere koje je potrebno preduzeti u cilju zaštite objekta od požara (Euroalarm metoda)

Na osnovu dijagrama, tačka ukrštanja Ro i Rs je u polju 3, što znači da je za ugostiteljski objekat potreban sistem za automatsku dojavu požara, dok sistem za automatsko gašenje požara nije potreban.

Prema odredbama Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu ugostiteljskih objekata od požara [6], ugostiteljski objekti u kojima može istovremeno boraviti više od 100 lica moraju imati ugrađen sistem za automatsku dojavu požara. Ugostiteljski objekti u kojima istovremeno može boraviti više od 250 lica, moraju imati i sistem za glasovno obaveštavanje i uzbunjivanje, koji mora ispunjavati propise kojima je uređena oblast projektovanja i izvođenja ovih sistema.

Prema UNOPS Tehničkim okvirima za minimalne zahteve za projektovanje [2], oblasti C4.PR 6, tački a : Detekcija požara i sistemi bezbednosti, predviđeno je da svi javni objekti moraju biti u skladu sa sledećim zahtevima za sisteme za detekciju požara i zaštite: Alarmi i sistemi za detekciju požara su potrebni za sve objekte veće od 300 m<sup>2</sup>. Potrebno je da sistemi i detektori dima budu trajno povezani sa zvučnim alarmom.

Termički detektori se zahtevaju u kuhinjama, gde alarmi za dim ne mogu biti prikladni. Ako se povezivanje sistema ne može izvesti preko provodnika – nije tehnički izvodljivo, moraju se koristiti detektori sa napajanjem na baterije.

**Zaključak komparacije:** Pravna regulativa Republike Srbije, koji se odnose na zaštitu ugostiteljskih objekata - Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu ugostiteljskih objekata od požara se razlikuje od UNOPS Tehničkih okvira za minimalne zahteve za projektovanje, jer se naš pravilnik vezuje za broj osoba u objektu, dok se UNOPS Tehnički okvir za minimalne zahteve za projektovanje vezuje za površinu objekta iste namene.

## 2.2. Izbor materijala za konstrukcije koje treba da budu otporne na požar

Otpornost konstrukcija objekta prema požaru, prema tehničkoj preporuci SRPS TP 21/2002 [3] dobijamo na osnovu namene objekta i broja lica koji u njemu borave. Prema klasifikacijama NP1 i P5, a na osnovu tabele iz JUS.TP.21 [3], zaključuje se da je osnovni stepen otpornosti SOP - III.

Svi konstruktivni elementi zadovoljavaju zahtevani stepen otpornosti prema požaru utvrđen SRPS U.J1.240 i SRPS U.J1.050 [10] i moraju imati sertifikat kao dokaz o usaglašenosti sa navedenim standardom, prema [13].

Prema propisima UN, oblasti C4.PR 1: Celovitost konstrukcije– vatrootpornost je određena:

1. 15 minuta: lagano drvo ili čelična konstrukcija, uključujući i krovove
2. Jedan sat: niskogradnja (manje od 3 sprata) zidano / betonska konstrukcija
3. Dva sata: visokogradnja (više od 3 sprata) zidano / betonska konstrukcija.

**Zaključak komparacije:** Pravna regulativa Republike Srbije, koja se odnosi na otpornost konstrukcija objekata prema požaru, donosi preciznije određivanje otpornosti u odnosu na propise UN [2].

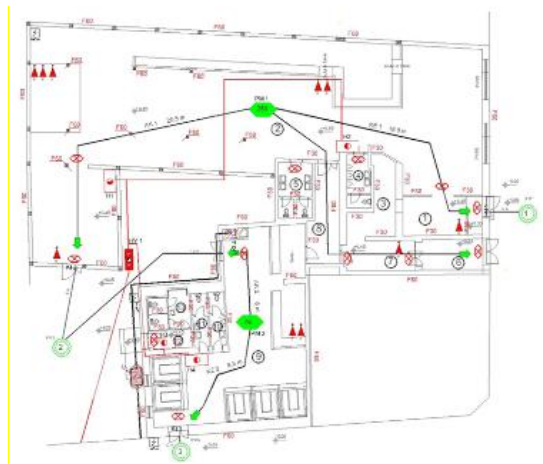
## 3. PRORAČUN BROJA LJUDI U OBJEKTU

Prema Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu ugostiteljskih objekata [6] a u skladu sa SRPS TP 21/2002 [3], broj osoba u diskoteci treba da se ograniči na jednu osobu po 1 m<sup>2</sup> slobodne površine podla za igru i sedenje.

Ukupan broj maksimalno prisutnih lica u objektu je 359. Prema UNOPS Tehničkim okvirima za minimalne zahteve za projektovanje [2], shodno tabeli br. 3, oblasti C4.PR 3 *Fire exits*, broj osoba u diskoteci treba da se ograniči na 0,5 osoba/m<sup>2</sup> slobodne površine podla za igru i sedenje.

Ukupan broj maksimalno prisutnih lica u objektu je 718.

Položaj panik rasvete i osvetljenost puteva evakuacije u objektu zadovoljavaju standarde EN 1838, EN 50171, EN 50172 i preporuke UNOPS Design Planning Manual for Buildings: 2014 - Tehnički okvir za minimalne zahteve za projektovanje [2].



Slika br. 3: Koridori evakuacije iz predmetnog objekta (izvor: Glavni projekat zaštite od požara)

## 4. ZAKLJUČAK

Cilj analize prikazane u master radu, osim uvida u način ispunjenja minimalnih domaćih tehničkih zahteva bezbednosti od požara pri projektovanju, izgradnji i eksploataciji ugostiteljskih objekata je bila i komparativna analiza domaćih i međunarodnih tehničkih zahteva, a naročito UNOPS Design Planning Manual for Buildings - Tehnički okvir za minimalne zahteve za projektovanje [2].

Na osnovu komparativne analize može se zaključiti da se u većem broju zahteva pri planiranju i izgradnji objekata domaći i međunarodni tehnički uslovi uglavnom slažu, tj. usaglašeni su. Usaglašavanje propisa je uslov za pristupanje EU. Jedan od uslova pristupanja je i usaglašavanje većine zakona, pravilnika i standarda sa zakonima, pravilnicima i standardima EU.

U nekim segmentima, npr. ograničavanje broja osoba u objektima određene namene po /m<sup>2</sup> korisne površine su vidljive razlike, jer je taj zahtev u međunarodnim okvirima precizno definisan, a kod nas još nije (još uvek ima status preporuke od 2002. godine).

Da bi se unapredio kvalitet i efikasnost sistema zaštite od požara, a time zaštitili ljudski životi, životna sredina i materijalna dobra, neophodno je unapređenje propisa u oblasti bezbednosti od požara, i striktno pridržavanje tih propisa.

Građevinske preventivne mere zaštite od požara mogu se smatrati najefikasnijim metodama, pomoću kojih se mogu smanjiti i ograničiti štete izazvane požarom i sprečiti ljudski gubici.

U nedostatku potrebne domaće tehničke regulative, koja bi u potpunosti regulisala implementaciju ovih mera, potrebno je primeniti iskustva dobre prakse drugih zemalja i strukovnih asocijacija u ovoj oblasti i prihvatiti predložena rešenja u projektovanju objekata.



## 5. LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti od požara (Sl. glasnik RS, broj 111/2009 i 20/2015).
- [2] UNOPS Design Planning Manual for Buildings: 2014 - Tehnički okvir za minimalne zahteve za projektovanje infrastrukture
- [3] SRPS TP 21:2003 - Tehnička preporuka za zaštitu od požara stambenih, poslovnih i javnih zgrada
- [4] Zakon o zapaljivim i gorivim tečnostima i zapaljivim gasovima (Sl. glasnik RS" br. 54/2015)
- [5] Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014).
- [6] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu ugostiteljskih objekata od požara (Sl.glasnik RS br. 61/2015).
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za pristupne puteve, okretnice i uređene platforme za vatrogasna vozila u blizini objekata povećanog rizika od požara ("Sl. list SRJ" br.8/95)
- [8] Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne instalacije za dojavu požara ("Sl. list SRJ" br.87/93)
- [9] Pravilnik o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara ("Sl. list SFRJ" br.30/91)
- [10] SRPS U.J1.050.
- [11] SRPS U.J1.030
- [12] Uredba o razvrstavanju objekata, delatnosti i zemljišta u kategorije ugroženosti od požara ("Sl. glasnik RS", br. 76/2010)

[13] Pravilniku o obaveznom atestiranju elemenata tipskih građevinskih konstrukcija na otpornost prema požaru i o uslovima koje moraju ispunjavati organizacije udruženog rada ovlašćene za atestiranje tih proizvoda ("Sl. list SFRJ" br. 24/90).

### Kratka biografija:



**Čedomir Glišin** rođen je u Senti 1971. god. Zaposlen je u Ministarstvu unutrašnjih poslova, Sektoru za vanredne situacije. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanja rizicima od katastrofalnih događaja i požara je odbranio 2012. godine.

**SIMULACIJA POPLAVE ULED OSTVARENJA RIZIKA PUCANJA BRANE  
BORKOVAČKOG JEZERA I EVAKUACIJA STANOVNIŠTVA****SIMULATION OF A FLOOD CAUSED BY DAM FAILURE AT LAKE BORKOVAC AND  
POPULATION EVACUATION**

Milan Janković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast: UPRAVLJANJE RIZIKOM OD  
KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**

**Kratak sadržaj** – Rad se bazira na prikazu postojećeg stanja Borkovačkog jezera i naselja Rume. Na osnovu relevantnih podataka o mikro lokaciji jezera, opštim karakteristikama, izvorima opasnosti, podacima o prirodnim i kulturnim dobrima i analizom iskustava o pucanju zemljanih ustava i poplavama i štetama koje izazivaju prikazana je realna simulacija pucanja brane akumulacije, nastanak poplave u predmetnom području i evakuacija ugroženog stanovništva. Prema sadržaju, rad prati smernice Metodologije za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama. Na osnovu dobijenih rezultata simulacije i akcije evakuacije i zbrinjavanja, mogu se razmatrati mere preventivne zaštite, mogućnost njihove implementacije, primena određenog tretmana i unapređenje postojećeg stanja.

**Abstract** - This thesis is based on the presentation of the current situation of the Lake Borkovac and the settlement of Ruma. Using the basic and relevant information on the micro location of lake, general characteristics, possible sources of danger, information about the natural and cultural resources and analysis of the experience of dam failure across the world I have shown the realistic simulation of dam annihilation, possible flood in the area and evacuation of affected populations. According to the content, the work follows the guidelines of the Metodologija za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama. Based on the results can be considered preventive measures of protection, the possibility of their implementation, application specific treatment and improving the current situation.

**Ključne reči:** Borkovačko jezero, Borkovački potok, akumulacija, poplava, Ruma, evakuacija, zbrinjavanje.

**1. UVOD**

Katastrofalni događaji predstavljaju pojave koje nastaju delovanjem prirodnih sila, uglavnom bez čovečje volje. Čovek može biti uzročnik nastanku izvesnih pojava koje se u prvi mah ne moraju smatrati elementarnim, ali posledice, koje prouzrokuju ovakve pojave, nastaju delovanjem prirodnih sila.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Đorđe Čosić.

Poplave predstavljaju jednu od najvećih opasnosti za ljudsku zajednicu i imaju značajan uticaj na društveni i ekonomski razvoj. Predmet ovog rada predstavlja moguća poplava nastala usled pucanja i preliivanja brane Borkovačkog jezera, plavljenje naselja i akcija evakuacije i zbrinjavanja poplavom pogođenog stanovništva.

Radom će kroz istraživanje teoretski biti predstavljena teritorija kojoj pretil katastrofalan događaj, mogućnost nastanka istog, analiza razvoja događaja-scenario i evakuacija i zbrinjavanje ugroženog stanovništva koje može biti pogođeno poplavom prilikom izlivanja vodene mase iz akumulacije Borkovac.

**2. MIKRO LOKACIJA I KARAKTERISTIKE  
BORKOVAČKOG JEZERA I NASELJA RUMA**

Ruma se nalazi u centralnom delu sremskog okruga u AP Vojvodini, u Republici Srbiji. Područje rumske opštine se prostire na padini Fruške gore, stare gromadne planine. Reljef opštine Ruma i njene okoline karakteriše ravna, slabo zatalasana površina. Teren je blago nagnut i to u pravcu sever-jug, 140 m do 80 m, od južne padine planine Fruške gore do desne obale reke Save.

Većina stanovništva Rume i okoline je zaposleno ili ima bliske veze sa poljoprivredom i industrijom. Poljoprivreda je razvijena privredna delatnost koja poseduje dobru osnovu za razvoj, kako kroz individualni, tako i kroz sektor različitih industrijskih grana.

Među najrazvijenijim industrijskim granama u naselju se izdvajaju: kožarska, prehrambena, drvna i gumarska industrija. Borkovačko jezero je veštačko akumulaciono jezero koje se nalazi u Sremu na južnoj padini Fruške gore. Jezero se nalazi u neposrednoj blizini Rume, na 2,3 km od centra naselja, a 18 km od Sremske Mitrovice, administrativnog centra Sremskog okruga i najbližeg većeg naselja.

Akumulacija pripada teritoriji Opštine Irig, mečutim, voda se uglavnom koristi za potrebe populacije rumske opštine. Stabilna zemljana brana (ustav) koja predstavlja južnu obalu Borkovačkog jezera je masivna građevina koja je konstruisana 1972. godine, kako bi se regulisao vodostaj Borkovačkog potoka.

Projektovana je i izvedena tako da je karakterišu maksimalna visina od 11,3 m i dužina od 210 m.



*Slika 1. Brana Borkovačkog jezera*

Ispuštanje vode iz jezera u potok je projektovano tako da se ista ili približno ista količina vode koja se ulije u jezero (iz Borkovačkog potoka) u datom trenutku, automatski izlije iz njega. Kontrolisano preliivanje se vrši preko izlivnog kanala na sredini ustava i breme koja se nalazi na zapadnoj strani brane.

### 3. OPŠTE KARAKTERISTIKE POTOKA

Borkovački kanal služi za prihvatanje viška količine vode iz Borkovačkog jezera i njegove okoline, ali i kao recipijent površinskih voda duž čitavog toka potoka. Kanal se prostire u pravcu sever – jug, na potezu od južne obale jezera, kroz Rumu i uliva se u Kudoški potok na oko 3 km jugozapadno od naselja u dužini od 7,90 km. Prosečna širina kanala iznosi oko 6 m. Čitava dužina Borkovačkog kanala se može podeliti na četiri zone protoka, u cilju lakšeg opisa reljefa kroz koji potok protiče, ali i pri razmrtanju mogućeg scenarija događaja ostvarenja rizika. Zone su sledeće:

- Zona park šuma - Prvobitna namena površina na kojoj se nalazi Park šuma Borkovac je sport i rekreacija stanovnika grada Rume. Park šuma je posećen tokom čitave godine i neretko se u ovoj zoni održavaju manifestacije i događaji različitog karaktera;
- Zona površina pod voćnjacima, baštama i sportskim terenima - Teren na kojoj se nalazi zona pod voćnjacima, baštama i sportskim terenima, kao i prethodna, ima poluelipsasto korito i nastavlja se na zonu Park šuma. Razlika u odnosu na zonu Parka šume je što su na ovoj lokaciji terase korita borkovačkog kanala zatalasane, široke i sa blagim padom od ruba korita do njegovog najnižeg dela.
- Zona urbanog naselja - Površina zone urbanog zemljišta je pod građevinskim objektima i naseljena je lokalnim stanovništvom. Korito ove zone ima poluelipsast oblik, sa blagim i ujednačenim padom sa obe strane i ravnim dnom kroz koji protiče potok. Zemljište je, kao i u prethodnim zonama, sačinjeno od černozema.
- Zona poljoprivrednih i drugih površina - Zona poljoprivrednih i drugih površina predstavlja, po površini najveću zonu od

prethodno navedenih. Zona prati tok potoka kroz kanal čitavom svojom dužinom, sve do mesta gde se borkovački ulica uliva u kudoški kanal. Na ovoj površini se nalaze velike poljoprivredne površine, u privatnom i javnom vlasništvu, prizemni stambeni objekti i objekti različitih namena.

### 4. IDENTIFIKACIJA POVREDIVIH OBJEKATA

Prema Pravilniku o načinu izrade i sadržaja plana zaštite od udesa, povredivi objekti se definišu kao mesta na kojima ljudi žive, rade, okupljaju se ili borave; stambeni objekti, škole, vrtići, tržni centri, upravne zgrade, industrijski objekti, igrališta, parkirališta, rekreativne površine, parkovi, sportski tereni, reke, jezera, plaže, kao i prirodna dobra. U diplomskom - master radu su taksativno nabrojani objekti u kojima se u bilo kom trenutku može naći više od pedeset osoba na jednom mestu, a nalaze se u neposrednoj blizini Borkovačkog potoka i u slučaju izlivanja jezerske vode, tj., u slučaju plavljenja, mogu biti u direktno ili indirektno ugroženi ili poplavljeni.

### 5. OBJEKTI ZA SKLANJANJE I ZDRAVSTVENO ZBRINJAVANJE

Objekti za sklanjanje su građevinski objekti ili delovi građevinskih objekata čija osnovna namena je sklanjanje i pružanje zaštite stanovništva, ugroženog od strane različitih prirodnih nesreća ili u slučaju ratnih dejstava. Na teritoriji naselja Rume se nalazi ukupno 22 objekata za zaštitu i sklanjanje. Najveći broj objekata za sklanjanje se nalazi u podrumskim prostorijama visokih stambenih zgrada, na različitim lokacijama širom naselja. Pod objektima za zdravstveno zbrinjavanje podrazumevu se one ustanove koje su u svakom trenutku u mogućnosti da pruže odgovarajuću zdravstvenu zaštitu i negu osobama za različitim prirodnim povredama. U diplomskom - master radu su prikazane ustanove čija udaljenost nije više od 25 km od predmetne lokacije.

### 6. IZVORI OPASNOSTI

Elementarne nepogode mogu u velikoj meri doprineti nastanku akcidentnog događaja. Takođe ljudski faktor – neman i namerno sabotiranje mogu značajno uticati na nastanak katastrofalne situacije. Meću najuobičajnijim izvorima opasnosti koje se mogu pojaviti na prostoru Evrope, pa samim tim i na teritoriji Republike Srbije:

- Atmosferska pražnjenja;
- Olujni vetrovi;
- Požari;
- Poplave;
- Zemljotres;
- Teroristički akt.

Izučavanjem istorije pucanja različitih zemljanih ustava širom planete i istraživanjem o fizičkim karakteristikama o brani Borkovačkog jezera, zaključujem da su poplave, zemljotresi i teroristički akti izvori opasnosti mogu doprineti ostvarenju rizika pucanja brane Borkovačkog jezera.

## **7. PRIKAZ MOGUĆEG RAZVOJA DOGAĐAJA - SCENARIO**

Scenario razvoja rizičnog događaja predstavlja opis procesa promene okolnosti u toku određenog vremenskog perioda. Pod okolnostima u određenom vremenskom periodu se podrazumeva skup događaja koji su u direktnoj vezi sa realizacijom faktora rizika, odgovora na njih i skup informacija vezanih za nastale gubitke i štetu. Kako bi se lakše predstavila teorija i analizirao potencijalni događaj pucanja brane i izlivanja jezerske vode, scenario nastanka rizičnog događaja delim na četiri dela (prema zonama opisanim u poglavlju Opšte karakteristike potoka).

Pored relevantnih podataka, koristio sam zaključke iz prećasnih istraživanja o nastalim posledicama i štetama prilikom pucanja ustava na velikim akumulacionim jezerima. U obzir sam uzimao podatak da se radi o branama koje imaju slične karakteristike sa branom borkovačke akumulacije. Istraživanje obuhvata rezime štete nastale pri pucanju Bankjao brane (Kina) i Brana Big Bej (SAD).

## **8. ANALIZA RIZIKA**

Ostvarivanjem rizika pucanja brane Borkovačkog jezera, stanovništvo Rume se dovodi u direktnu opasnost po život i imovinu od vodenog talasa koji bi se slivao iz korita jezera Suvodolskom dolinom od severa ka jugu. Posledice nakon nastanka ovog katastrofalnog događaja bi bile devastirajuće. Osobama koje bi bile pogođene poplavom bi bio potreban određeni vremenski period kako bi uspele da saniraju neposredne posledice nastale dejstvom vodenog talasa.

## **9. EVAKUACIJA I ZBRINJAVANJE**

Evakuacija se definiše kao plansko, organizovano i privremeno premeštanje ljudi, životinja, materijalnih i kulturnih dobara, državnih organa, privrednih društava i drugih pravnih lica sa ugrožene teritorije na teritoriju određenu Planom zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama, na kojoj ne postoji opasnost i koja pruža uslove za život i zaštitu i sprovodi se u slučajevima udesa i katastrofa, posledica terorizma, ratnih i drugih većih nesreća.

Evakuacija usled ostvarenja rizika pucanja brane i izlivanja vode iz korita borkovačkog jezera bi predstavljala niz kompleksnih aktivnosti koja bi se sprovodila pre, u toku i nakon prestana poplavnog talasa. Uzimajući u obzir nivo ugroženosti stanovništva, ukupan broj i površinu teritorije koja bi bila zahvaćena posledicama usled nastanka prethodno opisanog katastrofalnog događaja, evakuacija stanovništva u slučaju ostvarenja rizika pucanja brane Borkovačkog jezera bi bila potpuna - svaka osoba sa teritorije koja je označena kao ugrožena ili zahvaćena poplavom bi morala biti premeštena na sigurnu lokaciju.

Potpuna evakuacija bi zahtevala premeštanje ljudi i životinja na, prethodno određenu lokaciju Planom zaštite i spasavanja.

## **9.1. SNAGE I SREDSTVA ZA ZAŠTITU OD POPLAVA**

Pod snagama i sredstvima za zaštitu, spasavanje, evakuaciju i zbrinjavanje ugroženog stanovništva se podrazumevaju svi raspoloživi ljudski i materijalni resursi, koji se mogu angažovati u slučaju ostvarenja rizika nastanka poplave.

Sistem zaštite i spasavanja je definisan Zakonom o vanrednim situacijama kao deo sistema nacionalne bezbednosti i integrisani oblik upravljanja i organizovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja na sprovođenju preventivnih i operativnih mera i izvršavanju zadataka zaštite i spasavanja ljudi i dobara od posledica elementarnih nepogoda i drugih nesreća, uključujući i mere oporavka od tih posledica.

## **9.2. PLAN EVAKUACIJE**

Akcija evakuacije se sprovodi prema unapred donesenom i usvojenom Planu evakuacije stanovništva naselja Rume usled ostvarenja rizika pucanja brane Borkovačkog jezera i izlivanja vode na branjene površine. Opština i grad Ruma ne poseduje ovakav ili sličan dokument kojima su definisane procedure sprovođenja mera, zadataka evakuacije i neophodna materijalno-tehnička i finansijska sredstva. U akciji evakuacije se koriste snage i sredstva sa teritorije jedinice lokalne samouprave. Pretpostavlja se da bi nadležni organ koji obezbeđuje snagu i sredstva, zbog obima katastrofe, morao da angažuje dodatne snage i sredstva za akciju evakuacije. U akciji evakuacije i zbrinjavanja bi se ostvarila saradnja i sa policijskim službama, vatrogasno-spasilačkim ekipama, Crvenim krstom grada i Republike, subjektima čija je osnovna delatnost zaštita i spasavanje i koja su opremljena i osposobljena za zaštitu i spasavanje.

## **9.3. ZBRINJAVANJE**

Prihvat evakuisanog stanovništva vrše timovi zaduženi za zbrinjavanje. Nakon što bi bili prebačeni sa teritorije koja je pogođena katastrofom na lokacije koje su označene kao sigurna mesta, evakuisano stanovništvo bi se prevozilo do prihvatnih centara. Prihvatni centri u slučajevima nastanka poplave se formiraju u javnim objektima koji su pomenuti u odeljku Objekti za zdravstveno zbrinjavanje. U objektima za sklanjanje stanovništvu pogođeno poplavom bi bilo omogućeno pružanje hitnog adekvatnog smeštaja, koji podrazumeva određene standarde.

## **10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA I PREPORUKE ZA DALJI RAD**

Analize i zaključci bi svakako u daleko većoj meri trebalo da posluže budućnosti u cilju bolje organizacije i opremljenosti službi koje su uključene u pripremu i sprečavanje pucanja brane Borkovačkog jezera i izlivanja vodene mase iz iste.

Potrebno je donošenje određenog broja od nedostajućih planova, propisa i procedura za područje Opštine Ruma i to Plana za zaštitu i spasavanje u slučaju izlivanja Borkovačkog jezera i Plan evakuacije stanovništva Rume. Ovi planovi u slučaju ostvarenja ovakve vrste poplave ljudske gubitke i materijalnu štetu svelo na minimum. Uvoćenjem planova, propisa i procedura bi se značajno podigla svest stanovništva Rume o mogućim posledicama ukoliko bi došlo do izlivanja vode iz Borkovačkog jezera.

Podizanjem svesti o opasnosima i posledicama bi se efektivnije stupilo u procese i akcije održavanja i unaprećenja trenutnog stanja, u cilju sprečavanja eventualnog kraha ustava akumulacije i nastanka poplave na ovom području.

Posebno bi trebalo voditi računa o obučavanju kadrova u oblasti Upravljanja rizicima u katastrofalnim događajima, tj., njihovo permanentno obrazovanje, usavršavanje i obučenost, što svakako podrazumeva i veća finansijska sredstva.

## 11. LITERATURA

- [1] Zakon o vanrednim situacijama ("Službeni glasnik Republike Srbije", br. 111/09, 92/11 i 93/12); Zakon o zaštiti od požara, „Službeni glasnik RS“, br. 111/2009, 20/15.
- [2] Metodologija za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama, Službeni glasnik RS : 096/2012.
- [3] Pravilnik o načinu izrade i sadržaju Plana zaštite od udesa („Službeni glasnik Republike Srbije“, br. 82/2012).
- [4] Strateški plan održivog razvoja Opštine Ruma za period 2015 - 2020. godine.
- [5] Victor, L., Streetar, E., Benjamin, W.: Fluid mechanics, McGraw-Hill book company, 1986.
- [6] Dušan Sakulski, „Uvod u analizu rizika“, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2012.
- [7] „Hidrauličko-hidrološka analiza oticaja, Mr. Vesna Đukuć, Zadužbina Andrejević, Ruma 2002. godine.
- [8] „Vode Fruške gore“, dr. Jovan Petrović, mr. Dragoljub Bugarski, Slobodan Ćurčić, Živan Boganović, Matica srpska, Novi Sad, 1973. Godine.

## Kratka biografija:



**Milan Janković** rođen je 1989. u Sremskoj Mitrovici. Nakon završene Gimnazije "Stevan Puzić" u Rumi, upisuje strukovne studije Visoke tehničke škole u Novom Sadu na odseku Zaštita, koje završava 2012. Zatim upisuje Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, studijski program: Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara. Diplomski rad je odbranio 2014. god., a master rad iz naučne oblasti Inženjerstvo upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara brani 2016. godine.

**PROJEKAT STACIONARNE INSTALACIJE ZA ZAŠTITU OD POŽARA BIBLIOTEKE  
NA FAKULTETU TEHNIČKIH NAUKA****PROJECT OF STATIONARY FIRE PROTECTION INSTALLATION FOR LIBRARY ON  
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**

Milan Srdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD  
KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**

**Kratak sadržaj** – Rad prikazuje potrebu za instalacijom stacionarnog sistema za gašenje požara tipa sprinkler u objektu biblioteke Fakulteta tehničkih nauka. Potreba za instalacijom sistema utvrđena je na osnovu procene rizika od požara za isti objekat. Na osnovu realne potrebe izvršeno je projektovanje predloženog sistema.

**Abstract** – The work shows the need for the installation of stationary fire extinguishing systems sprinkler type in the object library of the Faculty of technical sciences. The need for the installation of the system was based on a fire risk assessment for the same object. On the basis of the actual needs, the proposed system was projected.

**Ključne reči:** požar, rizik, projekat, gašenje požara, stacionarni sistem, voda.

**1. UVOD**

Glavni cilj zaštite od požara jeste sprečavanje da do požara dođe preventivnim merama. Drugi cilj je ukoliko dođe do požara da se on zaustavi i spreči njegovo širenje u ranoj, nerazvijenoj fazi. Zaustavljanje požara u inicijalnoj fazi garantuje minimalnu štetu koju požar može da izazove. Najefikasniji način da se požar zaustavi u pomenutoj fazi jesu stacionarni sistemi za gašenje požara, a među njima kao najsigurniji i najpristupačniji pokazali su se sistemi tipa sprinkler. Uvođenje požarnog projektovanja kao i ugradnja automatskih sistema za gašenje požara (sprinkler sistem) ima za cilj da [1]:

- ugasi požar ukoliko do požara dođe,
- smanji rizik od izbijanja požara,
- spreči širenje plamena i dima,
- obezbedi da svi koji su se našli u trenutku požara u objektu budu bezbedno evakuisani,
- omogućiti da nadležne službe u slučaju opasnosti od požara mogu da dejstvuju.

**2. SPRINKLER SISTEMI ZA GAŠENJE POŽARA**

Sprinkler instalacije spadaju u red stacionarnih ne prenosnih sistema za gašenje požara. Pored naziva stacionarni sistemi, ravnopravno se koristi i naziv stabilni sistemi, u zavisnosti od literature.

Stacionarnim sistemima za gašenje požara smatraju se sve, ručno ili automatski aktivirajuće instalacije, koje su na određen način fiksirane (stacionirane), na adekvatnoj lokaciji u objektu koji se štiti.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Mitar Jcanović, vanredni profesor.**

Među stacionarne uređaje za gašenje požara ubrajaju se: hidrantske mreže, suvi i mokri sprinkler sistemi, drenčeri sistemi, sistemi za gašenje požara sa vodenom maglom, sistemi za gašenje požara sa CO<sub>2</sub>, sistemi za gašenje požara sa halonom, sistemi za gašenje požara sa vazдушnom penom. Glavni efekat gašenja požara kod sprinkler sistema sa vodom je hlađenje, a propratni efekat jeste ugušivanje požara.

Sprinkler instalacija je automatska stabilna instalacija za gašenje požara rasprskavajućim mlazom vode, koja u pripremnom položaju pre aktiviranja ima zatvorene mlaznice. Gašenje požara se vrši sa određenim brojem mlaznica u zavisnosti od brzine širenja požara. Koristi se za gašenje požara na svim mestima gde se voda može upotrebiti kao efikasno redstvo za gašenje požara, a naročito u tehnološkim procesima gde je potrebna brza intervencija, a prisutno je visoko požarno opterećenje.

Pored gašenja pri aktiviranju sprinkler instalacija istovremeno vrši i dojavu požara, jer je svaka sprinkler mlaznica istovremeno termomaksimalni javljač požara [2].

**2.1. Efikasnost sprinkler sistema**

Sprinkler sistemi za gašenje požara u upotrebi su više od 100 godina i u praksi su se pokazali izuzetno dobro, to je razlog da se u većini slučajeva upravo taj sistem razmatra kao opcija. Više od jednog veka u Americi postoje naučno-istraživački instituti koji se koji prate zbivanja u vezi sa stacionarnim uređajima za gašenje požara, oni putem jedinstvene statističke baze podataka vode evidenciju o uspešnosti primene Sprinkler sistema. Na osnovu statističkih podataka, postoje realni pokazatelji rada Sprinkler sistema [1]:

- u 45% slučajeva požar je ugašen sa jednom mlaznicom,
- u 20% slučajeva požar je ugašen sa dve mlaznice,
- u 18% slučajeva požar je ugašen sa 3-5 mlaznica,
- u 9% slučajeva požar je ugašen sa 6-10 mlaznica,
- u 6% slučajeva požar je ugašen sa 11-20 mlaznica,
- samo u 2% slučajeva požar je ugašen sa preko 20 Sprinkler mlaznica.

**2.2. Tipovi sprinkler sistema**

Zavisno od lokalnih uslova (npr: temperature vazduha u prostoriji koja se štiti i načina pogona same instalacije), sprinkler instalacije se izvode kao:

- a) Mokra sprinkler instalacija – ova instalacija se koristi za zaštitu prostorija u kojima u toku cele godine ne postoji opasnost od zamrzavanja (minimálna temperatura koja se može pojaviti u prostoriji 5°C) ili pregrevavanja i gde je sistem cevovoda dug. Cevovodi ove instalacije su stalno

napunjeni vodom pod pritiskom ispred i iza sprinkler ventila. Vrlo je efikasna jer se aktivira za kratko vreme.

b) Suva sprinkler instalacija – kod ove instalacije je mreža cevovoda pre aktiviranja napunjena vazduhom pod pritiskom od prinkler ventila do sprinker mlaznica. Suva instalacija se mora postaviti u prostorijama koje su ugrozene niskim temperaturama, kao i u prostorijama sa visokim temperaturama, gde može doći do kondenzacije vode za gašenje. Voda za gašenje dolazi do sprinkler mlaznice tek nakon aktiviranja sprinker ventila, padom pritiska u cevovodu napunjenim vazduhom. Loša strana ovog tipa instalacije je relativno dug period od starta do početka gašenja.

c) Kombinovana (mokra-suva) sprinkler instalacija – kod ove instalacije, jedna mokra instalacija povezana je sa jednom ili više suvih instalacija. Instalacija se postavlja u objekte koji se stalno greju, sa pojedinim zonama koje su stalno ugrozene niskim temperaturama (potkrovlja, podrumi, prostorije za hlađenje), ili one gde je temperatura visoka (komore za sušenje).

### 2.3. Zakonska regulativa [3]

Prema zakonu o zaštiti od požara Republike Srbije, stacionarne instalacije za gašenje požara spadaju u posebne sisteme zaštite od požara, i postoji zakonska obaveza njihove ugradnje.

#### Član 42

Pri projektovanju i izgradnji objekata kao što su hoteli, robne kuće, tržni centri, bioskopi, dečije ustanove, škole, visokoškolske ustanove, ustanove kulture, zdravstvene ustanove, sportske i koncertne dvorane, stadioni sa poslovnim prostorom, aerodromske zgrade i visoki objekti, obavezna je ugradnja sistema za otkrivanje i dojavu požara.

Pri projektovanju i izgradnji visokih objekata (osim stambenih objekata) obavezna je ugradnja sistema za gašenje požara.

Pri projektovanju i izgradnji objekata iz stava 1. ovog člana (osim visokih objekata) obavezna je izrada procene rizika na osnovu proračunske metode prema odgovarajućim tehničkim propisima i standardima u cilju utvrđivanja potrebe za ugradnjom stabilnih sistema za gašenje požara kada obaveza ugradnje nije definisana posebnim propisom.

Za objekte koji nisu obuhvaćeni stavom 1. obavezna je izrada procene rizika kojom se utvrđuje potreba za ugradnjom sistema za blagovremeno otkrivanje, dojavu i gašenje požara.

### 2.4. Ekonomska opravdanost uvođenja sprinkler sistema

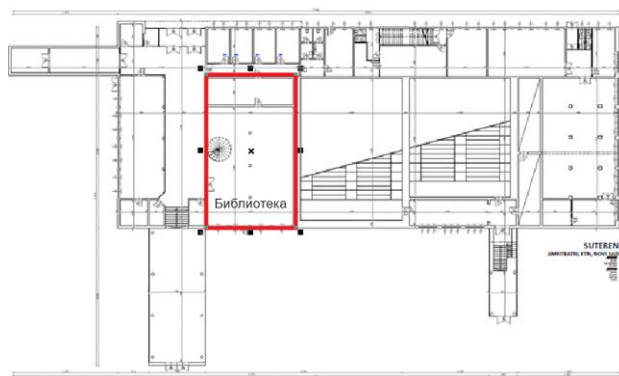
U društvima gde je osiguranje imovine sastavni deo života, isplativost sistema za gašenje požara pokaže se i pre nego što do požara dođe. Procenjeno je da se u Sjedinjenim Američkim Državama, na osnovu smanjenja premije stambenog osiguranja zbog postojanja stacionarnih sistema za gašenje požara, sprinkler sistemi isplate nakon samo 5,5 godina, tj. dati ulog se vrati kroz smanjenje cene osiguranja. U ostalim zemljama razvijenijeg sveta, to vreme je oko 10 godina.

## 3. TEHNIČKI IZVEŠTAJ I PRORAČUNSKE OSNOVE

Za objekat biblioteke Fakulteta tehničkih nauka potrebno je izvršiti projektovanje stacionarnog sistema za gašenje požara. Da bi se projektovanje izvršilo u skladu sa zakonom i preporukama za projektovanje stacionarnih sistema za gašenje požara, moraju se utvrditi polazni podaci o objektu, požarno opterećenje, požarni rizik kako bi mogli izvršiti izbor adekvatnog sistema za gašenje požara.

### 3.1. Makro i mikrolokacija objekta

Fakultet tehničkih nauka nalazi se u Novom Sadu, Autonomna Pokrajina Vojvodina, Republika Srbija. Fakultet je sastavni deo Univerziteta u Novom Sadu, i pohađa ga preko 10 000 studenata. Fakultet raspolaže sa oko 30.000 m<sup>2</sup> prostora koji je smešten na gradskom području Liman 1, na levoj obali Dunava.



Slika 1. Prostorija biblioteke FTN [4]

Mikrolokacijski posmatrano biblioteka i čitaonica Fakulteta Tehničkih Nauka se nalaze u bloku zajedno sa Amfiteatrima i izgrađeni su u središtu kampusa Univerziteta u Novom Sadu. Objekat je spratnosti Su + Pr, armirano-betonske konstrukcije, povezan je pasarelama sa Kulom, Blokom F, ITC-om i Nastavnim blokom.

### 3.2. Požarno opterećenje objekta

Da bi se odredilo požarno opterećenje objekta, potrebno je poznavati gorivu materiju koja se nalazi u objektu, njenu otpornost prema vatri i kako će se reagovati u samom požaru [5].



Slika 2. Zapaljivi materijal u biblioteci

Najbitnije je da utvrdimo da li je materijal koji se nalazi u nekom objektu goriv ili negoriv. Ukoliko se utvrdi da je materijal ili materija goriva, potrebno je proučiti njegove karakteristike u pogledu gorivosti.

Zbog težine određivanja količine i tačnog sastava materije (ormani, tepisi, parket...) koje se nalaze u predmetnom objektu, požarno opterećenje je određeno prema nameni objekta [6], za biblioteku srednje specifično požarno opterećenje  $1677 \text{ MJ/m}^2$ , klasa opasnosti III.

### 3.3. Procena rizika od požara

U prostorijama čitaonice i biblioteke poseban rizik predstavljaju osobe koje se nalaze u prostorijama. U prostoriji biblioteke u svakom trenutku može da boravi preko 20 osoba, dok u čitaonici, posebno u toku ispitnih rokova, konstantno boravi između 80 i 100 studenata.

Postoji velik broj metoda za procenu rizika, svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke. Metode za procenu rizika možemo podeliti u tri osnovne grupe:

1. Kvalitativne metode,
2. Polukvalitativne metode,
3. Kvantitativne metode.

Zakonski propisi iz oblasti zaštite od požara ne određuju tačno po kojoj metodi se mora raditi procena rizika od nastanka požara, te se najčešće primenjuju neke ustaljene metode, a najčešće korišćena je metoda EUROALARM, tako da se ona smatra polaznom osnovom za sve procene rizika kod nas, ali je po mnogim istraživanjima zastarela i neprecizna. Neke od metoda koje se u svetu koriste:

- GUSTAV PURT  $\approx$  EUROALARM;
- FRAME;
- FRAM-ini;
- TRBV100;
- MESERI;
- ERIC;
- FRIM-MAB i druge.

### 3.4. FRAM-ini metoda primenjena na Biblioteku i Čitaonicu FTN

„FRAM-ini“ je uprošćena "FRAME" (Fire Risk Assessment Method for Engineers) metoda. Ova metoda predstavlja postupak kvalitativne procene rizika od požara.

Prema metodi FRAM-ini postoji 5 kategorija objekata:

Osnovna: Korisnici objekta su sposobni da detektuju požar u razvoju, napuste po potrebi mesto požara i pozovu vatrogasce za pomoć. Vatra se može lako kontrolisati.

Kategorija 1: Postoji osnovni plan zaštite od požara koji govori korisnicima kako da reaguju u slučaju požara i da pozovu vatrogasce za pomoć, a objekat je opremljena ručnom dojavom požara i ručnim aparatima za gašenje požara. Vatrogasna brigada će intervenisati u skladu sa svojim standardnim procedurama, i biće u stanju da kontrolišu požar u kratkom vremenskom periodu.

Kategorija 2: Postoji detaljni plan zaštite od požara koji govori korisnicima kako da reaguju u slučaju požara, a objekat je opremljen automatskom detekcijom požara i

alarmnim sistemima, kao i sa ručnim vatrogasnim aparatima. Vatrogasna brigada ima poseban plan za intervenciju u cilju gašenja požara na objektu. Kontrola požara može biti teška samo pod nepovoljnim okolnostima.

Kategorija 3: Postoji detaljni plan zaštite od požara koji govori korisnicima kako da reaguju u slučaju požara, a objekat je opremljen automatskim sistemom za gašenje požara i alarmnim sistemima. Vatrogasna brigada ima poseban plan intervencije za gašenje požara objekta.

Kategorija 4: Postoji detaljni plan bezbednosti od požara, koji uključuje plan sigurnosti u slučaju požara namenjen korisnicima, poseban plan akcija i intervencija za vatrogasne brigade koje gase požar, kao i automatski sistem za zaštitu od požara u skladu sa karakteristikama objekta.

U našem slučaju na osnovu postojećih mera zaštite od požara primenjenih u objektu, svrstaćemo objekat u kategoriju 1. Nakon što svrstamo objekat u datu kategoriju ispunjavaju se svi upitnici u vezi sa objektom i sadržajem objekta u programu Excel, nakon čega dobijamo dva parametra:

- parametar za procenu rizika objekta,
- parametar za procenu rizika po korisnike objekta (rizik za prisutne ljude).

Dobijeni parametar za procenu rizika objekta: (ozbilnost požara) RCP IV.

Dobijeni parametar za procenu rizika korisnika objekta: (napuštanje objekta) RCO III

Kategorija zaštite	OSNOVNA	Kategorija 1	Kategorija 2	Kategorija 3	Kategorija 4
RCP I	Minimalna	Preporučuje se	Superiorna	Superiorna	Superiorna
RCP II	Nedovoljna	Nedovoljna	Preporučuje se	Superiorna	Superiorna
RCP III	Nedovoljna	Nedovoljna	Nedovoljna	Preporučuje se	Superiorna
RCP IV	Nedovoljna	Nedovoljna	Nedovoljna	Nedovoljna	Preporučuje se
RCP V	Nedovoljna	Nedovoljna	Nedovoljna	Nedovoljna	Nedovoljna

Slika 3. Matrica za određivanje nivoa zaštite

Nivo zaštite se određuje preklapanjem kategorije zaštite i dobijenih parametara.

U oba slučaja dobijemo opisni parametar da je kategorija zaštite objekta i ljudi nedovoljna, te da je potrebno smanjiti požarni rizik. Da bi se postigao zadovoljavajući nivo, potrebno je povećati nivo zaštite od požara za minimum dve kategorije, što znači da postoji potreba za instalacijom automatskog sistema za gašenje požara.

## 4. PROJEKAT SPRINKLER INSTALACIJE ZA BIBLIOTEKU

Biblioteka Fakulteta Tehničkih Nauka na osnovu zapaljivog materijala koji se nalazi u njoj, predstavlja potencijalno mesto nastanka požara. Knjige i dokumentacija koja je uskladištena u rafovima biblioteke, ima veliku naučnu vrednost, ali je veći broj dokumentacije prebačen u elektronsku formu i čuva se u biblioteci Matice Srpske, tako da postoji opravdan razlog za postavljanje instalacije za gašenje požara sa vodom. Postavljanjem sprinkler instalacije sa vodom smanjuje se mogućnost da materijal bude uništen požarom, a u slučaju požara, automatskom aktivacijom sprinkler mlaznica neće doći do kvašenja cele prostorije nego samo onog dela gde je došlo do požara.



#### 4.1. Izbor sistema za gašenje požara

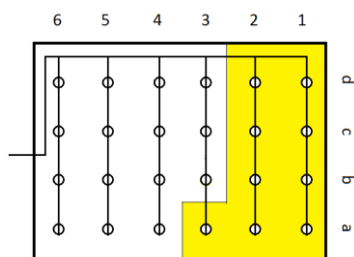
Na osnovu razmatrane vrednosti sadržaja objekta kao i na osnovu ekonomske isplativosti sistema, požarnog rizika i drugih relevantnih parametara, bira se stacionarni sistem za gašenje vodom tipa sprinkler – mokri. Na osnovu izbora daće se opšti i posebni tehnički uslovi, proračun pada pritiska, izbor pumpe vrste mlaznica, predmer, uputstvo za korišćenje i održavanje.

S obzirom da je klasa opasnosti od požara (OH1) niska, može se pretpostaviti da razvoj požara ne bi bio munjevit. Na osnovu ove pretpostavke, broj otvorenih sprinkler mlaznica ne bi bio velik, tako da i uništeni deo arhive i bibliografskog sadržaja ne bi bio prevelik.

#### 4.2. Proračun rasporeda mlaznica i potrebnog pritiska u mreži

Proračunom određujemo broj mlaznica kao i njihov raspored u prostoriji, na osnovu zahteva po standardu VdS CEA 4001 za objekte biblioteke. Standardom su određeni svi potrebni polazni parametri na osnovu kojih se vrši kompletan proračun datog sistema.

Po osnovu požarne opasnosti grupe OH1 [8], dobijamo broj mlaznica koje će se u najgorem slučaju aktivirati (slika 4.).



Slika 4. Izgled sprinkler mreže (žuto polje predstavlja aktivirane mlaznice)

Tabelarnim proračunom pada pritiska mreži dobijamo potreban pritisak od 2,7 bar. Na osnovu pritiska vršimo izbor pumpe. Kako standardi zahtevaju da se vrši proba instalacije na 15 bar, izabraćemo pumpu koja može da ispuni te zahteve. Na osnovu pumpe bira se i vazdušni rezervoar, kontrolno-signalni ventil i ostali delovi instalacije.

#### 5. ZAKLJUČAK

Sprinkler sistemi spadaju u najefikasnije sisteme za gašenje požara i samim tim njihova ugradnja garantuje najveću sigurnost onome ko ih ugrađuje. Postoji sve veća težnja da se poveća broj stacionarnih uređaja za gašenje požara i na tome sve više potenciraju zakoni iz oblasti zaštite od požara koji se usvajaju kako u svetu tako i kod nas. Međutim, to najviše zavisi od ekonomske moći investitora koji skupo plaća zaštitu na bazi malog broja proizvedenih uređaja. Kad bi takva zaštita bila masovnija, sasvim sigurno bi i ugradnja kao i komponente sprinkler sistema bili jeftiniji i pristupačniji.

Na osnovu procene rizika od nastanka požara koja je u radu urađena po FRAM-ini metodi, zaključuje se da je jedini način da se poveća bezbednost od požara, kao i da se poveća sigurnost ljudi, u predmetnom objektu, ugradnja stacionarnog sistema za gašenje požara. S obzirom da je spasavanje ljudskih života osnovni cilj svake akcije gašenja požara, onda se predloženi sprinkler sistem za

gašenje požara svakako može razmatrati kao pozitivni vid zaštite od požara u predmetnom objektu, jer je potpuno bezbedan za ljude. Posebna opravdanost ugradnje ovog sistema jeste što je on jedan od najpristupačnijih na tržištu, a po podacima i najefikasniji po pitanju gašenja požara.

U mnogim zemljama sveta, postoje stimulativni elementi u obliku premije osiguranja za svaku radnu organizaciju koja provede osiguranje stacionarnim (stabilnim) automatskim ili poluautomatskim sistemima za gašenje požara. Ta stimulacija ide i do 40% od ukupne premije osiguranja. Iz toga se može izvući zaključak, koliko je danas poklonjena pažnja automatici u sistemu zaštite, kao i smanjenju broja neželjenih požara. Razvojem automatike i kompjuterskih sistema došli smo u mogućnost da sve manje treba računati na stalno prisustvo ljudi, koji i u slučaju da primete požar mogu svojim nepravilnim postupkom pri gašenju požara mogu da postignu slabe rezultate ili pak i obrnute efekte. U svakom slučaju postoje mnogi činioci koji idu u prilog i sistemu zaštite sa ljudskim faktorom i sistemu zaštite automatskim sistemima, ali što se tiče sigurnosti i zaštite ljudskih života, tu svakako prednost odnose automatski sistemi. Budućnost koja dolazi sve više će se oslanjati na automatizaciju, pa se može očekivati da će ubrzo i broj automatskih sistema da se višestruko poveća, a sve u skladu sa zakonima koji će uređivati ovu oblast u budućnosti.

#### 6. LITERATURA

- [1] Družeta I. (1978.) *Vatrogasna tehnika*, Vatrogasni Savez Jugoslavije, Beograd.
- [2] Glavnić P. Rašković Đ. (2014.) *Priručnik za pripremu kandidata za polaganje stručnog ispita iz oblasti zaštite od požara*, Meritus Tim, Beograd.
- [3] Zakon o zaštiti od požara („Sl. Glasnik RS“ br. 111/2009 i 20/2015)
- [4] Projektno tehnička dokumentacija Fakulteta tehničkih nauka
- [5] Veselinović S. Ostoić M. Milanko V. (1990) *Preventivna zaštita od požara i eksplozija – praktikum*, VTŠ Novi Sad.
- [6] Sekulović D. Kadić M. (1985) *Zbirka saveznih propisa u oblasti zaštite od požara i eksplozije sa objašnjenjima za praktičnu primenu*, Nova prosveta, Beograd.
- [7] Erik De Smet (2014) *FRAM-ini Postupak kvalitativne procene rizika od požara*, FRAME.
- [8] VdS CEA 4001 – Nemački standard za projektovanje stacionarnih sistema za gašenje požara

#### Kratka biografija:



**Milan Srdanović** rođen je u Novom Sadu 1991. god. Visoku tehničku školu u Novom Sadu završio je 2013. godine na smeru zaštita od požara. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine - UROKDiP odbranio je 2015. god.

## PROCENA UGROŽENOSTI OD POŽARA SPORTSKO-REKREATIVNIH OBJEKATA FIRE RISK ASSESSMENT OF SPORT-RECREATION FACILITIES

Zoran Davidović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast: UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA

**Kratak sadržaj** – U radu je data procena ugroženosti od požara sportsko-rekreativnih objekata. Postupak procenivanja i sadržaj procene usaglašeni su sa Uputstvom o metodologiji za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama.

**Ključne reči:** Procena ugroženosti, požar, rizik

**Abstract**– This paper presents the fire risk assessment of sport-recreation facilities. The content and method of assessment are harmonized with the official Serbian guidelines of methodology for risk assessment.

**Key words:** Vulnerability assessment, fire, risk

### 1. UVOD

Svaki prirodni ili tehničko-tehnološki događaj koji može ugroziti zdravlje i živote većeg broja ljudi, imovinu veće vrednosti ili okolinu predstavlja događaj sa potencijalno katastrofalnim posledicama. Tada je potrebna dodatna pomoć za pogođenu teritoriju bilo na nacionalnom ili međunarodnom nivou.

Kako bi se zaštitili, a rizik od gubljenja života i povređivanja prilikom ostvarenja hazarda sveli na najmanju moguću meru, potrebno je građane osposobiti za delovanje u takvim okolnostima i povećati spremnost stanovništva kad vanredne situacije nastanu. Smanjenje rizika od pojave događaja sa katastrofalnim posledicama je prioritet, te svi moraju imati odgovornost i obavezu da smanje rizike koji izazivaju opasnosti.

Procena ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća je dokument kojim se identifikuju opasnosti, izvori i oblici ugrožavanja, mogući efekti i posledice, procena ugroženosti – rizika, sagledavanje snaga, sredstava i preventivnih mera za odgovor na opasnosti izazvane elementarnim nepogodama i drugim nesrećama, zaštitu i spasavanje života i zdravlja ljudi, životinja, zaštite materijalnih, kulturnih dobara i životne sredine.

### 2. UVOD U METODOLOGIJU

Procena ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća je osnovni dokument za izradu Plana zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama na nivou Republike Srbije i Plana zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama organa državne uprave, autonomnih pokrajina, jedinica lokalne samouprave, privrednih društava, drugih pravnih lica i drugih organizacija, a izrađuju je svi subjekti

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master-rada, čiji mentor je bila dr Mirjana Laban, docent

definisani Zakonom o vanrednim situacijama ("Službeni glasnik RS" br. 111/09 i 92/11) [1].

Nosioci izrade Procene formiraju stručni tim za izradu Procene, koji se sastoji od stručnjaka po vrsti delatnosti od značaja za zaštitu i spasavanje, odnosno procenu rizika.

### 3. SADRŽAJ I ELEMENTI PROCENE UGROŽENOSTI

Procenom se definišu položaj i karakteristike teritorije, moguća ugroženost kritične infrastrukture, identifikacija opasnosti, procena rizika, procena potrebnih snaga, sredstava i preventivnih mera za zaštitu i spasavanje od elementarnih nepogoda i drugih nesreća.

Procena sadrži:

- Položaj i karakteristike teritorije;
  - Procenu kritične infrastrukture sa stanovišta ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća;
  - Identifikaciju opasnosti i procenu rizika od elementarnih nepogoda i drugih nesreća;
  - Procenu potrebnih snaga, sredstava i preventivnih mera za zaštitu i spasavanje;
  - Zaključak;
- i Grafički prikaz – mapiranje [2].

### 4. PROCENA UGROŽENOSTI OD POŽARA ZA SPORTSKO - REKREATIVNI OBJEKAT "KRISTALNA DVORANA" U ZRENJANINU

#### Makrookacija

Sportsko rekreativni objekat "Kristalna Dvorana" u Zrenjaninu, pripada teritoriji srednjobanatskog okruga. Srednjobanatski okrug se nalazi u istočnom delu Vojvodine. Obuhvata opštine: Novi Bečej, Nova Crnja, Žitište, Sečanj i Zrenjanin (Slika 1.) [web 1].



Slika 1. Teritorija Srednjobanatskog okruga  
(<http://www.zrenjanin.rs>)

## Mikrolokacija

Sportsko rekreativni objekat "Kristalna Dvorana" se nalazi u Zrenjaninu, ulica KaraĐorĐev trg bb (Slike 2, 3) [web 2]. Objekat je sagraĐen na ravnom terenu u blizini reke Begej. Pored samog objekta se nalazi jos jedan sportski objekat "Hala Medison", gradski fudbalski stadion i ulica sa stambenim graĐevinskim objektima.



Slika 2. Prikaz lokacije objekta

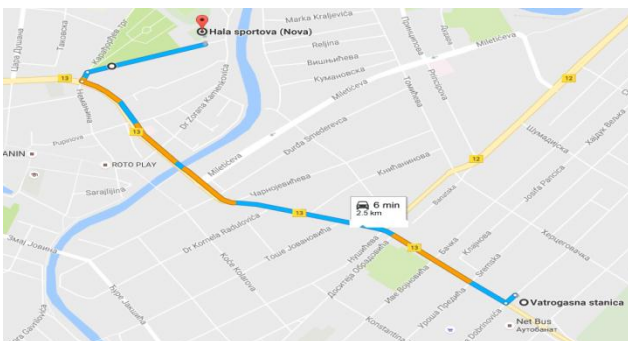


Slika 3. Izgled "Kristalna Dvorana"

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hala\\_sportova\\_Zrenjanin.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hala_sportova_Zrenjanin.jpg) )

## Prilaz objektu

Prilazi za vozila vatrogasne jedinice obezbeĐeni su iz ulice KaraĐorĐev trg, širine 6 metara, do glavnog ulaza u objekat. Ispred hale se nalazi plato za posetioce dimenzije 75m x 65m, odnosno 71m x 33m metra za kretanje vatrogasnog vozila. Sa poduĐne strane objekta predviĐen je interni kolski put širine 3,5 metara, što obezbeĐuje pristup vatrogasnim vozilima sa ove strane objekta. Hala je udaljena od Vatrogasne spasilačke jedinice 2,5 km, prosečno vreme stizanja je oko 6 min. MarĐuta kretanja je: ul. Beogradska, Nikole PaĐića, Bulevar Milutina Milankovića, KaraĐorĐev trg (Slika 4).



Slika 4. PoloĐaj u odnosu na Vatrogasno spasilačku jedinicu

## Materijalna dobra - Objekat, infrastruktura, delatnost, namena i koriĐenje objekta

Objekat je slobodnostojećeg tipa, noseća konstrukcija objekta je predviĐena kao kombinacija armirano - betonske i čelične konstrukcije, koju čine noseći AB stubovi dimenzija 80 x 40 cm u kombinaciji sa AB stubovima Ø 40 cm za sportsku halu i AB stubovi 30 x 30 cm. i 20 x 30 cm za bočne i unutrašnje holove.

Spoljni zidovi su od staklenih elemenata, pregradni zidovi su od šuplje opeke debljine 12 cm, obostrano omalterisane.

Krovna noseća konstrukcija za halu je od čeličnih reĐetaka. Čelični delovi su prefarbani zaštitnim premazima i farbom tako da poseduju otpornost na požar od minimum 30 minuta, što omogućava pravovremen dolazak i intervenciju vatrogasne jedinice.

MeĐuspratna konstrukcija za holove i tribine je AB ploča debljine 15 cm. Krovni pokrivač hale je višeslojan: OSB ploče, ploče mineralne vune od 12 cm, trapezasti plastificiran lim.

Krov je dvovodni sa malim padom. Unutrašnja bravarija je izraĐena od aluminijumskih profila ili tvrdog PVC - a. Unutrašnji zidovi su omalterisani i bojani. Stepenište je betonsko a rukohvati su aluminijumski. Osnova tribina je betonska a sedišta su izraĐena od plastičnih materijala. Sedišta u VIP loĐama poseduju naslone presvučene skajem. Stolarija koja je postavljena u dvorani je od PVC materijala.

Rasveta je neonska i klasična a prisutna je i panik rasveta za slučaj požara. Teren je prekriven parketom. Podovi su popločani. Na pojedinim mestima prozori su prekriveni zavesama. U sali za konferencije je postavljen itison i trakaste zavese. U okviru restorana i kafića je šank od iverice, koji deli kuhinju od ostatka sale.

Kuhinjski zidovi i podovi su popločani, rasveta je neonska i klasična. Snabdevanje strujom se vrši iz trafo stanice pored objekta koja je povezana sa tehničkom prostorijom odakle se dalje vrši distribucija struje.

Postoji i sistem za odimljavanje u slučaju požara. Sva električna energija se isključuje u tehničkoj prostoriji ili isključivanjem trafoa na glavnoj gradskoj mreži.

U objektu postoji unutrašnja hidrantska mreĐa sa 23 hidranta. Postoji i 5 spoljnih nadzemnih hidranata koji su adekvatni za snabdevanje vodom vozila Vatrogasno spasilačkih jedinica. Pritisak u mreĐi je 2,5 bara, a postoji i ureĐaj za povećanje pritiska u mreĐi.

## 5. EDUKACIJA ZAPOSLENIH I JAVNO POKAZNA VEĐBA

Cilj izvoĐenja veĐbe je uveĐbavanje pripadnika Vatrogasno spasilačke jedinice Zrenjanin za gaĐenje požara, evakuaciju i spasavanje ljudi u objektu sportske hale „ Kristalna Dvorana“ Zrenjanin, pri čemu se koristi taktika unutrašnje navale (Slika 5).

UveĐbavanje akcije gaĐenja požara radi se prema ranije izraĐenoj operativnoj karti za objekat sportske hale.



Slika 5. Postavljanje vozila ispred Hale

## 6. PROCENA UGROŽENOSTI OD POŽARA I EKSPLOZIJA ZA OBJEKAT “KRISTALNA DVORANA“ ZRENJANIN

Na osnovu kriterijuma za identifikaciju potencijalnih opasnosti od požara i eksplozija prema zahtevima metodologije urađena je procena ugroženosti za sportsku halu “Kristalna Dvorana“. Prema prilogu M, Obrazac V/S-PR-1 po metodologiji urađena je procena potencijalne opasnosti od požara i eksplozija [2].

### Analiza procene ugroženosti i ocena rizika

Na osnovu prikazanih podataka da ne postoji statistika o učestalosti događaja na ovom objektu, korištena je vrednosti iz tabele U2, pa je procena da je učestalost mesečna, odnosno da je izloženost pretnji jedan do dvanaest meseci, što pokazuje da je stepen učestalosti 3, veličina učestalosti duga.

Objekat poseduje veći broj mera zaštite (ručni javljači požara, automatski sistem dojava požara, hidrantsku mrežu, aparate za gašenje požara) primenjenih bez procene ugroženosti pa je stepen ranjivosti (povredivosti) prema proceni 4, odnosno veličina ranjivosti mala.

Pomoću matrice za određivanje verovatnoće, na osnovu ranjivosti i učestalosti dobijena vrednost je 2.

Pošto je objekat izgrađen od AB konstrukcije sa kombinacijom čelika, koji je prefarban zaštitnim premazom i farbom, pa poseduje određene otpornosti na požar, te je stepen štete procenjen na vrednost 3, veličina štete je srednja (prelazi 5% dohotka Pravnog lica ostvarenog u prethodnoj godini).

Ugroženost šticeenog objekta zbog kojeg su mogući poremećaji u funkcionisanju je mala, pošto su čelični delovi zaštićeni i imaju otpornost koja omogućava stizanje i delovanje vatrogasnih jedinica, pa je stepen kritičnosti vrednosti 4.

Na osnovu matrice za određivanje posledica, uz pomoć vrednosti kritičnosti i štete dobijena vrednost je 2, odnosno veličina posledice je mala.

Posledice na ugroženom području:

- Za ljude: Može biti 1-2 poginula i/ili nestala čoveka, lakše povređenih od 11-20, teško povređenih do 10.
- Za ekonomiju i ekologiju: Zbog postojanja lakših povreda kod manjeg broja ljudi, neophodno je korišćenje

lekova i materijalnih zdravstvenih sredstava. Nema potreba za bolničkim lečenjem. Postoji potreba za pomoći specifičnim artiklima za decu i stare i bolesne do 5% ljudi. Oštećenja na zgradama su mala, napukli zidovi na pojedinim mestima. Potrebne sitne opravke.

- Za društveno političku situaciju: sporadični slučajevi javnog nasilja, sitne pljačke i neredi -probleme rešavaju redovne policijske patrole. Potrebne su pojedine izjave političara o potrebi odvajanja ugroženog područja. Zbog nastalih događaja postavljaju se pitanja u medijima da li su sve mere preduzete kako treba u skladu sa zakonom[2].

Tabela 1. Prilog N, Obrazac V/S-PR-2 po metodologiji

ZAHTEVI ZA PROCENU RIZIKA	Kategorija rizika	Prihvatljivost	Mere za tretman rizika
Uzrok i karakteristike nastanka požara i eksplozija	Druga	Prihvatljiv	<b>Rizik je na prihvatljivoj nivou</b>
Izgrađenost sistema zaštite od požara i eksplozija	Druga	Prihvatljiv	
Karakter i gustina naseljenosti, veličina životinjskog fonda, blizina kulturnih i materijalnih dobara	Druga	Prihvatljiv	
Mogućnost generisanja drugih opasnosti	Druga	Prihvatljiv	

Uz pomoć matrice za određivanje rizika, sa vrednostima posledica i verovatnoće, dobijamo da je nivo rizika 4, i da spada u II kategoriju rizika.

Vrednosti nivoa rizika od 1 - 9 se tretiraju kao prihvatljiv rizik, pa se dobije nivo rizika za ovaj objekat vrednosti 4, ovaj rizik je prihvatljiv, ali da se rizik treba tretirati i da postoji potreba i mogućnosti da se nivo rizika smanji.

## 7. ZAKLJUČAK

Sa ciljem da se sagledaju opasnosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća, mogući štetni efekti i posledice istih, ali i da se utvrde snage i sredstva za reagovanje u slučaju opasnosti kao i preventivne mere za objekat “Kristalna Dvorana“, urađena je Procena ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća.

Procena ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća je osnovni dokument za izradu Plana zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama i izrađuju je svi subjekti definisani Zakonom o vanrednim situacijama („Službeni glasnik RS“, br. 111/09 i 92/11).[2, web 3]

Sportsko rekreativni centar “Kristalna dvorana” je analiziran zbog specifičnosti sa aspekta zaštite od požara. Karakteriše ga velika površina požarnog sektora u kojem je prisutna velika količina zapaljivog materijala (iverica, PVC...). Hale sa čeličnom konstrukcijom su se tokom istorije pokazale posebno osetljivim na požar, jer pri nastanku požara i povećanju temperature čelik gubi čvrstoću i dolazi do deformacije materijala i mogućeg urušavanja konstrukcije.

Primenjen je veliki broj preventivnih mera za zaštitu od požara (ručni javljači požara, automatski sistem dojava

požara, hidrantska mreža, aparati za gašenje požara) kako bi se nivo rizika smanjio na prihvatljiv nivo. Dobijeni rezultati procene pokazuju da je rizik na prihvatljivom nivo, ali rizik je potrebno tretirati da bi se smanjio na što manji nivo.

Može se zaključiti da Procena ugroženosti ima prevashodno preventivni karakter pre nastupanja vanredne situacije, ali i operativni karakter po nastupanju vanredne situacije. Naime, aktiviranjem planova zaštite i spasavanja, u određenoj vanrednoj situaciji, počinje borba sa nastalim posledicama. Međutim, istog momenta se vide i veličine odstupanja stvarnog stanja od predviđenih veličina potencijalnih opasnosti.

Usaglašenost Procena ugroženosti rezultuje i usaglašenim planovima zaštite i spasavanja. Usaglašeni planovi zaštite i spasavanja podrazumevaju da ne postoji mogućnost da nastane neka nesreća, a da ne postoje mehanizmi za reagovanje. Rezultat ovakvog stanja jeste organizovan sistem zaštite i spasavanja, u kome svaki pojedinac, operativno telo i štab zna svoje nadležnosti i obaveze, u kome se postupno aktiviraju i mobilisu obučene i opremljene snage za zaštitu i spasavanje.

Procena ugroženosti, kao opšti dokument, daje odgovore na mnoga pitanja vezana za veličinu opasnosti, način odgovora, veličinu i raspored snaga za odgovor, odnosno sistematizuje sve potencijale subjekta za brz i pravilan odgovor na elementarne nepogode i druge nesreće.

## 8. LITERATURA

[1] Zakon o vanrednim situacijama ("Sl. Glasnik RS" br.111/2009, 92/2011 i 93/2012)

[2] Uputstvo o metodologiji za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama ("Sl. Glasnik RS", br. 96/2012)

### WEB IZVORI

1. <http://www.zrenjanin.rs/>
2. [http://sportskiobjekti.com/?page\\_id=161](http://sportskiobjekti.com/?page_id=161)
3. <http://www.slglasnik.com/>

### Kratka biografija:



**Zoran Davidović** rođen je u Zrenjaninu, 22. avgusta, 1986 god. Oktobra 2014. godine stekao je zvanje diplomiranog inženjera zaštite od katastrofalnih događaja i požara. Nakon toga upisuje master studije i master rad iz naučne oblasti Inženjerstvo upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara brani 2016. godine.

**PRIMENA RESTFUL VEB SERVISA U IZRADI APLIKACIJA ZA JKP "PARKING  
SERVIS"****IMPLEMENTATION OF RESTFUL WEB SERVICES IN WEB APPLICATION  
DEVELOPMENT FOR JKP "PARKING SERVIS"**

Jelena Simić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH  
SISTEMA**

**Kratak sadržaj** - Ovim radom obrađena je tema Rest servisa i njihove upotrebe u razvoju veb aplikacija i prikazana je osnovna razlika koja postoji između Rest-a i SOAP-a (engl. *Simple Object Access Protocol*). U okviru rada su realizovane dve aplikacije koje konzumiraju podatke iz iste baze i implementiraju Rest servis za obavljanje svih funkcionalnosti i dolaženja do podataka. Aplikacije su napravljene u domenu elektronske uprave, za potrebe JKP „Parking servis“ iz Novog Sada.

**Abstract** – *This paper covers a topic of Rest service and its usage in web application development, showing all Rest service's functionalities and major differences between them and SOAP web services. Two applications have been created as a part of this project and both of them use the same database to retrieve informations and implement Rest service. The applications have been made in field of eGovernment for the purpose of a state-owned enterprise „Parking Servis“ from Novi Sad.*

**1. UVOD**

Kod distribuiranih aplikacija neophodno je da postoji komunikacija između komponenti ali da se istovremeno obezbedi i njihova nezavisnost, kao i skalabilnost. Radi uspešnog prezentovanja podataka krajnjim korisnicima i obavljanja različitih funkcionalnosti koriste se veb servisi, kao gradivni blokovi za kreiranje distribuiranih aplikacija. Obezbeđujući interfejs za korišćenje funkcionalnosti koje oni pružaju moguće je na različite načine sprovesti komunikaciju između različitih komponenti putem interneta.

Veb servisi predstavljaju osnovu moderne softverske arhitekture. Oni predstavljaju *framework* za komunikaciju između dva kompjutera preko veba.

**2. VEB SERVISI**

Osnovu veb servisa čine serveri koji predstavljaju računarski sistem koji pruža različite vrste usluga, putem računarske mreže, drugim računarskim sistemima koje u ovom slučaju nazivamo klijentima. Na serveru se izvršava servis i on omogućava da servis prihvati zahteve koji su mu upućeni. Klijent i server zajedno obrazuju klijent-server mrežnu arhitekturu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio dr Darko Stefanović, docent.

Serveri su obično računari kod kojih imamo poseban hardver koji podrazumeva i hard diskove visokih performansi, dok procesorska brzina nije od ključne važnosti s obzirom da se većina servera bavi ulazno/izlaznim operacijama i ne koristi grafički korisnički interfejs (GUI – *graphic user interface*).

Servis čeka zahtev od klijenta na nekom portu koji predstavlja adresu sa koje servis osluškuje i prihvata zahtev, drugim rečima to su softverski zadati kanali putem kojih aplikacije komuniciraju [1].

Čitav proces komunikacije odvija se tako što klijent šalje zahtev putem interneta serveru koji prima zahtev, obrađuje ga a zatim vraća odgovor nazad. Kada *browser* pošalje zahtev za neku veb stranicu kao odgovor dobija HTML stranicu, međutim kada od servera zahteva određene podatke onda se koriste veb servisi. Moderna komunikacija korišćenjem veb servisa skoro uvek se ostvaruje putem HTTP protokola ali se format poruka koje se šalju i primaju može razlikovati.

Veb servisi su dizajnirani da podrže interoperabilnu komunikaciju između mašina preko mreže, što znači da softverski sistemi nezavisno od tehnologije u kojoj su napisani mogu da komuniciraju i razmenjuju podatke.

Proces komunikacije započinje tako što host servisa pokreće servis na određenom serveru i dodeljuje mu neki port. Servis je spreman da prihvati zahtev novog klijenta ukoliko je port slobodan. Klijent se povezuje na servis pomoću adrese koja sadrži ime hosta servera gde se nalazi servis i porta koji mu je dodeljen. Servis zatim prihvata konekciju klijenta, spaja se sa njim i vrši prijem i slanje poruka.

**3. ROA**

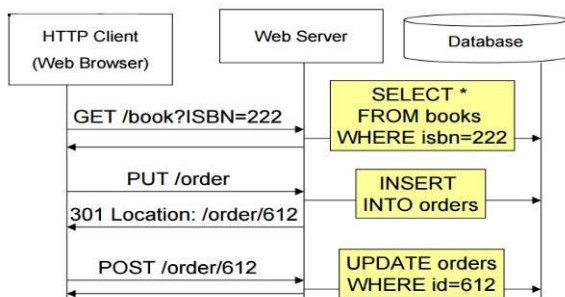
ROA (engl. *Resource oriented architecture*) je arhitekturni stil koji se bazira na resursima. Svakom resursu može se direktno pristupiti. Osnovni koncepti resursno orijentisane arhitekture su [1]:

- resursi - predstavljaju sve što je od ključne važnosti u sistemu i što može biti posmatrano kao zasebna stvar koja se može referencirati kako bi joj se pristupilo,
- ime resursa (URI) - predstavlja jedinstvenu identifikaciju resursa,
- reprezentacija resursa - korisna informacija o trenutnom stanju resursa,
- link resursa - link koji vodi do istog ili nekog drugog resursa i
- interfejs resursa - definisani interfejs za pristup i manipulisane stanjem resursa.

#### 4. RESTFUL VEB SERVIS

*Representation State Transfer* (REST) predstavlja model arhitekture za distribuirane sisteme i zasniva se na prenosu prikaza stanja resursa. Sistemi koji prate Rest nazivaju se *RESTful* sistemi [2].

Osnovu *RESTful* veb servisa čini koncept resursa koji se jedinstveno identifikuje preko URI-a (eng. *Uniform Resource Identifier*) i koji može biti prikazan u različitim formatima. Ovakva identifikacija omogućava interakciju reprezentacija različitih resursa putem interneta koristeći određene protokole (Slika 1). Jedinstveni identifikator resursa koji se najčešće koristi je URL (eng. *Uniform Resource Locator*), dok se URN (eng. *Uniform Resource Name*) rešesreće u praksi.



Slika 1. Primer aplikacije koja koristi *RESTful* veb servis[3]

Sama komunikacija između klijenta i servera, koja se bazira na nekim resursima, sprovodi se putem definisanih standardnih HTTP metoda (*get, post, put, i delete*).

Iako većina *RESTful* veb servisa koristi HTTP protokol za komunikaciju, bitno je napomenuti da REST nije zavisna od jednog protokola. *RESTful* veb servisi takođe ne zahtevaju XML SOAP poruke i WSDL definiciju, a komunikaciju sprovode koristeći neku od HTTP metoda radi izvršavanja određene akcije nad resursom koji se jedinstveno identifikuje preko URI-a. Upotrebom *RESTful* veb servisa rezultat koji vraća može biti u XML ili JSON formatu.

*RESTful* veb servisi su lakši za implementaciju od dugo primenjivanih SOAP servisa jer za razliku od njih kod REST-a nema složenog formatiranja parametara i rezultata u SOAP-XML formatu (Slika 2).

REST	SOAP
Pravilan REST za komunikaciju koristi HTTP/HTTPS	U većini slučajeva za komunikaciju koristi HTTP ali može i neke druge protokole kao što su SMTP, FTP...
Osim XML podržava i druge formate podataka kao što je JSON na primer	Koristi WSDL za komunikaciju između korisnika i provajdera
Zahtev se šalje kao URI	Zahtev se šalje kao XML
Rezultat koji vraća je u XML ili JSON formatu	Rezultat koji vraća nije čitljiv
Jednostavno konzumiranje REST servisa upotrebom <i>JavaScript</i> -a	<i>JavaScript</i> može pozivati SOAP servis ali je implementacija komplikovana
Bolje performanse u poređenju sa SOAP-om, manje zahtevno za CPU	Loše performanse

Slika 2. Razlike između SOAP-a i REST-A

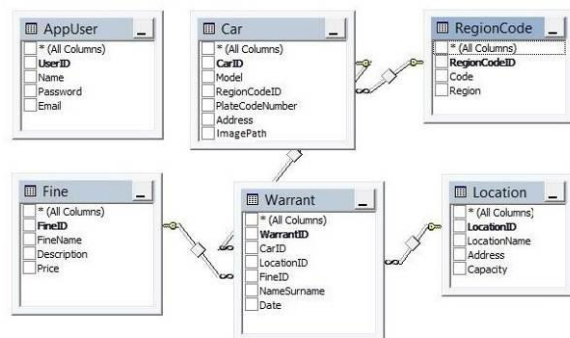
SOAP propisuje da zahtevi budu formatirani po SOAP specifikaciji i da se odgovor parsira kako bi se iz njega izvukli podaci [3]. REST je u ovom slučaju puno jednostavniji pošto on omogućava klijentima da upućuju direktne pozive serveru, pri čemu im on vraća podatke u formatu koji odgovara klijentu.

#### 5. OPIS APLIKACIJA

Projekat opisan u ovom radu bazira se na dve aplikacije koje koriste Rest servis. Napravljene aplikacije su u domenu elektronske uprave i omogućavaju evidentiranje pokupljenih, nepropisno parkiranih automobila, pružajući potrebne informacije vlasnicima vozila o načinu preuzimanja istih.

Prva realizovana aplikacija omogućava nadležnim organima „Pauk” službe da na jednostavan i efikasan način evidentiraju i u bazi čuvaju sve podatke o vozilu koje su pokupili sa terena a da zatim za njega kreiraju nalog koji će sadržati sve podatke o visini propisane kazne i kategoriji kojoj prekršaj pripada. Istim podacima pristup imaju i vlasnici vozila ali preko posebne veb aplikacije koja im omogućava da pronađu svoje nepropisno parkirano vozilo i da se informišu o visini kazne koju moraju da plate, kao i načinu preuzimanja vozila.

Obe aplikacije konzumiraju podatke iz iste baze podataka kreirane upotrebom *Microsoft SQL Server Management Studio Express*-a, pod nazivom *SpiderNet* (Slika 3).



Slika 3. Prikaz kreirane baze u *Microsoft SQL Server Management Studio Express*-u

#### 6. IMPLEMENTACIJA

Aplikacije su realizovane u *Spring Tool Suite*-u gde su generisane klase na osnovu tabela iz baze podataka. Ovo je izvršeno upotrebom *EclipseLink JPA tools*-a nad prethodno uspostavljenom konekcijom sa kreiranom bazom.

JPA je *Java persistence API*, zvanični standard za objektno-relaciono mapiranje u Javi. Preko Java objekata pristupa se relacionoj bazi podataka i omogućava se obavljanje osnovnih operacija kao što su upis, izmena i brisanje podataka.

Neki od popularnih ORM alata su *Hibernate*, *EclipseLink* i *Apache OpenJPA*. Kreirane klase imaju anotaciju *javax.persistence.Entity* i takve klase nazivaju se entiteti (eng. *Entity*).

JPA se zasniva na POJO konceptu (*Plain Old Java Object*) a anotacijama se komaduje OR mapperu na koji način će perzistirati objekte te klase. Svaki entitet, tj. klasa, mora sadržati definisan primarni ključ za jedinstvenu identifikaciju. Primarni ključ može biti definisan i određen samo jednom kolonom ili ga može činiti i više različitih kolona iz tabele. Kako bi se klasa povezala sa tabelom iz baze koristi se meta podaci u vidu anotacija `@Table(name = "TableName")` [4].

Atributi klasa mogu imati neke od sledećih anotacija:

- `@Id` - služi za identifikaciju jedinstvenih vrednosti primarnog ključa iz tabele,
- `@GeneratedValue` - uz ID ova anotacija definiše automatsko generisanje vrednosti obeležja,
- `@Transient` - Polje neće biti sačuvano u bazi,
- `@Column(name="ID")` – anotacija za kolonu.

Za potrebe ovog projekta kreirano je ukupno šest interfejsa koji su prošireni sa *JpaRepository* interfejsom. Na ovaj način kreirani repozitorijum nasleđuje ukupno osamnaest metoda koje se najčešće koriste za sprovođenje različitih operacija nad repozitorijumom.

Za svaki entitet je takođe kreirana i nova klasa koja predstavlja Rest kontroler.

`@RestController` anotacija iznad naziva klase ukazuje na to da se radi o Rest kontroleru a ne običnoj klasi, dok `@Autowired` anotacija služi za automatsko povezivanje sa repozitorijumom, dakle svaka promena koja se desi automatski će se odraziti na repozitorijum *CarRepository*.

Niz metoda implementiranih u okviru kontrolera koriste nasleđene metode iz repository interfejsa: *findAll*, *findOne*, *delete* i *save*.

`@RequestMapping` (`value="car"`, `method = RequestMethod.GET`) anotacijom određuje se URL koji se šalje od strane klijenta kako bi se izvršila metoda *Collection<Car> get()*. Specifikacija tipa HTTP zahteva na koji metoda odgovara realizuje se korišćenjem sledeće linije koda: `method=RequestMethod.GET`. Na osnovu ovoga jasno se vidi da je izabran HTTP Get zahtev.

Metoda *Collection<Car> get()* vraća kolekciju svih automobila koji su u tom trenutku evidentirani u tabeli *Car* i nalaze se u bazi podataka (Slika 4) . Na isti način implementirane su i sve ostale metode kako za entitet automobil tako i za sve ostale. Sve stranice kreirane aplikacije i njihova reprezentacija realizovani su korišćenjem HTML-a i različitih stilova za vizuelno prikazivanje korisničkih interfejsa.

```
@RequestMapping(value="car", method=RequestMethod.GET)
public Collection<Car> get(){
    return carRepository.findAll();
}
```

Slika 4. Implementacija metode *Collection<Car> get()*

Povezivanje HTML stranica i funkcionalnosti koja je omogućena za svaku od njih realizovano je kreiranjem kontrolera za koje je korišćen angularJS.

Glavni prozor sastoji se od četiri osnovna dugmeta koja omogućavaju pristup različitim segmentima aplikacije (automobili, kazne, regioni i nalozi). Izgled svake forme definisan je u HTML-u za koji je vezan po jedan kontroler, koji sadrži potrebnu logiku za realizaciju funkcionalnosti. Glavna HTML stranica nosi naziv *carapp.html* i njen sadržaj prikazan je na Slici broj 5.

```
<html ng-app="carapp">
<head>
<title>CarApplication</title>
<script src="angular.js"></script>
<script src="angular-resource.js"></script>
<link href="bootstrap.css" rel="stylesheet" />
<link rel="stylesheet" href="style.css">
<script>
angular.module("carapp", ["ngResource"]);
</script>
<script src="carapp.js"></script>
<script src="carController.js"></script>
<script src="regionCodeController.js"></script>
<script src="warrantController.js"></script>
<script src="fineController.js"></script>
<script src="indexController.js"></script>
</head>
<body style="width:780px; height:650px;
background-image: url(/bg03.jpg);">
<div style="bottom:30px; " ng-controller="mainCtrl">
<div class="form" style="width:550; height:20px; top:20px;
left:300px; background:#0000;">
<a ng-repeat="item in screens" class="btn btn-primary"
ng-class="{ 'btn-success': item == current}"
ng-click="setScreen($index)">
{{item}}
</a></div>
<div class="form" style="width: 1200px; font-size:50%;
bottom:50; left:100px;" ng-include="getScreen()"></div>
</div>
</body>
</html>
```

Slika 5. Prikaz sadržaja *carapp.html* fajla

U okviru ovog glavnog html fajla *head* element sadrži *script* element u okviru kojeg je kreiran *AngularJS* modul naredbom `angular.module("carapp", ["ngResource"]);`, ovaj dodatni parametar *ngResource* omogućava korišćenje biblioteke sa naredbama za upotrebu Rest servisa [5]. Nakon uspešnog logovanja pristupa se glavnoj stranici aplikacije gde se po *default*-u prikazuje kartica za evidentiranje naloga (Slika 6) .

Na kartici pod nazivom „Kazne“ nalaze se svi podaci o kategorijama kazni za nepropisno parkiranje i novčanoj nadoknadi koja se za njih plaća. Kartica „Regioni“ služi za vođenje evidencije o regionima kao sastavnog obeležja svake registarske tablice. Na prvoj kartici se unose podaci o vozilu koje nadležni organi uklanjaju sa ulica grada.





Slika 6. Prikaz stranice za kreiranje naloga

Kako bi se uspešno kreirao nalog, neophodno ga je povezati sa nekom torkom iz tabele *Car* kako bi se znalo za koje se vozilo kreira nalog, zatim i za konkretnu kaznu koja se vlasniku vozila propisuje. Strani ključevi ovih tabela su na kartici za formiranje naloga predstavljeni kao *drop-down* liste. Klikom na dugme „PDF“ koje pored izabranog naloga poziva se funkcija *printPDF()* koja u novom prozoru gneriše dokument spreman za štampanje.

Druga aplikacija razvijena za potrebe vozača omogućava pronalaženje vozila koje je „Pauk“ služba odnela. Kako bi proverili da li je njihov automobil pokupila „Pauk“ služba, potrebno je samo da u prvo polje unesu regionalni kod tablica a u drugo polje registarski broj tablica (bez razmaka, crtica i bilo kakvih drugih oznaka), klikom na dugme „Pretraži“ šalje se zahtev za proverom nad bazom koju podacima popunjavaju nadležni organi „Pauk“ službe prilikom kreiranja naloga za uklanjanje vozila.

Jednostavnim klikom na „PDF“ dugme pokreće se proces generisanja PDF dokumenta, koji je spreman za štampanje a predstavlja zvaničan nalog za preuzimanje vozila sa placa JKP „Parking servis“. HTML stranica koja omogućava prikaz ove forme (*ClientApp.html*) povezana je sa *ClientController.js* fajlom koji sadrži svu logiku za izvršenje akcija na stranici. U *CarRepository* interfejsu je implementirana posebna metoda koja omogućava pronalaženje vozila u bazi, upotrebom anotacije *@Query* i specificiranjem korisničkog upita u zagradi korišćenjem *Java Persistence Query Lanugage* (JPQL) koji je sličan SQL upitnom jeziku (Slika 7) .

Dugme „Pretraži“ povezano sa funkcijom koja na unete vrednosti u polja prosleđuje dalje kao parametar u zadatu inicijalnu URL adresu na kojoj se u formatu JSON-a nalazi odgovor iz baze koji zadovoljava zadate uslove ukoliko uspešno pronađe vozilo evidentirano u bazi.

```
@Query(value="select distinct *
from car c where c.carID not in
(select w.carID from warrant w)", nativeQuery = true )
Collection <Car> getAvailableCar();
```

Slika 7. Implementacija metode za pronalaženje vozila

## 7. ZAKLJUČAK

Jednostavnost Rest servisa predstavlja jednu od osnovnih prednosti nad standardnim veb servisima, oni takođe omogućavaju vraćanje podataka u formatu koji odgovara klijentu i udaljeno pristupaju informacijama koje predstavljaju resurse. Pristup do resursa, koji ima sopstveni URL ili URI koji ga identifikuje, definiše se pomoću HTTP protokola. Svaki poziv je jedna akcija.

Rest omogućava komunikaciju na internetu pomoću svih najpoznatijih programskih jezika kao što su C/C++, C#, Java, PHP, Ruby i mnogi drugi i nezavisan je od tehnologija. Sve ovo čini Rest jednim od najzastupljenijih veb servisa (*GoogleMaps*, *GoogleSearch*, *Microsoft-Azure* i *Sharepoint*).

Neke od mnogih prednosti REST-a ogledaju se i u njegovoj brzini, načinu implementacije upotrebom skoro bilo kojih alata, vraćanju odgovora u formatu koji odgovara klijentu, korišćenju HTTP metoda, korisnosti prilikom kreiranje aplikacija namenjenih mobilnim telefonima pri čemu se izbegavaju dodatni parametri kao što je SOAP zaglavlje i drugi elementi i laka integracija sa postojećim aplikacijama.

## 8. LITERATURA

- [1] Roberto Lucchi, Michel Millot, „Resource Oriented Architecture and Rest“, Institute for Environment and Sustainability, 2008.
- [2] Leonard Richardson, Sam Ruby, David Heinemeier Hansson, „RESTful Web Services“, O’Reilly Media, Inc., 2007.
- [3] Asnika S., Vasudeva Pai, Sudhindra R., „RESTful web services“, International Journal of Advanced Information Science and Technology, 2014.
- [4] Mike Keith, Merrick Schincariol, „Mastering the Java Persistence API“, Apress, 2009.
- [5] Brad Green, Shyam Seshadri, „AngularJS“, O’Reilly Media, Inc., 2013.

### Kratka biografija:

**Jelena Simić** (Ćuprija, Srbija, 06. oktobar 1992.) završila je Srednju ekonomsku školu „Svetozar Mietić“ u Novom Sadu. 2015. godine diplomirala je na studijskom programu Inženjerski menadžment na Fakultetu tehničkih nauka. Master rad iz oblasti Inženjerstvo informacionih sistema, odbranila je 2016. godine.

**JEDNO REŠENJE ARHITEKTURE RAČUNARSKE MREŽE VISOKOŠKOLSKE USTANOVE****ONE SOLUTION OF COMPUTER NETWORK ARCHITECTURE OF THE HIGH EDUCATION INSTITUTION**

Miloš Petrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INFORMACIONE TEHNOLOGIJE**

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada opisano je jedno rešenje arhitekture računarske mreže. Predmet samog projektovanja mreže je jedna visokoškolska ustanova. Cilj ovog rada je da opiše i prikaže strukturu računarske mreže, njeno prethodno stanje, zatim, njeno novo stanje, kao i prednosti novog rešenja.

**Abstract** – The present work describes one solution of architecture of the computer network. The subject of design of network was one high education institution. The system also provides opportunities for automated monitoring of relevant activities within the company. The aim of this study is to describe and display the structure of the computer network, its previous state, then, its new state, as well as the advantages of the new solution.

**Ključne reči:** LAN, Mreža, Cisco, TCP, IP, ISO, Arhitektura

**1. UVOD**

Kao posledica razvoja informacionih tehnologija, potreban je i razvoj infrastrukture koja će moći da isprati trendove razvoja i da bude u korak sa razvojem istih. Kao jedan deo takve infrastrukture izdvaja se i računarska mreža.

Računarsku mrežu možemo opisati kao skup uređaja koji su međusobno povezani transmisionim (prenosnim) medijumom. Krajnji korisnici koriste mrežu za različite potrebe: slanje i prijem poruka elektronske pošte, pristup informacijama koje se nalaze na udaljenim računarima, prenos zvuka, slike itd. Krajnji korisnik vidi mrežu kao uslugu koja postaje dostupna upotrebom odgovarajućih uređaja kao što su računar, mobilni telefon i odgovarajuće aplikacije. Usluga (servis) mreže obezbeđuje se usklađenim radom mnogobrojnih softverskih i hardverskih komponenti koje:

- generišu podatke,
- identifikuju krajnje tačke komunikacije,
- upravljaju prenosom podataka od jedne do druge krajnje tačke,
- savladavaju probleme prenosa podataka po transmisionom medijumu [1].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Srđan Sladojević, docent.**

**2. PREGLED SITUACIJE U PREDMETNOJ OBLASTI**

U zavisnosti od toga, kakva je infrastruktura postojećih objekata ustanove za koju se želi projektovati računarska mreža, postoje različiti pristupi i različita rešenja. Takođe, to zavisi i od same prorode posla, hijerarhijske strukture u toj organizaciji, zahteva korisnika itd.

**2.1. Pregled srodnih rešenja**

U jednom od srodnih rešenja došlo se do zaključka, da ukoliko se želi preneti hijerarhijska struktura na samu mrežu, potrebno i nju hijerarhijski organizovati.

Hijerarhijska struktura podrazumeva da se mreža sastoji od logičkih celina, koje odgovaraju organizacionim jedinicama. Svaka od ovih logičkih celina je mreža za sebe, koja je projektovana u svemu prema funkcijama organizacione jedinice u kojoj je implementirana. Polazeći od OSI modela sve funkcije na mreži mogu se podeliti u sedam nivoa. Zahvaljujući svojoj popularnosti, širokoj rasprostranjenosti i fleksibilnosti TCP/IP stek protokola nameće se i rešenje za implementaciju prva četiri nivoa računarske mreže [2].

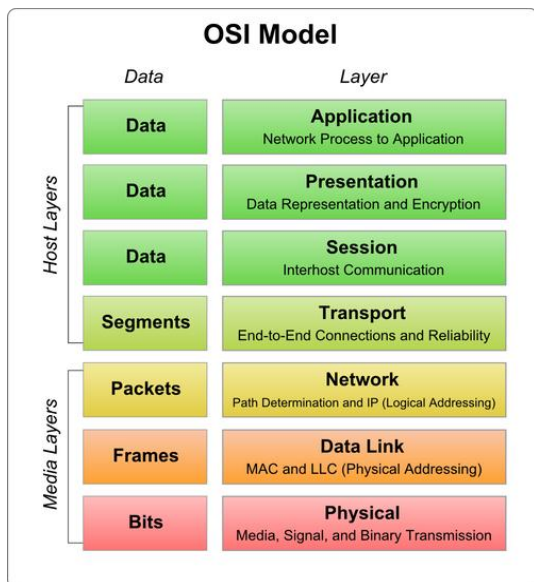
Logičke celine u mreži predstavljaju posebne virtuelne lanove u sistemu, tj. posebne podmreže. Svaka od ovih celina ima različit broj računara, pa je u skladu s tim, potrebno svakom delu dati odgovarajući opseg IP adresa [2].

Postoje i takozvane *ad hoc* računarske mreže. *Ad hoc* mreža je bežična mreža.

U profesionalnim organizacijama gde ne postoji mrežna infrastruktura za povezivanje računara u lokalne mreže (LAN) prelazi se na druga (alternativna) rešenja. Ukoliko je organizacija razmeštena u jednom objektu i razmak između najudaljenijih tačaka (računara) nije veći od 100 m povezivanje je moguće realizovati u *ad hoc* mrežama primenom bluetooth modula. Mobilni usmerivači u bluetooth mreži kontrolišu promenljivu topologiju i tok podataka između uređaja (kompjuter) koji mogu da uspostave direktnu vezu. Uređaji se mogu pomerati (kretati) na slučajan način i mreže se moraju prekonfigurisati u hodu da bi održale topologiju [3].

**2.2. OSI model**

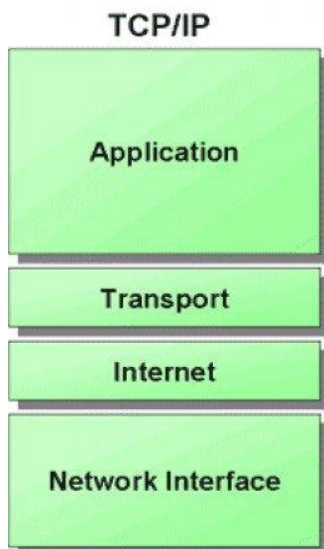
Kod OSI referentnog modela komunikacioni zadaci su podeljeni u sedam slojeva, na svakom sloju su definisani protokoli koji implementiraju funkcionalnost (uslugu) koja se od njega očekuje. OSI referentni model je teži za implementaciju od TCP/IP referentnog modela. Danas se koristi samo za poređenja sa drugim referentnim modelima [4]. Na slici 1 se može videti i grafički prikaz OSI modela.



Slika 1 – OSI model

### 2.3. TCP/IP model

Zbog svoje jednostavnosti TCP/IP referentni model danas je u širokoj upotrebi. TCP/IP familija protokola predstavlja osnov za izgradnju globalne računarske mreže – Interneta [5]. Na slici 2 se može se videti grafički prikaz TCP/IP modela.



Slika 2 – TCP/IP model

### 2.4. VLAN

Virtual Local Area Network (virtual LAN ili VLAN) deli fizičku mrežu na više logičkih mreža. Sam standard je definisan u okviru IEEE 802.1q. Upotreba VLAN-ova administratorima mreže omogućuje grupisanje hostova u zajedničku celinu čak i ukoliko hostovi nisu na istom mrežnom sviču (komutatoru). Ovaj pristup uveliko pojednostavljuje dizajn mreže i implementaciju jer se članstvo nekom VLAN-u konfiguriše kroz softver.

Da nema VLAN-ova, grupisanje hostova, imajući u vidu i zahteve za resursima, bi podrazumevalo upotrebu značajnih napora za relociranje mrežnih čvorova i drugo [6].

## 3. METODOLOGIJA RADA

### 3.1. Pregled metoda tehnika i alata koji se mogu primeniti u rešavanju problema

U pregledu metoda, tehnika i alata koji se primenjuju potrebno je obuhvatiti snimanje i analizu postojeće infrastructure, snimanje i analizu korisničkih zahteva i projektovanje računarske mreže. Analiza i snimanje kao i projektovanje obrađeno je na primeru Fakulteta političkih nauka u Beogradu.

#### 3.1.1. Snimanje i analiza postojeće infrastructure

Potrebno je izvršiti analizu postojeće fizičke infrastructure računarske mreže Fakulteta političkih nauka da bi se dobio detaljan prikaz trenutnog rasporeda utičnih mesta, čvorišta i njihovog stanja. Projekat izvedenog stanja – Jedini projekti izvedenog stanja su projekti iz 2002 i 2003 godine (Informatika Beograd), kojima je obuhvaćen deo postojećih instalacija u objektu A (stara zgrada) i deo postojećih instalacija u objektu B (nova zgrada).

Uvidom u ove projekte utvrđeno je da za veći deo postojećih utičnih mesta i čvorišta ne postoji nikakva dokumentacija.

Zbog nedostatka adekvatne dokumentacije potrebno je pristupiti detaljnom snimanju stanja na lokacijama objekat A i objekat B radi prikupljanja potrebnih podataka. Kada je snimljena situacija na terenu potrebno je izmodelovati objekte u nekom od CAD softvera za projektovanje. Neki od najpoznatijih softvera su:

- *AutoCad*
- *Autodesk Inventor*
- *Alibre Design*
- *CATIA*
- *SolidWorks*

#### 3.1.2. Snimanje i analiza postojeće logičke strukture

Analizu logičke strukture računarske mreže Fakulteta političkih nauka potrebno je izvršiti da bi se dobio detaljan prikaz postojećih logičkih mreža na fakultetu i logičkih veza između njih, kao i uređaja kojima se te logičke veze realizuju.

#### 3.1.3. Pristup projektovanju

Idejni projekat računarske mreže Fakulteta političkih nauka u Beogradu opisuje idejno rešenje fizičke i logičke strukture računarske mreže u objektima Fakulteta političkih nauka. Deo projekta kojim se opisuje fizička struktura radi se prema dokumentaciji AMRES-a "Preporuke za implementaciju generičkog kablovskog sistema", a deo kojim se opisuje logička struktura rađen je prema uputstvima cisco-a "Modularna struktura računarske mreže". Najpoznatiji proizvođači mrežne opreme su:

- *Cisco*
- *Brocade*
- *Avaya*
- *Avago/Broadcom*
- *A10 Networks*
- *Citrix*
- *Dell*

## 4. REALIZACIJA

### 4.1. Izbor alata i metoda za projektovanje

Za prikaz fizičke infrastrukture u ovom radu korišćen je *AutoCad 2016*. Ovaj alat je izabran zbog dostupnosti studentske licence za korišćenje. Što se tiče logičke strukture, kao što je već rečeno odabrani su standardi AMRES-a i *Cisco*-a.

### 4.2. Utvrđivanje stanja fizičke infrastrukture

Detaljnim snimanjem stanja na lokacijama objekat A i objekat B utvrđeno je sledeće stanje:

- prilikom postavljanje čvorišta i njihovog vezivanja sa ostatkom računarske mreže nije se vodilo računa o strukturnom kabliranju,
- prilikom postavljanja utičnica u prostorijama nije se vodilo računa o strukturnom kabliranju.
- Pozicije postojećih čvorišta odgovaraju zahtevima strukturnog kabliranja, ali su veze između njih neodgovarajuće,
- broj i kapacitet čvorišta ne zadovoljava trenutne potrebe i ne može da odgovori na zahteve o proširenju,
- broj utičnih mesta u prostorijama nije zadovoljavajući ili je predimenzioniran jer je promenjena namena prostorije,
- deo utičnih mesta nije funkcionalan,
- postoje kablovi koji nisu terminirani.

### 4.3. Utvrđivanje stanja logičke strukture

Detaljnou analizom logičke strukture utvrđeno je da je računarska mreža podeljena na tri virtuelne lokalne mreže i to na: korisničku, telefoniju i bežičnu mrežu. Takođe je utvrđeno sledeće:

- Velik kolizioni domen u segmentu korisničke mreže
- Ne postoji komutiranje na sloju 3, pa samim tim ne može da se obezbedi efikasna salabilna struktura računarske mreže.
- Prilikom segmentacije mreže nije izdvojena serverska infrastruktura u zasebnu mrežu, nego se nalazi unutar korisničke mreže.
- Ne postoji provera bezbednosti i kvaliteta usluge prilikom komunikacije klijent-server
- Deo uređaja nema mogućnost deljenja portova na virtualne LAN mreže.

### 4.4. Opis rešenja fizičke strukture

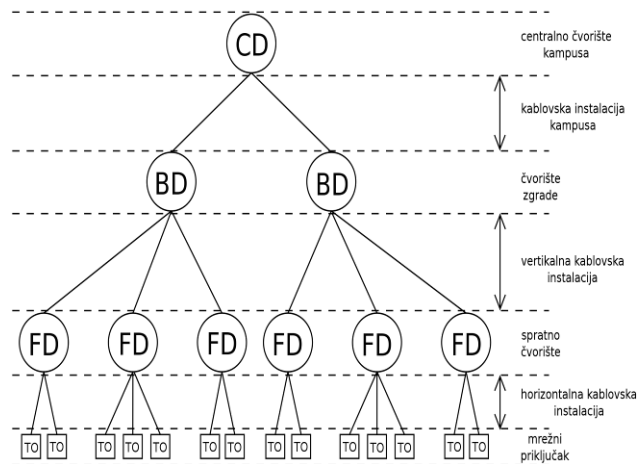
Strukturni kablovski sistem sastoji se od tri glavna podsistema:

- Kablovska instalacija kampusa
- Vertikalna kablovska instalacija
- Horizontalna kablovska instalacija

Funkcionalni elementi koji čine kablovski sistem su:

- Centralno čvorište kampusa
- Čvorište zgrade
- Spratno čvorište
- Kičmeno kabliranje kampusa
- Vertikalna kablovska instalacija
- Horizontalna kablovska instalacija
- Mrežni priključak
- Komunikacioni kanal
- Tačka konsolidacije

Na slici 3 se može videti hijerarhija čvorišta kablovskog sistema po standard ISO/IEC 11801.



Slika 3 – Hijerarhija čvorišta kablovskog sistema

### 4.5. Opis rešenja logičke strukture

Gradivni elementi računarske mreže su:

- Komutacijski blok
- Blok jezgra

Ostali elementi o kojima je potrebno voditi računa i koji se mogu dodati u arhitekturu računarske mreže su:

- Blok farme servera
- Upravljački blok
- Ivični blok mreže
- Ivični blok provajdera

Komutacijski blok čini grupa *switch*-eva na sloju pristupa zajedno sa *switch*-evima na sloju distribucije. Svi komutacijski blokovi se povezuju na sloj jezgra, čime se postiže povezanost kroz celu računarsku mrežu [1].

Blok jezgra računarske mreže povezuje dva ili više komutacijskih blokova. Blok jezgra je temelj računarske mreže i kroz njega prolazi mnogo više saobraćaja nego kroz bilo koji drugi blok [1].

Blok farme servera čine veliki serveri zajedno sa njihovim *switch*-evima pristupa i distribucije [1].

Upravljački blok je grupa resursa za upravljanje računarskom mrežom, zajedno sa njihovim *switch*-evima pristupa i distribucije [1].

Ivični blok mreže je skup usluga koje se odnose na pristupanje spoljašnjoj računarskoj mreži, zajedno sa njihovim *switch*-evima pristupa i distribucije [1].

Ivični blok provajdera su usluge spoljašnje računarske mreže koje koristi računarska mreža, tačnije usluge sa kojima računarska mreža uspostavlja vezu [1].

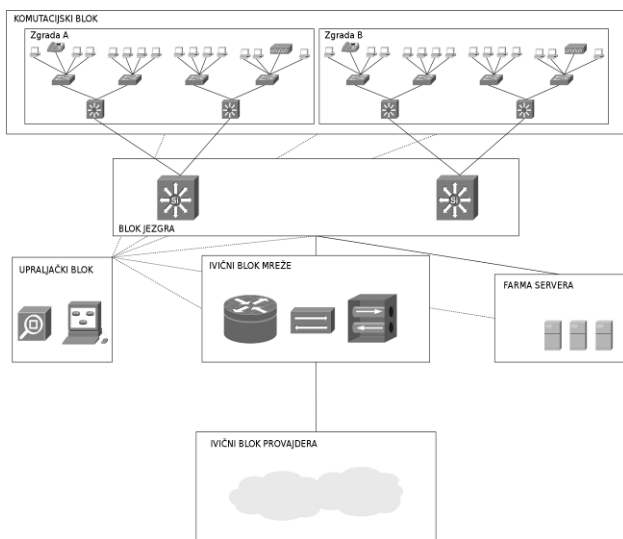
Na slici 4 predstavljena je osnovna struktura modularne računarske mreže.

S obzirom da ne postoji odgovarajući domaći standard za ovu oblast, projektovanje je usklađeno sa odgovarajućim međunarodnim preporukama:

- ISO 11801
- EN 50173
- EIA/TIA 568B

Navedenim standardima se definišu zahtevi koje je potrebno da ispune pojedinačne komponente strukturnog

kablovskog sistema. Komponente su: kablovi, oprema za terminiranje kablova, oprema na koju se kablovi povezuju u komunikacionim čvorištima, patch kablovi u komunikacionim čvorištima i radnim prostorijama, kablovski kanali i kanalizacije.



Slika 4 – Osnovna struktura modularne računarske mreže  
Prilikom kabliranja, vodi se računa o horizontalnom i vertikalnom kabliranju.

Na osnovu preporuka AMRES-a, svi kablovi koji se postavljaju u ustanovama Akademske mreže Srbije, treba da podrže GigaEthernet. Za horizontalno kabliranje se koriste bakarni UTP kablovi kategorije 6, čime se obezbeđuje brzina prenosa od 1Gb/s. Sa obe strane kabl se terminira RJ45 modulima kategorije 6 koji se u radnim prostorijama postavlja u utičnu kutiju sa dva priključka, a u komunikacionim ormanima u modularni patch panel.

Na osnovu preporuka AMRES-a, svi kablovi koji se postavljaju prilikom vertikalnog kabliranja u ustanovama Akademske mreže Srbije, treba da podrže 10-gigabitni ethernet. Za vertikalno kabliranje se koriste multimodni optički kablovi tipa OM3, čime se obezbeđuje brzina prenosa od 10Gb/s. Sa obe strane optička vlakna se terminiraju SC konektorima koji se u komunikacionim ormanima u postavljaju u optički patch panel.

## 5. ZAKLJUČAK

Velika većina objekata, u okviru kojih funkcionišu visokoškolske ustanove u Srbiji, građeni su u nekim prošlim vremenima kada tehnologija nije dostizala ere računara i interneta. Međutim, sada kada tehnologija vrtoglavo napreduje, potrebno je ići u korak sa tim.

Najveći problem može da predstavlja upravo infrastruktura čije unapređenje iziskuje veliki rad i velika novčana sredstva. U ovom radu predstavljeno je jedno od mogućih rešenja tog problema. Pokušano je da se na što bolji i efikasniji način obezbedi funkcionalnost lokalne računarske mreže u najmanje deset narednih godina. Pojednostavljene strukture mreže i poštovanje standarda doprinosi mnogo lakšem održavanju, kao i daljem unapređenju same mreže.

## 6. LITERATURA

- [1] V. Vasiljević, P. Gavrilović, B. Krmeta, V. Ilić, V. Mihajlović, „Administracija i projektovanje računarskih mreža“, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, 2015.
- [2] M. Stojanović, M. Milovanović, A. Janković, „Realizacija računarske mreže vojnomedicinske akademije“, Vojnotehnički glasnik, 2005.
- [3] M.R. Terzić, „Predlog ad hoc računarske mreže na katedri vojnih elektronskih sistema VA primenom bluetooth tehnologije“, Vojnotehnički glasnik, 2011.
- [4] N. Briscoe „Understanding The OSI 7-Layer Model“, 2000.
- [5] K.R. Fall, W.R. Stevens „TCP/IP Illustrated Volume 1“.
- [6] Cisco, „Virtual Local Area Networks (VLANs)“ Chapter 24.

## Kratka biografija:



**Miloš Petrić** je rođen 17.05.1991. god u Vrbasu. Završio je osnovnu školu „Vuk Karadžić“ u Crvenki kao vukovac. Završio je Ekonomsko-trgovinsku školu u Kuli. Diplomirao je na fakultetu tehničkih nauka 2014-e godine u oblasti inženjerskog menadžmenta.

**ČUVARI SMEĆA: VIŠEMEDIJSKA PROSTORNA INTERVENCIJA  
GUARDIANS OF TRASH: MULTIMEDIA SPACE INTERVENTION**Tejko Piškorić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SCENSKA ARHITEKTURA I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Osnovno gradivno tkivo ovog rada su predmeti koji su protokom vremena izgubili dominantnu ulogu u našim životima, životima naših bližnjih, našim zajednicama, institucijama i društvu, i iz prvog plana interesovanja i potreba polako skliznuli ka periferiji pažnje i na granici su zaborava. Većina tih predmeta koji su izgubili nas - čuvar sećanja i zaborava (skupljače), u tom dinamičkom procesu nestajanja značaja prešli su navedenu granicu i dobili metaforičku oznaku „smeće“. Postavka nije izvedena u galeriskom prostoru već u pozorišnoj radionici, objektu koji svojim karakterom dopunjuje osnovnu ideju opšteg nastalog iz fragmenata. Izbor elemenata koji čine postavku, njihovi međusobni odnosi, kao i pozicije u prostoru grade višeslojnu sliku, dominantno intimnog i ličnog karaktera, koja teži kompleksnijem i obuhvatnijem značenju. Koncept umetničkog projekta oslanja se na autorov prethodni rad u grupama AC (Art Circus), MFX (Multiflex) i HTP (Happy Trash Production).

**Abstract** – Main ingredient of the work includes objects with lost or misplaced role in our lives, lives of people close to us, our communities, institutions and society, which from the front row of interest and demand slowly slide towards outskirts of memory and the verge of oblivion. Majority of the objects misplaced us – guardians of memory and oblivion (collectors) and, throughout the dynamic process of disappearance of meanings, crossed the border to become metaphorically called “trash”. The exhibition is not envisaged for a gallery space, but rather for a space whose character completes the basic idea of obtaining generality out of fragments. The choice of elements that make the exhibition, their mutual relations, spatial positions, construct a multilayered picture, above all intimate and personal in character, which aspires towards more complex and encompassing meaning. Artistic concept of the work is based on teh author's previous collaboration within artistic groups AC (Art Circus), MFX (Multiflex) i HTP (Happy Trash Production).

**Ključne reči:** kultura sećanja, smeće i artefakti, skupljači smeća, umetnost smeća, radionica Srpskog narodnog pozorišta

**Key words:** culture of memory, trash and artifacts, collectors of trash, trash art, Serbia National Theatre shop

**NAPOMENA:**

**Ovaj tekst proistekao je iz master umetničkog rada čiji mentor je bila dr Tatjana Dadić Dinulović, vanredni profesor, a komentor Daniela Dimitrovska, asistent.**

**1. UVOD**

Osnovno gradivno tkivo umetničkog rada „Čuvari smeća: višemedijska prostorna intervencija“ jesu predmeti koji su protokom vremena izgubili dominantnu ulogu u našim životima, životima naših bližnjih, našim zajednicama, institucijama i društvu, i iz prvog plana interesovanja i potreba polako skliznuli ka periferiji pažnje, te se nalaze na granici zaborava.

Većina tih predmeta koji su izgubili nas - čuvar sećanja i zaborava (skupljače), u tom dinamičkom procesu gubljenja značaja prešli su navedenu granicu i dobili metaforičku oznaku „smeće“.

Rad se bavi upotrebom i analizom upotrebe takvih predmeta, koji su u prošlosti imali dominantno mesto i statusni karakter, dok su danas istrošeni i/ili ruinirani, a u umetničke svrhe. Svaki od tih predmeta tj. dokumenta koji su izgubili prvobitnu ulogu i sjaj, a ipak zadržali obeležja prošlih vremena i neretko nazivani smećem, mogu se, a možda i moraju, percipirati ili doći veti kao svedočanstvo.

One „sretnije“ komade koji su našli mesto u privatnim kolekcijama, umetničkim projektima ili državnim institucijama nazivamo artefaktima. Shodno tome rad se delom bavi i analizom odnosa institucija (muzeja, pozorišta i galerija) prema takvim predmetima, posebno zbog toga što su pozorišni i muzejski depoi, po pravilu, najveće riznice takvih stvari.

U praktičnom i teoretskom smislu, u okviru postavke ispitivana je mogućnost povećanja trenutnih skromnih kapaciteta navedenih predmeta, a putem stvaranja slika drugog značenja i smisla. To znači da je nekim predmetima data drugačija namena i funkcija u odnosu na originalnu i predodređenu. Tako je hauba za sušenje kose prerađena u reflektor, gramofon u ram za slike i sl. Nova upotrebna vrednost predmeta podrazumeva poziciju i namenu koja za njih nije uobičajena pa je na taj način postignuta promena mesta u perceptivnoj hijerarhiji. Postavka u formi instalacije, tj. prostorne intervencije, omogućava posmatračima da samostalno definišu odnose elemenata, značenje prostora u koji su oni integrisani, vreme iz kog datiraju, autora i njih same.

Koncept umetničkog projekta oslanja se na autorov prethodni rad u grupama AC (Art Circus), MFX (Multiflex) i HTP (Happy Trash Production). Delovi razmišljanja, način realizacije, poetika i stavovi izgrađeni tokom saradnje sa članovima grupa ugrađeni su u ovaj samostalni rad. Sve to upotpunjeno je autorovim ličnim iskustvima stečenim tokom rada na pozorišnim i filmskim scenografijama.

## 2. ODNOS PREMA PROSTORU IZLAGANJA

Pošto je projekat usko povezan sa radionicama Srpskog narodnog pozorišta (SNP) posebna paŕnja posvećena je ovoj instituciji.

Često umrtvljen i trom galerijski prostor („bela kocka“) zamenjen je okruŕe njem koji ostvaruje bliskost i jedinstvo sa izloŕenim eksponatima. Izabrani prostor svojim ambijetalnim vrednostima (sadrŕajem, karakterom i zvukovima) postao je sastavni deo instalacije. Namera nije bila preoblikovanje izlagačkog prostora za potrebe umetničkog dela već njihovo potpuno jedinstvo i proŕimanje na upotrebnom, značenjskom i emotivnom nivou.

Postavka je izvedena u radionicama SNP-a za koje je autor rada vezan na više načina (profesionalnom, egzistencionalnom i emotivnom). Delovi objekta izgraĐeni su 30-tih godina 20. veka i sluŕili su kao prostori koŕare u kojima je ŕtavljena koŕa. Po završetku drugog svetkog rata (1948) prostoru se menja namena i u njega se smeŕtaju pozorišne radionice. Izgradnjom nove zgrade SNP-a (1980) uviĐa se potreba za proŕirenjem kapaciteta i prostora za izradu scenografija. Tada je dograĐena hala, poznata kao „slikarnica“, u kojoj je rad izveden.

Danas se u ovim radioncama izraĐuju nove scenografije, popravljaju i preraĐuju stare i dotrajale, a neki delovi objekta sluŕe za deponovanje potpuno neupotrebljivih, odbačenih i zaboravljenih delova pozorišnog dekora i rekvizite.

Tako radionice postaju neiscrpan izvor smeća. Predmeti koji su na sceni imali upotrebnu, simboličku i umetničku vrednost, vremenom i neizbeŕnim gubitkom interesovanja za odreĐena umetnička dela (predstave) postali su smeće koje se taloŕi u prostoru u kom je rad izveden.

Iz tog taloga su izvučeni neki od predmeta upotrebljenih u radu (fiat 1300, maske Dart Wader-a), a sve sa namerom da jasnije bude definisana umetnička ideja i cilj, dok samim postupkom predmeti dobiju novu vrednost, ŕi vot i ponovo stiču naziv artefakta. Deo postavke je i zvuk, a namera njegovog ukljućivanja u rad je potpuna karakterizacija i demistifikacija prostora.

Delovi radioničkih prostora u kojima se obavljaju bravarski i stolarski radovi na dekoru poseduju maŕine koje sluŕe za obradu melala i drveta.

Zvuk, tj. neartikulisana buka koju one proizvode kad su uključene, upotrebljen je u postavci. Taj zvuk je sastavni, neodvojiv i svakodnevni deo uobićajenog ŕi vota radionica, bez koga prostor postaje „gluv“ i gubi jednu od svojih osnovnih karakteristika.

Zvuk nije prethodno snimljen već je realan, tj. maŕine su puŕtene u pogon u trenutku ulaska publike u izlagački prostor.

Velika hala u kojoj je izvedena postavka odvojena je metalnim vratima od bravarskih i stolarskih radionica, a vrata su koriŕscena kao „potenciometri“ - njihovim otvaranjem i zatvaranjem kontrolisan je nivo zvuka (buke) koji se u hali ćuje.

Ovakav naćin upotrebe zvuka doprinosi jasnijoj karakterizaciji i demistifikaciji prostora.

## 3. KULTURA SEĆANJA

Na osnovu sprovedenog umetničkog i teorijskog istraŕivanja rad se u autorskom postupku bavi sećanjima, koristeći lićne artefakte - fotografije iz detinjstva pored Fiat-a 1300, auta autorovog oca; prvi gramofon; haubu za suŕenje kose autorove majke koja je deo „igrajuće“ rekvizite SNP-a - povezane sa navedenim elementima izabranim iz radioničkog prostora, a koji su u bliskoj vezi sa lićnim artefaktima i upotpunjuju njihovo znaćenje. Kao vezivno tkivo izmeĐu elemenata instalacije i predmeta koji definiŕu društveni i prostorni (geografski) okvir u kom su nastali i funkcionisali, upotrebljen je plod ŕljive, voća koji je duboko ukorenjeno u temelje ovog društva.

Procesom prelaska iz mentalnih u fizićke slike, instalacijom u prostoru saćinjenom od tih objekata, u izvesnom smislu omogućeno je produćeno trajanje i povećan kapacitet i slojevitost upotrebljenih stvari, kao i svih znaćenja koje nose i o kojima svedoće.

Reć je o poigravanju sa nivoima znaćenja u polju umetnosti. Tema prolaznosti i trajanja je neizbeŕna u takvom postupku. Baviti se sećanjima zahteva proućavanje, razumevanje, tumaćenje, a pre svega sakupljanje i ćuvanje predmeta u koje su ona vremenom ugraĐem.

Tim poslom se bave institucije na budŕeti ma i pojedinci. I jedni i drugi imaju svoje namere, potrebe i ciljeve. Njihovo predstavljanje i interpretacija kolekcija ne bi trebalo da ostavlja mesta za nedoumice. Ni prvi ni drugi (ni pojedinci ni institucije), meĐutim, nisu u stanju da u potpunosti sakupe, razvrstaju i organizuju sve predmete povezane sa sećanjem, pa njihova prethodno navedena namera ostaju uskraćena za kljućne delove podataka ŕto postaje otvoreno polje za selektivne, manipulativne ili revizionistićke aktivnosti.

Rad razmatra i ovu temu, posebno akcentujući polje umetnosti.

## 4. SMEĆE U KONTEKSTU UMETNOSTI

Teorijski okvir u kom se kreće ovaj rad moće se potraŕiti u konstataciji Miŕka ŕuvakovića da umetnik, danas, pre „programira“ oblike nego ŕto ih komponuje i nastavlja tvrdnjom da umetnik radi sa podacima i pribavljenim oblicima iz kulture [1].

Tako se umetnik kreće od diŕanovskog redimejda, preko postmodernih apropijacija ili situacionistićkih produkcija „situacija“, do DJ kulture i njene primene na polju umetnićke produkcije. Vladimir Mitrović konstatuje da upotrebom predmeta iz svakodnevice, ŕto je klasićni umetnićki postupak – *ready made*, sada u novim okolnostima i kontekstima, autori uspostavljaju nove oznake i tumaćenja.

Mada zadrŕavaju već „ućitanu“ likovnost, shvatanje i funkcionisanje radova ne proizilaze iz nje već iz smisla novootkrivenih predmeta, reći i slika ili njihovih kombinacija [2] pretvarajući misaone tokove u konkretne oblike i vizije. Ova Mitrovićeva konstatacija u velikoj meri definiŕe rad.

Dodirne tačke moţe mo naći i u radovima umetnika čije je delovanje klasifikovano kao *Garbage Art*, *Art from trash*, *Trash Art* i sl. Ali kako kaţe Vladimir Marko njihov postupak objekte često uništenog značaja transformiše u objekte sasvim drugog značaja HTP/MFX ne ukida jedne transformacijom u druge, već zadržava sve slojeve značenja predmeta [3]. Ova njegova misao u potpunosti definiše rad „Čuvari smeća: viemedijska prostorna intervencija“.

## 5. ZAKLJUČAK

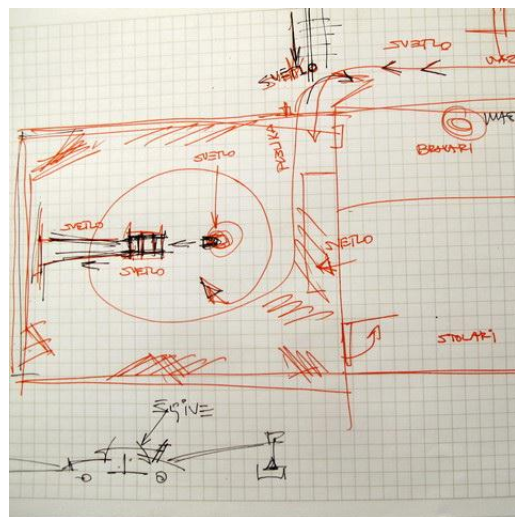
Postojanje predmeta iz prošlosti u kojima su sačuvana individualna i kolektivna sećanja je nedvosmisleno. Po svom obliku, nameni i sadržaju ovi predmeti posedovali su savršenstvo i ostvarili svrhu. Vremenom većina njih je prepuštena na milost i nemilost nosiocima sećanja, hiru pojedinaca, muzeološkoj kalkulaciji ili institucionalnim potrebama. Takva sudbina podrazumeva da pomoću njih moţe mo da rekonstruišemo i analiziramo vreme i realnost u kom su nastali, ali otvara i mogućnost njihovog pridruţivanja kontekstima u kojima su u suprotnosti sa svojim pravim značenjem. Predmet je sačuvan kroz našu istinu o njemu.

## 6. LITERATURA

- [1] Miško Šuvaković, *Umetnost i politika: savremena estetika, filozofija, teorija i umetnost u vremenu globalne tranzicije*, Sluţbeni glasnik, Beograd 2012.
- [2] Vladimir Mitrović, „Umetnost treba da bude duhovita Multi Trash - Happy Flex“, *Čas anatomoje mrtve prirode i društva*, Muzej savremene umetnosti Vojvodine, Novi Sad 2014.
- [3] Ibid.
- [4] Ratomir Kulić, *Četiri muzejska predmeta*, Galerija Matice srpske, Novi Sad 2010.
- [5] Miško Šuvaković, *Grupa KÔD, (∃, (∃ KÔD*, Galerija saremene likovne umetnosti, Novi Sad, 1995.
- [6] Todor Kuljić, *Kultura sećanja*, Čigoja štampa, Beograd, 2006.
- [7] *Geografija sećanja i zaborava*, specijalni tematski dodatak časopisa *Nova misao*, IU Misao, Novi Sad 2012.
- [8] Kaye, Nick: *Site-specific art: performance, place and documentation*, Routledge, London 2007.
- [9] *Buka i bes*, Happy Trash Production u saradnji sa Hormonskom zajednicom, katalog, Izba, Novi Sad, 2016.

### Kratka biografija:

**Ţeljko Piškorić** roĐen je u Pančevu 1961. godine. Diplomirao je na Akademiji umetnosti u Novom Sadu, smer vajarstvo. Bavi se pozorišnom i filmskom scenografijom i izlagačkim aktivnostima. Bio je član umetničke grupe Art Circus (1995-2005). Izlagao je sa grupama Art Circus, MFX i HTP u zemlji i inostranstvu. Zaposlen je u Srpskom narodnom pozorištu kao scenograf.



Slika 1. Skica za postavku



Slika 2. Prostorna postavka



Slika 3. Izvedeno rešenje



**SCENSKE MEMORIJE****SCENE MEMORIES**Stanislava Jamušakov, Miljana Zeković, Višnja Țugić; *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SCENSKI DIZAJN**

**Kratak sadržaj** - Šta se dešava kada neka predstava prestane da se izvodi? Šta od onoga što je sačinjavalo scenski dizajn ostaje? Kako se i na koji način pamti? Na koji način bi, ono što je sačuvano, moglo ponovo da bude interpretirano kroz novu realnost i novi kontekst, ostvarujući aktivan kontakt sa novom publikom? Navedena pitanja upravo određuju temu rada „Scenske memorije“. Postavljajući umetničko-istraživački okvir između vizuelnih i izvođačkih umetnosti, odnosno, između reprezentacije i performativnosti, pronalazila sam put ka prostornoj, vizuelnoj i auditivnoj artikulaciji narativa koji je predmet razmatranja u ovom radu. Ovako uspostavljen okvir istraživanja odredio je kasnije i osnovne stvaralačke principe koji su primenjeni u kreativnom procesu. Teorijski okvir istraživanja tiče se pre svega razmatranja metode oprostorenja narativa. Osnovna tema teorijskog dela istraživanja u ovom radu odnosi se na ispitivanje mogućih odnosa, veza i relacija između narativa umetničkog dela i prostora kao njegove fizičke manifestacije.

**Abstract** – *What happens when a theatre play stops being performed? What remains from props and stage design? Where and in what form does it stay in memory? Could the preserved be reinterpreted again, through the new reality and in the new context, creating an active contact with its new audience? These selected questions represent the creative base for the artistic and theoretical work “Scene memories”. By setting the framework of the artistic research in-between fields of visual and performing arts, i.e. in-between representation and performativity, I’ve detected a path towards the spatial, visual and auditory articulation of the narrative – the very subject of this paper. The established framework of the research later determined the basic creative principles of the creative process. The theoretical framework of the research reconsiders the method of narrative embodiment. The main idea of the theoretical part of the research was to examine possible relations and connections between the artistic narrative and space of its physical manifestation.*

**Ključne reči:** *Scenske memorije, oprostorenje narativa, prostor-priča-radnja, interaktivnost, performativnost.*

**1. UVOD**

Za razliku od svesne memorije formirane sa namerom, spontano sećanje registruje prošlost u obliku slika, zvukova, osećanja vaŕ njih za odreĐeni dan, neĉije reĉi.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada ĉiji mentor je bila dr Miljana Zeković.**

Ova vrsta sećanja ostaje u pozadini svesne memorije koja blei vremenom, jer je zamenjuju nove namerne memorije vezane za skorije dogaĐaje. Spontana memorija ostaje u našem nesvesnom, spremna da se aktivira pri susretu sa razliĉitim okidaĉima. Dejvid Bohm (David Bohm) smatra da je naŖ perceptivni organ uronjen u more frekvencija, iz kojih mozak interpretira naŖ stvarnost, a da je pamćenje pohranjeno kao hologram i da svaki deo sadrŖi celinu, te da je “mozak hologram uvijen u holografski svemir” [1]. Svaka misao, slika, osećaj, zapisani su u talasima etra ĉineći tako polje memorije poznato kao *kolektivno nesvesno*. Ljudska percepcija jeste rezultat meĐusobnog delovanja subatomske ĉestice naŖ mozga i mora kvantne energije. Moguće je sloŖiti se sa Talbotom, koji tvrdi da „Mi doslovno rezonujemo sa naŖim svetom“ [2]. Ako naŖe svako pojedinaĉno sećanje sadrŖi i celinu onda su i sva naŖa trenutna viĐenjaduboko determinisana ukupnim, ne samo liĉnim nego i civilizacijskim, iskustvom. A kako individualna memorija nije pouzdana, jer mnogo toga ostane potisnuto i naizgled zaboravljeno, tada svojevrŖni *ĉuvari sećanja* postaju fotografije, filmovi, pisane beleŖke, kao i sećanja drugih ljudi.

Postoje trenuci kada osetimo potrebu da zastanemo i pogledamo unazad; da sistematizujemo i joŖ jednom preispitamo svoje stavove i ono Ŗto je uraĐeno. To su trenuci u kojima je moguće uz pomoć prošlosti odreĐiti se prema budućnosti, prizivajući kroz autokritiĉku vizuru, joŖ jednom, neka sećanja, uvaŖavajući miŖljenje drugih i osluŖkujući na kraju unutraŖnji glas: intuiciju, duboko povezanu sa logikom univerzuma.

PozoriŖte odraŖava Ŗi vot, a oni koji na bilo koji naĉin uĉestvuju u stvaranju “sveta gde stvarno sve moŖe da se dogodi”[3] najĉeŖće ostaju trajno obeleŖeni i potpuno posvećeni svetu igre. Predstave Ŗi ve u svima koji su ih gledali i stvarali, a materijalni dokazi vremenom se osipaju. Šta se dešava kada neka predstava prestane da se izvodi? Šta od onoga što je sačinjavalo scenski dizajn ostaje? Kako se i na koji način pamti? Na koji način bi, ono što je sačuvano, moglo ponovo da bude interpretirano kroz novu realnost i novi kontekst, ostvarujući aktivan kontakt sa novom publikom? Navedena pitanja upravo odreĐuju temu rada „Scenske memorije“.

**2. TEORIJSKO ISTRAŖIVANJE**

Teorijski okvir istraŖivanja tiče se pre svega razmatranja metode *oprostorenja narativa*<sup>1</sup>. Osnovna tema teorijskog

<sup>1</sup> Oprostorenje narativa (Narrative embodiment) jeste kreativna metoda koja se primenjuje za interpretaciju razumevanja prostora (Zeković, Miljana – Strategije i metode u arhitektonskom projektovanju, MAS Scenska arhitektura i dizajn, 2014. godina)

dela istraživanja u ovom radu odnosi se na ispitivanje mogućih odnosa, veza i relacija između narativa umetničkog dela i prostora kao njegove fizičke manifestacije.

Istraživanje narativa *u*, i *o* prostoru, zatim narativnosti scenskog prostora i sredstava koji ga dominantno određuju, i najzad, postupaka prevođenja osnovnog jezičkog iskaza umetničkog dela u sistem prostornih sredstava, ključne su teme teorijskog segmenta istraživačkog rada. Nakon razumevanja kompleksnih odnosa između dve navedene odrednice, teorijski okvir je dodatno konkretizovan, postavljanjem akcenta na ispitivanje uloge publike, odnosno, specifičnih načina njenog aktiviranja.

Marina Radulj određuje scenski dizajn kao „oprostorenje priče“ [4], posmatrajući ga kao umetničku praksu i obrazovni model koji osvaja prostor između disciplina i uvodi trijadu prostor-priča-radnja ili izvođenje. Scenski dizajn kao praksa oblikovanja uspostavlja se kroz proizvodnju scena, *oprostorenje priče*, ističe, bez ograničenja na sredstva i medije. Prilikom odabira relevantnih primera za analizu u ovom radu, zanimali su me umetnički radovi koji na originalan način tretiraju specifične prostore koji funkcionišu kao adekvatni okviri za različite priče, ali istovremeno i sami postaju nosioci radnje, naracije ili izgradnje celog dejstva.

Ti prostori su i postojeća arhitektura sa svojom predpričom, energijom, dimenzijama, dinamikom, ali i namenski dizajnirani prostori za određeni događaj, ili pak, nematerijalni, duhovni prostori.

Iluzivni, intimni ili dinamički, ovi ambijenti bili su pretpostavka za priče koje su realizovane upotrebom najrazličitijih umetničkih i tehničkih sredstava, pomerajući scenski dizajn ka interdisciplinarnom polju gde se ukrštaju instalacija, performans, video, novi mediji, gluma i ples sa arhitekturom. Publika je u svim slučajevima bila deo priče (a ne pasivni posmatrač), njen aktivni činilac i tvorac.

### 3. UMETNIČKO ISTRAŽIVANJE

#### 3.1. Rađanje ideje

Rad „Scenske memorije“ započeo je zapravo sa prvim predavanjima na master studijama scenske arhitekture i dizajna, koje sam upisala željeći da ovu umetničku oblast teorijski bolje upoznam. Već nakon prvih predavanja razmišljala sam o predstavama za koje sam dizajnirala kostime ili scenografiju, preispitujući svoj rad kroz nove spoznaje.

Odlučila sam da zapišem svoja sećanja - kritičke osvrte o radu na predstavama, i odabrala tri predstave iz nekoliko razloga. Za ove tri predstave radila sam i scenografiju i kostim; pristup radu je bio drugačiji, jer ga je diktirao i dramski predložak i prostor u kom su realizovane.

#### 3.2. Analiza odabranih predstava

Predstave „Tajni dnevnik Virdžinije Vulf“, „Krcsko Orašće“ i „Luna park“ više nisu na repertoarima pozorišta u kojima su izvedene. Ono što je bilo važno za mene pri ovom izboru je, da je jedna od ovih predstava drama, druga komedija, a treća predstava za decu.

Bile su i veliko profesionalno iskustvo i škola, a isto tako, osećala sam tokom studija, da su pojedine odluke, kada je reč o scenskom dizajnu, mogle drugačije da se realizuju.

#### 3.2.1. SCENSKE MEMORIJE I :

##### *Tajni dnevnik Virdžinije Vulf*

Predstava „Tajni dnevnik Virdžinije Vulf“, po motivima proze Virdžinije Vulf premijerno je izvedena 6. februara 2010. godine na sceni „Pera Dobrinović“ Srpskog narodnog pozorišta u Novom Sadu. Predstavu je režirala Milena Pavlović, a uloge su tumačili: Gordana Đurđević Dimić - kao Virdžinija, Aleksandar Gajin, Gordana Jošić Gajin, Radoje Čupić, Jovana Stipić, Tijana Maksimović, Marija Medenica, Gordana Kamenarović, Milan Kovačević, Milica Grujičić, Jovana Mišković, Jelena Antonijević i Strahinja Bojović. (Slika 1)

Ova predstava bila je moja prva profesionalna prilika da za istu predstavu uradim i scenografiju i kostim. Velika predstava, puno likova koje objedinjuje literatura slobodoumne i zagonetne književnice. Činjenica da likovi pripadaju trima epohama, da imaju svoje intimne prostore, a da se tekst prepliće tokom celog komada tako da jednu repliku započinje neko, a završavaju je drugi i treći, trebala je da donese i ključ za rešenje prostora. Kako ih smestiti u prostor, koji radi za njih i za čitav komad? Kako da ne budu zajedno, a da ih publika vidi kao jedno?



Slika 1 – „Tajni dnevnik Virdžinije Vulf“

##### *„u krugu priča i vremena“*

Vreme je izbrisano, ti vot i smrt su se maksimalno približili, ovi likovi za mene i danas su ljudi koji umiru, svojom ili voljom sudbine. Šta je ono što ih čini posebnim, šta je bilo pre i šta ostaje posle njih? Umetnost, literatura - Virdžinija je to znala, to su bili poslednji dani njenog i ti vota njenih likova, koji su pred nama jednako stvarni.

Zamislila sam krug, a onda slučajno makazama isekla taj krug na tri dela, centralni je bio pravougaonik - to je Virdžinijin pisaći sto. Druga dva segmenta sam iskosila kao kriške koje tonu i koje se slivaju u njen književni zanos. Napravila sam konstrukciju na tri nivoa u koju sam smestila likove, epohe, dimenzije, priču. Posmatrano u osnovi, bio je to muški ručni sat. Bilo je pogrešno upisivati simbol koji je vidljiv iz osnove prostora, jer u realnom prostoru koji je izgrađen, ta simbolika se ne vidi. Ipak, u realizaciji je taj prostor dobio novi kvalitet, jer je veza različitih dimenzija priče u njemu zaštićena.

Krug je bio opasan još jednim, kružnom prugom. Pruga je bila put kojim su likovi ulazili i po kojoj su odlazili iz priče. Virdžinija je sedela na željezničkoj stanici nekog čekajući, želeći da pobjegne od sebe, muža, ti vota, bolesti koja ju je proganjala i koje je bila svesna.

Danas, nakon promišljanja, ta pruga ne bi bila deo scenskog dizajna, već bi mogla da se podrazumeva, a glumci bi imali veću mogućnost kretanja. Prostor je imao unutrašnju logiku, jasnu metaforu i bez šina, koje su glumcima sigurno otežavale kretanje.

### **„kad tehnika zakaže“**

Sećam se i najteže g dela tokom izrade, tehničke prepreke koja se zove *kriv i nepopravljiv cug*. Bio je na jedinom mestu na koje je mogao da se postavi print-fotografija šume i reke.

Danas te slike ne bi ni bilo, jer je sasvim jasno da „senka označava drvo jače od samog drveta“ [3].

Virdžinija se udavila u reci na kraju komada; svi likovi u ovom komadu umiru. Težela sam da jesenja atmosfera ispuni ceo prostor, jesen i reka po kojoj pluta zlatno lišće. Fotografisali smo obalu u okolini Novog Sada tražeći najbolji prizor, koji bi upotpunio scenu.

Prostor je izuzev printa šume i reke bio sasvim sveden i maksimalno očišćen. I tada sam osećala da će materijali biti jako važni kao nosioci priče. Priče o epohi, o karakterima, o njihovoj intimi, o svemu čega na sceni gotovo da nije ni bilo, a sve se stapalo sa prirodom na tom, gledano iz današnje vizure, suvišnom printu.

Virdžinija je imala veoma specifičan osećaj duboke mistične zajednice sa prirodom, koji sam pokušala da sugerišem kroz materijale i boje: drvo je bilo dominantno u enterijeru, a pliš, tvrd i svilenkasti netni i meki materijali u kostimu, bili su preneti i na minimalističke komade nameštaja. Likovi su bili stopljeni sa svojim prostorima, stopljeni sa prirodom kojoj se vraćaju.

### **„a statika?“**

Imala sam maketu od papira, bez ikakvog znanja o tehničkoj realizaciji, znala sam samo da konstrukcija treba da bude metalna, oblože na imitacijom drveta. Detalje o tehničkoj realizaciji, montaži i demontaži, nisam znala. Imala sam svest o dimenzijama i jasnu viziju likovnosti zamišljenog prostora.

Naučila sam puno u radionicama. Dolazila sam svakodnevno, gledala, slušala, učila. Promišljala sam i prihvatila sve sugestije. Ono što danas mogu da kažem da mi je najvažnije, jeste atmosfera koja se stvori u radionici, a scenograf je inicijator te atmosfere. Mir i poštovanje svih saradnika, koji su mi pomogli da naizgled komplikovano, sasvim pojednostave u interesu i glumaca, ređe je i s censke tehnike.

Kostim mi je mnogo bliži i lako komuniciram sa majstorima u krojačnici, naučila sam puno od obe bake koje su bile šnajderke. To su krojači umeli da prepoznaju i da uvaže.

Znala sam šta hoću, donela sam jasne skice, ali sam za svaki model prvo sa njima dobro proverila - kakav i koji materijal bi najbolje mogao da ga predstavi. Sećam se radosti svih nas u krojačnici, kad su likovi polako počeli da se pomaljavaju, kada su glumice unele svoje karaktere i otičele skice koje smo izrađivali.

Mislim da bi skice kostima trebalo da se finalizuju tek pošto kostimograf upozna glumce, što kod nas nije praksa. Jednostavno, neki model ili boja ne mogu da se stoje sa određenim glumcem ili glumicom i tada se sve menja.

Rad se stalno transformiše tokom proba, priča sama traži svoj oblik i nikad joj se ne suprotstavljam. Mi smo svi u funkciji te priče.

Priča publici mora da se predstavi u svom najsnažnijem i najmagičnijem svetlu, mora da nas uvuče u sebe i da joj verujemo.

## **3.2.2 SCENSKE MEMORIJE II :**

### **Luna park**

#### **„na dnu smeha leže suze“**

Predstava „Luna Park“, Aleksandra Jugovića u režiji Milene Pavlović premijerno je izvedena 2013. godine u Beogradskom dramskom pozorištu. Ovaj komad govori o ti votu majke i dve ćerke na periferiji grada, koje te e da ostvare snove i proputuju svet. U tome ih sprečava činjenica da iz malog mesta u kome ti ve, na čudan način, nestaje muška populacija, a senka sumnje je bačena na njih tri. Glavni likovi ove komedije, majka i dve ćerke, u te lji da nađu svoje mesto pod suncem, zaboravljaju na stvarnost i vođne svojim snovima upadaju u razne nevolje, ali istrajavaju u svojoj anarhiji (Slika 12). Pisac Aleksandar Jugović kaže da su one spremne na sve kako bi došle do zacrtanog cilja i ostvarile svoje snove.

U podeli su bili Olga Odanović, Ljubinka Klarić, Nataša Marković i Dubravko Jovanović. „Bitno je pokušati da ti vot učiniš šarenijim, lepšim, ma koliko te toni bili skupi“ - stoji u rediteljskoj belešci za ovu zapletenu tragikomediiju. Rediteljka Milena Pavlović objašnjava da „Luna park“ ima i tužnu crtu, kad se svetla pogase, „Kad se proĐekroz luna park noću, kad on ne radi, izgleda kao kuća strave. Ta razapetost likova između realnosti i fikcije je nešto što mođe mo i danas da vidimo. A i uvek“.

„Nema tela nema dela“ replika koju majka nekoliko puta ponavlja tokom komada, urezala mi se kao nešto inicijalno i jako bitno nakon prvog susreta sa dramskim tekstom. Ko su zapravo junakinje naše priče? Razmišljala sam o vremenu u kom ti vimo, nasilju, ubistvima, socijalnoj bedi, tranziciji... Podsećale su me i na mnoge likove crnohumornih komedija koje sam gledala ili čitala. Ko su trtve? Opet neki zalutali muškarci igrom sudbine upleteni u mrežu crne udovice. Dok sam čitala tekst iskreno sam se nasmejala mnogo puta. Način na koji one rade, to što rade, i dijalozi koji teku pre i nakon toga jako su duhoviti. Ovo je još jedna tragikomediija koja u sumorju ti vota junaka, koje identifikujemo na periferijama u bezizlazima, obelodanjuje njihove sunovrate. Njihovi postupci su teško objašnjivi, iza povišene emocionalnosti stoji njihova duhovna opustošenost, iskorenjenost, koja pravi rasplet čini nemogućim. Te ne koje zbog ostrašćenosti da dođu do nasleđstva i ostvare svoj san, zanemaruju posledice i zauvek sakate duh. Ove strasti nisu toliko transparentne već su duboko usađne u podsvest, spremne da se aktiviraju na najmanji nadražaj. Shvatila sam da je to svet u kome nema pravila, već ih svako kroji po sopstvenoj meri. U svom tom duhovitom bezumlju postoji i atmosfera nostalgije koja mi je takođe bila vodilja. Pokušala sam da razumem junakinje, male te ne sa periferije, zaposlene u luna parku, čija kuća prokišnjaava i koje sanjaju o lepšem ti votu, u kom će, jednog dana, one biti vlasnice ove mašine za zabavu.

#### **„kad sve tone u blato“**

Nakon dugog razmišljanja shvatila sam da njihov prostor mora da liči na zemljanu raku, jer iako nema dela, a ni tela, one znaju šta su počinile. Zamislila sam sobu sa zemljanim podom u koji polako tone sav oskudni nameštaj.

Ta soba je njihova podsvest. Krevet, televizor iznad kog je crni, blatnjavi, rašireni kišobran, jasan znak da se voda sliva sa tavanice, kao i nekoliko kofa koje neprestano premeštaju kad pada kiša. One često sede za stolom. Kakav je to sto, koji takođe tone u blato? Mali, nedovoljan, tri stolice koje liče na svoje vlasnice: visoka barska, mala neupadljiva i stolica od dve pивske gajbe. Sivo-smeđi zemljani tonovi jasno su naznačili atmosferu u ovoj kući.

Nostalgично, koje sam osetila u tekstu, je moralo da se suprotstavi ovom sivilu kroz neki simbol. I onda sam se setila Milenine sugestije, da je luna park zapravo jako tuđno mesto kada se svetla pogase. Na zadnjem zidu bila su pogašena svetla luna parka, a iznad sobe-kuće, kao nećna i tuđna naznaka njihovog sna, visili su beli konjići sa ringišpila.

Konjići su se na kraju komada spuštali i tada je Nataša Marković, koja je tumačila dobru sestru, pevala tuđnu pesmu o snovima i stvarnosti (Slika 2). Prostor je bio otvoren, zidova nije bilo, glumci su imali dovoljno prostora za igru, a drugi i treći plan u dubini bili su dobro vidljivi. Jedna slika, koja je visila na nepostojećem zidu i izazivala zapitanost, bila je poput pištolja koji se na početku filma slučajno pojavi, da bi na kraju ispalio fatalni hitac. Iza te slike bio je sef, a u njemu pismo koje je razjašnjavalo motiv ubistava nedužnih muškaraca.

**„više volim šljokice od zlata, jer je poezija šljokica utoliko lepša, zato što je tuđna.“, G.Flober**

Ne znam da li sam uspela da stvorim prostor opterećen negativnim zračenjem prošlosti, ali to sam te lela.

A kako je ovaj komad, uz svu surovost, jako duhovit, pa čak i vedar, likove sam svesno karikirala grotesknim šarenim kostimima, koji su bili kontrast mračnim tonovima kojima sam obojila scenu. Sećam se maštovitog Dubravka Jovanovića kome je pripao izazovan zadatak da u istom komadu igra četiri potpuno različita muška lika: vozača na zidu smrti, trgovačkog putnika, policijskog inspektora i rodeo jahača. Svaki dan je dolazio na probu sa novim idejama kako da upotpuni svoje likove nekom sitnom rekvizitom. Donosila sam mu kape, šešire, kačkete, perike, brkove, marame... Bio je to izazovan posao i za kostimografa jer su promene jako brze, a moraju biti uverljive i tačne. Ako publika kojoj je jasno da je u pitanju isti glumac, ne prihvati igru koju joj nudimo, sve propada. Sve je bilo inspirativno i uzbudljivo, šetala sam po buvljacima, nalazila neobične cipele, kaubojke u bojama, majice sa aplikacijama, haljine za kafansku pevačicu, perike. Ućivala sam dok se komad sklapao i polako nazirao kraj. Divila sam se Olgii Odanović, istinskoj komičarki, koja je sa neverovatnom lakoćom nosila celu ovu priću i bila stub komada. Imala sam osećaj da je zavolela lik koji tumači i to je bilo zarazno. Sećam se smeħa na probama.

**„dobri duhovi pozorišta“**

Kad bih se umorila od proba i nabavki, ućivala sam sa meni najdraćim krojaćima, Ratkom i Natom, braćnim parom, koji su legende ovog pozorišta. U toj krojaćnici velikih majstora svog zanata, uvek je mirisalo na kolače i crnu kafu: Natine vanilice, štrudle i pite sa sirom, gostoprimstvo koje me je dirnulo zauvek. Zavolela sam te skromne i vredne ljude, maštala sa njima i šila kostime za

nekoliko predstava. Kada ulazim u pozorište prvo što poćel im jeste da odem do njih i da ih pozdravim.



Slika 2 – „Luna park“

### 3. LITERATURA:

- [1] Talbot, Majkl: *Holografski svemir* (Zagreb: Teledisk 2006.)
- [2] Mc Taggart, Lynne: *Polje*, (Zagreb: Teledisk 2005.)
- [3] Hoćevanar, Meta. *Prostor igre*. (Beograd: Jugoslovensko dramsko pozorište, 2003.)
- [4] Dadić, Dinulović, Tatjana. *Fenomenologija scenskog dizajna* (Novi Sad: FTN, 2012.)

### KRATKA BIOGRAFIJA



**Stanislava Jamuřakov** rođena je 1972. godine u Baćkoj Palanci. Završila je studije na Filozofskom fakultetu u Novom Sadu na Odseku za jugoslovensku književnost. Radi kao novinar i urednik u Redakciji umetničkog programa RTV Vojvodine.

Aktivan je član Udruženja primenjenih umetnika i dizajnera Vojvodine – sekcija za kostimografiju. Tokom svoje profesionalne karijere realizovala je niz scenografskih i kostimografskih ostvarenja u više pozorišta Srbije i Makedonije.



**Dr. Miljana Zeković** zaposlena je u zvanju docenta na Departmanu za arhitekturu i urbanizam, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Doktorsku disertaciju "Efemerna arhitektura u funkciji formiranja graničnog prostora umetnosti" odbranila je 2015. godine. Interesovanja joj se kreću u oblastima arhitektonskog projektovanja, efemerne i scenske arhitekture i odrćivog obrazovanja.



**Viřnja Źugić** (Baćka Topola, 1985) je arhitekta. Završila je integrisane osnovne i master studije na Departmanu za arhitekturu i urbanizam Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2010. godine. Radi kao asistent na Departmanu za arhitekturu i urbanizam Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, u oblasti arhitektonskog projektovanja, efemerne arhitekture i scenske arhitekture.

**DISKONEKTOVANI OŠTANITE KONEKTOVANI****DISCONNECTED STAY CONNECTED**Olivera Čejović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SCENSKA ARHITEKTURA I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – *Otuđenje kao društveni fenomen, pojedinac kao usamljena jedinka i gubitak komunikacije među ljudima bili su osnova za razmišljanje u ovom radu. Vek promena, koliko na pozitivan način, toliko i na štetu čoveka kao socijalnog bića, uticao je na uspostavljanje izmenjenih odnosa u društvu i porodici, to jest, na svim nivoima egzistencije. Novi mediji, načini komuniciranja, ekspanzija ekranizacije života, kao i brži protok informacija, doveli su do regresije i dehumanizacije međuljudskih odnosa. Kao posledica tih promena, izmenjenih životnih vrednosti i prilagođavanja istim, čovek postaje otuđeniji, usamljeniji, neispunjeniji i sa osećajem praznine u sebi. Tema ovog rada jeste preispitivanje sistema vrednosti, društvenih aktivnosti, odnosa čoveka sa prirodom i svega onoga šta je današnje društvo zanemarilo i gotovo zaboravilo.*

**Gljučne reči:** *Diskonekcija, priroda, performans, mediji i prostor*

**Abstract** - *Alienation as a social phenomenon, one as a lonely individual and loss of communication between people were the basis for reflection in this paper. Century change much in a positive way, much to the detriment of man as a social being, resulted in the establishment of changed attitudes in society and the family, that is, at all levels of existence. New media, means of communication, the expansion of screening life, and faster flow of information, led to regression and dehumanization of interpersonal relationship. As a result of these changes, the changed life values and adjusting the same, man becomes alienated, lonely, not fulfilled and with a feeling of emptiness inside. The theme of this paper is to review the system of values, social activities, the relationship of man with nature and everything what today's society is ignored and almost forgotten.*

**Key words:** *Disconnection, nature, performance, media and space.*

**1. UVOD**

U uvodu ću, najpre, objasniti proces ustanovljavanja teme rada "Disconnected stay connected" (slika 1.). U potrazi za temom rada, iz razgovora sa drugim ljudima, kao i u razgovoru sa svojim unutrašnjim bićem, nekako neprimetno se nametnula tema, tema koja je lična, intimna, a koja je nekako lebdela u vazduhu i čekala da bude izrečena.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Radivoje Dinulović.**

Rad je počeo kao lično preispitivanje nekadašnjeg ti vota, kao i ti vota danas, kao ličnatema proizašla iz srca, ali se nastavio i kao tema za razmišljanje, za svakog pojedincakoji je istog problema svestan, a možda i kao osveščivanje onih koji to nisu.

Urbana otuđenost, betonski kavezi, društveni poremećaji i moralna izopačenost, sve to je uticalo na udaljavanje i potrazi za utočištem i spasom za dušu, u prirodi. Priroda, kao posebna tema ovog rada, predstavlja izlaz modernog čoveka od svih spoljašnjih uticaja i mesto gde svako može da se posveti svom unutrašnjem biću i da se u miru i u tišini ponovo poveća sa samim sobom. U miru tog prostora srce zatreperi i pred tom savršenom lepotom, otvara se jedan veličanstveni lični prostor u kome svi spoljašnji problemi nestaju, a ponovno konektovanje osobe sa unutrašnjim bićem je omogućeno. Bez televizije, interneta, vode, struje i nepotrebnih informacija iz spoljašnjeg sveta, naš unutrašnji svet je spreman za različita lična istraživanja i rad na ličnoj spoznaji.

Od Japana, preko Grčke i Italije, pa povratka u Srbiju, odabir sojenice na Dunavu, kao ličnog prostora nametnuo je pitanje o DISKONEKCIJI kao glavnoj temi rada. Iz razgovora sa mentorima i iz ličnog sistema vrednovanja stvari započeto je prvom licu, deo istraživanje, kao i izvođenjerada na temu ko je zaista diskonektovan, i kako ostati povezan sa prirodom i samim sobom.

Dati rad je lično istraživanje, rad na sebi i davanje sebe drugima, lična spoznaja, kao i želja da mene kao pojedinca drugi bolje razumeju. Dakle, jedan deo rada mora biti u koji se tiče mojih ličnih razloga, uverenja, osećanja i izbora teme:

"Ja sam u prirodi u osami, volim da koristim tu reč jer svaka osoba koja me zna me je pitala: da li mi je dosadno da budem tamo sama i kako se ne bojim? Na šta ja uvek volim da dam odgovor, kako je samo glupim ljudima dosadno, a nemam čega da se bojim jer ne dozvoljavam da strah zavlada mojom dušom i da me to spreči od moje najveće radosti, od prirode same.

Želim da naglasim da moj boravak tamo ne isključuje moju spoznaju o tome šta se realno dešava oko mene - nas. To nije značilo da ja nemam saosećanje sa patnjama, boli, gladi, ratovima koje preživljavaju drugi ljudi na planeti. Nego da do promene ne dolazi tako, što ću ja po ceo dan da komentarišem kako su sistem i politika krivi za sve nedaće ovoga sveta i moje lične. Ili kako se negde nešto strašno desilo, kako će se desiti, kako su neki gluplji, a mi svi tako mudri i pametni.

U svemu tome sam osetila jednu totalnu besmisao i opterećenost kao dodatno breme, zgroženost mentalnim zagađenjem koje mi zaista nije bilo potrebno i kojeg što pre moram da se rešim jer dobrobiti nikakve u tome nema. Shvatila sam da do promene, moje lične, ali i globalne, nikada neće doći tako što ćemo stalno gledati i

slušati kako neki ljudi ti ve, negde ovako ili onako, da mi realno u tome nemamo baš mnogo uticaja. I da čak negde podupiremo i "hranimo" takve negativne obrasce ponašanja, kroz neku vrstu saučesništva kroz to što "odašiljemo", naše misli, ka bilo čemu negativnom.

Shvatila sam da prvenstveno čovek treba da se okrene sebi, da pokušava da bude bolji čovek on sam. To je polje bitisanje u koje se retko koji pojedinac upušta, od straha šta će tamo zateći, pronaći i sa kojim svojim ličnim demonima će se susresti.

A upravo je naša duša to jedino mesto odakle kreće promena, prvenstveno lična a onda i globalna. Jer odatle očinje promena svesti ljudi sa savesti.

## 2. CILJEVI, METODOLOŠKI, TEORIJSKI I ISTRAŽIVAČKI OKVIR RADA

Osnovni ciljevi rada su:

1. Istraživanje i povezivanje onoga što je lično i unutrašnje i duboko intimno. Kao iskazivanje ti votnog stava predstavljeno na vizuelno-scenski način, krozoblikovanje prostora i iznošenje unutrašnje teme u spoljašnju formu.

2. Istraživanje međuzavisnosti unutrašnjih "prostora" u realni prostor koji nas okružuje.

3. Konstruisanje događaja u javnom prostoru, korišćenjem svih raspoloživih scenskih sredstava, u cilju promene percepcije i doživljaja posmatrača, i pokušaj buđenjasvesti kod istih. U želji da otkriju svoju pravu suštinu povratkom u prirodu.

## 3. KRITIKA MASOVNIH MEDIJA

Masovni mediji svakodnevno, sistematično, sa namerom, uništavaju našu mentalnu iduhovnu strukturu. Naše najintimnije delove bitisanja truju bespotrebim i zastrašujućim informacijama, ciljanim zaglupljivanjem svih generacija.

Savremeni čovek svoju svakodnevnicu ne može da zamisli bez električnih mašina i medija.

Niko od nas više ne razmišlja o tome koliko sati dnevno provedemo uz TV aparate, kompjutere, mobilnetelefone i slično.

Oni su svuda oko nas, oni su deo našeg ti vota i obeleđe našeg vremena (slika 1.).



Slika 1. Masovni mediji

Ceo dvadeseti vek, pored dostignuća nauke i tehnologije, obeležen je dostignućima iz oblasti medija: štampa, radio, film, televizija, internet.

Oni se razvijaju takvom brzinom da ono što je napravljeno danas, već sutra nije aktuelno. Da bi pojedinac ostao u tokovima savremenog društva mora da prati i dobro poznaje nove vidove komunikacije, ukoliko nije – ostaje otuđen od društva, a društvo se otuđujepravo ekspanzijom svih tih novih vidova komunikacije. Začarani krug u kome moraš ostati da bi bio deo tokova, a koji upravo otuđuje Jude među sobom.

## 4. STVARALAČKI PROCES I FORMIRANJE IDEJE

Ţivimo udruštvo koje smo kreirali mi sami i generacije pre nas, u jednom sistemu sadašnjegdruštva, koje je duboko nemoralno destruktivno duštvo u kojem smo zarobljeni. Todruštvo je takvo jer smo mi sami odgovorni za njega. Pitanje je da li moćemo dapromenimo ne samo društvo, nego da li želimo da radikalno, duboko promenimo našetrenutno stanje. Da promenimo i razumemo našu svest.

U današnjem sistemu vrednosti uče nas da će se naš lični uspeh meriti jedino kroz profiti kroz stalnu finansijsku dobit. Uče nas da moramo ili raditi za nekog ili moramo teži ti dadobijemo položaj u društvu gde će neko drugi raditi za nas.

## 5. KONEKTOVANOST SA PRIRODOM

Planeta Zemlja je naš jedini dom, mesto velikelepote i velikih čuda. Svet prirode koji senalazi unutar krhkog ekosistema, gde postoji delikatno izbalansirana mreža ti vota, gdeharmonično stanje svakog organizma zavisi od uslova ostalih, gde sve ti vi u simbiozi sasvojom gde sve Ţivi u simbiozi sa svojom okolinom u kojoj egzistira. Takva krhka i osetljiva mreža Ţivota funkcionisala je savršeno milenijumima, gde je sve u njoj imalo svoje mesto i svoju svrhu.

Unutar ovog ekosistema, takoĐe obitava i ljudska vrsta. Nekada davno čovek je takoĐeŢiveo u potpunoj harmoniji sa prirodom, jer je čovek imao svoje mesto i svrhu unutar nje. I čovek je tako Ţiveo nebrojeno godina, ali onda kao da se nesto desilo i promenilo u svesti ljudskog roda.

## 6. NAŠE UNUTRAŠNJE BIĆE

Ako smo u potpunosti identifikovani sa svojim egom koji je fikcija u koji biramo da verujemo, koji čini samo različite cikluse i programe energije koja ide u krug, bez ikakve svrhe, osim trenutnog zadovoljenja, dolazimo do posthumanizma, odnosno mi smo već usred njega. Gde je u našem modernom društvu papir postao vaŢniji od ljudi, gde nove generacije odrastaju u totalno digitalnom nehumanom okruženju, gde se jako lako trajno može zaključati ljudska svest u potpuno laŢnu stvarnost zarobljenu u stanju stalnog straha, zauvek.

Internet, mobilni telefoni, i sve te ostale stvari koje su zasigurno poboljšale brzinu komunikacije, ali su takoĐe uradile nešto još vaŢnije, a to je da su odsekle veoma značajnu vezu između pravog razgovora sa ljudima, gledanje u oči tokom razgovora.

Gledajući samo činjenicu da je sve bazirano na jeziku, šaljemo jezik kroz internet, šaljeemo jezik kroz telefon, jezik dolazi kroz televiziju, na sreću odatle mođe mo dobiti neke slike i simbole, ali osim toga sve je toliko je DISKONEKTOVANO od stvarnosti, da niko više ne sedi u prirodnoj okolini, zastane i oslušne, da razume da je to stvarnost.

Kad pričamo, kada gledamo nešto, kada teđi mo ka nećemu, kada trađim o novac, materjane dobiti, to je isto kao hrćak na toćku koji samo trći i trći ne stićući nigde, traćeć i trenutna zadovoljenja svih onih nadrađaja koj i nam stiđu spolja sa svih strana napadajući naše biće, a tu nastaje DISKONEKTOVANOST, ćoveka od njegove suštine i stvarnog osećanja sreće. Nema prirode u tome više, potupno smo se razišli od prirode, lišeni smo stvarne radosti.

Sve u svemu, sve se vraća u taj neki ekran koji je svuda oko nas, koji nam govori šta je stvarnost, a mi sedimo ispred njega i prihvatamo to kao istinu, dok na kraju ne shvatimo da je to sve još jedna vrsta otrova, koji nam nameće šta da mislimo, jedemo, kupujemo, mrzimo, divimo se, a sve što taj otrov radi, je da nas DISKONEKTUJE od nas samih. Gde se na različite načine manipuliše evolucijom ljudske svesti koja se trenutno odigrava. A sve to zarad dobrobiti malog broja pojedinaca.

Ljudi pristaju da prate trendove koje ne razumeju, prate ideale koje ne razumeju, to rade jer řel e da pripadaju nekom identitetu koji stvaraju za sebe da bi bili najsigurniji, najmoćniji, najugledniji, najlepši, najbogatiji u svom okruře nju i kako bi im se drugi divili.. Ali ljudima je potrebna i bliskost, povezanost sa drugim ljudima, i nařalost sada je izmišljamo, teramo ljude da řele konekciju sa nama, putem sredstava koje nemaju osnovu u ljubavi ili osnovu u pravoj vezi dva ljudska bića. Tako da su sve naše veze uglavnom bazirane na moći i strahu, manipulaciji, lařim a, pokušavaju da se dobije ovo ili ono. Ništa od toga nije više prava interakcija dva ljudska bića.

Duboko verujem, i sama pokušavam da se osvestim, da i ćovećanstvo ima mogućnost da nešto promeni, ali i ono mora da se probudi. Zato je cilj ovog rada, kao i izvedenog performasa jeste da se probudi svest ljudi, da zastanu i da se zapitaju u kom pravcu sami řel e da idu.

Jasno je da je prvi korak da ljudi shvate i prihvate istinu, što se tiće trenutnog stanja ćovećanstva. Zbog svog nedostatka pozitivne i odlučne akcije, dok ljudi čekaju da im spas bude dostavljen putem spoljnog izvora, odnosno da će to neko drugi da uradi umesto njih, destruktivna mašinerija naše moderne civilizacije nastavlja da raste. Mi treba sami da se suoćimo sa problemima i opasnostima u koje nas je naš kolektivni neuspeh u rešavanju stvari i prvobitno stavio.

## 7. Performans "Disconnect stay connect"

Prvi odlazak u prostor novosadskog Rektorata, naroćito u galerijski deo (slika 2.) , probudio jeneku vrstu řel je i razmišljanja o narativnosti samog prostora i nizu mogućnosti zaumetnićko delovanjem u istom.



Slika 2. Galerijski deo zgrade Univerziteta

Kada je publika došla, u prostoru su se nalazila samo dva prenosna računara sa zvućnicima i jedan televizor na zidu. Stakleni zidovi, koji gledaju na prelepi park, bili su prekriveni novinama.

Da bismo što bolje doćarali ono ćime se rad bavi, kreiran je objedinjeni video rad koji se sastojao iz razlićitih video zapisa naše stvarnosti i svega onoga šta nas svakodnevnookruřuje, kao i filmskih zapisa onoga šta se u prošlosti desilo nama kao naciji, kao icivilizaciji. Da bi se pojaćaaao efekat videa, ekran televizora je podeljen u 4 polja gde su se emitovali različiti snimci<sup>5</sup>. Od mnoštva snimaka napravljen je jedan konglomerat prošlostii sadašnjosti, da bi se prikazalo kako smo ostali isti, sigurno ćak i destruktivniji uposlednjih osamdeset godina. Da bismo što bolje doćarali ono ćime se rad bavi, kreiran je objedinjeni video rad koji se sastojao iz razlićitih video zapisa naše stvarnosti i svega onoga šta nas svakodnevnookruřuje, kao i filmskih zapisa onoga šta se u prošlosti desilo nama kao naciji, kao icivilizaciji.

Da bi se pojaćao efekat videa, ekran televizora je podeljen u 4 polja gde su se emitovali različiti snimci. Od mnoštva snimaka napravljen je jedan konglomerat prošlostii sadašnjosti, da bi se prikazalo kako smo ostali isti, sigurno ćak i destruktivniji uposlednjih osamdeset godina.

Potom je video prekinut, ugašena su sva svetla i upaljena je prva sveća (slika 3.), a potom su posetioci polako jedni za drugim prilazili da bi upalili svoje.



Slika 3. Efekti sa svećama

Prilazeći da upale svoju sveću i svojim daljim raspoređivanju po prostoru, posetioci su formirali jednu vrstu linije koja je naćinila poseban scenski efekat.

Paljenje sveća je trajalo prva dva minuta kopmozicije, nakon čega je počeo deo performansa koji se sastojao iz cepanja novina sa staklenih zidova prostora praćenim plesom.

Uklanjanjem novina postepeno se razotkrivao pogled na jedno po jedno stablo, sa svojim prelepim krošnjama, a publika je mogla sebe da vidi u odrazu. Ideja je bila da se stvori efekat totalnog mraka, u kojem se ljudi često osećaju veoma neprijatno, kako bi se aludiralo na unutrašnje stanje mraka i beznađa koji čovek sve češće oseća i sve više je očiglednije to stanje duha, sve prisutnog nezadovoljstva, straha i tuge.

Kroz taj mrak i odraz sveća u staklu je naglašeno to da promena kreće od nas samih, da smo mi ti koji smo svetlost. Da kada zavlada totalni duhovni mrak, dovoljna je samo jedna sveća da obasja ceo prostor i "pobedi" ga. Mrak nikada nije mogao da nadvlada svetlost ni jedne šibice, a poetika je u tome da ljubav pobeđuje, i da je svetlost ta koja će uvek nadvladati i pobediti tamu, to je borba između dobra i zla, a dobrota mora da pobedi. Promena sveta oko nas, kreće od nas samih.

Promenom sebe i svoje svesti mi možete mo i hoćemo promeniti svet.

Tako što ćemo se truditi da budemo bolji ljudi. Treba probati i verovati da će energija misli i vibracija duše odašiljati veru u dobro i učiniti svet boljim mestom za sve nas.

Poslednji deo performansa predstavljao je kratki video pod nazivom "Priroda govori", a u kojem tekst čita glumica Džulija Roberts. Izabran video govori ono najbitnije čega treba da se podsetimo, a šta smo uz put moderne civilizacije zaboravili. Video je predstavljao odu Majci Prirodi i govorio je u njeno ime.

Drugi video: "Priroda govori"

*"Neki me zovu "Priroda". Drugi me zovu "Majka Priroda". Ovdje sam preko četiri i po biliona godina. 22.500 puta duže od vas. Meni, iskreno, nisu potrebni ljudi. Ali, ljudima sam ja potrebna. Da, vaša budućnost zavisi od mene. Kada ja napredujem, i vi napredujete. Kada ja posrnem, posrnete i vi. Ili još gore...Ali, ja sam ovdje već eonima.*

*Hranila sam vrste veće od vaše. I izglednijivala sam vrste veće od vaše. Moji oceani, moje zemljište, moji potoci, moje šume... svi oni mogu vas uzeti... ili vas napustiti. Kako god da odlučite da živite svaki dan, bez obzira na to da li me poštuju ili ne poštuju, meni zaista nije važno. Na ovaj ili onaj način.*

*Vaša dela, odrediće će vašu sudbinu, ne moju, ja sam priroda. Ja ću nastaviti dalje. Ja sam pripremljena da evoluiram. Jeste li vi?"*

## 7. ZAKLJUČAK:

Ako želimo mir i sklad u svetu, moramo pronaći mir i sklad u svojem srcu i umu. Takva se promena ne može nametnuti spoljašnjom silom, već mora doći iznutra. Oni koji segnušaju rata, moraju ga izbaciti iz svog sistema razmišljanja.

Ne može doći do mira u svetu ako ne bude mirnih ljudi. Sve dok su ljudi takvi kakvi jesu, i svet mora biti takav kakav jeste. Veličina nas, kao ljudskih bića, ne leži toliko u našoj sposobnosti da promenimo svet, već u našoj sposobnosti da promenimo sebe, iz toga ide i menjanje Sveta. Sukob u spoljašnjem svetu samo je odraz rata u svima nama.

Ako želimo mir, moramo raditi na postizanju našeg unutrašnjeg mira. Mir u nama doneće promenu oko nas, jer kada se u Univerzumu promeni samo jedna stvar, sve se menja. Odatle proizilazi velika čovekova moć da, menjajući sebe, promeni svet. Moramo početi od sebe (slika 4.).



Slika 4. Promena

## Kratka biografija

**Olivera Čejović** rođena je 1971. godine na Cetinju u Crnoj Gori. Srednju umetničku školu "Bogdan Šuput" pohađala je u Novom Sadu. Diplomirala je 1995. godine na odseku za likovnu grafiku, na Akademiji umetnosti u Novom Sadu. Kao slobodan umetnik radila je u Italiji, Švajcarskoj, Grčkoj i Japanu. Bavila se putopisnom fotografijom azijskih zemalja. Godine 2000. organizovala je internacionalnu izložbu umetnika u Tokyo Metropolitan muzeju, Ueno. Govori engleski, italijanski i francuski. Živi i radi u šumi na obali Dunava, Koviljsko - Petrovaradniskog rita, dok zimski deo godine provodi u Novom Sadu.

Izvori sa interneta:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=CHgw0cw75QY>



**„ULICA“ KAO SCENSKI PROSTOR: SCENSKI DIZAJN ZA PREDSTAVU „ŠINE ILI BOG NAS POGLEDAO“****„STREET“ AS A SCENIC SPACE: SCEN DESIGN FOR THE PLAY „RAILS OR GOD LOOK AT US“**

Vladimir Savić, Darko Nedeljković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SCENSKI DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Tema ovog master rada jeste prikaz postupka osmišljavanja i nastanka scenografije za predstavu „Šine ili Bog nas pogledao“ Milene Marković u režiji Dušana Mamule, koja je premijerno izvedena 04. septembra 2015. godine u dvorištu Male ekonomske škole u Novom Sadu. Istraživanje se na početku bavi definisanjem pojma „ulice“, odnosno ulične kulture, koje se dalje nastavlja u dva smera. Prvo se vrši teoretsko istraživanje koje se bavi temom identiteta i pripadnosti određenim supkulturama kao poljima definisanja ličnosti, dok se drugi deo oslanja na umetničko istraživanje svih konkretnih aspekata na kojima se temelji ideja scenografije, poput estetike Milene Marković, dramskog teksta, rediteljskog koncepta i prostora izvođenja.

Metodologija analize se zasniva sa jedne strane na naučno-teoretskom sagledavanju pomenutih tema na kojima se uspostavlja koncept dela, a sa druge, na ličnom doživljaju istih. Sintezom proučenih aspekata dobija se objektivna kritika o pozitivnim i negativnim elementima scenografskog rešenja kao sastavnog dela pomenute inscenacije dramskog teksta, kao i o njegovom celokupnom značaju uopšte.

**Abstract** – The theme of this master work is to show the process of designing and the development of the scen design for the play "Rails or God looked at" by Milena Marković, directed by Dušan Mamula, which premiered on September 04, 2015 in the football field of Small Economic School in Novi Sad. The study is the beginning deals with the definition of the term "street" or street culture, which continues in two directions. The first takes place a theoretical study that deals with the issue of identity and belonging to certain subcultures such fields defining personality, while the other part relies on the artistic exploration of all the specific aspects on which the idea of scen design, such as aesthetics of Milena Marković, playwriting, directing concept and execution space.

**Ključne reči:** „ulica“, ulična kultura, identitet, pripadnost, predstava, scenografija, fudbalski teren, mladi

**1. UVOD**

Tema elaborata jeste obrazloženje teorijske opravdanosti i empirijske zasnovanosti izvedene scenografije za dramu

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Darko Reba.**

„Šine ili Bog nas pogledao“ Milene Marković u režiji Dušana Mamule. Predstava je urađena u koprodukciji Srpskog narodnog pozorišta iz Novog Sada, Narodnog pozorišta „Toša Jovanović“ iz Zrenjanina i Pozorišta „Promena“ Akademije umetnosti iz Novog Sada. Premijerno izvođenje je bilo 04. septembra 2015. godine na fudbalskom terenu Male ekonomske škole u Novom Sadu. Nakon premijere predstava je nastavila svoj život igranjem na kamernoj sceni Srpskog narodnog pozorišta kao deo redovnog dramskog repertoara.

Glavni motiv i inspiracija pri stvaranju kako umetničkog dela odnosno scenografije, tako i istraživačkog rada, bio je pojam i fenomen „ulice“. Ovde se pri tom ne radi o ulici kao morfološkom činiocu urbane celine nekog naselja, nego je zapravo reč o „ulici“ kao socijalnom i kulturnom entitetu i nosiocu specifičnog, marginalizovanog prostora, koga karakterišu osobeno ponašanje, način života i ideologija. Bitno je naglasiti da ovaj ideološki prostor pre svega stvaraju i okupiraju mladi ljudi koji „da bi se međusobno oslovlili, razmenili poruke i prepoznali značenja do kojih im je stalo, zaogrću stil čulnom uverljivošću telesnog gesta, oživljavaju ga govorom, pokreću zvukom, razmenjuju dodire i uputstva, opaske o izgledu, držanju i sudbini kako zapaženih aktera tako i autsajdera“. Dakle, oni grade svoj svet u kojem žele da budu primećeni kroz svoj rad, oslanjajući se na sopstvena uverenja i iskustva.

Ponašanje, ili habitus, „označava sistem stečenih dispozicija koje na praktičnom nivou funkcionišu kao kategorije percepcije i procenjivanja i kao organizacijski principi delovanja“. Ovim putem se stvara sistem mišljenja koji pojedincu pomaže pri orijentaciji i opažanju svih aspekata koji su obuhvaćeni na „ulici“ kao polju delovanja i egzistiranja. Način života se definiše zapravo kroz stil života, jer je on produkt okoline u kojoj pojedinac obitava i provodi vreme. On (stil) se može odrediti kao „aktivno organizovanje predmeta aktivnostima i stanovištima koja proizvode celovit grupni identitet, koji se oblikuje kao koherentan i osoben stav o sopstvenom postojanju u svetu“ [1, 2]. Stil, dakle, predstavlja fizički i psihološki karakter pojedinca koji on prepoznaje i unapređuje delovanjem unutar zajednice istomišljenika, čime se zapravo naglašava da osobenost pojedinca, odnosno, odgovor na pitanje Ko sam ja? ne može dobiti bez odgovora na pitanje Gde ja pripadam?. Na kraju, poslednji karakterni činilac „ulice“ jeste ideologija, kao manifest ovog socijalno-kulturološkog fenomena. Nju profesorica Tatjana Dadić Dinulović označava kao „organizovan sistem ideja, mišljenja i

vrednosti koji je zasnovan na vaspitanju, obrazovanju i profesionalnom delovanju pojedinca u određenom društvenom kontekstu, a koji tog pojedinca usmerava ka posebnim ciljevima, postupcima i akcijama" [7]. Pojedinaac je na ulici deo grupe koja prihvata i deli iste ideje, brige, raspoloženja, zanimanja i iskustva. Sistem vrednosti, obrazovanja i načina ponašanja su suprotni konvencionalnim obrascima društvenog delovanja i postojanja, oni su dakle proizvod druge, različite tradicije koja egzistira paralelno sa uobičajenim, svakodnevnim životom, ali se zalaže za sopstvena pravila i svojstva. „Ta svojstva se ogledaju u subverziji, otpadničtvu, nepristajanju, odbijanju, buntovništvu (s razlogom, uglavnom), otporu, gestualnosti“. Cilj ovakvog delovanja i mišljenja jeste prevashodno da individua prolaskom kroz različita iskustva spozna i ustanovi svoj identitet kao „rast prirodnih sposobnosti: da se shvati realnost, da se prepozna ja, drugi i priroda, osećanje spontanosti i odvajanja, kao i autonomije i originalnog mišljenja, bogatstvo emocionalnosti i kreativnosti, mobilnosti vrednosnog sistema i vizije sebe u budućnosti“. Definisanjem pojma „ulice" uspostavlja se platforma za dalje istraživanje čiji će se protokol i procedura odvijati u dva smera, odnosno, putem teoretskog istraživanja koje se kroz lično iskustvo i naučnu opravdanost bavi pitanjem identiteta i pripadnosti u okviru „ulice", dok će se drugo, umetničko istraživanje baviti ovim fenomenom u samom dramskom delu „Šine ili Bog nas pogledao“ kroz prizmu Mileninog jezika, rediteljskog koncepta i potencijala prostora predstave.

## 2. TEORETSKO ISTRAŽIVANJE: IDENTITET I POTKULTURE

Prethodno je rečeno da fenomen „ulice" kao prostora ponašanja, načina života i ideologije predstavlja bitno polje „identifikacije (prilagođavanja) i individuacije (stvaranja identiteta)“ pojedinca koji svesno ili nesvesno bira ovo područje delovanja i obitavanja, a koje se po mnogim parametrima razlikuje od dominantne, opšte prihvaćene kulture. „Omladini je potrebno da svoja odbacivanja i prihvatanja zasniva na ideološkim alternativama koje su životno povezane s postojećom lepezom alternativa za formiranje identiteta“. Alternativa je dakle ono što u osnovi karakteriše ovakav način života, te možemo reći da ona „ocrtava prostor organizacionog, izobličjenog, generacijski suprotstavljenog mentaliteta, napadajući normalne vrednosti, odbijajući time društvenu ulogu koju tradicionalna i roditeljska kultura nameću mladima i generacijama koje dolaze“. „Ulica" time zapravo predstavlja alternativnu kulturu, odnosno, kulturu u kulturi, odnosno uličnu kulturu. Može se reći da je kultura način života grupe ili klase, sa čitavim arsenalom ideja, značenja i vrednosti otelovljenih u institucijama, društvenim običajima i navikama. Ovim se zaključuje da je ulična kultura institucija za sebe koja ima svoja pravila i principe, estetiku, jezik, umetnost, prostor i poziciju u društvenom sistemu. Međutim, konkretna i direktna individualizacija pojedinaca se uspostavlja kroz manje fizičke jedinice ove ideje, manifestovane u vidu supkultura, odnosno, potkultura [3, 4, 5, 6].

„Potkulturne ideologije definišu se kao načini kojima mladi ljudi zamišljaju svoje i druge društvene grupe,

potvrđuju svoj distinktivan karakter kojima pokazuju da nisu anonimni članovi neizdiferenciranih masa“. U pitanju je stvaranje sopstvenog sveta u krugu istomišljenika koji se međusobno povezuju kroz načela ponašanja, mišljenja, ukusa, prostorne teritorije i generacijskog koda, a sa idejom da se kroz pripadnost grupi identifikuju u svetu. Razlozi nastanka potkultura se najčešće ogledaju u neprihvatanju uspostavljenih životnih normi od strane opšteg društveno-političko-ekonomsko-kulturnog poretka, one „veoma često nastaju bez posebnog planiranja, a delanje im je usmereno ka cilju koji svoj *raison d'être* (razlog postojanja) zasniva na bekstvu od anonimne svakodnevnice ispunjene dosadom, duhovnom prazninom i bezličnošću“. Nastajanje ovih društvenih fenomena može biti inicirano:

1) Kada među ljudima postoji na nečemu zasnovan pozitivan afinitet (npr. uzajamna korist, dugogodišnja korist, isto okruženje i interesi);

2) Kada su ti ljudi isključeni iz interakcija s drugim grupama stanovništva. Glavni motiv postojanja potkultura je bekstvo, jer na taj način darovite ali nestabilne mlade jedinice, grade svoje utopije preko kojih odbijaju da se podrede tendencijama civilizacije koja teži standardizaciji, uniformnosti i konformizmu. U tom poduhvatu oni pronalaze saborce, sa kojima generišu istomišljeničke jedinice, odnosno, potkulture.

Mladi ljudi time traže odgovor o sopstvenoj pripadnosti, da bi kroz nju došli do odgovora na pitanje ko sam ja. Sa tim u vezi je veoma bitan sam čin odabira pripadnosti nekoj grupi, jer time individua pravi značajan pomak u procesu građenja svoje ličnosti. Moderno društvo čoveku nudi niz izbora zbog kojih dolazi do nestabilnosti identiteta, dilema i sumnje u pogledu pripadnosti. Na taj način ponašanje mladih ljudi je „veoma nepostojano, kolebljivo, sa prelaskom iz jednog ekstrema u drugi. U nekim posebno teškim, ekstremnim situacijama, konfuzija identiteta dovodi do bežanja iz škole, alkoholizma, narkomanije, pa čak i do delikventnog ponašanja i „graničnih“ psiholoških epizoda. Zbog ovoga, mlad čovek je prinuđen da u potrazi za svojim ja, menja potkulturne stilove, prelazeći iz jednog u drugi, čime zapravo menja svoju poziciju sagledavanja stvarnosti i života upošte. Tek prolaskom kroz različite sredine i sticanjem širokog spektra iskustva, a zatim kristalizacijom i filtracijom istih, dolazi do formiranja identiteta.

U daljem tekstu će biti predstavljene tri studije slučaja, koje su u bitnoj meri uticale na moje lično formiranje i karakterizaciju kao člana društva. U pitanju su tri forme supkulture otelovljene u pripadnosti kraju, pripadnosti navijačkoj grupi i pripadnosti tehno (rejt) kulturi [8]. Zaključci ovih studija slučaja su važan element stvaranja i osmišljavanja scenografskog rešenja za predstavu Šine, jer predstavljaju temelj njegove koncepcije.

## 2. UMETNIČKO ISTRAŽIVANJE

Za razliku od prethodnog istraživačkog dela, koji je za cilj imao da predstavi stanja svesti i lični odnos (mene kao autora) prema temi ulične kulture koja svakako čini i platformu dramskog teksta Šine. Dok će se umetnički istraživački deo baviti svim aspektima koji su doveli do inscenacije ovog komada, a to su: estetika Milene

Marković, dramski tekst, rediteljski koncept i prostor premijernog izvođenja, odnosno, fudbalski teren Male ekonomske škole u Novom Sadu.

Umetnički istraživački proces je zasnovan na prepoznavanju i konstatovanju entiteta bitnih za dramsku insenciju komada „Šine ili Bog nas pogledao“ u pogledu forme, znakovnih asocijacija, jezika, ciljne grupe i prostora. Prethodno proučeni elementi u sebi nose sopstvene identitete, po kojima su posebni i drugačiji. Svaki od njih govori priču zasnovanu na istoj temi („ulica“), ali sa različitim pozicijama i različitim sredstvima [10, 11, 12]. Ključna stvar je bila povezati ove aspekte u jednu homogenu celinu, koja će da radi zajedno i sa istim ciljem. Konekcijom, odabranog prostora igre i dramskog teksta, kao konkretnih primera i nosilaca ideje ulične kulture, a uz posredstvo rediteljskog koncepta proisteklog iz istog tog polja, uspostavlja se kontekst koji je bilo potrebno definisati i objediniti putem prostorne organizacije scenografskog rešenja kojim bi se konačno upotpunila ideja o stvaranju jedinstvene idejne celine u formi predstave u ambijentalnom prostoru.

Skup informacija koje su konstatovane ovom analizom predstavljaju sekundaran ali konkretan i pragmatičan paket stavova, koje je trebalo dovesti u relaciju sa zaključcima teoretskog istraživačkog procesa, kao primarnih misaonim funkcijama zasnovanih na ličnom (i naučno utemeljenom) odnosu prema temi ulične kulture, a sve u svrhu uspostavljanja zajedničke platforme za razradu koncepta scenografskog rešenja, kao i realizacije istog.

### **3. DELO: SCENOGRAFIJA ZA PREDSTAVU „ŠINE ILI BOG NAS POGLEDAO“**

Osnovna stvar pri koncipiranju scenografskog rešenja predstave „Šine“ ogledala se u nameri o što većem i boljem iskorišćenju već prisutne i naglašene ambijentalnosti odabranog prostora. Bilo je potrebno pre svega pronaći odgovarajuće pozicije scene i gledališta, odnosno orijentisati ova dva entiteta na adekvatan način. Sa tim u vezi neophodan proces je predstavljao uspostavljanje odnosa sa prostorom terena i proučavanje svih njegovih potencijala u pogledu sceničnosti i narativa. Prvi utisak je da on nasi u sebi mnoštvo memorija, odnosno simbola kako u etetskom tako i u duhovnom pogledu. Ono što je svakako najinteresantiji aspekt fizičko-morfološki karakter terena jeste postojanje mnoštva mikro celina, koje same u sebi nose scenski karakter čime otvaraju širok dijapazon mogućnosti za njihovo tumačenje i međusobno povezivanje. Otkrivanjem i spoznajom zatečenog činjeničnog stanja, došlo se do zaključka da je scenu potrebno postaviti tako da u sebe uključi dovoljan broj ovih punktova u kojima će biti smeštene određene scene. Njihovim povezivanjem bi se proigrao prostor, a publika bi sva dešavanja na urbanoj pozornici sagledavala bez prepreka i u kontinuitetu. Asimilacijom prepoznatih vrednosti, te unošenjem dinamike u pogledu korišćenja i građenja prostora igre, vrši se čin oživljavanja terena koji na ovaj način postaje sam svoj akter, a ne običan dekor.

Međutim, kako bi ostavio svoj lični pečat građenja scenske slike, odnosno kako bi scenografsko rešenje postalo autorsko delo, bilo je potrebno u prostor uneti minimalan broj novih elemenata, sa jakim znakovnim

karakterom koji neće istupati od konteksta, odnosno učestvovalaće kao koherentan činilac pri stvaranju potrebnog ambijenta. Ovi elementi su morali biti proizvod simbioze mog ličnog identiteta sa identitetima teksta i fudbalskog terena kao izdanaka „ulice“, odnosno ulične kulture. Metaforički simbol moje ličnosti, koji je bilo potrebno ukomponovati u rešenje scenografije, ogleda se u odabiru ulične klupe kao centralnog uporišta igre. Ovaj deo urbanog mobilijara, zapravo predstavlja „crkvu ulice“ kao hram namenjenog okupljanju i socijalizaciji jedne zajednice koju veže ista životna ideja. Dakle, ona predstavlja izuzetno jak znakovni entitet koji u sebi sadrži sve potrebne karakteristike ulične kulture. U kreiranju scenske slike korišćena su još dva elementa. Prvi je proistekao iz identiteta dramskog teksta u vidu ljuđaški (njih Milena Marković predlaže u didaskalijama za izgled scenografije), koje sa jedne strane simbolizuju nevinost detinjstva kako i sama predstava počinje, dok sa druge strane označavaju kraj života na zemlji, odnosno ljuđaške u raju (a u raju, a u raju, svi se cerekaju). One su bile okačane na fudbalski gol, koji je prepoznat kao entitet celokupnog prostora fudbalskog terena. Na taj način se dobija simbolično trojstvo identiteta prostora (gol), dramskog teksta (ljuđaške) i mene kao autora scenografije (klupa). Ova tri elementa su povezani jednim detaljem koji objedinjuje ova tri činioaca u jedinstvenu celinu, a u pitanju je krug od peska prečnika 8 m kao simbol božanskog prisustva („Bog nas pogledao“).

Iako opisani elementi čine sopstvenu mikro celinu, sa jakim heterogenim, metaforički prikazanim entitetom, oni su ipak vizuelno i funkcionalno u stalnom kontaktu sa ostatkom ambijenta, čime se dobija homogen karakter i jedinstvo celokupnog prostora igre kao takvog.

### **4. ZAKLJUČAK**

Projekat predstave Šine u sebi nosi dvostruku funkciju, jer je sa jedne strane uticao na profesionalna opredeljenja, odnosno preispitivanja ličnog identiteta u pogledu odabira životnog poziva (teatra) za većinu ekipe, kojoj je ovo bio prvi profesionalni rad, odnosno rad van okrilja škole. Sa druge strane, ovom predstavom su dotaknute dve važne društvene teme, a to su funkcija i pozicija mladih ljudi u savremenom svetu, kao i pitanje odnosa i odgovornosti prema pojedinim prostornim celinama grada u kojem živimo.

Ova predstava se može posmatrati kao primer umetnosti ulice koju Pjer Lajak definiše kao „skup živog i kratkog spektakla koji se odvija na javnom prostoru grada, pod uslovom da bude upisana u neku urbanu scenografiju“. Iako je izvedena u otvorenom, gradskom prostoru čiji su karakteri poput urbane pozicije, fizičkog izgleda i društvene funkcije, imali veliki i važan uticaj na doživljaj ovako insceniranog komada u ambijentalnom prostoru, ona zapravo ne predstavlja primer ambijentalnog pozorišta koje stvara i definiše Ričard Šekner. „U ambijentalnom pozorištu tekst, radnja i prostor moraju se razvijati zajedno. Istovremeno sa izgradnjom ambijenta, prostor dobija, ili ne dobija dekor“. Ovaj proces, koji konstatuje profesor Radivoje Dinulović citirajući Ričarda Šeknera, zapravo je preskočen u stvaranju Šina iz razloga što su gotovo sve probe izvedene na kamernoj sceni Srpskog narodnog pozorišta [9]. Na taj način se propustila

prilika da glumci u potpunosti osvoje prostor svojim telom, a time dodatno utiču na građenjesamog prostora i scenografskog rešenja. „Osnovni izvor scenografije u ambijentalnom pozorištu je telo“. Pokušaj da se nadomesti ovaj propust ogledao se u zadatku scenografa, da kroz svoj lični stav, boravak i doživljaj zatečenog ambijenta, isti učini aktivnim činioem predstave koji će imati svoju ulogu. Sa druge strane, iako nisu ispunjeni profesionalni zahtevi stvaranja ambijentalnog teatra, ova predstava jeste moralan čin i mala inicijativa mladih umetnika, da kroz svoj rad ukažu na postojanje prostora u gradu, koji ima potencijal da pruži nešto novo i lepo za zajednicu.

Druga društvena funkcija ove predstave jeste konstatacija problema mladih u sadašnjem istorijskom momentu, sa težnjom da se ukaže na činjenicu kako se svojim radom i zalaganjem može učiniti nešto dobro za sopstvenu budućnost. Mladi članovi ekipe su svojom energijom želeli da daju primer o samosvesti koja je potrebna za izgradnju pozicije u društvu, sa koje će se na pravi način delovati u korist zajednice i svoju ličnu korist kao pripadnika iste.

Rad na predstavi Šine ili Bog nas pogledao bilo je moje prvo profesionalno iskustvo kao scenografa. S obzirom na temu komada i odabrani prostor to je bila izuzetna prilika da svojstva i karakteristike sopstvenog identiteta izgrađenog kroz različite uticaje ulične kulture, upotrebim na ispravan način sa punim potencijalom u tom trenutku. „Čovek je svojom individualnošću i akter u svojoj sredini, jer je sama personalna interpretacija akt menjanja sveta“, odnosno, „u prirodi modernog ja (identiteta) je ukorenjen porast racionalnosti i intelektualnih moći, samokontrola i saznavne sposobnosti, kao i sublimacija primitivne energije i njena promena u izgradnji civilizacije“.

## 5. LITERATURA

- [1] Golubović, Zagorka, Ja i Drugi; antropološka istraživanja individualnog i kolektivnog identiteta, Beograd: Republika, 1999.
- [2] Erikson, H. Erik, Identitet i životni ciklus, Beograd: Zavod za udžbenike, 2008.
- [3] Ognjenović, Mirjana, Korak dalje od Burdijea: pojam potkulturnog kapitala i proučavanje potkultura, Nasleđe Pjera Burdijea: pouke i nadahnuća, priredili: Miloš Nemanić, Ivan Spasić, Beograd: Institut za filozofiju i društvenu teoriju, Zavod za proučavanje kulturnog razvitka, 2006. str.172-198.
- [4] Marić, Ratka, Govor potkulturnih stilova, Iskustva br. 11-12. Beograd, 2002.
- [5] Božović, Nikola, Potkulturni bumerang: između tolerancije i nasilja, Obrazovanje i savremeni univerzitet, urednik B. Dimitrijević, Niš: Filozofski fakultet, 2012. str. 579-594.
- [6] Božović, Nikola, Identitet i značenje stila u potkulturi, Filozofija i društvo br. 2, Beograd: Institut za filozofiju i društvenu teoriju, 2006. str. 233-253.

[7] Dadić Dinulović, Tatjana, Scenski dizajn kao ideologija, uvodni deo knjige Scenski dizajn kao umetnost, Beograd: „Clio“, Novi Sad: „SCEN“, 2016. (u pripremi za štampu)

[8] Otašević, Biljana, Prediktori navijačkog identiteta: demografski pokazatelji, dimenzije predvidivog „Grayovog“ modela i kognicije o nasilju, Primenjena psihologija br. 8, Novi Sad: Filozofski fakultet, 2015. str. 453-469.

[9] Dinulović, Radivoje. Tipologije pozorišnog prostora: Klasifikacije tipova i modela scenskog-gledališnog prostora u teoriji i istoriji pozorišta XX veka, Zbornik radova Fakulteta dramskih umetnosti (8-9): 13-48, Beograd: Fakultet dramskih umetnosti, 2006.

[10] Lakaj, Pjer, Šalon na ulici, Urbani spektar, Beograd: Clio, YUSTAT, 2000.

[11] Pešikan-Ljuštanović, Ljiljana, Ja eto žalim za salamu, Teatron 156/157, Beograd: 2011.

[12] Giorgijev, Slobodan, Godine idiotizma, Vreme br. 261, Beograd: 2002.

## 6. BIOGRAFIJE



Vladimir Savić (1988, Novi Sad) po obrazovanju je arhitekta. Master akademske studije završio je 2013. godine na Departmanu za arhitekturu i urbanizam, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, sa temom “Novo mesto za kulturu”. Sa scenskim dizajnom upoznao se tokom trogodišnjeg rada na predmetu Efemerna arhitektura, prilikom kojeg sa grupama studenata i asistentata priređuje izložbe, performanse i site specific događaje. Godine 2014. upisuje Master akademske studije iz oblasti Scenskog dizajna, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Učestvuje na raznim radionicama, među kojima je i studentska sekcija Srbije na Kvadrjenualu u Pragu, 2015. godine.



Darko Nedeljković (Beograd, 1955), arhitekta i scenograf. Diplomirao na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Specijalističke, kao i magistarske studije završio na Institutu za umetnost i dizajnu Cukuba Univerziteta u Japanu (1984-1987). Od 2013. godine vanredni je profesor na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za arhitekturu i urbanizam, Katedra za umetnost primenjenu u arhitekturi, tehnici i dizajnu, gde predaje predmete iz oblasti scenskog dizajna na osnovnim, master i doktorskim studijskim programima scenskog dizajna.

## BOJA KAO ELEMENT SCENSKOG DIZAJNA COLOR AS THE ELEMENT OF SCENIC DESIGN

Ivana Rončević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – SCENSKA ARHITEKTURA I DIZAJN

**Kratak sadržaj** – *Boja je prizma kroz koju autor vidi svet. Ništa nije crno belo, već raznobojno. Svaka stvar ima svoju boju. Kroz boju se može iskazati unutrašnje stanje čoveka, njegova emocija, potreba, misao. Čehovljeva priča „Paviljon broj šest“ je „platno“ na kome su oslikane boje. Kroz rad Boja kao element scenskog dizajna vidimo pacijente duševne bolnice, doktora i kako se njihovo stanje menja kroz boje i zvuk. Boje se mogu na neki način definisati i kao emocije koje su preplavile – „obojile“ likove u ovoj priči. Boja nema samo estetsku ulogu, već i narativnu i mnoge druge. Moramo je razumeti. Da li se težina koju reči imaju može prevesti u boje? Boja kao i reči nosi određenu težinu i smisao. Kao što možemo pričati o bojama, tako i boje mogu govoriti umesto reči.*

**Abstract** – *Color is a prism through which the author see the world. Nothing is black and white. Everything is colorful. Each thing has its color. Through color we can express our inner feeling, emotion, need and thought. Chekhov story „Ward No. 6“ is a „canvas“ on which the colors where painted. Through the art work „Color as the element of scenic design“ we can see patients of the mental hospital, doctor and how there state changes through the sound and color. We can define color as an emotion which overwhelmed- „painted“ the characters in this story. Apart from a estetic role colors also tells a narrative among other things. We have to understand it. Can the weight of words be translated to color? Color similiary to words also carry specific meaning and weight. The same way words can talk about color, color can speak instead of words.*

**Ključne reči:** *boja, dizajn svetla, teorija boja, scenski dizajn, psihologija boja.*

### 1. UVOD

Kako boja utiče na percepciju posmatrača? Osim vizuelno – estetskog, boja utiče i na psihički, emotivni kao i na fizički doživljaj. O boji saznajemo tokom odrastanja i o njoj učimo čitavog života, povezujući određene forme sa određenim bojama. Društvo i kultura nam nude širok spektar korišćenja boje, a kroz istoriju se nataložena iskustva prenose na buduće generacije. Percepcija boje nam može pomoći prilikom njene upotrebe u dizajnu, jer

### NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Radivoje Dinulović.**

tačno znamo kako podstaći publiku na određeno učitavanje i razumevanje boje, i kako dobiti zadovoljavajući odgovor, odnosno povratnu reakciju posmatrača.

### 2. TEORIJSKO ISTRAŽIVANJE

#### 2.1 Nastanak boje i njene karakteristike

Kako bi se boje što preciznije definisale osmišljeni su njeni atributi. Atributi boje mogu se podeliti u dve kategorije, psihološko-fizičke i fizičke karakteristike boja. Psihološko-fizičke karakteristike prikazuju boje iz ugla posmatrača tj. posmatrač je direktno uključen u opisivanje boje. Ove karakteristike se mogu podeliti u tri grupe:

1. Ton boje (hue) je atribut vizuelnog doživljaja, uz pomoć kojeg možemo tačno da opišemo boju, zavisno od dominantne talasne dužine.



Slika 1. Ton boje

2. Zasićenost boje (saturation) je udeo čiste boje koja je sadržana u celokupnom vizuelnom doživljaju boje. Prikazuje nam koliko je određena boja udaljena od neutralnog sivog.



Slika 2. Zasićenost boje

3. Svetlina boje (lightness) je vizuelni osećaj koji opisuje koliko je neka boja slična sa čitavim nizom boja (od bele do crne boje). Takođe, sjajnost boje može se definisati kao udeo crne u nekom tonu boje.



Slika 3. Svetlina boje

Fizičke karakteristike boja se mere uz pomoć određenih uređaja, tako da prilikom ovih merenja posmatrač nije uključen. Merenje boje ili kolometrija je grana nauke o bojama koja se bavi brojevanjem određenjem boje u odnosu na određeni vizuelni nadražaj. Ove karakteristike su, takođe, podeljene u tri grupe:

1. Iluminacija je mera za svetlosni tok koji upada na ravan površine. Svetlosni tok se još naziva i svetlosni fluks. On predstavlja jačinu zračenja koje je emitovano sa nekog izvora. Ljudsko oko ovo zračenje percipira kao

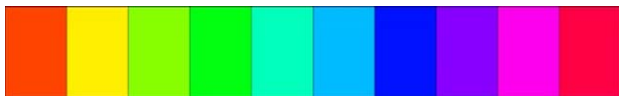
svetlost.

2. Dominantna talasna dužina je svetlost koju posmatrač vidi, ona odgovara vizuelnom doživljaju koji nazivamo ton boje.

3. Čistoća boje je njena zasićenost.

Osnovna podela boje:

Boje se dele na svetlosne (obojena svetlost koja nije opipljiva) i materijalne (boje predmeta). Mešanjem svetlosnih boja dobijamo belu, a mešanjem materijalnih crnu. Hromatske boje (prave boje) su: crvena, plava, žuta. Nazivaju se i primarnim materijalnim bojama, jer se ne mogu dobiti mešanjem ostalih boja, već druge (hromatske) boje nastaju mešanjem ove tri. Sekundarne boje se dobijaju mešanjem dve osnovne boje: ljubičasta (plava + crvena), narandžasta (crvena + žuta), zelena (plava + žuta). Postoje i materijalne boje koje nisu hromatske već su različiti tonovi sive, dobijeni mešanjem crne i bele. Prilikom mešanja materijalnih boja utisak koju boja ostavlja postaje sve tamniji, odnosno mračniji. Pošto im se na ovaj način oduzima svetlost, takvo mešanje naziva se substraktivnim mešanjem. Ovim mešanjem nastaju boje komplementarne trima osnovnim.



Slika 4. Hromatske boje

Ahromatske boje (neboje) su: crna, siva i bela. Kada ovim bojama dodamo crnu ili belu dobijamo sve elemente za dobijanje bilo koje boje.



Slika 5. Ahromatske boje

Nastanak boje možemo posmatrati kroz sledeće tri kategorije:

1. Fiziku – spektralne karakteristike izvora svetla i objekta, refleksija, apsorpcija, transmisija. Sve ovo zajedno možemo okarakterisati kao nadražaj boje.
2. Fiziologiju – fiziološka građa oka, štapići i čepići uz pomoć kojih percipiramo boje.
3. Psihologiju – razumevanje boje u mozgu putem centra za vid i stvaranje doživljaja boje [1].

## 2.2 Psihologija i boja

Postoji veliki broj teorija koji pokušava da doprinese razumevanju procesa likovne kreativnosti. Ako posmatramo likovno stvaralaštvo sa stanovišta psihoanalize možemo reći da ono predstavlja proces objektivizacije potisnutih želja i kompleksa sa osnovnom funkcijom njihovog imaginarnog zadovoljenja i posledičnim efektom katarze stvaraoaca. Psihološki pristup likovnom stvaralaštvu se oslanja na dve osnovne teorije. Empirijsku teoriju koja ističe boju kao nezavisnu i samostalnu u odnosu na predmet i Geštalt teoriju koja boju definiše u zavisnosti od kvaliteta predmeta. Geštalt princip je izveden iz principa transpozicije – primat u opažanju ima celovita forma a ne njeni elementi, zato možemo reći da je opažaj celovita smislena forma [2]. Sa socio – psihološkog aspekta veza između boje i duhovno

socijalnog aspekta ljudskog sveta, bazirana je na činjenici da je u bojama nataloženo lično i kolektivno iskustvo. Boje gledane iz ovog ugla predstavljaju „svojevrsnu formu ritualizacije egzistencijalnog opstanka“ [3]. Prvo povezivanje psiholoških principa i sistematskog tumačenja boja započinje Johan Volf Gang fon Gete. On je u svojoj knjizi „Učenje o bojama“ svoju teoriju raščlanio na više segmenata. Jedan od delova u knjizi posvećen je čulno-moralnom delovanju boja. U njemu se opisuje delovanje boja na raspoloženje. Jedan od primera predstavlja uređenje njegove kuće u Vaimaru. Sobe su bile obojene u zavisnosti od njihovog uticaja na njegovu psihu. Bitno je napomenuti da povezivanje raspoloženja i boja potiče od Getea. Po Vidanoviću (2006) opažanje ili percepcija je jedna osnovna kognitivna funkcija koja predstavlja složen i aktivan proces traženja, odabiranja, primanja, obrade, organizovanja i tumačenja raznovrsnih draži koje deluju na čula i nervni sistem. Percepcija je važan proces na osnovu kojeg organizam neposredno upoznaje relevantna svojstva pojava i predmeta u stvarnosti. Ona ne predstavlja prosto i pasivno održavanje stvarnosti, već uključuje povezivanje čulnih podataka sa ranijim iskustvom, njihovo kategorisanje i pridavanje značenja. To je proces sticanja, interpretacije, selekcije i organizacije senzornih informacija izazvanih čulnim nadražajima.

Postoje dva osnovna tumačenja (teorije) ljudske percepcije:

- Percepcija kao direktan process – direktna teorija

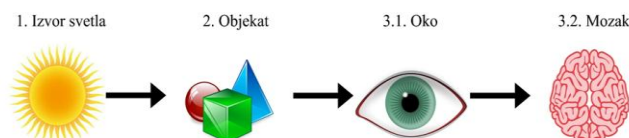
Ovaj teorijski pristup se bazira na aspektima nadražaja koji utiču na percepciju, proučavaju fizički nadražaj i više kognitivne procese [4].

Pošto možemo na direktan način da u našem okruženju skupimo dovoljno informacija kako bismo stvorili sliku o svetu, ne postoji potreba za daljim obrađivanjem primljenih informacija. Gibsonova teorija se bazira na nadražajima koje on smatra dovoljno bogatim informacijama i da nam nije neophodno prethodno znanje kao i pamćenje da bi upotpunile samu percepciju.

- Percepcija kao konstruktivni process - konstruktivistička teorija

Ovaj teorijski pristup se zasniva na fokusu nivoa kognitivnih procesa. Pri čemu se ne uključuje postojeće znanje i očekivanja [5].

Za opažanje nam je neophodno prethodno iskustvo i znanje, na osnovu ranijih iskustava mi pravimo pretpostavke posmatrajući određeni predmet. Mi uvek smatramo da su naše hipoteze i istinite i tačne, ali one u pojedinim situacijama mogu da budu opovrgnute. Ričard Gregori smatra da percepcija predstavlja skup naših pretpostavki o predmetu posmatranja i time pokušavamo da dobijemo što realniju sliku.



Slika 6. Opažanje boje

### 3. UMETNIČKO ISTRAŽIVANJE

#### 3.1 Boja, svetlo i zvuk u službi scenografije

Da li smo se ikada zapitala kada slušamo neku pesmu koja je ona boje? Ako je pesma brzog ritma sigurno će nas naterati na pokret, pokretom ćemo da uzburkamo krv u telu. Takve pesme su sigurno crvene boje. Kada bismo zamislili plavu boju, boja koja simboliše mir i opuštanje, i pustili ovu istu pesmu, kako bismo se osećali? Iako smo već napomenuli da je osećanje boje individualna stvar, ipak većini ljudi bi bilo teško to da poveže skladno. „Boja je tipka. Oko je čekić. Duša je klavir sa mnogo žica. Umetnik je ruka, koja pritiskom na ovu ili onu tipku svrhovito ljudsku dušu potiče na vibriranje...“ [6] Ovo je zapisao Vasilij Kadinski kada je slušao Vagnerovu operu. U tom trenutku on se povezuje sa muzikom, a kasnije počinje da veruje da ima sinesteziju. Sinestezija ili „ujedinjavanje čula“ dovodi do toga da osoba ima mešanje zvukova, boja, mirisa. Kadinski je čuo boje i kako bi se menjale melodije tako su se i boje menjale. Plava boja je bila duboka dok je žuta dosegala visine. On čak poredi i instrumente sa bojama. Tako je svetlo plava predstavljala nežne zvuke flaute, zelena dugotrajne tonove violine, a crvena jake udarce bubnjeva.

Kao što muzika poseduje ritam, tako i upotreba boja, bilo putem rasvete ili scenografije, mora da ga sadži. Sve to zajedno čini savršen spoj. Sve se nadopunjuje i čini scensku sliku kompletnom.

Kada govorimo o osvetljenju, njegova primarna funkcija je da je slika vidljiva, ali način na koji je nešto osvetljeno omogućava publici da dožive scensku sliku i osete je. Postoji nekoliko funkcija scenske rasvete. Prva, već smo spomenuli, jeste vidljivost. Kao što osvetljavamo predmete da bi se bolje videli, tako i akcentovanje pojedinih predmeta nam služi kako bismo neki deo scene, ukoliko je to potrebno, sakrili tj. kako bi ostao u mraku. Druga funkcija jeste povod. Zašto koristimo određeno svetlo. Rasveta uvek mora biti kontrolisano korišćena i isključivo u službi predstave. Treća funkcija je kompozicija. Rasveta prati kompoziciju scenskog događaja i pomaže da se još više istakne i čini ga živopisnijim. Četvrta funkcija je raspoloženje. Količina rasvetnih tela, vrsta svetla i vidljivost utiču na stvaranje atmosfere i raspoloženja na sceni. Svaku od ovih funkcija prate i osobine svetlosti. To su: intenzitet (odnosi se na jačinu projektovane svetlosti), distribucija (odnosi se na mesto na kome je rasveta smeštena i iz kog pravca dolazi osvetljenje), boja (koje boje su upotrebljeni filteri, boja i svetlo uvek blisko sarađuju) pokret (odnosi se na pomeranje svetlosnog zraka, ili bilo koja njegova promena).

Način na koji pristupamo bojama i koristimo zavisi od ličnog izbora. Neke teorije boja koristimo kao smernice, a možemo i u potpunosti da ih pratimo. Neko će možda sam uspostaviti pravila. Ovom tematikom se bavio reditelj Ivan Magrin (Ivan Magrin-Chagnolleau) koji pripremajući predstavu „Lekcija“ (The Lesson) prolazio kroz nekoliko stvaralačkih procesa. Kada je započeo čitanje scenarija dopuštao je slikama da preplave njegov um. Te slike su uglavnom bile vezane za osvetljenje i boje. Taj proces čitanja ponavljao je nekoliko puta. Zatim

je uzeo da ispituje teoriju boja Vilijama Bertona koji je formulisao princip „jezik boja“ a zatim ga materijalizovao u obliku kartica. Svaka karta je označena jednom bojom kojoj je on intuitivno dao značenje, onda to proverava kroz praksu i potvrđuje da li i drugi ljudi imaju isto razmišljanje. Ivan Magrin kao i Berton radi intuitivno sa bojama, želeo je da u ovoj predstavi osvetljenje bude suptilno, rekvizita obojena jarkom bojom a kostimi budu u kontrastu tamno-svetlo.

Na kraju i pored estetskih pravila i smernica, možemo zaključiti da se kreativni proces dešava u podsvesti u zavisnosti od toga koliko znamo o boji i njenim mogućnostima kao i emocijama koje one izazivaju.

#### 3.2 Komunicirajmo putem boja

Prema Džonu Fiksu komunikologija je proučavanje procesa putem kojih se prenose poruke i njihove refleksije, a teorije informacija se bave problemima proizvodnje i razmene značenja. Da bi se komunikologija bolje razumela i razvijala treba postaviti razliku između pojmova informacije i komuniciranje. Komuniciranje je pojam koji se odnosi na vezu između dva subjekta, a informisanje je sadržaj i svrha te veze. [7] Kao što verbalno komuniciramo, tako se komunikologija bavi i neverbalnom komunikacijom, putem znakova, simbola i boje.

O bojama se pričalo kao dodatnom efektu, a ne kao samostalnom i posebnom faktoru. Bojom su se bavili psiholozi, filozofi, umetnici i drugi, ona nije bila deo komunikologije iako boja može biti veoma važno i moćno sredstvo u komuniciranju. Vremenom se to menja, da li zbog većeg interesovanja za neverbalnu komunikaciju ili je možda samo popularnost u pitanju, ali boje sve više postaju samostalno izražajno sredstvo. „Neverbalna komunikacija je, za početak, manje upadljiva i uočljiva na racionalan način, zbog čega poruka nabijena neverbalnim značenjem na nas deluje u većoj meri nego samo verbalno značenje izolovano od neverbalnog“ [8].

Komuniciranje putem boja je intuitivna i individualna stvar. Mi se možemo informisati o bojama ali ne možemo uspostaviti jednu jedinstvenu istinu o njima.

Kada odaberemo boju koju želimo predstaviti drugima mi na taj način počinjemo neverbalno da komuniciramo i šaljem poruku estetskog tipa. Kada komuniciramo putem boja mi ne trebamo ništa posebno da objašnjavamo, niti da potražujemo iz sećanja njeno značenje, treba da je osetimo.

Moć boje jeste to što ona ne govori u rečenicama ona stvara osećaj i sliku i direktno psihološki utiče na nas. „Došlo se do empirijske potvrde da postoji apstraktan, simboličan nivo značenja boja. Na osnovu toga je zaključeno da se radi o generalnom fenomenu, prisutnom kod svih ljudi, a koji verovatno zadire u domen značenja pojmova. Potvrdila se ranije izneta pretpostavka da je svaka boja pojedinačno prilično složena i osobena u svojoj simbolici. Gotovo da joj se pridaje karakter“ [9].

Možemo sa sigurnošću reći da boje utiču na čoveka, samo je pitanje kako i u kolikoj meri. Kada boja stoji samostalno ona mnogo brže prenosi informacije jer nam je sav fokus usmerena tu boju i možemo je doživeti i

osetiti u punom sjaju. Ali ako boju koristimo kao neposredni faktor nismo sigurni koliko će ona uticati na posmatrača i da li će ona promeniti doživljaj o nekom tekstu ili slici koju percepiramo.

Iako smo rekli da boju doživljavamo individualno, postoje različita istraživanja koja nam govore da određene boje doživljavamo na isti način.

Tople boje su za čoveka uvek stimulativne, pokretačke do te mere da mogu pobuditi agresiju, hladni tonovi su umirujući, opuštajući, gotovo meditativni. Boje moramo prihvatiti, videti ih, integrisati u naš um, a njihovo razumevanje i osećaji koje izazivaju će se sami javiti.

### 3.3 Čehov kao inspiracija

Anton Pavlovič Čehov (1860-1904) je ruski pisac novela, drama i pripovetki. Imao je običaj da govori: „Medicina je njegova zakonita supruga, a književnost ljubavnica“. Pokušavao je da uskladi ove dve profesije, paralelno posvećujući se obema, ali kako je vreme odmicalo prevlast je ipak odnela književnost. Možda zato što je i on vremenom postao jedan od „pacijenata“, pa je beg pronašao u svom pisanju. Pisao je puno, neko bi pomislio i previše brzo. Pisanje je započeo sa kratkom humorističkom prozom da bi se kasnije posvetio pripovetkama, novelama i dramama.

Njegov humor je polako bledeo, a na scenu stupaju sukobi, borba sa osećanjima i različita psihološka stanja. Zbog toga se on i smatra pionikom psihološkog realizma. U njegovim dramama radnja se odvija kao svakodnevica, koja može biti deo bilo koga od nas. „Čehov vrlo dobro zna kakav je, u životu, odnos između važnog i nevažnog: nevažno ponekad zauzima daleko više prostora od važnog; važno zna da se dogodi tako da ga i ne primetimo, dok nam nevažno odmah pada u oči zato što je najčešće napadno i spektakularno; važno nemora uvek da se dogodi pred nama, ali se nevažno uvek pred nama događa.“

Čehovljevi likovi su raznovrsni, ima tu običnog sveta, seljaka, zanatlija i siromašnih ljudi pa sve do uglednih građana i činovnika. I oni svi međusobno komuniciraju, bez preteranog isticanja bilo kog od karaktera. Iako su njegovi junaci smešteni u različite situacije, žive drugačije živote, zajedničko za sve njih jeste njihova psihološka slojevitost.

„Broj ličnosti u Čehovljevim dramama nije ograničen samo na one koji imaju najneposrednije veze sa razvojem priče. Čehov je uveo u dramu, dao im život, pa i poneku životnu dramicu, čitav niz - po svim klasičnim merilima sudeći—sporednih, čak i nevidljivih lica, i time daje veliku sliku“. Kada govorimo o vremenskim okvirima u Čehovljenim dramama zaključujemo da tu nema jasnih granica.

Vreme ne protiče samo kao dan i noć, već dolazi do smene godišnjih doba, ciklusi se nižu jedan za drugim i vreme nesmetano teče. „Vreme je prisutno u sva tri svoja vida: i kao prošlost, i kao sadašnjost, i kao budućnost“.

Prostor u dramama je precizno opisan i postaje nam jasno vidljiv, tu pred očima. Gotovo smo sigurni da smo tu već boravili. Njegovi prostori su opisani „I to ne samo u ambijentu u kome se drama odvija, nego i u geografskom prostoru gde se taj ambijent nalazi, u prostoru drugih ljudskih života i aktivnosti, i u prostoru prirode“. [10]

„Ako se ne bojite da vas kopriva ožari, krenimo onda uskom putanjom koja vodi kućici, pa da vidimo šta se u njoj radi“ *Paviljon broj šest* [11]

## 4. ZAKLJUČAK

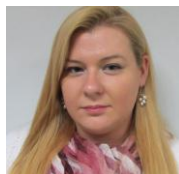
„Paviljon broj šest“ nam pruža uvid u razna duševna i psihološka stanja. Možda su ona za nas neshvatljiva i čine se dalekim, ali ako se bolje zamislimo videćemo da ona postoje u svakom od nas. Sigurno je bilo trenutaka kada smo se osećali tužno (plavo) ili smo bili izrazito borbeni (crveno) a ponekad su nam možda i misli nekontrolisano letele (žuto).

Svako osećanje, bilo ono negativno ili pozitivno, možemo da opišemo kroz određenu boju. Tako su za mene ovi pacijenti postali spektar boja, različitih nijansi i inteziteta.

## 6. LITERATURA

- [1] Strgar Kurečić M., (2008), *Osnove o boji – I deo*, Grafički fakultet, Zagreb
- [2] Ognjenović P., (2007), *Psihologija opažanja*, Zavod za udžbenike, Beograd
- [3] Petrović S., (1986), *Metafizika i psihologija slike*, Gradina i prosveta, Niš-Beograd
- [4] Gibson J.J., (1966), *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Houghton Mifflin, Boston
- [5] Gregory R.L., (1966), *Eye and Brain: the psychology of seeing*, Weidenfeld & Nicolson, London
- [6] Vržina D., (2012), *Slikar koji je svirao bojama*, Časopis Gazeta, Beograd
- [7] Fiks Dž., (1982), *Introduction to Communication Studies*, Methuen & Co. Ltd, London
- [8] Mirkov L., (2012), *Neverbalna komunikacija bojama u javnom nastupu*, Časopis za upravljanje komuniciranjem 25, Beograd
- [9] Trandafilović I., (2006), *Ime, logo, boja*, BIGZ, Beograd
- [10] Hristić J., (1981), *Čehov, dramski pisac*, Nolit, Beograd
- [10] Čehov A.P., (1978), *Paviljon broj 6*, Narodna knjiga, Beograd

### Kratka biografija:



**Ivana Rončević** rođena je 1986. u Beogradu. Diplomirala je 2013. godine na Fakultetu za umetnost i dizajn u Beogradu.



**TIPOLOŠKO UODNOŠAVANJE LJUDSKOG KARAKTERA I ODEVANJA  
TYPOLOGICAL PROCESS OF RELATING THE HUMAN CHARACTER AND  
CLOTHING**Tijana Sićević, Radivoje Dinulović, Tijana Đuričić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SCENSKA ARHITEKTURA I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Proučavanje čoveka i njegovih osobina vraća pojedinca iznova preispitivanju sopstvene ličnosti. Traganje za nepromenljivim osobinama koje su deo ličnosti, eksperimentisanje sa istrajnošću i nestalnošću osobina<sup>1</sup> može pružiti zadivljujuće rezultate. Jedan od tih rezultata transparentno je uočljiv u isprepletanosti karaktera pojedinca i njegove odeće.

Ova višeslojna umreženost, slojevitošću u proučavanjem otvara polje nesagledive mnogoznačnosti.

Beskrajna igra eksperimenta između karaktera i odevanja, zavisnosti od pravca u kom se kreće putanja igre, kao produkt donosi veoma interesantne rezultate.

Kroz ispitivanje istorije karaktera pratimo i spoznajemo težnje, razmišljanja, životne stilove i ponašanje čovečanstva kroz epohe. Šta nam pruža svest o karakteru, a šta sposobnost da ga prepoznamo? Šta predstavlja odevanje, kako je nastalo i na koji način se čovek ophodi prema odevanju?

**Abstract** – *The study of man and his qualities makes a person review his or her own personality. The search for immutable characteristics that are part of the personality, experimenting with persistent and dynamic properties of a person can provide amazing results. One of these results is transparently evident in the intricacy of the character of the individual and his clothes.*

*This multi-layer networking, stratification and study opens immense ambiguity in meaning. The endless game of experimenting between the character and clothing, depending on the direction in which the moving trajectory of the game, as a product yields very interesting results. Through examination of the history of the character we know and follow the tendencies of thinking, lifestyles and behavior of mankind through the ages. What gives us the awareness of the character and what gives us the capacity to recognize it? What is clothing, how did it come to be and how does mankind approach it?*

**Ključne reči:** karakter, kostim, odevanje, instalacija, scenski dizajn, interaktivnost u umetnosti

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Radivoje Dinulović.**

<sup>1</sup>Misli se na eksperimentisanje koliko dugo mogu da traju forme, one koje smo mi sami stvorili i fiksirali, te u kom trenutku te čvrsto ustanovljene forme postaju promenljive ili ih ipak nije moguće promeniti.

**1. UVOD**

Polazeći od pretpostavke da je ljudsko biće određeno karakterom, ovaj rad ima za cilj da pokaže odnošenje pojedinih konstrukata karaktera i odeće koju pojedinci nose na sceni svakodnevice ili teatra. Eksperiment koji na mikro uzorku pokazuje ludističku prirodu pojedinca trebalo bi da ispita fine nijanse između odeće/kostima i osobina pojedinca/publike/učesnika.

Kao i u brojnim drugim slučajevima, ovaj rad je inspirisan tim višim okolnostima koje su autorku nagnale na stvaralaštvo. Teoretsko istraživanje, daje nam potporu za otkriće novih pristupa u stvaralaštvu ili primenu modifikovanih postojećih metoda za pronalaznje odgovora kroz umetničko stvaralaštvo. Odgovore na zadata pitanja daje umetnički rad „Osećam se“. Igra iluzije i stvarnosti kojom se rad služi daje potporu novom nivou igre u kom se ispituje odnos između stvaraoca i učesnika. Kada posetioc postaje učesnik, a kada učesnik postaje stvaraoc? Gde se postavlja granica između već unapred zadatih uloga i ko je postavlja?

**2. TEORETSKO ISTRAŽIVANJE****2.1. Pojam karaktera i filozofski pogled na karakter**

Reč karakter potiče od grčke reči „charaktēr“, koja se prvobitno koristila kao termin za obeležavanje novca (stavljati sliku na novčić). Kasnije je "karakter" počeo da znači prepoznatljiv znak kojim se jedna stvar razlikuje od drugih, a zatim sklop osobina koje razlikuju jednu osobu od druge. Karakter se definiše kao „zbir osobina ili svojstava kojima se neki čovek, neka stvar ili pojava odlikuju; trajna osobina volje i načina delovanja jednog čoveka koja ga čini onim što je, tj. različitim od svih drugih ljudi; u užem, psihološkom smislu: trajnost, stalnost i doslednost u volji, u načinu delanja; značaj, znak, obeležje, bitna oznaka, osobenost, posebna odluka, osobina, svojstvo; čvrstina, jačina duše. Ono što označava ključno obeležje ličnosti (i ne samo ličnosti), sklop emocionalno – mentalnih, motivacionih, socijalnih, moralnih i duhovnih izrazitih crta po kojima se ona razlikuje od svih drugih.<sup>2</sup>

**2.2. Nastanak i svrha odevanja**

„Istorija nošnje jeste jedan vid istorije ljudskog društva. Način odevanja jednog naroda je jedna od onih pojava u kojima se izrazito ogledaju ekonomske i društvene suprotnosti. Može se sa pravom reći da bi istoričar mogao da prati društvene i političke odnose jednog doba

<sup>2</sup>Oto Bihalji – Merin, dr Borislav Blagojević, Radivoj Davidović, dr Vladeta Jerotić, Sveta Lukić, Pero Morača, Dragoslav Popović, dr Voislav Staanovičić, Marija Stojiljković, Stojan Čelić, „Mala enciklopedija“ (1986.), Prosveta, Beograd, str. 221.

kroz evoluciju nošnje.<sup>3</sup> Razvijanje svesti o odevanju dovelo je do toga da se kroz odevanje mogu pratiti mnogi simboli i obeležja koji govore o svesti nekog naroda. Nadmetanje stilova odevanja postoji od kada postoji i svest o simbolizaciju kroz odevanje. „Ona prevazilazi granice umetnosti, kojoj pripada kao primenjena grana i zalazi u oblast istorije, socijologije, čak i politike.“<sup>4</sup> Vasić daje definiciju pojma nošnje i tvrdi da se „Pod izrazom nošnja (*costume*) u najširem značenju podrazumevaju osobenosti i odlike raznih naroda u odevanju i oblačenjima. U užem smislu reči, to je način na koji se oblači, izbor odela i ukrasa tela po obliku, boji, materiji, uključujući tu i frizuru (kosa, brada) i crtanje kož i prstiju (tetoviranje).“<sup>5</sup> Vasić je napravio dve podele pojma nošnja<sup>6</sup> Prvom podelom pojam nošnje stavlja u kontekst šire/globalne primene i piše o podeli koja ističe određeni narod od drugog. Ovom podelom on pravi i novu podelu kostima koja se može odnositi i na teritorijalnu podelu i koja se može koristiti i u političkom kontekstu, tako će se i upotrebiti kao uzrok konflikata ili zblizavanja. Užim tumačenjem pojma on pojedinca izdvaja iz gomile. Definicijom pojma „nošnja“ prati istorijski napredak u odevanju isključujući uniformisanost (stilove) koji su zastupljeni u modernom dobu.

### 2.3. Uloga mode kroz istoriju, uticaj na njen izgled i razvoj

Istorija mode se ne ispoljava samo kao smenjivanje oblika ili stilova odevanja nego i kao menjanje i razvijanje unutrašnjih odnosa prema ljudskom telu kroz odevne elemente. Prvenstveno prekrivanje tela odećom prosteklo je iz potrebe kako bi se telo zaštitilo da bi kroz promenu forme odevanja došli do situacije u kojoj odeća ugrožava telo vršeći nasilje nad njim. „Istorija odevanja može pratiti i kao proces oslobađanja ljudskog tela od neodgovarajućeg odevanja, ili od suviška u odevanju: tako se uočava kada je telo vrednost kojoj odeća služi, a kada telo služi odeću, ili kada telo ima pravo da izražava svoju prirodu i svoje oblike, a kad postaje sredstvo da se iskazuje odevanje.“<sup>7</sup> Milenko Misailović pravi zgodan osvrt na istoriju mode koji obuhvata trenutke u kojima je u prvi plan stavljano ljudsko telo i time naglašena lepota forme tela<sup>8</sup> i trenutke u istoriji odevanja u kojima telo služi o devanju trpeći pritisak.<sup>9</sup>

### 2.4. Tumačenje odevanja

Tumačenje odevanja zavisi od znanja i iskustva čitaoca i njegove sposobnosti da prepozna neubičajena, manje poznata ili nepoznata, složenija ili slojevitija značenja

odevanja. „Čitanje“ ili razumevanje scenskog kostima naročito može biti otežano ako se izražajne dimenzije kostima iskazuju u formi naglašenog odstupanja od uobičajenog, pomoću visoko razvijene stilizacije, poetično razvijene metafore, ili pronicljivo otkrivenog simbola. Zato i struktura kostimografskih simbola može biti prosta i složena, površna i toliko sadržajna da se doći vjljava kao neizrečiva.<sup>10</sup> Milenko Misailović piše o tmačenju scenskog kostima, ali ako sagledamo činjenicu da je savremeni tempo ti vota veoma uđurban i teatralan i da se svaki obični događaj može izdvojiti kao scenski njegovo razmišljanje o tumačenju scenskog kostima može mo preusmeriti na tumačenje svakodnevnog odevanja.

## 3. UMETNIČKO ISTRAŽIVANJE

### 3.1. Kostim kao instalacija

#### 3.1.1. „Crvena haljina“ („Red dress“)

„Red dress“ (crvena haljina) je kostimska instalacija koreanskog dizajnera Ami Song (Amy Song). Ovo delo je ujedno i koncertna salom. Instalacija je visoka preko 4 m, a široka oko 10 m. Za izradu ove haljine bilo je potrebno 550 m materijala, odnosno 550 m vunenog platna. Ona u sebi sadrži 238 džepa u koja može svaki čovek da uče kako bi odslušao pesmu koja je komponovana baš za njega. „Prostor je mrtav sve dok ga ne nasele izvođači i postanu pokretni elementi scenske slike, tumačeći priču koja se naglašava upravo upotrebom tog prostora.“<sup>11</sup> Pamela Huard svojim mislima potvrđuje da ti vot instalacije zavisi isključivo od vremena kom ljudi svojim prisustvom daju granice postojanja. „Pozorište je svuda gde postoji neka tačka susreta između glumca i njihove potencijalne publike.“

#### 3.1.2. „Dok spavaš“ („While you were sleeping“)

Su Blekvel (Su Blackwell) izgrađuje ovu instalaciju koristeći papir i aludirajući na ljudsku potrebu za komunikacijom. Inspiraciju pronalazi u bajkama. Blekvel je kroz ovo delo želela da prikaže ten u koja prvi put vidi svoju lepotu i u tom trenutku biva pretvorena u svetlost. Dodatno tka priču o haljini koja se zaigrala dok je čekala vlasnika koji ju je zaboravio. Blekvel uspešno prenosi nekoliko različitih poučnih poruka ovim delom. Instalacija „Dok spavaš“ nije interaktivna, ali pripoveda o tananosti i likovnosti koje plene. Senzibilitet čistote i nečnosti kojom odiše ovaj rad, na neki način, zahteva odsustnost interakcije sa ljudima koji bi mogli da naruše taj mir. Upotreba već postojećih elemenata (kostima) povezuje ovu instalaciju sa instalacijom koja treba da bude rezultat ovog istraživanja.

### 3.2. Prikaz karaktera kroz umetničko delo

Istorijsko nasleđe ljudske kulture i umetnosti beleži brojne varijetete sjajnih prikaza karaktera.<sup>12</sup> „Koliko ljudi toliko čudi“<sup>13</sup> i podjednako inspiracije za stvaranje

<sup>3</sup>Dr Pavle Vasić o prvom tragu potrebe za odevanjem govori u knjizi istorije kostima „Odelo i oružije“ (1992.), treće dopunjeno izdanje, Univerzitet umetnosti u Beogradu i Clio.

<sup>4</sup>Isto.

<sup>5</sup>Isto.

<sup>6</sup>Vasić koristi termin „nošnja“, ali kontekst se tumači i kao odevanje.

<sup>7</sup>Dr Milenko Misailović, „Dramaturgija kostimografije“ (1990.), Sterijino pozorište – „DNEVNIK“ Novi Sad, str. 37.

<sup>8</sup>Antički kostim ističe lepotu ljudskog tela.

<sup>9</sup>Moda ampira (1799-1818) beleži podizanje struka do ispod miške, nakon čega se struk postepeno vraća u svoj prirodni položaj. Pomeranje struka može se videti tokom čitave istorije odevanja. Promenu položaja struka prati i pojava korseta/steznika kojim se dočarava idealna linije ženskog tela. O modi Ampira piše Zora Tivadinović – Davidović u „Moda ampira u Vojvodini“, Matica Srpska, Novi Sad, 1964.

<sup>10</sup>Dr Milenko Misailović, „Dramaturgija kostimografije“ (1990.), Sterijino pozorište – „DNEVNIK“ Novi Sad, str. 21.

<sup>11</sup>Pamela Huard, „Sta je scenografija?“ (2002.), Clio, Beograd, str 21.

<sup>12</sup>S obzirom na ograničenje koje nosi forma ovog rada, u nastavku će biti spomenuti samo letimični primerici koji su autorki dragi i slikoviti.

<sup>13</sup>Latinska izreka, „Quot capita, tot sententiae“, Danijela Antić „Misli znamenitih Srba“ (2003), Alnar, Beograd, str. 164.

umetničkih dela. Karakter je oduvek bio inspiracija za stvaralaštvo. Prikaze o karakteru može mo pratiti još od praistorijske umetnosti. Slikovit primer plodnosti uočljiv je u maloj stati naglašenih teleskih atributa iz Vilendorfa – slavnoj praistorijskoj Veneri.<sup>14</sup> Od kad postoji čovek, postoji i interesovanje za umetnički prikaz karaktera. Rezultate umetničkog prikaza karaktera vidimo u književnosti (dramskim delima (Jovan Sterija Popović „Pokondirena tikva“), knjigama (Radoje Domanović „Voča“, u karikaturama Honore Domijea (Honoré-Victorin Daumier)<sup>15</sup> „Ljudi pravde“ („Les Gens de Justice“), crtežima (Bill Plymton (Bill Plymton) „Oče nio sam čudnu osobu“ („I married a strange person“), slikama (Fransisko Goja), skulpturama (Đovani Lorenzo Bernini), kostimima (u filmu „Pina Bauh“ u režiji Vima Vendersa (Wim Wenders), animaciji (Sajlant Komet (Sylvain Chomet) „Trojke Belvila“ („The triplets the Bellevile“))...

### 3.2.1. Prikaz karaktera kroz kostim

Primena prikaza karaktera kroz kostim može se videti u pozorištu, na filmu, kao i svim drugim scenskim događajima. Tokom navedenih događaja sva pažnja posmatrača upućena je na izvođača. „Karakter je skup osobina čoveka koje su promenljive i često se razvijaju pred očima gledalaca. Veoma su važni i odnosi između likova koji su takođe promenljivi.“<sup>16</sup> Prikaz karaktera kroz kostim je vrlo individualna kategorija. Gradi se prvenstveno od odnosa karaktera lika koji se dočarava i senzibiliteta izvođača. Tu se mora uspostaviti ravnoteža. Prenaglašenost kostima dovodi do skretanja pažnje sa lika i „hipnozu“ publike, ali nekada je neophodno oslanjati se i na prenatlašenost, a to se dešava ako je gluma izvođača skromna. Prilikom prikaza karaktera kroz kostim neophodno je voditi računa i o senzibilitetu kojim izvođač zračim apri tome ne sme se zaboraviti ključan deo – efekatan prikaz karaktera lika.

## 4. STVARALAČKI PROCES

### 4.1. Ideja o radu

Umetnički rad „Osećam se“ predstavljen je kroz instalaciju koja ima za cilj da odgovori na pitanje: *Da li odevanje utiče na karakter čoveka ili čovek utiče na karakter odevanja?* Rad je osmišljen kao igrice u kojoj posetioci postaju učesnici. „*Pozornica je prazan prostor koji se malo po malo ispunjava, i ponovo prazni u obicima koje stvaraju pokreti glumaca, i koja se neprestano manjaju tokom scena.*“<sup>17</sup> Potpuni doživljaj instalacije može se stvoriti jedino interakcijom publike sa instalacijom. Tada svaki učesnik stvara svoj jedinstveni doživljaj spajajući dosadašnje i novo iskustvo sa iskustvom stečenim učešćem u ovoj igri.

<sup>14</sup>Venera iz Vilendorfa poznatija kao Vilendorfska Venera, nastaje u periodu od 30 000 do 25 000 godina p.n.e, rad je u kamenu visine 15 cm, a čuva se u Prirodnačkom muzeju (Naturhistorisches Museum) u Beču.

<sup>15</sup>Honore Domije (Honoré-Victorin Daumier) (1808. – 1879.) je bio francuski slikar, grafičar, karikaturista i vajar. Od malena je pokazivao sklonost ka umetnosti, čak i mnogi pokušaji da ga preusmere na suprotnu stranu nisu uspeali. Posedovao je izuzetan dar za prikazivanje karikatura.

<sup>16</sup>Hugo Klajn piše o karakteru u knjizi „Osnovni problemi režije“ (1955.)“, Univerzitet umetnosti u Beogradu, Beograd.

<sup>17</sup>Pamela Huard, „Šta je scenografija?“ (2002.), Clío, Beograd; str. 12.

### 4.2. „Šest lica traže pisca“

Specifičnost prikaza igre stvarnosti i iluzije u dramskom tekstu „Šest lica traže pisca“ poklapa se sa prikazom svesnog i nesvesnog korišćenja odevnog dijaloga kod svakog čoveka. Italijanski pisac Luiči Pirandela (*Luigi Pirandello*)<sup>18</sup> 1921. godine piše neobično dramsko delo „Šet lica traže pisca“. To je apsurdna drama o odnosu između autora, njegovih književnih likova i glumačkih profesionalaca. Prepliću se dve stvarnost.

### 4.4. Režija interakcije

Smernice ili vođenje kroz instalaciju su neophodne zarad zacrtanog toka realizacije scenskog događaja. Tim povodom je osmišljena igrice kojom se vrši eksperiment selekcije šest likova, karaktera kroz kostim. Cilj je da nakon identifikacije (odabirom) ponučenog karaktera kroz odevni predmet, autorka uoči osećanja koji taj odevni predmet proizvodi kod učesnika i ispita ih. Rezultat ispitivanja može biti i nastanak novog odela koje bi posetilac na licu mesta kreirao. Učesnici kroz ovu igrice ispituju poznavanje svog odevnog jezika, tako što naspram ponučenih karaktera uspevaju da pronađu odgovarajući kostim. Štender sa kostimima i opis karaktera likova su uočljivi u prostoriji. Preko puta štendera nalaze se ogledala iznad kojih je okačen natpis *Osećam se*.

### 4.8. Realizacija rada

Kako je rad inspirisan delom „Šest lica traže pisca“ čija se radnja odvija u pozorištu (na sceni i u gledalištu) rad pored ideje da ponuđeni likovi budu likovi iz ove drame, za realizaciju krajnjeg utiska stvara se utisak pozorišnog prostora. Kako bi se postavila zavesa u prostoru koriste se rasvetna tela prvobitnog prostora. Na rasvetnim telima pomoću silka zakačen je beli materijal. Elementi koji se koriste u instalaciji postavljeni su po prioritetima, tako da se ulaskom u prostor prvo ugledaju štenderi sa kostimom i šest ponuđenih likova. Ogledalo je postavljeno naspram štendera, kao element koji treba da bude sekundarni. Prostor povezuju markeri koji su postavljeni u prostoru. Kao novi element uvode se dve krojačke lutke na kojima stoji natpis „Ko sam danas?“ i „Ko si danas?“. Lutke sa natpisom predstavljaju akcent svesnog ili nesvesnog prikaza sopstvenog karaktera kroz odevanje. Pored markera koji se nalaze slobodno u prostoru nalaze se i natpisi „Osećam se“ i „6 lica“ raspoređenih u prostoru da prate tok priče/igrice. Montirana instrumentalna muzika *Budha Bar „Summer 2016.“* prati ceo scenski događaj. Uloga muzike je da podstakne emocije kod učesnika ovog scenskog događaja. Ona kao i svetlo doprinose atmosferi.

### 4.9. Izvođenje

Interaktivna instalacija „Osećam se“ postavljena je u Sali AH8, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, 23. oktobra 2016. godine u 20 časova. Svedena programska knjižica u formi dizajniranog flajera postavljena je ispred sale te su posetioci dobili pisanu uvodnu reč i smernice o mogućim intervencijama. Nakon otvaranja vrata u zadato

<sup>18</sup>Luiči Pirandela (Luigi Pirandello) rođen je 1867. godine, a umire u Rimu 1936. Bio je italijanski romanopisac, pesnik i dramaturg. Potiče iz bogate porodice i život provodi u borbi za ideale koje je nasledio od roditelja. Pirandela je dobitnik Nobelove nagrade za književnost 1934. godine.

vreme, posetioći su postepeno osvajali prostor i načinili ga ti viim prostorom igre isprobavajući kostime i postajući neko drugi makar na tren. S početka je uočena doza straha i nesigurnosti, bojazni, no uz muziku i intimno svetlo, te kopiranje najhrabrijih, svi posetioći su postali aktivni učesnici – reagovali su na odeću i zapisivali kako se osećaju i koji lik nose. Zanimljivo je bilo uočiti da su parovi (publika koja je došla u paru) odabirali estetski srodne kostime te zadržali odnos „uparenosti“ čak i kada su preuzimali nove likove/karaktere.

Bilo je potrebno vreme kako bi se osetio novonastali prostor i kako bi se u njemu delovalo. Reakcija publike potvrđuje da u pitanju instalaciji koja zahteva veoma otvorene posetioce za eksperimentisanje. Ona je zavisna od posetioca i ti vi isključivo od spremnosti posetioca da učestvuju i reaguju.

Tokom izvođenja, autorka se neprestano pitala da li je dodatna priprema posetilaca pre izlaska bila neophodna ili je ovo direktno sučeljavanje bilo idealno – prirodno. Činom dodatne pripreme posetilaca vrši se uticaj na njihova osećanja, sugestije deluju i gubi se deo intimne istine o ličnom doti vljaju te se odluka da se prilikom prvog izvođenja svi prepuste ličnom utisku smatra ispravnom.

Posetioći su se zadržali na otvaranju sat i po vremena i osim pisanja komentarisali su svoja osećanja, ali i osećanja svih prisutnih. Uspostavljena je atmosfera igre. Ipak, za svako naredno izvođenje autorka smatra neophodnim uvođenje što sublimiranije animacije posetilaca kako bi ispitala i odnos subjektivnost - objektivnost na emotivnom planu.

## 5. ZAKLJUČAK

Poigravanje osobinama, karakterima i ljudskim senzibilitetom, navodine nas na polje eksperimenata u kojima se lako uodnošavamo sa različitim, čime se uspostavlja shvatanje i prihvatanje tog drugog "različitog". Proučavanje čoveka, kao sklopa raznih osobina, za rezultat daje saznanje o karakteru kao skupu različitih osobina, situaciono podletnim promeni. Lepota reakcije vođenim trenutnim osećanjima ili formiranju karaktera u vremenu pruža prostor igre.

Ispitivanjem odnosa karaktera i odevanja, kao i pitanja kojima uticaj na čiji karakter dolazimo do zaključka da čovek daje karakter odevanju, a da odevanje daje čoveku određen osećaj koji je deo karaktera. Interaktivnom instalacijom „Osećam se“ sam čovek, kojim se rad u biti bavi postavljen je u ulogu kreativnog učesnika – učesnika koji stvarao. Tako je napravljena paralela između iluzije i stvarnosti sastavljenih u jednom trenutku. Taj prostor susreta je prostor zaustavljenog vremena.

## 6. LITERATURA

- [1] „Mala enciklopedija 2“, izdavač: PROSVETA, 1986. god. u Beogradu;
- [2] „Odelo i oružje“, Dr Pavle Vasić, treće dopunjeno izdanje 1992. god., Univerzitet umetnosti u Beogradu i Clio;
- [3] „Dramaturgija kostima“, Dr Milenko Misailović, Sterijino pozorje – „DNEVNIK“ Novi sad, 1990. god.;

- [4] „Osnovni problemi režije“ Hugo Klajn, Univerzitet umetnosti u Beogradu, 1979. god.;
- [5] „Sta je scenografija?“, Pamela Hauard, Clio 2002. god.;
- [6] Fridrih Niče, esej „Genealogija morala“;
- [7] „Šest lica traže pisca“, Luigi Pirandella, Paideia.

## 7. PRILOZI



Prilog br. 1. Plakat.



Prilog br. 2. Programska knjižica.



Prilog br. 3. Realizacija rada.



Prilog br. 4. Izvedba.



Prilog br. 5. Izvedba.



Prilog br. 6. Izvedba.

### Kratka biografija:



Tijana Sićević rođena je 1991. godine u Prištini. Stiče zvanje kostimografa završetkom osnovnih studija scenske kostima 2014. Godine na Fakultetu primenjenih umetnosti u Beogradu. Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu završava master studije Scenske arhitekture i dizajna 2016. godine.

**ARHITEKTURA EROTIKE U SCENSKOM DOGAĐAJU LJUDSKOG TELA**  
**ARCHITECTURE OF EROTICA OF THE HUMAN BODY IN SCENE DESIGN**Nemanja Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – Scenski arhitektura i dizajn**

**Kratak sadržaj** – Master rad *Arhitektura erotike u scenskom događaju ljudskog tela se bavi pojmom erotike kroz prizmu ljudskog tela. Predstavlja težnju da omogući i prikaže postepeno građenje erotike u raznim pojavnim oblicima i raznim scenskim događajima. Kao prostor komunikacije i interakcije između, pre svega, dva subjekta, erotika, predstavlja neistraženo polje osećanja kojih nismo svesni i koja se pojavljuju u određenim trenucima.*

**Abstract** – *Master's thesis Architecture of erotica of human body in scene design, deals with the notion of eroticism through the prism of the human body. Is an effort to enable the gradual construction of erotica appears in various forms and various stage events. As a space of communication and interaction between the two entities, eroticism, is unexplored feelings of which we are aware and which occur at certain moments.*

**Ključne reči:** *Scenski događaj, erotika, prostor, ljudsko telo*

**1. UVOD**

Umetnički projekat *Teatar trećeg pingvina*, u okviru master rada, predstavlja težnju da omogući i prikaže postepeno građenje nastajanje, erotike u raznim pojavnim oblicima i raznim scenskim događajima. Telo kao medijum erotike i scenski događaj kao vremenska i prostorna odrednica, zajedno predstavljaju nerazdvojne faktore koji direktno utiču na pojavu erotike.

Kroz narativ erotike, ljudsko telo možemo posmatrati kao površinu upisa, dok je scenski događaj spoljašnji faktor koji utiče i potpomaže pojavu i percepciju erotike. U scenskom događaju, telo odnosno glumac – telo glumca, predstavlja samo jedno od scenskih izražajnih sredstava. *Glumac informiše svojom „telesnošću“. Svetla se pale, glumac zauzima prostor, gledaoci ga primećuju i pozorište počinje. Dramski trenutak je stvoren i neumitno sledi odgovor gledališta. Otpočela je komunikacija<sup>1</sup>.*

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Slobodan Selinkić.**

<sup>1</sup> En Denis, *Artikulisano telo – Fizička obuka glumca*, Institut za pozorište, film, radio i televiziju – Fakultet dramskih umetnosti, Beograd, 1997., str.14.

Za razliku od glumca čije je telo dobro *naštimovan instrument<sup>2</sup>* i pozorišta, u kojem je sve unapred određeno i definisano i u kojem se prisustvo publike podrazumeva, u stvarnom životu mi i naša tela tumaramo, sudaramo se i prepušteni na talasima osećanja lutamo ne vodeći računa o publici koje može i ne mora biti oko nas.

**2. POETIČKI I TEORETSKI OKVIR TEATRA TREĆEG PINGVINA****2.1. Pojam ljudskog tela – telo kao entitet**

Ono što je postigao Dekart nije bilo zapravo odvajanja duha od tela (odvajanje koje je već dugo bilo anticipirano u grčkoj filozofiji od Platona), nego odvajanje duše od prirode. Dekart je razlikovao dve vrste supstancije: misleću supstanciju (*res cogitans*, duh) i prostiruću supstanciju (*res extensa*, telo).

Ukoliko pratimo Dekartovu filozofsku misao i posmatramo telo kao puku fizičku datost, praveći jaz i odvajajući ga od misleće supstancije i osećaja, telo možemo posmatrati kao medijum, nosioca informacija koje dolaze sa nekog drugog mesta, kao površinu upisa. U tom slučaju, ukoliko subjekt (telo) treba da dobije neko znanje iz spoljašnjeg sveta, ako ima priliku da to znanje obradi i učini da ga drugi razumeju, na telo moramo da gledamo kao na neotpornu popustljivost koja minimalno iskripljuje informacije.

Za razliku od Dekarta, Spinoza smatra da je duh ideja tela, tačno u onoj meri u kojoj je telo ekstenzija duha.

Telo se smatra političkim, društvenim i kulturnim objektom. Ono je kulturno preplitanje i proizvodnja kulture. Nije ni brutalno ni pasivno, nego je isprepletano sa konstitutivnim elementima sistema značenja, označavanja i reprezentacije. S jedne strane, ono je označiteljsko i označeno telo, a sa druge, ono je objekat sistema društvene prisile, upisivanja zakona, i polne i ekonomske razmene.

**2.2. Pojam erotike**

Erotika se često podvodi pod pojam seksa i poistovećuje sa seksualnošću. Posmatramo je kao deo seksualnog čina i kao fetišizaciju samog seksa koja ima svoje pojavne oblike kroz odevne i druge predmete. Međutim, erotika je više od toga.

<sup>2</sup> *Glumčev instrument, telo, mora biti dobro naštimovan i sposoban da odrazi sve unutrašnje i spoljašnje uticaje dramskog trenutka. Fizičkom mucanju i nabadanju nema mesta; nema prostora za nasumičan pokret izveden u pustoju nadi da će publika uspeti da pogodi značenje trenutka.* En Denis, *Artikulisano telo – Fizička obuka glumca*, Institut za pozorište, film, radio i televiziju – Fakultet dramskih umetnosti, Beograd, 1997., str.17.

Jedinstvenost erotike je u tome što je usmerena ne na tela, nego na želje. Ona je neprekidan dijalog moje želje sa drugim željama, dijalog u kojem seksualna strana, telo, nastupa kao sredstvo za komunikaciju. U erotici, telo je samo medijum, sredstvo komunikacije.

### 3. UMETNIČKO ISTRAŽIVANJE

#### 3.1. Umetničko-istraživački problem

Reklamno-erotsko društvo u kojem živimo teži organizaciji želje, uvećavanju do nečuvenih razmera, zadržavajući njeno zadovoljavanje u granicama intimne sfere. Da bi takvo društvo funkcionisalo, da se takmičenje ne bi prekidalo, potrebno je uvećati želju kako bi ona, šireći se, gutala čovekov život.

Erotizacija masovne kulture predstavlja proces u kojem se, posredstvom jednostavnih kodova, čovek zadovoljava niskim strastima, dovodeći svoj libido u stanje određene aktivnosti i hipertrofije.

Prodajući svoju intimu mi ne prodajemo naša tela ili lica, mi prodajemo sami sebe. Kockamo se sa jedinim preostalim trenutkom samosti, trgujemo sa našom samoćom. Lukavstvo je naizbežan saputnik trgovine u ovoj sve komplikovanoj trgovini libida. Trgovini između želje i uživanja. Što više uzeti, a što manje dati kako bismo sačuvali našu dovitljivost. U brzini postoji samo reprezentacija, dok original uporno izmiče.

### 4. METODE UMETNIČKO-ISTRAŽIVAČKOG RADA

Metodologija jednog istraživačkog rada, kao i ovog projekta, predstavlja unapred utvrđen put i način izražavanja koji nas vodi ka spoznaji istine o nečemu što istražujemo. U *Teatru trećeg pingvina* ta istina bi bila erotika. Ako metoda označava planski postupak ispitivanje neke pojave, odnosno način adekvatnog rada za ostvarivanje nekog cilja, onda je u ovom radu cilj spoznaja erotike i utvrđivanje načina na koji može da se gradi pa otud i pojam arhitektura erotike.

Za razliku od naučnog istraživanja koje je usmereno ka konkretnom, egzaktnom cilju, u umetnosti nije sasvim lako definisati cilj ni svrhu istraživanja. Kroz umetničku praksu i sam čin stvaranja, ideje, misli, koncepti dolaze do određenih oblasti saznanja, bilo one teoretske ili iskustvene. Prema tome, umetnik odnosno izvođač i publika odnosno recipijent, moraju stalno da istražuju, da koreaguju u graničnim prostorima kroz konstantno negiranje već stečenog iskustva. Jer, samo tako je i moguće spoznati erotiku i zakoračiti u nepoznato.

#### 4.1. Fotografija kao medijum erotike

Fotografija kao umetnost i kao posrednik erotike, izabrana je za jedan od metoda umetničkog istraživanja ovog rada, radi ispitivanja mogućnosti likovnog izražavanja erotike kroz fotografiju i radi ostvarivanja konceptualne zamisli erotike kroz narativ fotografskih prikaza. Fotografija predstavlja sposobnost kodiranja vizuelne slike u dvodimenzionalne simbole, čija likovnost pruža pregršt mogućnosti za isčitavanje i učitavanje značenja. Fotografija je u ovom projektu iskorišćena kao

narativ i vizuelni jezik, kao skup informacija odnosno značenja. Fotografijom se želi postići paralelna scena, koja funkcioniše u značenjskom kontekstu, gde fotografije postaju kodirani tekst. Na ovaj način, gledalac prima veliki broj informacija smeštenih u apstraktan imaginarni prostor u kojem se javlja erotika.

Cilj nije stvaranje estetskog, vizuelnog ili likovnog fotografskog dela, nego upotreba fotografije kao sredstvo eksperimentisanja, istraživanja i dokumentovanja samog koncepta teatra Trećeg pingvina.

#### Prvi svedok<sup>3</sup>



Sakriveni od kišnih kapi, sedeli su dugo, i u tišini posmatrali ples dveju stolica. Jedna stolica je bila njegova, druga njena...

#### Drugi svedok<sup>4</sup>



Čistili smo palete, sklanjali štafelaje i neuspešno skidali boju sa ruku. Još jedan smiraj dana, završena deonica. Koristili smo istu krpu i delili četkicu.

#### 4.2. Dramsko delo kao svedok – medijum erotike

Pored fotografije, kao još jedan metod umetničkog istraživanja u ovom radu, korišćen je dramski tekst. Iščitavanje dramskog teksta pruža bezbroj mogućnosti učitavanja različitih značenja i osećanja. Dramski tekst predstavlja vid umetničkog izražavanja u kojem preko slova i reči, čitalac komunicira sa piscem. *Sadržina drame uvek ima karakter radnje koja se razvija pred gledaocem, u kojoj sva lica prema svom karakteru uzimaju ovo ili ono učešće i koja se postupno razvija u određenom pravcu, težeći konačnom cilju koji je postavio pisac*<sup>5</sup>.

#### Treći svedok<sup>6</sup>

**ON:** Znaš zašto te nisam potražio?

*(Ona ga gleda, čekajući.)*

Postoji tračak nade, da će jednog dana stvari biti bolje. Posle određenih godina, to nije ambicija. To je samo malo

<sup>3</sup> Baščaršija, Sarajevo, 2013.

<sup>4</sup> Slikarski atelje profesora Marka Lađušića, Beograd, 2012.

<sup>5</sup> Konstantin Sergejevič Stanislavski, *Pozorišna etika – Umetnost glumca i reditelja*, Samizdat; Beograd, 2014., str. 52.

<sup>6</sup> Tena Štivičić, *Svici*, Beograd, 2012.

parče iluzije... da sam se malo više trudio, stvari su mogle da izađu na dobro. (*pauza*) Ti si bila ta iskra.

(*On joj se približi*)

Glupo je, nekad misliš da je naivno i besmisleno romantično da misliš kako život može da se vrti oko... žene. Ali.. tako je ispalo i upravo zbog toga sam te prvi put ostavio. I drugi i... zato što sam znao da ako se tome predam, to je to. To je vrh, sam vrh brda. A ako zajebe stvari, što je neizbežno, onda ću morati da se suočim sa... ni sa čim. Moraću da provedem ostatak života znajući da sam, u svakom smislu te reči, u jednom trenutku već dostigao vrhunac. Eto.

#### Četvrti svedok<sup>7</sup>

**ONA:** Prošlo je određeno vreme od kada sam ga upoznala. Taman onoliko koliko treba da se sve kockice poklope. Malo po malo, samo bivajući ono što jeste, otapao je veliku santu leda koja me je okruživala. Razgovorom, strpljenjem, stajanjem ispod drveta, šetanjem, slušanjem muzike na podu njegove sobe, svojim dodirima... Otkrivajući se jedno drugom, sve više smo se približavali, sve dok se nismo spojili u jedno. Potvrdio mi je da se želje stvarno ostvaruju i da nikad ne treba pristajati na manje od onoga što želiš i zaslužuješ. Lepi tenuci ne jenjavaju. Iako kažu da se ljubav i strast vremenom stišavaju, mi prkosimo svima, jer nismo dopustili da upadnemo u njihove kalupe. Svaki dan se iznova zaljubljujem u njegove oči, nos, usne, uši, šake...u njega i njega.

### 5. OSNOVNA POSTAVKA PROJEKTA *TEATAR TREĆEG PINGVINA*

Master umetnički projekat *Teatar trećeg pingvina* je projekat višemedijskog karaktera, te je njegova realizacija zamišljena tako da zadovolji zahteve više medija koji čine instalaciju i performativni deo projekta. Kroz umetnički okvir projekta i kroz istraživanje erotike, kao centralni deo izvođačkog dela projekta proistekao je performans *Ja nisam tu*. To je razumljivo ako se pođe od činjenice da se erotika javlja u određenom trenutku, da je nestalna i da zahteva komunikaciju dva ili više subjekata.

Struktura umetničkog projekta *Teatar trećeg pingvina* razvija se kroz formu multimedijalne instalacije – performansa, koji se sastoji od 3 segmenta, koji zajedno utiču na arhitekturu erotike:

- Prvi segment – tekstualni siže master rada
- Drugi segment – fotografije
- Treći segment – crna soba

*Teatar trećeg pingvina* se postavlja u galerijskom prostoru, pod određenim uslovima koji zadovoljavaju potrebe projekta kroz konceptualni i eksperimentalni okvir njegove realizacije. Prvi segment predstavlja svojevrsni uvod u ceo performans. Publika iščitava moja I iskustva i osećaje kroz tekstualni siže rada. Paralelno sa iščitavanjem, odvija se i drugi segment, proces vizuelne konekcije i komunikacije sa izloženim fotografijama. Izložene fotografije predstavljaju medijum erotike, trenutak zabeležen u vremenu koji preko vizuelnog narativa prenosi energiju i erotiku. Nezaobilazni deo

projekta je sve vreme prisutna, *nova stvarnost*<sup>8</sup>, posredovana i umetnuta gledaocu, koja u njemu budi osećanja i izaziva erotiku.

Crna soba, zvučno izolovana, dve stolice. Učesnici performansa ulaze u sobu jedan po jedan. Vreme koje provedu u sobi nije unapred određeno. Na ovaj način, pomera se diskurs percepcije gledaoca-učesnika, koji nesvesno od uloge pasivnog posmatrača postaje aktivni učesnik. Sedimo, stojimo, gledamo se, držimo za ruke...pričamo o erotici. Ono što se desi ostaje u toj sobi.

#### 5.1. Performans „Ja nisam tu“

Performans „Ja nisam tu“, u okviru master umetničkog istraživanja je otvaranje sebe sebi. Tokom performansa, ja postajem treći pingvin, gledalac. Posmatram vas i vas kako komunicirate i istražujete sami sebe. Dovodim vas u trenutak nekontrolisane iskrenosti i pomažem da otključate erotiku u sebi. Put u nepoznato u kojem ne znamo kada i kuda ćemo. Prepušteni na talasima osećanja postajemo protagonisti zarobljenog trenutka u crnoj sobi. Za pojavu erotike potrebna je priprema na svesnom i nesvesnom nivou. U *Teatru trećeg pingvina* ta priprema se odigrava na svesnom nivou, dok se u drugim životnim situacijama priprema pojave erotike odigrava na nesvesnom nivou. Svojim performansom želim da uz pomoć dirigovane stvarnosti, podstaknem učesnike ka autorefleksiji i otvaranju sebe sebi. Da zajedno zakoračimo u nepoznato. Crna soba je samo metafora hrabrosti; hrabrosti da se načini taj korak. Korak posle koga nema nazad.

### 6. PRODUKCIJSKI I TEHNIČKI ASPEKTI REALIZACIJE PROJEKTA

*Prostor:*

Projekat *Teatar trećeg pingvina* se realizuje u prostoru napuštene fabrike – ciglane u Višnjičkoj banji. Ciglana klub ljubitelja teške industrije, nalazi se u četvrti Rospri ćuprija.

Ova četvrt je poznata po nizu ciglana koje više nisu u funkciji i koje nemo stoje sa svojim visokim dimnjacima i predstavljaju relikv prošliosti. Za većinu beskorisni prostori, za one sa drugačijim pogledom prostori puni potencijala – izložbenog prostora.

U Ciglanu nema ograničenja, ona je mesto gde umetnost oslobađa, i upravo zbog toga je izabrana kao fizički prostor realizacije ovog projekta. Arhitektonski tekst prostora Ciglane opšti sa nama.

*Poznato je da senzualnost nadvladava i najracionalnije građevine. Arhitektura je konačan erotski čin. Dovedite je do krajnosti i ona će razokriti tragove razuma i čulno iskustvo prostora*<sup>9</sup>.

Erotika ovog prostora, nije jednostavno užitek čula niti je u njegovoj arhitekturi, ona je u čulnom iskustvu prostora, u stupanju u odnos sa drugačijim.

<sup>7</sup> Dunja Kovačević, Beograd, 2016.

<sup>8</sup> Nova stvarnost se u ovom projektu posmatra kao skup svih čulnih i ostalih nadražaja koje učesnik prima iz samog prostora i koje posredstvom procesa autorefleksije dovode do postepene arhitekture erotike.

<sup>9</sup> Bernard Tschumi, *Arhitektura i disjunkcija ili filozofija prostora Bernarda Tschumija*, AMG, Zagreb, 2004., str. 60.

#### Publika:

Publika *Teatra trećeg pingvina* se poziva da učestvuje u performansu direktnim pozivima, slanjem mailova i poruka. U poruci, pored kratkih informacija o umetničkom projektu, publika dobija informacije i o mestu realizacije, tačnoj lokaciji i satnici projekta.

#### Satnica:

*Teatar trećeg pingvina* je otvoren sve vreme, ali publika ima prilike da ga poseti u unapred definisanim terminima.

#### Plan ulaska i kretanja publike:

Svaki učesnik i posetilac teatra ima slobodu izbora u kojem trenutku će ili neće ući u crnu sobu, kao i slobodu da sedi, stoji, da izađe i ponovo uđe u teatar. Publika ima slobodu kretanja po celom prostoru bez ograničenja.

#### Tehnička oprema:

2 drvene stolice, forexi sa odštampanim fotografijama.

### 7. PUBLIKA – PERCEPCIJA I RECEPCIJA DELA

Učesnici u ovom projektu se posmatraju kao primaoci poruka – recepijenti, sa jedne strane, dok istovremeno postaju i učesnici dijaloga. Komunicirajući na više nivoa, "publika" nesvesno ulazi u proces percepcije dela posredovan komunikacijom na svesnom i predsvesnom nivou.

U ovom radu, akcentat je na učesniku, koji posredstvom ličnih iskustava i dirigovane nove stvarnosti u kojoj se nalazi, biva upleten odnosno uveden u arhitekturu erotike stvarajući novi efemerni prostor, prostor *Teatra trećeg pingvina*. Postajući prostorno kontekstualizovan, glumac "igra" prostor ili tumači odnos prema njemu u sebi i iz sebe, čime ustanovljava unutarnji fizički i duhovni prostor igre<sup>10</sup>.

Prostor *Teatra trećeg pingvina* u ovom projektu predstavlja prostor komunikacije, sukoba, prostor igre, nadmudrivanja, pipanja, oseta, prostor u kojem je sve dozvoljeno. Učesnik ovog projekta kreira sopstveni prostor, pomera granice i izlazi iz svoje zone komfora. Samo ako smo dovoljno hrabri da se upustimo u novo i nepoznato, možemo doživeti erotiku. Erotika je put u nepoznato. Terajući nas da konstantno istražujemo i eksperimentišemo sa nama samima, erotika postaje životni moto, narativ međuljudskih odnosa i komunikacije.

### 8. ZAKLJUČAK – POSTULAT TREĆEG PINGVINA<sup>11</sup>

Ako sam ja ja, zato što sam ja ja,  
i ako si ti ti, zato što si ti ti,  
**ja sam ja, i ti si ti.**

Ako sam naprotiv,  
ja ja zato što si ti ti,  
i ako si ti ti zato što sam ja ja,  
**onda ja nisam ja, a ti nisi ti.**

### 4. LITERATURA

[1] Denis, En: "Artikulisano telo – Fizička obuka glumca", Institut za pozorište, film, radio i televiziju – Fakultet dramskih umetnosti, Beograd, 1997.

[2] Stanislavski, Konstantin Sergejevič: „Pozorišna etika – Umetnost glumca i reditelja“, Samizdat; Beograd, 2014.

[3] Tena Štivičić: „Svici“, Beograd, 2012.

[4] Bernard Tschumi: „Arhitektura i disjunkcija ili filozofija prostora Bernarda Tschumija“, AMG, Zagreb, 2004

[5] Dinulović, dr Tatjana, Doktorski rad *Fenomenologija scenskog dizajna*, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2014.

#### Kratka biografija:



**Nemanja Jovanović** rođen je 1988. godine u Beogradu. Osnovne studije Menadžment i produkcija pozorišta, radija i kulture, je završio na Fakultetu dramskih umetnosti Univerziteta umetnosti u Beogradu. Učestvovao je u produkciji i realizaciji brojnih koncerata, festivala i projekata iz oblasti kulture. Trenutno živi i radi u Beogradu.

<sup>10</sup> Dr Tatjana Dinulović, *Pojam i osnovne odrednice scenskog dizajna*

<sup>11</sup> Jasmina Reza, *Art*, Beograd, 2005.



U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2015. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Duško Bekut	Milan Rackov	Slavko Đurić
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Ćosić	Milan Rapajić	Slobodan Dudić
Aleksandar Ristić	Đorđe Lađinović	Milan Simeunović	Slobodan Krnjetin
Bato Kamberović	Đorđe Obradović	Milan Trifković	Slobodan Morača
Biljana Njegovan	Đorđe Vukelić	Milan Trivunić	Sonja Ristić
Bogdan Kuzmanović	Đura Oros	Milan Vidaković	Srđan Kolaković
Bojan Batinić	Đurđica Stojanović	Milena Krklješ	Srđan Popov
Bojan Lalić	Emil Šećerov	Milica Kostreš	Srđan Vukmirović
Bojan Tepavčević	Filip Kulić	Milica Miličić	Staniša Dautović
Bojana Beronja	Goran Sladić	Milinko Vasić	Stevan Milisavljević
Branislav Atlagić	Goran Švenda	Miloš Slankamenac	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Gordana	Miloš Živanov	Strahil Gušavac
Branislav Veselinov	Milosavljević	Milovan Lazarević	Svetlana Nikoličić
Branislava Kostić	Gordana Ostojić	Miodrag Hadžistević	Tanja Kočetov
Branislava	Igor Budak	Miodrag Zuković	Tatjana Lončar
Novaković	Igor Dejanović	Mirjana Damjanović	Turukalo
Branka Nakomčić	Igor Karlović	Mirjana Malešev	Todor Bačkalić
Branko Milosavljević	Ilija Kovačević	Mirjana Radeka	Toša Ninkov
Branko Škorić	Ivan Beker	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Cvijan Krsmanović	Ivan Župunski	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Damir Đaković	Ivana Katić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Danijela Lalić	Ivana Kovačić	Miroslav Plančak	Velimir Todić
Darko Čapko	Jasmina Dražić	Miroslav Popović	Veljko Malbaša
Darko Marčetić	Jelena Atanacković	Mitar Jocanović	Veran Vasić
Darko Reba	Jeličić	Mladen Kovačević	Veselin Avdalović
Dejan Ubavin	Jelena Borocki	Mladen Radišić	Veselin Perović
Dragan Ivanović	Jelena Kiurski	Momčilo Kujačić	Vladan Radlovački
Dragan Ivetić	Jelena kovačević	Nađa Kurtović	Vladimir Katić
Dragan Jovanović	Jureša	Nebojša Pjevalica	Vladimir Radenković
Dragan Kukolj	Jelena Radonić	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Strezoski
Dragan Mrkšić	Jovan Petrović	Nemanja	Vladimir Škiljajica
Dragan Pejić	Jovan Tepić	Stanisavljević	Vlado Delić
Dragan Šešlija	Jovan Vladić	Nenad Katić	Vlastimir
Dragana Bajić	Jovanka Pantović	Nikola Brkljač	Radonjanin
Dragana	Karl Mičkei	Nikola Đurić	Vuk Bogdanović
Konstantinović	Katarina Gerić	Nikola Jorgovanović	Zdravko Tešić
Dragana Šarac	Ksenija Hiel	Nikola Radaković	Zoran Anišić
Dragana Štrbac	Laslo Nađ	Ninoslav Zuber	Zoran Brujic
Dragi Radomirović	Leposava Grubić	Ognjen Lužanin	Zoran Jeličić
Dragiša Vilotić	Nešić	Pavel Kovač	Zoran Mijatović
Dragoljub Novaković	Livija Cvetičanin	Peđa Atanasković	Zoran Milojević
Dragoljub Šević	Ljiljana Vukajlov	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Dubravka Bojanić	Ljiljana Cvetković	Predrag Šiđanin	Zoran Papić
Dušan Dobromirov	Ljubica Duđak	Radivoje Rinulović	Željken Trpovski
Dušan Gvozdenac	Maja Turk Sekulić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Dušan Kovačević	Maša Bukurov	Radovan Štulić	
Dušan Sakulski	Matija Stipić	Rastislav Šostakov	
Dušan Uzelac	Milan Kovačević	Slavica Mitrović	

