



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXVII

Број: 1/2022

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXVII

Свеска: 1

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

Уредништво:

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

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

Редакција:

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

Проф. др Драгољуб Новаковић
Доц. др Иван Пинђер
Бисерка Милетић

Језичка редакција:

Бисерка Милетић, лектор
Софија Рацков, коректор
Мр Марина Катић, преводилац

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,
проф. др Стеван Станковски, председник.

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

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Месечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

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

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

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

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

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

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

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 29.09.2021. до 26.10.2021. год., а који се промовишу 27.01.2022. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

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

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

У овој свесци, са редним бројем 1. објављени су радови из области:

- машинства,
- грађевинарства,
- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна и
- архитектуре,

У свесци са редним бројем 2. објављени су радови из области:

- електротехнике и рачунарства.

У свесци са редним бројем 3. објављени су радови из области:

- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите на раду и заштите животне средине,
- мехатронике,
- геодезије и геоматике,
- регионалне политике и развоја,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара,
- инжењерства информационих система,
- сценске архитектуре и дизајна,
- биомедицинског инжењерства,
- анимације у инжењерству,
- информационог инжењеринга и
- чистих енергетских технологија.

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

	STRANA
Radovi iz oblasti: Mašinstvo	
1. Aleksa Medić, Sanja Bojić, UNAPREĐENJE PROIZVODNOG SISTEMA PRIMENOM KANBAN-a	1-3
2. Miloš Ranisavljev, Branko Štrbac, OPTIMIZACIJA PROCESA MERENJA NA KOORDINATNOJ MERNOJ MAŠINI PRIMENOM TAGUČI DIZAJNA EKSPERIMENTA	4-7
3. Marko Zagoričnik, SAVREMENI PRILAZ U OPTIMIZACIJI TEHNOLOŠKIH PROCESA OBRADE	8-11
4. Elena Herbut, PREGLED PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA U NISKOTEMPERATURSKIM SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA	12-15
5. Miloš Tomić, RAZMATRENJE IDEJNOG REŠENJA I REALIZACIJA PROJEKTA GREJANJA I KLIMATIZACIJE OBJEKTA SPECIJALNE NAMENE	16-19
6. Ružica Sovilj, Nikola Ilanković, ANALIZA I OSNOVE ISPITIVANJA TEKSTILNIH MATERIJALA NOSEĆIH SLOJEVA TRAKA TRAKASTIH TRANSPORTERA	20-23
7. Соња Балаћ, КОНЦЕПТ ДИГИТАЛНОГ БЛИЗАНЦА У КОСМОНАУТИЦИ	24-27
8. Немања Ђурић, Никола Иланковић, ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКАТ УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА	28-31
9. Nemanja Miletić, ANALIZA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI U SISTEMU SNABDEVANJA OBJEKTA ZDRAVSTVENE NAMENE	32-36
10. Dejan Mijić, Marin Gostimirović, PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE ELEKTROEROZIVNE IZRADE ALATA ZA EKSTRUDIRANJE UKRASNE LAJSNE	37-40

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Đorđe Veselinović, PROJEKAT AB SKELETNE KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA ANALIZA USVOJENE ARMATURE	41-44
2. Ljiljana Božić, Jasmina Dražić, PLANIRANJE PROIZVODNJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE MONTAŽNE HALE	45-48
3. Mirjana Terzić, PRIMJENA BIM-A I SRODNIH TEHNOLOGIJA U PROCESU INDUSTRIJALIZACIJE U GRAĐEVINARSTVU	49-52
4. Tanja Ivančević, ANALIZA ČELIČNE KONSTRUKCIJE NA DEJSTVO POŽARA PREMA EN 1993-1-2	53-56
5. Анита Рајда, ПРИМЕНА УВАЉАНОГ БЕТОНА У ПУТАРСТВУ	57-60
6. Радмила Милашиновић, АНАЛИЗА РАЗЛИЧИТИХ ВРСТА АСФАЛТНИХ СЛОЈЕВА ЗА РЕКОНСТРУКЦИЈУ КОЛОВОЗА НА ДРЖАВНОМ ПУТУ II А РЕДА БРОЈ 113 КИСАЧ – СТЕПАНОВИЋЕВО	61-64
7. Јелена Јевтић, УПОРЕДНИ ПРИКАЗ – ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА ПРИМЕНОМ СТАНДАРДА СРПС УЦ.4 012 И СРПС УЦ.4 015	65-68
8. Марко Кнежевић, ПРИМЕНА ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА PLATEIA НА ДЕОНИЦИ ПУТА IIA РЕДА ИЗМЕЂУ НАСЕЉА ЛАЂАРАК И МАТИНЦИ У ДУЖИНИ ОКО 2КМ	69-72
9. Саша Савић, Милош Шешлија, ИЗРАДА ПРЕТХОДНИХ БЕТОНСКИХ МЕШАВИНА ЗА ПРИМЕНУ У ГРАДСКИМ УСЛОВИМА	73-76
10. Невена Петровић, КАРАКТЕРИСТИЧНА ОШТЕЋЕЊА КРУТИХ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА И МОГУЋНОСТ ЊИХОВЕ САНАЦИЈЕ	77-80
11. Ненад Ваван, ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ЂУРЂЕВО	81-84
12. Marko Jelača, PROJEKAT SISTEMA ZA PODZEMNO NAVODNJAVANJE-SUBIRIGACIJA – 26ha	85-88
13. Ivan Dudaš, PROJEKAT NAVODNJAVANJA KOMBINACIJOM SISTEMA CENTAR PIVOT I RENDŽER U KULPINU	89-92
14. Stefana Biočanić, IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA NASELJU SEFKERIN	93-96
15. Strahinja Milosavljević, Matija Stipić, ANALIZA RAZVOJA KANALIZACIONOG SISTEMA PETROVARADINA	97-100
16. Николина Брборић, ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈЕ АБ ЗГРАДЕ ПРЕМА ЕВРОКОДУ И УТИЦАЈ ПОЛОЖАЈА ЗИДОВА ЗА УКРУЋЕЊЕ НА ОДГОВОР КОНСТРУКЦИЈЕ	101-104
17. Julijana Stupić, IDEJNO RJEŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA DO MELIORATIVNIH KANALA U NASELJU ŽABALJ	105-108
18. Nina Pavlović, IDEJNO REŠENJE VODOSNABDEVAJA NASELJA ŽABALJ I ĐURĐEVO	109-112

Radovi iz oblasti: Saobraćaj

- | | |
|---|---------|
| 1. Никола Ћопић,
СИСТЕМ УПРАВЉАЊА БЕЗБЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ | 113-116 |
|---|---------|

Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn

- | | |
|--|---------|
| 1. Jelena Petrović, Željko Zeljković,
TRGOVINA UŽIVO NA PLATFORMI FACEBOOK - MODEL KOMPANIJE SAMSUNG- | 117-120 |
| 2. Milana Davidov, Stefan Đurđević,
PROJEKTOVANJE PARAMETARSKI ZAVISNE KUTIJE | 121-124 |
| 3. Katarina Maričić, Živko Pavlović,
AUTOMATIZACIJA RADNIH TOKOVA U GRAFIČKOJ PROIZVODNJI | 125-128 |
| 4. Nikolina Dunđer, Neda Milić Keresteš,
HEURISTIČKI METOD EVALUACIJE WEB UPOTREBLJIVOSTI | 129-132 |
| 5. Tamara Radaković, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević,
ISPITIVANJE PONOVLJIVOSTI ŠTAMPE NA GRAFIČKOM SISTEMU HP LATEX 570 | 133-136 |
| 6. Dunja Jazić, Vladimir Dimovski,
DIZAJN SIGNALIZACIJE U PROSTORU | 137-140 |
| 7. Stana Marijanac, Miljana Prica, Vesna Gvoić,
PRIMENA GVOŽĐE(III)-MOLIBDATA KAO HETEROGENOG FENTON KATALIZATORA U
TRETMANU ŽUTE FLEKSO GRAFIČKE BOJE | 141-144 |
| 8. Aleksa Nemet, Željko Zeljković, Stefan Đurđević,
PRIMENA UI I UX DIZAJNA NA PRIMERU VEB APLIKACIJE NAMENJENOJ PRODAJI
PERSONALIZOVANIH ODEVNIH PREDMETA | 145-148 |
| 9. Srna Todorović,
METOLOGIJE TESTIRANJA UI/UX PROTOTIPA | 149-152 |
| 10. Katarina Savić, Savka Adamović,
EFIKASNOST ADSORPCIONOG UKLANJANJA ORGANSKIH POLUTANATA IZ EFLUENTA
OFFSET ŠTAMPE PRIMENOM NANOMATERIJALA | 153-156 |

Radovi iz oblasti: Arhitektura

- | | |
|--|---------|
| 1. Теодора Радановић,
ПРОЈЕКАТ ЕНТЕРИЈЕРА МУЗИЧКОГ СТУДИЈА | 157-160 |
| 2. Sanja Miočinović,
TRANSFORMACIJA TRGA SLOBODE U NOVOM SADU PUTEM URBANE AKUPUNKTURE | 161-164 |
| 3. Jelena Đurić,
PROJEKAT IDEJNOG REŠENJA VETERINARSKE KLINIKE SA HOTELOM ZA KUĆNE LJUBIMCE
U NOVOM SADU | 165-168 |
| 4. Jelena Jelača,
ISTRAŽIVANJE RAZVOJA KUHINJSKIH PROSTORA – SAVREMENI PRISTUP | 169-172 |
| 5. Милана Божић,
РУРАЛНА СТАМБЕНА ЈЕДИНИЦА У ЛЕЖИМИРУ | 173-176 |

UNAPREĐENJE PROIZVODNOG SISTEMA PRIMENOM KANBAN-a**PRODUCTION SYSTEM IMPROVEMENTS USING KANBAN**Aleksa Medić, Sanja Bojić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su date teorijske osnove Lean metodologije i predstavljeni su neki od osnovnih Lean alata zajedno sa njihovom primenom u proizvodnji. Poseban osvrt bio je na implementaciji Kanban sistema u kompaniji „Sveti Đorđije“ iz Apatina.

Ključne reči: Optimizacija, proizvodni sistemi, Lean, Kanban

Abstract – The paper presents the theoretical foundations of the Lean methodology and some of the basic Lean tools together with their application in production. A special review was on the implementation of the Kanban system in the company "Sveti Đorđije" from Apatin.

Keywords: Optimization, production systems, Lean, Kanban

1. UVOD

Intenzivan razvoj industrijalizacije, a pre svega industrije 4.0 u poslednjoj deceniji, doveo je do značajnih promena kako na svetskom tako i na domaćem tržištu. Promene koje su usledile, nametnule su kompanijama i preduzećima novu poslovnu filozofiju u kojoj se kupac stavlja u fokus, za razliku od tradicionalnog načina poslovanja gde je fokus bio na masovnoj proizvodnji. Takav, tradicionalan način poslovanja, u današnje vreme nije održiv jer proizvodnim kompanijama ne može da osigura adekvatnu tržišnu poziciju.

Način proizvodnje koji želi i potrebe kupca stavlja u prvi plan mora biti brz, fleksibilan i cenovno konkurentan. Svaki od navedenih zahteva ispunjava Lean metodologija proizvodnje, čijom primenom se postiže da kupac dobije željeni proizvod u tačno određeno vreme po principu *Just In Time* (tačno na vreme).

Spremnost kompanije da redefiniše i prilagodi strategiju poslovanja odlika je fleksibilnosti i adaptivnosti, koja pravi razliku između uspešnih i neuspešnih preduzeća. Iz tog razloga primena Lean metodologije dovodi do uspostavljanja kontinuiranog procesa neprestanog sistematskog identifikovanja i eliminacije suvišnih pojava u poslovanju preduzeća, tačnije otklanjanju svih aktivnosti koje ne predstavljaju vrednost iz ugla potrošača [1].

2. LEAN METODOLOGIJA

Prvi korak u primeni Lean metodologije je identifikacija gubitaka. **Šta u preduzeću predstavlja gubitke?**

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Sanja Bojić, vanr. prof.

To su sve aktivnosti koje ne doprinose krajnjoj vrednosti proizvoda – one koje povećavaju proizvodno vreme i cenu koštanja samog proizvoda. Pri čemu se pod vrednošću proizvoda, smatra samo ono što je kupac voljan da plati [2].

Bez obzira na strukturu sistema, moguće je uočiti gubitke koji se najčešće pojavljuju, a koji imaju direktan uticaj na radnike, mašine, materijale i kvalitet gotovog proizvoda. Navedeni gubici, podeljeni su u osam kategorija poznatijih kao „8 lean gubitaka“, slika 1:



Slika 1 Osam Lean gubitaka

- 1. Prekomerna proizvodnja.** Proizvodnja unapred, ili u količinama koje premašuju potražnju kupca. Ovakav vid proizvodnje, u suštini generiše sve ostale gubitke.
- 2. Čekanja (raspoloživo vreme).** Radnici uglavnom predstavljaju posmatračke mašine, ili moraju da stoje i čekaju sledeći korak u procesu, alat, zalihi, komad, itd. U suštini predstavlja prazan hod mašina i operatera, usled uskih grla u procesu, lošeg takta ili zastoja.
- 3. Transport ili doprema.** Bilo kakvo nepotrebno kretanje materijala, koje ne dodaje vrednost proizvodu, npr. transport između radnih jedinica (eng. *Work in process – WIP*).
- 4. Dodatna obrada ili korekcija.** Preuzimanje nepotrebnih koraka da bi se komad proizveo, a koje kupac neće prepoznati kao povećan kvalitet. Treba izbegavati bilo kakve greške u procesu koje mogu da dovedu do dorade na predmetima rada. Gubici (škart) se povećavaju kada se prave proizvodi koji su kvalitetniji od zahtevanog.
- 5. Zalihe.** Generisanje nepotrebno visokog nivoa sirovog materijala, nezavršene proizvodnje ili delova stvaraju trošak. Sve ovo povećava cenu skladištenja (povećava zarobljeni kapital), povećava procenat grešaka u proizvodnji (pokriva nastale defekte na proizvodu). Takođe, velike zalihe prikrivaju probleme kao što su: disbalansi proizvodnje, kasne isporuke dobavljača, defekti, duža pripremno završna vremena.
- 6. Nepotrebno kretanje.** Bilo koji pokret koji operater mora da napravi u toku svog rada, koji ne predstavljaju dodavanje vrednosti na proizvod (loša ergonomija radnog

mesta, nepripremljeno radno mesto, sve to utiče na pripremno završno vreme, što smanjuje efikasnost).

7. Greške (defekti). Kvar, mana na samom proizvodu koji direktno povećava cenu proizvoda, nisu jedine greške na koje se misli. Pojam se odnosi i na greške u dokumentima, tehničkoj dokumentaciji, kašnjenje isporuke ili pravljenje suviše otpada tokom obrade, škart, inspekcija, koje takođe predstavljaju gubitak vremena i truda.

8. Neiskorišćena kreativnost zaposlenih (neiskorišćen talenat). Gubitak vremena, ideja, veština, poboljšanja, i primećivanja prilika neuključivanjem ili neslušanjem svojih zaposlenih. Neki od ovih gubitaka mogu biti primećeni odmah, dok ostali mogu predstavljati problem pri samoj detekciji, zahtevaju dodatne resurse (vreme i ljudstvo), mapiranje toka vrednosti i različite temeljne analize [3]. Gubici se pojavljuju u slučaju kada nema neprekidnog toka proizvoda kroz proces proizvodnje, odnosno kada se pojavi neujednačenost u procesu (jp „mura“). Pojava neujednačenosti u procesu proizvodnje može biti uzrokovana uticajem više faktora: loše planiranje proizvodnje, nepouzdan snabdevanje potrebnim materijalima, neadekvatno dimenzionisan sistem za montažu, itd. Kao posledica neujednačenosti, javlja se neravnomerno opterećenje sistema za proizvodnju (ljudi i mašina) gde često dolazi do preopterećenja (jp. „muri“). Preopterećeni radnici podložniji su greškama, pa su posledice napornog rada nezadovoljstvo radnika, češća pojava škarta i u najgorim slučajevima, povrede radnika. Sa druge strane, preopterećene mašine podložne su iznenadnim otkazima koji unose dodatnu nestabilnost u proces proizvodnje.

2.1. Lean alati

Lean metode predstavljaju sistematizovan pristup u dostizanju i realizovanju Lean ideja prilikom analize procesa i njihove promene. Postoji značajan broj Lean metoda, koje se razlikuju od toga kojim procesima su više namenjene i koji deo Lean-a obuhvataju/sistematizuju u metodu, ili nekakav postupak u vidu softverskog alata ili analize. Kako je Lean nastao iz proizvodnje, tako je i najveći broj metoda posvećen organizaciji i analizi proizvodnih procesa. Neki od osnovnih Lean alata su:

1. 5S
2. Vizuelni menadžment
3. Poka Yoke
4. Kanban

2.2. Primena Kanban – a u proizvodnom sistemu

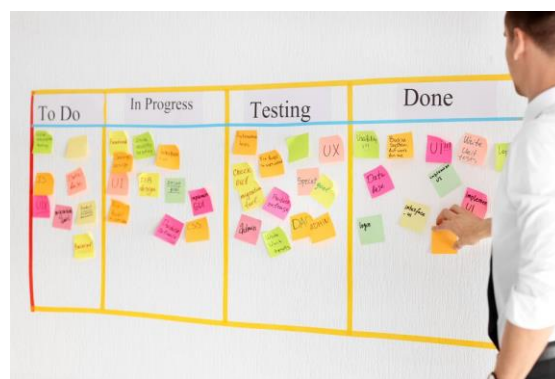
Za nastanak Kanban – a zaslužan je princip supermarketa gde kupci uzimaju proizvode koji su im potrebni direktno sa polica, dok zaposleni u supermarketu dopunjuju police samo onim proizvodima koji nedostaju (prodati proizvodi). Dobra strana ovakvog pristupa je ta što se ne gomila nepotrebna količina uskladištenih proizvoda koji vremenom mogu da se oštete, zastare i slično. Kao što je gore navedeno, Kanban predstavlja signalni mehanizam gde se prenos „signala“ (informacija) najčešće vrši pomoću Kanban kartica (slika 2), postavljenih na Kanban tabli.

Kanban tabla može biti klasična (slika 3) na koju se fizički postavljaju kartice sa radnim zadacima, ili elektronska, u poslednje vreme sve popularnija (slika 4).

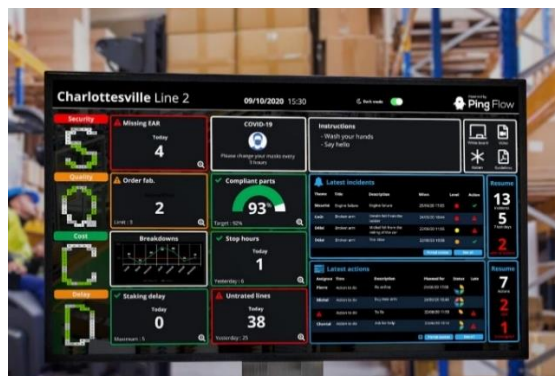


Slika 2 Primer izgleda Kanban kartice

Sadržaj kartica varira u zavisnosti od informacija neophodnih za svaki sistem pojedinačno, a neke od najčešćih su sledeće: naziv i oznaka proizvoda, dobavljač, količina proizvoda u pakovanju, skladišna lokacija, lokacija upotrebe i slično.



Slika 3 Klasična Kanban tabla



Slika 4 Elektronska Kanban tabla

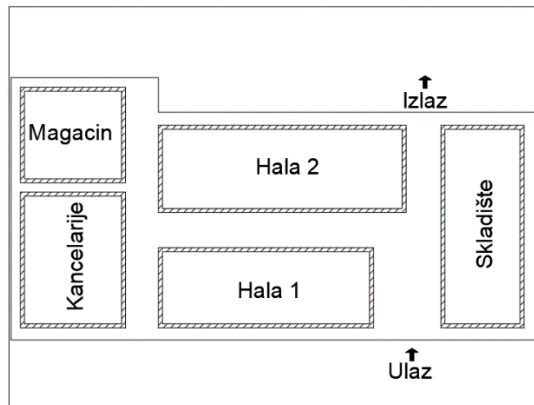
2.3. O kompaniji

„Sveti Đorđije“ je kompanija sa sedištem u Apatinu, osnovana 2000-te godine kao zanatska radnja. Zahvaljujući dinamičnom razvoju prerasta u uspešno preduzeće koje konstantno teži proširenju svojih delatnosti. Od svog osnivanja kompanija postepeno povećava učešće na domaćem i stremi ka osvajanju novih tržišta. Danas kompanija „Sveti Đorđije“ posluje na preko 2.500 m² zatvorenog prostora i zapošljava 18 ljudi.

Glavna delatnost kompanije je mašinska obrada metala, remont i održavanje proizvodnih linija u oblasti prehrambene industrije, kao i izrada cevovoda, transportera, galerija, proizvodnih hala, mašina po narudžbi i dr.

Firma je podeljena na dva sektora, prvi koji se bavi mašinskom obradom, i drugi izradom crne i inoks

bravarije. Ova dva sektora posluju u dve proizvodne hale koje se nalaze jedna pored druge, slika 6. Pored dve hale u krugu kompanije nalazi se magacinski prostor gde se čuva potrošni materijal kao što su elektrode, vijčana roba, brusne i rezne ploče i dr. Skladište je podeljeno na dva dela, jedan u kome se skladište gotovi proizvodi pre transporta, i drugi u kome se skladišti repro – materijal (cevi, profili i sl.).



Slika 2 Layout kompanije

2.4. Implementacija Kanban sistema u kompaniji „Sveti Đorđije“

Ključni elementi Kanban sistema koji će biti implementirani su radni nalozi u funkciji Kanban kartica, fizička organizacija magacinskog dela u formi Kanban table sa elementima To Do / Doing / Done i elektronska Kanban tabla koja će omogućiti digitalno praćenje statusa realizacije radnog naloga od strane poslovođe, kao i dalje prosleđivanje potrebnih podataka sa digitalnog radnog naloga od poslovođe do menadžmenta gde se vrši fakturisanje realizovanih poslova.

Kanban se koristi prilikom preuzimanja posla od klijenta od strane poslovođe, tako što poslovođa podatke o klijentu koje je do sada pamtio ili zapisivao na razne papiriće, koji se često izgube, sada direktno zapisuje na **radni nalog**. Nakon čega taj radni nalog prosleđuje operateru u zavisnosti od njihove raspoloživosti i sposobnosti za određeni posao. Obaveza operatera je da nakon završenog posla ispunji polja radnog naloga koja se odnose na njega, a zatim isti prosledi poslovođi koji podatke prepisuje na računar, a zatim izveštaj šalje menadžmentu radi ispisivanja fakture. U ovom slučaju vidimo primenu dva Kanbana, jedan **fizički** koji se koristi za jednoznačnu komunikaciju između poslovođe i klijenta, i drugi **elektronski** kao spona između poslovođe i menadžmenta. Radni nalog omogućio je lakše praćenje radnih sati i utrošenog materijala. Unošenjem podataka u računar omogućene su brze pretrage i jednostavno pravljenje različitih izveštaja o najvećim kupcima, proizvodima koji se najčešće poručuju, brzini rada operatera i slično. Na osnovu ovih i sličnih podataka moguća su lakša predviđanja.

2.5. Efekti primene Lean metodologije i Kanban sistema

Kompanija se trenutno nalazi u početnoj fazi implementacije Lean - a. Filozofija kompanije je da nakon što se primeni Lean alat na jednu stvar, prođe određeni vremenski period kako bi se svi operateri upoznali sa tom novinom i imali dovoljno vremena da je

prihvate pre nego što se unese nova novina. Na taj način se postiže da stvari koje se jednom implementiraju ostaju trajne i da se poštuju od strane svih zaposlenih.

U budućnosti se planira digitalizacija radnih naloga i njihovo unošenje u bazu podataka, kako bi se oni lakše mogli pretraživati u cilju daljeg razvoja „Poslovne inteligencije“ kompanije. U toku je izrada PC aplikacije koja bi pohranjivala sve radne naloge na jedno mesto i omogućila njihovo filtriranje po različitim kriterijumima. Ista aplikacija biće namenjena i za ispisivanje fakture, pretraživanje računa i predračuna po datumu, nazivu klijenta i slično.

3. ZAKLJUČAK

Kompanija „Sveti Đorđije“ razvijajući se i šireći svoje poslovanje, susrela se sa problemom neadekvatne razmene informacija među zaposlenima. Informacije koje su potrebne za svakodnevno funkcionisanje kompanije, kroz istu su tekle sporo sa čestim greškama i nesporazumima. Zbog svega navedenog dolazi se na ideju o primeni Lean alata.

Kanban je Lean alat čijoj je implementaciji kompanija „Sveti Đorđije“ posvetila najviše vremena. Iako je implementacija još uvek u toku, već se mogu uočiti mnogi benefiti primene sistema. Kanban je fleksibilan alat koji se može primenjivati na različite načine u zavisnosti od potreba kompanije, u ovom slučaju isti je primenjen dvojako: elektronski i fizički. Oba su doprinela unapređenju nedvosmislene komunikacije kako na operativnom tako i na upravljačkom nivou, čime se značajno smanjio broj grešaka u proizvodnji i pri čemu su ostvarene značajne uštede vremena. Kombinujući Kanban sa vizuelnim menadžmentom postignuta je bolja organizacija rada i procenjena ušteda vremena od 10 %.

U predstojećem periodu planira se kompletna digitalizacija razmene podataka razvojem PC aplikacije čija izrada je u toku. Ovaj način razmene podataka ubrzaće procese, a sama aplikacija doprineće razvoju „Poslovne inteligencije“ kompanije.

4. LITERATURA

- [1] Prof. Dr. Peđa Milosavljević: Prezentacija: 10. Istorija Lean-a
- [2] Dušan Regodić, (2014): *Logistika – lanci snabdevanja*, Beograd
- [3] Zlatko Lacković, (2015): Temeljni elementi poslovne logistike u proizvodnji, Osijek

Kratka biografija:



Aleksa Medić rođen je u Somboru 1996. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Transportnih sistema i uređaja – Modelovanje i proračun osnovnih parametara kofičastog transportera sa zakretnim koficama odbranio je 2019. godine.
kontakt: aleksamedic17@gmail.com



Sanja Bojić rođena je u Karlovcu 1981. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. god., a od 2019. je u zvanju vanredni profesor. Oblast interesovanja su logistika, skladišta i simulacije.

**OPTIMIZACIJA PROCESA MERENJA NA KOORDINATNOJ MERNOJ MAŠINI
PRIMENOM TAGUČI DIZAJNA EKSPERIMENTA****OPTIMIZATION OF THE MEASUREMENT PROCESS ON A COORDINATE
MEASURING MACHINE USING TAGUCHI DESIGN OF EXPERIMENT**

Miloš Ranisavljev, Branko Štrbac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Iako ih karakterišu visoke metrološke performanse, zbog složenosti procesa merenja na koordinatnim mernim mašinama, postoji mnogo faktora koji utiču na kvalitet rezultata merenja. Cilj ove studije jeste, primenom Taguchi dizajna eksperimenta koji analizira glavne uticajne faktore na kvalitet rezultata merenja, optimizovati proces merenja na mernim mašinama tako da se dobiju najbolje performanse sa aspekta tačnosti i merne nesigurnosti. Studija slučaja je sprovedena na toleranciji ravnosti i merena je ravnost na četiri radna predmeta čije greške oblika ravne površine se značajno razlikuju.

Ključne reči: koordinatne merne mašine, tačnost, merna nesigurnost, Taguchi dizajn eksperimenta

Abstract – Although they are characterized by high metrological performance, due to the complexity of the measurement process on coordinate measuring machines, there are many factors that affect the quality of measurement results. The aim of this study is, by applying the Taguchi experimental design that analyzes the main influencing factors on the quality of measurement results, to optimize the measurement process on measuring machines so as to obtain the best performance in terms of accuracy and measurement uncertainty. The case study was conducted on flatness tolerance and flatness error was measured on four workpieces whose flat surface form errors differ significantly.

Keywords: Coordinate measuring machine, accuracy, measurement uncertainty, Taguchi experimental design.

1. UVOD

Razvoj nauke i tehnologije u oblasti proizvodne metrologije doveo je do pojave koordinatnih mernih sistema. Koordinatni merni sistemi (KMS) predstavljaju kompleksne merne uređaje koji registruju koordinate tačaka na radnom predmetu u tro-dimenzionalnom prostoru kako bi došli do rezultata merenja.

Mogućnost merenja svih makro-tolerancija na radnim predmetima različite konfiguracije, postavila je koordinatne merne sisteme na lidersku poziciju u dimenzionalnoj metrologiji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Štrbac, docent.

Jedan od najčešće korišćenih KMS jeste koordinatna merna mašina (KMM). Međutim, KMM je veoma složen metrološki sistem i postoji mnoštvo faktora i njihovih interakcija koji utiču na kvalitet rezultata merenja. Kvalitet rezultata merenja na KMM zavisi od izbora merne strategije, uslova okoline u kojima se vrši merenje, grešaka hadverske strukture i mernog senzora, softverske analize, itd. Jedan od načina na koji se može pristupiti problemu optimizacije parametara strategije merenja jeste kroz sprovođenje dizajna eksperimenta (eng. *Design of Experiment - DoE*) [1]. Cilj optimizacije faktora uticaja na kvalite rezultata merenja iskazan kroz tačnost merenja i/ili mernu nesigurnost je izbor odgovarajućih nivoa uticajnih faktora pod kojim će KMM iskazati najviše metrološke performanse [2-4].

U ovom radu sprovedena je optimizacija merenja ravnosti 4 različite pločice čije greške oblika se značajno razlikuju. Kao faktori koji utiču na tačnost merenja i mernu nesigurnost odabrani su prečnik vrha mernog pipka, broj tačaka u mernoj strategiji, položaj radnog predmeta u radnom prostoru KMM i temperatura. Na osnovu izabranih faktora i njihovih nivoa sproveden je Taguchi dizajn eksperimenta sa ciljem da se pronađu optimalne vrednosti pojedinih faktora tj. slučajevi gde rezultat merenja na KMM ima najmanju grešku i najmanju mernu nesigurnost. Tačnost merenja je dobijana kao razlika između referentne vrednosti i vrednosti merenja na KMM. Referentne vrednosti ravnosti pločica su dobijene na KMM veše klase tačnosti nego što je KMM koja je korišćena u sprovođenju studije.

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Koordinatna merna mašina koja je korišćena za izvođenje eksperimenta je Carl Zeiss Contura G2 RDS, slika 1. Merna zapremina je 1000 mm, 1200 mm, 600 mm za koordinatne ose X, Y i Z, respektivno. Maksimalna dozvoljena greška (MPE_E) je $1.9+L/330$ (gde je L izraženo u mm). Na nosaču mernog senzora se nalazi obrtna RDS glava sa pasivnim VAST XXT senzorom. Merenja su sprovedena u diskretnom modu uzorkovanja tj. tačka-po-tačka.

Uzorci na kojima je vršen eksperiment su bile četiri pločice sa različitim vrednostima greške oblika i površinske hrapavosti. Tri pločice su bile od čelika dok je četvrta pločica bila plan paralelna merka koja predstavlja etalon ravnosti. Pločice od čelika su prikazane na slici 2., a plan paralelna pločica je prikazana na slici 3.

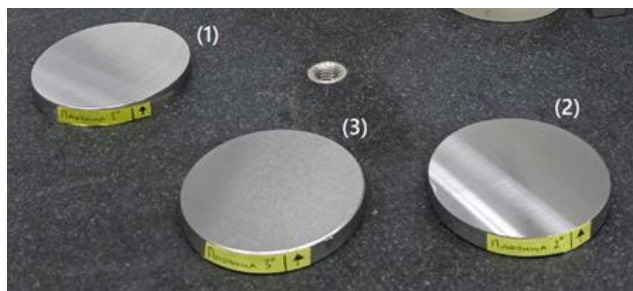


Slika 1. Koordinatna merna mašina Carl Zeiss
CONTURA G2 RDS

Za formiranje plana eksperimenta odabran je Tagučijev robustan dizajn eksperimenta. Prednosti Tagučijevog dizajna eksperimenta u odnosu na faktorni plan eksperimenta je u smanjenom broju izvršavanja eksperimenta što donosi znatne uštede u vremenu.

Kao faktori koji su razmatrani u ovom eksperimentu odabrani su: prečnik mernog pipka, broj tačaka, merno mesto i temperatura. Faktori broja tačaka i mernog mesta su varirani na četiri nivoa, dok su faktori prečnika mernog pipka i temperature varirani na dva nivoa.

Na osnovu broja i nivoa faktora odabran je Tagučijev L16 dizajn eksperimenta. Razmatrani faktori i njima pripadajući nivoi su prikazani u tabeli 1. Redosled izvođenja razmatranog eksperimenta prikazan je u tabeli 2.



Slika 2. Uzorci pločica 1, 2 i 3 od čelika



Slika 3. Pločica 4 – Plan paralelna merka

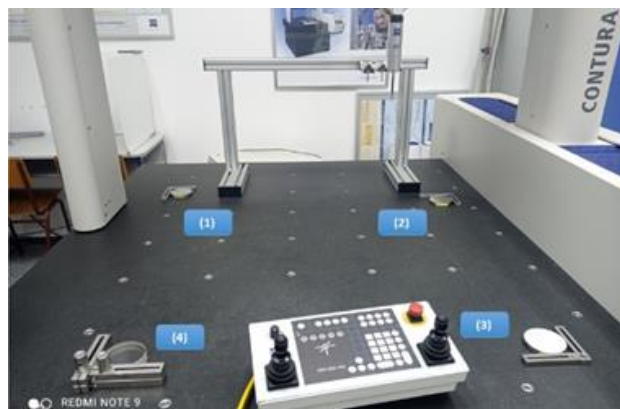
Na slici 4. prikazane su pozicije radnih predmeta tokom izvođenja eksperimenta, koje na ilustrativan način definišu faktor merno mesto u KMM zapremini.

Tabela 1. Faktori i njima pripadajući nivoi

Faktori	Broj nivoa	Vrednost nivoa
Prečnik pipka [mm]	2	0,75 3
Temperatura °C	2	20 26
Broj tačaka	4	10 25 60 100
Merno mesto	4	1 2 3 4

Tabela 2. Tagučijev L16 dizajn eksperimenta

Br. tačaka	Merno mesto	Prečnik pipka	Temperatura
10	1	0.75	20
10	2	0.75	20
10	3	3	26
10	4	3	26
25	1	0.75	26
25	2	0.75	26
25	3	3	20
25	4	3	20
60	1	3	20
60	2	3	20
60	3	0.75	26
60	4	0.75	26
100	1	3	26
100	2	3	26
100	3	0.75	20
100	4	0.75	20



Slika 4. Položaj mernih pozicija 1,2,3 i 4, radnih predmeta tokom izvođenja eksperimenta

Uzorkovanjem tačaka sa površine radnih predmeta, prikupljen je skup tačaka sa koordinatama (x, y i z).. Obrada uzorkovanih tačaka je vršena u softverkom paketu Calypso 4.8, gde je na osnovu prikupljenih tačaka formirana supstitutivna geometrija. Za algoritam fitovanja podataka korišćena je Metoda najmanjih kvadrata (eng. Least Squares Method).

Referentne vrednosti ravnosti radnih predmeta su dobijene na koordinatnoj mernoj mašini više klase tačnosti u metrološkoj laboratoriji „Orao“ Bijeljina.

Tabela 3. Referentne vrednosti

Radni predmet	Ravnost [mm]
Pločica 1	0,02
Pločica 2	0,0086
Pločica 3	0,0067
Plan-paralelno staklo	0,0002

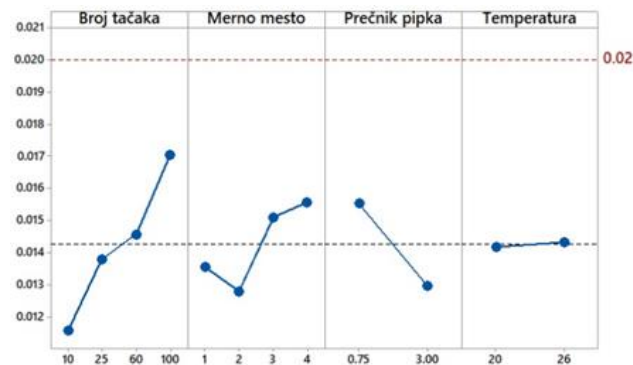
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Analiza rezultata na izlaznu karakteristiku kvaliteta (ravnost), izvedena je pomoću softverskog paketa Minitab 17. Pošto se optimizacija sprovodi za 4 različita radna predmeta, rezultati će se prikazati za svaku pločicu ponaosob. Pomoću Taguchi L16 dizajna eksperimenta će se utvrditi koji faktori i nivoi imaju najveći, odnosno, najmanji uticaj na izmerenu srednju vrednost (eng. Means) i standardnu devijaciju (eng. Standard deviation) karakteristike kvaliteta. Metodom analize varijanse (ANOVA) će se utvrditi koji od faktora u studiji ima statističku signifikantnost. Studijom bias-a će se utvrditi koliko svaka od pločica odstupa od referentnih vrednosti i biće glavna studija prema kojoj će se birati optimalni parametri strategije merenja ravnosti. Kako nijedan rezultat merenja nije potpun bez procene merne nesigurnosti, izvršena je i procena merne nesigurnosti za svaku od pločica, koja zbog ograničenog prostora neće biti prikazana.

3.1. Analiza rezultata za proćicu 1

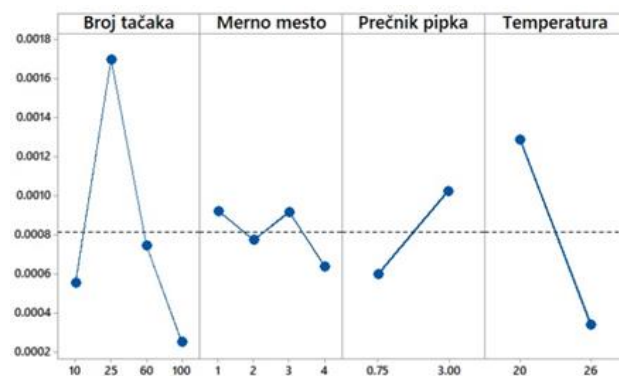
Prema rezultatima ANOVA analize, koji su prikazani u Tabeli 4., od četiri posmatrana faktora, samo su faktori broja taćaka i prećnika pipka statistićki signifikantni pošto imaju p vrednost manju od praga znaćajnosti 0,05 ($\alpha=0,05$, za interval poverenja 95%). Najveći uticaj na srednje vrednosti ravnosti imaju broj taćaka sa rangom 1, zatim merno mesto sa rangom 2, prećnik pipka sa rangom 3, i kao najneuticajniji je faktor temperature sa rangom 4. Uticaji faktora i njihovih nivoa su prikazani na slici 5. Najveći raspon srednjih vrednosti nivoa faktora „Broja taćaka“ ukazuje na najveći uticaj ovog faktora na srednje

vrednosti ravnosti. Sa druge strane praktićno ravna linija izmeću nivoa faktora temperature ukazuje na neznan uticaj ovog faktora na promenu srednjih vrednosti rezultata merenja.



Slika 5. Dijagram glavnih uticaja faktora na srednje vrednosti izlazne karakteristike kvaliteta

Ako se posmatraju uticajni faktori na rasipanje rezultata, odnosno na standardnu devijaciju, tu je slućaj drugaćiji. Jedinii signifikantan faktor na rasipanje rezultata jeste temperatura, što se moće primetiti rasponom taćaka izmeću dva nivoa faktora na slici 6.



Slika 6. Dijagram glavnih uticaja faktora na standardnu devijaciju izlazne karakteristike kvaliteta

Tabela 4. Rezultati ANOVA analize

Izvor	Stepeni slobode	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	p
Broj taćaka	3	0,000061	0,000061	0,000020	8,53	0,010
Merno mesto	3	0,000020	0,000020	0,000007	2,81	0,117
Prećnik pipka	1	0,000026	0,000026	0,000026	10,97	0,013
Temperatura	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,04	0,855
Rezidualna greška	7	0,000017	0,000017	0,000002		
Ukupno	15	0,000124				

3.2. Kratak pregled rezultata za ploćice 2, 3 i 4

U nastavku će ukratko biti navedeni rezultati za ostale tri ploćice. Analiza svih uzoraka je obraćena na indentićan naćin prikazivanjem tabela rezultata sa pratećim

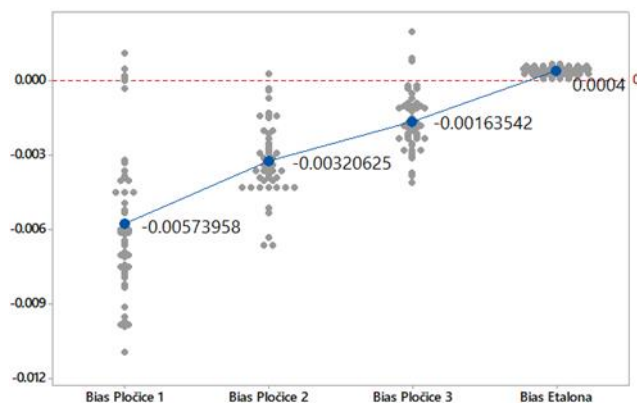
dijagramima kako je to prikazano u poglavlju 3.1. Analizom varijanse za srednje vrednosti ploćice 2 utvrćeno je da faktor broja taćaka ima statistićku signifikantnost sa p vrednosti koja iznosi 0,006. Sa druge

strane uticajni faktori na standardnu devijaciju su broj tačaka, prečnik pipka i temperatura, sa p vrednostima 0,04, 0,04, 0,00, respektivno. Signifikantni faktori za srednju vrednost pločice 3 su broj tačaka ($p=0,000$), merno mesto ($p=0,008$) i prečnik pipka ($p=0,007$). Temperatura je jedino značajna kod promene u standardnoj devijaciji rezultata ($p=0,002$). Rezultati ANOVA za Pločicu 4 – Etalon, nisu pokazali uticajne parametre, tj. p vrednosti svih faktora su bile iznad praga značajnosti 0,05.

3.3. Izračunavanje bias-a i izbor optimalnih vrednosti parametara

Zbog preglednosti, rezultati studije bias-a za sve 4 pločice su prikazani na slici 7. Ono što se može zapaziti je da najveće odstupanje ravnosti od referentnih vrednosti ima pločica 1 sa srednjom vrednošću bias-a od približno -0,00574 mm. Najmanje odstupanje od referentnih vrednosti ima etalon, sa srednjom vrednošću bias-a od 0,0004 mm. Na osnovu prethodno iznetih analiza, utvrđeno je da kod pločice 1 najmanje odstupanje ravnosti se dobija izborom četvrtog mernog mesta, sa najmanjim prečnikom mernog pipka uz najveći broj tačaka merenja (100), na referentnoj temperaturi od 20° . Za pločicu 2 se dobijaju identične vrednosti faktora i njihovih nivoa kao optimalni. Za pločicu 3 optimalne vrednosti ravnosti se dobijaju odabirom mernog mesta 3, sa najmanjim prečnikom mernog pipka i najvećim brojem tačaka, na referentnoj temperaturi od 20° .

Jedina pločica kod koje optimalne vrednosti imaju značajniju razliku u odnosu na prethodne 3 pločice jeste etalon pločica. Kod etalona, najmanje odstupanje se postiže izborom mernog mesta 4, izborom većeg prečnika mernog pipka u kombinaciji sa manjim brojem tačaka u strategiji (25). Optimalna temperatura iznosi 20° .



Slika 7. Dijagram srednjih vrednosti bias-a za pločicu 1, 2, 3 i 4

4. ZAKLJUČAK

Izbor merne strategije na koordinatnim mernim mašinama direkto utiče na kvalitet rezultata merenja. Često je potrebno pronaći kompromis između različitih uticajnih faktora u mernoj strategiji kao što su broj tačaka, vreme uzorkovanja tačaka itd. Kroz analizu Taguchi dizajna eksperimenta i studiju bias-a, ovaj rad je imao za cilj da pronađe kombinaciju faktora koja daje minimalno odstupanje izmerene ravnosti 4 različite pločice u odnosu na njihove referentne vrednosti ravnosti.

5. LITERATURA

- [1] E. M. Barini, G. Tosello, and L. De Chiffre, "Uncertainty analysis of point-by-point sampling complex surfaces using touch probe CMMs. DOE for complex surfaces verification with CMM," *Precis. Eng.*, vol. 34, no. 1, pp. 16–21, 2010.
- [2] A. M. A. Al-Ahmari and J. Aalam, "Optimizing parameters of freeform surface reconstruction using CMM," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 64, pp. 17–28, 2015.
- [3] C. X. J. Feng, A. L. Saal, J. G. Salsbury, A. R. Ness, and G. C. S. Lin, "Design and analysis of experiments in CMM measurement uncertainty study," *Precis. Eng.*, vol. 31, no. 2, pp. 94–101, 2007.
- [4] Štrbac, B., Ačko, B., Havrišan, S., Matin, I., Savković, B., & Hadžistević, M. "Investigation of the effect of temperature and other significant factors on systematic error and measurement uncertainty in CMM measurements by applying design of experiments." *Measurement* 158 (2020): 107692.

Kratka biografija:



Miloš Ranisavljev rođen je u Zrenjaninu 1997. god. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodno mašinstvo – Računarom podržane tehnologije odbranio je 2021.god. kontakt: ranisavljev@uns.ac.rs



Dr Branko Štrbac rođen je u Novom Sadu 1983. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2017. god. i od tada je u zvanju docent. Oblast interesovanja: proizvodna metrologija, KMM, planiranje i obrada eksperimenta.

SAVREMENI PRILAZ U OPTIMIZACIJI TEHNOLOŠKIH PROCESA OBRADE**A MODERN APPROACH TO PROCESS PLANNING OPTIMIZATION**Marko Zagorićnik, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Industrija 4.0 je nova industrijska revolucija koja se zasniva na pametnim uređajima, digitalizaciji i umrežavanju. U ovom radu pregledane su neke tehnologije koje čine industriju 4.0, sa naglaskom na proizvodnju pomoću oblaka i mašinsko učenje. Pomoću softvera koji je zasnovan na oblaku, obrađeni su eksperimentalni podaci obrade glodanjem korišćenjem algoritama mašinskog učenja.

Ključne reči: Industrija 4.0, Proizvodnja pomoću oblaka, mašinsko učenje

Abstract – Industry 4.0 is the new industrial revolution based on smart devices, digitalization and networking. In this paper, some component technologies are reviewed, with accent on cloud manufacturing and machine learning. Using a cloud based software, experimental data from milling is processed with machine learning algorithms.

Keywords: Industry 4.0, Cloud Manufacturing, Machine Learning

1. UVOD

Razvoj novih tehnologija doveo je do nastanka pojma koji se zove Industrija 4.0. Industrija 4.0 je sledeći korak u unapređenju industrije i celokupnog ljudskog društva. Tehnologije I4.0 se ne primenjuju samo na Mašinstvo, nego na sve grane privrede, i društva. Postojanje pametnih domova, pametnih uređaja, pametnih fabrika, inovacije u logistici, medicini, transportu dovešće do brzog napretka kvaliteta života, smanjenja troškova, smanjenja negativnog efekta čovečanstva na životnu sredinu i mnogih drugih indirektnih poboljšanja. Jedna od tehnologija I4.0 jeste Proizvodnja u oblaku.

Oblak je sistem distribuiranih resursa u vidu računarskih resursa, aplikacija, podataka i usluga kojima se može pristupiti preko računara ili čak telefona. Oblak ima jednostavan upravljački interfejs koji omogućava korisniku da ispuni svoje zahteve, bilo da su korišćenje aplikacije za koju nema dovoljno dobar računar ili da želi da proizvede automobil. Microsoft Azure je servis zasnovan na oblaku koji nudi mnoge usluge, između ostalog uslugu Azure ML mašinskog učenja. U ovom servisu urađena je obrada eksperimentalnih podataka dobijenih iz visokobrzinske obrade tankozidih delova od aluminijuma. Obučen je model koji je ručno izrađen od predefinisanih modula bez primene programiranja.

NAPOMENA:

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

Rezultati predviđanja modela upoređeni su sa stvarnim vrednostima.

2. INDUSTRIJA 4.0

Izraz Industrija 4.0 označava četvrtu industrijsku revoluciju koja je definisana kao novi nivo organizacije i kontrole nad celokupnim lancem vrednosti životnog ciklusa proizvoda. Ona je usmerena na sve individualizovanije zahteve kupaca. Industrija 4.0 odnosi se na integraciju ljudi u proizvodni proces kako bi se on poboljšavao, i usredsredilo na dodavanje vrednosti i izbegavanje gubitaka [1,2].

Prva industrijska revolucija počela je krajem 18. veka i predstavljaju je postrojenja pokrenuta pomoću snage vodene pare. Druga industrijska revolucija započeta je početkom 20. veka u vidu masovne proizvodnje zasnovane na električnoj energiji. Treća industrijska revolucija počinje 1970-ih i odlikuje se automatizovanom proizvodnjom zasnovanom na elektronici i internet tehnologiji. Trenutno traje četvrta industrijska revolucija, Industrija 4.0, sa karakteristikama proizvodnje pomoću kibernetско fizičkih sistema (CPS), zasnovanih na integraciji podataka i znanja. Glavne uloge CPS su da ispune dinamične zahteve proizvodnje i da poboljšaju stepen iskorišćenja čitave industrije. Industrija 4.0 obuhvata brojne tehnologije, uključujući: radiofrekvencijsku identifikaciju (RFID), Enterprise Resource Planning (ERP), Internet stvari (IoT), proizvodnju zasnovanu na oblaku (Cloud manufacturing), proširenu stvarnost (VR), tehnologije velikih podataka (Big Data), Mašinsko učenje (Machine Learning) i mnoge druge [1,2].

2.1. Proširena stvarnost (Augmented Reality)

Proširena stvarnost (AR) je definisana kao neposredni ili indirektni prikaz fizičkog okruženja u stvarnom svetu koji je poboljšan/dopunjen dodavanjem virtuelnih računarskih informacija. Proširena stvarnost ima za cilj da pojednostavi život korisnika tako što virtuelne informacije donosi ne samo u njegovo neposredno okruženje, već i bilo koji indirektni pogled na okruženje u stvarnom svetu, kao što je video prenos. AR poboljšava percepciju i interakciju korisnika sa stvarnim svetom. Dok tehnologija virtualne stvarnosti (VR) u potpunosti uroni korisnike u virtualni svet bez da vide stvarni svet, AR tehnologija pojačava osećaj stvarnosti dodajući virtuelne objekte i podstičući stvarni svet u realnom vremenu [3].

2.2. Industrijski internet stvari (IIoT)

Industrijski Internet stvari je sistem koji sadrži umrežene pametne objekte, kibernetско-fizička sredstva, povezane generišuće informacione tehnologije i računarske platforme u oblaku, koji omogućavaju u realnom vremenu,

inteligentan i autonoman pristup, prikupljanje, analizu, komunikaciju i razmenu informacija o procesu, proizvodu i / ili uslugama u industrijskom okruženju, kako bi se optimizovala ukupna vrednost proizvodnje. Ova vrednost može da uključuje poboljšavanje isporuke proizvoda ili usluga, povećanje produktivnosti, smanjenje troškova rada, smanjenje potrošnje energije i smanjenje ciklusa izrade do isporuke (slika 1) [4].

2.3. Digitalni blizanac (Digital Twin)

Digitalni blizanac u svom izvornom obliku opisan je kao digitalna informativna konstrukcija o fizičkom sistemu, stvorena kao poseban entitet i povezana sa fizičkim sistemom o kojem je reč. Digitalna reprezentacija treba optimalno da obuhvati sve informacije koje se odnose na sistem koje bi se mogle potencijalno dobiti detaljnom inspekcijom u stvarnom svetu. Digitalni blizanac u svom nastanku opisuje imitiranje proizvoda, dok najnovija dostignuća omogućavaju da procesi (obrada, proizvodnja energije itd.) takođe budu reprodukovani u virtualnom svetu. Na osnovu nivoa integracije podataka između fizičkog i digitalnog modela mogu se klasifikovati tri kategorije:

Digitalni model je digitalni prikaz postojećeg ili planiranog fizičkog objekta koji ne koristi bilo kakav oblik automatizovane razmene podataka između fizičkog objekta i digitalnog objekta. Promena stanja fizičkog objekta nema direktan uticaj na digitalni objekt i obrnuto.

Ako postoji automatizovani jednosmerni protok podataka između stanja postojećeg fizičkog objekta i digitalnog objekta, moglo bi se nazvati **Digitalna senka**. Promena stanja fizičkog objekta dovodi do promene stanja digitalnog objekta, ali ne i obrnuto.

Ako su protoci podataka između postojećeg fizičkog objekta i digitalnog objekta u potpunosti integrisani u oba smera, može nazvati **Digitalni blizanac**. U takvoj kombinaciji, digitalni objekt može takođe delovati kao kontrolna instanca fizičkog objekta. Promena stanja fizičkog objekta direktno dovodi do promene stanja digitalnog objekta i obrnuto [5].

2.4. Veliki podaci (Big Data)

Pod eksplozivnim porastom globalnih podataka, termin Big data uglavnom se koristi za opisivanje ogromnih skupova podataka. U poređenju sa tradicionalnim skupovima podataka, veliki podaci obično uključuju mase nestrukturiranih podataka kojima je potrebna veća analiza u stvarnom vremenu. Pored toga, veliki podaci takođe donose nove mogućnosti za otkrivanje novih vrednosti, pomažu nam da steknemo dublje razumevanje skrivenih vrednosti, a takođe donose i nove izazove, na primer, kako efikasno organizovati i upravljati takvim skupovima podataka.

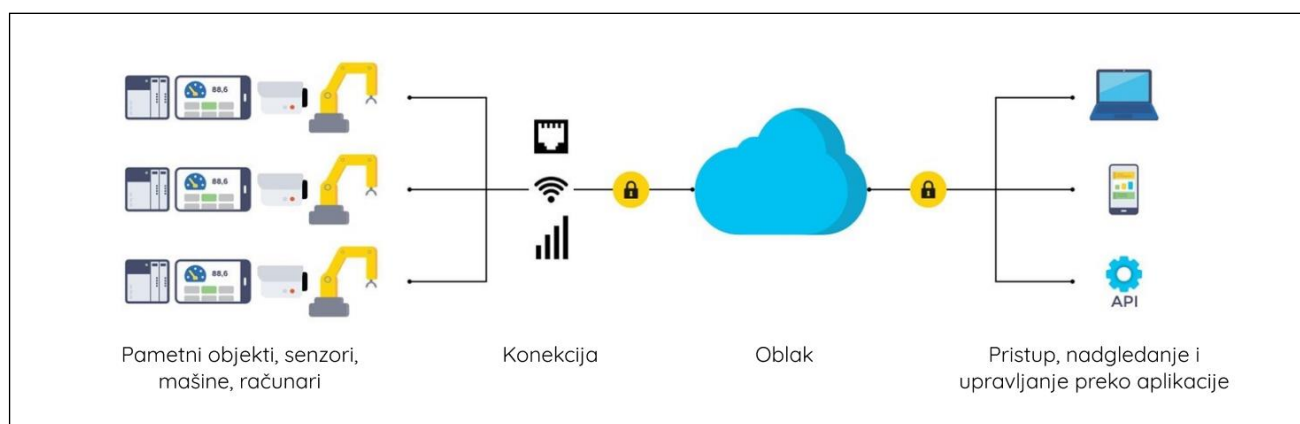
Brz napredak računara i Interneta stvari (IoT) dodatno promovira nagli porast količine podataka. Računarstvo u oblaku obezbeđuje zaštitu i pristup podacima sajtova. U osnovi IoT-a, senzori širom sveta prikupljaju i prenose podatke koji se smeštaju i obrađuju u oblaku. Takvi podaci i u količini i u međusobnim odnosima daleko će nadmašiti kapacitete IT arhitekture i infrastrukture postojećih preduzeća, a njihovi zahtevi u realnom vremenu takođe će u velikoj meri prevazići raspoloživi računarski kapacitet. Rastuća količina podataka uzrokuje problem u načinu skladištenja i upravljanja velikim setovima podataka sa velikim zahtevima za hardverskom i softverskom infrastrukturom.

Karakteristike velikih podataka mogu se sažeti u četiri V, tj. Volume (velika količina), Variety (različiti modaliteti), Velocity (brza generacija) i Value (ogromna vrednost, ali vrlo niska gustina) [6].

2.5. Pametno održavanje (Smart Maintenance)

Pametno održavanje zalaže se za inteligentno upravljanje održavanja usredsređeno na trajno unapređenje. Klasična ulazna kontrola, koja je troškovno orijentisana, zamenjena je izlaznom kontrolom, orijentisana na pouzdanost, dostupnost, održavanje i sigurnost [7]. Važni faktori pametnog održavanja su sledeći:

- Upravljanje podacima
- Upravljanje znanjem
- Kvalifikacija osoblja
- Optimizacija strategije održavanja



Slika 1. Industrijski internet stvari [8]

2.6. Proizvodnja zasnovana na oblaku (cloud Manufacturing)

Proizvodnja u oblaku (CM) je proizvodni model usmeren na kupca koji koristi pristup na zahtev zajedničkoj

kolekciji raznolikih i distribuiranih proizvodnih resursa koji formiraju privremene, konfigurabilne proizvodne linije. Ove linije povećavaju efikasnost, smanjuju troškove životnog ciklusa proizvoda i omogućavaju

optimalno učitavanje resursa kao odgovor na zadatke generisane od promenljive potražnje. CM zahteva saradnju između tri grupe: korisnici, pružaoci aplikacija, i pružaoci fizičkih resursa.

Korisnici su potrošači u CM; ovi pojedinci ili grupe imaju potrebu da nešto naprave, ali ne poseduju mogućnosti da to učine, ili poseduju mogućnosti ali bi stekli konkurentsku prednost korišćenjem CM. Korisnici mogu da se kreću u rasponu od pojedinaca do velikih proizvođača - bilo koja grupa koja ima inženjerske zahteve koji će se koristiti u proizvodnom okruženju mogu učestvovati u CM partnerstvima. Ovi zahtevi, koji opisuju željeni objekt i njegove krajnje uslove, daju se aplikacionom sloju.

Sloj aplikacija odgovoran je za upravljanje svim aspektima CM okruženja i interpretira zahteve korisnika u podatke potrebne za proizvodnju željenih objekata. Na primer, korisnikov željeni proizvod može da zahteva razvoj programa CNC putanje alata - njih bi kreirala aplikacija zasnovana na oblaku. Planiranje proizvodnje i sekvenciranje se može obaviti putem automatizovanih aplikacija koje određuju brojne proizvodne putanje preko kojih bi se mogao postići željeni cilj. Sloj aplikacije je odgovoran za lociranje potrebnih resursa, šaljući ih na odgovarajući posao i upravljanje resursima u slučaju prekida usluge. Aplikacijskim slojem upravljaju i dobavljači aplikacija, koji svoje usluge nude kao posrednik između korisnika i dobavljača resursa za deo profita od proizvoda

Pružaoi fizičkih resursa (PRP) poseduju i upravljaju proizvodnom opremom, uključujući obradne tehnologije, tehnologije završne obrade, tehnologije inspekcije, tehnologije pakovanja i ispitivanja. Pored posedovanja fizičkih resursa, PRP-ovi imaju znanje i iskustvo da koriste ove mašine efikasno. PRP nisu ograničeni geografskim položajem; nego se pridružuju CM samo zbog njihove ekspertize. U celini, PRP mreža predstavlja svaku vrstu proizvodnje dostupne na tržištu, nudeći korisnicima trenutni pristup proizvodnim mogućnostima koje pruža oblak kao usluga. Ulaz u PRP grupu su proizvodni podaci koje kreiraju aplikacije zasnovane na oblaku i izlaz je gotov proizvod u skladu sa korisnikovim zahtevima.

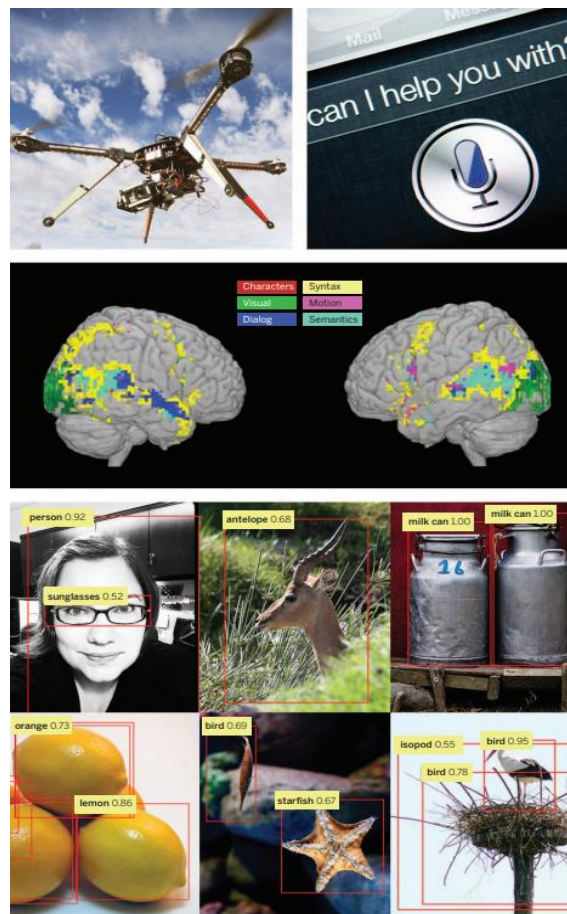
Tehnologije automatizacije i upravljanja omogućice saradnju između fabrika i unutar fabrike u CM okruženjima, omogućavajući mogućnost automatskog izvršavanja proizvodnih zadataka generisanih u oblaku. Pošto se delovi i sklopovi retko proizvode sa jednom opremom, koordinacija i saradnja između mašina biće potrebna kako u pojedinačnim fabrikama tako i među sarađujućim fabrikama. Automatizacija i tehnologije upravljačkog sistema su ključne za efikasno usmeravanje poslova kroz potrebne korake obrade do završetka izrade [9].

2.7. Mašinsko učenje (Machine Learning)

Mašinsko učenje je disciplina fokusirana na dva međusobno povezana pitanja: Kako neko može da konstruiše računarske sisteme koji se automatski poboljšavaju kroz iskustvo? I koji su osnovni statističko-informatičko-teoretski zakoni koji regulišu sve sisteme učenja, uključujući računare, ljude i organizacije? Studija mašinskog učenja je važna kako za rešavanje ovih

fundamentalnih naučnih i inženjerskih pitanja, tako i za stvaranje i primenu izuzetno praktičnog računarskog softvera u mnogim oblastima.

Efekat mašinskog učenja je imao velik uticaj i na polje informacione tehnologije i niz industrija koje se bave zahtevnim podacima, kao što su potrošačke usluge, dijagnoza kvarova u složenim sistemima i kontrola logističkih lanaca (slika 2). Uticaj mašinskog učenja se takođe pronalazi i kod empirijskih nauka, od biologije, i kosmologije do društvenih nauka, uspeh u ovim poljima nastao je razvijanjem novih metoda za analizu eksperimentalnih podataka visokog uticaja [10].



Slika 2. Primena mašinskog učenja. Primeri uspešnih primena uključuju robotiku i kontrolu autonomnih vozila (gore levo), obradu govora i prirodnog jezika (gore desno), istraživanje u neuronauci (sredina) i primenu u računarskom tumačenju slika (dole). [10]

3. OPTIMIZACIJA EKSPERIMENTALNIH PODATAKA U ML STUDIJU.

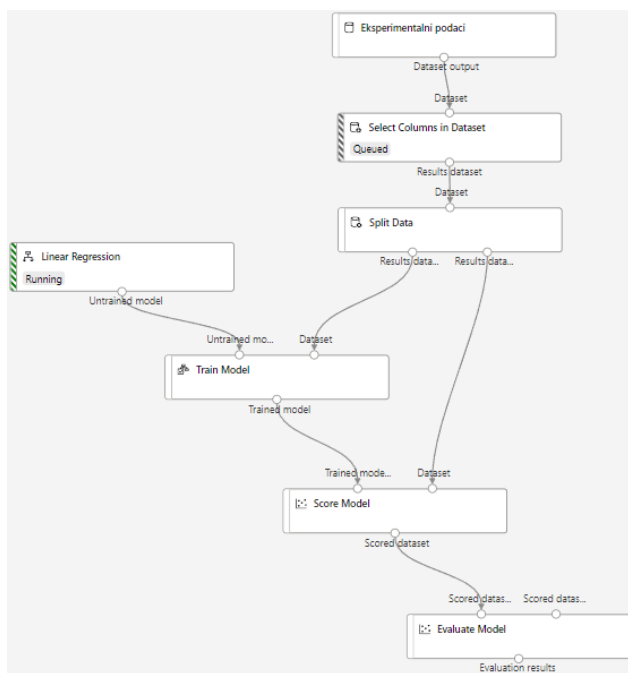
Podaci sa eksperimenta visokobrzinske obrade tankozidnih delova legure aluminijuma [10], su obrađeni u Azure ML studio softveru. Microsoft Azure je softver zasnovan na oblaku koji poseduje mnoštvo servisa između kojih je i servis mašinskog učenja Azure ML.

U ovom softveru treniranje modela mašinskog učenja je vrlo jednostavno. Na radni prostor se unose definisani moduli, koji se povezuju u čvorovima, formirajući nešto poput dijagrama toka, gde svaki član ima definisanu funkciju. Podaci se unose u tabelarnom obliku iz

microsoft excell fajla. Biraju se kolone u podacima koje će da se koriste za obuku modela. Podaci se dele na deo za obuku i deo za ocenu modela, u našem slučaju 80/20%, i ubacuju se u model za obuku. Bira se algoritam mašinskog učenja, u našem slučaju linearna regresija, i rezultati obuke modela se povezuju u modul za ocenjivanje, pa u modul za evaluaciju podataka. Modul za ocenjivanje upoređuje predviđanje sa stvarnim podacima, a modul za evaluaciju izračunava grašku procene. Kada su svi članovi povezani, obuka modela se započinje. Nakon obuke može se oceniti tačnost obučenog modela. Tačnost se može proveriti analizom modula Score model. Na primeru vremena obrade vidi se da je model veoma neprecizan. To je posledica male količine podataka. Red veličina rezultata je isti ali je odstupanje veliko. Primer predviđanja obučenog modela je:

- Za 00:01:10 predviđa 00:00:48
- Za: 00:01:32 predviđa 00:01:09
- Za 00:02:40 predviđa 00:01:37
- Za 00:00:53 predviđa 00:01:25
- Za 00:01:18 predviđa 00:00:59

Izgled strukture za obuku modela prikazan je na slici 3.



Slika 3. Izgled strukture za obuku modela

4. ZAKLJUČAK

Industrija 4.0 je velika oblast koja obuhvata mnogo tehnologija. Svako ko se interesuje inovativnim tehnologijama mogao bi da nađe tehnologiju Industrije 4.0 koja bi ga zainteresovala. Proizvodnja u oblaku je primer evolucije industrije u kojoj više nije potrebno posedovati resurse. Potrebno je samo imati ideju i novac, i uz pomoć novih usluga moguće je proizvoditi mašinske delove sa računara od kuće.

Mašinsko učenje je složena oblast koja nudi elegantna rešenja na komplikovane probleme. Uz pomoć Azure ML i početnik može da se upusti u problematiku mašinskog učenja. Nakon obrade podataka, predviđanja obučenog modela su ocenjena.

Obučeni model je neprecizan usled male količine ulaznih podataka. Modeli mašinskog učenja su napravljeni da izvlače zakone zavisnosti iz skupova podataka koji su mnogostruko veći.

5. LITERATURA

- [1] Saurabh Vaidya, Prashant Ambad, Santosh Bhosle, "Industry 4.0 – A Glimpse", Procedia Manufacturing, vol. 20, Elsevier, 2018
- [2] Mijodrag Milošević, Dejan Lukić, Mića Đurđev, Jovan Vukman, "Digital Transformation of Manufacturing Towards Industry 4.0 Concept", IOP Conference Series, Materials Science and Engineering, 749(1), 2019.
- [3] Julie Carmigniani, Borko Furht, Marco Anisetti, Paolo Ceravolo, Ernesto Damiani, Misa Ivkovic, "Augmented reality technologies, systems and applications", Multimedia Tools and Applications, vol. 51, Springer, 2011.
- [4] Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, Tim Watson, "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework", Computers in Industry, vol.101, Elsevier, 2018.
- [5] Sebastian Haag, Reiner Anderl, "Digital twin–Proof of concept", Manufacturing Letters, vol.15, Elsevier, 2018
- [6] Min Chen, Shiwen Mao, Yunhao Liu, "Big Data: A Survey", Mobile Networks and Applications, vol 19, Springer, 2014
- [7] Hubert Biedermann, Alfred Kinz, "Lean smart maintenance-Value Adding, Flexible, and Intelligent Asset Management", BHM, vol.164, 2019
- [8] <https://www.ixon.cloud/knowledge-hub/industrial-internet-of-things-platform-iiot> (pristupljeno u septembru 2021)
- [9] Dazhong Wu, Matthew John Greer, David Rosen, Dirk Schaefer, "Cloud manufacturing: strategic vision and state-of-the-art", Journal of Manufacturing Systems, vol 32, Elsevier, 2013
- [10] Dejan Lukić, Robert Čep, Jovan Vukman, Aco Antić, Mića Đurđev, Mijodrag Milošević, "Multi-Criteria Selection of the Optimal Parameters for High-Speed Machining of Aluminum Alloy Al7075 Thin-Walled Parts", Metals, 2020

Kratka biografija:

Marko Zagoričnik rođen je u Novom Sadu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Proizvodnog Mašinstva odbranio je 2021.god.
kontakt: zagor94@outlook.com

PREGLED PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA U NISKOTEMPERATURNIM SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA**REVIEW OF APPLICATIONS OF MODERN TECHNOLOGIES IN LOW-TEMPERATURE DISTRICT HEATING SYSTEMS**

Elena Herbut, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu su predstavljene nove tehnologije daljinskog grejanja sa nižim temperaturama distribucije. Data je detaljna analiza sistema, primena čistih tehnologija. Pored prednosti sistema, navedeni su i mogući kvarovi i prepreke prilikom implementacije. Dati su primeri primene same tehnologije i postignute ekonomske, ekološke i energetske uštede.

Ključne reči: Daljinsko grejanje, niske temperature, grejanje prostora

Abstract – The thesis present a new district heating technologies with lower distribution temperatures. A detailed analysis of system and usage of clean technologies is given and presented. In addition to the advantages of the system, possible failures and obstacles during implementation are also listed. Examples of the application of the technology itself and the achieved economic and environmental and energy savings are given.

Keywords: District heating, low temperature, space heating

1. UVOD

Interpretacijom studije „Niskotemperaturno daljinsko grejanje, Vodič za implementaciju“ i obrađivanjem informacija, dolazi se do potrebnih saznanja koja olakšavaju implementaciju niskotemperaturnih sistema daljinskog grejanja (LTDH). Ovi sistemi obezbeđuju obnovljivu toplotu i toplotu sa niskim temperaturama u mreži po nižoj ceni u odnosu na sisteme grejanja sa visokim temperaturama.

Cilj primene LTDH predstavlja efikasan način eliminisanja upotrebe fosilnih goriva za grejanje. Zamenom fosilnih goriva je od suštinskog značaja za smanjenje globalnog zagrevanja prilikom sagorevanja fosilnih goriva i emisija ugljen-dioksida. Predstavljani su saveti za postizanje nižih temperatura za grejanje i novih funkcija u postojećim i novim sistemima daljinskog grejanja.

Tokom poslednje decenije, naziv „Daljinsko grejanje četvrte generacije“ (4GDH) korišćen je za opis poboljšanih sistema daljinskog grejanja. Sveobuhvatni cilj ovih sistema je dobijanje potpuno dekarbonizovanih sistema daljinskog grejanja. Takođe, izraz 4GDH primenjuje se na sve nove tehnološke karakteristike i koncepte koji koriste niske temperature, a koji se smatraju najbolje dostupnim od 2020. godine pa nadalje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Anđelković.

2. ČETVRTA GENERACIJA SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA

Zbog rastuće svesti o globalnom zagrevanju pronašao se potencijal i interes u sistemima daljinskog grejanja kao alat za zamenu fosilnih goriva sa obnovljivim izvorima energije. Time je počelo i razvijanje sistema daljinskog grejanja i istraživanje u primeni različitih niskotemperaturnih izvora toplote kao najbolje rešenje za postizanje energetske efikasnosti i smanjenja emisije gasova staklene bašte.

Četvrta generacija sistema daljinskog grejanja predstavlja tehnološki koncept, koji kroz pametne toplotne mreže obezbeđuju razvoj održivih energetskih sistema i podrazumeva integraciju svih raspoloživih izvora toplote u jednu jedinstvenu mrežu (otpadna toplota iz industrije, toplota iz obnovljivih izvora energije, kogeneracija i dr.) za snabdevanje toplotnom energijom za grejanje niskoenergetskih zgrada, sa niskim gubicima i visokom energetskom efikasnošću.

Poslednjih godina građevinska industrija je pronašla način da stvara zgrade sa niskim zahtevima za toplotom. Ova tehnologija se takođe primenjuje na postojećim zgradama. Zbog toga se potrebe za toplotom stalno smanjuju.

Ovom tehnološkom transformacijom, za koju motiv imaju i potrošači i energetske kompanije, teži se ka inteligentnim sistemima daljinske energetike u gradovima.

2.1. Prepreke i uslovi za niskotemperaturne sisteme

Tehnologija daljinskog grejanja mora biti redizajnirana kako bi ispunila nove uslove za isporuku i snabdevanje toplotom.

Opšti uslovi i neophodne sposobnosti 4GDH su:

- Snabdevanje LTDH za grejanje prostora i pripremu tople vode,
- Distribuciju toplote sa malim gubicima u mreži;
- Recikliranje toplote iz izvora niske temperature i
- Integrisanje toplotnih mreža u pametan energetski sistem.

Stepen slobode je veći za nove sisteme daljinskog grejanja nego za postojeće. Međutim, mogućnost korišćenja nižih temperatura u ovim sistemima može biti otežana ako se opslužuju stare zgrade sa većim zahtevima za toplotom i temperaturom. Snižavanje zahteva za temperaturom unutar zgrada moguće je uz niske ili umerene troškove.

3. PRIMENJENA STUDIJA U KAMPUSU U NEMAČKOJ

Univerzitetski kampus, izgrađen 1960-ih, podeljen je na četiri glavne lokacije, ukupne korisne površine 310.000 m², u 164 zgrade. Sve zgrade su nestambene, što dovodi do niskih potreba za toplom vodom. Toplotu i električnu energiju za univerzitet trenutno isporučuju gasna postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplote i električne energije (CHP), i rezervni kotlovi na gas koji isporučuju samo toplotnu energiju.

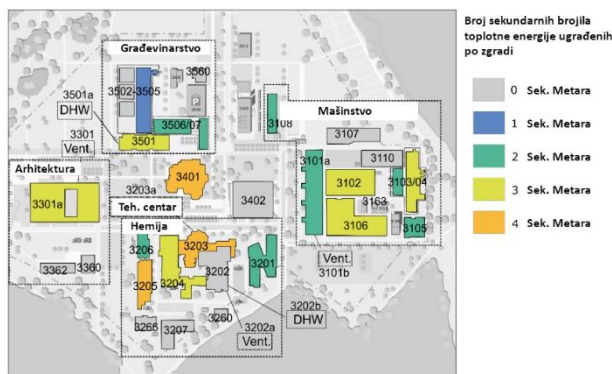
3.1. Potrebni podaci za praćenje sistema

Potrošnja toplote se meri preko funkcije zapreminskog protoka i temperature dovoda i povrata grejanja. Protok toplote ka potrošaču iz kruga grejanja određuje se primenom formule prvog zakona za stacionarni protok kroz podstanicu:

$$\dot{Q}_{i,j} = \dot{V}_{i,j} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (T_{S,i,j} - T_{R,i,j}) \quad (3.1)$$

Da bi se identifikovalo gde primeniti koju meru za smanjenje temperature mreže, neophodni su podaci sa primarnih i sekundarnih nadzora grejanja.

Primarne podatke prati 29 brojala toplote za 32 zgrade povezane na daljinsko grejanje (vidi sliku 3.1.). Neke zgrade sadrže zasebne merne elemente u podstanicama za grejanje prostora i pripremu tople vode, dok se u drugim slučajevima, nekoliko krugova grejanja zgrada meri u jednoj mernoj tački. Na sekundarnoj strani, 37 krugova grejanja u 13 različitih zgrada opremljeno je meračima toplote. Nije bilo moguće instalirati brojala toplote u svakoj zgradi i krugu grejanja, stoga su prioritet imale zgrade sa velikom potražnjom za toplotom i velikim povratnim temperaturama. Neke nove zgrade sa niskim temperaturama opremljene su brojiлом toplote.



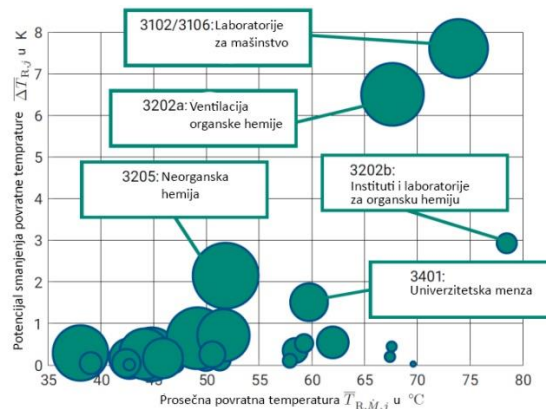
Slika 3.1. Primarna i sekundarna brojila toplote

Analiza performansi sekundarnih krugova grejanja zasnovana je na nedeljnim vremenskim serijama između 18. marta 2020. i 26. marta 2020. Ovaj vremenski period predstavlja prvu sedmicu ograničenja socijalnog distanciranja COVID-19, što je dovelo do toga da je izuzetno mali broj studenata, kao i nastavnika i osoblja, bilo prisutno u zgradama univerziteta. Stoga je potražnja za toplom vodom bila znatno manja nego tokom normalnog rada. Efekat zaključavanja na grejanje prostora je relativno nizak jer zgrade moraju ostati zagrejane i ako je prisutno samo nekoliko ljudi.

3.2. Identifikacija objekta sa mogućim smanjenjem temperatura

Da bi se identifikovali najkritičniji objekti sa povišenim povratnim temperaturama, prvo se izračunava potencijal smanjenja povratne temperature za svaku podstanicu u mreži (jednačina 3.2.):

$$\Delta \bar{T}_{R,j} = \frac{1}{n_{ts}} \sum_{i=1}^{n_{ts}} \frac{(T_{R,i,j} - T_{target}) \cdot \dot{M}_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n_{sub}} \dot{M}_{i,j}} \quad (3.2.)$$



Slika 3.2. Potencijal smanjenja temperature povrata iznad prosečne temperature povrata

Na slici 3.2. veličina tačaka predstavlja prosečnu godišnju potrošnju toplote za svaku podstanicu. Analiza pokazuje da veliki potencijal za smanjenje temperature povrata nije povezan samo sa podstanicama sa visokim apsolutnim temperaturama povrata, već takođe može biti rezultat veoma velikog masenog protoka pri umerenoj temperaturi povrata, usled velikih potreba za toplotom. Pet najkritičnijih podstanica su od 3102 do 3106, kao i zgradama, 3202, 3205 i 3401. Pet kritičnih podstanica predstavljaju potencijal smanjenja temperature povrata od skoro 21 K. U obzir je uzeta i ventilacija organske hemije, zato što koristi metod rekuperacije toplote, kao dodatni izvor toplote za grejanje.

3.2. Mere za poboljšanje

1. Priprema tople vode: Rezervoar za pripremu tople vode u krugu grejanja 3202b treba zameniti električnim grejačem, a način rada rezervoara tople vode u 3401 treba prilagoditi na sledeći način. Ako pravila za higijenu vode to dozvoljavaju, rezervoar se može zagrejati samo tokom radnog vremena, kao što je primenjeno u slučaju rezervoara u krugu grejanja 3501a. Ovo nije idealno rešenje, ali je jednostavan način da se smanji prosečna temperatura povrata iz ovog kruga grejanja bez dodatnih troškova.

2. Obnova zgrade: Sveobuhvatnu obnovu treba izvršiti u zgradi 3205. U ovom slučaju, specifična potrošnja toplote i temperature su visoke iako kontrola krugova grejanja prostora funkcioniše ispravno. Dodatno podno zagrevanje bi bilo opcija za smanjenje zahteva za zagrevanjem prostora. Iako je ova zgrada sagrađena u kampusu (1995.), zahteva rekonstrukciju koja podrazumeva promenu krova zato što prokišnjava. Zgrada 3202, koja takođe pokazuje veoma velike specifične potrebe za toplotom, već se

renovira. Priprema zgrade za grejanje na niskim temperaturama ključni je aspekt ovog procesa.

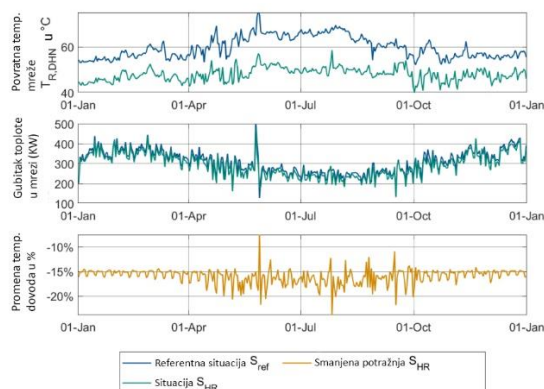
3. Smanjenje temperature napajanja daljinskim grejanjem: Mnogi krugovi grejanja ne zahtevaju trenutni visoki nivo napajanja daljinskim grejanjem, već rade na znatno nižim sekundarnim temperaturama napajanja. Oni koji koriste primarnu temperaturu napajanja često pokazuju greške u kontroli.

Nakon otklanjanja grešaka u upravljanju u zgradama 3102/3106, 3105, 3202, 3203, 3205, 3301 i 3401, temperatura napajanja se može smanjivati korak po korak. Takođe, u nekim zgradama upotreba dodatne toplotne pumpe bi bila odlična opcija da se izbegnu izuzetno visoke temperature povrata sa tih podstanica.

3.3. Energetsko, ekonomsko i ekološko poređenje

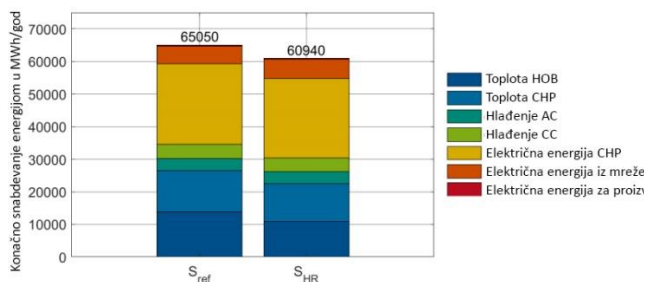
Na slici 3.3. prikazan je uticaj različitih mera na temperaturu povrata u kampusu. Smanjenje temperature su nešto veće u letnjim mesecima nego tokom zime. Ukupni gubici toplote iz cevi daljinskog grejanja, se mogu u proseku smanjiti za 5%.

Treći grafikon omogućava razumevanje uticaja predloženih mera na toplotno snabdevanje kampusa. Prema scenariju, godišnje snabdevanje toplotom smanjeno je za 15,5 %.



Slika 3.3. Uticaj predloženih mera

Na slici 3.4. prikazan je dijagram na kojem su rezultati za različite vrste energije relevantne za energetski sistem: toplota iz kotlova, toplota i električna energija iz kombinovanih toplana i elektrana (CHP), energija hlađenja iz apsorpcionih hladnjaka i kompresioni rashladnici, električna energija koja se isporučuje iz mreže i električna energija za potrebe proizvodnje, kao što su cirkulacione pumpe.



Slika 6.11. Uticaj predloženih mera za smanjenje temperature

Godišnje snabdevanje energijom se smanjuje za oko 6%. To je uglavnom zbog smanjenja potrebe za toplotnom energijom iz kotlova za grejanje za 22% (3000 MWh). Snabdevanje toplote CHP-om je takođe smanjeno za 9-10%, što je dovelo do povećanja napajanja iz javne mreže za 9%.

Ukupne emisije ugljen-dioksida mogu smanjiti za 4,5%, dok se emisije koje se odnose na snabdevanje toplotom smanjuju za 19%.

Budući da smanjenje potražnje za toplotnom energijom dovodi do smanjenja proizvodnje električne energije u CHP-u, potražnja za električnom energijom u mreži se povećava, što dovodi do većih udela troškova za snabdevanje električnom energijom.

Maksimalno početno ulaganje C_0 može da se izračuna, uzimajući u obzir investicije A_{inv} i troškove vezane za operacije A_{op} jednako je smanjenju troškova vezanih za kapacitete, potražnju i emisije. Izračunavanje C_0 predstavljeno je jednačinom 3.3.;

$$C_0 = \frac{A_{inv} + A_{op}}{f_a \cdot (1 + f_{op} \cdot f_b)} = 1,2 \text{ M euro} \quad (3.3.)$$

Predložene mere su ekonomski izvodljive, sve dok ukupna investicija ne prelazi 1,2 M €.

3.4. Zaključak iz primenjene studije

Očigledno je da greške u radu unutar infrastrukture zgrada dovode do značajnog povećanja temperature mreže i pokazuje da pojedinačni problemi u nekoliko zgrada mogu imati značajan uticaj na celu mrežu.

Da bi se mogao realizovati prelaz sa fosilnog na obnovljivo daljinsko grejanje, neophodno je prvo primeniti prelaz sa 2GDH ili 3GDH na LTDH. Ipak, biće potrebna reorganizacija kako bi LTDH bio ekonomski izvodljiv.

4. TRANZICIJA NOVOSADSKJE TOPLANE

Novosadska toplana je promenila način grejanja tako što je prešla sa režima grejanja sa prekidom u radu na neprekidni režim. U ovom režimu se razlikuju 2 režima:

- Komforni režim - 16h (4-20h) i
- Noćni režim - 8h (20-4h).

Time se smanjio dodatni potreban kapacitet za jutarnji pik u odnosu na period kada je sistem bio u režimu sa prekidom u radu.

Postepenim podizanjem temperature na prelazu između 2 režima, sa manjom temperaturskom razlikom u odnosu na prekidni režim, smanjeni su udari na mrežu u vidu nagle dilatacije cevovoda i instalacija. Takođe, specifični utrošak energije je manji jer su i temperature i dovoda i povrata niže uz bolji subjektivni oseća kod potrošača.

Novosadska toplana je postigla velike pomake na polju upravljanja i nadzora koje su na nivou 4GDH implementacijom softverske platforme ArchestrA System Platform, koja pruža integraciju:

- Sistema za nadzor i upravljanje toplotnih izvora;
- Sistema za nadzor i upravljanje toplotnih podstanica;
- Sistema za nadzor i upravljanje toplotnih izvora;
- Softverskih alata za tehničko–ekonomsku optimizaciju sistema daljinskog grejanja;
- Softverskih alata za upravljanje imovinom i održavanjem;
- Softverskih alata za analizu podataka i energetske menadžment i
- Primenu drugih manjih podsistema i platforma.

Takođe, izvršena je integracija SCADA sistema za nadzora i upravljanja toplotnim izvorima SDG.

Lokaliteti na kojima treba izvršiti proširenje mreže daljinskog grejanja i koji su dislocirani od postojeće toplifikacione infrastrukture, predstavljaju idealna područja za implementaciju najmodernijih koncepta 4G i 5G SDGiH.

Mišeluk je idealan kandidat razvoja nove mreže koja bi se projektovala za 4G SDGiH. Ovaj lokalitet bi Novosadskoj toplani poslužio i kao pilot projekat pomoću koga bi se ispitala stvarne performanse integracije i implementacije više izvora energije u inteligentan i niskougljenični SDGiH. Stečena iskustva se dalje mogu primeniti na ceo novosadski toplifikacioni sistem.

Novosadska toplana ima veoma dobar potencijal za postizanje pametnog i zelenog grada s obzirom na postojeći nivo automatizacije i umreženosti samog SDG. Na nivou grada je potrebno implementirati mnogo više „pametnih“ rešenja, kako bi i grad dostigao kapacitete koje imaju pametni gradovi.

5. ZAKLJUČAK

Pored utvrđenih mogućnosti i prednosti primene LTDH, predstavljene su i prepreke prilikom implementacije. U poređenju sa današnjim tehnologijama i distribucije toplote, niske temperature zahtevaju neke izmene kako postojećih tako i novih instalacija u zgradama, podstanicama i distributivnim mrežama. Što se tiče postojećih instalacija, samo manji deo mora biti uklonjen ili zamenjen. Definisanjem novih standarda i adaptacija istih, pružiće mogućnost projektovanja novih sistema daljinskog grejanja za implementaciju u novo izgrađene objekte.

Ekonomske koristi od nižih temperatura distribucije toplote biće približno pet puta veće kada se koriste obnovljivi izvori energije i reciklirana toplota u poređenju sa tradicionalnom upotrebom fosilnog goriva.

Primena ovakvih tehnologija i vršenje istraživanja nad njima, doprinosi unapređenju energetskog sistema i proširivanju saznanja o daljim mogućnostima i predstavlja veliki potencijal za očuvanje životne sredine, nasuprot tome što jos nije ekonomski isplativa prema primeru za Nemački univerzitet. Primer Novosadske toplane i njene tranzicije ka primeni niskotemperaturskih sistema daljinskog grejanja, predstavlja dobar način ka postizanju zelene tehnologije bez velikih investicija i rekonstrukcije postojećeg sistema.

6. LITERATURA

- [1] „Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook“ Edited by Kristina Lygnerud and Sven Werner, Halmstad University 2021
- [2] Specijalistički rad „Proizvodnja, prenos i distribucija toplotne energije, daljinskog sistema grejanja“, autor: Miroslav Kićanović, Novi Sad
- [3] Srbija i klimatske promene - Okvirna Konvencija UN o promeni klime
- [4] Srbija i klimatske promene - Kjoto protokol
- [5] Balkan green energy news - Datum pristupa: 08.09.2021. Preuzeto sa linka:
- [6] Skripta „Savremene energetske tehnologije“, autor: Željko Vlaović, 2019. godina. FTN Novi Sad
- [7] „International review of district heating and cooling“, Sven Warner, april 2017. godine. – „Međunarodni pregled daljinskog grejanja i hlađenja“
- [8] “Assessing the techno-economic impact of low-temperature subnets in conventional district heating networks”, Jose Fiacro Castro Flores, Justin N.W. Chiu, Viktoria Martin, Bruno Lacarrière, jun 2017. godine – “Procena tehnno-ekonomskog uticaja niskotemperaturnih mreža u konvencionalnim mrežama daljinskog grejanja” -
- [9] „Obnovljivi izvori energije“, autori: Gvozdenac Dušan, Nakomčić-Smaragdakis Branka, Gvozdenac-Urošević Branka, 2011. godine. FTN Novi Sad
- [10] „Performance of Flat-Plate and Compound Parabolic Concentrating Solar Collectors in Underfloor Heating Systems“, Sarvenaz Sobhansarbandi, Ugur Atikol, jun 2015. godine. – „Performanse ravnih ploča i složenih paraboličkih koncentrirajućih solarnih kolektora u sistemima podnog grejanja“.
- [11] „Bottlenecks in district heating systems and how to address them“, Lisa Brangea, Jessica Englundb, Kerstin Sernheda, Marcus Therna and Patrick Lauenburg, 2017. godine. – „Uska grla u sistemima daljinskog grejanja i kako ih rešiti“.
- [12] Strategija razvoja JKP „Novosadska toplana“ do 2030. godine, Novi Sad, FTN 2021.
- [13] Averfalk, H. et al., (2017). „Transformation Roadmap from High to Low Temperature District Heating Systems“: Annex XI final report. International Energy Agency - Averfalk, H. (2017) – „Mapa puta transformacije iz sistema daljinskog grejanja na niskim temperaturama“: Aneks KSI završni izveštaj. Međunarodna agencija za energiju
- [14] Akcioni plan zeleni grad Novi Sad

Kratka biografija:



Elena Herbut rođena je u Novom Sadu 1997. god. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Energetika i procesna tehnika završila je 2020. god. Trenutno student master studija na smeru Termoenergetika.

RAZMATRENJE IDEJNOG REŠENJA I REALIZACIJA PROJEKTA GREJANJA I KLIMATIZACIJE OBJEKTA SPECIJALNE NAMENE**CONCEPTUAL HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING DESIGN OF A SPECIAL PURPOSE FACILITY**

Miloš Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljen pregled mogućih idejnih rešenja za realizaciju projekata grejanja, ventilacije i klimatizacije objekta specijalizovane namene. Pod objektom specijalizovane namene podrazumeva se objekat sportske hale. U radu je prikazan i kratak pregled proračuna grejanja, ventilacije i klimatizacije kao i metode, definisani svi usvojeni sistemi grejanje, ventilacije i klimatizaciju specifikirani za ovakav tip objekta. Rad obuhvata i prateće proračune poput proračuna gasnih instalacija i proračuna odimljavanja objekta, prikaz numeričke i grafičke dokumentacije, kao i prikaz simulacije ubacivanja svežeg vazduha odabranim sistemom ventilacije uz implementaciju odgovarajućih duvaljki. Simulacija je izvedena softverskim programom „LINDAB“. U zaključku je obrazloženo zbog čega su usvojeni određeni sistemi koji će na najefektniji način obezbediti energetske potrebe i visoke komforne zahteve objekta sportske hale sa pratećim prostorijama.

Ključne reči: Grejanje, klimatizacija, ventilacija, toplotne pumpe.

Abstract – The paper presents an overview of possible conceptual solutions for the implementation of heating, ventilation and air conditioning projects of specialized facilities. The facility of specialized purpose means the facility of a sports hall. The paper also presents a brief overview of the calculation of heating, ventilation and air conditioning as well as methods, defines all adopted heating, ventilation and air conditioning systems specified for this type of facility. The paper also includes accompanying calculations such as the calculation of gas installations and the calculation of fumigation of the building, a presentation of numerical and graphic documentation, as well as a simulation of fresh air intake by the selected ventilation system with the implementation of appropriate nozzles. The simulation was performed with the software program "LINDAB". In the conclusion, it is explained why certain systems were adopted that will provide the energy needs and high comfort requirements of the sports hall facility with accompanying rooms in the most efficient way.

Keywords: Heating, air conditioning, ventilation, heat pumps.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Aleksandar Andelković.

1. UVOD

Za potrebe objekta sportske hale bilo je potrebno izraditi projekat mašinskih instalacija grejanja, ventilacije, klimatizacije i pripreme sanitarne tople vode sistemom toplotnih pumpi vazduha/voda, a sve u cilju smanjenja postojećih troškova energije, kao i smanjenja emisije ugljen dioksida u atmosferu. Osnovna namena projekta mašinskih instalacija za predmetni objekat je utvrđivanje koncepcije termotehničkih instalacija, kao i definisanje pratećih termotehničkih uređaja.

Projekat mašinskih instalacija obuhvata proračun toplotnih gubitaka i dobitaka, proračun elemenata podstanice, dimenzionisanje generatora toplote i grejnih/rashladnih tela, kao i prateće opreme i armature.

Radi postizanja projektovanih protoka i uravnotežavanja cevne mreže, potrebno je bilo predvideti cirkulacione pumpe za grejne krugove. Kompenzacija temperaturskih dilatacija primarne i sekundarne mreže predviđena je samokompenzacijom. Za praznjenje mreže potrebno je bilo predvideti slavine na najnižim tačkama instalacije. Imajući u vidu ekonomičnost zatvorenog sistema u odnosu na otvoreni, predviđen je sistem centralnog grejanja sa zatvorenom ekspanzionom posudom, proračunatu prema kapacitetu toplotnog konzuma objekta i obezbeđenu sigurnosnim ventilom odgovarajućeg koeficijenta isticanja i drugom potrebnom armaturom. Grejanje, klimatizaciju i ventilaciju sportskog terena i tribina predviđena je preko klima komore.

Radom i projektom je predložena instalacija sa centralnom pripremom tople vode, sa odgovarajućim rezervoarom. Kao rezervni generator toplote predviđen je gasni kondenzacioni kotao.

Radom i projektom je bilo potrebno predvideti ventilaciju sanitarnih i tehničkih prostorija, kao i odimljavanje sportskog terena.

Pored tekstualne dokumentacije, radom će biti obuhvaćeni i grafički prilozi, sa osnovama i karakterističnim preseccima i detaljima.

Ovim radom obuhvaćene su mašinske instalacije grejanja i pripreme tople, sanitarne vode, klimatizacije, ventilacije i odimljavanja, kao i unutrašnjih gasnih instalacija za potrebe objekta sportske hale. Objekat predstavlja jedinstvenu funkcionalnu i građevinsku celinu.

3. TEORIJSKE OSNOVE

Za proračune gubitaka i dobitaka kroz termički omotač (zidovi i stolarija) korišćen je standard SRPS EN ISO 12831-3:2017. Usvojeni spoljni projektni parametri za

proračun gubitaka i dobitaka kroz zidove i stolariju su sledeći [1]:

Zima: $t_{sp} = -14,8^{\circ}\text{C}$, $f = 90\%$

Leto: $t_{sp} = +34^{\circ}\text{C}$, $f = 33\%$

Usvojeni unutrašnji projektni parametri su sledeći:

Zima: $t_{un} = 20^{\circ}\text{C}$

Leto: $t_{un} = 26^{\circ}\text{C}$

Unutrašnji projektni parametri prostorija usvojeni su prema zahtevima standarda za odgovarajuću vrstu prostora. Za proračune rashladnog opterećenja, usvojeni su podaci u skladu sa arhitektonskim zahtevima i preporukama međunarodnih standarda. Opterećenje od rasvete je prema preporukama za rasvetu. Opterećenje od uređaja je usvojeno prema preporukama za ovu vrstu prostora. Projektna dokumentacija termotehničkih instalacija urađena je u svemu prema arhitektonsko – građevinskom projektu, zakonima o planiranju i izgradnji, tehničkim uslovima i svim važećim standardima za ovu vrstu instalacija. Tako su prema pomenutom standardu, za računanje gubitaka korišćeni sledeći izrazi [1]:

$$Q_i = Q_{T,i} + Q_{V,i}, \quad (1)$$

gde su:

Q_i – ukupni gubici toplote prostorije [W],

$Q_{T,i}$ – projektni transmisivni gubici toplote prostorije [W],

$Q_{V,i}$ – projektni ventilacioni gubici toplote prostorije [W].

Dalje se daje definicija transmisivnih i ventilacionih gubitaka [1]:

$$Q_{T,i} = (HT_{ie} + Ht_{iue} + Ht_{ig} + Ht_{ij}) \cdot (t_u - t_s), \quad (2)$$

gde su:

$Q_{T,i}$ – ukupni transmisivni gubici toplote prostorije [W],

HT_{ie} – koeficijent transmisivnog gubitka od grejanog prostora prema spoljašnjoj okolini [W/K],

Ht_{iue} – koeficijent transmisivnog gubitka od grejanog prostora kroz negrejan prostor prema spoljašnjoj okolini [W/K],

Ht_{ig} – stacionarni koeficijent transmisivnog gubitka od grejanog prostora prema tlu [W/K],

HT_{ij} – koeficijent transmisivnog gubitka od grejanog prostora prema susednom grejanom prostoru različite temperature [W/K],

t_u – unutrašnja projekta temperatura grejanog prostora [$^{\circ}\text{C}$],

t_s – spoljna projekta temperatura [$^{\circ}\text{C}$].

$$Q_{V,i} = H_{v,i} \cdot (t_u - t_s), \quad (3)$$

gde su:

$Q_{V,i}$ – projektni ventilacioni gubici toplote prostorije [W],

$H_{v,i}$ – koeficijent ventilacionih toplotnih gubitaka [W/K],

t_u – unutrašnja projekta temperatura grejanog prostora [$^{\circ}\text{C}$],

t_s – spoljna projekta temperatura [$^{\circ}\text{C}$].

$$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p, \quad (4)$$

gde su:

V_i – protok vazduha u grejani prostor [m^3/s],

ρ – gustina vazduha pri t_u [kg/m^3],

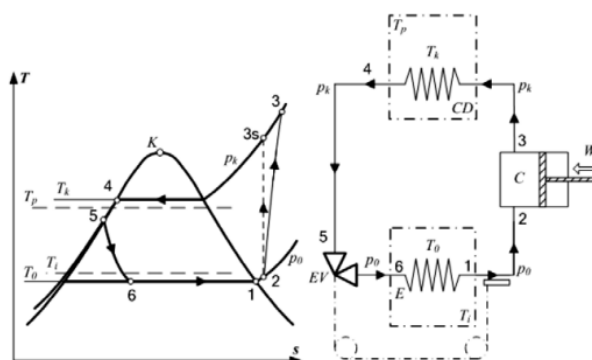
c – specifični toplotni kapacitet vazduha pri t_u [kJ/kgK].

Toplotne pumpe koriste besplatnu dostupnu toplotu iz okoline za grejanje ili hlađenje prostorija. Od vida energije koji se nalazi u određenoj materiji (zemlji, vodi, vazduhu) zavisi tip toplotnih pumpi.

Proces može biti reverzibilan izborom pravih unutrašnjih jedinica. Toplotne pumpe su jedan od najekonomičnijih, efikasnih i u isto vreme ekološki prihvatljivih načina grejanja i hlađenja. Toplotne pumpe koriste prirodnu toplotnu energiju iz zemlje, podzemnih voda ili vazduha, a zatim je predaju sistemu za grejanje. Toplotnim pumpama se može iskoristiti i do 80% energetske potreba objekta, besplatno iz okoline, a tek 20% energije treba dodati u obliku električne energije koja je potrebna za sam rad toplotne pumpe.

Princip rada toplotnih pumpi zasniva se na Karnoovom ciklusu, jednom od najznačajnijih procesa u polju termodinamike. Termodinamički ciklus toplotne pumpe prikazan je na T-s (temperatura-entropija) dijagramu na kojem se mogu identifikovati 6 grana. U delu od tačke 1 do tačke 2 dešava se kompresija pare koja ulazi u kompresor. U ovom delu uočava se porast i temperature i pritiska. Zatim, sledi hlađenje pregrejanog pare, deo od 2 do 3, pri ulasku pare u kondenzator, nakon čega temperatura opada i na kraju faze para postaje zasićena. Zasićena para prelazi u tečnu fazu u grani 3-4, pri konstantnoj temperaturi, a rashladno sredstvo predaje svoju latentnu toplotu.

Zatim sledi pothlađivanje kondenzata tj. tečno rashladno sredstvo biva pothlađeno pri ulasku u ekspanzioni ventil, grana 4-5. Procesi koji se dešavaju u kondenzatoru su procesi od tačke 2 do tačke 5. Konačno sledi proces ekspanzije sa konstantnom entalpijom. Pothlađenoj tečnosti se snižavaju i pritisak i temperatura pri prolasku kroz ventil. Ciklus se zatvara procesom u isparivaču gde se isparavanje odvija pri konstantnom pritisku I temperaturi. Toplota se troši na promenu faze samog fluida i pri izlasku iz isparivača para je blago pregrejana na oko $3-4^{\circ}\text{C}$. Ovo je proces koji se koristi za grejanje dok je kod hlađenja proces obrnut.



Slika 1 T-s dijagram i šema rada toplotne pumpe [3]

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Proračun gubitaka toplote je urađen prema SRPS EN ISO 12831-3:2017. U nastavku sledi tabelarni prikaz rezultata proračuna gubitaka toplote:

Br.	Spratnost	Q _{trans}	Q _{vent}	Q _{uk}
01.	Prizemlje	116019,3	122385,9	238405,2
02.	Sprat	39878,9	18157,5	58036,4
03.	Galerija	14405,0	7284,1	21689,1
Ukupni gubici				318130W

Tabela 1: Pregled gubitaka toplote objekta

Ukupni toplotni gubici za objekat sportske hale iznose 318.130,7 kW, dok se iznos gubitaka u prostorima izuzev tribina i sportskog terena određuje na vrednost od 143.173,92 kW.

Proračun grejnih/rashladnih tela je urađen prema SRPS EN ISO 12831-3:2017 a za grejna/rashladna tela izabrani su ventilator konvektori (fan-coil uređaji) sa mogućnošću grejanja i hlađenja u zavisnosti od potrebe. Za pomenute uređaje prikazano je specifično odavanje toplote/hlađenja odabranog proizvođača DAIKIN, u zavisnosti od korišćenih modela uređaja.

	Grejanje	Hlađenje	
FWV 01 DT	2140	1540	W
FWV 02 DT	2570	2090	W
FWV 03 DT	3810	2930	W
FWV 04 DT	5630	4330	W
FWV 06 DT	6360	4770	W
FWV 08 DT	7830	6710	W

Tabela 2: Odavanje toplote ventilator-konvektora u zavisnosti od modela

Iz prethodnog izvoda se može primetiti da su ukupni gubici koje je potrebno nadomestiti veći od instalisanog kapaciteta ventilator konvektora, ali se isto tako treba obratiti pažnja da u gore prikazanom proračunu nisu uračunati instalisani kapaciteti klima komora koje su zadužene za pokrivanje gubitaka za prostore sportske hale i tribina, i koji su detaljnije prikazani u maste radu. Za nadoknadu toplotnih gubitaka u određenim prostorijama kao grejna tela su odabrani toplotni kaloriferi. U odnosu na režim tople vode i potrebnih snaga, za sisteme sportskog terena i tribina je usvojena kaloriferska jedinica proizvođača TOPIZ, model TOP KFW 52.3.

Zbog problematike sistema i velikog prostora koji treba grejati/hladiti, pored kapaciteta, posebno se vodilo računa na domete koje kaloriferi mogu pokriti kao i njihov međusobni raspored. Iz prikazanih proračuna i simulacija u radu se može primetiti da odabrani kaloriferi mogu zagrejati prostor do 10m dužinski posmatrano za zidno postavljanje istih, dok se kod plafonskog kačenja zbog rasipanja i nešto bližeg postavljanja, isti efekat može očekivati na nešto manjoj udaljenosti od oko cca 8m.

Kako bi zadovoljila potrebne gubitke a ujedno ostvarila tražene uslove komfora, radom i proračunom je

predviđena ugradnja tri toplotne pumpe tipa vazduh/voda, istih tehničkih karakteristika, kapaciteta grejanja $3 \times 128,2 = 384,6$ kW, odnosno $3 \times 109,9 = 329,7$ kW u režimu hlađenja. Visokoeffikasna toplotna pumpa vazduh-voda sa aksijalnim ventilatorima, hermetik scroll kompresorima, opremljena za rad na temperaturi do -20°C spoljne temperature, maksimalna temperatura vode 65°C . Jedinica poseduje ERP usklađenost, kao i EUROVENT sertifikat.

Rešenjem je usvojen dopunski generator toplote u vidu visokoeffikasnog gasnog kotla, proizvođača BAXI, tip Luna Duo-tec MP 1.150, maksimalnog toplotnog kapaciteta 150,9 kW.

Klima komora je predviđena za pokrivanje toplotnih gubitaka/dobitaka za sisteme tribina (TR 1-2) i sportskog terena (ST 1-2).

Na osnovu proračunatih dobitaka (gubitaka) toplote usvojene su klima komore sa sledećim karakteristikama:

- Protok vazduha: $9\,000\text{ m}^3/\text{čas}$ ($2,5\text{ m}^3/\text{s}$),
- Grejna snaga: 75 kW (temperaturni režim: 50/45 °S) – temp.ubacanog vazduha 30°C ,
- Rashladna snaga: 60 kW (temperaturni režim 7/12 °S) – temp.ubacanog vazduha 18°C ,
- Pad pritiska na ventilatoru: 865 Ra – potisni kanali vazduha,
- Pad pritiska na ventilatoru: 185 Ra – povratni kanali vazduha,
- Ulazni vazduh: 20°C / 50%.

Usvojena klima komora proizvođača HYDRONIC, modela AX'M 85 je konstruisana po standardu EN 1886 a proizvođač poseduje EUROVENT sertifikat AHU 06-07-322.

Na osnovu izračunate potrebne količine gasa od $G=16,098\text{ Sm}^3/\text{h}$, usvaja se tipski gasomer sa mehom G-16, sa kompenzacijom po temperaturi, sa nominalnim protokom od $25\text{ m}^3/\text{h}$.

Proračun ventilacionih kanala i sistema sa numeričkom dokumentacijom je prikazan u radu. Isti proračun je izvršen kako za ventilacione kanale za ubacivanje svežeg, tako i za one za izbacivanje vazduha. Na ventilacionim kanalima je predviđena ugradnja duvaljki za ubacivanje svežeg vazduha.

Za sistem ventilacije je usvojen rekuperator toplote JAKKA, tip JR (H) (B) 70/4500, $L=4500\text{ m}^3/\text{h}$. Rekuperator je predviđen sa kompletnom pratećom opremom (ventilator, senzori i upravljanje za regulaciju rada).

Za dogrevanje vazduha u zimskom periodu, predviđena je ugradnja toplovodnog kanalskog grejača vazduha – dispozicija i dimenzija nalaze se u grafičkoj dokumentaciji.

Prema ukupnoj količini dima od $55352\text{ m}^3/\text{h}$ koji se mora odvesti iz predmetnog objekta u eventualnom požaru, bira se trofazni aksijalni zidni ventilator u skladu sa SRPS EN 12101-3:2015 sledećih karakteristika:

$$L_d = 7000 [\text{m}^3/\text{s}], \quad T=400[^{\circ}\text{C}], \quad 120 [\text{min}].$$

Izabrani su zidni aksijalni ventilatori (8 komada), tip AXC 500-6 IE3 smoke extr, proizvođača SYSTEMAIR

za temperaturu do 400°C u trajanju 120 min, sertifikovani prema 12101-3, sledećih tehničkih karakteristika:

$L=7071$ [m³/s], $P=487$ [W], $Q=54$ [kg].

5. ZAKLJUČAK

U radu je detaljno obrađena problematika održavanja mikroklimatskih parametara u objektima ovog tipa kao i zahtevi koje novoinstalirani sistemi treba da zadovolje. Svi proračuni instalacije su rađeni na osnovu važećih pravilnika, standarda i inženjerskih preporuka, čime je izvršeno pravilno i precizno dimenzionisanje opreme. Za predmetni objekat je predviđen moderan sistem grejanja koji koristi obnovljive izvore energije u vidu toplotnih pumpi tipa vazduh-voda, dok je kao dopunski generator toplote usvojen gasni kondenzacioni kotao pa ovakav vid rešenja ima veliku prednost iz perspektive ekologije i životne sredine, jer su količine potrebnih energija znatno smanjene sa mnogo manjim emisijama štetnih gasova, a sve to uz razuman period otplate opreme i sistema.

Proračun potrebne količine svežeg vazduha za sisteme tribina i sportskog terena je rađen na osnovu 3 metode proračuna, da bi se usvojilo najzahtevnije rešenje. Za bife su rađena dva proračuna, dok su za prateće prostorije objekta rađeni proračuni i usvojeni kanali i oprema prema broju izmena vazduha. Ovim postupkom proračuna dobili smo najpouzdanije sisteme ventilacije za najzahtevnije sektore objekta.

Za ventilaciju sistema sportskog terena i tribina je urađena softverska simulacija pokrivanja i međusobnog rasporeda, čime je dodatno potvrđena i grafički prikazana efikasnost usvojenog sistema i elemenata.

Projektovano rešenje iznešeno u ovom radu je i izvedeno i pokazalo je zavidne rezultate, posebno u pogledu grejanja i klimatizacije objekta, ali i ventilacije, gde su ova tri sistema spregnuta i daju zadovoljavajuće mikroklimatske parametre za predmetni objekat.

6. LITERATURA

- [1] Standard SRPS EN ISO 12831-3:2017, *Energetske performanse zgrada*
- [2] Doc. dr A. Anđelković, *Grejanje, ventilacija i klimatizacija*.
- [3] I. Zlatanović, N. Rudonja, K. Gligorijević, *Primena toplotnih pumpi u sistemima za sušenje*.

Kratka biografija:



Miloš Tomić, rođen je u Smederevu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Termoeenergetika, odbranio je 2021. god.

ANALIZA I OSNOVE ISPITIVANJA TEKSTILNIH MATERIJALA NOSEĆIH SLOJEVA TRAKA TRAKASTIH TRANSPORTERA**ANALYSIS AND BASICS OF TESTING TEXTILE MATERIALS OF CONVEYOR BELT CARCASS**Ružica Sovilj, Nikola Ilanković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je pregled osobina prirodnih i sintetičkih vlakana koji se koriste kao noseći slojevi traka trakastih transportera, kao i uticaj različitih vrsta opterećenja na zamor materijala. Opisan je uticaj spoljašnjih uslova kao što su temperatura i vlaga na pojavu zamora kod tekstilnih materijala i kompozitnih struktura, kao i uticaj životne sredine. Predstavljene su različite metode ispitivanja tekstilnih kompozita na zamor.

Ključne reči: tekstil, zamor, otkaz, naizmenično opterećenje, kompozitni materijali, matrica

Abstract – This paper provides an overview of the properties of natural and synthetic fibers which are used for conveyor belt carcass, as well as the influence of different types of loads on material fatigue. The influence of external conditions such as temperature and humidity on the occurrence of fatigue in textile materials and composite structures, as well as the influence of the environment are described. Different methods of fatigue testing of textile composites are presented.

Keywords: textile, fatigue, failure, cyclic loading, composite materials, matrix

1. UVOD

Tekstilni materijali se najčešće koriste kao noseći slojevi traka trakastih transportera, koji prenose sile koje se javljaju pri kretanju. Fleksibilnost i svestranost tekstilnih materijala mogu da dovedu do oštećenja ove ili one vrste. Oštećenja, koja se pojavljuju u vidu rupa na odevnim predmetima ili istrošenim ivicama radnih uniformi, predmeti su prethodnih istraživanja. Međutim, njihov značaj u inženjerstvu često je marginalizovan zbog ograničene primene u praksi. Pojavom tehničkih tekstilnih materijala, gde njihova elastičnost i izdržljivost prevazilaze normalnu izdržljivost i habanje, dublje razumevanje oštećenja tekstilnih materijala postalo je suštinski bitno za dizajn i proizvodnju produkata izrađenih od tekstilnih materijala.

Da bi se razumelo oštećenje na tkanini ili u strukturi tkanine, temeljna istraživanja se vraćaju na osnovni nivo, tj. da je vlakno sastavni gradivni element bilo kog proizvoda napravljenog od tekstilnog materijala.

NAPOMENA:

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

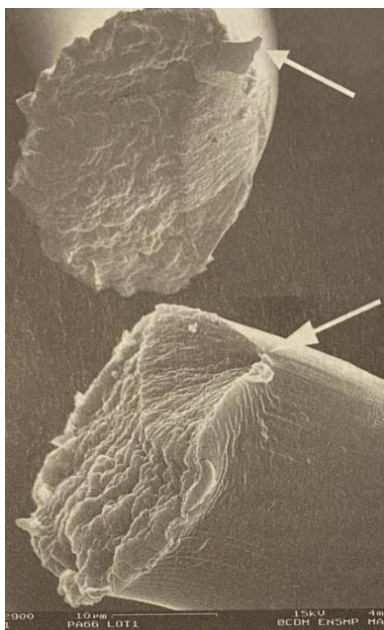
Prirodne ili veštački stvorene osobine tekstilnih vlakana određuju čvrstoću, jednolikost (uniformnost), fleksibilnost, izdržljivost i na kraju i sam performans vlakna. Dakle da bi se razumeo nedostatak materijala, mora se posmatrati nedostatak jednog vlakna.

2. ZAMOR PRI ISTEZANJU TEKSTILNIH VLAKANA

PET vlakna se najviše koriste i proizvode (uključujući i prirodna vlakna) širom sveta. Poliamidna vlakna (PA) su prva proizvedena sintetička vlakna, druga po proizvodnji i upotrebi među sintetičkim vlaknima. Obe vrste su pronašle široku primenu u proizvodnji odeće i u tehničkim strukturama visokih performansi kao što su proizvodnja pneumatika, traka trakastih transportera itd. Naravno, postoje i mnogi drugi primeri. Želja da se izbegne neočekivana pojava otkaza vlakna usled zamora je očigledna. Ove vrste vlakana doživljavaju otkaz usled zamora pod određenim vrstama naizmeničnog opterećenja zatezanjem. Karakterističan oblik loma materijala, koji se javi prilikom otkaza usled zamora, može se upotrebiti za dijagnostiku i dozvoljava uvid u mehanizme koji kontrolišu ovaj vid ponašanja. Razumevanje procesa zamora materijala u ovim vlaknima sugerise način eliminacije ili smanjenja verovatnoće nastanka nepredviđenih otkaza.

Otkazi usled zamora dve najveće grupe sintetičkih vlakana poliamida (PA) i poliestera (PET) su predmet istraživanja, uz spominjanje polietilen naftalata (PEN) koji se ponaša slično PET vlaknima. Svojstvo koje je najuočljivije kod otkaza usled zamora ove vrste vlakna jeste njegov oblik preloma, koji je sam po sebi svojstven i razlikuje se od preloma nastalog pod uticajem klasičnog zatezanja ili puzanja. Slika 1 prikazuje odgovarajuće krajeve vlakna PA66 koja su prekinuta usled dostizanja napona loma. Strelice prikazuju mesto stvaranja početne pukotine.

Vrste otkaza vlakna prikazana na slici 1 karakteristične su za otkaze nastale zatezanjem i puzanjem kod vlakana PA6, PA66, PET i PEN. Dva uporedna prikaza pokidanih krajeva su veoma slična u izgledu. Postoje dve oblasti koje predstavljaju očigledna mesta za napredak pukotine [1]. Od regiona inicijalne pukotine postoji zakošena zona koja nastaje usled faze sporog napretka pukotine tokom koje plastična deformacija ispred pukotine dovodi do njenog širenja. Noseći poprečni presek vlakna se smanjuje širenjem pukotine i na kraju dolazi do otkaza na nekontrolisan način, što dovodi do zone kidanja koja je normalna na osu vlakna.



Slika 1. Odgovarajući krajevi vlakna polimera PA66 nakon otkaza nastala zatezanjem, na sobnoj temperaturi, gde strelica pokazuje oblast nastanka pukotine, poprečni presek vlakna na početku je 27 μm

3. EFEKTI ODNOSA STRUKTURE I SVOJSTVA NA OTKAZ I ZAMOR PRIRODNIH VLAKANA

Karakteristika zamora materijala se definiše kao otkazivanje ili propadanje mehaničkih osobina nakon ponovljene primene opterećenja. Zamor vlakana se pojavljuje kada se vlakno konstantno izlaže opterećenju koje je manje od nivoa potrebnog da prouzrokuje otkaz materijala nakon samo jednog izlaganja opterećenju. Ovaj manji nivo opterećenja, koji može da bude u obliku zatezanja, pritiska, ili oba, možda nije dovoljno jak da pokida vlakno, ali akumulacija opterećenja iz svakog opterećenog/rasterećenog ciklusa može da rezultuje eventualnim kidanjem vlakna. Tekstilna vlakna su u svojoj praktičnoj upotrebi skoro uvek predmet opterećenja i deformacije. Zatezanje, savijanje, trošenje i uvijanje vlakana koje se ponavljaju su česte radnje tokom obrade vlakana i dovođenja proizvoda do krajnje upotrebe, što prouzrokuje otkaze usled zamora materijala.

Studije zamora vlakana se mogu sprovesti u tri različita vida deformacije: zatezni, uvojni i savojni. BTA test (određivanje dozvoljenog ugla uvijanja) se može smatrati kombinacijom tri modela, barem zateznog i uvojnog. Vlakno prečnika D se fiksira između dve spone, na dužini l , a zatim se uvija dok vlakno ne pukne. BTA se dobija sledećom jednačinom:

$$BTA = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\pi Dr} \right) \quad (1)$$

gde je r broj obrtaja na vlakno pre nego što pukne.

U radu [6] je objavljeno da među vezama *Gossypium Barbadense* pamuka, postoji negativna linearna povezanost ($r = -0.59$) između BTA i veka trajanja zamora usled savijanja vlakna, i krutosti vlakna pamuka, kao što je indikovano da je BTA bio nezavisan od finoće vlakna, debljine zida i stepena zrelosti. Vlakna pamuka duge drške su imala više BTA vrednosti i veću čvrstoću, ali

manje izduženje. Materijal koji je krt obično ima osobinu relativno kratkog izduženje pucanja. Sposobnost materijala da preživi deformaciju uvijanjem je indikacija krutosti. Stoga, povećani BTA ukazuje na nižu krutost i duži vek trajanja zamora. Drugim rečima, među varijantama pamuka koje su ispitane, dugačak pamuk je krt i lako se opteretiti na zamor u poređenju sa vlaknima pamuka srednje dužine.

U radu [7] su ispitivani BTA i životni vek različitih tipova vlakna na savijanje. Tabela 1. pokazuje rezultate vune i pamuka. Može se videti da su BTA vrednosti pamuka više nego kod vune, što ukazuje na to da pamuk ima veću krutost od vune. Prosečni vek na savijanje u tabeli 1. potvrđuje ovaj zaključak.

Tabela 1. Prosečni vek na savijanje i BTA vlakana pamuka i vune na 65% RH i 21 °C

Vlakno	Prosečni vek trajanja fleksibilnosti ±standardna greška (x 1000)	Prečnik	BTA (°)
Vuna	148.0 ± 24.0	26	44.69
Neočišćeni pima S-5 pamuk	9.0 ± 1.0	11	64.17
Mercerizovana pima	14 ± 3.0	11	64.74
Očišćeni deltapine pamuk	17.0 ± 4.0	12	61.88
Mercerizovan deltapine	19.00 ± 3.0	14	64.74

4. ASPEKTI ŽIVOTNE SREDINE NA ZAMOR

U bilo kojoj diskusiji efekata životne sredine na otkaz izazvan zamorom, potrebno je ispitati tri moguće interpretacije termina. Prvi od ovih je uzimanje u obzir kako životna sredina utiče na mogućnost otkaza, drugi se bavi načinom na koji otkaz utiče na životnu sredinu, a treći je uzimanje u obzir kako efekti otkaza izazvanog zamorom na životnu sredinu mogu biti smanjeni.

U ovom poglavlju, pretpostavka je da je termin „životna sredina“ sveobuhvatan za celu planetu, zajedno sa njenim mineralnim i biološkim stanovnicima, i koji uključuje prateći atmosferski omotač do mesta na kojoj gravitaciona sila više ne vezuje supstance u blizini Zemlje. Nema poente, na primer, pretpostavljati da oslobađanje gasova u stratosferu neće imati efekta na planetu, zato što se baš u ovom predelu dešava efekat staklene bašte koji je odgovoran za globalno zagrevanje.

Uticaj toplote, drugačijeg tipa radijacije, se takođe ne sme ignorisati. Termalno razaranje, često može biti početni faktor oštećenja vlakana nastavljajući velikom brzinom. Bukvalno, sva vlakna trpe manje promene, kao što su dislokacija, smanjivanje, na približno malim temperaturama. Mnogi od tih, primetno ona celulozna, značajnije su podložne toploti, često počinju da gore, što ih čini opasnim u domaćinstvima gde se može susresti izloženost otvorenom plamenu.

Termalna degradacija sama po sebi, bez sagorevanja je uzrok promena u mehaničkom smislu. U radu [8] je utvrđeno da najlonska vlakna gume češće otkazuju usled puzanja na povišenim temperaturama. Kod kompozita, efekti životne sredine na degradaciju vlakna se istražuju za

vlakna silikon karbida koji se koristi kao materijal za ojačavanje na temperaturama od 450 °C, sa indikacijom da izlaganje vazduhu ima značaj efekat, što povećava mogućnost otkaza, u poređenju sa uslovima vakuuma. Jačanje vlakna stakla u opsegu od 20 do 160 °C je istraživano u radu [9], gde je uočeno da otkaz omotača fenolnog sistema nije pod uticajem temperature, ali se pojavljuje slabljenje epoksidnog sistema. U radu [10] istražuju se promene koje se dešavaju na kriogenim temperaturama, u super provodnim magnetnim zavojnicama epoksidnih izolatora od ojačanog stakla i beleže da rezultati ukazuju na jak uticaj smer vetra i izlaganja radijaciji. Koriste se ojačane epoksidne mešavine vlakana ugljenika, i uočavaju da se zamorna snaga značajno smanjuje kako se temperatura podiže.

5. OŠTEĆENJE USLED ZAMORA KOD STRUKTURALNIH TEKSTILNIH KOMPOZITA: TESTIRANJE I STRATEGIJE MODELOVANJA

U ovom poglavlju se diskutuje o zamoru strukturalnih tekstilnih kompozita, gde su tekstilne niti ugrađene u plastičnu matricu radi unapređenja njenih mehaničkih karakteristika. Većina dosadašnjih poglavlja se bavila zamorom suvih, neimpregniranih tekstilnih niti, dok je ovde struktura tekstilnih vlakana impregnirana smolom i dovedena do čvrstog stanja. Primena tih strukturalnih tekstilnih kompozita se može naći u mnogim industrijskim oblastima, počevši od automobilske industrije, industrije turbina i vazduhoplovstva do sportske industrije.

5.1 Međusobno dejstvo vlakna/matrice

Kvalitet međusobnog dejstva vlakna/matrice je veoma kritična karakteristika za učinak zamora. Generalno uzevši, prijanjanje između vlakna i matrice je bolja za termo-reaktivne matrice nego za termo-plastične matrice, jer visoka viskoznost termo-plastičnih smola čini impregnaciju ojačavanja vlaknima težom.

Fina obrada površine se skoro uvek primenjuje na vlaknima kako bi se dozvolilo rukovanje sa minimalnom štetom, ali i kako bi se učvrstila veza vlakna/matrice. Kod upotrebe ugljenikovih i aramidnih vlakana u kompozitnim primenama, fina obrada površine ili primenjena veličina uglavnom obavljaju obe funkcije. Fina obrada se primenjuje na vlakno u momentu proizvodnje vlakna, i na vlaknu kroz ceo proces konverzije u tkaninu. Predivo staklenih vlakana se, međutim, tretira u dve faze prilikom upotrebe za tkanje. Prva fina obrada se primenjuje u momentu proizvodnje vlakna na prilično visokom nivou, a služi isključivo za zaštitu vlakna od štete tokom rukovanja i samog procesa tkanja. Ova zaštitna fina obrada, koja se često zasniva na štirku, se čisti tj. „izriba“ nakon procesa tkanja uz pomoć toplote ili hemikalija. Oribana istkana tkanina se potom odvojeno tretira sa različitim finim obradama kompatibilnim za matrice koje su posebno osmišljene da prilagode vlakna kontaktnim karakteristikama smole kao što su čvrstoća vezivanja, vodootpornost i optička jasnoća.

5.2 Zamor zatezanje-zatezanje

Najviše korišćen test zamora je jednoosni test zamora zatezanje-zatezanje. Geometrija je uzorak sa paralelnim stranama, opremljen sa jezičcima. Izbor materijala jezičaka varira među laboratorijama za ispitivanje. Neke

preferiraju čelične ili aluminijumske jezičke, dok većina laboratorija koristi staklene/epoksid jezičke, gde ojačanje staklom ima [+45°/-45°]ns redosled slaganja. U većini slučajeva, jezički su ravnih strana i nisu suženi.

Ispitivanje zamora se uglavnom sprovodi pomoću servo-hidraulične mašine, koja je opremljena sa hvataljkama koje učvršćuju uzorak. Poravnanje uzorka je veoma važno. Ne smeju se izazvati opterećenja savijanja zbog lošeg poravnanja. Opterećenje se registruje pomoću ćelije opterećenja, dok ekstenzometar registruje aksijalno naprezanje. Takođe se registruje deformacija na mestu zahvatanja uzorka, ali to nije vrlo korisno. Poprečna deformacija se može izmeriti mernom trakom ili bi-aksijalnim ekstenzometrom. Termo-elementom se može nadzirati površinska temperatura kompozita. Frekvencija ispitivanja je uvek izabrana najviša moguća kako bi se ograničilo trajanje testa i trošak sveo na minimum, ali zamor nekih kompozita najviše zavisi od frekvencije (posebno u slučajevima vlaknima ojačane termo-plastike).

U ispitivanjima zamora zatezanje-zatezanje, odnos napona R se često bira da bude 0,1. Ipak, odnos napona (ili srednji napon) takođe ima jasan efekat na stopu rasta oštećenja kod zamora zatezanje-zatezanje.

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (2)$$

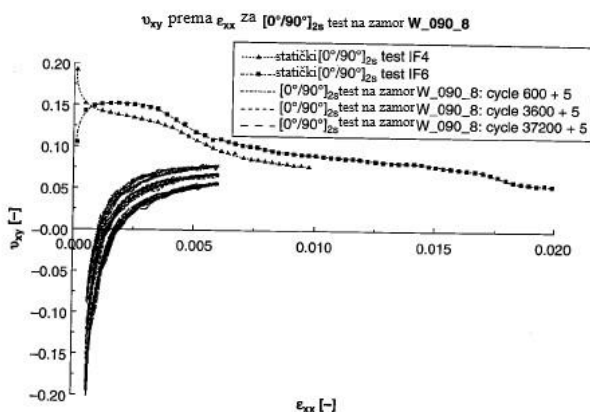
gde je:

σ_{min} minimalna vrednost napona, a

σ_{max} maksimalna vrednost napona.

Mnogi autori su pokazali da ukoliko se maksimalni napon drži konstantnim, rast oštećenja se smanjuje zbog povećavajuće srednje snage. Proučavan je razvoj oštećenja zamorom u ugljenik/epoksid laminatima. Utvrđeno je da je broj pukotina matrice u unakrsno slojevitim laminatima bio značajno manji ako je odnos napona povećan od $R = 0.03$ do $R = 0.5$. Ovaj fenomen nastaje usled zatvaranja pukotine. Tokom rasta pukotina od 90°, stvara se otpadak materijala između površina pukotina. Kada se pukotina zatvara, ovaj višak materijala prouzrokuje: (i) pritisne sile u slojevima od 90°, za upravne pukotine, ili (ii) klizne sile, za ugaona oštećenja matrice. Za ispitivanje zamora sa povećanim odnosom napona, pukotine će ostati otvorene i neće se formirati dodatne pukotine na nivou niskog napona. Nekoliko autora su dobili slične rezultate. Predstavljani su reprezentativni podaci o zamoru, u obliku Gudman dijagrama, za nekoliko jednosmernih kompozita na 10^7 ciklusa. Ako se odnos napona R povećava, maksimalni napon može biti veći za isti vek trajanja zamora.

Ako se meri poprečno izduženje, takođe se može pratiti Poasonov odnos ν_{xy} . Nedavno je pokazano da je evolucija Poasonovog odnosa veoma osetljiv parametar oštećenja zamorom. Slika 2 pokazuje evoluciju Poasonovog odnosa za jednosmerni stakleni tekstilni/epoksid kompozit tokom zamora zatezanje-zatezanje. Krive $\nu_{xy} - \epsilon_{xx}$ u zamoru sa kontrolisanom deformacijom između 0.0006 (0.06%) i 0.006 (0.6%) pokazuju veoma nelinearno ponašanje i sa gornje strane su ograničene statičkom degradacijom Poasonovog odnosa.



Slika 2. Evolucija Poasonovog odnosa za jednosmerni stakleni tekstil/epoksid kompozit tokom zamora zatezanje-zatezanje

6. ZAKLJUČAK

Trenutno, postoje alatke za simulaciju zamora koje predviđaju gustinu pukotina u jednom sloju jednosmernih vlakana ili predviđaju degradaciju homogenizovanih elastičnih osobina UD-zasnovanog laminata. Međutim, nijedna od ovih alatki za simulaciju ne može da premosti jaz između pojave mikro-mehaničkog oštećenja i strukturalnog odgovora oštećenog laminata. Štaviše, premalo studija je urađeno na temu ponašanja zamora kod kompozita sa tekstilnom osnovom.

Pristup koji obećava rešavanje ovih problema jeste modelovanje na više nivoa, koje omogućava uključivanje osobina mezoskopskog ponašanja u makroskopskom opisu, bez potrebe za prethodno zahtevanim makroskopskim konstitutivnim zakonom. Makroskopski konstitutivne veze (osobine materijala na nivou laminata) se dobijaju pojačavanjem modelovanja materijala na nižim razmerama (mezo- i mikro-), gde je predstavljena detaljna struktura materijala sa njegovim specifičnim ponašanjem. Pristup sa više razmera povezuje prednosti čisto mezo- ili mikro-mehaničkog pristupa sa prednostima čisto makro-mehaničkog modelovanja. Kompleksno ponašanje materijala se pravilno detektuje modelovanjem na niskim razmerama, dok analize na velikim razmerama (makro-razmere) ostaju numerički izvodljive.

7. LITERATURA

- [1] J.W.S. Hearle, B. Lomas, W.D. Cooke, „Atlas of fibre fracture and damage to textiles“ 2nd edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000, ISBN: 0-8493-3881-6.
- [2] M.S. Ellison, S.H. Zeronian, „Breaking-twist angle and crosslinking in wool fibers under alkaline conditions as a function of temperature“, Textile Reseach Journal vol. 48(12), pp. 692-697, December 1987, ISSN: 1746-7748, DOI:10.1177/ 004051757804801203.
- [3] M.M. Kamal, S.H. Zeronian, M.S. Ellison, A.H. Hyer, „Selected single fiber mechanical properties of different gossypium barbadense cotton varieties“, Textile Reseach Journal vol. 54(5), pp. 343-350, May 1984, ISSN: 1746-7748, DOI:10.1177/ 004051758405400511.
- [4] K. Slater, „Comfort Properties of Textiles“, Textile Progress vol. 9 (4), pp. 1-70, 1977, ISSN: 17542278, DOI: 10.1080/00405167.1977.10750095.

- [5] N.L. Hancox, „High performance composites with resin matrices“, In: Kelly, A. and Mileiko S.T. (eds), Fabrication of Composites, Handbook of Composites vol. 4, pp. 1-44, January 1983, Amsterdam, North Holland, ISBN: 0444864474.
- [6] M.M. Kamal, S.H. Zeronian, M.S. Ellison, A.H. Hyer, „Selected single fiber mechanical properties of different gossypium barbadense cotton varieties“, Textile Research Journal vol. 54(5), pp. 343-350, May 1984, ISSN: 0040-5175, DOI:10.1177/ 004051758405400511.
- [7] M.S. Ellison, S.H. Zeronian, K.W. Alger, S.M. Aboul-Fadl, T.M. Soler, „Interrelationships between selected mechanical properties of individually-tested polymeric fibers“, Polymer Engineering and Science vol. 29(24), pp. 1738-1745, December 1989, ISSN: 1548-2634, DOI: 10.1002/pen.760292405.
- [8] L.C. Nkiwane, „High temperature creep performance of nylon 6.6 tyre cords“, Kautschuk Gummi Kunststoffe vol. 54(12), pp. 648, 2001, ISSN: 0948-3276.
- [9] J.M. Hale, A.G. Gibson, S.D. Speake, „Biaxial Failure Envelope and Creep Testing of Fibre Reinforced Plastic Pipes in High Temperature Aqueous Environments“, Journal of Composite Materials vol. 36(3), pp. 257-270, February 2002, ISSN: 00219983, DOI: 10.1177/ 0021998302036003516
- [10] K. Bittner-Rohrhofer, K. Humer, H.W. Weber, Cryogenics vol. 42(5), pp. 265-272, 2002, ISSN: 0011-2275, DOI: 10.1016/S0011-2275(02)00039-5.

Kratka biografija:



Ružica Sovilj rođena u Rumi 1991. godine. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka, oblast: mehanizacija i konstrukciono mašinstvo, završila 2017. godine. Zaposlena u STŠ »Milenko Brzak – Učica« u Rumi. Majka dvoje dece.



Nikola Ilanković rođen u Subotici 1994. god. Masterirao 2018. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Zaposlen kao asistent master na Fakultetu tehničkih nauka u Novom sadu.

КОНЦЕПТ ДИГИТАЛНОГ БЛИЗАНЦА У КОСМОНАУТИЦИ**CONCEPT OF DIGITAL TWIN IN COSMONAUTICS**Соња Балаћ, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област - МАШИНСТВО**

Кратак садржај – Дигитални близанац представља дигиталну реплику стварног, физичког система. Ова узданица Индустије 4.0 омогућава садејство стварног и виртуелног простора, иако је дигитални близанац ентитет сам за себе. Основни концепт технологије дигиталног близанца јесте да се промене које доживљава физички, стваран објекат, огледају и преносе у дигитални модел, а затим добијени увиди и повратне информације омогућавају доношење одлука о физичком објекту и његовом даљем понашању. Еволуција мрежних технологија и сензора омогућавају повезивање физичких објеката са дигиталним моделима. Примена дигиталних близанаца је широка, међутим, посебно место употребе проналази у области космонаутике, тамо где је изворно и настала сама идеја концепта дигиталног близанца.

Кључне речи: дигитални близанац, Индустија 4.0, космонаутика

Abstract – The digital twin is a digital replica of a real, physical system. This hope of Industry 4.0 enables the interaction of real and virtual space, even though the digital twin is an entity in itself. The basic concept of digital twin technology is that the changes experienced by a physical, real object are reflected and transferred to a digital model, and then the obtained insights and feedback enable decisions to be made about the physical object and its further behavior. The evolution of network technologies and sensors enable the connection of physical objects with digital models. The application of digital twins is wide, however, it finds a special place of use in the field of cosmonautics, where the very idea of the concept of digital twin originated.

Keywords: digital twin, Industry 4.0, cosmonautics

1. УВОД

Циљ овог рада јесте објаснити концепт дигиталног близанца у космонаутици. У раду је описана основна идеја настанка дигиталног близанца уз одређене технологије и софтвере. Превасходно, увидом у индустрију и економију области истраживања свемира, могуће је разумети разлог употребе ове технологије у космонаутици.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Сања Бојић, ванр. проф.

Приказане су основне карактеристике система софтвера *Teamcenter X* компаније *Siemens*, који се успешно примењује у реализацији дигиталних близанаца у космонаутици. Изведен је закључак о предностима и основним недостацима технологије дигиталног близанца, као и препрекама које је потребно превазићи како би ова технологија постала императив у сектору за истраживање свемира. Тек након разумевања читавог процеса настанка близанца, могуће је извршити поређење дигиталног близанца са симулационим моделом, приказом основних разлика ове две технологије – симулације и технологије дигиталног близанца.

2. ИНДУСТРИЈА И ЕКОНОМИЈА У КОСМОНАУТИЦИ

Сектор за истраживање свемира и војни и одбрамбени сектор, најчешће се у многим сферама не одвајају. Када је у питању индустрија, појам који обухвата ове две индустрије јесте – Ваздушно-космичка и одбрамбена индустрија. Ова индустрија опслужује два тржишта – ваздухопловство и одбрану (војна индустрија). Ваздухопловство обухвата производњу, продају и сервис комерцијалних авиона, док одбрана подразумева производњу оружја, војних летелица, свемирских летелица и сателита [1].

Према подацима из 2017. године, ваздушно-космичка индустрија првих десет земаља вредела је 731 милијарду долара, што процентуално износи 87% светске свемирске индустрије тада (838 милијарди долара). Скоро 49% припада Сједињеним америчким државама што износи више од наредних двадесет пет земаља заједно [2]. У табели 1. дат је приказ првих десет земаља које предњаче у свету када је у питању свемирска индустрија, као и њихови удели у овој индустрији на глобалном тржишту ове гране индустрије. Подаци су из 2017. године, и бројке су изражене у билионима (милијардама) долара.

Табела 1. Удео првих десет земаља у глобалној свемирској индустрији

	Држава	Удео (\$B)
1	САД	408.4
2	Француска	69
3	Кина	61.2
4	Уједињено Краљевство	48.8
5	Немачка	46.2
6	Русија	27.1
7	Канада	24
8	Јапан	21
9	Шпанија	14.4
10	Индија	11

Увид у информације овог типа омогућава читаоцу да стекне слику о финансијама и обрту новца у овој индустрији. Сазнавши колике су своте новца које циркулишу, постаје јасније због чега грешке које се могу јавити у целом ланцу вредности морају да се сведу на минимум, што технологија дигиталног близанца и обезбеђује.

Ваздухопловне компаније, како приватне, тако и јавне, раније су имале проблема са обезбеђивањем података о дизајну, одржавању и производним процесима производа независно и у реалном времену, и из свих делова ланца вредности – укључујући и податке током рада. Данашње дигиталне технологије и алати Индустрије 4.0 омогућавају да су подаци о животном циклусу производа доступни у стварном времену, смањују трошкове, побољшавају квалитет, повећавају стопу рада, смањују време потребно за пласман на тржиште, уводе нове производе и услуге.

4. ТЕХНОЛОГИЈА ДИГИТАЛНОГ БЛИЗАНЦА

Претече дигиталних близанаца, у нешто измењеном концепту од оног какве данас познајемо, развијени су у управо у ваздушно-космичком сектору 60-их година прошлог века, у NASA-иним земаљским станицама, у којима су моделирани услови окружења у којима се налазе свемирске летелице током мисија [3]. Један од примера свакако јесте позната мисија *Apollo 13*, где је овај принцип употребљен за процену и симулацију услова на броду [4].

Основни концепт технологије дигиталног близанца јесте да се промене које доживљава физички, стваран објекат, огледају и преносе у дигитални модел, а затим добијени увиди и повратне информације омогућавају доношење одлука о физичком објекту и његовом даљем понашању. Еволуција мрежних технологија и сензора омогућавају повезивање физичких објеката са дигиталним моделима.

Животни век дигиталног близанца знатно је дужи од века стварног производа. Може постојати пре реализације производа, и може опстати значајно дуже након краја животног века производа. Такође, један физички објекат може да има више од једног дигиталног близанца, са различитим моделима, за различите кориснике и случајеве употребе.

4.1 Основна подела дигиталних близанаца

Постоји неколико класификација дигиталног близанца, све у зависности од становишта са ког се исти посматра. Основна подела била би на дигиталне близанце производа, објеката или постројења који су предмет израде, односно изградње, и на дигиталне близанце производа, објеката или постројења који су већ израђени, односно изграђени [5].

Први тип дигиталног близанца омогућава стварање динамичког модела, реплике будућег производа, на ком је могуће испитати све потенцијалне утицаје на понашање истог. Створена је могућност предвиђања будућности, и оптимизације и побољшања већ у уводној фази производа, фази развоја.

Други тип дигиталног близанца, који се односи на већ постојеће производе и објекте, има акценат на побољшањима у каснијим фазама производа. У овом

случају, штеде се значајна финансијска средства кроз оптимизацију трошкова одржавања, сервисирања и подршке, односно оптимизацију у каснијим фазама производа. Могуће је адаптирати, доградити, реконструисати, прилагодити већ постојећи производ уз знатне уштеде. Како би се измериле вредности различитих параметара, потребних за оптимизацију већ постојећих елемената, у оквиру постојећег објекта, користе се различите врсте сензора.

4.2 Примена дигиталног близанца

Производња и производне операције представљају једно од највећих подручја примене технологије дигиталног близанца. Фабрике представљају погодно тло за аутоматизацију и примену роботике на производним линијама. Пружањем свеобухватног реалног времена приказа фабричких перформанси, дигитални близанац помаже запосленима у побољшању производних процеса и брзом реаговању услед настанка проблема у истима.

Перформансе физичких производа у највећој мери зависе од карактеристика материјала од којих су направљени. Материјали велике чврстоће, а малих маса, представљају императив у науци о материјалима [4]. Овде до изражаја долазе дигитални близанци као виртуелне презентације материјала, на којима је могуће извршити различите анализе, од анализе крутости до провере затезне чврстоће и сл.

Још једно важно подручје примене за целу цивилизацију јесу медицина и здравствени сектор. У смислу технологије дигиталног близанца, данас су актуелни аспекти моделовања делова људског тела. Овакви модели омогућавају лекарима боље разумевање структуре и функција делова тела, смањујући потребу за извођењем разних, интрузивних тестова. Такође, у области хирургије нарочито, дигитални близанци пружају праксу у извођењу сложених операција.

Када се посматра величина физичких објеката који су представљени дигиталним близанцима, може се сматрати да су највећи дигитални близанци копије физичких инфраструктура, као што су енергетске мреже, транспортне, градска окружења и сл.

Производња енергије, било употребом фосилних горива или обновљивих извора енергије, обухвата велике и сложене платформе на удаљеним локацијама. У енергетском сектору дигитални близанци се користе ради побољшања поузданости и безбедности подразумеваних операција.

Аутомобилска индустрија је незаобилазна када су у питању нове технологије. Развој нових аутомобила углавном се одвија у виртуелном окружењу. Аутомобилске компаније користе ову технологију за дизајн идеалног аутомобилског производа чак и пре почетка производње.

Дигитални близанци користе се и у области заштите животне средине од разних природних катастрофа и непогода. Пожари, поплаве и суше сада су постали нормални. У таквом сценарију, дигитални близанац се користи за изградњу паметније инфраструктуре попут брана, комуналних мрежа, планова за реаговање у хитним случајевима и зонирања.

4.2.1 Изазови примене технологије дигиталног близанца

Како би технологија дигиталног близанца била широко усвојена потребно је превазићи одређене изазове који се могу јавити приликом имплементације исте.

Садејство сложених производа и њиховог дигиталног понашања, са високом прецизношћу и у реалном времену, може брзо премашити финансијска и рачунарска средства.

Један од основних и највећих изазова јесте цена, односно улагања потребна за реализацију дигиталних близанаца. Близанци захтевају висока улагања у технолошке платформе, развој модела и *high-tech* опрему. Иако се вредност ових трошкова смањује, и даље постоје алтернативни приступи који могу да испоручују сличну вредност, али по нижој цени.

Развој све сложенијих производа тера инжењере да праве претпоставке и поједностављења у моделима који уравнотежују жељене особине близанца са техничким и економским ограничењима. У блиској будућности као проблем се може јавити немогућност прецизног представљања физичких система, јер сложени производи изискују велика улагања.

Још један изазован параметар јесте квалитет података. Развој сензорских мрежа које могу да садрже и по неколико стотина, па чак и хиљада сензора, а који раде у захтевним условима, у којима може настати комуникација непоуздане мреже, доводе до генерисања непрецизних, па чак и у неким случајевима нетачних података. Као решење, компаније морају да развију методе идентификације и изолације оваквих података.

Како је технологија дигиталног близанца тек у повоју, нормално је да образовање кадра за употребу близанаца може бити критичан фактор. Употреба дигиталних близанаца подразумева особље, купце, добављаче, запослене и све кориснике да усвоје нов начин рада, односно промене у свим аспектима досадашњег пословања, било да су у питању пословни процеси или чак и промена структуре објеката у којима се исти извршавају.

Осим самих близанаца компаније морају пружити корисницима одређене вештине и алате који су потребни за остварење комуникације са близанцима.

4.2.2 Предности примене технологије дигиталног близанца

Прва, и може се рећи основна предност примене технологије дигиталног близанца, јесте побољшање перформанси постројења, односно окружења у којима се имплементира и активно користи ова технологија, било да је у питању мала или велика компанија, јавна или приватна, универзитет и сл.

Друга предност била би могућност интегрисања предиктивног одржавања. Предиктивно одржавање подразумева предвиђање кvara и грешака, и предузимање превентивних радњи да до тога не дође. Створено је окружење које интегрише предиктивно одржавање у ма било ком систему.

5. ДИГИТАЛНИ БЛИЗАНАЦ У КОСМОНАУТИЦИ

У смислу усвајања напредних технологија, ваздушно-космичка индустрија је увек била далеко испред осталих индустрија. 60-их година прошлог века, када су настали CAD софтвери, запослени у овој индустрији били су први корисници истих [6]. Сложеност производа, дуг радни век, сигурносни прописи и захтеви кључни су параметри који подстичу развој нових технологија у овој области.

Дигитални близанац усвојен је као концептуална основа у области космонаутике и уопштено ваздухопловства у последњих пар година. NASA интензивно користи ову технологију за мапирање путева уз помоћ сателитске технологије и у сврху одрживог истраживања свемира [6].

Како се ера дигиталне трансформације убрзава, ваздушно-космичка индустрија тежи побољшању флексибилности производње. Кључни циљеви су повећање ефикасности, поузданости и профитабилности, уз смањење застоја, грешака и трошкова.

Технологија дигиталног близанца представља темељ развоја ове индустрије, захваљујући оптималном пројектовању сензорске мреже, напредне контроле процеса, праћење стања и дијагностику грешака.

Није страном да упркос бројним испитивањима и тестирањима након реализације ракета-носитеља, дође до експлозије истих већ при лансирању. Не само да дође до потпуног уништења ракете-носитеља и тела које иста носи (нпр. сателита), већ пад ракете доводи и до уништења лансиране рампе и платформе на Земљи. Овакав сценарио одговара физичком, стварном свету. Међутим, технологијом дигиталног близанца могуће је да се овакав сценарио деси у виртуелном свету. Шта то значи? Виртуелна ракета-носитељ експлодира и разноси виртуелну лансирану рампу. Овакав сценарио могуће је поновити и поново створити одговарајуће услове у виртуелном простору по цени готово једнакој нули.

5.1 Teamcenter X

Teamcenter X је модеран, прилагодљив систем управљања животним циклусом производа (*Product Lifecycle Management - PLM*), компаније *Siemens* [7]. Управо овај софтвер коришћен је за реализацију неких дигиталних близанаца у области космонаутике.

Овај систем софтвера подстиче продуктивност и ефикасност како би се убрзао развој производа, садејством дигиталног близанца и физичког производа. Пружа могућности дигиталног исцртавања и визуализације, тако да сви у животном циклусу производа могу приступити и сарађивати са подацима 2D и 3D дизајна и доносити одлуке поткрепљене информацијама. *Teamcenter X* нуди алате за преглед дизајна дигиталног близанца у реалном времену за откривање и решавање проблема са дизајном на самом почетку животног циклуса производа [7].

Дигитални близанци у космонаутици, баш као и физички производи, састоје се од десетина хиљада делова. Инжењери могу извршити напредну анализу, укључујући статичку и динамичку анализу зазора, могу

проверити сметње, спровести студије кретања делова и утврдити колико је приступачно извршити одржавање. Основна карактеристика је могућност дистрибуције универзално видљивих информација осталим члановима тима, што тимски рад подиже на један виши ниво. Свемирској индустрији је потребна напредна аналитика у свакој фази живота производа, од дизајна и развоја до производње, испоруке и употребе.

5.2 Разлика симулационог модела и дигиталног близанца

И симулациона технологија и дигитални близанци имају способност извођења виртуелних симулација, међутим, постоји неколико кључних разлика. Традиционалне могућности симулације, које се користе у оквиру апликација за пројектовање и инжењеринг, јесу моћни алати за пројектовање производа, ал кад се дискутује о предностима, дигитални близанци ипак пружају веће могућности. У оба случаја, симулација се одвија на виртуелном моделу, али модел постаје дигитални близанац након што се производ произведе. Дигитални близанац у реалном времену прима податке из стварног света и обрађује их, омогућавајући дизајнеру увид у функционисање стварног производа.

CAD симулација је статична све док дизајнер не представи нови параметар. Заснована је на креирању модела производа или процеса у који дизајнери уводе и тестирају различите елементе дизајна, материјале, услове рада итд. С друге стране дигитални близанац на исти начин почиње свој животни век, може се рећи да дигитални близанац заправо настаје од симулационог модела. Оно што га временом издваја, јесте тренутак када близанац почне примати податке у стварном времену од свог стварног производа. Тада, дигитална симулација прелази из статичне у активну. Користећи податке у реалном времену, из интегрисаног дигиталног близанца, предузеће може постати флексибилније и агилније. Могућ је бржи одговор на нове, прилагођене жеље купаца. Симулација понавља оно што би се могло десити са симулираним производом у стварном свету, ако се у дизајн унесу одговарајуће промене. Такве промене зависе од претпоставки и маште самог дизајнера. Захваљујући Интернету ствари, дигитални близанац „осећа“ оно што се тренутно дешава стварном производу.

Симулација је углавном фокусирана на фазу истраживања и развоја производа. Са интегрисаним дигиталним близанцем, прикупљају се подаци из свих фаза животног циклуса производа, са могућношћу враћања у сваки корак, по потреби.

6. ЗАКЉУЧАК

Напредна технологија, у облику дигиталних близанаца помаже научницима и истраживачима у космонаутици да премосте јаз између физичког и дигиталног света. Тај физички свет, често није земаљске природе, односно, то може бити свет у ком владају потпуно неземаљски услови, као што су на пример услови на површини планете Марс. Ово захтева снажно колаборативно дигитално окружење које комбинује структурно, машинско, системско инжењерство,

испитивање животне средине и управљање програмима. Циљ ваздушно-космичке индустрије јесте реализовати возила мање масе, са бољим перформансама, за виšekратну употребу, уз смањење трошкова испоруке корисног терета у орбиту.

Могући правци истраживања требало би да иду у правцу имплементације вештачке интелигенције заједно са овом технологијом, како би се реализовали сложени динамички модели. Такође, употребом сензора новијих генерација, сензорске мреже могу да достигну један нови, виши ниво, а самим тим и подаци који се генеришу из истих. У области космонаутике, постоји неколико летелица које су лансиране 80-их година прошлог века, а за које се сматра да су сада већ ушле у међузвездани простор. Имати увид у информације из простора тако непознатог и далеког, може представљати значајан помак у развоју читаве како технологије, тако и цивилизације. Такође, испитивања базирана на летелици која би прошла кроз Ван-Аленове појасеве, могу значајно да допринесу освешћавању технологије која би људе одвела на Месец.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aerospace Industries Association, Facts&Figures U.S. Aerospace&Defense, 2021.
- [2] OECD: Measuring the economic impact of the space sector, Saudi Arabia, 2020.
- [3] <https://simio.com/>
- [4] DHL Trend Research: Digital Twins in Logistics
- [5] <https://www.teamcad.rs/>
- [6] Aerospace Industries Association: Digital twin: Definition & Value, 2020.
- [7] <https://www.plm.automation.siemens.com/>

Кратка биографија:



Соња Балаћ рођена је у Новом Саду 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, из области Логистика – Концепт дигиталног близанца у космонаутици одбранила је 2021. године.



Сања Бојић рођена је у Карловцу 1981. године. Докторирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2013. године, а од 2019. године изабрана је у звање ванредног професора. Области истраживања су логистика, складишни системи и симулације токова материјала.

ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКАТ УРЕЂАЈА ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА**BASICS FOR DESIGN OF DEVICE FOR TESTING CONVEYOR BELTS**Немања Ђурић, Никола Иланковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – МАШИНСТВО**

Кратак садржај – Тема рада јесу подлоге за пројектовање машине за испитивање транспортних трака. На почетку рада наведене су карактеристике транспортера и њихових вучних елемената. Према стандардима за испитивање трака тракастих транспортера и на основу досадашњих истраживања извршен је прорачун конструкције машине. Након прорачуна извршено је пројектовање машине и анализом коначних елемената проверени су критични делови. На крају рада су дате смернице за даље истраживање и могуће надоградње машине у погледу напреднијег испитивања.

Кључне речи: *транспортер, трака транспортера, машина за истезање.*

Abstract – The topic of the paper are the basics of design of a machine for testing the conveyor belts. At the beginning of the work, the characteristics of conveyors and their traction elements are stated. According to the standards for testing the belts of belt conveyors and on the basis of previous research, the calculation of the machine construction was performed. After the calculation, the design of the machine and the analysis of the finite elements of the checked critical parts were performed. At the end of the work, guidelines are given for further research and possible upgrades of the machine in terms of more advanced testing.

Keywords: *conveyor, conveyor belt, tensile testing machine.*

1. УВОД

Карактеристике машина са непрекидним радом је премештање материјала без заустављања ради прихватања и одлагања материјала, за разлику од транспортних машина са прекидним радом где се премештање терета врши у циклусима који се састоје из више различитих операција. Захваљујући томе, машине непрекидног транспорта омогућавају остваривање изузетно великих капацитета. Трака је најзначајнији елемент тракастог транспортера који истовремено остварује две функције носећу и вучну. За поуздан и ефикасан рад транспортера, трака мора поседовати одређене особине као што су: савитљивост (гипкост), мала сопствена тежина, велика чврстоћа, мала релативна издужења, мала хидроскопност, велика отпорност на хабање, итд [2].

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је др Драган Живанић, ванр. проф.

Тема овог рада заснива се на идеји о испитивању транспортних трака код транспортера. Машина за испитивање се може користити за испитивање ланаца и ужади. Испитивање се заснива на мерењу силе која се појављује услед затезања вучног елемента и поређењу те силе са силом на навојном вретену до које долази услед оптерећења и затезања вучног елемента транспортера непрекидног транспорта.

2. ТРАКАСТИ ТРАНСПОРТЕРИ

Тракасти транспортери се користе за транспорт насипног и комадног терета претежно у хоризонталном или мало нагнутом правцу (до 25°) помоћу траке као вучног и носећег елемента. Користе се заједно са другим транспортном и машинском опремом, за транспорт различитих материјала из једног процеса у други. Постоји велики број варијанти тракастих транспортера опште намене, пројектованих зависно од капацитета и услова експлоатације [1]. Због својих изузетно повољних техноекономских карактеристика представљају најраспрострањеније уређаје непрекидног транспорта у експлоатацији [2].

3. ТРАКА

Трака је најзначајнији елемент тракастог транспортера која истовремено остварује две функције – носећу и вучну. За поуздан и ефикасан рад транспортера трака мора поседовати одређене особине као што су: савитљивост (гипкост), мала сопствена тежина, велика чврстоћа, мала релативна издужења, мала хидроскопност, велика отпорност на хабање, итд [2].

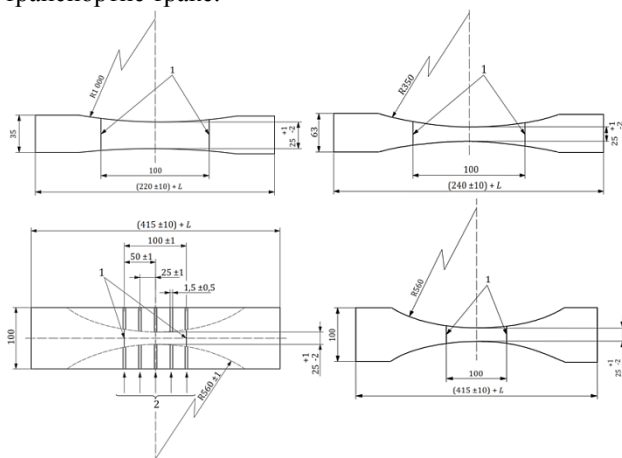
За правилан рад тракастог транспортера битна је равномерна оптерећеност транспортне траке. Угао нагиба траке треба да буде бар за 10° мањи од угла клизања материјала који се транспортује по траци када се она креће [5]. Изглед траке је приказан на слици 1.



Слика 1. Гумена трака са носећим слојевима од текстилних влакана

4. МЕТОДА ИСПИТИВАЊА

Испитни комад, одсечен од пуног комада транспортне траке, током испитивања се издужује приликом оптерећења уређајем за испитивање затезањем, док не дође до пуцања узорка или видног изражајног оштећења. Машина за испитивање затезањем, типа CRE или CRT, калибрисана према ISO 7500-1, је способна да издужи испитни комад, сталном брзином, без прекида до 100 ± 10 mm/min [4]. Уређај, какав је екстензометар, са дужином мјерења од најмање 100 mm и тачношћу од 0,1 mm или тачније, може да мери издужење основне димензије означене на испитном комаду [4]. Уређај са графичким приказом или рачунар су пожељни током теста испитивања, због лакшег читавања резултата. На слици 2 дати су облици и изгледи узорака за испитивање исечених од транспортне траке.



Слика 2. Узорци транспортне траке према стандарду ISO 283

Испитни комад треба ограничити на испитивање транспортних трака са затезном чврстоћом до 2000 N/mm. Стања испитиваних комада морају бити у сагласности са ISO 1857. Испитни комад се монтира у чељусти кидалице (горњу (покретну) и доњу (непокретну)). Постављање се врши тако да се вертикална оса комада и навојног вретена поклапају. Ако се користи екстензометар, треба га поставити на референтне линије испитиваног комада [4].

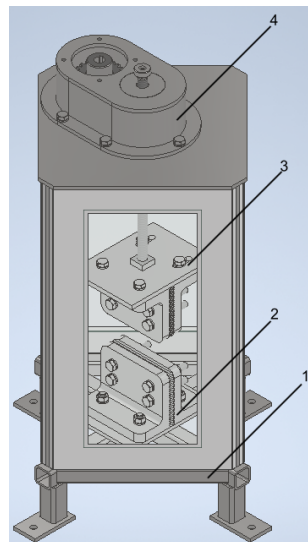
5. КОНСТРУКЦИЈА МАШИНЕ ЗА ИСПИТИВАЊЕ ТРАНСПОРТНИХ ТРАКА

Основна сврха машине је испитивање транспортних трака.

Принцип рада машине се заснива на претварању обртног кретања навојног вретена у праволинијско кретање чељусти у којима је се налази стегнут испитни комад.

Погонска јединица машине је електромотор, који преко пара зупчаника преноси обртни момент на навојно вретено. Идеја за овакав принцип рада са навојним вретеном и чељустима искоришћена је из рада „Failure analysis of conveyor belt samples under tensile load“ [9].

На слици 3 је дат приказ машине за испитивање транспортних трака.



Слика 3. Приказ машине са основним деловима; 1. постоље машине са конструкцијом; 2. доњи склоп чељусти; 3. горњи склоп чељусти са навојним вретеном и 4. склоп погонске јединице

На основу резултата који су добијени у раду [9], који служи као смерница за прорачун и конструкцију машине (кидалице) за испитивање трака тракастог транспортера, сила која затеже траку се дефинише се да буде три пута већа. Добијена сила у резултатима износи 4 kN, за три носећа слоја траке, а претпостављена сила за 9 носећих слојева износи 12 kN, уз додатак од 3 kN, као степен сигурности и сигурности машине. Дакле, сила затезања коју кидалица треба да издржи једнака је 15 kN.

Сила потребна за савлађивање трења између чељусти кидалице и узорка, рачуна се као:

$$F_{pn} = \frac{Fza}{\mu} = \frac{15}{0,788} = 19,01 \text{ kN}$$

где је:

- Fza - претпостављена сила затезања, на основу претходног износи 15 kN;
- μ - коефицијент трења између челика и гуме који износи $\mu = 0,788$.

Према прорачунатој сили потребној за савлађивање трења даље могу да се рачунају силе у завртњевима за стежање чељусти.

Даљим током прорачуна долази се до усвајања завртњева са метричким навојем M16x2.

Преко силе затезања, која се преноси навојним вретеном, долази се до прорачуна пречника који задовољава према оптерећењу.

Израчунавање пречника језгра навоја се врши према:

$$d_3 = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_k \cdot S \cdot h^2}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 15 \cdot 7 \cdot 30^2}{\pi^3 \cdot 20600}} = 17,54 \text{ cm}$$

где је:

- S = 6-8 степен сигурности, усваја се средња вредност $S = 7$.

Рачунска вредност пречника језгра навоја задовољава усвојени навој Tr 24x5 [6].

Прорачун чељусту се заснива на провери напона у материјалу и доказу чврстоће. Материјал од кога се праве чељусту кидалице је челик за побољшање 42CrMo4 (C.4732).

Напони у карактеристичним тачкама, које су означене на слици 4, ће се израчунавати у наредном делу:

Упоредни напон за тачку 1 се рачуна према:

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{0,024^2 + 3 \cdot 1,92^2} = 3,3256 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Упоредни напон за тачку 2 се рачуна према:

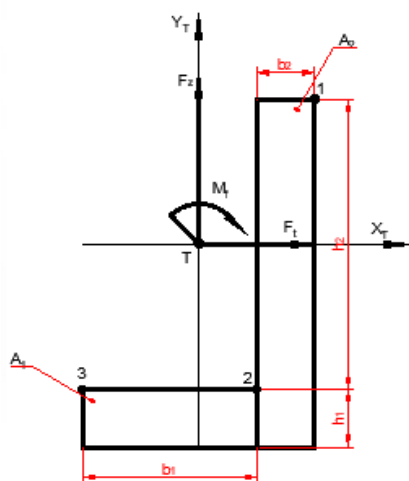
$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau_1^2} = \sqrt{(-0,012)^2 + 3 \cdot 1,92^2} = 3,3255 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Упоредивање добијених напона са допуштеним напонима у материјалу добија се:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 = 0,024 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 43,33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{u, \max} = 3,3256 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 43,33 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{\max} = 1,92 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \tau_{\text{dop}} = 25,01 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



Слика 4. Скица чељусту са одређеним тежиштем, премештеним силама у тежиште и одређеним моментом

6. АНАЛИЗА СКЛОПА ДОЊИХ ЧЕЉУСТИ МЕТОДОМ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА

Метода коначних елемената, у даљем тексту МКЕ, је примењена за прорачун померања, тј. угиба површина чељусту, као и за проверу напона у њима при деловању израчунатог оптерећења завртњева и силе затезања.

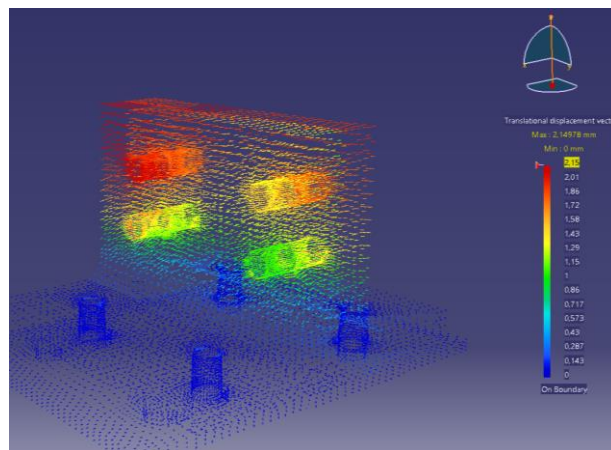
МКЕ је спроведена у два рачунарска софтвера: CATIA V5R20 и Autodesk Inventor Professional 2020. Добијени резултати из оба софтвера су упоређивани, због провере тачности добијених података.

Улазни подаци за анализу су:

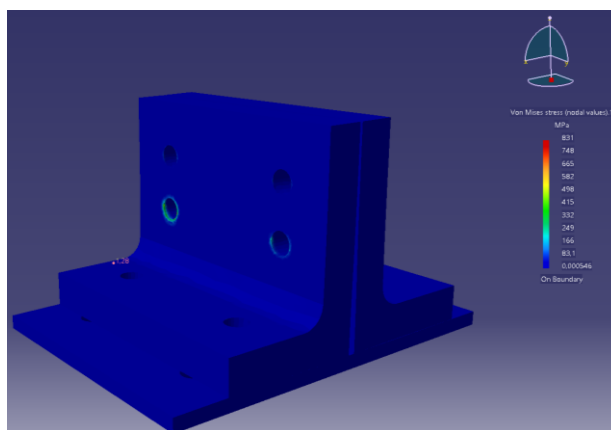
- $F_z = F_t = 15 \text{ kN}$ - сила затезања испитиваног комада;

- $F_R = \frac{F_{pn}}{z} = \frac{20}{4} = 5 \text{ kN}$ - радна сила по једном завртњу и
- $F_z = \frac{F_{za}}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ kN}$ - оптерећење по једном завртњу од силе затезања, веза доњих чељусту кидалице са доњим склопом кидалице.

Приликом анализе резултата посматрају се унутрашња померања у чељустима, тј. померања коначних елемената услед дејства силе затезања и осталих оптерећења, као и напони услед деловања истих. Максимално померање коначних елемената која се појављује износи 2,15 mm, и означено је црвеном бојом, слика 5. Напони у материјалу чељусту изазвани дејством оптерећења су у нормалним границама, не прелазе вредност од 83,1 Мпа, што је испод дозвољених вредности, слика 6. Уочава се појављивање нешто већег напона на месту притезања завртњева, везе једне чељусту за другу.

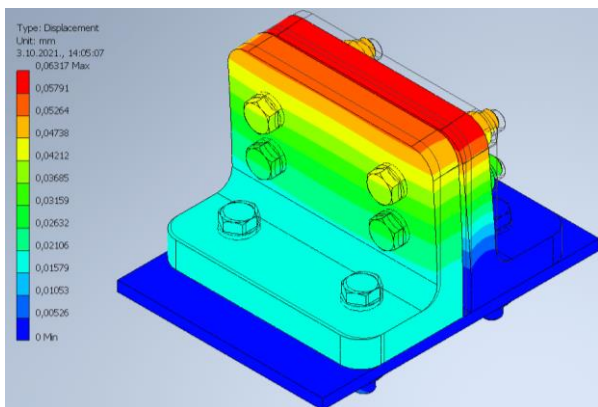


Слика 5. Приказ резултата померање коначних елемената чељусту - стрелицама је показан смер померања коначних елемената на чељустима



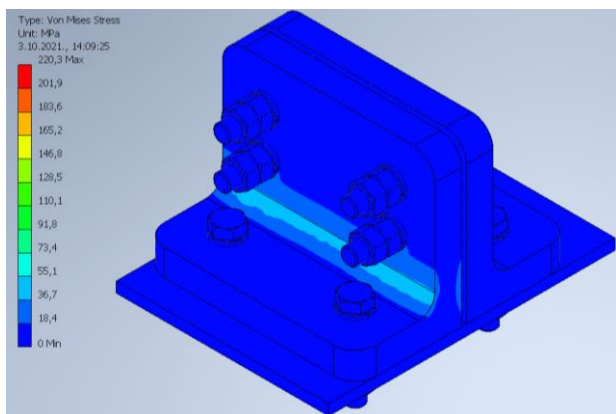
Слика 6. Приказ напона у материјалу чељусту

Анализом резултата утврђено је да су добијена померања у софтверу Autodesk Inventor Professional 2020 јако мала и да се разликују од померања која су добијена анализом у софтверу CATIA V5R20, слика 7. Различитим бојама су означена померања, од минималног до максималног.



Слика 7. Резултати померања приказани на моделу добијени анализом у софтверу Autodesk Inventor Professional 2020

Напони добијени анализом у софтверу Autodesk Inventor Professional 2020 не одступају у поређењу са анализом напона у софтверу CATIA V5R20, слика 8. Напони се подударају по вредностима интензитета, највише је оптерећен радијус на непомерљивој челојсти. Силе у завртњевима челојст покушавају искривити према испитиваном комаду, а сила истежања одвојити од плоче.



Слика 8. Резултати напона приказани на моделу добијени анализом

Резултати померања добијени анализом у рачунарском софтверу CATIA V5R20 су доста приближнији стварном стању. Autodesk Inventor Professional 2020 је дао резултате који су мањи од десетог дела милиметра, што у погледу оптерећења модела није пропорционално и реално.

Напона стања добијена анализом резултата у оба рачунарска софтвера се подударају по вредности интензитета, при чему према месту где се појављују има одступања.

7. ЗАКЉУЧАК

За даљи рад на испитивању различитих вучних елемената, а не само трака тракастих транспортера, на конструисану машину могу се додати сензори за

праћење температуре, или термалне камере, због праћења промене температуре приликом оптерећења, како би се утврдило колико промена температуре утиче на сам век трајања вучног елемента.

Код испитивања трака могу се уградити и камере ултра звука због праћења дешавања унутар траке, како би се знало који носећи слој први пуца, како би се могло утврдити зашто су ти слојеви најслабија карика.

Мерне траке се могу додати и на навојно вретено да се заправо утврди и провери колика се сила преноси са испитиваног комада на конструкцију машине, ради провере претходних и завршних прорачуна.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. Регодић, "Логистика", Универзитет Сингидунум, Београд, 2010.
- [2] Д. Живанић, "Непрекидни и аутоматизовани транспорт", Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2020.
- [3] EN ISO 14890 2003.
- [4] ISO 283 2015.
- [5] Д. Толмач, С. Првуловић, "Транспортни системи", Технички факултет Зрењанин, Зрењанин, 2012.
- [6] С. Кузмановић, "Машински елементи, обликовање, прорачун и примена", Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2014.
- [7] З. Петковић, Д. Острић, "Металне конструкције у машиноградњи I", Машински факултет Београд, Београд, 1996.
- [8] <https://stroina.com/> приступљено 10. 10. 2020.
- [9] G. Fedorko, V. Molnár, P. Michalik, M. Dovica, T. Kelemenová, T. Tóth, "Failure analysis of conveyor belt samples under tensile load", Journal of Industrial Textiles. 2019;48(8):1364-1383. doi:10.1177/1528083718763776

Кратка биографија:



Немања Ђурић рођен је у Добоју, Босна и Херцеговина, 1996. год. Дипломирао је 2018. године на Факултету техничких наука, смер Механизација и конструкционо машинство, на којем исте године уписује мастер студије, смер Машинске конструкције, транспортни системи и логистика.



Никола Иланковић рођен је у Суботици 1994. год. Завршио је мастер академске студије 2018. године на Факултету техничких наука и исте године уписао докторске студије машинства. Запослен је у звању асистент мастер на Факултету техничких наука у Новом Саду.

ANALIZA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI U SISTEMU SNABDEVANJA OBJEKTA ZDRAVSTVENE NAMENE**ANALYSIS OF THE APPLICATION OF HEAT PUMPS IN THE SUPPLY SYSTEM OF HEALTH FACILITIES**

Nemanja Miletić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je data uporedna analiza dva sistema za zagrevanje objekta. Prikazan je način funkcionisanja toplotne pumpe, njene prednosti i mane. Istraženo je da li je sistem toplotne pumpe efikasniji u poređenju sa drugim sistemima. U radu su obrađena i istraživanja toplotne pumpe sa aspekta ekologije.

Ključne reči: Grejanje, hlađenje, toplotna pumpa

Abstract - In this work are given comparative analysis of two heating systems. The way the heat pump works, its advantages and disadvantages are shown. It has been investigated whether the heat pump system is more efficient compared to other systems. This work also deals with the research of the heat pump from the aspect of ecology.

Keywords: Heating, cooling, heat pump

1. UVOD

Kada razmišljamo o sistemu grejanja za naš objekat bilo da se radi o novom sistemu ili je reč o rekonstrukciji postojećeg, jedna od stvari o kojoj najčešće vodimo računa je cena grejanja, ali i koliko će nas grejanje koštati u eksploataciji, odnosno koliko ćemo novca potrošiti za energent. Toplotne pumpe s razlogom postaju sve popularniji tip grejanja kod nas, dok su u Evropi postale standard, a prema nekim istraživanjima nalaze se u skoro 80% novoizgrađenih objekata.

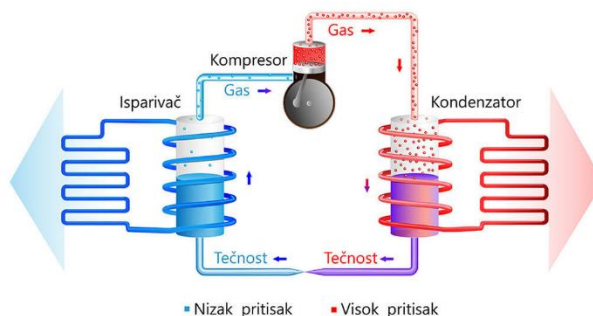
Interesovanje za ove sisteme raste zbog efektnog spoja maksimalnog komfora, prilagodljivosti individualnim potrebama, velike energetske efikasnosti i ekološke prihvatljivosti. Veliku prednost toplotnim pumpama daje i mogućnost hlađenja i zagrevanja vode, pri čemu se automatski gubi potreba za dodatnim uređajima sa tom funkcijom. Toplotne pumpe koriste regenerativnu energiju zemlje, sunca, podzemnih voda ili vazduha. One su najefikasniji izbor kada treba da se spoje ušteda troškova za grejanje i ekološka proizvodnja toplote. Visok stepen energetske efikasnosti, pouzdan i tihi rad, jednostavna ugradnja i servisiranje, izuzetno niski troškovi eksploatacije i mogućnost kontrole sistema preko računara ili tableta pomoću aplikacije, samo su neki od razloga zašto bismo se opredelili na ovaj sistem.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Miroslav Kljajić.

2. TOPLOTNA PUMPA

Toplotna pumpa je deo sistema grejanja i hlađenja i instalira se izvan objekta. Kao i klima uređaj, može rashladiti naš objekat, ali je takođe sposoban da obezbedi toplotu. Jedna instalacija sa mašinom koja radi po levokretnom ciklusu, može se koristiti i u svrhu hlađenja i grejanja. Toplotne pumpe se smatraju obnovljivim izvorom energije, jer se koristi raspoloživa toplota iz okoline. Termin „toplotna pumpa“ se koristi za fizičku pojavu „prepumpavanja toplote“, a pritom se ne misli na uređaj koji to radi. Ovu fizičku pojavu omogućavaju druge dve prirodne pojave, isparavanje i kondenzacija, odnosno promena agregatnog stanja iz tečnog u gasovito i obrnuto.



Slika 1. Princip rada toplotne pumpe

2.2 Tipovi toplotnih pumpi

U zavisnosti od sredine iz koje se eksploatiše prirodna energija i sredine u koju se prenosi, razlikuju se sledeće vrste toplotnih pumpi:

1. Toplotna pumpa zemlja-voda
2. Toplotna pumpa voda-voda
3. Toplotna pumpa vazduh-voda

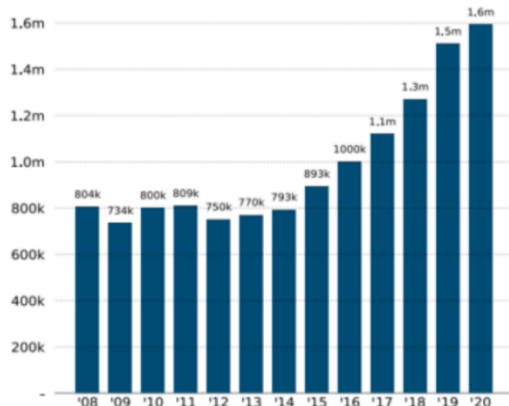
2.3 Hibridni sistem toplotnih pumpi

Hibridni sistem toplotnih pumpi koristi kombinaciju obnovljive energije i fosilnih goriva za zagrevanje vaše imovine. Jedna komponenta je toplotna pumpa, a druga je tradicionalno grejanje na gas, ulje ili TNG. Hibridni sistem toplotne pumpe dizajniran je tako da odgovara potrebama za grejanjem, istovremeno smanjujući potrošnju energije i račune za komunalne usluge. Ključna prednost hibridnog sistema je efikasnost. Sistem se prebacuje između obnovljivih i fosilnih goriva, birajući tehnologiju koja je najefikasnija u bilo kom trenutku. Sistem može da se koristiti tokom cele godine, leti za hlađenje, a kada stignu jesen i zima, on deluje kao klima

uređaj unazad kako bi naš objekat bio topao. Ako su spoljašnji uslovi previše zahtevni za najefikasniji rad toplotne pumpe, tradicionalni sistem će se uključiti da ispuni nedostatak i skinuti pritisak.

2.4 Tržišni podaci

Ukupno 14,84 miliona jedinica toplotnih pumpi instalirano je u 21 zemlji u 2020 godini. To je dobar rezultat s obzirom na okolnosti koje su se događale u navedenoj godini. Do kraja 2020. godine ukupno je 14,84 miliona jedinica toplotnih pumpi instaliranih u 21 zemlji obuhvaćenoj ovim izveštajem. To je plus od 6% ili 1,6 miliona jedinica u odnosu na 2019. Tri vodeća tržišta su Francuska (394.000), Italija (233.000) i Nemačka (140.000). Ova tri tržišta zajedno čine 48% ukupne prodaje.



Slika 3. Razvoj tržišta toplotnih pumpi od 2007. do 2020. u 21 evropskoj zemlji

Očekuje se da će uslediti i druga evropska tržišta, čime bi se ukupno tržište EU vratilo na pravi put za dvocifreni rast 2021. godine. Sve se više zemalja sa značajnim merama suočava s energetsom tranzicijom u sektoru grejanja, željenu relaciju. Osnovna podjela predstavlja podzemno i nadzemno vođenje koje se koristi u situacijama samo kada je neophodno ili kada se traži namjenski.

3. FAN-COIL UREĐAJI

„Fan-coil” ili „ventilator konvektori” su uređaji koji brzo i efikasno zagrevaju ili hlade prostor, odnosno vazduh u njemu, a u kombinaciji sa toplotnom pumpom kao izvorom toplote daju odlične rezultate po pitanju ekonomičnosti. Fan-coil je uređaj koji se sastoji od izmenjivača toplote i ventilatora. Fan-coil je ekonomičniji za ugradnju od klasičnih ventilacionih i grejnih sistema. Razlikujemo sledeće vrste fan-coil uređaja:

1. Parapetni fan-coil uređaji
2. Kasetni fan-coil uređaji
3. Kanalski fan-coil uređaji

4. ENERGETSKA EFIKASNOST TOPLOTNIH PUMPI

Termini COP (koeficijent učinka) i EER (koeficijent energetske efikasnosti) definišu efikasnost grejanja i hlađenja klima-uređaja. Oni označavaju koeficijent grejanja ili hlađenja koji ostvaruje uređaj u odnosu na količinu električne energije koja je unesena u sistem. To znači da, ukoliko toplotna pumpa ostvaruje toplotu od 5

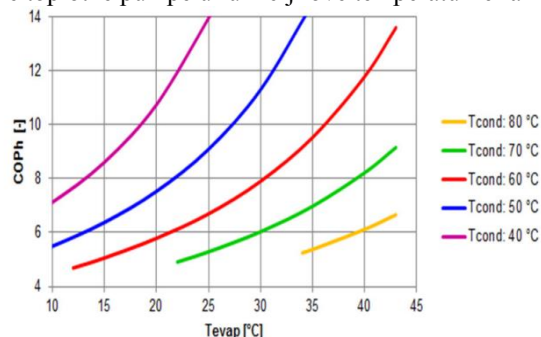
kW na osnovu 1 kW unesene električne energije, njegov COP iznosi 5,0. Na sličan način, ukoliko toplotna pumpa ostvaruje hlađenje od 5 kW na osnovu 1 kW unesene električne energije, njegov EER iznosi 5,0. Što je koeficijent COP i EER viši, to uređaj ima veću energetske efikasnosti.

4.1. COP

Efikasnost rashladnih sistema i toplotnih pumpi izražava se koeficijentom performansi (COP). COP je određen odnosom između potrošnje energije kompresora i količine preuzete toplote na isparivaču (za rashladnu instalaciju) ili dobijene toplote na kondenzatoru (za toplotnu pumpu). Visoka COP vrednost predstavlja visoku efikasnost. Većina električne energije koja se koristi za rad kompresora se oslobađa kao toplota. Zbog toga je na kondenzatoru dostupno više toplote nego što je izdvojeno na isparivaču toplotne pumpe. Za toplotne pumpe COP vrednost 4 znači da je potrebno uložiti 1 kW električne energije da bi se oslobodilo 4 kW toplote na kondenzatoru. Na strani isparivača se preuzima 3,0-3,5 kW toplote. Dodatnu toplotu generiše kompresor. Sa druge strane: za rashladni sistem COP od 4 pokazuje da je 1 kW električne energije potrebna za isparivač da bi se dobilo 4 kW toplote na kondenzatoru. Zbog ove važne razlike u definiciji COP-a, za toplotnu pumpu često se govori o COpH. U ovom slučaju 'h' označava grejanje.

$$COP_h = \frac{Q_{korisna\ toplotna}}{Q_{el.energija}}$$

Komponente koje takođe imaju direktan uticaj na COpH su kompresor i izmenjivači toplote. Obezbeđivanjem kvalitetnih komponenti toplotne pumpe završen je tek prvi korak ka postizanju maksimalnog COpH. Od podjednake važnosti je stručno i optimalno usklađivanje ovih komponenti, kao i programiranje, odnosno podešavanje parametara za rad toplotne pumpe. Temperaturna razlika između temperature kondenzacije i isparavanja uglavnom određuje efikasnost: što je manja razlika, to je veći COpH. COpH se povećava sa povećanjem temperature isparavanja. Štaviše, COpH se smanjuje sa smanjenjem temperature kondenzacije. Generalno, COpH se smanjuje sa povećanjem temperaturne razlike između kondenzacije i isparavanja. Donja slika prikazuje zavisnost COpH amonijačne toplotne pumpe u funkciji ove temperaturne razlike.



Slika 4. Zavisnost COpH amonijačne toplotne pumpe u funkciji temperaturne razlike kondenzacije i isparavanja

4.2. EER

Koeficijent energetske efikasnosti (EER) toplotne pumpe pokazuje snagu hlađenja jedinice tokom sezone hlađenja. Ova ocena se izračunava deljenjem rashladne snage

jedinice sa njenim električnim ulazom. Prilikom procene EER -a, energetski stručnjaci generalno uzimaju u obzir statičke spoljne i unutrašnje temperature, zajedno sa 50% relativne vlažnosti. Ako ste na tržištu energetski efikasne toplotne pumpe, potražićete modele sa ocenom EER od najmanje 12. Više ocene odražavaju veću efikasnost i generalno imaju veću cenu. EER označava odnos energetske efikasnosti.

5. UPOREDNA ANALIZA DVA NAČINA SNABDEVANJA NA PRIMERU OBJEKTA „DOM ZDRAVLJA ADICE“

Za klimatizaciju i grejanje dela objekta predviđen je poseban, energetski nezavisan sistem grejanja i hlađenja fan-coil uređajima. Kao izvor energije postavlja se toplotna pumpa vazduh-voda sa inverterskim upravljanjem kapacitetom. Toplotna pumpa postavlja se u blizini objekta na mesto određeno za tu namenu. Sistem sa toplotnom pumpom, razdvojen je od sekundarne instalacije izmenjivačem toplote a primarni deo od toplotne pumpe do izmenjivača puni se mešavinom voda-propilen glikol 30%. Kao uređaji za grejanje i hlađenje, predviđeni su kasetni fan-coil uređaji sa četvorostranim izduvanjem i maskom sa koanda efektom, kao i parapetni fancoil uređaji, u pojedinim prostorijama u prizemlju objekta, gde visina parapeta dozvoljava njihovo postavljanje. Fan coil uređaji su birani za letnji režim 7/12oC i 50/40oC, zimski. Odvođenje kondenzata od parapetnih uređaja je prirodno i izvodi se van objekta na tri strane u tri samoupijajuća šahta. Šahtovi su deo VIK projekta. Kondenzat od kasetnih uređaja, skuplja se centralno i u spuštenu plafonu odvodi u prostorijsu gasne kotlarnice.

5.1. Projektovana toplotna pumpa

Projektovana je visoko efikasna reverzibilna toplotna pumpa vazduh-voda tipa Zeta Rev, proizvod firme : "Blue Box", sa EVI kompresorima (hermetic vapour injection scroll), prikazana na slici dole. Toplotna pumpa poseduje svoj elektro orman sa odgovarajućom opremom sa DDC kontrolorom za upravljanje i nadzor nad radom rashladnog agregata, flowswitch-cevima, manometrima za niski i visoki pritisak, temperaturnim senzorima i senzorima pritiska i ostalim elementima za potpun nadzor i upravljanje rashladnim agregatom (toplotnom pumpom) i antivibracione oslonce. Eurovent sertifikat - klasa A uređaja. Toplotna pumpa je opremljena "Smart defrost" funkcijom koja omogućava reverzibilan rad ventilatora kondenzatora čime se značajno skraćuje period kada je mašina u prekidu isporuke energije za grejanje.

5.2. Procena uštede korišćenja toplotne pumpe u odnosu na gasni kotao

Ulaganje obuhvata troškove nabavke, njenog smeštaja i pratećih uređaja u građevinski prostor, građevinske i druge radove i dovođenja sistema u optimalne uslove rada. Cena pogonske energije obuhvata u stvari vrednost primarnog goriva i energije potrebne za pogon postrojenja. Investiranje u toplotnu pumpu koja je potrebna da zagreje i ohladi naš objekat koji je površine 772.99 m2 uzećemo u obzir sledeće stavke:

Tabela 1. Tehnički podaci toplotne pumpe

Proizvođač „Blue Box“, tip Zeta Rev 13.2	jedinica	Tip 13.2
Q _e =(35°C pri 7/12°C)	kW	123
Q _g =(7°C pri 50/40°C)	kW	133
Radni režim pri hlađenju:	°C	7/12
Radni režim pri grejanju:	°C	50/40
Nazivni pritisak instalacije:	bar	6
Radni fluid: etilen glikol 30% +voda		
Ulazna snaga kompresora sa toplotne pumpe: Grejanje	kW	43
Ulazna snaga kompresora sa toplotne pumpe: Hlađenje	kW	49
COP:		3,06
EER:		2,51
Tip kompresora :		scroll
Parcelizacija: 50-100%		
Tip freona:		410a
Zvučna snaga u skladu sa ISO 3744	dB	87
Zvučni pritisak u skladu sa ISO 3744	dB	55
Raspoloživi eksterni pad pritiska hidro modula pri hlađenju	kPa	70
Klasa energetske efikasnosti		A
Osnovne dimenzije i težina:		
Dužina:	mm	3.255
Širina:	mm	1.137
Visina:	mm	1.903
Operativna težina:	kg	1.209

Tabela 2. Troškovi instalacija toplotne pumpe

Troškovi instalacije toplotne pumpe	kom	cena	ukupno(eur)
Toplotna pumpa Zeta Rev 13.2	1	24000	24,000
Kasetni fan coil:			
Brezza 73	2	460	920
Brezza 83	17	518	8,806
Brezza 243	4	600	2,400
Parapetni fan coil			
Zefiro VA 316	1	310	310
Zefiro VA 628	8	344	2,752
Regulaciona amratura	komplet.	2,565	2,565
Cevna mreža i pribor	komplet.	5,153	5,153
Cevi za odvod kondeza	komplet.	360	360
Razdelnik i sabirnik	2	300	600
Cirkulaciona pumpa	1	472	472
Automatika za upravljanje	komplet.	1,538	1,538
Izolacija cevne mreže	komplet.	720	720
Izmenjivač toplote	1	2,948	2,948
Ostala oprema i troškovi	pauslno	3,000	3,000
Ukupno			56,544 €

U slučaju da se smo se opredelili za grejanje na gasni kotao instalacioni troškovi bi iznosili:

Tabela 3. Troškovi instalacije radijatorskog grejanja

Instalacija radijatorskog grejanja	kom	cena	ukupno(eur)
Aluminijumski radijator tip Orion 600/95 (cena data po članku radijatora)	250	10	2,500
Gasni kotao	komplet.	2,000	2,000
Regulaciona amratura	komplet.	2,312	2,312
Cevna mreža i pribor	komplet.	5,787	5,787
Cirkulaciona pumpa	1	472	472
Razdelnik i sabirnik	2	350	700
Automatika za upravljanje	komplet.	1,230	1,230
Izolacija cevne mreže	komplet.	950	950
Ostala oprema i troškovi	komplet.	3,700	3,700
Ukupno:			19,651 €

Iz gore prikazane kalkulacije vidi se da su troškovi instalacije i početna ulaganja u sistem toplotne pumpe veći. Po jedinici snage kotlovsko postojenje ima manju investicionu vrednost od toplotne pumpe.

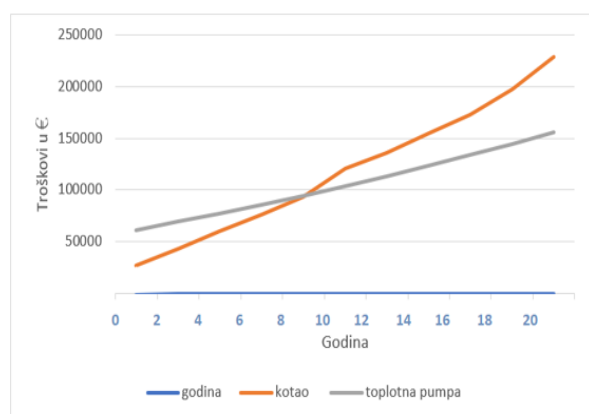


Slika 6. Prikaz investicionih troškova u dva sistema

Međutim, dok je cena za pogonske energije kotla svakim danom sve veća, potrošnja energije za pogon toplotne pumpe takođe raste ali u odnosu na dobijenu toplotnu energiju je relativno zanemarljiva jer se veći deo toplotne energije dobija iz okoline. Ovo znači da se primenom toplotne pumpe šteti ne samo primarna energija već se ostvaruje i prihod. Tabela 4 i dijagram (slika 7) prikazuje odnos troškova na kotao i toplotne pumpe, u periodu njihovog životnog veka. Početna investicija je veća za toplotnu pumpu, ali se zbog manjih troškova potrošenog energenta i troškova održavanja na godišnjem nivou troškovi izjednače u osmoj godini. U godinama koje slede do kraja životnog veka (što je 20 godina), kod toplotne pumpe u poređenju s kotlom ušteda se povećava.

Tabela 4. Investicioni i eksploatacioni troškovi (zbirno) na kotao i toplotne pumpe, u periodu njihovog životnog veka

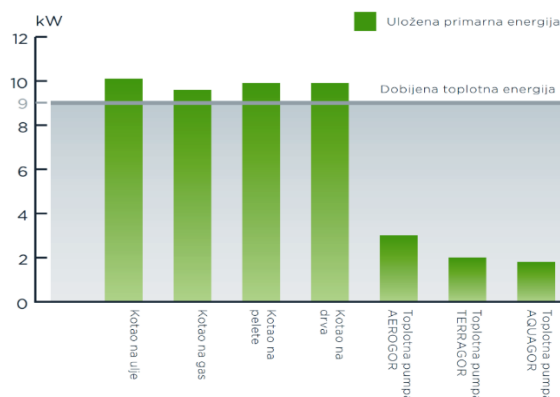
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Kotao		27280	43522	59979	76621	93470	110525	135778	155248	172888	197723
Toplotna pumpa		61344	69356	77496	85844	94394	103544	113594	124294	144945	155794



Slika 7. Poređenje troškova investicije i troškova energenata između toplotne pumpe i kotla

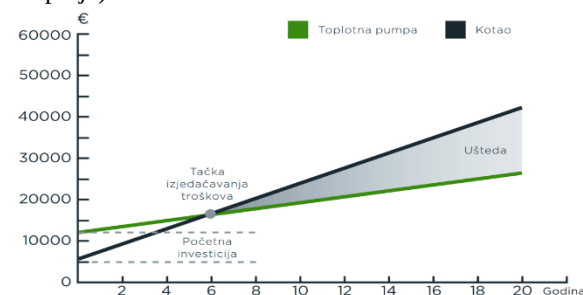
5.3 Poređenje toplotnih pumpi sa različitim sistemima grejanja

U poređenju sa drugim sistemima za grejanje, toplotne pumpe deluju izuzetno štedljivo (slika 25), jer za svoje delovanje utroše čak do tri puta manje primarne energije nego npr. gasni ili uljni kotlovi. Približno 75% njihove energije za grejanje dolazi iz okoline besplatno, zato nam treba jedva 25% u obliku električne energije da bi proizveli 100% izlaznu snagu za grejanje. I što se tiče investicionih troškova, toplotne pumpe se mogu porediti sa konkurentnim sistemima, jer im nisu potrebne cisterne za ulje, odnosno gas, dimnjak, a i troškovi održavanja su mnogo manji.



Slika 8. Poređenje uložene primarne energije pri različitim sistemima grejanja za 9 kW dobijene toplotne energije

Slika 9. prikazuje odnos troškova grejne naprave na loživo ulje i toplotne pumpe, u periodu njihovog životnog veka. Početna investicija je veća za toplotnu pumpu, ali se zbog manjih troškova potrošenog energenta na godišnjem nivou troškovi izjednače za manje od 7 godina. U godinama koje slede do kraja životnog veka, kod toplotne pumpe u poređenju s kotlom na ulje, ušteda se povećava (sivo polje).



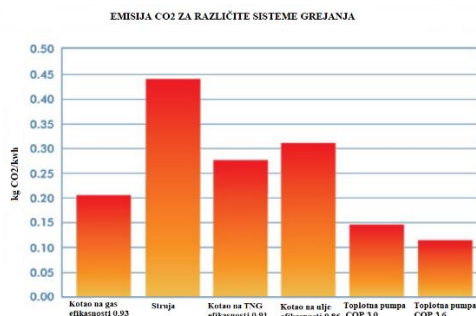
Slika 9. Poređenje troškova investicije i troškova energenata između toplotne pumpe i kotla

6. TOPLOTNE PUMPE SA ASPEKTA EKOLOGIJE

Ignorisanje ekološkog faktora pri odabiru izvora energije doprinosi narušavanju ekološke ravnoteže i stvaranju efekta staklene bašte. Iako je poznata štetnost fosilnih goriva, ipak ona čine najveći deo svetske proizvodnje energije - 41 % ugalj, 20 % gas i 9 % nafta. Jednostavno se zaključuje da 70 % energije koju koristimo dolazi iz ekološki neprihvatljivih i neobnovljivih izvora energije.

6.1. Uticaj toplotne pumpe na CO₂

Stambene zgrade čine 20% naše emisije gasova sa efektom staklene bašte.



Slika 10. Poređenje troškova investicije i troškova energenata između toplotne pumpe i kotla

U SAD-u se 38% emisija staklene bašte iz stambenih zgrada proizvodi iz prostorijskog grejanja i hlađenja, dok se daljnjih 15% proizvodi iz vode za grejanje. Procenjuje se da 19% emisija staklene bašte u Velikoj Britaniji dolazi od zagrevanja mesta u kojima živimo i radimo, od čega više od tri četvrtine dolazi iz domaćih zgrada. Ogromna većina kuća u Velikoj Britaniji oslanja se na plinske kotlove, ali britanska vlada se odlučila da ih postepeno ukine u narednih pet godina.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je rad toplotnih pumpi i iskazane su njene dragocene prednosti, a zatim je prikazan primer instalirane toplotne pumpe. Njihovom upotrebom ostvaruje se ušteda i do 75% sredstava u odnosu na uobičajene grejne sisteme (elektrokotlovi, TA peći, odnosno drva, ugalj, plin i sl.) jer one koriste besplatnu i neograničenu energiju iz prirodnog okruženja. Neiscrpne količine energije nalaze se svuda oko nas: u zemlji, podzemnoj vodi i vazduhu. Koristeći ovo besplatno energetske blago, čuvamo okolinu dok istovremeno štedimo novac. Da bi upotreba ove tehnologije postigla veću rasprostranjenost, potrebno je kontinualno ulagati napore usmerene ka: - daljem poboljšanju i tehničkom usavršavanju samih uređaja i - stimulaciji tržišta. Zato je potrebno doneti nacionalne programe istraživanja, razvoja, demonstracije i informisanja i promocije upotrebe toplotne pumpe sve u cilju upotrebe obnovljivih izvora i postizanja energetske efikasnosti.

8. LITERATURA

- [1] Nucleus heating solution, dostupno na <http://nucleus-energy.com/blog/kako-odabrati-toplotnu-pumpu.html>
- [2] MICROMA, dostupno na <https://microma.rs/kako-radi-toplotna-pumpa/>

- [3] THERMAL MASTER, dostupno na <https://www.thermal-master.com/toplotna-pumpa.html>
- [4] Toplotnepumpe.rs, dostupno na <https://toplotnepumpe.rs/toplotne-pumpe-zemlja-voda/>
- [5] IMS heat pumps, dostupno na <https://www.imsheatpumps.co.uk/blog/what-is-hybrid-heat-pump-system-dual-fuel/>
- [6] ehpa – European heat pump association – dostupno na <https://www.ehpa.org/market-data/>
- [7] Smartsolutions, dostupno na <https://smartsolutions-pro.com/fan-coil-uredjaji/>
- [8] BOSCH katalog, dostupno na http://www.groupprote.com/uploads/Toplotna_pumpa_Compress_6000W.pdf
- [9] Osb Heat Pump The China Professional Industrial Heat Pump Manufacturers & Supplier Since 1999., dostupno na <https://www.osbheatpump.com/coefficient-of-performance-part-1>
- [10] Projekat mašinskih instalacija – grejanja, hlađenje i ventilacija – PZI, odgovorni projektant Darko Čarnopiski dipl.maš.inž.
- [11] Katalog (2012) Toplotne pumpe Aquagor, Terragor i Aerogor, proizvođača Gorenje, Velenje, Slovenija
- [12] alliance-electrical, dostupno na <https://www.alliance-electrical.co.uk/oil-gas-v-heat-pumps/>
- [13] Karić, M., Blagojević, R., Škundrić, N. (2010) Ekonomičnost geotermalne toplotne pumpe u sistemu podnog grejanja, Savremena poljoprivredna tehnika, Cont. Agr. Engng. Vol. 33, No. 1-2, 447-455, Novi Sad

Kratka biografija:



Nemanja Miletic rođen je u Novom Sadu, 15.05.1995. godine.
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Mašinstvo-Energetika i procesna tehnika
Osnovne studije završio 2019. godine
Email: nemanjarak95@gmail.com

PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE ELEKTROEROZIVNE IZRADE ALATA ZA EKSTRUDIRANJE UKRASNE LAJSNE**DESIGN OF ELECTROEROSIVE TECHNOLOGY OF THE TOOL FOR EXTRUDING DECORATIVE MOLDING**

Dejan Mijić, Marin Gostimirović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste da se ukaže na značaj nekonvencionalnih postupaka obrade pri izradi alata za ekstrudiranje plastike. Praktičan cilj rada jeste projektovanje alata, kao i tehnološki postupak izrade alata za ekstrudiranje plastike za konkretan proizvod. Takođe su navedeni režimi obrade za sečenje različitih vrsta materijala i prikazana je projektna dokumentacija svakog elementa alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne.

Ključne reči: Elektroerozivna obrada, Eroziomat sa žicom, Ekstrudiranje plastike, Tehnološki postupak

Abstract – The aim of this paper is to point out the importance of unconventional types of processing in the production of plastic extrusion tools. The practical goal of this paper is the tool design and technological process of making tools for extruding plastics for a specific product. Processing modes for cutting different types of materials and the entire project documentation of each element of the tool for extruding the molding are also presented.

Key words: Electrical discharge machining, Wire erosion machine, Plastic extrusion, Technological process

1. UVOD

Živimo u svetu u kome se nauka, novi materijali, kao i tehnologije obrade brzo razvijaju. Nauka ima za cilj da istražuje nova otkrića i dostignuća. Razvoj svetske industrije dovela je do pojave novih materijala specifičnih osobina. Pojavom novih materijala došlo je do razvoja novih tehnologija obrade, kao što su nekonvencionalni postupci obrade.

Primena nekonvencionalnih metoda obrade opravdana je ne samo pri obradi teškoobradljivih materijala, već i pri obradi delova složenog geometrijskog oblika, zbog znatno jednostavnije tehnologije i kinematike alata za obradu.

Elektroerozivna obrada (Electrical Discharge Machining – EDM) predstavlja postupak skidanja materijala sa najširojom primenom u praksi od svih nekonvencionalnih postupaka. EDM-om se mogu obrađivati svi elektroprovodljivi materijali, bez obzira na njihova svojstva. EDM obrada je veoma bitna kod izrade alata za oblikovanje materijala, mikrodela, specijalnih proizvoda, itd.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, red. prof.

2. EDM POSTUPAK SKIDANJA MATERIJALA

EDM obrada skidanja materijala koristi električnu eroziju koja nastaje tokom pražnjenja impulsa između dve elektrode (obratka i alata) uronjene u radni fluid (dielektrikum). EDM postupak obrade ima široku primenu u mnogim industrijskim granama, kao što su automobilska industrija, prehrambena, avio industrija, itd. Omogućava oblikovanje vrlo složenih konstrukcija sa visokom tačnošću i kvalitetom obrade.

EDM postupci obrade materijala se dele na [1]:

- EDM postupak obrade punom elektrodom (SEDM) i
- EDM postupak obrade žičanom elektrodom (WEDM).

Elektroerozivna obrada potapanjem kao alat koristi punu elektrodu suprotnog oblika u odnosu na obradak („negativ“). Dok kod elektroerozije žicom kao alat (elektroda) se koristi žica namotana na kolut.

2.1 Tehnološke karakteristike procesa

Najvažniji tehnološki parametri pri EDM obradi su [2]:

- proizvodnost,
- tačnost obrade i
- kvalitet obrađene površine.

Važnost ovih parametara je različita i uglavnom zavisi od uslova obrade i namene obrađenih delova.

Proizvodnost je najvažniji tehnološki parametar sa ekonomskog aspekta, dok su tačnost obrade i kvalitet obrađene površine sa aspekta funkcije odnosno namene. Postizanje veće tačnosti i kvaliteta dovodi do smanjenja proizvodnosti i obrnuto.

2.2 Alat za EDM obradu

Alat spada u jednu od tri osnovne komponente EDM obradnog sistema. Alat može da bude u obliku žičane elektrode, kao i u obliku pune elektrode. Kod obrade sa žičanom elektrodom, alat je jednostavan i jeftin. Dok, kod obrade materijala sa punom elektrodom, alat ima značajan uticaj na ekonomičnost obrade (do 50% ukupnih troškova obrade).

Elektrode se mogu izrađivati od praktično svih elektroprovodljivih materijala, od kojih su najčešći: bakar, grafit, aluminijum i volfram.

2.3 Postrojenja za EDM obradu

Izrada prvih mašina za EDM obradu bile su po uzoru na standardne konvencionalne mašine za obradu rezanjem. One su se izrađivale tako što se nosač alata sa prenosnikom za glavno kretanje zamenio nosačem elektrode sa regulatorom pomaka, kao i postavljanjem kade sa dielektrikumom u radni prostor mašine. Na slici 2.1 prikazan je izgled jedne EDM mašine.

Širu primenu u praksi su našle četiri tipa mašina za EDM obradu, a to su:

- Standardne EDM mašine za upuštanje gravura,
- EDM mašine sa planetnim kretanjem,
- EDM obradni centri i
- EDM mašine za sečenje pomoću žičane elektrode.



Slika 2.1 Izgled EDM mašine: (1) Držać elektrode sa regulatorom pomaka, (2) Radna kada, (3) Agregat za dielektrikum, (4) Koordinatni sto, (5) Postolje, (6) Generator električnih impulsa, (7) Upravljačka jedinica

2.4. Primena EDM obrade

Danas se EDM obrada najčešće koristi pri izradi:

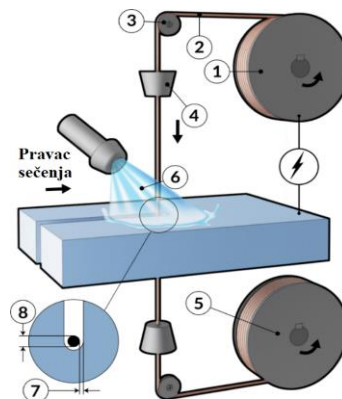
- raznih vrsta kalupa,
- alata za probijanje i prosecanje,
- kokila za livenje,
- delova sa uskim žljebovima,
- delova sa dubokim otvorima,
- delova sa složenim površinama,
- tankozidnih delova i dr.



Slika 2.2. Primeri delova obrađenih EDM obradom

3. EDM MAŠINA SA ŽIČANOM ELEKTRODOM AGIECUT DEM 315

EDM sečenje žicom (WEDM postupak), izvodi se pomoću tanke elektro-provodljive žice koja se kreće u pravcu svoje ose (Z – osa), dok obradak izvodi složeno kretanje po unapred programiranoj putanji (XY - ose). Pri kontaktu žice i obratka dolazi do električnog pražnjenja koje preseca konturu u horizontalnoj ravni. EDM sečenje žicom namenjeno je za precizno sečenje delova koji često znaju biti vrlo malih dimenzija. Na slici 3.1 prikazana je šema WEDM postupka.



Slika 3.1 Šema WEDM postupka: 1. Valjak na kojem je namotana žica, 2. Žica, 3. Valjak za vođenje žice, 4. Vođica, 5. Valjak za namotavanje iskorišćene žice, 6. Dielektrikum, 7. Radna zona, 8. Prečnik žice [3]

3.1 Karakteristike EDM mašine AgieCut DEM 315

Erozimatima sa žičanom elektrodom se mogu dobiti veoma komplikovani, precizni i fini oblici, uski prorezi, duboki mikrootvori, otvori pod uglom, itd.



Slika 3.2 Izgled mašine AgieCut DEM 315: 1. Numeričko upravljačka jedinica (AgieMeric CNC 100), 2. Generator električnog impulsa (AgiePuls 100 D), 3. Sistem za pogon i vođenje žice, 4. Kada sa koordinatnim radnim stolom, 5. Upravljačka tabla, 6. Sistem za cirkulaciju i prečišćavanje dielektrikuma (DA 10)

U prevodu, mogu se dobiti delovi kakvi se uopšte ne mogu postići klasičnim postupkom. Takođe, mogu se obraditi i veoma tvrdi i kruti materijali, uz visoku tačnost i kvalitet obrađene površine. Na ovim erozimatima se izrađuju, dorađuju ili popravljaju sve vrste alata za probijanje i prosecanje, gravirani kalupi, delovi sa tankim zidovima, itd [4].

Pri rešavanju zadatka ovog rada, primenjivala se mašina pod nazivom AgieCut DEM 315. Na slici 3.2 prikazana je jedna takva mašina, koja je proizvedena 1981. godine u Švajcarskoj. Najvažniji elementi ove mašine su: uređaj za pogon i vođenje žice, sistem za prečišćavanja i cirkulaciju dielektrikuma, generator električnog impulsa, koordinatni radni sto i numeričko upravljačka jedinica.

3.2 Alat kod mašine AgieCut DEM 315

Kao alat kod mašine AgieCut DEM 315 primenjuje se žičana elektroda određene debljine. Na slici 3.3 je prikazan izgled žičane elektrode namotane na kolut. Ova vrsta elektrode se uspešno primenjuje pri sečenju zahtevanih profila kako malih tako i velikih dimenzija (npr. zupčanici), pri skraćivanju raznih profila, pri odsecanju, pri rezanju otvora (dovođenje na meru), itd.



Slika 3.3 Izgled žičane elektrode namotane na kolut

Kod ovih mašina žica se kreće i stvara rez po programiranoj putanji. U zazoru između obratka i žice stvara se električno pražnjenje, pri čemu dielektrikum uklanja odvojeni materijal iz zone obrade. Na ovaj način žica stvara rez kroz obradak.

Žica može postići vrlo male uglove rezanja u zavisnosti od debljine žice. Žica kod EDM obrade gotovo deluje kao električna testera. Kvalitet obrade uz pomoć žičane elektrode, tj. preciznost i hrapavost površine, direktno je povezana sa parametrima pražnjenja (el.struja, napon, vreme pražnjenja, polaritet), kao i sa karakteristikama dielektrikuma.

Uobičajni prečnici žice se kreću između 0,2 i 0,3 mm, pri čemu se najčešće primenjuje žica prečnika 0,25 mm. Dok kod malih debljina obratka i malih unutrašnjih radijusa koristi se žica prečnika $0,1 \div 0,2$ mm, a za izvođenje najfinijih rezova sa vrlo malim unutrašnjim radijusima (0,02 mm) koristi se vrlo fina žica prečnika $0,03 \div 0,1$ mm.

Žičane elektrode se izrađuju u zavisnosti od namene, potrebnog kvaliteta površine, dimenzija koje je potrebno postići, materijala obratka i same mašine na kojoj se vrši obrada erodiranjem. Najčešće se izrađuju od: bakra, mesinga, čelika, molibdena i volframa.

3.3 Dielektrikum kod mašine AgieCut DEM 315

Dielektrikum je tečnost koja ne provodi električnu struju, nego se u njoj odvija električno pražnjenje. On cirkuliše u zoni rada, između elektrode i obratka, i ima ulogu izolatora dok se ne postigne napon pražnjenja, hladi predmete procesa i odstranjuje odvojene čestice iz zone rada. Kao dielektrikum se najčešće primenjuje dejonizovana voda.

3.4 Primena

Mašina AgieCut DEM 315 se najčešće primenjuje za izradu alata za probijanje i prosecanje, prototipova, malih serija, alata za plastične mase, alata za izvlačenje, alata za livenje, kao i za izradu bregastih ploča, elektronskih elemenata, šablona, elektroda za tačkasto zavarivanje, elektroda složenog oblika za elektroeroziju upuštanjem, itd. Na slici 3.4 prikazan je jedan manji deo primene ovih mašina.



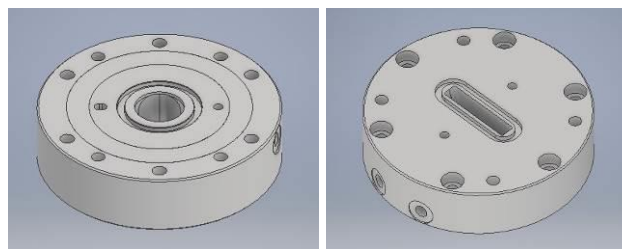
Slika 3.4 Primena WEDM mašina

4. KONSTRUKTIVNI PRIKAZ ALATA ZA EKSTRUDIRANJE UKRASNE LAJSNE

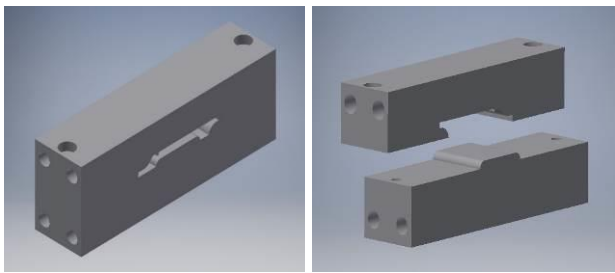
Alat za ekstrudiranje zidne ukrasne lajsne se sastoji od redukcije, kalibratora i alata (srednja matrica). Redukcija se izrađuje od čelika Fe510B, kalibrator od mesinga, dok se alat izrađuje od čelika K600.

Pri izradi elemenata alata za ekstrudiranje, pored WEDM mašine, koristila se još CNC glodalica pomoću koje su se vršile operacije ravnjanja, upuštanja i bušenja. Pomoću erozimata sa žicom se vršila izrada profila na alatu i kalibratoru.

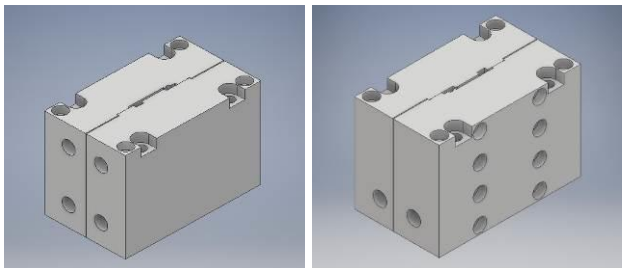
Na slici 4.1 prikazan je 3D model izgleda redukcije, dok je na slici 4.2 prikazan 3D model kalibratora. Na slici 4.3 prikazan je 3D model alata – srednje matrice, dok je na slici 4.4 prikazan sklop alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne.



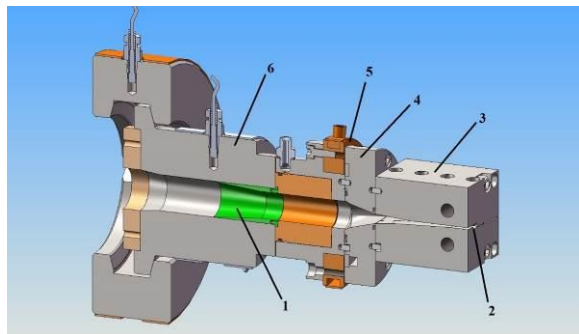
Slika 4.1 3D model redukcije



Slika 4.2 3D model kalibratora



Slika 4.3 3D model alata – srednje matrice



Slika 4.4 Sklopa alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne: 1. Kanal za protok plastomera, 2. Profil na alatu za formiranje gorovog proizvoda, 3. Alat, 4. Redukcija, 5. Zagrejana prirubnica, 6. Mlaznica ekstrudera

Na slici 4.5 prikazan je odsečeni deo ukrasne lajsne, koja predstavlja gotov proizvod primene alata za ekstrudiranje. Ovaj proizvod predstavlja krajni proizvod jednog celokupnog projekta.



Slika 4.5 Prikaz gotovog proizvoda

5. TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE ALATA

Tehnološki postupak obrade projektuje tehnolog, koji polazeći od oblika priprema, preko definisanja operacija, zahvata, kao i njihovog tačnog redosleda izvođenja, obezbeđuje dobijanje traženog proizvoda, zahtevane tačnosti i kvaliteta obrađene površine. Pored toga, takođe se još definišu mašine na kojima se vrši obrada, sa potrebnim alatima, priborima, režimima obrade, vremenima operacija i sl.

U praksi postoji veliki broj varijanti rešenja izvođenja jednog tehnološkog postupka, u zavisnosti od velikog broja faktora. Tako da u zavisnosti od tipa proizvodnje, vremena izrade, vrste priprema, raspoloživih mašina i njihovog rasporeda u proizvodnom pogonu i dr., potrebno je izraditi optimalni tehnološki postupak.

Alat je najvažniji deo sklopa alata za ekstrudiranje ukrasne lajsne, izrađen od čelika K600 na dimenzije 95x156x108 mm.

Shodno tome, pri izradi profila kroz koji prolazi plastomer na erozmatu sa žicom (debljine 0,25 mm, material: mesing DIN 160) gde se traži maksimalna preciznost sečenja uz što bolji kvalitet obrade idelni režimi obrade na mašini AgieCut DEM 315 su: **HC=5 (Poz.)** – Sila rezanja, **t=2 (Poz.)** – Trajanje impulsa, **t_a=22%** – Nominalna vrednost praznog hoda, **I=3 (Poz.)** – Jačina struje pražnjenja, **P=3 (Poz.)** – Ograničenje snage, **F=6,5 N** – Sila zatezanja žice, **v=200 mm/s** – Brzina kretanja žice, **λ=75 μS/cm** – Provodljivost dielektrikuma, **p=1,5 bar** – Pritisak mlaza dielektrikuma, **Id Ø=4 mm** – Prečnik mlaza dielektrikuma, **Qg=150 l/h** – Protok dielektrikuma na gornjoj mlaznici, **Qd=40 l/h** – Protok dielektrikuma na donjoj mlaznici, **Poz.** – Pozicija (podeljak na mašini).

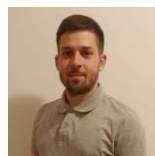
6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad se bavio prikazom sklopa alata koji se koristi za ekstrudiranje zidnih ukrasnih lajsni. Za izradu profila pomenutog alata primenjivao se EDM postupka sa žičanom elektrodom, što je i glavna tema ovog rada. Na osnovu toga je detaljno opisan taj proces, kao i mašina koja se koristila pri samoj izradi alata za ukrasne lajsne.

7. LITERATURA

- [1] Milikić D.: Nekonvencionalni postupci obrade - priručnik za studije i praksu, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [2] Gostimirović M., Nekonvencionalni postupci obrade, drugo izdanje, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [3] Manufacturing Guide, Electric Erosion, Wire EDM, Manufacturing Guide Sweden AB, Stockholm, <https://www.manufacturingguide.com/en/wire-edm>, jun 2021.
- [4] Marušić M., Elektroerozivna obrada, Docuri, 2017, https://docuri.com/download/edm_59c1d38ff581710b2865568b_pdf, avgust 2020.

Kratka biografija:



Dejan Mijić rođen je u Somboru 1994. god. 2013. godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Proizvodno mašinstvo. Master rad iz oblasti Nekonvencionalni postupci obrade odbranio je 2021. god.



Marin Gostimirović rođen je u Osijeku 1957. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god. Od 2011. god. je u zvanju redovnog profesora. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala.

PROJEKAT AB SKELETNE KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA ANALIZA USVOJENE ARMATURE

DESIGN OF MULTY-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDING BY EUROPEAN STANDARDS AND COMPARATIVE ANALYSIS OF APPLIED REINFORCEMENT

Đorđe Veselinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U prvom dijelu rada prikazan je projekat višespratne armiranobetonske zgrade spratnosti PO+PR(+0,90 m)+10 u Budvi, prema Evrokod standardima. U drugom dijelu rada prikazana je uporedna analiza usvojene armature karakterističnih ramova prema Evrokodu i domaćim standardima.

Ključne riječi: Višespratna armiranobetonska zgrada, upredna analiza, Evrokod.

Abstract – The first part of the work represents the project of the multi-storey reinforced concrete building, basement + ground floor + 10 storeys in Budva, according to European standards. The second part of the work represents comparative analysis of reinforcement applied to characteristic frames according to European and national standards.

Keywords: Multy-storey reinforced concrete building, comparative analysis, Eurocode.

1. UVOD

1.1. Projektni zadatak

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje višespratne stambeno - poslovne zgrade spratnosti PO+PR(+0,90 m)+10 u Budvi, prema Evrokod standardu. Konstruktivni sistem objekta je ukrućeni skeletni sistem. Temeljna konstrukcija je formirana od temeljne ploče ojačane gredama. Krov je ravan, prohodan, predviđen za okupljanje ljudi. Nacrtati planove armiranja sledećih elemenata: temeljne ploče, ploče prizemlja, ploče tipskog sprata, krovne ploče, karakterističnih ramova u osama „3“ i „D“ kao i stepeništa. Potrebno je izvršiti uporednu analizu usvojene armature karakterističnih ramova u osama „3“ i „D“ za isti objekat projektovan po evropskim i domaćim propisima.

2. OPIS PROJEKTA

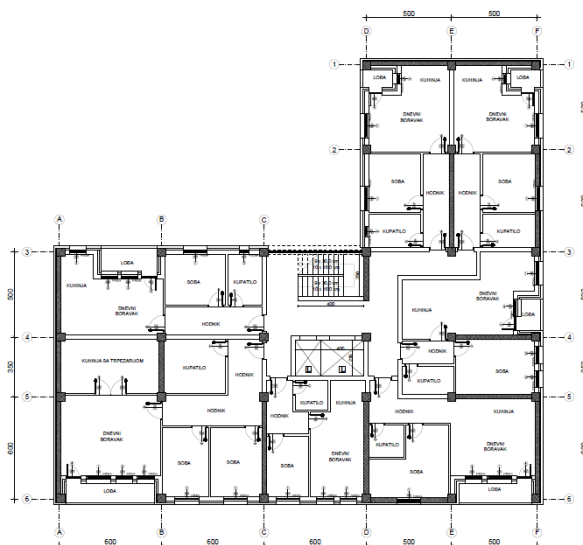
2.1 Arhitektonsko rešenje

Arhitektonskim rešenjem je definisano da podrum i prizemlje budu poslovni dio objekta. Od prvog do desetog sprata je stambeni dio, sedam stanova po jednoj etaži. Projektnim zadatkom je predviđeno izvođenje krova kao ravnog i prohodnog. Po obodu zgrade izvodi se atika visine 80. Spratna visina tipskog sprata je 3,2 m, prizemlja 4,0 m i podruma 3,7 m.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red. prof.

Za vertikalnu komunikaciju unutar objekta predviđeno je dvokrako stepenište (b/h = 30/16 cm – tipski sprat, b/h = 20/30 cm –prizemlje, b/h = 18,5/30 cm – podrum) i dva lifta, jedan teretni lift i jedan manji lift veće brzine. Dubina fundiranja objekta je 4,0 m. Fasadni zidovi su debljine 47 cm, sastoje se od pune zidne opeke 25 cm, stiropora 10 cm i fasadne opeke 12 cm. Pregradni zidovi između stambenih jedinica se izvode od pune opeke debljine 25 cm a unutar stambenih jedinica pregradni zidovi su debljine 12 cm (puna opeka). Prozori u svim stanovima i poslovnim prostorima su od crne aluminijumske stolarije a sva unutrašnja stolarija je od drveta.



Slika 1. Arhitektonsko rešenje tipskog sprata

2.2. Konstruktivni sistem

Osnovni konstruktivni sistem je skeletni, formiran od šest podužnih i šest poprečnih ramova. Sistem je ukrućen seizmičkim zidovima debljine 25 cm i 30 cm. Podrumski zidovi su debljine 25 cm po čitavom obodu objekta koji formiraju prostorno krutu cjelinu.

Poprečni presjeci stubova variraju u zavisnosti od vrijednosti normalizovane aksijalne sile koja prema Evrokod pravilniku za primarne seizmičke stubove projektovane na klasu duktilnosti M, ne smije biti veća od 0,65. Dimenzije fasadnih stubova su: b/d=50/50 cm, b/d=50/60 cm, b/d=50/70 cm, a centralnih: b/d=50/50 cm, b/d=55/55 cm, b/d=65/65 cm. Redukcija dimenzija se vrši u nivou međuspratne tavanice drugog i petog sprata. Usvojene dimenzije grednih elemenata u oba pravca su b/d=35/60 cm. Međuspratne tavanice tipskog sprata i krovna ploča su projektovani kao puna AB ploča debljine

15 cm. Ploča prizemlja je debljine 18 cm. Stepenišna konstrukcija je takođe puna AB ploča debljine 15 cm, statičkog sistema koljenaste ploče. Temeljna ploča je debljine 40 cm, ojačana temeljnim gredama dimenzija $b/d=50/120$ cm i $b/d=65/120$ cm.

Svi vertikalni i horizontalni konstruktivni elementi su od betona kvaliteta C30/37. Korišćena armatura je S500 prema Evrokod standardu.

2.3. Analiza opterećenja

Analiziraju se sledeća opterećenja: stalno opterećenje, korisno opterećenje, opterećenje od snijega, opterećenje od vjetra, seizmičko opterećenje.

Stalno opterećenje obuhvata: sopstvenu težinu konstruktivnih AB elemenata skeletnog konstruktivnog sistema; dodatno stalno opterećenje od nekonstruktivnih elemenata; pritisak tla na AB zidove temelja. Korisno opterećenje definisano je standardom Evrokod 1 EN 1991-1-1-1:2002, na osnovu kategorije upotrebe prostorija u stambenim zgradama. Opterećenje snijegom u proračunu je uzeto prema evropskim standardima EN 1991-1-3:2003, za krovne nagibe između 0° i 30° i aplicirano je na konstrukciju u vidu jednako podijeljenog površinskog opterećenja.

Opterećenje vjetrom je analizirano prema Evrokod standardu EN 1991-4:2005 i nanoseno je na konstrukciju kao površinsko opterećenje, nakon čega je konvertovano u linijsko opterećenje. Seizmičko opterećenje je izračunato i aplicirano na objekat automatski u okviru softvera Tower 6.0, prema odgovarajućem EN 1998-1-2004 standardu. Za izračunavanje seizmičkih sila primjenjena je multimodalna spektralna analiza.

2.4. Modeliranje konstrukcije, statički i dinamički proračun

Prilikom modeliranja objekta vođeno je računa o postizanju jednostavnosti modela, kao i što realnijem predstavljanju konstrukcije. Proračun se sprovodi metodom konačnih elemenata (MKE), koji se zasniva na fizičkoj diskretizaciji, tako da realnu konstrukciju opisuje elementima konačnih dimenzija veličine 0,4 m. Stubovi su modelirani kao linijski elementi, dok su temeljna ploča, ploča prizemlja, tipskog sprata, krovna kao i seizmička platna modelirani kao površinski elementi. Model konstrukcije je napravljen u softverskom paketu Tower 6.0, a proračun je izvršen prema linearnoj teoriji prvog reda.

Modeliranje tla je izvršeno pomoću Winkler-ovog modela, koji predstavlja jednoparametarski model tla, gdje se tlo zamjenjuje beskonačnom serijom elastičnih opruga i definiše preko koeficijenta posteljice (koeficijent krutosti podloge).

Za definisanje koeficijenata učešća masa za modalnu analizu, korištene su odredbe pravilnika Evrokod 0 – EN 1991:2002.

Po završetku modalne analize, mogu se definisati parametri za proračun seizmičkih sila, pri čemu je korištena multimodalna spektralna analiza, koja spada u grupu linearno-elastičnih analiza. Kompletan proračun seizmičkih sila je urađen u okviru softvera, u saglasnosti sa pravilnikom EN 1998-1:2004 koji sadrži opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade. Kao klasa duktilnosti objekta izabrana je srednja klasa duktilnosti –

DCM i prilikom proračuna je dobijena vrijednost faktora ponašanja $q = 3,9$.

Tlo na kome će se graditi objekat je A kategorije, što je definisano u EN 1998-1:2004. Tlo kategorije A – stijena ili stjenka geološka formacija, uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini. Kategorija značaja objekta je II, a za odnos ubrzanja je zadata vrijednost $ag/g = 0,35$.

2.5. Proračunske kontrole

Prema evropskom pravilniku neophodno je bilo uraditi sledeće kontrole konstrukcije:

- kontrola napona u stubovima;
- kontrola napona u zidovima;
- ograničenje relativnog spratnog pomjeranja;
- kontrola napona u tlu.

Nakon sprovedenih numeričkih analiza zaključeno je da konstrukcija zadovoljava uslove svih prethodno nabrojanih kontrola.

2.5. Dimenzionisanje elemenata

Dimenzionisanje elemenata konstrukcije je izvršeno prema graničnom stanju nosivosti, prema kompletnoj šemi opterećenja u okviru softverskog paketa Tower 6.0. Zaštitni sloj betona do armature je usvojen na osnovu definisanih klasa izloženosti prema Evrokod pravilniku. Izvršeno je dimenzionisanje odabranih ploča: temeljne ploče, ploče prizemlja, ploče tipskog sprata i krovne ploče. Osim karakterističnih ploča, dimenzionisane su i kose stepenišne ploče i ploče međupodesta. Ploče prenose opterećenje u dva pravca, te su s toga armirane proračunskom armaturom u dva pravca i vođeno je računa o pravilima za armiranje.

Projektnim zadatkom predviđeno je da se dimenzioniše po jedan ram u oba pravca, i to ram u osi „3“ i ram u osi „D“. Dimenzionisanje i armiranje je izvršeno saglasno Evrokod pravilniku, prema uticajima mjerodavnih graničnih kombinacija. Za sve elemente konstrukcije predviđena je klasa betona C30/37, dok su svi elementi armirani rebrastom armaturom S500.

3. UPOREDNA ANALIZA USVOJENE ARMATURE KARAKTERISTIČNIH RAMOVA U OSAMA „3“ I „D“ (EVROKOD – PBAB 87)

U slopu istraživačkog dijela rada, izvršena je i uporedna analiza važećih propisa kod nas koji su bazirani na odredbama Pravilnika BAB 87 i evropskih, odnosno članova iz Evrokoda koji su korišćeni u prethodnom dijelu rada, a što je usko vezano za poređenje usvojene armature u karakterističnim ramovima u osama „3“ i „D“ za isti objekat projektovan prema domaćim i evropskim propisima. U nastavku će objekat projektovan prema Evrokodu biti označen sa „Evrokod“ a po domaćim propisima sa „PBAB 87“.

3.1. Analiza materijala

Evrokod: Svi konstruktivni elementi su izrađeni od betona C30/37 i armirani su rebrastom armaturom S500.

PBAB 87: Gredni elementi su izrađeni od betona MB30 a stubovi i seizmički zidovi od MB40 i svi su armirani rebrastom armaturom RA400/500.

3.2. Analiza opterećenja

Prema Evrokodu, kao i prema domaćim propisima postoji pet grupa eksploatacionih opterećenja: stalno, korisno, vjetar, snijeg i seizmičko opterećenje.

Stalno opterećenje prema oba standarda je identično, obuhvata konstruktivne elemente, obloge i nekonstruktivne elemente na objektu.

Opterećenje snijegom, za predmetni objekat koji je rađen prema odredbama iz Evrokoda, uzeto je kao 1 kN/m^2 i aplicirano po krovnoj ravni. Prema domaćim propisima je nanijeto u vrijednosti od $0,75 \text{ kN/m}^2$.

U analizi korisnog opterećenja postoje razlike. Korisno opterećenje potiče od namjene projektovanog prostora, odnosno iz njegove upotrebe na predmetnom objektu. Prema PBAB 87, na jednostavan način je definisano korisno opterećenje kao jedna vrsta opterećenja. Nema podjele na kategorije, date su preporučene vrijednosti za sve namjene prostorija. Prema Evrokodu, opterećenja su podijeljena u više kategorija zavisno od vrste/namjene prostora. Za kategoriju stambene, društvene, trgovačke i administrativne zgrade postoje i potkategorije.

3.3. Seizmička analiza

U seizmičkoj analizi, glavna razlika u propisima jeste u korišćenju metodi proračuna.

Evrokod insistira na primjeni multimodalne spektralne analize.

Domaći pravilnik za objekte koji se projektuju u seizmičkim područjima propisuje primjenu statički ekvivalentne metode.

3.4. Parcijalni koeficijenti sigurnosti i kombinacije opterećenja

Evrokod: Uz parcijalne koeficijente za dejstva propisuju se i parcijalni koeficijenti za nosivost materijala (redukcija mehaničkih karakteristika materijala).

PBAB 87: Parcijalni koeficijenti sigurnosti implementirani u smislu uvećanja dejstava.

3.5. Modeliranje konstrukcije

Ovde je razlika u smanjenju torziona krutosti, kao i korišćenom betonu i armaturi, a to je obrađeno u dijelu analiza materijala.

Evrokod propisuje smanjenje savojne i torziona krutosti kod grednih nosača, kao i savojne krutosti kod stubova i platana, da bi se uzela u obzir isprskalost poprečnog presjeka uslijed apliciranih opterećenja, posebno od seizmičkog.

Pravilnik BAB 87 predviđa smanjivanje samo torziona krutosti kod greda.

3.6. Proračunske kontrole

-Kontrola napona u stubovima i seizmičkim zidovima-

Evrokod: Pravilnik EN 1998-1:2004. Kontrola se vrši tako što se računa vrijednost normalizovane aksijalne sile u stubovima i zidovima, za seizmičku proračunsku situaciju. Primjenjuju se parcijalni koeficijenti sigurnosti i za opterećenje i za materijal. Dobijena vrijednost se uporedi sa dozvoljenom, koja zavisi od odabrane klase duktilnosti. Ovaj uslov je po pravilu lakše zadovoljiti za srednju klasu duktilnosti, odnosno DCM.

PBAB 87: Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmički aktivnim područjima. Kontrola se vrši tako što se prosječni normalni napon u stubovima ili zidovima uslijed eksploatacionih gravitacionih opterećenja poredi sa dozvoljenim naponima. Dozvoljeni napon iznosi 35%

čvrstoće betonske prizme (čvrstoća betonske prizme = $0,7$ čvrstoće betonske kocke) za stubove, a 20% za zidove.

3.7. Dimenzionisanje elemenata

- Zaštitni sloj betona -

Evrokod: Debljina zaštitnog sloja ne zavisi od oblika elementa, već od prečnika usvojene armature i posebno od agresivnosti sredine. Uslovi sredine definisani su kao klase izloženosti.

PBAB 87: Debljina zaštitnog sloja usvaja se na osnovu vrste elementa i stepena agresivnosti sredine (slabo, srednje i jako agresivna sredina).

- Oblikovanje detalja -

Oba pravilnika imaju za ideju da obezbjede objektu dovoljnu seizmičku otpornost, u smislu pojave oštećenja na očekivanim mjestima, koja se lako saniraju, a da ne dođe do ozbiljnih oštećenja ili rušenja konstrukcije. To se naziva koncept programiranog ponašanja i predstavlja niz konstruktivnih mjera koje je neophodno preduzeti.

3.8. Analiza elemenata konstrukcije

- Grede -

Evrokod i PBAB 87: Za ulazne podatke pri modeliranju greda, korištene su osnovne konstruktorske preporuke po pitanju visine grednog elementa, koja se kreće u rasponu od $l/12$ do $l/8$ raspona. Najveći raspon u oba pravca iznosi 6,0 m. Prema tome, usvojena visina grednog elementa je 60 cm, dok je usvojena širina 35 cm.

- Stubovi -

Evrokod: Dimenzije stubova su određene iz uslova dopuštene nosivosti, na osnovu kontrole normalizovane aksijalne sile prema Evrokod pravilniku. Usvojene dimenzije stubova su sljedeće:

Fasadni stubovi: $b/d=50/50 \text{ cm}$, $b/d=50/60 \text{ cm}$, $b/d=50/70 \text{ cm}$.

Centralni stubovi: $b/d=50/50 \text{ cm}$, $b/d=55/55 \text{ cm}$, $b/d=65/65 \text{ cm}$.

PBAB 87: Dimenzije stubova su određene iz naponskog kriterijuma, koji propisuje domaći Pravilnik. Usvojene dimenzije stubova su sljedeće:

Fasadni stubovi: $b/d=40/40 \text{ cm}$, $b/d=40/50 \text{ cm}$, $b/d=40/60 \text{ cm}$.

Centralni stubovi: $b/d=40/40 \text{ cm}$, $b/d=45/45 \text{ cm}$, $b/d=55/55 \text{ cm}$.

Redukcija dimenzija stubova se vrši u nivou međuspratne tavanice drugog i petog sprata u oba slučaja.

- Zidovi za ukrućenje -

Evrokod i PBAB 87: Dimenzije su usvojene na osnovu kontrole normalizovane aksijalne sile u zidovima za ukrućenje prema Evrokod pravilniku, odnosno dopuštenih napona prema domaći propisima. Modelirani su kao tanke ploče debljine 25 cm i 30 cm.

- Temeljna ploča ojačana gredama -

Evrokod i PBAB 87: Temeljna ploča u ovom slučaju, zbog velikog gravitacionog opterećenja, i nemogućnosti racionalnog obezbjeđenja ploče od proboja, je ojačana gredama u dva ortogonalna pravca, koji prate osnovne osovinske rastere.

Evrokod: Usvojene dimenzije su sljedeće:

Temeljna ploča: $d_p=40 \text{ cm}$,

Temeljne grede: $b/d=50/120$ cm, $b/d=65/120$ cm.

PBAB 87: Usvojene dimenzije su sljedeće:

Temeljna ploča: $d_p=40$ cm,

Temeljne grede: $b/d=40/120$ cm, $b/d=55/120$ cm.

3.9. Potrebne količine armature karakterističnih ramova u osama „3“ i „D“ za isti objekat projektovan prema evropskim i domaćim propisima

Kako je prethodno prikazano, pomenuti ramovi se razlikuju kako u pogledu svojstava materijala (beton, čelik za armiranje), tako i u pogledu usvojenih dimenzija konstruktivnih elemenata (stubova i zidova za ukrucenje). Izveštaji koji su dobijeni iz planova armiranja pokazuju da je količina potrebne armature za ispitivane ramove sljedeća:

Evrokod:

Ram u osi „3“: 16.971,46 kg

Ram u osi „D“: 20.843,68 kg

PBAB87:

Ram u osi „3“: 19.370,39 kg

Ram u osi „D“: 25.547,93 kg

Prikazani rezultati ukazuju na to da je količina armature potrebna za armiranje rama u osi „3“ veća u slučaju objekta koji je projektovan po domaćim propisima u odnosu na objekat projektovan po evropskim propisima. Isti je slučaj i kod rama u osi „D“.

Ako pojedinačno gledamo konstruktivne elemente, u gredama je dobijena značajno veća potrebna količina armature u objektu koji je projektovan po domaćim propisima u odnosu na Evrokod, dok je u slučaju stubova i seizmičkih zidova dobijena potrebna količina armature veća u objektu koji je projektovan po evropskim propisima u odnosu na objekat projektovan po Pravilniku BAB 87.

4. ZAKLJUČAK

Kao što je prikazano u poglavlju 3.9, veća količina potrebne armature je dobijena u ramovima objekta projektovanog po Pravilniku BAB 87, u odnosu na ramove objekta projektovanog po Evrokodu. Razliku u količini armature prave gredni elementi, s obzirom da je potrebna količina armature u stubovima i seizmičkim zidovima veća kod objekta projektovanog po Evrokodu u odnosu na objekat projektovan po domaćim propisima.

Razlozi za dobijanje ovakvih rezultata su, po mom mišljenju, različita svojstva materijala (beton i čelik za armiranje), različite dimenzije vertikalnih konstruktivnih elemenata koje su posledica proračunskih kontrola, parcijalni koeficijenti sigurnosti i kombinacije opterećenja kao i oblikovanje detalja.

Gredni elementi su izrađeni od betona marke MB30 (Pravilnik BAB 87) i klase C30/37 (Evrokod) odnosno armirani čelikom RA 400/500 (Pravilnik BAB 87) i S500 (Evrokod). Materijali korišteni za projektovanje objekta po Evrokodu su kvalitetniji u smislu veće čvrstoće na pritisak odnosno na zatezanje, što može uticati na to da je potreba za armaturom nešto manja za objekat projektovan po evropskim propisima.

Dimenzije stubova i seizmičkih zidova određene su iz uslova dopuštene nosivosti napona (Pravilnik BAB 87) odnosno normalizovane aksijalne sile (Evrokod).

Proračunske kontrole su uzrokovale veće dimenzije stubova i seizmičkih zidova u objektu koji je projektovan po Evrokodu. U oba slučaja (Evrokod i Pravilnik BAB 87), potreba za armaturom u ovim konstruktivnim elementima je minimalna. Iz tog razloga, usvojena količina armature je veća u slučaju objekta projektovanog po evropskim propisima.

Parcijalni koeficijenti sigurnosti prema Evrokodu su manji, a kombinacije realnije. To rezultira manjim statičkim uticajima a samim tim i manjom potrebom za armaturom. Kod oblikovanja detalja bih izdvojio armiranje greda u osloncima u obje zone, tako da je $\mu' \geq \mu$ (PBAB 87). To znači da je neophodno usvojiti povoljan odnos armature u donjoj i gornjoj zoni, tj. da u pritisnutoj zoni bude minimum 50% armature u odnosu na armaturu u zategnutoj zoni. To u određenoj mjeri može dodatno povećati količinu armature u grednim elementima.

5. LITERATURA

- [1] Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija, Beograd, februar 2006.
- [2] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije, Beograd, novembar 2009.
- [3] Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija, Beograd, februar 2006.
- [4] Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija, Beograd, novembar 2009.
- [5] Grupa autora, Beton i armirani beton (PBAB 87), knjiga 1, Univerzitetska štampa, Beograd 2000.
- [6] Grupa autora, Beton i armirani beton (PBAB 87), knjiga 2, Univerzitetska štampa, Beograd 2000.
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmički aktivnim područjima, Službeni list SFRJ br. 31/81
- [8] Dr. Zoran Brujić: "Materijal za predavanja iz predmeta Betonske konstrukcije", Novi Sad 2015.
- [9] Dr. Zoran Brujić: "Betonske konstrukcije u zgradarstvu (prema Evrokodu)", Novi Sad 2018.

Kratka biografija:



Dorđe Veselinović rođen je u Goraždu 1991. godine. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Seizmička analiza konstrukcija odbranio je u septembru 2021. godine pod mentorstvom prof. dr Đorđa Ladinovića.

Kontakt: djordjeveselinovic91@gmail.com

PLANIRANJE PROIZVODNJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE MONTAŽNE HALE
PLANNING OF THE PRODUCTION OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE PREFABRICATED HALL

Ljiljana Božić, Jasmina Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je planirana proizvodnja elemenata konstrukcije montažne hale. Pri razmatranju mogućih rešenja planiranja proizvodnje, variran je broj radnih brigada, a kriterijumi na osnovu kojih je izabrano najpovoljnije rešenje, bazirani su na trajanju proizvodnog ciklusa i racionalnom utrošku resursa.

Ključne reči: planiranje, resursi, montažna hala, varijante, radne brigade

Abstract – The paper plans the production of prefabricated hall construction elements. When considering possible solutions for production planning, the number of work brigades was varied, and the criteria on the basis of which the most favorable solution was chosen are based on the duration of the production cycle and the rational use of resources.

Key words: planning, resources, prefabricated hall, variants, work brigades

1. UVOD

Industrijska proizvodnja predstavlja viši stepen proizvodnje koji se bitno razlikuje od klasične proizvodnje. Svako uvođenje proizvodnje na industrijski način mora da bude rezultat obimne tehničko-tehnološke i ekonomske analize. Potvrda opravdanosti njene primene je veoma važna, jer se ulažu velika novčana sredstva u opremu, materijal i energiju.

U radu je planirana proizvodnja elemenata konstrukcije montažne hale: temeljnih čašica, stubova, glavnih nosača, rožnjača i olučnih greda. Analizirani su osnovni resursi, količine materijala (betona, armature, oplata) i radna snaga i planirana je proizvodnja elemenata. Planiranje proizvodnje rađeno je u tri varijante: V1 - varijanta 1 – proizvodnja je organizovana sa jednom radnom brigadom, V2 - varijanta 2 – proizvodnja je organizovana sa dve radne brigade i V3 - varijanta 3 – proizvodnja je organizovana sa tri radne brigade. Kriterijumi na osnovu kojih je izabrano najpovoljnije rešenje planiranja proizvodnje, bazirani su na trajanju proizvodnog ciklusa i racionalnom utrošku resursa.

Cilj rada je bio da se na osnovu analize osnovnih resursa, i dinamike proizvodnje predloži optimalna varijanta proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jasmina Dražić, red. prof.

2. SPECIFIKACIJA ELEMENATA MONTAŽNE HALE

Analize u ovom radu rađene su na objektu u Kuli, natkrivenog skladišta, bez spoljnih pregradnih zidova, u osnovi dimenzija 22,50m x 100,50m, korisne visine +9,20m i spratnosti P. Konstrukcija objekta hale je montažna armirano-betonska iz programa "Novotehna" iz Novog Sada. Broj elemenata i njihove dimenzije dati su u projektno-tehničkoj dokumentaciji. Specifikacija elemenata prikazana je u tabelama 1,2,3,4 i 5.

Tabela 1. Specifikacija elemenata - temeljne čašice

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
1.		TČ1	110/100/110	22	0,824

Tabela 2. Specifikacija elemenata - stubovi

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
2.		S1	50/50/1050	22	2,625

Tabela 3. Specifikacija elemenata - glavni krovni nosači

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
3.		GN1	40/178,2/2200	11	6,35

Tabela 4. Specifikacija elemenata - rožnjače

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
4.		R1	20/65/1000	30	1,07

Tabela 5. Specifikacija elemenata - olučne grede

Red. br.	Element	Šifra	Geometrijske karakteristike	Kom.	V [m ³]
5.		OG1	50/60/1000	20	1,60

3. PLANIRANJE PROIZVODNJE

Proizvodnja elemenata-prefabrikata planirana je u preduzeću Novotehna, koje se nalazi u Novom Sadu. Preduzeće raspolaže sopstvenim pogonom za proizvodnju elemenata. Proizvodnja je organizovana na otvorenom i u fabrici. Izrada betonskih prefabrikovanih elemenata se obavlja u kontrolisanim uslovima.

Proizvodnja elemenata organizovana po principima industrijske proizvodnje povlači za sobom moguća ograničenja u prostornim kapacitetima, mehanizaciji, opremi kao i radnoj snazi. Sa druge strane, kontinuitet procesa izgradnje montažne hale i poštovanje ugovorenih rokova može ograničiti trajanje proizvodnog ciklusa.

Ova ograničenja pri planiranju proizvodnje zahtevaju paralelizaciju radova, a sigurno direktno utiču na dinamiku i osnovne resurse proizvodnje. Da bi se predložilo najpovoljnije rešenje, planirana je proizvodnja elemenata konstrukcije montažne betonske hale u tri varijante, u kojima je variran broj kompleksnih radnih brigada od jedne u prvoj varijanti, dve u drugoj i tri u trećoj varijanti proizvodnje.

Kompleksna radna brigada je formirana od betoniraca, armirača i pomoćnih radnika, pa je planirana za sve radne aktivnosti proizvodnog procesa prefabrikacije (pripremu, armiranje i betoniranje). Ove brigade moguće je lako prebacivati sa jednog elementa na drugi ili sa jedne vrste elemenata na drugu. Kombinovanjem većeg broja kompleksnih radnih brigada, otvara se prostor za izbor najpovoljnije varijante proizvodnje.

4. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE

Za izbor optimalne varijante proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale, na bazi racionalizacije vremena i resursa proizvodnje, formiran je model optimizacije u obliku:

$$\min F(x) = \min (f_1, f_2, f_3) \quad (1)$$

U modelu optimizacije vektorska kriterijumska funkcija minimizira sve tri pojedinačne kriterijumske funkcije, a varijaju se tri moguća rešenja planiranja proizvodnje.

Razmatrane varijante proizvodnje su:

- V1 - varijanta 1 – proizvodnja elemenata organizovana sa jednom kompleksnom brigadom,
- V2 - varijanta 2 – proizvodnja elemenata organizovana sa dve kompleksne brigade i
- V3 - varijanta 3 – proizvodnja elemenata organizovana sa tri kompleksne brigade.

Definisane su tri kriterijumske funkcije:

- f_1 - vreme potrebno za proizvodnju svih elemenata konstrukcije u [min.],
- f_2 - broj angažovanih radnika dnevno u brigadama (radne operacije),
- f_3 - koeficijent upotrebe kalupa.

Treća kriterijumska funkcija f_3 , koeficijent upotrebe kalupa predstavlja odnos između potrebne površine kalupa (oplate) i-te varijante i maksimalne potrebne površine kalupa (oplate).

$$K_{up} = P_i / P_{max} \quad i=1,2,3 \quad (2)$$

gde su:

- K_{up} – koeficijent upotrebe kalupa
- P_{max} – maksimalna površina kalupa
- P_i – površina kalupa za i-tu varijantu.

Analizom proizvodnog ciklusa, dinamike proizvodnje i osnovnih resursa, baziranih na internim normativima preduzeća Novotehna, izračunati su ulazni podaci za optimizaciju. Ulazni podaci su prikazani u tabeli 6, a u tabeli 7 data je rang lista varijanti prema pojedinačnim kriterijumima.

Tabela 6. Ulazni podaci

krit.fun/alter.	V1	V2	V3
f1	14380min	7850min	5760min
f2	4	8	12
f3	0,3985	0,71198	1

Tabela 7. Pojedinačna rang lista

krit.fun/alter	V1	V2	V3
f1	3	2	1
f2	1	2	3
f3	1	2	3

Za rešavanje zadatka izabrana je metoda višekriterijumske optimizacije, metoda kompromisnog programiranja i metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja [1]. U prvom prolazu sve kriterijumske funkcije imale su isti značaj. Rezultati optimizacionog postupka prikazani su tabelarno. U tabelama 8, 9 i 10, je dat redosled varijantnih rešenja dobijen metodom kompromisnog programiranja za tri različite strategije odlučivanja:

- $p=1$ - rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno,
- $p=2$ - rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački i
- $p=\infty$ - prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem.

Tabela 8. Metoda kompromisnog programiranja - $p = 1$ rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno

alter.rešenje	V1	V2	V3
redosled alter. rešenja	1	2	3

Tabela 9. Metoda kompromisnog programiranja - $p=2$ rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački

alter.rešenje	V1	V2	V3
redosled alter. rešenja	2	1	3

Tabela 10. Metoda kompromisnog programiranja - $p=\infty$, prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem

alter.rešenje	V1	V2	V3
redosled alter. rešenja	2	1	3

Redosled varijantnih rešenja, primenom metode višekriterijumskog kompromisnog rangiranja prikazan je u tabeli 11. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja omogućuje da se zadaju i težine strategija odlučivanja v_1 i v_2 ; gde je $v_2 = 1 - v_1$. Pri tome:

- ako je $v_1 > v_2$, daje se prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen,
- ako je $v_2 > v_1$, ne dopušta se potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma.

Tabela 11. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - isti težinski koeficijenti

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
Qj($v_1=0,0$)	2	1	3
Qj($v_1=0,3$)	2	1	3
Qj($v_1=0,6$)	2	1	3
Qj($v_1=0,9$)	1	2	3
Qj($v_1=1,0$)	1	2	3

Izbor najpovoljnije varijante proizvodnje potkrepljen je i analizama u kojima su varirane težine (značaj) svake pojedinačne kriterijumske funkcije:

- ANALIZA 1 - naglašen je značaj vremena (trajanja) proizvodnje, sa vrednostima težinskih koeficijenata $w_1=0,6$; $w_2=0,2$ i $w_3=0,2$,
- ANALIZA 2 - naglašen je značaj resursa (radna snaga), sa vrednostima težinskih koeficijenata $w_1=0,2$; $w_2=0,6$ i $w_3=0,2$ i
- ANALIZA 3 - naglašen je značaj resursa (kalupi-oplata), sa vrednostima težinskih koeficijenata $w_1=0,2$; $w_2=0,2$ i $w_3=0,6$.

Redosled variranih rešenja prikazan je u tabelama 12, 13 i 14.

Tabela 12. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - različiti težinski koeficijenti - ANALIZA 1

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
Qj($v_1=0,0$)	3	1	2
Qj($v_1=0,3$)	3	1	2
Qj($v_1=0,6$)	3	1	2
Qj($v_1=0,9$)	3	1	2
Qj($v_1=1,0$)	3	1	2

Tabela 13. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - različiti težinski koeficijenti - ANALIZA 2

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
Qj($v_1=0,0$)	1	2	3
Qj($v_1=0,3$)	1	2	3
Qj($v_1=0,6$)	1	2	3
Qj($v_1=0,9$)	1	2	3
Qj($v_1=1,0$)	1	2	3

Tabela 14. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja - različiti težinski koeficijenti - ANALIZA 3

redosled alternativnih rešenja			
Alter.rešenje	V1	V2	V3
Qj($v_1=0,0$)	1	2	3
Qj($v_1=0,3$)	1	2	3
Qj($v_1=0,6$)	1	2	3
Qj($v_1=0,9$)	1	2	3
Qj($v_1=1,0$)	1	2	3

Rezultati proračuna primenom metoda višekriterijumske optimizacije pokazuju da je optimalno rešenje:

1. Metoda kompromisnog programiranja;

- u strategiji $p = 1$ - rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno – **varijanta 1**
- u strategiji $p = 2$ - rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački – **varijanta 2**
- u strategiji $p = \infty$ - prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem - **varijanta 2**

2. Metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja;

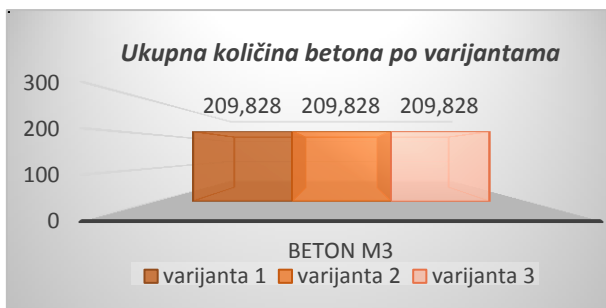
- u strategiji koja daje prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen - **varijanta 1**
- u strategiji koja ne dopušta potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma - **varijanta 2**.

U drugom prolazu kada su varirane težine kriterijumskih funkcija:

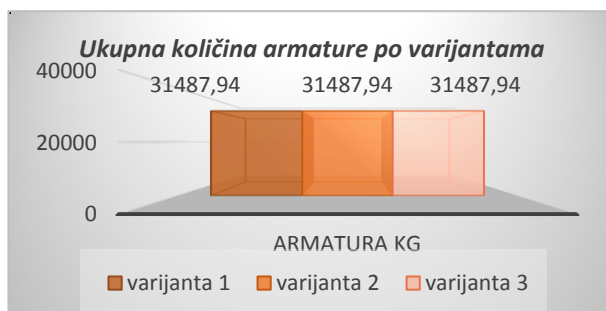
- u ANALIZI 1, sa naglašavanjem značaja vremena (trajanja) proizvodnje optimalno rešenje je – **varijanta 2**
- u ANALIZI 2, sa naglašavanjem značaja resursa (radna snaga) optimalno rešenje je - **varijanta 1** i
- u ANALIZI 3, sa naglašavanjem značaja resursa (kalupi-oplata) optimalno rešenje je – **varijanta 1**.

5. OSNOVNI MATERIJAL ZA PROIZVODNJU ELEMENATA I VREME PROIZVODNJE

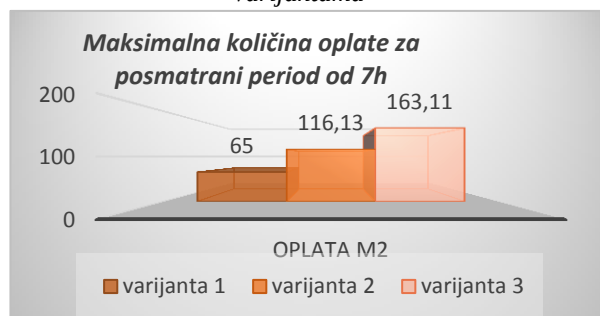
Na osnovu normativa iz "Novotehne" [2] koji se primenjuju u praksi i stalno ažuriraju, izračunate su količine osnovnog materijala, vrednosti utrošaka, betona, armature i oplata (kalupa), broj radnika u radnoj brigadi i trajanje proizvodnog ciklusa [3]. Uporedne vrednosti osnovnih resursa za sve tri varijante proizvodnje, prikazane su na slikama 1, 2, 3, 4 i 5.



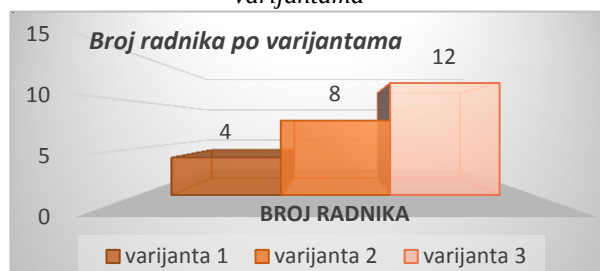
Slika 1. Uporedni prikaz količine betona po varijantama



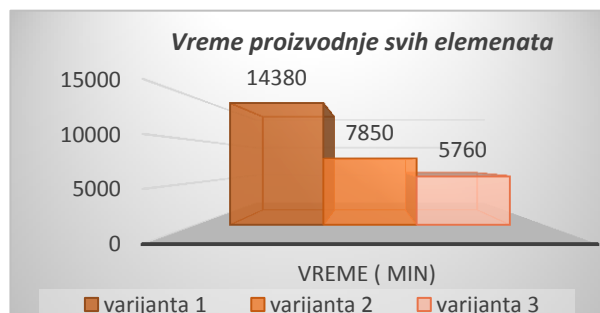
Slika 2. Uporedni prikaz količine armature po varijantama



Slika 3. Uporedni prikaz maksimalne količine oplata po varijantama



Slika 4. Uporedni prikaz broja radnika po varijantama



Slika 5. Uporedni prikaz vremena proizvodnje svih elemenata po varijantama

6. ZAKLJUČAK

Planiranje proizvodnje i resursa elemenata konstrukcija u prefabrikaciji predstavlja bitan faktor u ekonomskom smislu. To naglašava značaj sveobuhvatne analize i dobrog planiranja u kome dolazimo do podataka koji će nam pomoći da predložimo optimalno rešenje proizvodnje. Kako je prefabrikacija jedna od faza montažne izgradnje, izbor najpovoljnijeg rešenja proizvodnje omogućava na nivou kompletnog objekta kvalitetniju, bržu i ekonomski povoljniju izgradnju.

Izbor optimalne varijante proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale u ovom radu, baziran je na tri varijante i tri kriterijumske funkcije. U varijantama su razmatrana moguća rešenja organizacijom proizvodnje sa jednom, dve ili tri kompleksne radne brigade, dok su kriterijumi obuhvatili vreme proizvodnje i resurse (radna snaga, oplata). Definisane kriterijumske funkcije su:

- f_1 - vreme potrebno za proizvodnju svih elemenata konstrukcije u [min.],
- f_2 - broj angažovanih radnika dnevno u brigadama (radne operacije) i
- f_3 - koeficijent upotrebe kalupa.

Na osnovu karakteristika razmatranog problema i mogućnosti metoda višekriterijumske optimizacije za rešavanje zadatka izabrane su metoda kompromisnog programiranja i metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja alternativnih rešenja. Na osnovu izlaznih rezultata optimizacionog postupka moguće je izabrati dve varijante proizvodnje:

- **varijantu 1** - ako je bitan racionalan utrošak resursa (radna snaga i oplata) ili
- **varijantu 2** - ako je prioritet vreme, dužina trajanja proizvodnog ciklusa.

Konačan izbor načina organizovanja proizvodnje elemenata konstrukcije montažne hale (varijante), zavisi od zahteva investitora.

7. LITERATURA

- [1] Opricović S.: "Optimizacija sistema", *Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1992.*
- [2] Interne građevinske norme preduzeća Novotehna, Novi Sad.
- [3] Božić J.: "Analiza resursa za proizvodnju elemenata konstrukcije montažne hale u Kuli", *Diplomski (bachelor) rad, FTN Novi Sad, 2020.*

Kratka biografija:



Ljiljana Božić rođena je u Sremskoj Mitrovici 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranila je 2021. god.



Jasmina Dražić, rođena je u Novom Miloševu 1958. godine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. godine, a od 2015. godine je u zvanju redovnog profesora. Oblast Zgradarstvo – građevinske konstrukcije i tehnologije.

PRIMJENA BIM-A I SRODNIH TEHNOLOGIJA U PROCESU INDUSTRIJALIZACIJE U GRAĐEVINARSTVU**IMPLEMENTATION OF BIM AND RELATED TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF INDUSTRIALIZATION OF CONSTRUCTION**

Mirjana Terzić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Industrijalizacija građenja se postiže projektovanjem odgovarajućih tehničkih rješenja objekata primjenom i ovladavanjem savremenom tehnologijom, kvalitetnim planiranjem i organizacijom procesa. Danas građevinska industrija prihvata nove digitalne alate kao što su 3D modeliranje, informaciono modeliranje zgrada - BIM (Building Information Modeling), IoT (Internet of Things) i njima srodne tehnologije.*

Ključne reči: *Industrijalizacija, AEC industrija, BIM, Građevinski otpad, Lean izgradnja*

Abstract – *Industrialization of construction is achieved by designing appropriate technical solutions for buildings by applying and mastering modern technologies, quality process of planning and organization. Today, the construction industry is embracing new digital tools such as 3D modeling, Building information modeling - BIM, Internet of Things - IoT and other related technologies.*

Keywords: *Industrialization, AEC industry, BIM, Lean, Construction waste*

1. UVOD

Industrijalizacija u građevinarstvu se još uvijek kreće sporijom uzlaznom putanjom uprkos ogromnom potencijalu da se rješenja za većinu aktuelnih problema sa kojim se AEC industrija (Architecture, Engineering, and Construction) suočava. AEC industrija sastoji se od arhitekture, inženjerstva i građevinarstva - koji rade zajedno kako bi se neki projekat ostvario. Njihovom integracijom u jednu industriju, arhitekta, inženjeri i izvođači mogu učinkovitije i praktičnije raditi na postizanju zajedničkog cilja. Činjenica da tri različite, ali srodne industrije čine jedan sistem, koji zajedno djeluje, komplikuje industrijske standarde koji ih definišu, jer svaka komponenta procesa izgradnje pojedinačno pokriva široku oblast. AEC industrija stavlja snažan naglasak na praćenje najnovije tehnologije koja olakšava razmjenu informacija. Budući da krajnji kupac obično direktno komunicira s barem jednim njenim aspektom, razmjena informacija između arhitekta, inženjera i izvođača radova postaje veoma bitna.

Najčešći problemi na projektu vezani za sam kvalitet učesnika ili ključnih procesa u preduzećima su sledeći:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.

- Prekoračenje roka;
- Nekvalitetan konačan proizvod ili neadekvatni ugrađeni materijali;
- Neprecizno vođenje knjiga i upravljanje projektom;
- Pogrešno procenjeni troškovi;
- Netačni predmetri radova;
- Loša faza planiranja i pripreme projekta;
- Nedostatak standardizacije u pojedinim oblastima;

2. INDUSTRIJALIZACIJA

Industrijalizacija u građevinarstvu predstavlja napredovanje građevinskih procesa primjenom mehanizacije i automatizacije, odnosno sistem koji koristi inovativnije i integrisanije tehnike za sve etape građevinskog projekta. Industrijalizacija je značajan trend u slopu naučno-tehnološkog napretka u građevinarstvu, kao tehnologija koja mijenja način na koji projektujemo, proizvodimo i montiramo. Sa ovim novim pristupom težnja je da grane AEC industrije budu usklađene tako da proizvode visoko kvalifikovane radnike, obučene za digitalno doba i sve promjene koje se očekuju.

Industrijalizacija rezultuje preciznijim i ujednačenijim kvalitetom proizvoda. Kombinovanjem automatizacije sa BIM modelom, virtualnom stvarnošću ili sa „Internet of Things“ objekat se može posmatrati u realnom okruženju prije procesa građenja, ili pak u realnom vremenu u toku procesa građenja, što dovodi do blagovremenog reagovanja i smanjenja grešaka. Upravo to omogućava bolju kontrolu kvaliteta nego što bi to bio slučaj na gradilištu.

Uvođenje automatizacije smanjuje kašnjenja na projektu i trajanja pojedinačnih aktivnosti. Kombinovanjem sa robotikom rad se može obavljati u više radnih sati danju i noću, na primjer u dvije ili tri smjene. Sve to povećava šanse da se projekat završi na projektovano vrijeme. Prefabrikacija smanjuje potrebu za koordinacijom između različitih grupa učesnika na projektu, a sa većinom posla obavljenim u fabrici smanjuju se kašnjenja uzrokovana lošim vremenskim prilikama na gradilištu.

Sledeća korist se ogleda u bezbjednosti i zdravlju na radu, jer je samo gradilište opasno mjesto na kojem su radnici svakodnevno izloženi nekom riziku. Na primjer, rad na visini, loše vremenske prilike, rad sa opasnim materijalima ili električnom strujom – mogu biti zamjenjene kontrolisanim fabričkim okruženjem i procesom prefabrikacije.

Industrijska revolucija 4.0 je dala izazov za građevinsku industriju pružajući uvid u potencijal digitalizacije građevinskih objekata, uz dostupnost digitalnih podataka i online digitalnog pristupa koji automatski prikupljaju i

obrađuju elektronske podatke. Ako bi se pregledao koncept Industrijske revolucije 4.0 u građevinskoj industriji u posljednjih pet godina, može se uočiti aktivna saradnja između BIM-a sa tehnologijama iz industrije 4.0, ali takođe i njihov sam napredak (vještačka inteligencija, mašinsko učenje, robotika, 3D štampanje i druge), slika 1.



Slika 1. Digitalizacija gradilišta [1]

2.1. Prefabrikacija

Prefabrikacija je izrada montažnih prefabrikovanih konstrukcija, čiji elementi se proizvode van mjesta na kom će se nalaziti u konstrukciji, a nakon očvršćavanja se ugrađuju – montiraju u projektovani položaj. Primjenom prefabrikacije sa jedne i BIM softvera sa druge strane ispunjavamo osnovne principe procesa industrijalizacije. Niz tehničkih i tehnoloških mjera i metoda su primjenjene sa ciljem da se proces projektovanja i proizvodnje optimizuje, ubrza i olakša. Takođe da se izvrši racionalizacija utroška resursa i da se automatizuju sve aktivnosti koje se često ponavljaju.

2.2. Virtualna stvarnost

Virtualna stvarnost (Virtual Reality) je skup tehnologija koje se koriste za sintezu sklopa vizuelnih, zvučnih, dodirnih, a ponekad i drugih čula. U današnje vrijeme se intenzivno koristi u građevinarstvu i njoj srodnim disciplinama, gdje korisnici imaju mogućnost da putem virtuelnog obilaska stambenog objekta koji jos nije izgrađen, izaberu nekretninu koju će kupiti ili sugerišu projektantima željene izmjene.

2.3. Robotika

Koncept robota ili potrebe za mašinom koja će zamjeniti ili ubrzati ljudski rad pominje se još u antičkom periodu i srednjem vijeku, međutim tek nakon industrijske revolucije i ubrzanog tehnološkog razvoja robotika doživljava svoj razvoj. Roboti su igrali ključnu ulogu u automatizaciji industrijske proizvodnje, dok sa druge strane u AEC industriji nije toliko jednostavno definisati šta je to robot. Uglavnom jer se ovaj termin koristi najčešće za robotske ruke, preprogramirane CNC rezače i 3D štampače – suštinski sve mašine sa unijetim parametrima koji olakšavaju digitalnu proizvodnju i štede na vremenu i novčanim sredstvima.

2.4. 3D štampanje

Građevinsko 3D štampanje odnosi se na različite tehnologije koje koriste 3D štampu kao osnovni metod za proizvodnju zgrada ili građevinskih elemenata. Postoje razne metode 3D štampe koje se koriste u građevinskim oblastima, a glavne su ekstruzija, vezivanje prahom i aditivno zavarivanje. 3D štampanje betonom, kombinovano s prefabrikacionim metodama, ima potencijal da smanji vrijeme potrebno za izvođenje kompleksnih elemenata s nekoliko nedelja na nekoliko dana. Ova tehnologija će posebno pomoći u gradnji nepravilnih i zaobljenih formi koji se dosta teško izvođe konvencionalnim metodama.

2.5. Internet of Things

U građevinarstvu, IoT može da pomogne u rešavanju brojnih problema. Na primjer, zahvaljujući raznim senzorima na gradilištu, upravljanje projektima postaje efikasnije a proces izgradnje postaje sigurniji i optimizovaniji. Senzori prikupljaju podatke na gradilištu, zatim se obrađuju softverom i daju menadžeru projekta potpunu sliku radne situacije. Ova tehnologija pomaže u kontroli velikih projekata, smanjujući vrijeme i troškove nadgledanja zadataka. Podaci se prikupljaju automatski i daje se sažetak, a informacije jasno pokazuju kada je potrebno preventivno održavanje, zamjena ili popravke, slika 2.



Slika 2. Hronološko osmišljavanje primjene Internet of Things [2]

3. BIM

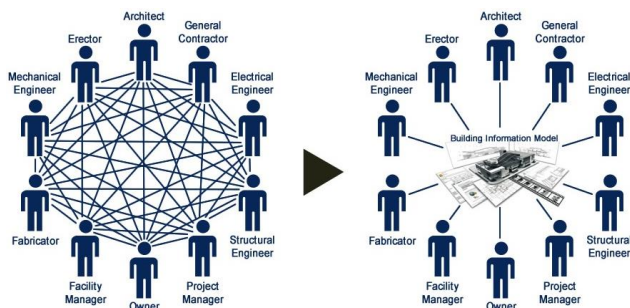
Globalni trendovi postavljaju nove izazove i zahtjeve, što dovodi do pojave sve više kompleksnih projekata u AEC industriji. Konstantan napredak tehnologija u građevinskoj industriji zahtjeva veću efikasnost i bolje rezultate.

Era optimizacije čitavog procesa izgradnje - u pogledu kvaliteta, vremena i troškova počela je pojavom CAD (Computer-aided design) softvera za projektovanje, izgradnju i upravljanje projektima.

Sami počeci su bili zasnovani na konceptu stvaranja i prikaza dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih modela. Dalji napredak se ogleda u stvaranju virtuelnih modela zgrada kao temelj samog BIM-a, a danas se razvijaju inovativna rješenja kako za inženjere, tako i za investitore i izvođače.

Informaciono modeliranje zgrada predstavlja novi pristup dizajnu, statičkoj analizi, proračunu vremena i troškova i upravljanju zgradama tokom cijelog njenog životnog vijeka. BIM je pristup koji se može posmatrati kao tehnologija i kao metodologija. Kao „tehnologija“ predstavlja digitalnu reprezentaciju fizičkih i funkcionalnih karakteristika objekta, a kao „metodologija“ omogućava saradnju različitih učesnika u različitim fazama životnog vijeka objekta, slika 3.

Ako se koristi na adekvatan i optimalan način, BIM način rada pruža priliku za poboljšanje tradicionalnih metoda projektovanja i procesa građenja, čime se smanjuju mogućnosti skupih promjena na projektu i otvaraju se mnoge druge mogućnosti za racionalizaciju procesa.



Slika 3. Razmjena informacija i dokumenata u 2D projektu i BIM projektu [3]

BIM pristup primjenjuje se u svim životnim fazama projekta – planiranju, projektovanju, građenju, upravljanju objektima i njihovim održavanjem, te samim tim omogućava:

- Podršku u projektnim procesima donošenja odluka;
- Rano uočavanje potencijalnih grešaka na projektu;
- Detaljne analize;
- Brze izmjene i lakše upravljanje revizijama;
- Jasnije razumijevanje projektnih ciljeva i odnosa s drugim učesnicima na projektu;
- Vizualizaciju projektnih rješenja;
- Poboljšanja u projektovanju i koordinaciji projekata;
- Povećanje i osiguravanje kvaliteta građevinskih procesa i konačnog proizvoda;
- Učinkovitost procesa u fazi građenja;
- Povećanje sigurnosti u fazi građenja, ali i tokom ostalih životnih faza objekta;
- Podršku u analizi životnog ciklusa i troškova projekta;

3.1. BIM model

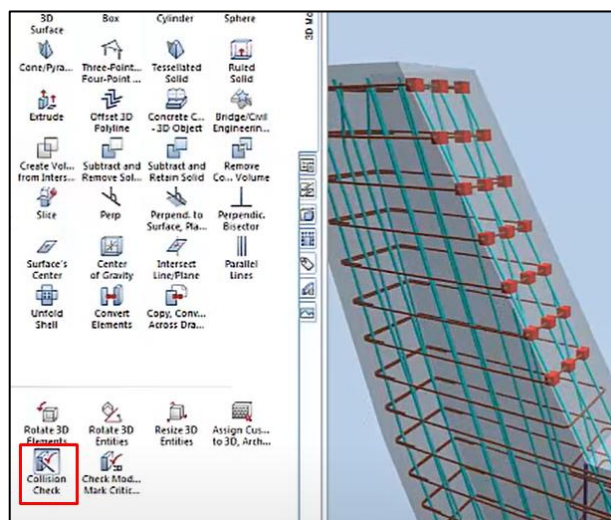
3D model objekata omogućava projektantima i učesnicima projekta da steknu utisak o dizajnu, obliku i gabaritima nekog objekta. Za razliku od BIM modela, 3D model ne prikazuje detalje. Modeliranje informacija o zgradama je metod koji izrađuje digitalni model zgrade koji može poslužiti projektantima različitih struka kao temelj za rad. Ovaj BIM model prati projektante od izgradnje do same upotrebe objekta. Dakle, ovde više nije reč o posebnim

radnim koracima i fazama koje su odvojene cjeline već se u ovom modelu sve faze odvijaju na istim temeljima.

Revizije projekta, naročito u tradicionalnom načinu rada, mogu da uzrokuju velike greške i još veća kašnjenja.

Primjenom BIM softvera i načina razmišljanja proces revizija je znatno pojednostavljen. Nedostaci u projektu se brže detektuju i lakše saniraju, naravno ukoliko je tok informacija dobro strukturiran. Na dalje svaka izmjena se automatski ažurira između učesnika u BIM modelu, kao i svi izvještaji i specifikacije, a prilikom unošenja te izmjene na 3D prikazu je lakše uočiti na šta sve promjena utiče, slika 4.

Da bi se što manje problema pojavilo u fazi izvođenja, potrebna je velika preciznost u fazi projektovanja što nam primjena BIM softvera i omogućava. Primjer toga je i analiza sudara u 3D modelu za konstruktivne ili nekonstruktivne elemente, armaturu, ugrađena pomoćna sredstva, instalacije itd. Uz pomoć ovog alata se mogu na vrijeme otkriti sve kolizije, ispraviti i osigurati neometan proces izvođenja. Na slici 4. su prikazana mjesta kolizije šipki armature i uzengija unutar složenijeg betonskog elementa.



Slika 4. Primjer provjere kolizije armature u betonskom elementu, u BIM softveru Allplan

Kako bi se iz BIM softvera izvukao kvalitetan predmjer radova, treba voditi računa da ne dode do preklapanja zapremina i površina dva ili više elemenata, da ne bi došlo do dupliranja količina u predmjeru. Zahvaljujući tome na veoma lak i brz način se mogu predvijeti potrebne količine radova kao i definisati okvirni troškovi. Greške prilikom loše procjene u procesu projektovanja kasnije u toku građenja skoro uvijek dovode do vremenskih zastoja i ekonomskih gubitaka.

3.2. BIM softveri

Iako BIM jeste pristup a ne softver, njegova primjena uveliko zavisi od upotrebe odgovarajućih softverskih rješenja. BIM softver mora imati mogućnost prezentovanja fizičkih i funkcionalnih svojstava objekta kao modela na koji se veže baza podataka.

Osnovne praktične prednosti BIM softverskih paketa su:

- Dodavanje i automatsko povezivanje ključnih informacija (specifikacija materijala, položaj detalja,

predmjer količina potrebnih za naručivanje materijala i analizu troškova);

- Detaljna vizualizacija 3D modela;
- Mogućnost automatizacije i standardizacije elemenata;
- Kontinuirano sagledavanje svih potrebnih informacija, precizno praćenje projekta kao cjeline, i vremenska ušteda prilikom revizija, promjena, kontrole i praćenja projekta;
- Automatsko ažuriranje unešenih promjena kako u svim presjecima i osnovama, tako i u svim izvještajima i specifikacijama;
- Tačnija dokumentacija sa minimalnim greškama i uočavanje kolizija ugrađenih elemenata;
- Timski rad i lakši protok informacija;



Slika 5. Mapa BIM softvera sortiranih prema glavnoj namjeni [4]

Implementacija industrijalizacije u kompanijama na razne načine optimizuje svakodnevni rad i procese građevinskog projekta. Samo jedan od brojnih primjera jeste uvođenje standardizacije elemenata zarad lakšeg projektovanja, bržeg izvođenja i smanjenja grešaka. U „biblioteci“ većine softvera postoje i gotovi standardni elementi kao što su konstrukcija stepeništa, grede, vrata, prozori, sklop armature, čelični profili, termoizolacija, opekarski proizvodi itd. Oni mogu biti ubačeni u projekat samo jednim klikom, što znatno ubrzava proces projektovanja naspram tradicionalnog načina.

4. MINIMIZIRANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA

Dugo godina je bio izazov obezbjediti tehnike i alate koji će identifikovati uzrok i riješiti problem građevinskog otpada. Osnova za takav pristup je između ostalog i Informaciono modeliranje zgrada - BIM i njemu srodne tehnologije, kako bi se procijenilo i sagledalo stvaranje otpada kroz cijeli životni vijek objekta. Iako metode projektovanja BIM-a nisu trenutno u potpunosti u upotrebi, smatra se da bi njegovo usvajanje obuhvatilo ne

samo cijeli životni ciklus zgrade, nego i uticaj izgradnje na ekološke principe i standarde.

5. LEAN IZGRADNJA

Lean izgradnja i razmišljanje predstavljaju način planiranja koji se koristi za opisivanje upravljačkih alata fokusiranih na identifikaciju i eliminaciju otpada, kontinualno poboljšanje proizvodnje, razumjevanje procesa i interakcije ljudi. Upravljanje građevinskim procesima ima ključnu ulogu u upravljanju troškovima, u identifikaciji i eliminisanju otpada te praćenju i kontroli realizacije projekta. Navedeni benefiti imaju direktan uticaj na povećanje produktivnosti procesa rada.

Dvije glavne metodologije su BIM i upotreba Lean principa sa njemu srodnim dijelom konstrukcijskog menadžmenta - LPS (Last Planner System).

6. ZAKLJUČAK

Niz tehničkih, i tehnoloških mjera i metoda se svakodnevno promoviše sa ciljem da se proces projektovanja i proizvodnje optimizuje, ubrza i olakša. Takođe da se izvrši racionalizacija utroška resursa i da se automatizuju sve aktivnosti koje se često ponavljaju. Informaciono modeliranje zgrada - BIM je tehnologija koja omogućava kreiranje višedimenzionalnog modela građevinskog objekta, koji će sadržiti sve informacije o njemu. Ovaj model će se koristiti ne samo za izgradnju, već i za eksploataciju objekta, kako bi se izbjegle prerade u dizajnu, smanjili troškovi izgradnje i što je najvažnije – uštedilo vrijeme. Iako uvođenje ove tehnologije zahtjeva finansijske troškove (kupovina softvera i opreme za obuku), ti troškovi se u budućnosti kompenziraju smanjenjem troškova projektovanja i organizovanja izgradnje.

7. LITERATURA

- [1] <https://www.tum.de/en/> - Technical University of Munich (septembar 2021)
- [2] <https://www.siemens.com/global/en.html> - Siemens (septembar 2021)
- [3] <https://www.dtu.dk/english> - Technical University of Denmark (septembar 2021)
- [4] <https://catenda.com/fr/> - Catenda (septembar 2021)

Kratka biografija:



Mirjana Terzić rođena je u Vogošći 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – "Primjena BIM-a i srodnih tehnologija u procesu industrijalizacije u građevinarstvu" odbranila je 2021.god.
kontakt: mirjanaterzic94@gmail.com

ANALIZA ČELIČNE KONSTRUKCIJE NA DEJSTVO POŽARA PREMA EN 1993-1-2**FIRE DESIGN OF STEEL STRUCTURES ACCORDING TO EN 1993-1-2**

Tanja Ivančević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je požarna analiza nosača čelične konstrukcije analitičkim modelima požarnog dejstva u obliku standardne krive požara u skladu sa odredbama standarda Evrokod. Takođe, primjenom numeričkih metoda i programa PyroSim u kojem je predstavljen realan razvoj požara, izvršena je parametarska analiza nosive čelične konstrukcije na dejstvo požara.

Ključne reči: Požarna analiza, standardna kriva, PyroSim

Abstract – This document presents the fire analysis of steel structure girders by analytical models of fire action in the form of a standard fire curve in accordance with the provisions of the Eurocode standard. Also, using numerical methods and the PyroSim program in which the real development of fire is presented, a parametric analysis of the load-bearing steel structure on the effect of fire was performed.

Keywords: Fire Design, Standard time-temperature curves, PyroSim

1. UVOD

Požarom se smatra svako nekontrolisano gorenje koje ugrožava sigurnost ljudi i uzrokuje uništavanje materijalnih dobara. Prema Evropskim normama, analiza požarne otpornosti se sprovodi primjenom ili jednostavnije elementarne metode ili napredne metode. Jednostavnom reprezentacijom požarnog dejstva u obliku standardne krivulje požara i korišćenjem tabličnih podataka za određivanje požarne otpornosti konstrukcije ili složenim metodama koje su bazirane na korišćenju modela razvoja požara i modela provođenja toplote kako bi se dobile realne temperature konstrukcije.

Prema EC, požar se smatra incidentnim dejstvom, pošto se razlikuje od situacije pri ambijentalnoj temperaturi, pa se pri proračunu koriste incidentne kombinacije dejstva za požarno granično stanje. Proračunom se treba dokazati da konstrukcija ima zadovoljavajuću otpornost na požar. Odnosno, konstrukcija treba da bude projektovana i izvedena tako da u slučaju izbijanja požara održi kapacitet nosivosti određeni vremenski period, ograniči širenje požara i dima u konstrukciji i na okolne konstrukcije, te omogući pravovremenu evakuaciju.

Razmatrana konstrukcija u ovom radu jeste čelična hala čija je namjena skladištenje proizvedene stolarije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Spremić, van. prof.

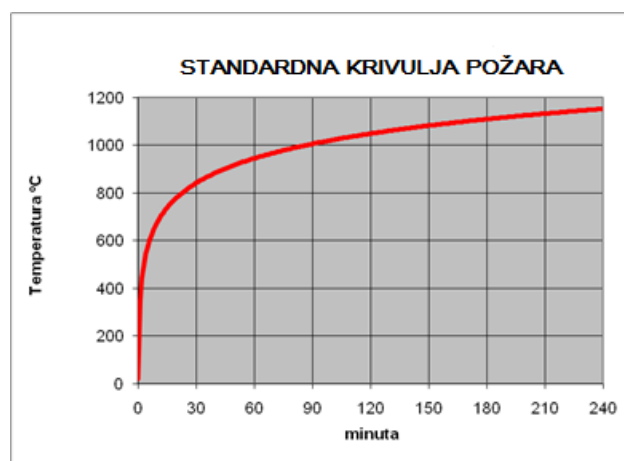
Da bi se pokazala razlika dobijenih temperatura zavisnosti od vrste materijala koji je izložen požaru razmatrana je stolarija od dva materijala: PVC i aluminium. PVC kao zapaljivi i aluminijum kao nezapaljivi materijal. Proračun je sproveden korišćenjem standardne krivulje požara, ali i modeliranjem stvarnog požara pomoću programa PyroSim.

2. STANDARDNA KRIVA POŽARA

Na osnovu detaljnih analiza specifičnosti požara i otpornosti konstrukcije na požar došlo se do zaključka da je većinu požara moguće modelirati preko krivulje zavisnosti temperatura – vrijeme. Tako je nastala standardna krivulje temperatura – vrijeme koja je definisana standardom ISO 834-1 iz 1996. godine. Ova krivulja se definiše kao:

$$\theta_g = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (1)$$

Na slici 1. data je krivulja standardnog požara temperatura – vrijeme prema ISO 834-1 iz 1999. godine.

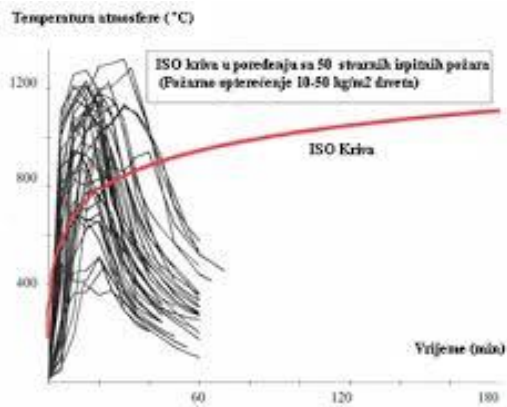


Slika 1. Standardna krivulja požara ISO-834 [1]

EN 1991-1-2:2015 usvaja ovu krivulju požara kao nominalnu.

Razmatrajući oblik ove krive uočava se da temperatura gasa u požarnom sektoru ima samo uzlaznu granu požara, što je u suprotnosti da stvarnim razvojem požara gdje postoji i silazna grana požara.

Na slici 2 daje se grafik poređenja ISO krive i 50 ispitivanih stvarnih požara.



Slika 2. Poređenje ISO požarne krive s 50 ispitivanih stvarnih požara [1]

3. PRORAČUN I DIMENZIONISANJE

Mehanička analiza konstrukcije ili njenog elementa se sprovodi za trajanje požara isto koje se koristi i kod temperature analize. Sprovodi se prema EN 1991-1-2 i EN 1993-1-2, u kome se požarni otpor treba odrediti u jednom od sledeća tri domena (vremenski domen, domen čvrstoće i temperaturni domen) :

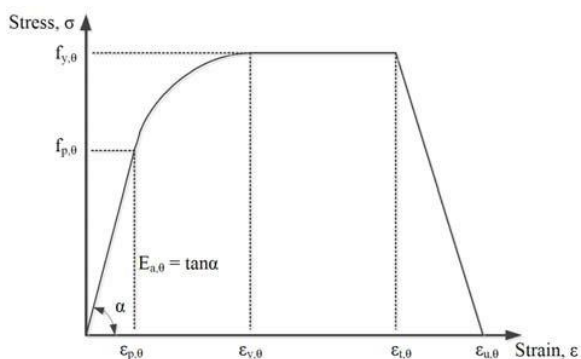
$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ} \quad (3)$$

$$R_{fi,d,t} = E_{fi,d,t} \quad (4)$$

$$\theta_d = \theta_{cr,d} \quad (5)$$

Povećanje temperature čelika uzrokuje i degradaciju mehaničkih karakteristika materijala. To se ogleda na njihove radne dijagrame.

Zbog toga se u EN 1993-1-2 daju izrazi za određivanje ovih dijagrama. Prikazan dijagram se nalazi na slici 11. Ova degradacija mehaničkih karakteristika se uzima u obliku faktora smanjena $k_{y,\theta}$, $k_{p,\theta}$ i $k_{E,\theta}$.



Slika 11. Dijagram napon – deformacija čelika pri povišenim temperaturama [4]

Tačan proračun za određivanje projektovane vrijednosti uticaja u trenutku t u slučaju dejstva požara $E_{fi,d,t}$ dat je izrazom:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ ili } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6)$$

Uprošćen proračun projektovane vrijednosti uticaja u trenutku t u slučaju dejstva požara $E_{fi,d,t}$ dat je izrazom:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} E_d \quad (7)$$

gdje je

$$\eta_{fi} = 0,65 - 0,70 \quad (8)$$

ili

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{f,i} Q_{k,i}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,i}} \quad (9)$$

EN 1993-1-1 [2] daje izraze za određivanje proračunskih vrijednosti uticaja u trenutku t:

$$N_{fi,\theta,Rd} = \frac{A k_{y,\theta} f_y}{\gamma_{m,fi}} \quad (10)$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y}{\gamma_{m,fi}} \quad (11)$$

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} \left[\frac{\gamma_{MO}}{\gamma_{m,fi}} \right] \quad (12)$$

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} M_{Rd} \left[\frac{\gamma_{MO}}{\gamma_{m,fi}} \right] \quad (13)$$

4. NUMERIČKA ANALIZA

Da bi se dobile realne temperature usled požara, izabran je složeniji metod analize požarne otpornosti bazira na podacima stvarnog požara. Ova analiza se sprovodi pomoću programa PyroSim.

Neki od parametara koji figurišu u ovoj analizi su:

- Izvor požara (toplotne karakteristike, položaj, veličina...)
- Veličina požarnog sektora
- Stopa rasta požara (HRR)
- Karakteristike primjenjenih materijala i sl.

Na slikama 3 i 4 prikazan je model konstrukcije napravljen u programu PyroSim.

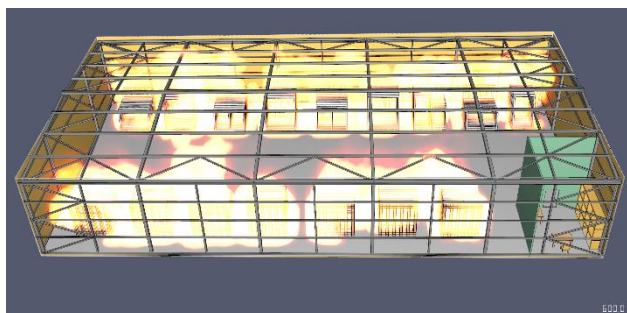


Slika 3. Model konstrukcije

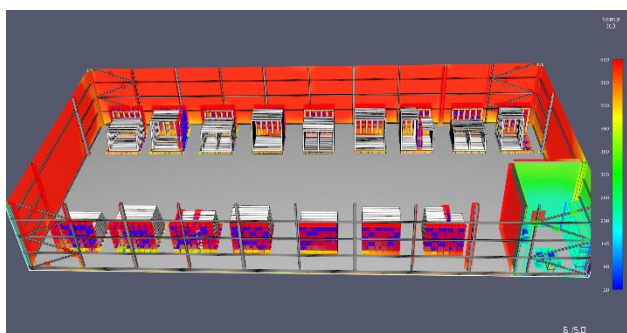
4.1. Rezultat proračuna u PyroSim-u

Kao rezultat proračuna u programu PyroSim dobija se veliki broj podataka, a najznačajniji za ovu analizu jesu temperature gasa u razmatranog sektoru, temperature

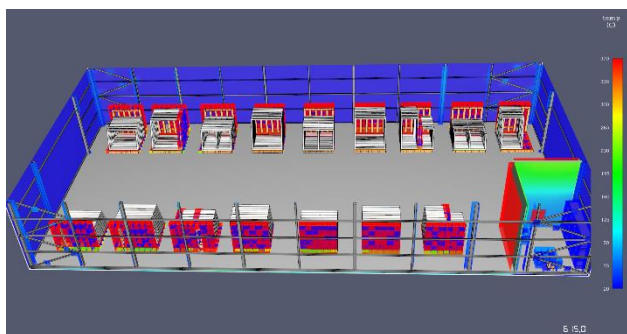
površina elemenata konstrukcije kao i potrošnja kapaciteta snage požara. Navedene temperature su veoma bitne za dalju analizu, pošto figurišu u izrazu za određivanje stvarne temperature, koji je prikazan u daljem tekstu. Na slikama 5,6 i 7 prikazan je primjer dobijenih rezultata proračuna u PyroSim-u.



Slika 4. Plamen



Slika 5. Temperatura vazduha



Slika 6. Temperatura elementa

4.2. Stvarne temperature u elementima konstrukcije

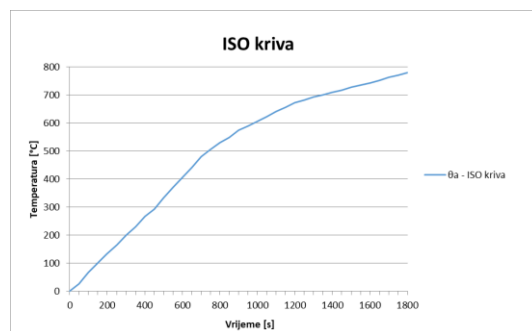
Da bi se dobile stvarne temperature u elementima čelične konstrukcije potrebno je odrediti prirast temperature u elementu ΔQ_t , dat izrazom (2):

$$\Delta Q_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} h_{net,a} \Delta t \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2)$$

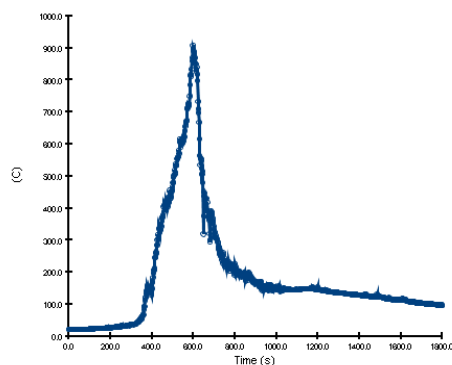
Osnovni parametar u ovom izrazu jeste odnos A_m/V koje je u funkciji poprečnog presjeka i stepena izloženosti i zaštite elementa od uticaja požara. Očekivano, kod većih poprečnih presjeka doće do sporijeg prirasta temperature u elementu nego kod manjih poprečnih presjeka. Isto se očekuje i kod elemenata koji su sa manje strana izloženi požari u odnosu na suprotno od toga.

4.3. Poređenje temperatura dobijenih preko ISO krive i PyroSim-a

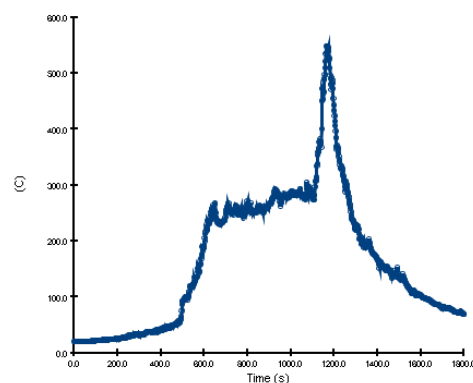
Poređenje je pokazano u slikama 7 do 9.



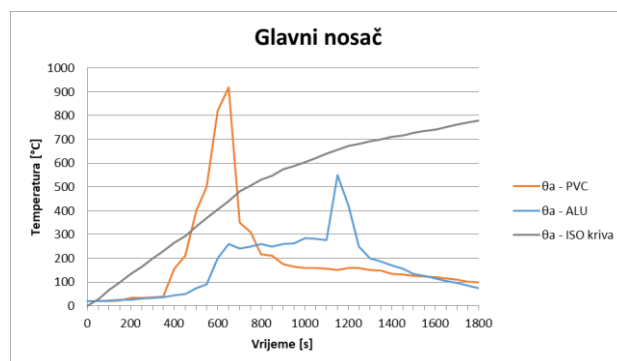
Slika 8. Temperatura prema ISO krivoj



Slika 7. Temperatura glavnog nosača u skladištu PVC profila u PyroSim-u



Slika 8. Temperatura glavnog nosača u skladištu ALU profila u PyroSim-u



Slika 9. Uporedba dobijenih rezultata

U narednoj tabeli dat je prikaz dobijenih maksimalnih temperatura u elementima konstrukcije:

	ISO kriva [°C]	θ_a PVC [°C]	θ_a ALU [°C]	$\theta_{a,crit}$ [°C]
Stub primarni	780	845	529	797
Stub sekundarni	830	700	538	622
Glavni nosač	780	918	560	550
Rožnjača	770	845	460	528
Rigla	805	800	600	540
Bočni spreg	810	825	528	744
Krovni spreg	810	800	554	898

Tabela 1. Temperatura elemenata

Velika odstupanja u vrijednostima temperatura dobijenih analitičkom, odnosno numeričkom metodom jeste posljedica dva potpuno različita koncepta proračuna. Analitičkom metodom, odnosno primjenom ISO krive, uzimaju se u obzir samo karakteristike profila preko odnosa Am/V, dok su same karakteristike požara iste za sve slučajeve. Međutim, primjenom numeričkog modela definiše se veliki broj parametara koji obuhvataju karakteristike stvarnog razmatranog požara, okruženja, požarnog sektora i sl. pa se dobijaju realnije temperature za razmatranu situaciju. Dobijene maksimalne temperature osim što imaju velika odstupanja u vrijednostima (tabela 1), one su postignute i u različitom trenutku vremena, što se može jasno vidjeti na datom grafiku uporedbe (slika 11). Dok kod ISO krive temperatura stalno raste i svoj maksimum ima na kraju, kriva temperatura dobijana numerički je potpuno drugačija. Ona ima svoj rast, dostizanje maksimuma i zatim opadanje, ali taj maksimum se u skladištu PVC profila postiže u trenutku $t=615s$, dok u skladištu ALU profila u $t=1175s$.

Povećanje temperature uzrokuje degradaciju mehaničkih osobina čelika, pa pri dostizanju kritične temperature dolaze do gubitka nosivosti elemenata. U narednoj tabeli dat je prikaz ispunjavaju uslove po pitanju nosivosti u zavisnosti od primjenjenog analize i vrste skladištene robe.

	ISO kriva [°C]	θ_a – PVC [°C]	θ_a – ALU [°C]
Stub primarni	Da	Ne	Da
Stub sekundarni	Ne	Ne	Da
Glavni nosač	Ne	Ne	Ne
Rožnjača	Ne	Ne	Da
Rigla	Ne	Ne	Ne
Bočni spreg	Ne	Ne	Da
Krovni spreg	Da	Da	Da

Tabela 2. Ispunjenje zahtjev po pitanje nosivosti

Kao što se može vidjeti, ni za jednu primjenjenu metodu, nije zadovoljena nosivost svih elemenata, što znači da je potrebno primijeniti neke od metoda zaštite elemenata.

5. ZAKLJUČAK

Razmatrana tematika predstavlja jedan od većih problema građevinarstva, iz razloga što konstrukcije u prošlosti nisu projektovane na ovu vrstu opterećenja, koje u današnje vrijeme postaje veoma bitno za mnoge tipove konstrukcija. Mnoge havarije u građevinarstvu nastale u prošlosti jesu uzrokovane baš požarom. Zbog toga se u budućnosti treba posvetiti rešavanju ovog problema, radeći na uvođenju novih propisa koji će od konstrukcije zahtijevati strožije kriterijume, a koji će biti direktno vezani za požarno opterećenje.

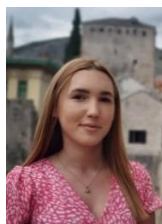
Najveći broj istraživanja, naučnih radova, propisa i zakona usmjereno je na obezbjeđenje nosivosti, sigurnosti i trajnosti konstrukcije na statička i dinamička opterećenja, dok je požarna analiza do prije par desetina godina bila gotovo pa i nepoznata. Iako su povećanje otpornosti na požarno dejstvo najčešće rešava premazima ili oblogama, što i bude dovoljno za ispunjavanje potrebnih zahtjeva otpornosti, postoje slučajevi i kada ove mjere nisu dovoljne. Iz takvih razloga, nedovoljne zaštite elemenata konstrukcije ili ipak nikakve zaštite od povišenih temperatura, dolazi do havarije. Konstrukcija gubi svoju nosivost, trajnost ili sigurnost, pa postaje neupotrebljiva. Kako bi se izbjegle ovakve situacije, potrebno je dodatno se posvetiti istraživanju na ovu temu, raditi na usvajanju dodatnih propisa i značaju ove tematike.

Priloženi projekat pokušava na najbolji način da prikaže značaj ove tematike, najjednostavnijim prikazom velikog pada mehaničkih karakteristika elemenata konstrukcije, samim ti i padom nosivosti tih elemenata usled dejstva visokih temperatura, koje su posljedica požara nastalog lakom zapaljivošću materijala koji je i više nego prisutan u građevinarstvu, drveta u kombinaciji sa drugim, također zapaljivim materijalom.

6. LITERATURA

- [1] Džidić S, *Otpornost betonske konstrukcije na požar*, Sarajevo 2015
- [2] Schleich J, B, *Fire Action in Building*, Leonardo da Vinci Project, Luxembourg 2005,
- [3] EN 1991-1-2, *Actions on structures – Part 1-2: General action – Action on structures exposed to fire*, European Committee for Standardization, Brussels (2002),
- [4] EN 1993-1-2, *Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design*, European Committee for Standardization, Brussels (2005),
- [5] J.M.Franssen, P.Vila Real, *Fire Design of Steel Structures – 2nd Edition* (2015)

Kratka biografija



Tanja Ivančević rođena je u Doboju 1996. godine. Osnovne akademska studije završila je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad, na masterskim studijama građevinarstva, na Fakultetu tehničkih nauka brani 2021.godine.

kontakt: ivancevictanja1@gmail.com

ПРИМЕНА УВАЉАНОГ БЕТОНА У ПУТАРСТВУ APPLICATION OF ROLLER-COMPACTED CONCRETE IN ROADS

Анита Рајда, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је обрађена примена уваљаног бетона као завршног слоја коловозне конструкције. Разрађене су његове предности и мане као и разлике од других врста колничке конструкције. Поред теоријског дела, циљ истраживања јесте да се кроз испитивање прикаже и примена рециклираног агрегата у мешавини, као и оправданост примене уваљаног бетона. Испитивања су одрађена у фабрици „La Farge”.

Кључне речи: уваљани бетон, цементнобетонска мешавина, агрегат

Abstract – This paper processes the application of rolled concrete as the final layer of the pavement structure. Its advantages and disadvantages as well as differences from other types of pavement construction are elaborated. In addition to the theoretical part, the aim of the research is to show the application of recycled aggregate in the mixture, as well as the justification of the use of rolled concrete. The tests were performed at the „La Farge” factory.

Keywords: roller-compacted concrete, cement concrete mix, aggregate

1. УВОД

Уваљани бетон (енг. roller-compacted concrete – RCC) је бетонска мешавина без слегања за брзу изградњу коловоза који носе велика оптерећења у областима са малим брзинама [1].

Име уваљани бетон добијено је по начину израде који се користи за постављање материјала. Баш као и асфалт, уваљани бетон постављамо финишерима, а затим се ваљцима збија.

Још увек на нашим просторима није довољно заступљен па самим тим немамо ни конкретне стандарде за уваљани бетон који користимо за коловозне конструкције.

Уваљани бетон има исте саставне материјале као и конвенционални (класичан) бетон, где се користи гранулисани агрегат, вода, цемент и додаци, међутим користимо различите пропорције смесе. Највећа разлика између бетонског коловоза и уваљаног бетонског коловоза јесте у смеси, где уваљани бетон има већи процент финих честица агрегата и мање цемента, што заправо омогућава бољу уградњу и

чвршћу као и отпорнију подлогу. Поред различитих пропорција смесе разликују се и по водоцементном фактору, својствима, технологији и брзини припреме, уградњи и начину збијања, где због недостатка слегања уваљани бетон уграђујемо финишерима (или специјалним финишерима за уградњу уваљаног бетона), а збијамо га ваљцима најчешће у слојевима дебљине 30 см. Уградња уваљаног бетона приказана је на слици 1.



Слика 1. Уградња уваљаног бетона финишером и ваљком [2]

Површину коју добијамо уграђивањем асфалтним финишерима и ваљцима није глатка као код уградње класичног бетона што се види на слици 2 и 3.



Слика 2. Изведени колник од класичног бетона (лево) и уваљаног бетона (десно) [3]



Слика 3. Разлика у текстури уваљаног бетона (лево) и класичног бетона (десно) [4]

Конзистенција мешавине уваљаног бетона је крута, довољно да остане стабилна под ваљцима за уградњу али и довољно влажна да омогући адекватно мешање и распоређивање пасте без сагрегације. Колници урађени од уваљаног бетона су чврсти, збијени и отпорни на колотражење.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

Када димензионирамо колнике од уваљаног бетона пролазимо кроз следеће кораке који обухватају:

- одабир адекватне дебљине и састава колничке конструкције, те детаља којима осигуравамо да ће плоча без оштећења пренети оптерећење које је предвиђено, на постелицу;
- избор адекватног одводњавања и расвете;
- место примене попречних и подужних привидних разделница, као и просторних разделница;
- ефикасност и економичност изградње [1].

Највећи акценат приликом пројектовања је на пројектовању дебљине колничке конструкције коју одређујемо у односу на услове тла, прометног оптерећења, својства бетона и пројектног раздобља. Плоча мора бити димензионирана тако да пренесе највеће претпостављено оптерећење које је предвиђено за деоницу без појаве критичних напрезања, у плочи и слојевима испод.

1.1. Предности уваљаног бетона

Предности код примене коловоза од уваљаног бетона у односу на друге врсте извођења можемо поделити у четири категорије:

I Трајност

II Сигурност

III Цена, енергетски и економски аспекти

IV Еколошки аспекти

У прву категорију спадају предности које се односе на трајност и то су следеће предности:

- + смањена потреба за одржавањем, поправкама и реконструкцијом
- + велика отпорност на хабање, деловање мраза и соли за одмрзавање као и отпорност на деловање уља и горива као и велика отпорност на различите климатске промене у односу на друге материјале [1].

У другу категорију предности спадају предности сигурности у односу на друге врсте колника а то су:

- + дугорочно одржана равност
- + побољшана видљивост – бетон рефлектира од 30 % до 50 % више светлости него асфалт, што је погодно и важно за ноћну вожњу;
- + добра отпорност на клизање – због текстуре горње површине;
- + смањено задржавање воде на коловозу;
- + добра приоњивост;
- + отпорност на колотраге [1].

У категорију предности које се односе на цену, енергетске и економске аспекте спадају следеће предности:

- + исплативост – колници од уваљаног бетона имају ниске почетне трошкове извођења, дугог су века трајања и имају ниске трошкове одржавања током целог употребног века;
- + извођење уз минималну радну снагу, без оплата, арматуре, можданика, сидара те завршне обраде површине;
- + могућност извођења и за време хладнијих дана;

- + бетонски колници су енергетски врло прихватљиви – мање се загревају него друге врсте колника, смањују се летње температуре у градовима, мања је потреба за климатизацијом простора стамбених, пословних и индустријских грађевина;
- + брза извођења због које је могуће у врло кратком времену изведене деонице пустити у промет;
- + ваљани бетон је могуће користити и као носиви слој, што директно утиче на нижу цену целокупне коловозне конструкције;
- + колници од уваљаног бетона штеде гориво [1].

И поседња категорија предности су еколошки аспекти где су предности следеће:

- + бетон је еколошки прихватљив због могућности потпуне рециклаже;
- + код производње уваљаног бетона и у извођењу потребна је мања енергија те се на тај начин смањује емисија CO₂, директно и индиректно;
- + погони за производњу бетона мање загађују околиш од погона за производњу асфалта;
- + смањена емисија буке;
- + повећана брзина путовања и проток промета због смањене потребе за одржавањем колника те смањење емисије штетних плинова из возила [1].

1.2. Мане уваљаног бетона

Неке од мана и ограничења која се могу појавити код производње, транспорта, извођења и употребе коловоза од уваљаног бетона су следеће:

- процес мешања, због врло суве мешавине, мора се спроводити под стого контролисаним условима како би се добила хомогена мешавина;
- количина материјала током мешања треба бити мања од уобичајене због повећаног отпора при мешању;
- током транспорта потребно је обратити додатну пажњу и осигурати мере да се током транспорта не догоди губитак влаге произведене мешавине;
- због врло суве мешавине могућа је потреба за већим дозирањем додатака бетону у односу на уобичајене количине дозирања;
- код уградње уваљаног бетона потребно је обратити пажњу на временске услове због осетљивости уваљаног бетона на губитак влаге;
- коловоз од уваљаног бетона се користи за саобраћајнице са мањим брзинама, као што су прилазне, пољопривредне и индустријске саобраћајнице, терминали, складишта, паркиралишта и слично [1].

2. Испитивање рециклираног агрегата

На основу методе дефинисаних мерења, срачунате су привидна запреминска маса (ρ_a), запреминска маса у сувом стању (ρ_{ra}), запреминске масе засићеног и површински сувог стања (ρ_{ssd}) и упијање воде.

Упијање воде је једна од најважнијих особина рециклираног агрегата јер је тај податак неопходан при пројектовању састава бетонских мешавина.

Упијање воде је веће код рециклираног агрегата него код природног агрегата, и то износи око 78% код друге фракције, односно око 85% код треће фракције, што представља велико одступање, табела 1.

Tabela 1. Резултати својства природног и рециклираног агрегата

Врста агрегата	Природни агрегат		Рециклирани агрегат	
Фракција	4/8	8/16	4/8	8/16
Привидна запреминска маса (ρ_s) [kg/m ³]	2582	2659	2625	2636
Запреминска маса у сувом стању (ρ_{sd}) [kg/m ³]	2494	2602	2259	2303
Запреминска маса у засићеном и површински сувом стању (ρ_{ssd}) [kg/m ³]	2528	2624	2399	2429
Упијање воде [%]	1.35	0.83	6.16	5.48

Мера отпорности агрегата према дробљењу утврђена је методом испитивања Лос Анђелес (испитивање не обухвата дробљивост друге фракције).

Дробљивост рециклираног агрегата је за око 25% већа него код природног агрегата, што је последица присуства старог цементног малтера у зрну рециклираног агрегата, табела 2.

Tabela 2. Резултати дробљивости

Врста фракције	Природни	Рециклирани
Фракција	8/16	8/16
Дробљивост [%]	28.0	37.0

Применом рециклираног бетона, само порекло агрегата је другачије: уместо од природних депозита, агрегат је добијен од бетона контролних коцки.

Дробљени рециклирани бетон се може користити као суви агрегат за нови бетон уколико је без загађивача. На основу методе испитивања утврђено је да постоје: малтерске и бетонске честице (R_c), природни агрегат (R_u), материјали на бази битумена (R_a) и остале честице (шкољке, пластика, гума, дрво,...) (X), табела 3.

Учешће природног агрегата у рециклираном агрегату је највеће, што је било очекивано, јер агрегат учествује око 70% до 80% приликом справљања бетонске мешавине, а одмах после тога је учешће малтерских и бетонских честица.

Tabela 3. Удели различитих честица у рециклираном агрегату

Фракција	4/8	8/16
M_{RC} [%]	30.7	46.7
M_{Ru} [%]	66.4	51.8
M_{Rb} [%]	0	0
M_{Ra} [%]	2.7	0
M_{Rg} [%]	0	0
M_X [%]	0.2	1.5
Ukupno [%]	100	100
Vrsta recikliranog agregata prema EN 12620	Тип Б	Тип Б

За коначну мешавину је изабрана мешавина у којој је коришћен CEM I 42,5R од 350kg по кубуку и рециклирани агрегат, који су дали најбоље резултате уз коришћење најмање количине цемента, табела 5.

Tabela 5. Приказ свих мешавина са својствима

Ознака	RCC P-1	RCC P-2	RCC P3	RCC R-1	RCC R-2	RCC R-3
Врста цемента	CEM I 42,5 R					
Врста агрегата	Природни			Рециклирани		
Чврстоћа при притиску након 1 дана [MPa]	21,41	22,83	22,50	32,10	36,07	36,12
Чврстоћа при притиску након 3 дана [MPa]	28,85	35,04	29,10	40,50	47,09	48,10
Чврстоћа при притиску након 7 дана [MPa]	47,54	38,36	47,34	49,87	48,21	49,32
Чврстоћа при притиску након 28 дана [MPa]	49,27	44,11	51,89	62,02	59,72	55,92
Продор воде [mm]	30	30	35	49	52	40

3. ЗАКЉУЧАК

Уваљани бетон је рационално и технолошки прикладно решење за изградњу коловозних конструкција из разлога који потичу од особина саставних

материјала, производног процеса и технологије уградње те карактеристика трајности.

Када сагледамо све предности које нам пружа уваљани бетон, у комбинацији са брзом уградњом и економичношћу долазимо до закључка да је уваљани бетон погодан за колничке конструкције као алтернативу за паркинге, складишне просторе, као и лучне и војне објекте, улице и деонице са мањом фреквенцијом саобраћаја, а са великим осовинским оптерећењем.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] “Смјернице за колничке конструкције изведене уваљаним бетоном”, ИНСТИТУТ ИГХ д.д., Загреб, 2015.године
- [2] Dale Harrington, Snyder and Associates, “Guide for Roller-Compacted Concrete Pavements”, avgust 2010. godine
- [3] [RCC proves ‘A-OK’ for Rebuilding Rural Roads – Concrete Products](#), (pristupljeno u septembru 2021. godine)
- [4] Dan Zollinger, Ph.D., P.E., “Roller-Compacted Concrete Pavements”, јун 2016. године

Кратка биографија:



Анита Рајда рођена је у Новом Саду 1996. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарства – путеви, железнице и аеродроми одбранила је 2021. године.
контакт: anitarajda061@gmail.com

АНАЛИЗА РАЗЛИЧИТИХ ВРСТА АСФАЛТНИХ СЛОЈЕВА ЗА РЕКОНСТРУКЦИЈУ КОЛОВОЗА НА ДРЖАВНОМ ПУТУ II А РЕДА БРОЈ 113 КИСАЧ – СТЕПАНОВИЋЕВО

ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF ASPHALT LAYERS FOR ROAD RECONSTRUCTION ON STATE ROAD II ROW A NUMBER 113 KISAČ – STEPANOVIĆEVO

Радмила Милашиновић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду је приказана анализа различитих врста асфалтних слојева за реконструкцију државног пута II А реда број 113 Кисач – Степановићево, као и утицај температурних промена на коловозну конструкцију по сезонама (зима, јесен/пролеће и лето). Анализа напона и деформација за свих шест варијантних решења извршена је помоћу програмског пакета "BISAR", док је анализа утицаја температурних промена урађена помоћу софтвера SPDM. Анализа различитих врста асфалтних слојева вршена је како би се усвојило најбоље варијантно решење за реконструкцију државног пута Кисач – Степановићево.

Кључне речи: анализа, варијантна решења, реконструкција

Abstract – This work presents an analysis of different types of asphalt layers for the reconstruction of the state road II A row number 113 Kisač – Stepanovićevo, as well as the impact of temperature changes on the road structure by seasons (winter, autumn / spring and summer). Stress and strain analysis for all six variant solutions was performed using the software package „BISAR“ while the analysis of the impact of temperature changes was performed using SPDM software. The analysis of different types of asphalt layers was performed in order to adopt the best variant solution for the reconstruction of the state road Kisač – Stepanovićevo.

Keywords: analysis, variant solutions, reconstruction

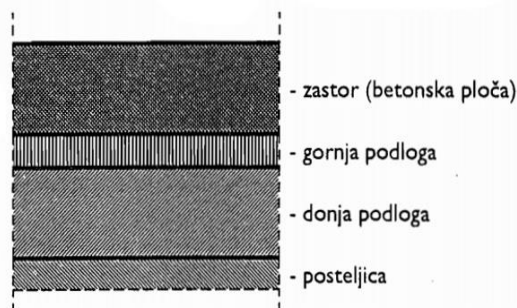
1. УВОД

Коловозна конструкција се састоји од више слојева невезаног и (везивом) везаног минералног агрегата положених на постељици.

Основни критеријуми за правилно функционисање коловозне конструкције у погледу трајности, конструктивних карактеристика, сигурности и удобности вожње су:

- Да је постављена на добро носиву подлогу (постељицу) и да има довољну дебљину да издржи очекивано саобраћајно оптерећење;
- Да омогући ефикасно одвођење воде са површине коловоза, да спречи продирање воде са коловоза у труп пута као и скупљање воде унутар коловозне конструкције;
- Да има раван површински слој, потребно храпав, отпоран на хабање и утицај атмосферичке и хемикалија.

Постоје два основна типа савремених коловозних конструкција, а то су флексибилне и круте коловозне конструкције. Основни елементи коловозне конструкције су застор и подлога [1].



Слика 1. Крута коловозна конструкција

Код крутих коловозних конструкција, застор чини бетонска плоча. Плоча од цемент бетона, па се обично назива бетонски коловоз. Испод плоче су доња и горња подлога. Квалитет материјала и величина напрезања у коловозној конструкцији опада од застора ка постељици (слика 1).

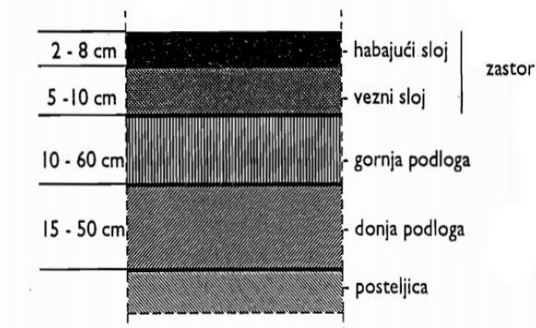
Број и дебљина слојева као и квалитет материјала од којих се слојеви праве одређују се у поступку димензионисања. У неким случајевима поједини слојеви коловозне конструкције се могу изоставити када је постељица од песка или камена.

У односу на круте коловозне конструкције, флексибилне конструкције су еластичније и деформабилније. Њихова предност је у брзини грађења, једноставнијем одржавању, а нарочито у удобности вожње.

НАПОМЕНА:

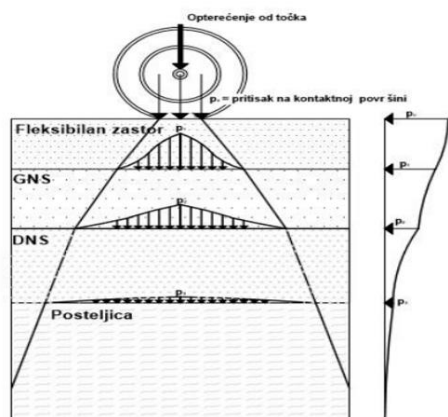
Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

С друге стране круте коловозне конструкције преносе оптерећење на много већу површину постељице. Појам савремене флексибилне коловозне конструкције обухвата вишеслојну конструкцију, која се састоји од слојева битуменом везаних каменних агрегата, тј. од асфалтног и носећих слојева (везани и невязани материјали) који су произведени и уграђени по савременој технологији (слика 2 и слика 3) [1].



Слика 2. Флексибилна коловозна конструкција

Састав, дебљина и распоред слојева за поједине типове флексибилних коловозних конструкција највише зависи од саобраћајног оптерећења, својства тла у постељици и климатско хидролошких услова. За избор типа коловозне конструкције понекад су одлучујуће могућности набавке појединих материјала и њихова цена [2].



Слика 3. Распоред оптерећења – шема преноса оптерећења од осовине возила дроз слојеве коловозне конструкције, постељицу и подтло [2]

2. АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЕШЕЊА

Предмет ове анализе јесте избор најбољег варијантног решења за реконструкцију државног пута Кисач – Степановићево.

Прорачун напона и деформација се заснива на претпоставци да се коловозна конструкција може представити као вишеслојни еластични систем.

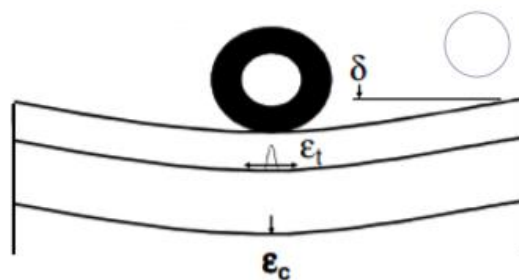
С обзиром на очекивано саобраћајно оптерећење које се очекује у експлоатационом периоду на основу стандарда за битуменом везане слојеве усвојене су следеће мешавине из табеле (Табела 1.).

Прорачун модула крутости асфалтних слојева урађен је према SHELL методологији помоћу програма BANDS 2.0.

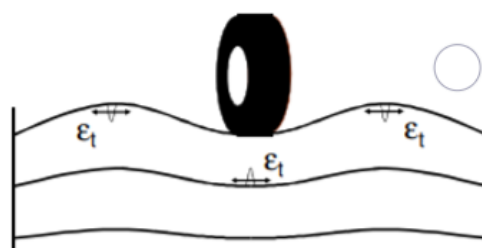
Мешавина	Температура слоја (°C)	Својства остарелог битумена	Запреминско учешће компоненти у асфалтној мешавини	Модул крутости мешавине за брзину V=60km/h (t=0,02s)
АБ 11с са ПмБ 45/80-65	21	Pen=39 Trk=60 PI=0,4	Vb=12% Va=83% Vv=5%	3850 MPa
АБ 16с са ПмБ 45/80-65	21	Pen=39 Trk=60 PI=0,4	Vb=12,5% Va=83% Vv=4,5%	3800 MPa
БНС 22сА са ПмБ 45/80-65	20	Pen=39 Trk=60 PI=0,4	Vb=8,3% Va=86% Vv=5,7%	6190 MPa
АБ 11с са БИТ 50/70	21	Pen=39 Trk=56,4 PI=0,3	Vb=12% Va=83% Vv=5%	4400 MPa
АБ 16с са БИТ 50/70	21	Pen=39 Trk=56,4 PI=0,3	Vb=11,5% Va=83% Vv=5,5%	4490 MPa
БНС 22сА са БИТ 50/70	20	Pen=39 Trk=56,4 PI=0,3	Vb=8,3% Va=86% Vv=5,7%	7020 MPa

Табела 1. Приказ модула крутости асфалтних слојева [3]

Критичне дилатације за димензионисање флексибилних коловозних конструкција су: дилатације затезања на дну битуменом везаних слојева – пукотине услед замора (одоздо на горе); дилатација (напон) затезања на дну цементном везаних слојева – пукотине услед замора (одоздо на горе); дилатација притиска на површини постељице – трајна деформација постељице и дилатација затезања на површини коловоза – пукотине услед замора (подужне пукотине, одозго на доле) (слика 4 и слика 5).



Слика 4. Приказ утицаја критичних дилатација на коловозну конструкцију (пукотине одоздо на горе) [1]

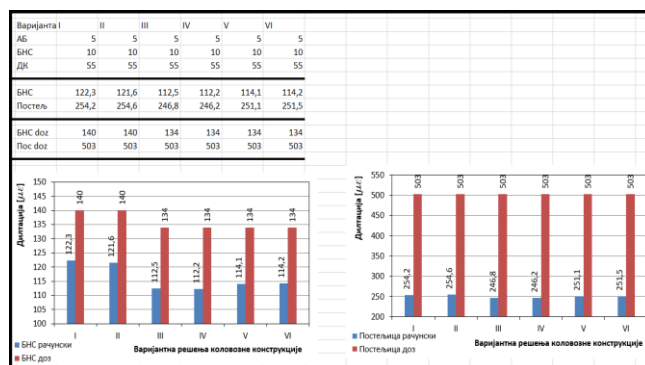


Слика 5. Приказ утицаја критичних дилатација на коловозну конструкцију (подужне пукотине – одозго на доле) [1]

Анализа је вршена на шест могућих варијантних решења и то:

- 1) ВАРИЈАНТА I: АБ 11с са ПмБ 45/80-65 + БНС 22сА са ПмБ 45/80-65
- 2) ВАРИЈАНТА II: АБ 16с са ПмБ 45/80-65 + БНС 22сА са ПмБ 45/80-65

- 3) **ВАРИЈАНТА III:** АБ 11с са БИТ 50/70 + БНС 22сА са БИТ 50/70
- 4) **ВАРИЈАНТА IV:** АБ 16с са БИТ 50/70 + БНС 22сА са БИТ 50/70
- 5) **ВАРИЈАНТА V:** АБ 11с са ПмБ 45/80-65 + БНС 22сА са БИТ 50/70
- 6) **ВАРИЈАНТА VI:** АБ 16с са ПмБ 45/80-65 + БНС 22сА са БИТ 50/70



Слика 6. Табеларни приказ рачунских и дозвољених вредности дилатација за БНС и постељницу

Најмање вредности деформације у доњим асфалтним слојевима јављају се код варијантног решења 4, односно код комбинације **АБ 16с са БИТ 50/70 + БНС 22сА са БИТ 50/70** чија је дилатација $\epsilon = 112,2 \mu\text{m}$, док се максималне вредности јављају код варијантног решења 1, односно код комбинације **АБ 11с са ПмБ 45/80-65 + БНС 22сА са ПмБ 45/80-65** чија је дилатација $\epsilon = 122,3 \mu\text{m}$ (слика 6).

Најмање вредности код варијантног решења 4 настају из разлога великог модула еластичности који за АБ 16с износи $E=4490 \text{ МПа}$ и за БНС 22сА износи $E=7020 \text{ МПа}$, док максималне вредности настају због малог модула еластичности који код варијантног решења 1 за АБ 11с износи $E=3850 \text{ МПа}$ и за БНС 22сА износи $E=6190 \text{ МПа}$. Следеће варијантно решење одмах после најмање вредности деформације у доњим асфалтним слојевима је варијантно решење 3, односно комбинација **АБ 11с са БИТ 50/70 + БНС 22сА са ПмБ 45/80-65** чија је дилатација $\epsilon = 112,5 \mu\text{m}$. Код овог варијантног решења модул еластичности за АБ 11с износи $E=4400 \text{ МПа}$, док је модул еластичности за БНС 22сА $E=7020 \text{ МПа}$ (слика 6).

Разлика између варијантног решења 3 и 4 је у вредности модула еластичности за асфалт бетон који се разликује за 90 МПа .

Анализом варијантних решења закључујемо да, што је модул еластичности већи деформације у асфалтним слојевима ће бити мање, односно што је модул еластичности мањи деформације у асфалтним слојевима ће бити веће.

Што се тиче деформације постељнице, минималне деформације ће се јавити код варијантног решења 4, чија је дилатација $\epsilon = 246,2 \mu\text{m}$, док ће се максималне вредности деформације јавити код варијантног решења 2, чија је дилатација $\epsilon = 254,6 \mu\text{m}$. Модул еластичности постељнице за сва варијантна решења износи 50 МПа .

3. УТИЦАЈ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПРОМЕНА НА КОЛОВОЗНУ КОНСТРУКЦИЈУ

Температурни напони који настају у коловозним конструкцијама обухватају напоне услед савијања и извијања, напоне при трењу и притајене напоне. Напони који су изазвани дејством температуре у коловозној конструкцији током дана су углавном испод чврстоће употребљених материјала тако да се не јављају последице по конструкцију. Међутим, долази до појаве заосталих напона чијом акумулацијом после довољно дугог временског периода може доћи до појаве лома у конструкцији, односно термичког замора материјала. Спољни фактори који утичу на температуру слојева и на понашање материјала проистичу из климатских карактеристика, а манифестују се преко температуре ваздуха, сунчане радијације и ветра. Спољни фактори су првенствено зависни од географске локације на којој се налази изграђена коловозна конструкција.

Унутрашњи фактори утицаја на коловозне конструкције обухватају емитовање великих таласа радијације из тла и термичка својства материјала коловозне конструкције и постељнице. Они су зависни од геолошке грађе терена. У односу на спољне факторе, који могу бити променљиви, унутрашњи се за одређену локацију могу сматрати приближно сталним.

Истраживања су показала да је температура на површини асфалтног застора коловозне конструкције углавном виша од температуре ваздуха. Разлог томе је сунчана радијација, односно упијање топлоте у црну површину асфалта.

Температура утиче на механичка и реолошка својства свих материјала у коловозној конструкцији, при чему је највећи утицај изражен на асфалтне слојеве.

Асфалт је материјал који на високим температурама има високоеластичне карактеристике, а на ниским високопластичне. При високим температурама долази до течења, док при ниским температурама долази до пластичности.

При ниским температурама (мањим од $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$) могу да се појаве попречне пукотине због појаве термичких напона који превазилазе чврстоћу на затезање.

Материјали у коловозној конструкцији се у току дана различито загревају и хладе. Напрезање у коловозној конструкцији при цикличној промени температуре настаје као директна последица промене запремине којој су подложни сви материјали, чему додатно доприноси међусобна повезаност свих слојева. Ако су та напрезања толико велика да материјали нису у могућности да их поднесу, долази до штетних појава у коловозној конструкцији, пукотина или деформација. Потребно је пројектовати коловозну конструкцију која ће се одупрети овим утицајима.

За потребе прорачуна сезонских температура ваздуха примењени су подаци о средњим температурама ваздуха мерених у мерној станици Нови Сад у периоду од 2010. до 2019. године. Ови подаци су приказани у наредној табели (табела 2 и табела 3).

Редни број	година	јан.	феб.	март	април	мај	јун	јул	авг.	септ.	окт.	нов.	дец.
1	2010.	0,4	2,9	6,8	12,5	16,9	20,6	23,0	22,4	16,8	9,8	10,8	0,6
2	2011.	0,2	-0,8	6,3	12,9	16,7	21,2	22,6	22,7	20,5	10,4	2,6	3,4
3	2012.	0,7	-4,2	7,4	13,2	16,5	22,7	25,3	22,2	19,3	12,5	9,2	0,7
4	2013.	1,9	4,0	5,4	13,2	18,5	20,3	22,8	23,7	15,5	13,4	9,4	1,9
5	2014.	3,1	5,8	9,0	12,7	16,1	20,1	22,1	21,2	16,9	12,9	8,4	2,6
6	2015.	2,1	3,3	7,1	11,5	17,6	20,7	24,9	24,5	20,0	11,7	6,9	2,8
7	2016.	-0,1	7,6	7,6	14,0	15,9	21,6	22,5	20,7	17,3	10,2	6,4	-0,8
8	2017.	-3,9	3,2	10,1	11,7	17,1	22,7	24,4	23,1	17,1	11,3	7,0	2,8
9	2018.	3,1	2,2	5,7	16,9	19,5	21,0	21,9	23,5	17,9	14,4	8,1	1,6
10	2019.	-0,3	3,6	9,5	13,2	14,9	22,9	22,7	23,8	18,9	14,3	11,7	4,7

Табела 2. Средње температуре ваздуха

Месец	јан.	феб.	март	април	мај	јун	јул	авг.	септ.	окт.	нов.	дец.
Средње температуре ваздуха (°C)	0,7	2,8	7,5	13,2	17,0	21,4	23,2	22,8	18,0	12,1	8,1	2,0

Табела 3.. Средње месечне температуре ваздуха

На основу података о средњим месечним температурама ваздуха одређују се меродавне средње месечне температуре ваздуха w – МААТ (°C) и меродавне средње месечне температуре у асфалтним слојевима коловозне конструкције w -МАРТ (°C) по решењу Shall лабораторије, која даље служи за одређивање динамичких модула еластичности асфалтних слојева у коловозној конструкцији при структурној анализи прелиминарних решења. У наредној табели су приказане меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева за три периода током године (зима, пролеће/јесен и лето) (табела 4).

Температура	зима	пролеће	лето	јесен
w -МААТ (°C)	1,9	13,5	22,5	13,8
w -МАРТ (°C)	1,8	20,2	33,4	20,6

Табела 4. Меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева

4. ЗАКЉУЧАК

Након анализирања свих шест случајева варијантних решења, закључује се да свако од датих варијантних решења испуњава услове у погледу напона и деформације.

Разлике између добијених резултата нису велике, па стога свих шест врста варијантних решења би могле бити искоришћене за реконструкцију пута Кисач – Степановићево.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александар Цветановић, Боривоје Банић: „Коловозне конструкције“, Београд 2007.
- [2] Ђорђе Узелац: „Путеви и градске саобраћајнице“, ФТН издаваштво, Нови Сад 2015.
- [3] Петар Суботић, Приручник за асфалт, II издање, Београд 2002.

Кратка биографија:



Радмила Милашиновић рођена је 1996. године. у Новом Саду, Република Србија. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранила је 2021. године.

Контакт: milasinovic35@gmail.com

УПОРЕДНИ ПРИКАЗ – ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА ПРИМЕНОМ СТАНДАРДА СРПС УЦ.4 012 И СРПС УЦ.4 015**COMPARATIVE VIEW – DIMENSIONING OF TRACK STRUCTURES BY APPLYING THE STANDARD SRPS UC.4 012 AND SRPS UC.4 015**

Јелена Јевтић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Теоретски треба објаснити које врсте коловозних конструкција постоје и шта је све потребно за њихово димензионисање. Након детаљног објашњења и приказа теоретских основа, треба их применити на практичном примеру. У овом случају биће приказано димензионисање два типа коловозних конструкција према оба наведена стандарда.

Кључне речи: Флексибилна коловозна конструкција, Полу-крута коловозна конструкција, Саобраћајно оптерећење, Калифорнијски индекс носивости CBR, Коефицијент замене.

Abstract – Theoretically, it should be explained which types of pavement structures exist and what is needed for their sizing. After a detailed explanation and presentation of the theoretical foundations, they should be applied on a practical example. In this case, the sizing of two types of road structures according to both standards will be shown.

Keywords: Flexible pavement construction, Semi-rigid pavement construction, Traffic load, California CBR load capacity index, Replacement coefficient.

1. УВОД

Основни типови коловозних конструкција су:

- Флексибилне коловозне конструкције
- Полукруте коловозне конструкције
- Круте коловозне конструкције

Разликују се по:

- Врсти материјала и дебљини слојева
- Начину преношења оптерећења
- Типовима оштећења која настају на њима

Приказаће се димензионисање флексибилне и полу-круте коловозне конструкције.

1.1. Флексибилна коловозна конструкција

Флексибилни коловози се тако називају зато што се читава коловозна конструкција еластично угиба под оптерећењем.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

Флексибилна коловозна конструкција се пројектује као **вишеслојан систем**. Сваки слој прихвата оптерећење слоја изнад, распоређује га на већу површину и преноси на слој испод.

Састоји се од: површинског слоја, горњег носећег слоја и доњег носећег слоја (слика 1).

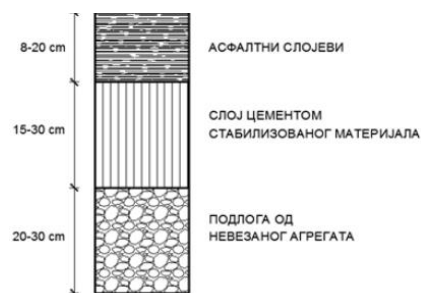


Слика 1. Слојеви флексибилне коловозне конструкције

1.2. Полу- круте коловозне конструкције

Полукруте коловозне конструкције појављују се у пракси као прелазни модел. Код њих је један од носећих слојева стабилизван хидрауличким везивом, што му даје **велики модул еластичности**, али мањи него код бетонских плоча.

У нашој пракси се овакав слој назива **”стабилизација”** а најчешће се израђује од добро збијене мешавине природног песковито-шљунковитог материјала и цемента (**”цементна стабилизација”** -са око 3 до 5 тежинских процената цемента) (слика 2).



Слика 2. Слојеви полу – круте коловозне конструкције

2. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА**2.1. Димензионисање коловозне конструкције према стандарду СРПС УЦ.4 012**

Метода димензионисања коловозних конструкција дата у овом стандарду заснована је на упутствима за

димензионисање асфалтних коловозних конструкција у *SAD - AASHTO Interim Guide* из 1972. године уз извесна поједностављења и прилагођења локалним условима.

Меродавни параметри за димензионисање

У поступку димензионисања узимају се у обзир следећи параметри:

- пројектни период (углавном 20 до 25 година)
- возна способност површине коловозног застора на крају пројектног периода ($p = 0$ за потпуно нови коловоз, $p = 0$ за уништен, узима 2,5 као крајњу употребљивост КК)
- саобраћајно оптерећење (укупан број еквивалентних осовина од 82 kN
 - климатско-хидролошки услови (регионални фактор од 0,5 до 5,0, усвојен код нас 2.0)
 - носивост материјала постељице (изражена вредношћу CBR)
 - квалитет примењених материјала у коловозној конструкцији (коэффициенти замене)

2.2. Димензионисање коловозне конструкције према стандарду СРПС УЦ.4 015

Основни параметри:

- Пројектни период
- Ниво услуге (возна способност на крају пројектног периода)
- Саобраћајно оптерећење
- Квалитет постељице
- Квалитет материјала у слојевима коловозне конструкције
- Ниво поузданости
- Утицај околине (бубрење тла и дејство мрза)

У овом случају биће приказан прорачун флексибилне коловозне конструкције чији је $CBR=4\%$ и средње саобраћајно оптерећење $Tu = 1 \times 10^6 \text{ ECO } 82 \text{ kN}$.

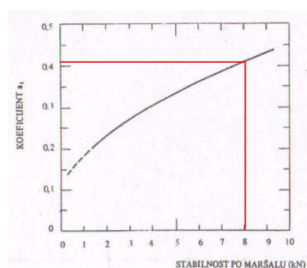
3.ПРОРАЧУН КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА ПРЕМА СТАНДАРДУ СРПС УЦ.4 012

3.1. Флексибилне коловозне конструкције

Из стандарда за примену технолошке дебљине асфалт бетона усвоји се вредност $d_{ab} = 5 \text{ cm}$

Усвојене су и следеће вредности:

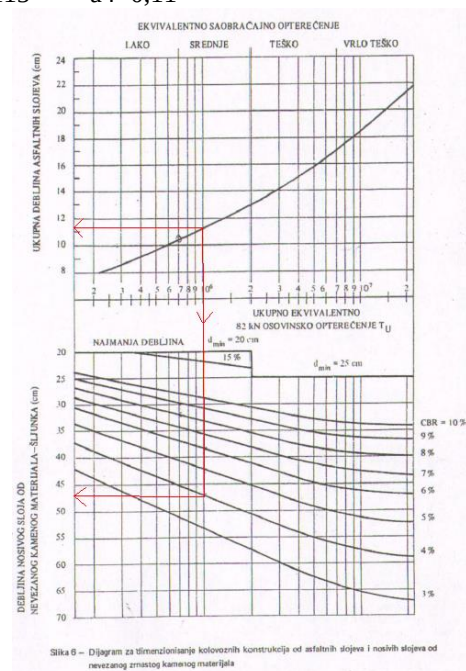
- $Sm_{AB} = 8 \text{ kN}$
- $Sm_{BNS} = 7 \text{ kN}$
- $CBR_{0/31.5 \text{ mm}} = 35\%$
- $CBR_{0/63 \text{ mm}} = 30\%$



Слика 3. Дијаграм за коефицијент замене a_1

Са одговарајућих дијаграма читају се вредности коефицијената замене

$$a_1 = 0,41 \quad a_2 = 0,38 \text{ (слика 3)} \\ a_3 = 0,115 \quad a_4 = 0,11$$



Слика 4. Дијаграм за одређивање коефицијената замене асфалтних и носећих слојева

Са дијаграма чита се вредност (слика 4):

$$d_{as} = 11 \text{ cm} \quad d_{ns} = 46 \text{ cm}$$

Након тога ради се прорачун захтеваног структурног броја:

$$S_{n_{zah}} = d_{as} * a_{as} + d_{ns} * a_{ns} = 11 * 0,38 + 46 * 0,09 = 8,32$$

Након тога следи одређивање асфалтних и носивих слојева помоћу следећих формула:

Асфалтни слојеви:

$$d_{as} * a_{as} = d_{ab} * a_{1ab} + d_{bns} * a_{1bns}$$

$$11 * 0,38 = 5 * 0,41 + d_{bns} * 0,38$$

$$d_{bns} = 5,61 \text{ cm}, \text{ усваја се } d_{bns} = 6 \text{ cm}$$

Носиви слојеви:

$$d_{ns} * a_{ns} = d_{dk0/31,5} * a_3 + d_{dk0/63} * a_4$$

$$\text{Усваја се } d_{dk0/31,5} = 15 \text{ cm}$$

$$46 * 0,09 = 15 * 0,115 + d_{dk0/63} * 0,11$$

$$d_{dk0/63} = 21,8 \text{ cm}, \text{ усваја се } d_{dk0/63} = 25 \text{ cm}$$

$$S_{n_{proj}} = d_{ab} * a_1 + d_{bns} * a_2 + d_{dk0/31,5} * a_3 + d_{dk0/63} * a_4$$

$$S_{n_{proj}} = 5 * 0,41 + 6 * 0,38 + 15 * 0,115 + 25 * 0,11 = 8,80$$

Упоредјује се вредност пројектованог и захтеваног структурног броја

$$S_{n_{proj}} = 8,80 > S_{n_{zah}} = 8,32$$

Како је тражени услов задовољен, усвајају се слојеви који су добијени прорачуном.

3.2. Полу- круте коловозне конструкције

$$-\sigma_7 = 4 \text{ MPa}$$

$$-S_{mAB} = 8 \text{ kN}$$

$$-S_{mBNS} = 7 \text{ kN}$$

$$-CBR\% = 30\%$$

Са одговарајућих дијаграма из стандарда усвојене су вредности коефицијената:

$$d_{as} = 9 \text{ cm} \quad a_{as} = 0,38$$

$$d_{ns} = 30 \text{ cm} \quad a_{ns} = 0,2$$

$$a_1 = 0,41 \quad a_2 = 0,38$$

$$a_3 = 0,22 \quad a_4 = 0,11$$

Након тога, добије се вредност захтеваног структурног броја, и одреде се дебљине слојева коловозне конструкције

$$S_n^{zah} = d_{as} * a_{as} + d_{ns} * a_{ns} = 9 * 0,38 + 30 * 0,2 = 9,42$$

Асфалтни слојеви:

$$d_{as} * a_{as} = d_{ab} * a_{1ab} + d_{bns} * a_{1bns}$$

$$9 * 0,38 = 5 * 0,41 + d_{bns} * 0,38$$

$$d_{bns} = 4,39 \text{ m}, \text{ усваја се } d_{bns} = 5 \text{ cm}$$

Носиви слојеви:

$$d_{ns} * a_{ns} = d_{cs} * a_3 + d_s * a_4$$

$$\text{усвојено: } d_{cs} = 20 \text{ cm}$$

$$30 * 0,2 = 20 * 0,22 + d_s * 0,11$$

$$d_s = 12,4 \text{ cm}, \text{ усваја се } d_s = 25 \text{ cm}$$

$$S_n^{proj} = d_{ab} * a_1 + d_{bns} * a_2 + d_{cs} * a_3 + d_s * a_4$$

$$S_n^{proj} = 5 * 0,41 + 5 * 0,38 + 20 * 0,22 + 25 * 0,11 = 11,1$$

$$S_{nproj} = 11,1 > S_{nzh} = 9,42$$

Како је тражени услов задовољен, усвајају се слојеви који су добијени прорачуном.

4. ПРОРАЧУН КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА ПРЕМА СТАНДАРДУ СРПС УЦ.4 015

4.1. Флексибилне коловозне конструкције

Помоћу параметара за димензионисање коловозне конструкције добијен је потребан структурни број који је приказан у Табели 1.

ESO 80kN	1*10 ⁶ ESO 80 kN
Поузданост (R)	90%
Стандардно нормално одступање (Z _r)	-1,282
Стандардно одступање (S _o)	0,44
Почетни индекс возне способности коловоза (P _o)	4,2
Пад индекса возне способности на крају пројектног периода (Δp)	1,7
Резилијентни модул постељице (M _r)	41,408
Захтеван структурни број (S _{nzh})	9,55

Табела 1. Усвојени параметри за димензионисање коловозне конструкције

Са одговарајућих дијаграма из стандарда усвојене су вредности коефицијената:

$$a_1 = 0,37 \quad a_2 = 0,33$$

$$a_3 = 0,14 \quad a_4 = 0,12$$

Добијен је стварни структурни број за усвојене врсте и дебљине слојева:

$$S_{nproj} = d_{ab} * a_1 + d_{bns} * a_2 + d_{dk0/31,5} * a_3 + d_{dk0/63} * a_4$$

$$S_{nproj} = 5 * 0,37 + 6 * 0,33 + 20 * 0,14 + 25 * 0,12 = 9,74$$

$$S_{nproj} = 9,74 > S_{nzh} = 9,55$$

Како је тражени услов задовољен, усвајају се слојеви који су добијени прорачуном.

4.2. Полу - круте коловозне конструкције

Помоћу параметара за димензионисање коловозне конструкције добијен је потребан структурни број који је приказан у Табели 2.

ESO 80kN	1*10 ⁶ ESO 80 kN
Поузданост (R)	90%
Стандардно нормално одступање (Z _r)	-1,282
Стандардно одступање (S _o)	0,44
Почетни индекс возне способности коловоза (P _o)	4,2
Пад индекса возне способности на крају пројектног периода (Δp)	1,7
Резилијентни модул постељице (M _r)	31,056
Захтеван структурни број (S _{nzh})	10,6

Табела 2. Усвојени параметри за димензионисање коловозне конструкције

Са одговарајућих дијаграма из стандарда усвојене су вредности коефицијената:

$$a_1 = 0,37 \quad a_2 = 0,33$$

$$a_3 = 0,20 \quad a_4 = 0,12$$

Добијен је стварни структурни број за усвојене врсте и дебљине слојева:

$$S_n^{proj} = d_{ab} * a_1 + d_{bns} * a_2 + d_{cs} * a_3 + d_s * a_4$$

$$S_{nproj} = 5 * 0,37 + 5 * 0,33 + 20 * 0,20 + 25 * 0,12 = 10,66$$

$$S_{nproj} = 10,6 > S_{nzh} = 10,66$$

Како је тражени услов задовољен, усвајају се слојеви који су добијени прорачуном.

5. ЗАКЉУЧАК

Коловозну конструкцију треба пројектовати тако да она испуњава услове у погледу трајности, функционалности и флексибилности, као и економичности.

На основу приказаних прорачуна закључено је да су за исте вредности саобраћајног оптерећења и CBR-а дебљине коловозне конструкције веће применом стандарда СРПС УЦ.4 015 у односу на стандард СРПС УЦ.4 012.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Коловозне конструкције - Александар Цветановић, Боривоје Банић Београд, 2007

[2] Стандард СРПС УЦ.4 012

[3] Стандард СРПС УЦ.4 015

Кратка биографија:



Јелена Јевтић рођена је у Ваљеву 1996. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранила је 2021. Године

контакт: jelena.96.jevtic@gmail.com

ПРИМЕНА ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА PLATEIA НА ДЕОНИЦИ ПУТА IIА РЕДА ИЗМЕЂУ НАСЕЉА ЛАЋАРАК И МАРТИНЦИ У ДУЖИНИ ОКО 2КМ**APPLICATION OF THE PLATEIA SOFTWARE PACKAGE ON THE SECTION OF ROAD 22A ROW BETWEEN THE SETTLEMENTS LACARAK AND MARTINCI IN THE LENGTH ABOUT 2KM**

Марко Кнежевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Теоретски треба објаснити и приказати могућност примене софтвера Plateia кроз фазу пројектовања одређеног дела пута. Након детаљног објашњења и приказа теоретских основа, треба их применити на практичан пример, који је у овом случају државни пут IIА реда деоница: Лаћарак – Мартинци у дужини од око 2км.

Кључне речи: Plateia, Пројектовање и изградња, Примена програмског пакета Plateia

Abstract – The theoretical explanation of applying Plateia software through the desing phase of a certain part of the road should be explained and presented. After a detailed explanation and presentation of the theoretical bases, they should be applied to a practical example, which in this case is the state of road IIA order of sections Lacarak-Martinci in the length of about 2km.

Keywords: The theoretical explanation, Plateia,

1. УВОД

AutoCAD Plateia је инжењерски софтвер који користе грађевински инжењери, геодете и други стручњаци за пројектовање и управљање грађевинским пројектима. Ти пројекти се могу поделити на уређење земљишта, путеве и саобраћајнице. Могу да укључују уређење грађевинских површина, насипа и разне друге инфраструктуре. Plateia се користи за креирање 3D модела терена, саобраћајница које имају динамичку повезаност са изворним подацима и другим елементима пројекта. Као водеће BIM (Building Information Modeling) решење у индустрији, Plateia је чувен у инжењерским круговима и има примену у широком пољу инфраструктурних пројеката, како малих тако и великих. У почетку је био првенствено замишљен као надоградња за AutoCAD али због велике популарности и потражње прерастао је у самосталну апликацију изграђену на AutoCAD платформи. Plateia садржи и бројне алатке и функционалности које му омогућују да постане бржи у раду на инфраструктурним пројектима, као што су мреже цевовода, моделовање путева, рачунање

кубатура, профилисање терена, геопросторне анализе и многи други.

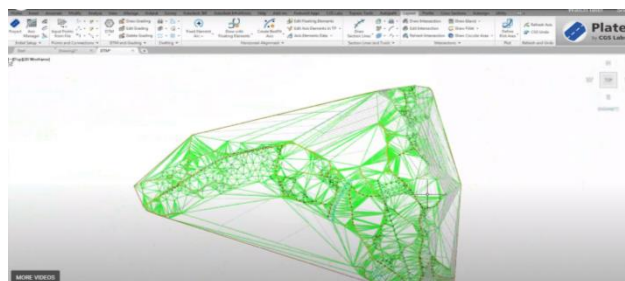
Plateia је доступна на више језика и подржава стандарде дефинисане за одређене државе, као и улазне податке, саобраћајне знакове и друге симболе, возила, итд. Корисници имају могућност да користе било коју верзију софтвера у случају рада на пројектима стране државе. Србија се налази на списку држава које подржава *Plateia*.

1.1. Најчешћа примена софтвера Plateia приликом пројектовања

- Аутопутеви, локални и урбани путеви, шумски путеви, планински путеви
- Раскрснице
- Мостови, вијадуци, пропуси
- Урбани путеви и подручја
- Бициклическе стазе
- Земљани радови
- Рехабилитација клизишта
- Рехабилитација постојећих путева

1.2. Дигитални модел терена

Plateia садржи алате за креирање површине као и за израду детаљног дигиталног модела терена ДМТ на основу различитих истраживања и других улазних података као што су: тоталне станице, тачке, линије прелома, блокови итд. Програм подржава и површине из **Civil 3D** и **BricsCAD**.



Слика 1. Дигитални модел терена [2]

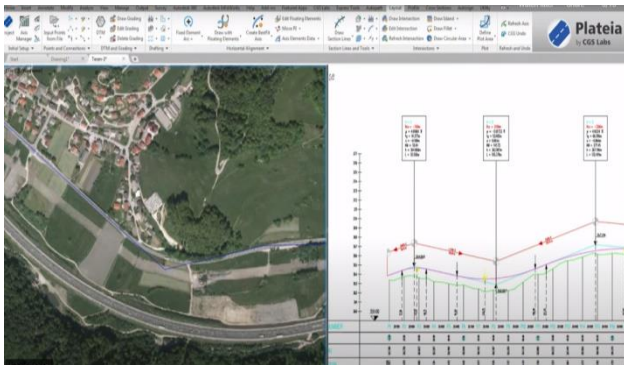
1.3. Уређивање геометрије осе и нивелете пута

Plateia пружа широк распон напредних алата за пројектовање и уређивање геометрије осе и нивелете пута. Поседује такође и алате за пројектовање

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

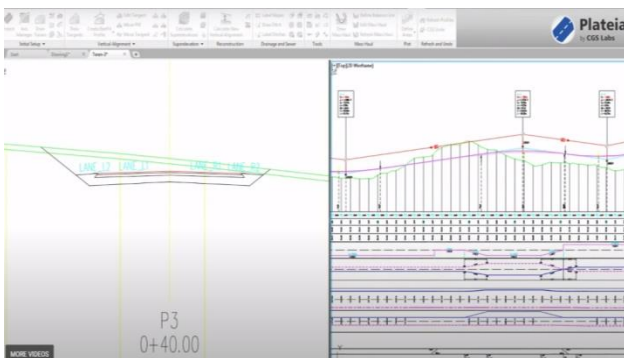
реконструкција путева са аутоматских исцртавањем геометрије осе и нивелете уз помоћ методе прилагођавања улазним геодетским подацима те алатима за прорачун при рехабилитацији односно прорачун одговарајућег ископа.



Слика 2. Приказ нивелете пута [3]

1.4. Уређивање попречних нагиба

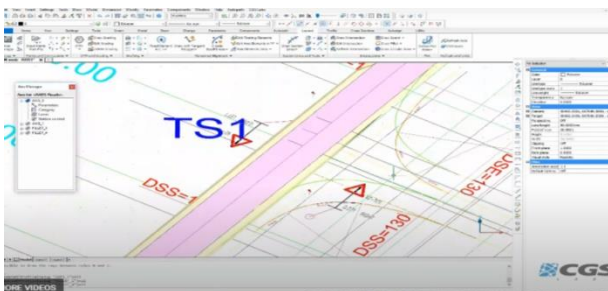
Програм омогућава и напредне методе прорачуна и уређења попречних нагиба. Можемо да бирамо између различитих начина прорачуна, прорачун нагиба пута у складу са Европским стандардима као и са Америчким стандардом AASHTO.



Слика 3. Попречни профил пута [4]

1.5. Раскрснице и кружне раскрснице

Plateia нуди функционалност за аутоматизовано креирање раскрсница и кружних раскрсница, аутоматским прилагођавањем нивелете и попречних нагиба споредне осе у односу на главну осовину. Аутоматски исцртава и осовине и подужне профиле улаза/излаза у раскрсници.



Слика 4. Приказ раскрснице [3]

1.6. Реконструкција и рехабилитација путева

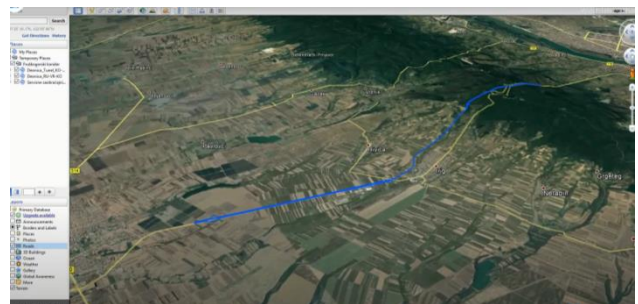
Plateia нуди напредна и свеобухватна решења за прорачун осовине и нивелете на основу геодетских

снимака постојећег стања пута, као и решења за прорачун рехабилитације пута.

Помоћу методе најбољег прилагођавања софтвера аутоматски израчуна и нацрта осовину пута са главним елементима и нивелету. На основу израчунаог постојећег попречног нагиба коловоза пута и висине нивелете у пресецима, алат нам даје податке о минималној висини пресвлачења те израчуна количине материјала потребног за реконструкцију пута.

1.7. Google Maps и Google Street View

Google Maps Import омогућава увоз растерских слика и висинских података одабране локације са Google Maps и DWG цртеж у жељеном координатном систему. Доступна је и функција Google Street View која омогућава кориснику да интерактивно види изабрано подручје у CAD окружењу.



Слика 5. Приказ мапе са Google Maps [3]

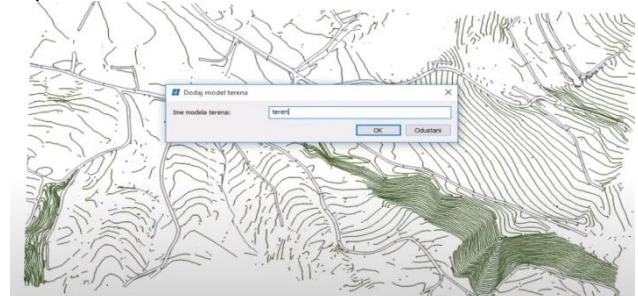
2. ПРИМЕНА ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА PLATEIA НА ПРОЈЕКАТ ПУТА ЛАЂАРАК – МАРТИНЦИ

Пре почетка сваког пројекта и рада у програму потребно је да креирамо фолдер на нашем рачунару у ком ћемо на даље чувати све датотеке везане за наш будући пројекат. Пројекат у програму Plateia почињемо дефинисањем пројекта.

2.1. Дигитални модел терена (Surface)

Први корак у пројекту је обично унос тачака и генерисање модела терена.

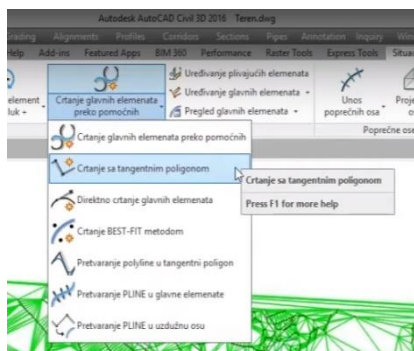
Подаци потребни за исцртавање терена најчешће су доступни у два облика. Први облик података јесте цртеж (нпр. .dwg fajl), тј. комбинација блокова и тачака на основу којих даље генеришемо модел терена.



Слика 6. Унос имена терена [1]

2.2. Дефинисање осовине (Alignments)

Након дефинисања дигиталног модела терена, приступамо дефинисању осовина. Програм PLATEIA нуди више начина за цртање уздужних оса али најчешће се користи Цртање са tangentним полигоном.



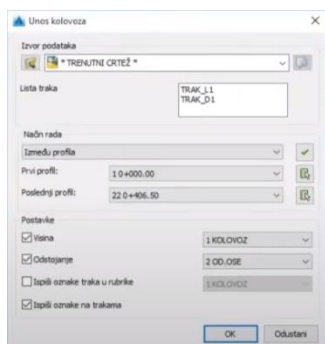
Слика 7. Опција за цртање уздужних оса [2]

2.3. Уздужни профил и нивелета пута

Након што смо нацртали осовине и њихове пројекције можемо прећи на дефинисање уздужног профила. Уздужни профил можемо направити или на тренутном цртежу где нам се налази и модел терена са осама или на новом цртежу. Команде за цртање и уређивање уздужних профила налазе се на картици Уздужни профили.

2.4. Цртање попречних профила и унос коловоза

Поступак при цртању попречних профила не разликује се много од цртања уздужних профила, можемо рећи и да је идентичан. Цртање започињемо наредбом Unos terena, али овај пут из картице Poprečni profili, која нам отвара прозор за дефинисање параметара профила. Када смо то завршили одаберемо тачку у пољу где ће нам се исцртати попречни профили.

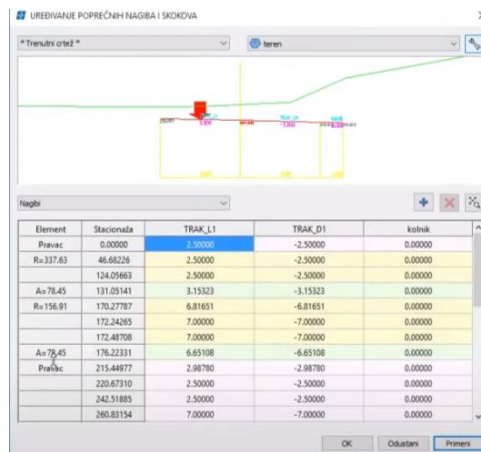


Слика 8. Приказ прозора за унос коловоза [4]

2.5. Уређивање попречних нагиба и кренрање денивелације

Уколико за неку траку коју смо додали желимо израчунати денивелацију, то можемо урадити користећи цртеж уздужних профила. Дакле, прво ћемо отворити картицу Уздужни профили и покренути наредбу Definisanje poprečnih nagiba i denivelacija, која нам пружа могућност да изаберемо шта ћемо на датом цртежу уређивати (нагиб, апсолутне висине, релативне висине или денивелације). Начин на који можемо да уређијемо нагибе и денивелације (између

профила, елемената, и др.) ћемо дефинисати опцијом за поставке.



Слика 9. Уређивање попречних нагиба [4]

2.6. Детаљно цртање попречних профила

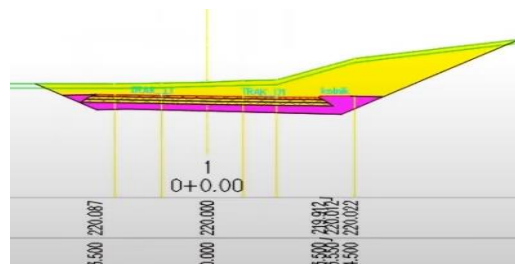
Програм Plateia располаже наредбама које нам омогућавају детаљно исцртавање различитих типова попречних профила. Ове наредбе можемо пронаћи у палети наредби која се зове Цртање NPP elemenata и веома су лаке за коришћење.



Слика 10. Палета наредби цртања НПП елемената [4]

2.7. Планиметрисање и прорачун количина

Наредба за планиметрисање налази се на палети Proračun količina а на картици Poprečnih preseka. Када је покренемо у понуђеном дијалогу је битно да одаберемо планиметрисану количину од понуђених из падајућег менија, или направимо нову у поставкама, начин дефинисања планиметрисаних полигона и неке додатне опције при начину дефинисања.



Слика 11. Приказ планиметрисаног попречног профила [4]

3. ЗАКЉУЧАК

Програмски пакет Plateia представља професионално софтверско решења за пројектовање нових и реконструкцију постојећих путева. Софтвер је у последњих неколико година унапређивао да нам

доста олакшао сам процес пројектовања путева. Користећи флексибилан и динамички повезан модел података, подржан је BIM процес рада и стандардизовани IFC формат записа. Софтвер је једноставан за учење и инжењери се брзо обуче за рад на софтверу иако је примена опсежна.

Кориснику програма је на располагању комплетан сет алата за решавање свих врста инжењерских задатака. Од планирања идејних решења, креирања сложених 3D модела путева и раскрсница, извођења анализа креирања извештаа до израде документације за ПГД и ПЗИ. Коришћење овог програма у савременом пројектовању путева је постала свакодневница.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, Београд, 2012.
- [2] Радовић Н., Шешлија М.: Управљање путном мрежом, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2017
- [3] Узелац Ђ.: Коловозне конструкције, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2015
- [4] CGS LABS PLATEIA cgs-labs.rs/plateia

Кратка биографија:



Марко Кнежевић рођен је у Сремској Митровици 1994. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранио је 2021. године.

контакт: marko.knezevic55@gmail.com

ИЗРАДА ПРЕТХОДНИХ БЕТОНСКИХ МЕШАВИНА ЗА ПРИМЕНУ У ГРАДСКИМ УСЛОВИМА**PRODUCTION OF PREVIOUS CONCRETE MIXTURES FOR USING IN URBAN CONDITIONS**

Саша Савић, Милош Шешлија, Факултет Техничких Наука, Нови Сад

Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај - У раду су дате везе између бетонских мешавина и анализа претходних бетонских мешавина за израду бетонских елемената. Упоредна су основна физичко-механичка својства бетона (чврстоћа при притиску, чврстоћа при савијању, дејство мраза, дејство мраза и соли и водонепропусност (ВДП)).

Кључне речи: Пројектовање, Бетонске мешавине

Abstract – This paper presents the connections between concrete mixtures and the analysis of previous concrete mixtures for the production of concrete elements. The basic physical and mechanical properties of concrete (compressive strength, flexural strength, frost action, frost and salt-action and watertightness (VDP)) were compared.

Keywords: Designing, Concrete mixtures

1. УВОД

Површина пута по којој се одвија саобраћај назива се коловоз или коловозна конструкција. Основни критеријум за правилно функционисање коловозне конструкције у погледу трајности, сигурности и удобности војне су:

- Да је постављена на добро носиву подлогу (постељицу),
- Да омогући ефикасно одвођење воде са површине коловоза,
- Да има површински раван слој, потребно храпав, отпоран на хабање и утицај атмосфера-лија и хемикалија.

2. САСТАВИ БЕТОНСКИХ МЕШАВИНА

Пројектовање састава бетонских мешавина је углавном ствар избора и пропорције мешања компоненталних материјала, да би се добила жељена оптимална својства бетона у конструкцији.

Примарни циљ пројектовања састава бетонске мешавине је направити економичну мешавину каменог агрегата, гранулације у граничном појасу спецификације и цемента, тако да мешавина има:

НАПОМЕНА

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

- Такаву рецептуру да се осигура трајност елемената од замора и климатских утицаја,
- Довољну стабилност да задовољи пројектно саобраћајно оптерећење без појаве оштећења и деформација,
- Оптимални садржај шупљина у збијеној бетонској мешавини,
- Добру уградљивост без склоности ка сегрегацији [1].

2.1 Везиво

У крутим коловозним конструкцијама као везивно средство најчешће се користи цемент. Цемент је хидраулично везиво тј. фино самлевени неоргански материјал, који помешан са водом, ствара пасту, која довољно дуго задржава обрадивост а затим реакцијама хидратације везује и очвршћава. Након очвршћавања задржава чврстоћу, одговарајућу запремину и стабилност. Због таквих својих особина налази широку примену у грађевинарству као основни састојак бетона.

Карактеристике цемента: оптималан почетак и крај везивања; умерена потреба за водом за стандардну конзистенцију, брз прираст чврстоће; висок ниво чврстоћа на свим терминима; могућност постизања високих марки бетона (табела 1).

Табела 1. Ознака цемента према европским стандардима [1, 2]

Табела 1	
Naziv	Oznaka
Portland cement	CEM I
Portland cement sa dodatkom zguře	CEM II/A-S CEM II/B-S
Portland cement sa dodatkom pucolana	CEM II/A-P CEM II/A-Q CEM II/B-P CEM II/B-Q
Portland kompozitni cement	CEM II/A-M CEM II/B-M
Metalurški cement	CEM III/A CEM III/B CEM III/C
Pucolanski cement	CEM IV/A CEM IV/B
Kompozitni cement	CEM V/A CEM V/B

Ознаке у табели: А – проценат учешћа од 6 до 20%; В – проценат учешћа од 21 до 35%; С – – проценат

учешћа згуре од 81 до 95%; S – згура високих пећи; P – природни поцулани; Q – активни поцулани; M – мешани додатак поцулана и згуре; V – силикатни летећи пепео; W – карбонатни летећи пепео; L – кречњак;

2.2 Агрегат

Под појмом агрегат или гранулат подразумева се уситњен камен одређене крупноће. Агрегат може бити природан и вештачки. Просејавањем кроз серију сита добијају се поједине групе зрна приближно исте крупноће. Ове групе се називају фракцијама. Примењују се следеће фракције: 0 до 4мм, од 4 до 8мм, од 8 до 12мм, од 12 до 16мм, од 16 до 31,5мм. Користе се за израду бетона, при изградњи путева и улица, за израду разних врста малтера, за насипања, као подлога за темеље и др [1, 2].

2.3 Вода

Вода представља неопходну компоненту сваке бетонске мешавине, пошто је само уз њено присуство могуће одвијање процеса хидратације цемента. Поред тога, вода у свежем бетону је значајна и као компонента путем које се остварује потребан вискозитет бетонске смеше, односно као компонента која омогућава ефикасно уграђивање и завршну обраду бетона.

Вода за справљање бетона не сме да садржи састојке који могу неповољно да утичу на процес хидратације цемента, као ни такве састојке који могу да буду узрочници корозије арматуре (челика) у армиранобетонским конструкцијама. Вода за пиће практично увек задовољава наведене услове, па она може да се употреби за справљање бетона и без посебног доказивања подобности. Међутим, у свим осталим случајевима мора да се прибави доказ о квалитету воде за бетон [1, 2].

2.4 Хемијски додаци бетону

За побољшање особина бетона (бржи прираштај чврстоће, отпорност на мраз, обрадљивост, уградљивост...) користе се хемијски додаци. Количине које се њима додају су мале у односу на друге компоненте, али имају веома велике утицаје на остваривање захтеваних особина. Њихова цена има велики утицај на коначну вредност добијеног бетона [2].

3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МИНЕРАЛНЕ МЕШАВИНЕ

Добро пројектована бетонска мешавина мора поседовати следећа својства:

- стабилност (отпорност на деформацију под оптерећењем),
- трајност (отпорност на климатске утицаје и дејство саобраћаја у току времена),
- флексибилност (отпорност на замор под дејством саобраћајног оптерећења и ниских температура),
- хрпаовост површине (отпорност на клизање),
- водонепропустљивост,
- уградљивост.

3.1 Прорачун гранулометријског састава бетонске мешавине

Прорачун који следи важи за одређивање гранулометријског састава било које минералне мешавине за бетон и друге невезане минералне мешавине. Основна формула за прорачун дата је изразом (1) [2]:

$$P = A \times a + B \times b + V \times v + itd \quad (1)$$

P – проценат пролаза минералне мешавине састављене од материјала A, B, и V,

A, B, V – проценат пролаза материјала на датом сити,

a, b, v – пропорције учешћа материјала у мешавини, при чему збир учешћа мора бити једнак 1 или 100 %.

4. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРЕТХОДНОГ САСТАВА БЕТОНСКЕ МЕШАВИНЕ

За потребе ипитивања кориштени су подаци из лабораторије за бетон и друге грађевинске материјале. Узети су подаци за 5 мешавина (табела 2).

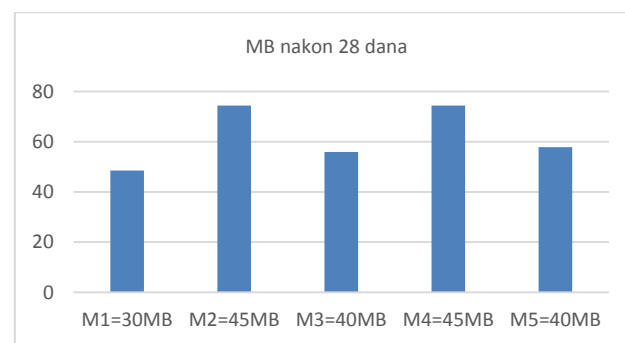
Табела 2. Приказ оријентационог састава мешавине бетона

Мешавина	Цемент kg/m ³	Вода kg/m ³	Додаци kg/m ³	Природни агрегат kg/m ³			
				0/4	4/8	8/16	16/32
M1	400	180	0,2	781	217	307	488
M2	420	165	2,94	653	333	350	403
M3	380	150	2,28	778	222	350	479
M4	400	155	2,8	764	284	729	/
M5	380	180	3,8	771,7	283,6	374,7	468,6

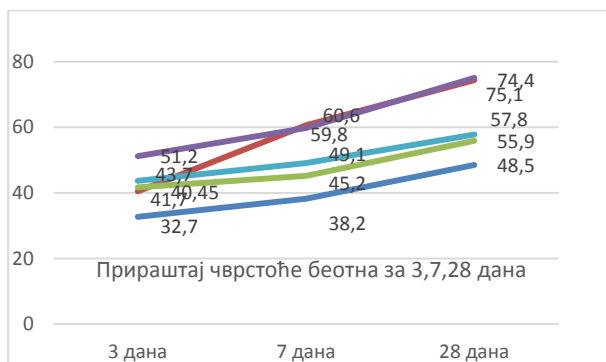
5. Физичко-механичка својства испитиваног очврслог бетона

За потребе истраживања на 5 узорак извршено је испитивање: чврстоћа при притиску; чврстоћа при савијању; отпорност на хабање; коефицијент водопропустљивости; отпорност на дејство мраза; отпорност на дејство мраза и соли за одмрзавање.

Гrafички приказ за испитивање чврстоће при притиску:



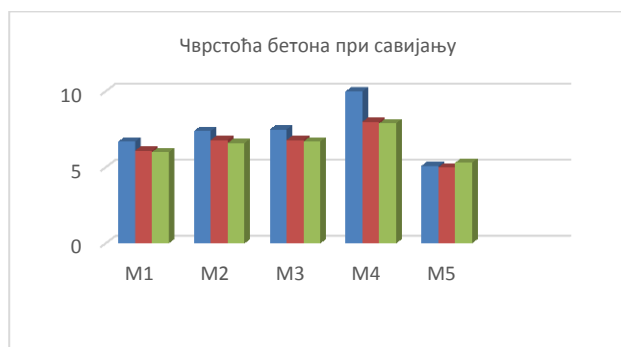
Слика 1. Чврстоћа бетона при притиску након 28 дана



Слика 2. Прираштај чврстоће бетона при притиску кроз време

Највећу вредност марке бетона на 5 узорка имају остварену узорци: M2(45) Фп=74,4 МПа, M4 (45) Фп=75,1 МПа (слика 1). Приказане остварене чврстоће за 1,3,7 дана, где се упоређивањем може видети, да узорци са највећим маркама остваре најбрже и највеће чврстоће у односу на ниже марке. Лабораторијским испитивањем је утврђено да сваки узорак задовољава захтевану марку бетона. Највећи прираштај чврстоће за 3 дана има узорак M4, за 7 дана узорак M2, док за 28 дана остварује опет узорак M4 (слика 2).

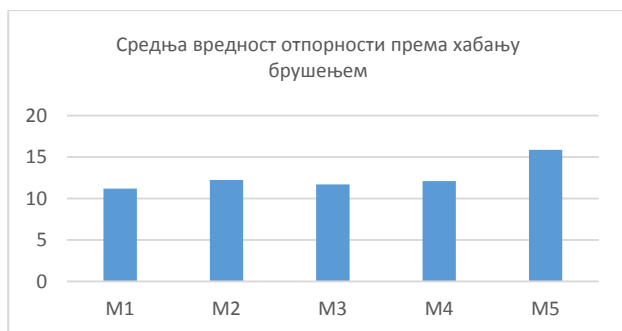
Графички приказ чврстоће бетона при савијању:



Слика 3. Чврстоћа бетона при савијању након 28 дана

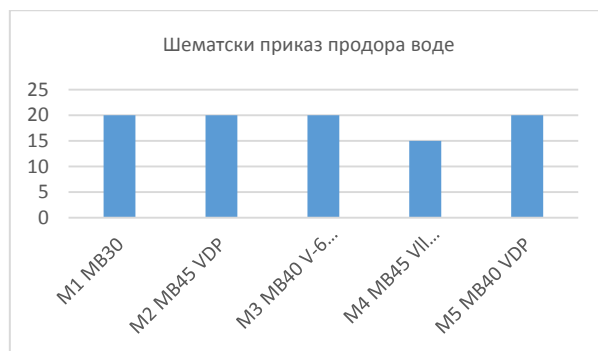
Чврстоћа при савијању је прорачуната на узорцима димензија 10*10*40 и 15*15*60 мм према правилнику ВАВ 87. Узорак број M4 има највећу остварену чврстоћу при савијању (слика 3). На основу лабораторијских испитивања сваки узорак задовољава захтевану чврстоћу на савијање.

Графички приказ отпорности бетона на хабање:



Слика 4. Отпорност према хабању

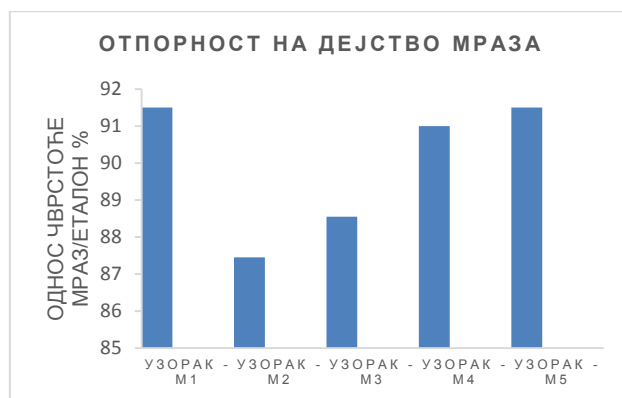
Графички приказ водонепропустљивости:



Слика 5. Приказ резултата ВДП-а

Максималан продор воде је 25 мм и то је на узорку M5, а средњи продор воде је 15 мм (слика 5).

Графички приказ отпорност на дејство мраза:



Слика 6. Отпорност на дејство мраза

Минимални дозвољени однос чврстоће смрзнутих тела према несмрзнутим је 75%. Након 200 циклуса наизменичног замрзавања и одмрзавања, просечна чврстоћа при притиску замрзаваних тела износи 89,99% просечне чврстоће при притиску незаамрзнутих тела еквивалентне старости (слика 6). Испитивани узорци M1, M2, M3, M4, M5 ЗАДОВОЉИЛИ су критеријуме стандарда SRPS U.M1.016:1992 за претходна испитивања бетона према Правилнику о техничким нормативима за бетон и армирани бетон [1,3].

Узорак отпорност на дејство мраза и соли за одмрзавање:



Слика 7. Испитивање на дејство мраза и соли

Визуелним прегледом пре почетка и на крају 7,14,28 циклуса наизменичног замрзавања и одмрзавања у присуству соли за одмрзавање, нису уочене пукотине, љуспања зрна агрегата, нити цурења воде и раствора

ни на једном од узорака. Сви узорци су отпорни на дејство мрза и соли за одмрзавање (слика 7) [1-4].

6. ЗАКЉУЧАК

На основу табеле вредности чврстоће за предвиђена саобраћајна оптерећења утврђујемо, да претходне бетонске мешавине узорака М2, М3, М4, М5 задовољавају ВРЛО ТЕШКО предвиђено саобраћајно оптерећење, док узорак М1 задовољава ОСТАЛА саобраћајна оптерећења, односно намена им је за коловозе намењене мањим саобраћајним оптерећењима (пешачке и бициклическе стазе, прилази, паркинг места за аутомобиле). Мешавина М1 може да се користи и за ТЕШКО и ВРЛО ТЕШКО саобраћајно оптерећење јер је утврђено да је бетон достигао марку бетона већу од 40 МПа ($M_{128 \text{ ДАНА}} = 48,5 \text{ МПа}$).

Сви узорци на основу испитивања чврстоће при савијању утврђено је, да задовољавају ВРЛО ТЕШКО саобраћајно оптерећење, јер сви имају чврстоће веће од 5 МПа. Највећу просечну чврстоћу при савијању има узорак М4 ($M_{428 \text{ ДАНА}} = 8,63 \text{ МПа}$), док најмању узорак М5 ($M_{528 \text{ ДАНА}} = 5,13 \text{ МПа}$).

Хабање хабајућег слоја бушењем, испитано према стандарду JUS B.8.015 при старости бетона од 28 дана, не сме бити већи од $18 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ у сувом стању и $35 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ у водом засићеном стању. Свих 5 узорака задовољава отпност на хабање. Најмању чврстоћу на хабање има узорак М1 ($11,2 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$) док највећу узорак М5 ($15,86 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$).

Марка водонепропустљивости према стандарду JUS U.M1.015 при старости бетона од 28 дана не сме бити нижи од V6 за бетоне у цементно бетонским плочама које су непосредно изложене атмосферским утицајима. Дубина продора не сме бити већа од 25 мм. Испитивања водонепропустљивости на 5 узорака утврђено је, да сви узорци задовољавају ВДП. Највећа дубина продора воде од 20 мм остварена је на свим узорцима, сем узорку М4 чији је продор био нешто мањи, односно 15 мм.

Бетон носивог слоја цементно-бетонског коловоза, који је изложен циклусима смрзавања и одмрзавања, мора одговарати минимално марки смрзавања 200 према стандарду JUS U.M1.016 при старости бетона од 28 дана. Отпорност површине бетона хабајућег слоја и подручјима где се употребљава со за одмрзавање леда мора одговарати степену оштећења „0“ према стандарду JUS U.M1.055 (табела 3).

Табела 3. Критеријуми за оцену дејства мрза и соли

Степен оштећења:	Критеријум за оцену:
0 - без љуштења	отпорна
1 - слабо љуштење	отпорна
2 - средње љуштење	неотпорна
3 - јако љуштење	неотпорна

Испитивањем је утврђено да сви узорци задовољавају отпорност на мраз, замрзавање и одмрзавање од 200 циклуса, као и да им је свима степен оштећења 0, односно без љуштења, тј трагова љуштења на површинском слоју нема.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ачански В.: Правилник о механичким нормативима за бетон и армирани бетон-ВАН 87. Београд, Грађевинска књига
- [2] Мурављев М. : Основи теорије у технологији бетона. Београд: Грађевинска књига, 2000
- [3] Храниловић А., Узелац С. : Методе испитивања отпорности бетона на смрзавање. Стручни рад, Грађевинар 57, 2005
- [4] Проф. др Брчић.: Бетонске конструкције 1. Нови Сад, Основне академске студије, предавања.

Кратка биографија:



Саша Савић, рођен је у Лозници 1991. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранио је 2021. године.

Контакт: savic1991@hotmail.com



Милош Шешлија, рођен је у Новом Саду 1987. год.. Докторирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2018. год., а од 2019. год. је у звању доцента на Катедри за геотехнику и саобраћајнице.

**КАРАКТЕРИСТИЧНА ОШТЕЋЕЊА КРУТИХ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА И
МОГУЋНОСТ ЊИХОВЕ САНАЦИЈЕ****CHARACTERISTIC DAMAGE TO RIGID DRIVEWAY STRUCTURES AND THE
POSSIBILITY OF THEIR REPAIR**

Невена Петровић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Теоријски треба објаснити која све оштећења могу да се појаве на крутим коловозним конструкцијама и начине како их санирати. Након детаљног објашњења и приказа теоријских основа треба применити на практичном примеру, који је у овом случају програм санације бетонског коловоза на аутобуским станицама у Новом Саду.

Кључне речи: оштећења, санација

Abstract – Theoretically it should be explained what kind of damage can occur on rigid pavement structures and ways to repair them. After a detailed explanation and presentation of the theoretical foundations should be applied by example, which in this case is the program of rehabilitation of the concrete pavement at bus stations in Novi Sad.

Keywords: damage, repair

1. УВОД

Свако од оштећења груписано је у једну од следећих категорија:

- пукотине,
- оштећења спојница,
- оштећења површине,
- остала оштећења

1.1 Пукотине

У ову групу спадају: угаоне, дубоке, подужне и попречне пукотине.

Угаоне пукотине се протежу од попречне ка подужној спојници под углом од око 45° у односу на правац кретања саобраћаја (слика 1 лево).

За дубоке пукотине може се сматрати низ блиских пукотина у облику српа. Почињу од дна плоче и прожимају целу плочу, најчешће су у близини попречних и подужних спојница, пукотина или паралелне са спољном ивицом коловоза.

Подужне пукотине су претежно паралелне са осовином коловоза, највише 5-6 пукотина по плочи.

Попречне пукотине су управне на осовину коловоза (слика 1 десно).

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.



Слика 1. Угаона и попречна пукотина [1]

1.2 Оштећења испуна спојница

Оштећења испуна спојница, спадају сва оштећења која настају због примене нееластичних материјала за испуну, продирања воде кроз оштећења, испуне жљеба спојница разним материјалом, кидања испуне, појаве корова, губитка еластичности испуне и одлепљивања испуне од страница жљебова.

Манифестована су преко:

-оштећења испуне попречних спојница

-оштећења испуне подужних спојница

-крућење ивица подужних спојница, ломљење, пуцање или чупање агрегата од ивице подужне спојнице

-крућење ивица попречних спојница, ломљење, пуцање или чупање агрегата од ивице попречне спојнице

1.3 Оштећења површине

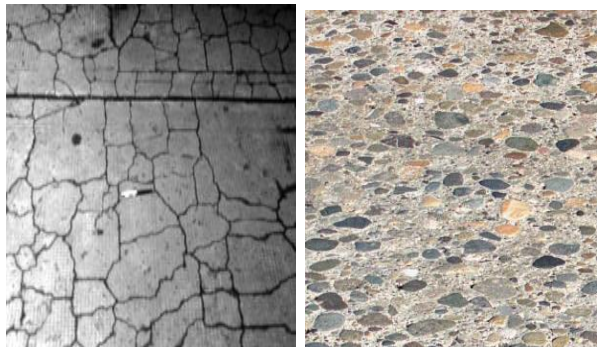
Могу се поделити на мрежасте пукотине, љуспање, углачан агрегат, чупање зрна.

Мрежасте пукотине представљају низ плитких и међусобно повезаних пукотина у горњем делу бетонске плоче (слика 2 лево).

Љуспање, оштећење површине застора, претежно у дубини од 3 мм до 13мм. Настаје када површински слој изгуби везу са доњим слојем бетона.

Углачан агрегат настаје због повлачења малтера око крупних зрна. Врста оштећења веома опасна по учеснике у саобраћају (слика 2 десно).

Последица чупања јесте испадање малих комадића застора, пречника 25 до 100 мм и дубине од 13 до 50 мм.



Слика 2. Мрежасте пукотине и углачан агрегат [1]

1.4 Остала оштећења

Експлозија се манифестује као локално искакање бетонског застора на попречним спојницама или пукотинама.

Слегање на попречним спојницама и пукотинама представља нивелациону разлику између плоча или делова плоча на спојницама или пукотинама (слика 3).

Слегање банке је нивелациона разлика између спољне ивице плоче и банке.

Одвајање банке од коловоза сматра се расцеп између ивице коловоза и банке.

Закрепе-површине на постојећем бетонском застору, веће од $0,1 \text{ м}^2$, које су уклоњене и замењене истим или неким другим материјалом.

Цурење и пумпање воде-процуривање или избацивање чисте воде или воде помешане са ситнозрним материјалом, кроз пукотине или спојнице.



Слика 3. Слегање на попречној пукотини и закрпа [1]

2. ПОСТУПЦИ ПОПРАВКИ ОШТЕЋЕНИХ КРУТИХ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА

-Испуна пукотина

Спојнице служе као замена померања плоча изазвана термичким утицајима и преносе оптерећења са плоче на плочу. Правилно испуњена спојница спречава продирање воде у подлогу, постељицу и слабљење тих слојева. У армираним коловозима могу да буду опасне танке пукотине, кроз њих улази вода у бетон и

изазивају корозију челика као и друга оштећења. Обрада и испуна пукотина и спојница слична је као и код асфалтних коловоза. За испуна се користе претежно силикони или двокомпонентни материјали.

-Замагљивањем се успешно спречава процес чупања зрна код бетонских коловоза. То су врло лаке, разблажене, брзо распадајуће асфалтне емулзије.

Најчешћи асфалтни материјал који се користи за замагљивање су: катјонске (позитивна) емулзије и 50% разблажена анјонска (негативна) емулзија.

-Обрада песком може да буде адекватан заштитини слој где је изражено чупање зрна. Маса је мешавина емулзије и песка која се прекрива финим агрегатом.

-Површину треба обрадити агрегатом или ризлом у случају ако чупање зрна постане изразито. Када је чупање зрна веома изражено до те мере да је возња угрожена, треба применити танак слој ојачања или изравњања. Танак слој треба нанети преко подлоге од емулзије или разређеног битумена, чиме се редукује продирање ваздуха и воде у конструкцију а побољшава се и отпорност на клизање. Ризла се може искористити: у пуној ширини саобраћајне траке, у једном делу саобраћајне траке, на краћим дужинским деоницама или пуној деоници пута.

-Испуна испод плоча, потребно је да се испуне шупљине без њеног дизања, потисне слободна вода, смање пукотине и ломови. Најчешће се шупљине налазе испод ивица и средине коловоза.

-Ињектирањем се издижу бетонске плоче до постизања пројектоване равности. Са пумпањем и ињектирањем се креће од најниже тачке улегнуте површине и напредује у оба спољна правца. Састав масе за ињектирање је: 1 део цемента (ПЦ 25 или ПЦ 30), 3 дела пуцолана (природни или вештачки), вода која треба да обезбеди одговарајућу флуидност

-Отклањају се оштећења настала у горњем делу плоче, као што су круњење на спојницама, пукотине, остала притка и дубока оштећења. У случају да су оштећења толико велика да се захтева велики број поправки онда се ради ојачање или пресвлачење.

Поступак се састоји од:

- обележавања оштећене површине
- вертикално сечење од минимум 5 цм од места круњења-љускања
- чишћење оштећене површине пнеуматским чекићем
- квашење или наношење малтера за везивање
- наношење портланд цементног малтера
- охрапљавање и неговање

-Поправке дубоких оштећења, примењује се код оштећења која су толико велика да мора да се замени део плоче или уклони цела, да би се поправила постељица. Оштећења због којих се ради су издизање плоча, лом плоча на два дела и круњења.

Два основна поступка за уклањање оштећеног бетона су: ломљење (чишћење) и вађење

-Уколико се догоди да је настала рупа (кратер) испод бетонске плоче, а бетонска плоча пукла, може да се примени поступак испуне дробљеним каменом. Наиме, ако је материјал од рушења плоче погодан за коришћење, односно за испуну рупа, онда се оштећења бетонска плоча може испунити дробљеним каменом 0/45мм, а преко тога, односно на горњу површину плоче, постави плоча од стаклених влакана-“фиберглас” (фиберглас) и анкерише. Овакве врсте поправке спадају у ургентне и краткорочне. После оваквих оправки, кад се укаже повољнија ситуација, треба извести поправку којом ће да буде замењен оштећени део плоче и подлоге у целисти.

3. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА

3.1 Израда бетонског коловоза

Полазни параметар код димензионисања бетонског коловоза је била ширина бетонске плоче. Разматране су ширине плоча од 2.50м, 3.00м, 3.50м и 4.00м. Однос дужине и ширине плоче је усвојен узимајући у обзир искуствене податке да су најмањи укупни утицаји услед дејства температуре у случају $l/b=0.8-1.2$.

На основу препоруке који даје нови Предлог стандарда за димензионисање бетонских коловозних конструкција (СРПС У.Ц4.014), за врло тешко саобраћајно оптерећење, усвојена је марка бетона МБ 40. За типску ширину плоче од 3.00м и одговарајуће дужине плоче од 2.50, 3.00 и 3.60м, које су у сагласности са инвеститором усвојене као основно типско решење за бус-станицу.

За израду цемент бетонског коловоза употребити песковит шљунак који одговара следећим критеријумима:

- фракционисани камени агрегат мора одговарати стандардима (СРПС Б.Б3.100 и СРПС Б.Б2.010)
- отпорност на хабање (Лос Анжелес СРПС Б.Б8.048)
- отпорност на смрзавање агрегата 4мм (СРПС Б.Б8.044) мац 5%
- минерални и хемијски састав агрегата мора бити такав да не садржи састојке штетне по бетону
- гранулометријски састав агрегата одређује се у току његове испоруке, просејавања

Потребно је применити цемент класе 35 или 45 справљеног од Портланд цементног клинкера који испуњава услове квалитета према стандардима СРПС Б.Ц1.011 и Б.Ц1.013. Остали захтеви квалитета цементом:

- садржај додатака највише 15% (м/м), од тога пуцолана највише 5% (м/м)
- садржај карбоаната до 10% (м/м)
- финоће млива по Блену (Блаине) до 370м²/кг, код додатака пуцолана до 390м²/кг

- воде за стандардну конзистенцију до 29% (м/м)
- почетак везивања при 200Ц 2х
- почетак везивања при 300Ц 1х
- чврстоћа на савијање након 28 дана мин 6МПа

Вода за справљање бетона мора бити чиста и бистра. Вода не сме имати штетне састојке за бетон као што су: сумпорна, хлороводонична, угљена и хумусна киселина, хлориди, сулфати магнезијума и сл., као и отпадне воде. Вода се мора стално испитивати и у свему задовољити стандард СРПС У.М1.058.

Пројектним решењем предвиђена је примена можданика и котви, према пројектном детаљу. За можданике и котве употребити челик ГА 240/360.

Код припремања бетона могу се употребити додаци бетона за пластифицирање, аерисање или осигурање других особина које задовољавају услове квалитета сходно СРПС У.М1.035. Пре припреме бетона са додацима, мора се проверити да ли додатак одговара намени, према СРПС У.М1.037 и СРПС У.М1.035. На узорцима бетона справљеног са додацима испитати:

- хемијске и физичко-хемијске особине
- утицај додатака на корозију челика у бетону
- утицај додатака на особине очврслог бетона

За испуну састава могу се употребити умети и масе за заливање. Умети у просторним саставцима не смеју спречавати истезање бетонских коловозних плоча, а истовремено морају бити толико крути, да се не изобличе при збијању бетона

Маса за заливање саставака мора да је еластична и да добро пријања за бетон. Она мора у свему да одговара стандарду за масе за заливање саставака бетонских коловоза, СРПС У.М3.095.

3.2 Снимак стања аутобуских станица

Најчешћа оштећења аутобуских станица у Новом Саду приказане су на сликама од 4 до 9:



Слика 4. Оштећење заштитне гуме код подужне спојнице



Слика 5. Оштећење и круњење бетона код попречних спојница



Слика 6. Круњење бетонске плоче у подужном правцу



Слика 7. Пукотина бетонске плоче



Слика 8. Мрежасте пукотине



Слика 9. Ослабљење подлоге и можданика при чему долази до слегања

4. ЗАКЉУЧАК

Одржавање бетонских коловоза у основи садржи две мере текућег одржавања, а то су:

Одржавање спојница – ова активност се односи на периодичну замену дотрајале испуне (материјале у спојници цемент бетонског коловоза) спојница. Циљ ове активности јесте да се спречи продирање воде и коловозну конструкцију и да се побољшају услови вожње по цемент бетонском коловозу. Димензије спојница зависе од врсте спојнице, врсте материјала за испуну, итд.

Поправке локалних оштећења – циљ ове активности је да се побољшају услови вожње по цемент бетонском коловозу. Ову активност треба применити и пре израде нових слојева – појачања коловоза (у склопу припремних радова), уколико се предвиђа санација маневрисаних површина. Поправка локалних оштећења може се поделити на:

-поправку ломова (ударних рупа) – односи се на уклањање дела оштећење површине бетонске плоче и њеном заменом новим материјалом

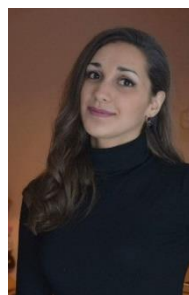
-поправку пукотина односно испуна пукотина има смисла ако су оне толико широке да дозвољавају продирање испуне. Уске и блиске пукотине треба третирати као локална оштећења. Иначе пукотине за које је оцењено да су настале због неповољних конструктивних карактеристика плоче или због дејства напона су показатељи да треба применити мере реконструкције бетонског коловоза.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] А.Цветановић, Б.Банић, Поправке коловозних конструкција, Академска мисао, Београд

[2] Ђ.Узелац, Скрипта из предмета, Коловозне конструкције, Факултет Техничких наука

Кратка биографија:



Невена Петровић рођена је у Лозници 1994. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми одбранила је 2021. године.
контакт:
nevenapetrovicnena94@gmail.com

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ЂУРЂЕВО**CONCEPTUAL SOLUTION OF WATER SUPPLY OF DJURDJEVO SETTLEMENT**

Ненад Ваван, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У оквиру рада обрађена је тема идејног решења водоснабдевања насеља Ђурђево. Анализа је урађена на основу пројекције становништва, урађене хидрауличке анализе и потребе за водом одговарајућег квалитета. Програмским пакетом ЕПАНЕТ је урађена хидрауличка и анализа квалитета воде.

Кључне речи: *Хидрауличка анализа, квалитет воде, водоснабдевање.*

Abstract – Within the paper, the topic of the conceptual solution of the water supply of Djurdjevo settlement is treated. The analysis was done on the basis of population projection, performed hydraulic analysis and the need for water of appropriate quality. The EPANET software package performed hydraulic and water quality analysis.

Keywords: *Hydraulic analysis, water quality, water supply.*

1. УВОД

Становништво насеља Ђурђево снабдева се водом насељског водовода чија изградња је почела још 1970.год. када је избушен први бунар и положена улична мрежа. Систем насељског водовода се састоји из изворишта на којем су избушена три бунара, затим резервоара запремине 50м³, хидрофорске станице и разводне дистрибутивне мреже.

Три бунара који каптирају водоносни слој на дубини 92 до 120 метара, а укупан капацитет изворишта је 37 л/с. Сва три бунара, у погледу хемијског састава, имају воде лошег квалитета, а то се може закључити из хемијске анализе воде за пиће која показује повећан садржај елемената који спадају у групу непожељних састојака (амонијак, боја, гвожђе), као и хуминских материја, због чега је приликом кондиционирања повећан утрошак калијум-перманганата.

Вода из бунара, бунарским пумпама потискује у хидрофор одакле центрифугалне пумпе захватају воду и преко хидрофорског постројења је потискују у дистрибутивну мрежу.

Дистрибутивна мрежа у насељу се састоји из основне и секундарне мреже. Основну мрежу чине пречници Ø200, Ø100 и Ø80mm, који су распоређени по главним насељским улицама. Секундарна мрежа се састоји од поцинкованих цеви пречника Ø25 и Ø20mm и распоређена је у преосталим улицама у насељу [1].

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.

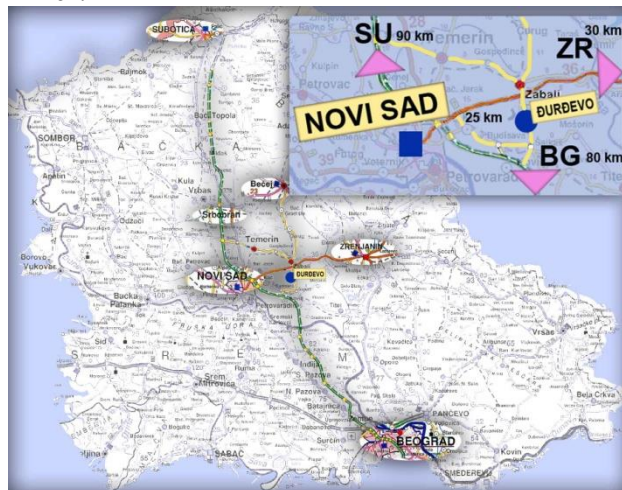
На основу пројекције становништва може се установити вредност потребних количина воде за наредни плански период, што и јесте задатак овог мастер рада. Односно, да буде оезбеђена одговарајућа количина воде у сваком тренутку при одговарајућим притисцима и брзинама на свим местима.

Брзина воде у цевима треба да је мања од 1,5 m/s, а притисци у цевима морају се кретати у распону од 2,5 до 6,5 bar. За моделирање мреже ће бити коришћен рачунарски програм ЕПАНЕТ.

2. ТЕХНИЧКИ ОПИС

Ђурђево је насеље у Војводини, у општини Жабаљ налази се на јужном делу општинског простора уз регионални пут Р-122 (Жабаљ-Ђурђево-Шајкаш). Насеље је формирано уз регионални пут који га дијаметрално пресеца и чини главну насељску саобраћајницу. Из насеља постоји радијално пружање некатегорисаних путева ка Мошорину, Каћу и Тиси.

Ђурђево налази се 25 км источно од Новог Сада, 80 км северно од Београда и 90км јужно од Суботице што је приказано на слици 1. Као место које је близу већих градова, индустријских центара и које се константно развија представља идеалан избор за живот.



Слика 1. Географски положај насеља Ђурђево

Основна веза са окружењем у домену друмског саобраћаја се остварује преко магистралног пута бр.7 Нови Сад – Жабаљ – Зрењанин и преко регионалног пута Р-110 Нови Сад – Тител (преко Шајкаша). Релјеф Ђурђевачког атара је прилично равничарски.

Надморска висина Ђурђево се креће око 77 мнм. Укупна површина насеља износи 7.847 ha, од чега 7.159 ha припада пољопривредном земљишту [1].

2.1. Демографска структура насеља Ђурђево

Према попису становништва из 2011. године насеље Ђурђево има 5092 становника распоређених у 1638 домаћинстава.

На основу утврђених биодинамичких карактеристика популације, досадашњих развојних тенденција, планираних мера демографске политике, као и прогнозираног привредног и укупног друштвеног развоја може се претпоставити да ће укупан број становника у планском периоду расти по просечној годишњој стопи од 0,59%.

Демографски развој становништва се анализира како не би дошло до предимезионисања система или недовољног капацитета. Мрежа се најчешће димензионише за пројектни период од 30 год., коришћењем следећег израза:

$$N2 = N1 \left(1 + \frac{p}{100} \right)^n \quad (1)$$

Где су: $N1$ – број становника према последњем попису; $N2$ – број становника на крају пројектног периода; p – стопа годишњег прираштаја становништва у %; n – пројектни период [4].

Из овог израза добијамо да је на крају пројектног периода укупан број становника 6074.

2.2. Потрошња становништва

Из Плана регулације насеља Ђурђево (2003. Год.) узети су подаци о планираној специфичној потрошњи, добијени на основу пројекције становништва $q_{spec}=200$ l/st/dan (урачунате потребе домаћинстава, јавних служби, услуга, као и потребе стоке и животиња). Та вредност нам представља добру полазну основу за даље проучавање.

2.3. Неравномерност потрошње

Потрошња воде није константна величина, она је различита и мења се током времена. Разликујемо: годишње, месечне, дневне и сатне промене, које зависе од много фактора. Фактори од којих зависе промене су: клима, температура, доба године, распоред радног времена, животних навика становништва итд.

Те промене укључујемо у прорачун по следећем принципу:

-годишње промене се могу занемарити у зависности од природних промена, узимамо их у обзир као функцију фактора цивилизације и активности становништва. Ове величине узимамо у обзир у прорачуну са правилним одабиром норме потрошње за поједина раздобља рада система за снабдевање водом.

-месечне промене су важне ако се за снабдевање водом употребљавају акумулације, тј. ако је потребно годишње билансирање водом

-дневне осцилације потрошње у току године су веома важне и њих у прорачун укључујемо као дневни минимум и дневни максимум

-часовне промене у току дана су потребне ради димензионисања водоводне мреже и морамо их обавезно укључити у прорачун [2].

Максималне дневне и сатне неравномерности процењују се на основу коефицијената дневне и часовне неравномерности f_d и f_h .

Коефицијент дневне неравномерности дефинисан је као однос максималне и средње дневне годишње потрошње становништва:

$$f_d = \frac{Q_{d,max}}{Q_{d,sr}} = \frac{Q_{d,max}}{(Q_a/365)} \quad (2)$$

Коефицијент часовне неравномерности потрошње дефинисан је односом максималне и средње часовне потрошње становништва:

$$f_h = \frac{Q_{h,max}}{Q_{h,sr}} = \frac{Q_{h,max}}{Q_a/(365 \cdot 24)} \quad (3)$$

Коефицијенти K_d и K_h представљају дневне и часовне неравномерности који се користе у домаћој пракси.

Према пројекцији становништва, за 30 година, Ђурђево ће имати 6074 становника, коришћењем тог податка са дијаграма можемо очитати коефицијенте f_d и f_h : $f_d = K_d = 2$, а $f_h = 4,25$ односно:

$$K_h = \frac{f_h}{f_d} = 2.12 \quad (3)$$

Након што смо одредили коефицијенте неравномерности, рачунамо максималне дневне и максималне часовне потрошње становништва, што се ради преко следећих образаца:

$$Q_{max,dn} = f_d \cdot Q_{sr,dn} = f_d \cdot \frac{Q_a}{365} \quad (4)$$

$$Q_{max,h} = f_h \cdot Q_{sr,h} = f_h \cdot \frac{Q_a}{(365 \cdot 24)} \quad (5)$$

где су: $Q_{max,dn}$ – максимална дневна потрошња, $Q_{max,h}$ – максимална часовна потрошња, $Q_{sr,dn}$ – средња дневна потрошња.

2.4. Противпожарна потрошња

Заштита од пожара регулисана је Правилником о техничким нормативима за хидрантску мрежу за гашење пожара. Прописани су захтеви за изворе воде, капацитет, протицај и притисак воде у хидрантској мрежи.

Потрошња воде за гашење пожара у великим насељима представља мали део укупне потрошње воде, док је у малим насељима тај проценат већи и знатно утиче на одабир профила цеви, пумпи и потребног радног притиска.

Разликује се напосредно гашење пожара применом хидрантског система без и са ватрогасним возилом и припадајућом опремом.

Количина воде за гашење пожара одређује се према броју становника и броју вероватних истовремених пожара, а износи од $q_{pož}=10$ l/s до 90 l/s.

Хидрантска мрежа дели се на унутршњу и на спољашњу. Спољашњи, улични хидранти су најмањег пречника Ø100, уграђују се на удаљености 80-150м, а притисак на хидранту мора бити најмање 2,5bar [2].

Насеље Ђурђево има 5092 становника, па у складу са табелом 5 можемо закључити да је мродаван други

пожар у трајању од 2 часа, а меродавни противпожарни проток износи 15 l/s. Овај проток додајемо као чворну потрошњу у два хидранта (по 7,5 l/s у оба) која су најудаљенија од пумпне станице, с тим да растојање између ова два хидранта не сме да буде већи од 150 m. Поменути проток се додаје у дану са максималном потрошњом и то у часу када коефицијент максималне часовне неравномерности не прелази 1,3.

2.5. Губици у дистрибутивној мрежи

Губици воде су разлика између произведене и потрошачима испоручене (обрачунате) воде.

Спољашњи губици су губици на објектима захвата, кондиционирања, резервоара, пумпи, довода и расподеле воде. Унутрашњи губици су губици у водоводним системима унутар зграда, после кућног водомера. При недостатку података, као у случају са насељем Ђурђево, можемо грубо усвојити да су губици у мрежи 10%-20% средње дневне потрошње, па ћемо усвојити губитке 15% од средње дневне потрошње [2].

2.6. Избор цевног материјала

Потребе водоводне мреже насеља Ђурђево најбоље задовољавају цеви произведене од полиетилена, ПЕХД. Оне имају низ предности. ПЕХД је потпуно нетоксичан материјал и може да се користи у прехранбеној индустрији. Због своје еластичности, траса цевовода може лако да прати конфигурацију терена па нема потребе за многим фазонским елементима.

3. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН

Суштина хидрауличног прорачуна водоводне мреже је да се одреде пречници цеви и губици притисака при задатој потрошњи воде.

Дистрибуциона мрежа треба да доведе одговарајућу количину воде сваком кориснику и да обезбеди довољне притиске. За потребе математичког модела струјања воде у мрежи користимо програмски пакет Епанет.

Физичке компоненте Епанет модела су:

Pipe (цев), Junction (чвор), Reservoir (резервоар), Tank (танк или водоторањ), Pump (пумпа), Valve (затварач). Основни елементи дистрибуционе мреже су цеви и чворови. Место где се мења попречни пресек цеви, прикључује друга цев, или налази резервоар назива се чвор. Остали елементи мреже као што су затварачи, пумпе, редуктори притиска, захтевају посебан третман.

Претпоставља се да је дуж једне деонице пречник цеви константан. Потрошња дуж једне деонице равномерно се дели крајњим чворовима исте деонице, па тако укупна потрошња једног чвора представља полужбир сопствених потрошњи деоница које се спајају датим чвором.

Две основне величине које описују стање у мрежи су протицаји по деоницама и притисци у чворовима. Уместо притисака у чворовима у прорачуну се могу користити П коте. На основу наведеног можемо закључити да су нам непознате величине при

прорачуну П коте у чворовима и протицаји у деоницама.

Основне претпоставке из [3] за примену ових једначина су:

-Течење је устаљено (нема промена током времена),

-Флуид је нестишљив,

-Све величине су интегрисане по попречном пресеку цеви и замењене репрезентативним као што су протицај Q, брзина v, П кота.

Код примене основних једначина на стварне мреже врше се следећа поједностављења:

-Брзинске висине се најчешће занемарују (компликују прорачун),

-Дуж тока постоји губитак енергије само на трење о зид цеви, тј. стандардни локални губици (промена пречника, спојеви, кривине, итд.) се занемарују или се урачунавају тако што се повећа ефективна дужина цеви или повећа коефицијент трења,

-Локални губици на регулационим затварачима, редукторима притиска и сличним елементима који активно утичу на дистрибуцију воде морају се узети у обзир,

-Мали појединачни прикључци дуж цеви не узимају се посебно у разматрање већ се њихова потрошња додељује суседним чворовима,

-Слободне цеви (цеви које не формирају прстенове) мањег пречника са познатом потрошњом се искључују, а њихова потрошња се додаје на чвор помоћу којег је цев повезана са мрежом.

3.1. Основне једначине

Једначина континуитета (једначина одржања масе)

За било који чвор мреже, (i), мора бити задовољена следећа једнакост:

$$\sum_j Q_{ij} + Q_{ip} = 0 \quad (6)$$

Где су: Q_{ij} - протицаји кроз цеви које спајају чвор (i) и чворове (j); Q_{ip} - чворна потрошња додељена чвору (i). Динамичка једначина (једначина одржања количине кретања)

Једначина се пише за цев (ij), дужине L_{ij} , попречног пресека A_{ij} са чворовима (i) и (j) на узводном и низводном крају [3].

Сређивањем једначине изводи се следећи израз:

$$P_i - P_j = r_{ij} \cdot Q_{ij} |Q_{ij}| \quad (7)$$

$$r_{ij} = C_{\tau ij} \frac{L_{ij} O_{ij}}{2gA_{ij}^3} = C_{\tau ij} \frac{L_{ij}}{R_{ij}} \frac{1}{2gA_{ij}^2} \quad (8)$$

где други израз представља карактеристике цеви. Уместо коефицијента тангенцијалног напона St користи се Дарси – Вајсбахов коефицијент трења $\lambda = 4St_{ij}$, па се за кружну цев добија [3]:

$$r_{ij} = \lambda_{ij} \frac{L_{ij}}{D_{ij}} \frac{1}{2gA_{ij}^2} = \frac{8\lambda_{ij}L_{ij}}{\pi^2 g D_{ij}^5} \quad (9)$$

У овом раду урађена је анализа водоснабдевања насеља Ђурђево, усвојен је резервоар који је пројектован да задовољи максималне дневне потребе становништва. Вода се даље шаље до крајњег корисника под захтеваним притиском, што се обезбеђује усвојеним пумпама. Преко Епанета одређени су пречници цевовода, притисци у чворовима, и брзине у цевима. Уношењем патерна и

његовим множењем са задатим чворним потрошњама врши се хидраулички прорачун мреже. Тежило се да брзине буду приближно 1 m/s при максималним протоцима и да притисак у критичном чвору не падне испод 2,5 бара. Размотрићемо систем водоводне мреже насеља Ђурђево при максималној часовној потрошњи, као и при максималној часовној потрошњи у случају пожара.

3.2 Дезинфекција воде

Сврха примарне дезинфекције је елиминисање патогена пре него што она доспе до првог потрошача, а секундарна дезинфекција треба да обезбеди концентрацију резидуалног хлора текву да се спречи раст биофилма у дистрибутивној мрежи и очува у

довољној мери способност хлора присутног у води да одреагује као дезинфицијенс у случају да се деси контаминација у систему.

У ЕПАНЕТ-у је пад концентрације хлора симулиран кроз цевовод и време. У обзир су узете реакције хлора са хемијским врстама у запремини течности (коэффициент $k_b = -0,101 \text{ mg/dan}$) који се мења са квалитетом воде, и са зидовима цеви (коэффициент $k_w = -0,2 \text{ mg/dan}$) који се мења у зависности од стања цевовода и материјала од којег је направљен. Према препорукама концентрација резидуалног хлора у води за пиће треба да буде између 0,2 и 0,5 mg/l, па је усвојена вредност количине хлора која континуално улази у мрежу на месту ППВ-а је 0,5 mg/l.



Слика 2. Пад концентрације хлора кроз цевовод

Добијеним резултатима су задовољени критеријуми водоснабдевања по притисцима, протицајима и брзинама воде у цевоводу одговарајућег пречника. Помоћу програмског пакета Епанет је извршен хидраулички прорачун. Димензионисан је резервоар са две коморе, за потребе изравнавања дневне потрошње. Помоћу софтвера Wilo-Select изабране су две паралелно везане пумпе за постизање прорачунатих притисака, и једна резервна.

4. ZAKLJUČAK

Добијеним резултатима су задовољени критеријуми водоснабдевања по притисцима, протицајима и брзинама воде у цевоводу одговарајућег пречника. Помоћу Епанета је извршен хидраулички прорачун. Димензионисан је резервоар са две коморе, за потребе изравнања дневне потрошње. Помоћу софтвера Wilo-Select изабране су две паралелно везане пумпе за постизање прорачунатих притисака и једна резервна.

5. LITERATURA

- [1] Завод за урбанизам Војводине; „План генералне регулације насеља Ђурђево“, *Нови Сад* 2003.
- [2] Др Горан Секулић и Ивана Типранић; „Комунална хидротехника“, *Универзитет Црне Горе*.
- [3] Др Марко Иветић; „Рачунска хидраулика“, *Београд* 1996.
- [4] Др Матија Стипић; Писана предавања из предмета Комунална хидротехника за студенте IV године одсека за хидротехнику, *Нови Сад* 2016.

Kratka biografija:



Ненад Ваван рођен је у Новом Саду 1990. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Комулне хидротехнике одбранио је 2021.год. контакт: nenadvavan@hotmail.com

PROJEKAT SISTEMA ZA PODZEMNO NAVODNJAVANJE-SUBIRIGACIJA – 26ha**UNDERGROUND IRRIGATION SYSTEM PROJECT - SUBIRIGATION - 26ha**Marko Jelača, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Cilj izrade master rada jeste izgradnja sistema za podzemno navodnjavanje metodom subirigacije kako bi se maksimalno iskoristili prirodni potencijali (klima, zemljište i voda), uključujući društveno-ekonomske uslove uz primenu pravilnog gazdovanja vodom, mehanizovanog rada, kao i primenom savremene opreme za navodnjavanje, kako bi se pronašla optimalna tehnološko-tehnička rešenja u savremenoj ratarskoj proizvodnji.

Ključne reči: Podzemno navodnjavanje, subirigacija.

Abstract – The aim of the master's thesis is to build a system of underground irrigation by the method of subirigation in order to maximize natural potentials (climate, land and water), including socio-economic conditions with the application of proper water management, mechanized work and modern irrigation equipment. optimal technological and technical solutions would be found in modern field production.

Keywords: Underground irrigation, subirigation.

1. UVOD

Subirigacija je efikasan vid navodnjavanja jer se na taj način voda i hraniva distribuiraju direktno u zonu korenovog sistema. Jedino kod ovog načina navodnjavanja nemamo gubitaka vode i hraniva na isparavanje, biljka ih odmah usvaja i kada se posmatraju eksploatacioni troškovi i rezultat ostvaren u proizvodnji.

2. PRIRODNI USLOVI

Stepanovićevo je naselje u Srbiji u opštini Novi Sad i pripada Južnobačkom okrugu. Zemljišni kompleks ukupne bruto površine oko 26,2 ha, nalazi se zapadno od naselja Stepanovićevo.

Svi hidrometeorološki elementi ukazuju na umereno kontinentalni tip klime mnogo šireg područja nego što je izdvojeni istražni prostor sa većim uticajem na režim podzemnih voda u okviru zbijene izdani sa slobodnim nivoom (temperatura, oscilacije nivoa, hemijske karakteristike). Na dublje izdani ovaj uticaj postoji ali je znatno manji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković, red. prof.

3. KARAKTERISTIKE ZASADA

Intenzivna ratarska proizvodnja zahteva dobro poznavanje bioloških karakteristika svake biljne vrste, tehnologiju gajenja kao i njene potrebe za vodom. Svaka biljna vrsta ima specifične potrebe za vodom u toku vegetacije. Najznačajnije karakteristike kako za projektovanje sistema za navodnjavanje, tako i za korišćenje istog u toku gajenja, su pored potreba za vodom i potrebe za hranjivim materijama, dubina korenovog sistema i tehnologija gajenja, na površini budućeg sistema za navodnjavanje. Cela površina podeljena je na 16 polja-tabli (blokova). Sve table su pravougaonog oblika. Tehnologija gajenja podrazumeva, postavljanje sistema za podzemno navodnjavanje, subirigacijom, koji je opremljen sistemom za ishranu preko vode za navodnjavanje (fertiligacija).

4. OSNOVNI PARAMETRI PROJEKTOVANJA

Različita količina padavina po godinama i nepovoljan raspored u period vegetacije u najvećoj meri utiču na visinu prinosa i stabilnost biljne proizvodnje. U klimatskim uslovima sa neujednačenom količinom i rasporedom padavina, kakvi su na našem području, visina prinosa šećerne repe, kukuruza i soje su u direktnoj zavisnosti od vremenskih uslova.

Usled toga, prinosi variraju ne samo po godinama, nego i po proizvodnim područjima. Navodnjavanjem se obezbeđuju visoki i stabilni prinosi šećerne repe bez obzira na variranje količine padavina.

Određivanje ukupnih potreba gajenih ratarskih kultura za vodom, u ovom slučaju šećerne repe, kukuruza i soje, predstavlja jedan od aspekata problematike projektovanja i izgradnje sistema za navodnjavanje. Postupak određivanja potreba kultura za vodom sprovodi se u dve faze:

- Određivanje referentne evapotranspiracije (ET_o)
- Određivanje evapotranspiracije kulture (ET_c)

Vrednosti referentne evapotranspiracije izračunate su za vegetacioni period gajenih vrsta, metodom Penman-Monteith koja glasi:

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)}$$

Najkritičniji period iz jula meseca 2000. godine za potrebe kukuruza usvaja se kao projektovani, odnosno kritičan period.

5. OSNOVNI PARAMETRI PROJEKTOVANJA

Hidrotehničko rešenje sistema za navodnjavanje ratarskih kultura u ataru sela Stepanovićevo, zasnovano je na primeni podzemnog navodnjavanja – subirigacija, korišćenjem vode iz bunara i uklapanje svih tehničkih elemenata sistema u zahteve tehnologije gajenja različitih ratarskih kultura.

Sistem je tako koncipiran da ima sledeće delovelemente:

♦ Izvor vode – bunar sa potapajućom pumpom

U cilju zahvatanja oko 21,5 l/s (potrebna količina za potrošnju najvećeg bloka) podzemnih voda iz izdani sa slobodnim nivoom projektovan je vodozahvat tipa cevasti bušeni bunar dubine 64,5 m. Bušenje se izvodi rotacionim postupkom bušenja, završnim prečnikom 500,0 mm. Bunar je "Norton" tipa PVC bunarske konstrukcije od bunarskih GWE "Budafilter" cevi prečnika 280 mm. Statički nivo izdani se kreće oko **4,0 m** ispod površine terena dok se dinamički nivo kreće oko **7,5 m** pri crpenju kapacitetom **25,0 l/s**.

♦ Glava sistema i sistem za upravljanje

Glavu sistema čine:

- Glava sistema sa pripadajućom opremom
- Fertikit kontroler sa rezervoarima za đubriva i kiselinu



Slika 1. Fertikit

Fertikit S300 L je modularni uređaj kojim se kontroliše proces proporcionalnog ubacivanja đubriva i kiselina u sistem za navodnjavanje.

♦ Glavni cevovod

Glavni cevovod se od kontrolne glave račva u dva kraka, na severni i južni. Izgrađen je od PE cevi za 6 bara, prečnika Ø 140 mm. Cevovodi se montiraju od PE cevi dužine 6 m i ukopavaju u rovove, širine 0.4 m, na dubinu od 1.0 m, na posteljicu od sitne zemlje, debljine 0.1 m. Ukupna dužina glavnog cevovoda je 995 m.



Slika 2. PE cevovod

♦ Glave zalivnih deonica

Na glavnim cevovodima se nalazi određen broj glava zalivnih deonica (razvodne račve sa ventilima) preko kojih se pomoću elektro-magnetnih ventila, preko

kontrolera, upušta voda u zalivne deonice. Sve razvodne račve na projektu su urađene od PVC cevi Ø 110/6, koje su postavljene u razvodne betonske šahte Ø 1000 mm. Projektom je predviđeno da se upotrebljavaju elektro-magnetni ventili 4".



Slika 3. Elektro magnetni ventil od 4"

♦ Razvodni cevovodi

Funkcija sekundarnih cevovoda je da preko glava zalivnih deonica sprovede vodu do laterala sa kapljačima. Sekundarni cevovodi su takođe izgrađeni od PE cevi za pritisak od 6 bari, različitih su prečnika u zavisnosti od udaljenosti od glave zalivne deonice, pritiska i količine vode. Prečnici razvodnih cevovoda u sistemu su: Ø 110/6, Ø 90/6, Ø 75/6, Ø 63/6 i Ø 50/6 mm. Na krajevima svakog razvodnog cevovoda se nalaze ispusna mesta, koja služe za ispiranje cevovoda. U sistemu ima 16 razvodnih cevovoda, koliko i zalivnih deonica. Svaki razvodni cevovod se završava ispustom za vodu, izvedenim u betonski prsten šaht Ø 1000 mm, koji služi za povremeno ispiranje razvodnih cevovoda.

♦ Laterali

Za navodnjavanje predviđen je tip laterala, Assif – Ø 17 mm, 0.9 mm debljina zida, sa kompezacionim emiterom. Protok po emiteru je 2,1 l/h a razmak između emitera je 0,5 m. Razmak između laterala je L=1 m. Laterali su postavljeni na dubinu od 0,5 m od površine zemlje. Trajnost laterala je najmanje 20 godina. Variranje protoka između prvog i poslednjeg kapljača na lateralu je 0 %, tako da svaka biljka u redu dobija iste količine vode i mineralnih đubriva. Minimalni potreban pritisak za rad laterala sa kapljačima u sistemu je 1 bar.

Laterali se postavljaju mašinski pomoću podrivača na dubinu od 50 cm ispod površine zemlje, kako ne bi došlo do mogućih oštećenja prilikom obrade zemljišta traktorskim mašinama.



Slika 4. Kompezacioni emiter od 2.1 l/h na Assif 17

6. HIDRAULIČKI PRORAČUN

Strujanje u cevnoj mreži pod pritiskom je definisano jednačinom kontinuiteta (jednačina o konzervaciji mase) i energetskom jednačinom (Bernulijevom jednačinom).

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{g} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{g} + Z_2 + \Delta E_{1-2}$$

Ovde se radi o sistemima gde je $L/D > 500$, tako da se hidraulički proračun vrši po principima "dugačkog cevovoda" tj. lokalni gubici se sračunavaju preko povećanog koeficijenta apsolutne hrapavosti, a energetska kota se izjednačava sa pijezometarskom kotom.

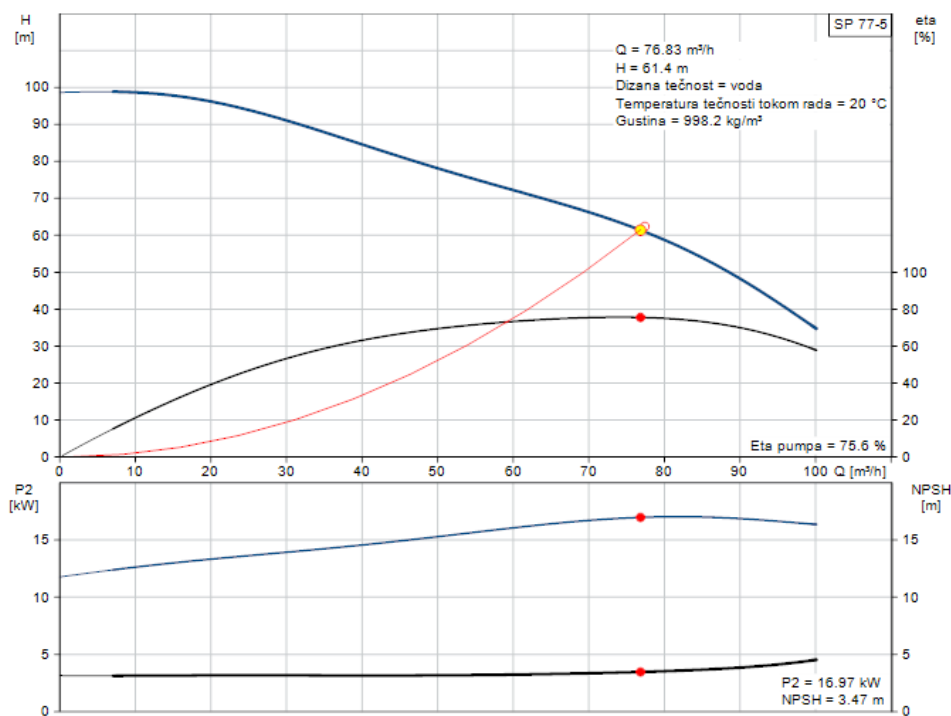
Cevovod je izrađen od visokokvalitetnog polietilena PE čija se hrapavost kreće u granicama od 0.002 mm za nove do 0.004 mm za stare cevi. Za potrebe hidrauličkog proračuna usvojena je vrednost apsolutne hrapavosti od 0.1 mm radi sigurnosti. Za dimenzionisanje bunarske pumpe (tj. visine dizanja pumpe) potrebno je odrediti "kritičan put", tj. put između pumpe i uređaja gde će se ostvariti potreban pritisak bez potrebe za uništavanjem viška. Nizvodna tačka "kritičnog puta" može da bude ili najudaljenija tačka od pumpe, ili najviša tačka u mreži, ili tačka sa najvećim potrošačem za navodnjavanje, itd.

Na bazi proračuna iz tabele 1. predviđena pumpa tipa "Grundfos" SP77-5 je zadovoljavajuća. Radne krive prikazane su na slici 5.

Tabela 1. Proračun osobina pumpe

Deonica		Q	D	Dusv.	Vstv
i	j	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)
9	8	0.01864	0.109	0.127	1.48
8	7	0.01983	0.112	0.127	1.58
7	6	0.01983	0.112	0.127	1.58
6	5	0.01983	0.112	0.127	1.58
5	4	0.01983	0.112	0.127	1.58
4	3	0.01983	0.112	0.127	1.58
3	2	0.01983	0.112	0.127	1.58
2	2Z	0.01983	0.112	0.127	1.58
2Z	2	0.01983	0.112	0.127	1.58
13	12	0.02126	0.116	0.127	1.69
12	11	0.02126	0.116	0.127	1.69
11	10	0.02126	0.116	0.127	1.69
10	2	0.02126	0.116	0.127	1.69
2	1	0.02126	0.116	0.127	1.69
17	16	0.01726	0.105	0.127	1.37
16	15	0.01867	0.109	0.127	1.48
15	14	0.01867	0.109	0.127	1.48
14	1	0.01867	0.109	0.127	1.48
1	B-1	0.02126	0.116	0.127	1.689

RADNE KRIVE



Slika 5. Radna krive pumpe

7. ZAKLJUČAK

Zalivni sistem podzemnog navodnjavanja - subirigacija projektovan je da se napaja iz jednog bušenog cevastog bunara, koji obezbeđuje dovoljnu količinu vode da se cela površina segmentno zaliva dovoljnim kapacitetom da zadovolji potrebu za vodom najzahtevnije setvene kulture

u najsušnjoj godini prema podacima za meteorološku stanicu Rimski Šančevi u periodu od 1966 – 2020. godine.

Metodom Penman-Monteith izračunata je potencijalna evapotranspiracija za koju je vršeno bilansiranje kako bi se odredili merodavni manjkovi za potrebe navodnjavanja.

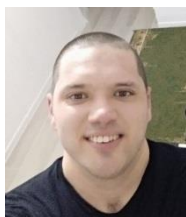
Predviđeno je da su laterali ugrađeni mašinski u zemlju na dubinu od 50 cm, kako nebi postojala mogućnost od mehaničkih oštećenja prilikom obrade zemljišta. Laterali su postavljeni na razmaku od 1 m, dok su kapljači kapaciteta 2,1 l/h na razmaku od 0,5 m.

Bez obzira na velika početna ulaganja, može se reći da je projektovani sistem uz kompletnu automatizaciju, regulisano precizno doziranje vode i prihrane u zoni korenovog sistema daju za rezultat velika očekivanja u cilju unapređenja i inteziteta proizvodnje.

8. LITERATURA

- [1] Kolaković Srđan, Hidrotehničke melioracije – navodnjavanje skripta, Novi Sad-Fakultet Tehničkih nauka 2006.
- [2] Vidoje Ratković – Navodnjavanje kapanjem, Beograd 1995.
- [3] Dimitrije L. Avakumović – Navodnjavanje, Beograd-Građevinski fakultet 2005.
- [4] Ponjičan O, Miletaški B., Tehnički i eksploatacioni aspekti navodnjavanja subirigacijom, Novi Sad-poljoprivredni fakultet 2019.
- [5] Maksimović, Efekat navodnjavanja šećerne repe u različitim ekološkim uslovima gajenja, Novi Sad-Institut za ratarstvo i povrtarstvo 2002.
- [6] Borivoj Pejić, Efekat površinskog i podpovršinskog navodnjavanja kapanjem na prinos i evapotranspiraciju kukuruza, Novi Sad-Poljoprivredni fakultet 2018.
- [7] Netafim USA | Manual for Corn Production Using Sub-Surface Drip Irrigation
- [8] www.netafim.com
- [9] www.avital.rs
- [10] <https://www.metzer-group.com/products/assif/>

Kratka biografija:



Marko Jelača rođen je u Novom Sadu 1987. god. Osnovne studije hidrotehnike završio 2013. godine na Građevinskom fakultetu u Subotici. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Hidrotehničke melioracije odbranio je 2021.god.
kontakt: maakastep@gmail.com

**PROJEKAT NAVODNJAVANJA KOMBINACIJOM SISTEMA CENTAR PIVOT I
RENDŽER U KULPINU****IRRIGATION PROJECT BY COMBINATION OF CENTER PIVOT AND RANGER
SYSTEM IN KULPIN**

Ivan Dudaš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – HIDROTEHNIKA

Kratak sadržaj – Rad se može podeliti na dva dela, teorijsko - istraživački i praktični. U teorijsko – istraživačkom delu analizirani su klimatski uslovi za određivanje evapotranspiracije i vodnog deficita, dok su u praktičnom delu obrađeni hidrološki i hidraulički proračuni. U hidrološkom delu se računao hidromodul kao osnova svakog sistema za navodnjavanje, a u hidrauličkom delu je urađen proračun i dimenzionisanje pumpne stanice i cevovoda. Na kraju je usvojeno najbolje tehničko – ekološki – ekonomsko rešenje.

Ključne reči: Oprema za navodnjavanje, ETP, hidromodul, HDPE cevi, Hidraulički udar

Abstract – The paper can be divided into two parts, theoretical - research and practical. In the theoretical - research part, the climatic conditions for determining evapotranspiration and water deficit are analyzed, while in the practical part hydrological and hydraulic calculations are processed. In the hydrological part, the hydromodule was calculated as the basis of each irrigation system, and in the hydraulic part, the calculation and dimensioning of the pumping station and pipeline was done. In the end, after a detailed analysis, the best technical - ecological - economic solution has been adopted.

Keywords: Irrigation equipment, ETP, hydraulic module, HDPE pipes, Water hammer

1. UVOD**1.1. Mašine za navodnjavanje****(Rendžer, linear i centar pivot)**

Sistem „Portalnih uređaja“ predstavlja jednu metodu navodnjavanja za potrebe povećanja prinosa. Sadrži pocinkovane konstrukcije, cevovode i pumpe pomoću kojih se voda dovodi iz bunara, akumulacije ili kanala na površinu koju je potrebno navodnjavati. Pomoću rasprskivača se jednako raspoređuje i na taj način biljka dobija predviđenu količinu vodu. Trenutno, na teritoriji Republike Srbije ove mašine navodnjavaju preko 60.000 ha, od čega je preko 50.000 ha u Vojvodini. Upravljanje sistemom se sprovodi pomoću automatike koja ga čini relativno jednostavnim.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.

Rendžeri predstavljaju jedan od sistema portalnih uređaja. Navodnjavana površina je pravougaonog oblika sa preporučljivim odnosima širine i dužine 1:1,5-1:3. Izvor vode je kanal koji je postavljen po dužini i pored njega se nalazi mašina koja uzima vodu iz njega i gura je u sistem. Mašina se kreće paralelno sa kanalom koji se može nalaziti u sredini parcele ili na ivici. Maksimalni rasponi koji se preporučuju sa centralnim napajem iznose 1600 metara ili kod bočnog napajanja 1000 metara.

Lineari su vrlo sličnih karateristika kao i Rendžeri, s tim da je razlika u tome što se oni snabdevaju vodom iz cevovoda koji je ukopan u zemlju. Povezivanje mašine i cevovoda se vrši preko hindranata koji se postavljaju na određenim rastojanjima i gumiranog creva koje mašine vuku pored sebe.

Dužina gumenog creva zavisi od dužine razmaka između hidranata, i preporučuje se da bude duža za 10-15m od polovine hidrantskog razmaka. U praksi se koriste dve garniture creva, kako bi se maksimalno smanjili zastoji. Lineari, slično kao i Rendžeri, na početku imaju hidraulični deo tako da pritisak u dovodnim cevima ne mora biti veliki, što automatski smanjuje gubitke energije.

Centar pivot sistem Sistem se sastoji od centralne piramide koja je sastavljena od čeličnih profila u obliku rešetke, kao i kišnih krila koje se koriste i kod Rendžera i Lineara. Kišna krila na sebi imaju ugrađene rasprskivače, čiji se radijus dejstva širi, pa tako kod centra rasprskivači imaju najmanji radijus, dok je na kraju mašine radijus dejstva najveći.



Slika 1. Centar pivot sistemi

potrebnog broja pumpi kao i napora pumpi postupak je bio isti kao kod centar pivoa. Za deo sistema koji se navodnjavanja pomoću rendžera kritičan put se kreće istom trasom kao i za centar pivoa, samo što je na kraju produžen. Prednost rendžera u pogledu dovodenja vode je to što rendžer ima svoj pogonski agregat pa je u ovom slučaju visini dizanja mnogo manja. Usvojeni broj pumpi je takođe dva. Obe pumpe su snage 18,5 kW i frekventno regulisane. Cevni priključak sa usisne strane je DN200, a potis je prečnika DN150. Potis se redukuje na DN280mm. Brzina na usisu iznosi 1,47m/s, a duž cevovoda iznosi 1,57m/s. Na kraju cevovoda se voda izliva u kanal za rendžer.

Jedan deo sekundarnog kanala III od stacionaže 3+701km pa do 4+964km će se iskoristiti kao deo kanala za Rendžer. Na istom kanalu se nalazi jedan armiranobetonski ramovski propust dimenzija 2x2 i dužine 15m na stacionaži 4+143km kao i dve tipske ustave na stacionaži 3+701km i 4+964km. Pored postojećeg kanala, za potrebe navodnjavanja se mora iskopati novi kanal ukupne dužine 574m koji se povezuje sa postojećim kanalom III pa ukupna dužina kanala za rendžer iznosi 1837m. Oba dela kanala, i novi i postojeći je potrebno obložiti vodonepropusnom folijom zbog velike infiltracije. Od ostalih objekata na kanalu, postoje još 17 tipskih propusta koji se nalaze na kanalima II i III i koji se moraju postaviti kako bi Rendžer neometano prolazio.



Slika 3. Kopenje kanala specijalno profilisanom kašikom

4. DIMENZIONISANJE I POSTAVLJANJE CEVOVODA

Unutar pumpne stanice nalaze se šavne čelične cevi maksimalnog pritiska 10 bara, a nakon pumpne stanice prelazi se na polietilenske cevi pritiska do 6 bara. Ukupna dužina potisnog cevovoda iznosi 1731 m za centar pivoa i 2161 m za Rendžer. Polietilenske cevi imaju sve veću primenu kod ovakvih sistema.

HDPE cevi su otporne na koroziju, manja im je hrapavost u odnosu na čelične i duktilne cevi, zbog veće elastičnosti imaju bolju manipulaciju u odnosu na ostale cevi, a

takođe bolje trpe deformacije u pogledu širenja cevi u odnosu na čelik, pa samim tim amortizuju nadpritiske koji se javljaju kod hidrauličkog udara. Za određivanje prečnika cevovoda korišćena je jednačina kontinuiteta, a za određivanje potrebnog pritiska na ulazu se koristila Bernulijeva jednačina. Potreban pritisak na ulazu u pumpu se dobija tako što se sabere svi gubuci, u ovom slučaju lokalni i linijski, i na tu vrednost dodamo geodetsku razliku terena i potreban pritisak na izlazu. Na taj način se dobija potrebna visina dizanja koja u ovom slučaju iznosi 45,34m za centar pivoa i 26,86m za rendžer.



Slika 4. Polaganje HDPE cevi

Potisni cevovod od HDPE se postavlja u rov širine 1m. Cevi se postavljaju na posteljicu debljine $d=15\text{cm}$, a minimalni nadsloj cevi je 1.10m. Potis nema konstantan pad, već prati pad terena. Na najvišim tačkama ima vazdušne ventile, a na najnižim ispuste kako bi se na kraju sezone voda mogla ispustiti iz cevovoda. Veza između cevovoda i centar pivoa se ostvaruje pomoću hidranta i fazonskih komada izrađenih od livenog gvožđa, a na mestima gde se cevovod račva ili gde se javljaju krivine predviđeni su anker blokovi koji primaju uticaje koncentrisanih sila i prenose ih na tlo. Veza između PE cevi se ostvaruje čeonim zavarivanjem.

5. ZAŠTITA OD HIDRAULIČKOG UDARA

Usled naglog zatvaranja ventila ili ispadom pumpe iz rada može doći do znatnog porasta pritiska u mreži. Ta se pojava naziva hidraulički udar. Usled hidrauličkog udara u cevima dolazi do oscilatornih promena pritiska t.j. do naizmenične pojave nadpritiska i podpritiska usled kojih može doći do oštećenja cevovoda i pumpi. Zbog toga je potrebno predvideti zaštitu od hidrauličkog udara kako bi se sprečila veća oštećenja na sistemu. Usled hidrauličkog udara dolazi i do pojave kavitacije. Kavitacija je pojava pri kojoj se dešava prekid kontinuiteta toka tečnosti na onim mestima gde pritisak opadne do neke kritične granice. Prilikom pojave kavitacije dolazi do prelaska tečnosti u vodenu paru. U zoni niskog pritiska dolazi do povećavanja zapremine mehurića i lokalnog prekida kontinuiteta.

Daljim prelaskom mehurića u prostor sa povišenim pritiskom dolazi do njihovog naglog razaranja i ta pojava je praćena jakim šumom, vibracijama, lokalnim hidrauličkim udarima gde dolazi do oštećenja cevi. Da bi

se sistem zaštitio predviđaju se vazdušni ventili i frekventni regulatori. Svaki potis na svom početku ima vazdušni ventil koji ima dvostruku ulogu. Prva mu je da omogući ispuštanje vazduha iz cevovoda, a druga uloga vazdušnog ventila je da omogući uvlačenje vazduha i time spreči pojavu podpritiska. Vazdušni ventili se takođe predviđaju na najvišim prelomnim tačkama cevovoda koji omogućavaju evakuaciju vazduha koji može da se pojavi u cevovodu usled uvlačenja vazduha na usisu, na spojevima armatura ili da prodre kroz zaptivke pumpe u potisnom cevovodu.

Pored vazdušnih ventila, značajnu ulogu u zaštiti od hidrauličkog udara imaju i frekventni regulatori. Oni se koriste kako bi polako povećavali i smanjivali brzinu pumpe i naj način smanje rizik od hidrauličkog udara. Takođe se koriste za održavanje zadatog pritiska pomoću regulisanja frekvencije pumpe i na taj način se obezbeđuje kontinualan rad.

6. ZAKLJUČAK

U današnje vreme, zbog sve dužih perioda bez kiše kao i zbog sve većih temperatura, za dobijanje dobrih prinosa je neophodno navodnjavanje. Jedan od načina navodnjavanja je prikazan u ovom radu, gde su primenjene centar pivot i rendžer mašine koje imaju veliki procenat primene kod ovakvih sistema.

Određivanje potrebne količine vode se vršilo preko hidromodula. Kao ulazni podaci za hidromodul korišćene su vrednosti padavina, temperatura, insolacija, vlažnost vazduha i vetra za poslednjih 20. Korišćen je softverski program CROPWAT 8.0. koji preporučuje FAO. Vrednost hidromodula iznosi 0,56 l/s/ha. Na osnovu površine koja je obuhvaćena centar pivotima i rendžerom, a ona iznosi oko 84% i hidromodula dobila se potrebna količina vode za navodnjavanje koja ukupno iznosi 148,4 l/s. Na sistemu je predviđena jedna crpna stanica u kojoj se nalaze 4 centrifuglane pumpe od kojih su dve za centar pivote i dve za punjenje kanala za rendžer. Dužina potisnog cevovoda iznosi 1731m za centar pivote i 2161m za punjenje kanala za rendžer. Kanal za rendžer je ukupne dužine 1837m, od čega je 1263m postojeći kanal, a 574m je kopan novi kanal.

Kao zaštita od hidrauličkog udara na sistemu su predvedeni vazdušni ventili koji se nalaze na najvišim tačkama potisnog cevovoda i frekventni regulatori koji regulišu rad pumpe na osnovu zadatih parametara.

Na kraju, posle detaljnih tehničko-ekološki-ekonomskih anazila dolazimo do zaključka da je kombinacija centar pivota i rendžera najbolje rešenje za projektovanu parcelu.

7. LITERATURA

- <https://www.valleyirrigation.com/>
- <http://www.bsb-agro.com/>
- <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
- <https://pestan.net/sr/pe-voda/>
- Prof. dr Dušan Uzelac: Hidromašinska oprema, autorizovana predavanja 2013.godina.
- Prof. dr Kolaković Srđan: Hidrotehničke melioracije – navodnjavanje skripta, Novi Sad – Fakultet tehničkih nauka 2006.godina.
- Prof. dr Kolaković Srđan: Hidrotehničke melioracije – odvodnjavanje, Univerzitet u Novom Sadu, 2006.godina

Kratka biografija



Ivan Dudaš rođen je u Bačkoj Topoli 1993.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo-Hidrotehnika, Hidrotehničke melioracije, odbranio je 2021.godine.

Kontakt: dudasivan39@gmail.com

IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA NASELJU SEFKERIN

CONCEPTUAL DESIGN OF ATMOSPHERIC WATER SEWERAGE IN SEFKERIN SETTLEMENT

Stefana Biočanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- GRAĐEVINARSTVO – HIDROTEHNIKA

Kratak sadržaj – U radu je izrađen model atmosferske kanalizacije u naselju Sefkerin. Pre svega je izvršena analiza terena i padavina, a potom je trasirana kanalizaciona mreža. Izvršen je hidraulički proračun dobijenog modela prilikom padavina dvogodišnjeg povratnog perioda pomoću softverskog paketa EPA SWMM. Nakon toga je izvršen hidraulički proračun kada je ista mreža opterećena padavinama dvadesetogodišnjeg povratnog perioda i analizirana je njena opterećenost. Na ovaj način je prikazano koje su tačke u sistemu sa najnepovoljnijim uslovima.

Ključne reči: *Atmosferska kanalizacija, hidraulički proračun, idejno rešenje*

Abstract – *The subject of the paper is the development of a model of the atmospheric sewage system in the Sefkerin settlement. The terrain was analyzed, and the sewerage network was traced. The hydraulic calculation of the model was performed for rainfall whose recurrence period is 2 years by the software package EPA SWMM. Then, a hydraulic calculation for the same model was performed for rainfall whose recurrence period is 20 years, and capacity in that case was analyzed. That was a method to show which points in the system are the weakest.*

Keywords: *Atmospheric sewerage, hydraulic calculation, conceptual design*

1. UVOD

Naselje Sefkerin pripada opštini Opovo i nalazi se u Južnobanatskom okrugu, u Srbiji. Klima u ovom delu Banata ima umereno - kontinentalne karakteristike. Reka Tamiš je glavna hidrološka arterija proučavanog predela, koja u tom delu svog toka ima sve karakteristike ravničarske reke. Karakteristična je po izrazitoj neujednačenosti proticaja tokom godine ali i između pojedinih godina. Sefkerin pripada odvodnom sistemu "Glavni Glogonjski", u kom se atmosferska voda gravitacionim putem preko otvorene kanalske mreže odvodi u recipijent – reku Tamiš.

Oscilacije nivoa tokom godine su male. Najveća razlika između maksimalnog, koji se dešava u proleće, i minimalnog nivoa koji se dešava u jesen, iznosi manje od 1,1 m. Tokom poslednjih nekoliko godina nivoi podzemnih voda su praktično nepromenjeni i nalaze se u funkciji vodostaja Tamiša. Na većem delu područja dubina od površine terena do nivoa podzemnih voda veća je od 1,0 m. [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić.

Iz navedenih razloga javlja se potreba za analizom terena i hidroloških uslova.

Zadatak rada jeste da se trasira mreža i da se podaci dobijeni prethodno pomenutom analizom upotrebe za dimenzionisanje kanalizacije koja odvodi atmosfersku vodu. Zatim da se izvrši analiza dobijenih rezultata, prikažu zaključci i da grafički prikaz izabranog rešenja.

2. KANALIZACIONI SISTEM

Osnovni zadatak kanalizacionih sistema je da omoguće da se preko njih upotrebljene vode i atmosferske vode što kraćim putem i što je brže moguće odvede iz naselja do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i mesta konačnog ispuštanja u recipijent. Osnovne elemente kanalizacionih sistema čine kanalizaciona mreža, objekti na mreži (crpne stanice, revizionna okna, kućni priključci), postrojenje za prečišćavanje otpadne vode i ispuštanje vode u vodoprijemnik..

Kod projektovanja prvo se određuje mesto na kom će se voda ispuštati u vodoprijemnik. Prilikom trasiranja kolektora prati se konfiguracija terena i mesta na kojima se nalaze prepreke koje je potrebno izbeći, sve u cilju da se dobije što jednostavniji, efikasniji i pouzadniji sistem koji je jeftin za održavanje. Prvo se trasira glavni kolektor, zatim primarni i na kraju sekundarni.

Separatni sistem kanalizacije predstavlja dve potpuno odvojene kanalizacione mreže. Jedna mreža prihvata atmosfersku vodu dok druga prihvata upotrebljene vode i industrijske vode. Evakuacija atmosferske vode pored zatvorenih kanala može da se vrši i putem otvorene kanalske mreže čija izgradnja zahteva manje radova i investicionih troškova ali zahteva i prostor na površini te se često usled tog nedostatka bira zatvoren sistem kanala iako njegova izgradnja zahteva veća investiciona ulaganja. Ovakav sistem je naročito pogodan za naselja duž reka gde se atmosferska voda na više mesta može ulivati u reku ili drugi vodotok.

Odabran je gravitacioni način odvođenja atmosferskih voda u kom se tečenje odvija sa slobodnim vodenim ogledalom. Prednost je u tome što se kao glavna pogonska sila koristi gravitaciona sila i upravo to ovaj sistem čini sistemom sa najširokom upotrebom.

Cevovod se postavlja pod određenim nagibom koji je dovoljan za ostvarivanje dovoljne brzine koja sprečava taloženje suspendovanih materija koje se nalaze u otpadnoj vodi. Kada se dostignu maksimalne dubine ukopavanja grade se crpne stanice u koje se ugrađuju pumpe koje otpadnu vodu podižu na viši nivo odakle se opet nastavlja gravitaciono tečenje.

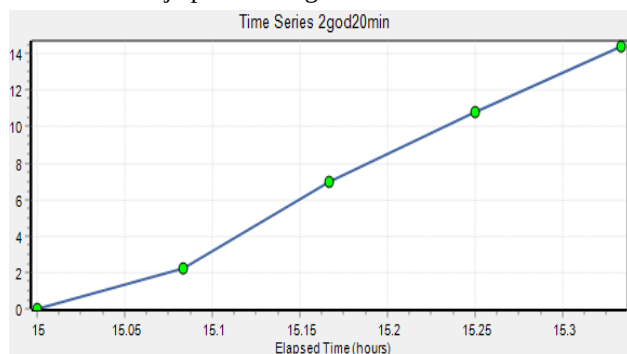
3. ATMOSFERSKE PADAVINE

Pod atmosferskim padavinama podrazumevaju se svi oblici kondenzovane i sublimirane vodene pare u vazduhu, koji se na zemljinoj površini pojave u tečnom ili čvrstom obliku, i one mogu biti u različitim oblicima: kiša, sneg, grad ili ledena kiša. Tokom suše u kanalima atmosferske kanalizacije nema proticaja, dok za vreme padavina on naglo poraste i to je razlog velike promenljivosti protoka tokom godine. Da bi se sistem pravilno dimenzionisao neophodno je poznavati osnovne karakteristike kiše a to su trajanje, intenzitet i učestalost padavina [2]. Atmosferska voda može izazvati velike probleme, materijalnu štetu u ekstremnim situacijama čak i gubitak života te je potrebno obezbediti njeno efikasno odvođenje najkraćim putem u najkraćem roku, a sve u skladu sa konfiguracijom terena.

3.1. Merodavne padavine

Najvažniji ulazni podatak u proračunu prilikom simulacije oticaja i dimenzionisanja atmosferske kanalizacije su padavine. Iz praktičnih i ekonomskih razloga sistem se ne može projektovati tako da se obezbedi potpuna zaštita od izlivanja i plavljenja, već se teži zadovoljavajućem odvođenju vode.

U naseljenim područjima ne sme doći do preopterećenja mreže, izlivanja ni do tečenja pod pritiskom u cevima kada se mreža dimenzioniše na kišu povratnog perioda jednom u dve godine. Na slici 1 dat je prikaz sumarne linije kiše u trajanju od 20 minuta povratnog perioda jednom u dve godine koja je korišćena prilikom dimenzionisanja predmetnog sistema.



Slika 1. Sumarna linija kiše povratnog perioda 1 u 2 godine u trajanju od 20 minuta

Na osnovu evropskog standarda DIN EN 752 kod većih odvodnih sistema i kod primene simulacije proticaja preporučuje se da se zaštita od plavljenja odredi putem specifikacije dozvoljene učestalosti plavljenja. U skladu s tim u naseljenom mestu kao što je Sefkerin za proveru sistema usvojena je kiša povratnog perioda 1 u 20 godina, prilikom koje je dozvoljeno da dođe do tečenja pod pritiskom.

4. OBJEKTI NA MREŽI

Za vojvođansko naselje poput Sefkerina za odvođenje atmosferskih voda karakteristična je upotreba otvorenih uličnih kanala gde god je to moguće ostvariti. Ovaj način odvođenja atmosferskih voda ima i prednosti i mane. Velika prednost je to što je prilikom izgradnje ekonomski najpogodniji jer zahteva manje radova, male količine iskopa, pa se zbog toga u praksi često koristi. Veliki nedostatak je zauzimanje veće površine za izgradnju.

Kako bi tokom svoje eksploatacije zadržali svoj projektovani poprečni presek potrebno je izdvajati velike sume novca i to predstavlja njihov glavni nedostatak. Takođe, ograničavaju komunikaciju ljudi i mehanizacije, i potrebno je graditi prilaze u vidu propusta. Usvojen kanal je trapeznog poprečnog preseka. Minimalna širina dna kanala je 50 cm. Usvojeni nagib kosina je 1:1,5, koji zavisi od karakteristika zemljišta. Dubina kanala zavisi od topografije terena i trase puta uz koji se postavlja, i ograničena je uslovom da kanal mora biti dovoljno nisko da bi se voda mogla slobodno ulivati u njega. Brzina u kanalima se ograničava od minimalnih 0,3 m/s do maksimalnih 0,9 m/s. Postavljaju se sa malim podužnim nagibom dna, minimalna dubina ukopavanja je 0,5 m a maksimalna 1,3 m. Kada dubina ukopavanja premašuje pomenutu vrednost, onda se prelazi na postavljanje zatvorenih kolektora.

Zatvoreni kolektori se takođe koriste i na mestima ukrštanja kanala i puta. Najveća prednost zatvorenih kolektora je to što se oni u potpunosti nalaze ispod zemlje i na taj način su zaštićeni od uticaja saobraćaja i namernih oštećenja od strane čoveka. Maksimalni nagibi dna kolektora se ograničavaju da bi se sprečilo habanje i oštećenje objekata usled prevelike brzine toka. Minimalni nagibi dna se menjaju u zavisnosti od prečnika cevi i oni se propisuju da bi se obezbedila minimalna transportna sposobnost koja omogućava samoispiranje i sprečavanje istaložavanja materijala u kolektoru. Minimalni i maksimalni nagib dna utiču na minimalne i maksimalne brzine toka. Propisuje se da minimalna brzina vode u kolektorima bude 0,6 m/s, a maksimalna se ograničava na 5 m/s jer se ovde radi o odvođenju atmosferskih padavina prilikom kojih su kolektori povremeno puni i zbog toga se brzina ograničava na 5 m/s [3]. Za izgradnju atmosferske kanalizacione mreže odabrane su cevi od poliestera velikih prečnika.

Ostali objekti koje je potrebno postaviti na mreži su slivnici, kaskade i revizionna okna.

5. PROGRAMSKI PAKET SWMM

Pomoću softverskog paketa EPA Storm Water Management Model simulira se proces transformacije padavina u oticaj. Zasniva se na metodi kojom se fizički proces oticaja predstavlja matematički, gde se dozvoljava unos različitih vrednosti ulaznih parametara da bi se dobile vrednosti izlaznih veličina na određenoj lokaciji. Taj proces je složen i obuhvata definisanje elemenata sliva i kanalizacionog sistema, zadavanje karakteristika tih elemenata, odnosno vrednosti parametara modela i izbor metoda proračuna. Objekti pomoću kojih se simulira hidrološki ciklus u urbanim sredinama su kišomer (Rain Gage) pomoću kojeg se predstavljaju padavine, podsliv (Subcatchment) pomoću kojeg se predstavlja površina zemljišta, akvifer (Aquifer) pomoću kojeg se predstavljaju podzemne vode i objekti tipa čvor (Node) i veza (Link) pomoću kojih se prikazuje kanalizaciona mreža i njeni objekti (kanali, cevi, pumpe i zatvarači). U zavisnosti od potreba treba pronaći balans između detaljnosti modela i pojednostavljenja proračuna [7].

6. REZULTATI HIDRAULIČKOG PRORAČUNA

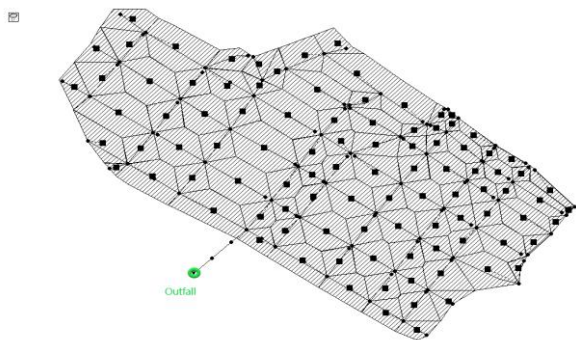
6.1. Uopšteno o mreži

Model proračuna se sastoji od 118 čvora, 118 kolektora i jednog izliva. Atmosferska voda se gravitaciono kreće

kroz sistem. Naselje se nalazi na relativno ravnom terenu sa veoma blagim nagibom za koji je usvojena vrednost od 0,1 %. Ukupna površina sliva je 178,12 ha. Sefkerin je ruralno naselje što znači da nije gusto izgrađeno i da ima jako mali procenat nepropusnih površina. Izračunata srednja vrednost % nepropusnih površina je usvojena za većinu slivova, 7 %. U centralnom delu naselja procenat nepropusnih površina je usvojen da je 8 %.

Mreža je koncipirana tako da se atmosferska voda sa krajeva naselja vodi ka centralnom delu na jugu naselja odakle se skupljaju u jedan kolektor koji dalje vodi do recipijenta. Mesto gde se tri kolektora spajaju u jedan nalazi se na uglu ulice Stojanov Milana i Partizanske, odakle dalje prolazi kroz separator ulja i masti i zatim se nastavlja do mesta izlivanja u reku Tamiš obeležen kao outfall.

Mreža kolektora je postavljena paralelno sa ulicama a nagib svakog sporednog kolektora je odabran tako da budući smer tečenja vode u njemu prati pad terena, a da se u isto vreme voda što kraćim putem odvede do recipijenta. Na slici 2 dat je prikaz usvojene mreže sa označenim izlivom Outfall.



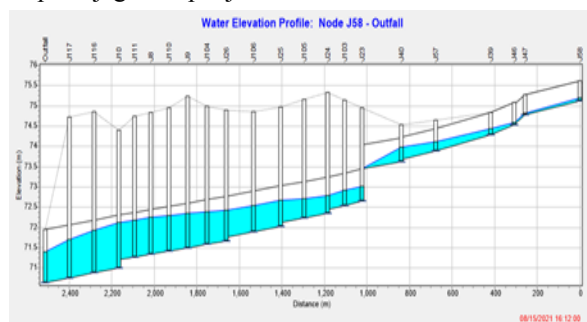
Slika 2. Prikaz usvojene mreže kolektora

6.2. Prikaz rezultata prilikom padavina povratnog perioda 1 u 2 godine

Mreža je dimenzionisana tako da ne dođe ni do preopterećenja ni do tečenja pod pritiskom pri padavinama povratnog perioda jednom u 2 godine, što je u skladu sa preporukama za dimenzionisanje atmosferske kanalizacije u ruralnim područjima.

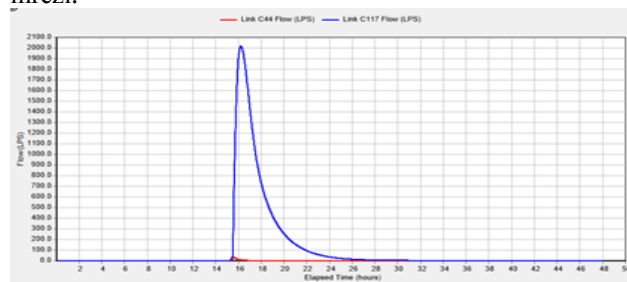
Padavine su podešene tako da počinju u 15:00 i da traju 20 minuta. Pri takvim padavinama maksimalan proticaj kroz izliv je 2018,27 l/s.

Sistem je najopterećeniji u 16:12, a prikaz karakterističnog podužnog profila sa maksimalnom linijom nivoa od čvora J58 na istoku naselja do izliva Outfall i tada je maksimalan stepen njegove ispunjenosti 83%.



Slika 3. Podužni profil od čvora J58 na istoku naselja do samog izliva pri padavinama povratnog perioda 2 godine

Kada se proticaj simulira kroz vreme kroz ove kolektore i otvorene kanale uočava se da voda iz otvorenih kanala koji se nalaze na periferiji, lagano teče sve dok ne dođe do većeg opterećenja kolektora u delu koji je bliži izlivu. Kako se opterećenje kolektora povećava tako se javlja sve veći uspor toka i voda iz kanala sve slabije otiče. Maksimalan stepen ispunjenosti kolektora je 83% i to u cevi C111 ispred tačke spajanja sa granama mreže koje dolaze sa istoka i severa naselja. Maksimalan stepen ispunjenosti glavnog kolektora se razlikuje u svakom pojedinačnom kolektoru, ali može se reći da prosečna vrednost maksimalnog stepena ispunjenosti glavnog kolektora iznosi 75,33%. Na podužnim profilima uočava se da je od čvora linija nivoa u skoro svim kolektorima skoro ravna linija što nam jasno govori da je to posledica opterećenosti glavnog kolektora jer dolazi do poremećaja nivoa prilikom ulivanja vode iz otvorenih kanala u zatvoreni kolektor i taj poremećaj se dalje prenosi uzvodno. Kako se opterećenje kolektora povećava tako se javlja sve veći uspor toka i voda iz poslednja tri kolektora sve slabije otiče. Na slici 4 dat je prikaz promene proticaja kroz vreme prvog i poslednjeg kolektora u mreži.

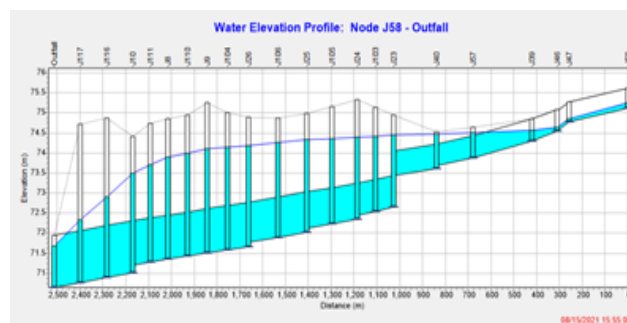


Slika 4. Prikaz promene proticaja kroz vreme u prvom i poslednjem kolektoru u mreži

Zbog različitih pozicija u mreži zanimljivo ih je uporediti. Sa slike je uočljivo da se u najudaljenijem kolektoru ranije javlja protok zatim i pik i da u trenutku kada je protok u njemu zanemaljivo mali u poslednjem kolektoru se javlja pik. Ovakav odnos proticaja je u potpunosti očekivan.

6.3. Prikaz rezultata prilikom padavina povratnog perioda 1 u 10 godina

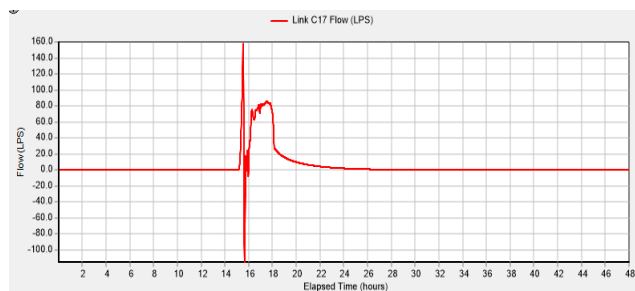
Pri padavinama dvadesetogodišnjeg povratnog perioda u trajanju od 20 minuta maksimalan proticaj kroz izliv javlja se sat vremena nakon početka padavina i iznosi 3745,16 l/s. Prikaz uzdužnih profila glavnog kolektora sa maksimalnom linijom nivoa prikazan je na slici 5.



Slika 5. Podužni profil kanala i kolektora sa maksimalnom linijom nivoa od čvora J58 na istoku naselja do samog izliva pri padavinama povratnog perioda 20 godina

Maksimalan stepen ispunjenosti glavnog kolektora se razlikuje u svakom pojedinačnom kolektoru, ali može se reći da prosečna vrednost maksimalnog stepena ispunjenosti glavnog kolektora (od čvora J10 do izliva Outfall) iznosi 96.7%. Pri padavinama dvadesetogodišnjeg povratnog perioda zatvoreni kolektori su preopterećeni, i dolazi do izlivanja u čvorovima J34, J40 i J96, kao i do tečenja pod pritiskom. U poređenju sa padavinama dvogodišnjeg povratnog perioda vidimo drugačije ponašanje sistema.

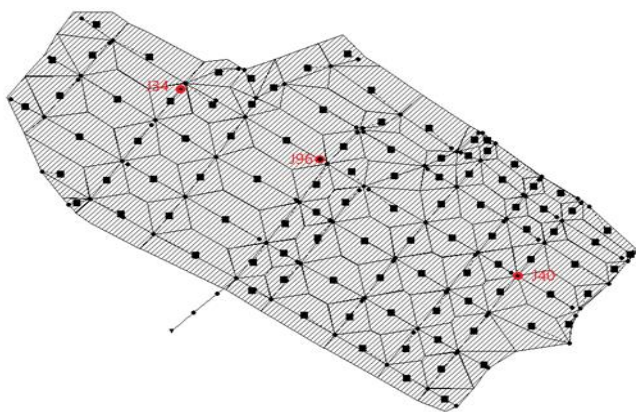
Na slici 6 prikazana je promena protoka u otvorenom kanalu C17 koji se nalazi između čvorova J23 i J27 na uzvodnom delu mreže, nakon kojeg se tečenje odvija putem kolektora.



Slika 6. Prikaz položaja čvorova u kojima dolazi do izlivanja pri padavinama povratnog perioda 20 godina

Na slici se vidi da u posmatranom kanalu dolazi do „negativnog“ protoka, odnosno voda počinje da se kreće u suprotnom smeru. Dakle prilikom padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda glavni kolektor je toliko opterećen da voda iz nizvodnih delova počinje da teče ka uzvodnom delu kolektora i ta pojava je na hidrogramu prikazana kao negativan protok.

Na slici 7 dat je prikaz položaja čvorova u kojima dolazi do izlivanja prilikom padavina povratnog perioda jednom u dvadeset godina.



Slika 7. Prikaz položaja čvorova u kojima dolazi do izlivanja pri padavinama povratnog perioda 20 godina

Nadmorske visine terena ovih tačaka su jedne od nižih u mreži. Takođe, u odnosu na glavni kolektor, nalaze se na mestima na koje on utiče svojom preopterećenošću. Potrebno je naglasiti da su čvorovi J34 i J96 na početnim deonicama kanalizacione mreže. Do izlivanja u njima dolazi jer su one tačke sa najnepovoljnijim uslovima u mreži prilikom padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda.

7. ZAKLJUČAK

Usvojena je mreža u kojoj se voda gravitaciono kreće, a sastoji se od 118 čvorova, 118 kolektora i kanala zajedno i jednog izliva. Otvoreni kanali su usvojeni gde god je to bilo moguće, tj. sve dok dubina ukopavanja nije prelazila 1,3 m, nakon te dubine usvajane su cevi, tako da se mreža sastoji od 82 otvorenih kanala i 36 cevi. Mreža je koncipirana da najkraćim putem odvede vodu do recipijenta. Na početnim deonicama na periferijama naselja postavljeni su otvoreni kanali tako da prate nagib terena. Gde su kanali prelazili dubinu 1,3 m postavljani su kolektori. Predviđaju se tri grane kolektora koje odvedu vodu sa tri strane naselja, sa istoka, severa i juga, koje se spajaju u čvoru J10 i zajedno odlaze glavnim kolektorom ka izlivu koji je zacevljen i najdublje ukopan.

Čvor J10 se nalazi na mestu ukrštanja Partizanske ulice i Stojanov Milana pa je glavni kolektor trasiran duž livade do separatora i zatim do samog izliva. Atmosferska kanalizacija vodu iz naselja odvodi u reku Tamiš. Mreža je trasirana i dimenzionisana tako da ispunjava sve zahteve i preporuke u vidu zaštite od plavljenja, minimalnih i maksimalnih dozvoljenih brzina, nagiba kolektora, dubine vode u kolektorima tako da na osnovu svega navedenog možemo zaključiti da je mreža pravilno trasirana i dimenzionisana.

8. LITERATURA

- [1] Prostorni plan opštine Opovo, JP „Zavod za urbanizam Vojvodine“ Novi Sad, maj 2011;
- [2] Pisana predavanja za predmet Uvod u hidrologiju. Jasna Petrović. Građevinski fakultet u Beogradu. Beograd 2001. godine;
- [3] Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Stipić Matija. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad 2016;
- [4] Pisana predavanja iz predmeta Hidraulika II. Budinski Ljubomir;
- [5] Mehanika fluida, knjiga prva, Osnove. Georgije Hajdin. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu;
- [6] Hidromašinska oprema. Dušan Uzelac. FTN Izdavaštvo Novi Sad, 2015;
- [7] Storm Water Management Model, User's Manual Version 5.1. EPA. US Environmental Protection Agency, Lewis A. Rossman. September 2015;
- [8] <https://www.wikipedia.org>;
- [9] <http://www.opovo.org.rs>;

Kratka biografija:



Stefana Biočanin rođena je u Kraljevu 1995. godine. Diplomski rad iz oblasti građevinarstvo, na temu „Idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Čenej“, iz predmeta Komunalna hidrotehnika odbrani-la je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno zaposlena u struci.

ANALIZA RAZVOJA KANALIZACIONOG SISTEMA PETROVARADINA**ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE PETROVARADIN SEWERAGE SYSTEM**Strahinja Milosavljević, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- GRAĐEVINARSTVO – HIDROTEHNIKA**

Kratak sadržaj – U radu je proučavan generalni projekat kanalizacionog sistema Petrovaradina. Usvojen je hibridni kanalizacioni sistem koji sačinjavaju opšti kanalizacioni sistem nižih delova Petrovaradina i sistem za prikupljanje otpadnih voda Mišeluka, Bukovca i dela Petrovaradina. Sistem je isprojektovan tako da kada nema padavina bude zadovoljen uslov stepena ispunjenosti. Pri pojavi padavina koje se javljaju jednom u dve godine u sistemu ne dolazi do tečenja pod pritiskom, a padavine sa učestalošću jednom u dvadeset godina mogu prouzrokovati plavljenja. Simulacija rada dela kanalizacionog sistema Petrovaradina (područje Petrovaradina i Mišeluka) izvršena je uz pomoć programskog paketa EPA SWMM 5.1. Na osnovu rezultata analize formiran je situacioni plan kanalizacione mreže posmatranih delova sistema.

Ključne reči: opšti kanalizacioni sistem, sistem za prikupljanje otpadnih voda, uslov stepena ispunjenosti, plavljenje, situacioni plan

Abstract – The paper studies the general design of the Petrovaradin sewerage system. A hybrid sewerage system was adopted, consisting of a general sewerage system of the lower parts of Petrovaradin and a system for collecting wastewater from Mišeluk, Bukovac and parts of Petrovaradin. The system is designed so that when there is no precipitation, the condition of the degree of fulfillment is fulfilled. When precipitation occurs every two years, there is no pressure flow in the system, and precipitation with a frequency of once in twenty years can cause floods. The simulation of the operation of the part of the sewerage system of Petrovaradin (area of Petrovaradin and Mišeluk) was performed with the help of the software package EPA SWMM5.1. Based on the results of the analysis, a situational plan of the sewerage network of the observed parts of the system was formed.

Keywords: general sewerage system, wastewater collection system, condition of degree of filling, flooding, situational plan

1. UVOD

U ovom radu analizirano je rešenje odvođenja otpadnih voda na području Petrovaradina i Mišeluka prema planskoj dokumentaciji zavoda za urbanizam, koja je izdata 31.03.2012. godine u Novom Sadu [1].

Odvođenje otpadnih voda Petrovaradina, Mišeluka i Bukovca, uzimajući u obzir razvoj ovih područja, rešava se

izgradnjom kanalizacionog sistema Petrovaradina.

Niži delovi područja Petrovaradina potrebno je da prihvate i atmosferske padavine to jest potrebno ih je projektovati sa mešovitim sistemom kanalizacije. Povod za ovakvo projektno rešenje jeste to da Dunav u ovim delovima utiče na nivo u Rokovom potoku pa nije moguće orjentisati atmosfersku kanalizaciju prema njemu za razliku od ostalih područja ovoga projekta.

Za projektovanje kanalizacionog sistema korišćen je programski paket Storm Wather Managment Model (SWMM). Prilikom dimenzionisanja kanalizacione mreže prvo su uneti ulazni podaci, trasa, otpadne vode i atmosferske vode, koji utiču na tok proračuna.

Uz pomoć unetih parametara, model počinje analizu i kao izlaz, odnosno, rezultat dobija se protok u mreži, brzine po deonicama, ispunjenost deonica vodom itd.

2. POLOŽAJ TRASE

Prvi korak pri dimenzionisanju kanalizacione mreže je da se pretpostavi položaj trase. Usvajaju se šahtovi, položaji šahtova, njihova dubina, njihova veličina. Usvajaju se cevi, njihov položaj, njihove dužine, njihovi prečnici i njihovi nagibi.

Ovi podaci su usvojeni na osnovu postojećeg stanja, urbanističkih planova i topografskih karata tako da zadovolje granične uslove [1]. Formirana je trasa dužine 72.382 m (sedamdeset dve hiljade trista osamdeset dva metra) sa 17.772 (sedamnaest hiljada sedamsto sedamdeset dva) šahtova i dve crpne stanice u dwg formatu.

2.1. Postojeće stanje

Podaci o postojećem sistemu prikupljen je sa sajta urbanizma i podloga iz katastra. Podaci obuhvataju položaje postojećih šahtova, položaje cevi i njihove prečnike. Takođe navode se i godine izgradnje pojedinjenih deonica i trenutno njihovo stanje. Novoprojektna trasa povlačena je po trasi postojeće tako da se zadržavaju položaji šahtova i pravci tečenja uz korekciju niveleta problematičnih deonica.

2.2. Plan detaljne regulacije

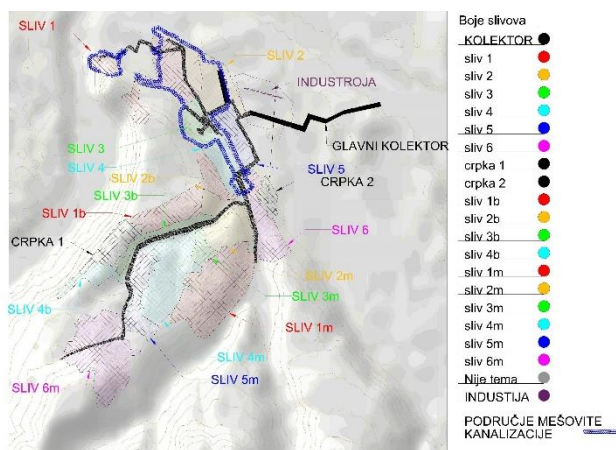
Za potrebe rada planovi regulacije posmatranog područja su preneti u dwg crtež koji će se koristiti kao osnova za crtanje trase, a kasnije i za izradu situacionog plana kanalizacije. Plan detaljne regulacije sadrži izgrađene ili planirane površine koje pripadaju javnim službama, slobodne površine, infrastrukturne objekte, površine namenjene za stanovanje, saobraćajnice i tako dalje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Matija Stipić.

2.3. Položaj kolektora i slivova

Preko programskog paketa S.A.S prikupljene su topografske karte i satelitski snimci koji su osnova za usvajanje položaja glavnih kolektora i usvajanje slivnih površina. Trasa glavnog kolektora je postavljena tako da prati najniže delove terena to jest povlačena je po talveg liniji. Na osnovu nagiba terena povučene su vododelnice i formirani slivovi, slika 1.



Slika 1. Kolektor i slivne površine

2.4. Granični uslovi

Kanalizacioni sistem Petrovaradina za potrebe odvođenja otpadnih i atmosferskih voda koristi rešenje evakuacije sa slobodnim tečenjem. Pri projektovanju trase ovakvog sistema potrebno je zadovoljiti uslove [2]:

- minimalnih nagiba i maksimalnih nagiba cevi
- minimalne i maksimalne dubine ukopavanja
- minimalnih prečnika
- rastojanje između šahtova

3. PROTICAJ OTPADNE I STRANE VODE

Proticaj po suvom vremenu u kanalizacionom sistemu naselja čine sledeći elementi:

- upotrebljena voda stanovništva,
- industrijska otpadna voda i
- procedne voda

3.1. Upotrebljena voda stanovništva

Upotrebljene vode stanovništva podrazumevaju upotrebljene vode gazdinstava, različitih javnih i uslužnih ustanova. Trenutno na teritoriji Petrovaradina prema podacima JKP Informatika Novi Sad živi 17.754 stanovnika, a na teritoriji Bukovca 4.086 stanovnika. Urbanističkim planom Novoga Sada predviđa se razvoj ovih područja tako da područje Mišeluka naseljava 18.000 stanovnika, područje Petrovaradina 14.000 stanovnika, a područje Bukovca 5.000 stanovnika. Ukupan broj stanovnika posmatranog područja iznosi 37.000. Specifični dnevni doticaj [2] iznosi sto četrdeset litara po stanovniku na dan ($q_{\text{spec}}=140 \text{ l/st./dan}$). Srednji dnevni proticaj [2] otpadnih voda iz domaćinstava određen je množenjem broja stanovnika na kraju projektnog perioda sa specifičnim dnevnim proticajem i iznosi dvesta petnaest metara kub-

nih kroz čas ($Q_{\text{sr.dn.}}=215 \text{ m}^3/\text{h}$). Maksimalni dnevni oticaj [2] otpadnih voda, $Q_{\text{max.dn.}}$ (m^3/dan), iz domaćinstava određen je kao 50% veći oticaj od $Q_{\text{sr.dn.}}$ i iznosi oko devedeset litara po sekundi ($Q_{\text{max.dn.}}=90 \text{ l/s}$). Maksimalni časovni oticaj [2] iznosi sto četrdeset pet litara kroz sekund ($Q_{\text{max.h.}}=145 \text{ l/s}$) i dobijen je množenjem maksimalnog dnevnog doticaja sa koficijentom časovne neravnomernosti ($k_{\text{max,dan}}=1,4$).

Za javne i uslužne objekte primenjene u tehničkim normama DWGV W 410 koje daju detaljne preporuke za procenu potrošnje.

3.2. Industrijska otpadna voda

Količina otpadne vode iz industrije [2] Q_{Ind} iznose 6,88 l/s i izračunata je na sledeći način:

$$Q_{\text{ind}} = q_{\text{ind}} * A_{\text{c,s}} [\text{L/s}] \quad (1)$$

$A_{\text{cs}}=34.4 \text{ ha}$ - je površina privrednog i industrijskog područja sa kojeg se voda odvodi u kanalizaciju, $q_{\text{ind}}=0.2 \text{ l/s/ha}$ - specifična količina industrijske otpadne vode.

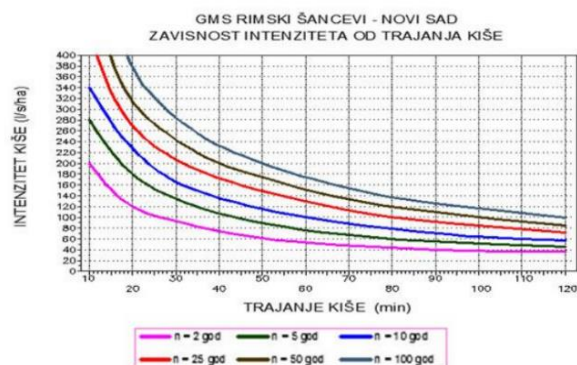
3.3. Procedne vode

Podzemna voda prodire kroz neispravne spojeve i kućne veze, pukotine i tako dalje, te ju je kao takvu nužno obračunati. Ukupan protok dobijen putem infiltracije Q_{inf} je 11,99 l/s [2] i računat je kao :

$$Q_{\text{inf}} = 0,2 * Q_{\text{sr,dam}} [\text{L/s}] \quad (2)$$

4. ATMOSFERSKE VODE – PADAVINE

Pod padavinama se podrazumeva taloženje vode iz atmosfere na površinu zemlje. One obuhvataju kišu, sneg i druge oblike u kojima voda dospeva do površine zemlje. Padavine se karakterišu trajanjem, intenzitetom i učestalošću. Obradom velikog broja podataka o padavinama dolazi se do statističke zavisnosti između trajanja, jačine i učestanosti kiše, koje se mogu prikazati preko dijagrama redova podjednako ekonomičnih računskih kiša, slika 2.



Slika 23. Zavisnost visine (intenziteta) kiše-trajanja kiše-povratni period

Slika 2, Zavisnost visine kiše-trajanja kiše-povratnog perioda

Kada dođe do izlivanja atmosferske vode usled padavina iz kanalizacionog sistema ili nemogućnosti njenog ulivanja zbog čega se zadržava na površini kažemo da je

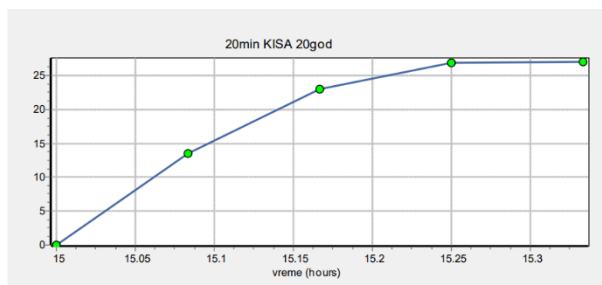
došlo do plavljenja [2]. Iz praktičnih razloga kanalizacioni sistem ne može da se projektuje tako da se prilikom padavina obezbedi potpuna zaštita od plavljenja ili prezašćenosti tla vodom. Prema tome, za različite učestalosti padavina potrebno je definisati ponašanje sistema kanalizacije.

Saglasno sa Evropskim standardom EN 752-2 usvojeno je da se pri pojavi padavina sa učestalnošću jednom u dve godine ne dozvoljava tečenje pod pritiskom, a za padavine koje se javljaju jednom u dvadeset godina može se očekivati plavljenje. Sledeće treba usvojiti trajanje kiše. Po trajanju, kiše mogu biti vrlo različite, od nekoliko minuta do nekoliko časova. Trajanje kiše usvaja se u zavisnosti od karakteristika sliva. U našoj praksi pokazalo se da je dvadesetominutna kiša kriterijum za projektovanje.

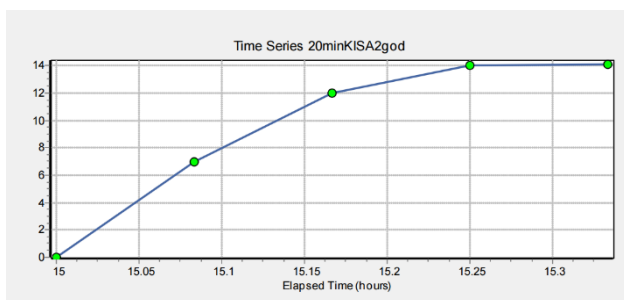
Konačno rad sistema kanalizacije je prikazan u slučaju pojave dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dve godine i dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dvadeset godina, slika 3 i slika 4.

Sva količina vode koja padne na površinu naselja ne otiče u kanalizaciju pošto se deo padavina zadrži na biljnom pokrivaču, prvo se zasiti površinski sloj zemljišta vodom, pa onda nastaje poniranje koje traje sve dok pada kiša i dok voda teče površinom. Gubitke vode koji nastaju usled infiltracije računaće se primenom Hortonove jednačine:

$$f_p = f_c + (f_o - f_c) * e^{-kt} \quad (3)$$



Slika 3, dvadesetominutna kiša koja se javlja jednom u dve godine



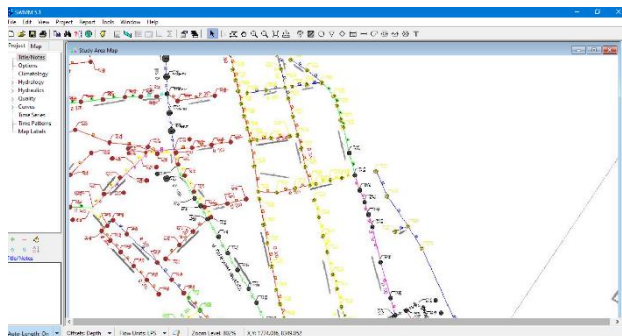
Slika 4, dvadesetominutna kiša koja se javlja jednom u dvadeset godine

5. MODELIRANJE KANALIZACIONOG SISTEMA

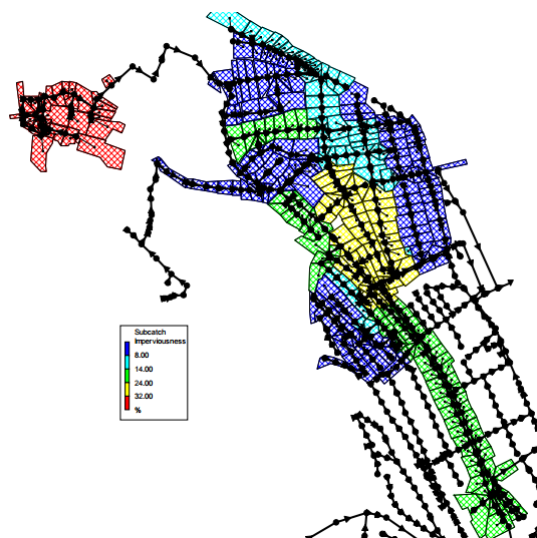
Modeliranje sistema započinje unošenjem podloge. Za podlogu koristi se trasa definisana u poglavlju dva. Iz dwg formata trasa prebačena je u jpg. format i uneta u softver EPA SWMM 5.1, slika 5.

Nakon podešavanja razmere mogu se uneti šahtovi i cevi po podlozi na obeleženim mestima sa zadovoljavajućom tačnošću. Za svaki šaht potrebno je uneti kotu dna kinete,

dubinu, površinu i opterećenje. Kote dna kinete i dubina šahta su zadati na podlozi. Od opterećenja unose se otpadne vode u svim čvorovima i atmosfere u nižim delovima Petrovaradina, slika 6.



Slika 5, Podloga uneta u EPA SWMM 5.1



Slika 6, Deonice koje prihvataju atmosfersku vodu

6. REZULTATI

Za modeliranje oticaja otpadnih voda korišćene su jednačina održanja mase i jednačina održanja količine kretanja u obliku tzv. Sen-Venanovih jednačina. Za rešavanje Sen-Venanovih jednačina koristiće se model dinamičkog talasa. Simulacija je podešena da koristi Darcy-Weisbach-ovu jednačinu za računanje gubitaka energije duž toka. Formirani model prikazuje rad kanalizacionog sistema u trajanju od dva dana:

- u suvom vremenu
- u slučaju pojave dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dve godine
- u slučaju pojave dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dvadeset godina

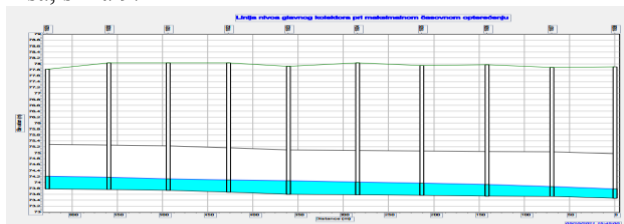
Suvo vreme je model tečenja bez padavina. U ovom slučaju model je formiran tako da je u svim cevima zadovoljen uslov stepena ispunjenosti [2]. Maksimalni časovni protok u mreži pri suvom vremenu iznosi 201,56 l/s.

Model sa dvadesetominutnom kišom koja se javlja jednom u dve godine je projektovan da ne dođe do preopterećenja sistema, odnosno nema tečenja pod pritiskom. Maksimalni časovni protok u mreži pri dvadesetominutnoj kiši koja se javlja jednom u dve godine iznosi 645,62 l/s.

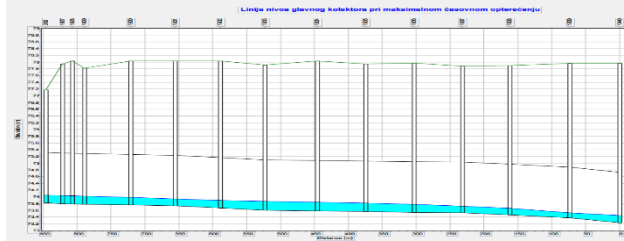
Model sa dvadesetominutnom kišom koja se javlja jednom u dvadeset godina dozvoljava tečenje pod pritiskom i izlivanje na površinu. Maksimalni časovni protok u mreži pri sa dvadesetominutnoj kiši koja se javlja jednom u dvadeset godina iznosi 1633,64 l/s.

Prva simulacija sa minimalnim dozvoljenim prečnicima nije uspjela da obezbedi rad sistema, što je bilo i očekivano, tako da su postepeno povećavani prečnici počevši od najnižvodnije cevi dokle god nije uspostavljen uspešan model koji omogućava rad sistema.

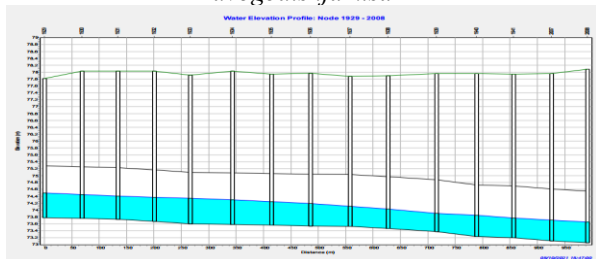
Na slikama 7, 8, 9 prikazan je nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako nema padavina, slika 7, ako se javlja dvogodišnja kiša, slika 8 i ako se javlja dvadesetogodišnja kiša, slika 9.



Slika 7, Nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako nema padavina



Slika 8, Nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako se javlja dvogodišnja kiša

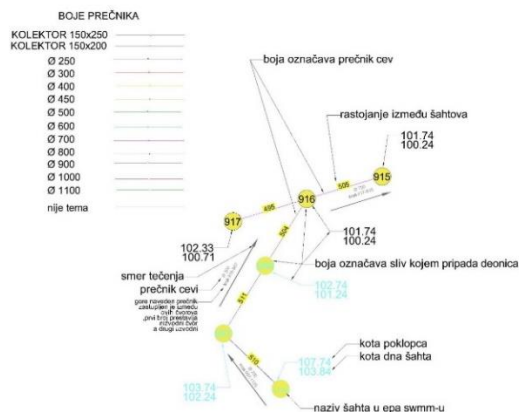


Slika 9, Nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako se javlja dvadesetogodišnja kiša

Novoprojektovani kanalizacioni sistem sastoji se od 50.850 m okruglih cevi prečnika 250 mm, 6.181 m okruglih cevi prečnika 300 mm, 4.650 m okruglih cevi prečnika 400 mm, 2.499 m okruglih cevi prečnika 500 mm, 1.413 m okruglih cevi prečnika 600 mm, 2.274 m okruglih cevi prečnika 700 mm, 2.075 m okruglih cevi prečnika 800 mm, 1.024,5 m okruglih cevi prečnika 900 mm, 34,2 m okruglih cevi prečnika 1000 mm, 494 m okruglih cevi prečnika 1100 mm, 568 m pravougaonog kolektora 200x150 cm i 2.188 m pravougaonog kolektora 250x150 cm.

Na osnovu rezultata simulacija formiran je situacioni plan kanalizacionog sistema i podužni profili na kojima su prikazani prečnici cevi, rastojanje između šahtova, kote po-

klopaca i kineta šahtova, što je osnova za dalje projektovanje, slika 10.



Slika 10, Detalj situacionog plana

7. ZAKLJUČAK

Rad prikazuje analizu razvoja kanalizacionog sistema Petrovaradina na području Petrovaradina i Mišeluk. Hidraulički proračuna vršen je preko programskog paketa EPA SWMM 5.1. i prikazuje rad sistema bez padavina, sa padavinama koje se javljaju jednom u dve godine i sa padavinama koje se javljaju jednom u dvadeset godina. Na osnovu hidrauličke analize dat je situacioni plan kanalizacije koji je osnova za dalje projektovanje. Trasa kanalizacionog sistema iznosi 72.382 m i ima 17.772 šahta i dve crpne stanice kapaciteta 8,5 l/s i 2,5 l/s.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.nsurbanizam.rs/planoviunaseljima> – JP Urbanizam, Zavod za urbanizam
- [2] Pisana predavanja: doc. dr Matija Stipić, Komunalna hidrotehnika, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016.

Kratka biografija:



Strahinja Milosavljević rođen je u Novom Sadu 1995. godine. Diplomski rad iz oblasti građevinarstvo, na temu „Idejno rešenje vodosnabdevanje nase-lja Sefkerin“, odbranio je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



Matija Stipić rođen je u Somboru 1964. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. godine u Novom Sadu, a od 2011. ima zvanje docenta. Oblast interesovanja su mu hidraulika i komunalna hidrotehnika.

ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈЕ АБ ЗГРАДЕ ПРЕМА ЕВРОКОДУ И УТИЦАЈ ПОЛОЖАЈА ЗИДОВА ЗА УКРУЋЕЊЕ НА ОДГОВОР КОНСТРУКЦИЈЕ**STRUCTURAL DESIGN OF RC BUILDING ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS AND EFFECTS OF SHEAR WALL LOCATION ON THE RESPONSE OF MULTI STOREY BUILDING**

Николина Брборић, Факултет Техничких Наука, Нови Сад

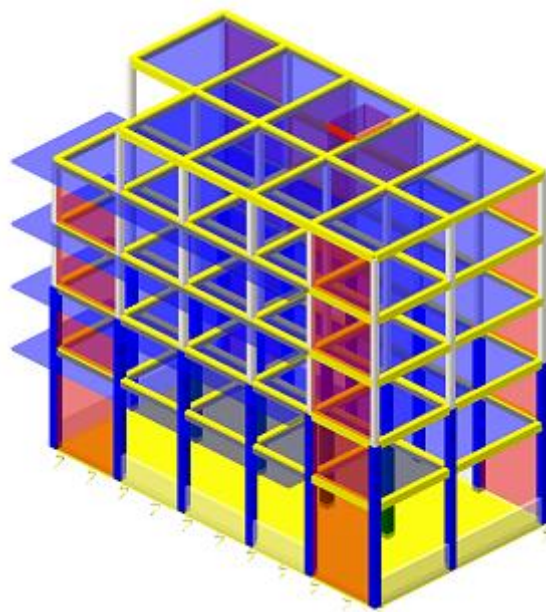
Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Тема овог рада јесте пројекат конструкције АБ зграде по европским стандардима те анализа утицаја различитих положаја смичућих зидова на одговор конструкције. Урађен је статички прорачун конструкције, спроведене су потребне прорачунске контроле те се затим приступило димензионисању.

Abstract – This paper analyzes structural design of rc building according to Eurocode and gives influence of different locations of shear walls on the response of the structure. First, static calculation was done, then various checks were carried out and at the end final dimensions of the elements and required reinforcement are adopted.

Кључне речи: АБ зграда, Еврокод, статички прорачун, димензионисање, сеизмичка анализа, зидови за укрућење

Keywords: RC building, Eurocode, structural design, earthquake resistance, shear walls



Слика 1. 3Д модел конструкције

1. УВОД

Пројектним задатком је предвиђено пројектовање аб конструкције стамбено-пословног објекта спратности П+4. Објекат је укрућеног скелетног конструктивног система, правоугаоне основе. Локација објекта је Нови Сад.

2. ТЕХНИЧКИ ОПИС**2.1. Архитектонско решење**

Према својој намени објекат је стамбено-пословни. Приземље и прве три етаже предвиђени су као пословни простори док је етажа четвртог спрата намјењена становању. Вертикална комуникација у објекту је обезбијеђена помоћу лифта и двокраког степеништа.

На објекту је предвиђен раван кров. Плафон четвртог спрата уједно представља и кровну плочу.

Облоге подова, у зависности од намене просторије, су паркет или керамичке плочице.

Сви зидови изводе се од YTONG блокова.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Ђорђе Лађиновић.

2.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем објекта је укрућени скелетни систем који формирају међуспратне и кровне таваничне конструкције ослоњене на оквире и зидове. Растер стубова је ортогонални са промјенљивим распонима у оба правца. Стубови приземља и првог спрата су димензија 40/40см и 45/45см а преосталих етажа 30/30см. Међусобно су повезани гредама 30/40см.

Таваничне конструкције су пуне плоче дебљине 15см пројектоване као систем континуалних крстасто армираних плоча у оба правца. Учествују у пријему и преносу и вертикалног и хоризонталног оптерећења. Степениште је пројектовано као двокрако дебљине степенишне плоче 15см. Подестне плоче се анкерују у зидна платна.

Подну конструкцију приземља чини низ пливајућих плоча дебљине 12 см. Ове плоче се изводе на тампон слоју туцаника дебљине 20см, $M_s=40\text{Мпа}$.

Темељну конструкцију објекта чини АБ плоча дебљине 50см. Испод темељне плоче изводи се тампон слој туцаника дебљине 30 см, $M_s=40\text{Мпа}$. Кота фундирања темељне плоче је на -1,50m. Дозвољени напон у тлу је 200Мпа.

Класа бетона свих носећих елемената конструкције је C25/30, квалитет арматуре B500.

2.3. Анализа оптерећења

Стално оптерећење чине сопствене тежине свих конструктивних елемената као и сва друга оптерећења која су по карактеру стална, непромјенљива и непокретна (стубови, греде, зидна платна, таванице и степеништа) и тежина неносећих елемената (зидови, испуне, подови, кровне облоге...). Сопствена тежина конструкције срачунава се на основу димензија и карактеристичних вриједности запреминских тежина дефинисаних у Еврокод 1 EN 1991-1-1:2002.

Корисно оптерећење се усваја у складу са стандардом Еврокод 1 EN 1991-1-1:2012 према коме су површине у зградама подијељене у категорије у складу са њиховом специфичном употребом. Подразумијева употребу простора од стране људи, покретне преграде, намјештај, возила.

Оптерећење снијегом је према карактеру промјенљиво и непокретно дејство дефинисано у стандарду EN 1991-1-3:2017. Основн параметар дејства снијега је оптерећење од снијега на тло који се читава са мапа датих у Националном анексу.

Оптерећење ветром се класификује као промјенљиво непокретно дејство. Ово дејство је према карактеру динамичко али се при анализи констукције приказује преко скупа притисака или сила, чији је утицај еквивалентан екстремним утицајима турбулентног вјетра. Оптерећење од вјетра дефинисано је у стандарду EN 1991-1-4:2012.

Сеизмичко оптерећење се израчунава помоћу софтвера, Tower, који нуди опцију сеизмичког прорачуна према Еврокод стандарду EN 1998-1:2004 примјеном мултимодалне спектралне анализе.

2.4. Моделирање конструкције и прорачун

Конструкција је моделирана просторно у софтверском пакету Tower. Веза објекта и подлоге је моделирана помоћу еластичних опруга по Винклеровом моделу.

Приликом моделирања конструкције вођено је рачуна о постизању једноставности модела као и реалном представљању конструкције, што подразумијева да се моделираним елементима задају што реалније механичке и геометријске карактеристике.

Након моделирања носећег система конструкције и наношења оптерећења на исти спроведена је модална анализа којом се одређују динамичке карактеристике конструкције (својствене вриједности периода и облици осциловања). Као улазни параметри, у прорачун модалне анализе унешени су коефицијенти учешћа маса као и коефицијенти комбинације за промјенљива дејства, како је дефинисано у стандарду EN 1998-1:2004.

Табела 1. Фактори оптерећења за прорачун маса

No	Naziv	Koeficijent
1	Stalno (g)	1.00
3	Korisno-Kategorija A	0.30
4	Korisno-Kategorija B	0.30

Модална анализа је спроведена за првих десет тонова, а резултујући периоди својствених осцилација (и фреквенције) су приказани наредном табелом.

Табела 2. Периоди осциловања конструкције

No	T [s]	f [Hz]
1	1.0920	0.9157
2	0.6987	1.4312
3	0.6218	1.6082
4	0.1243	8.0444
5	0.1194	8.3754
6	0.0902	11.0905
7	0.0659	15.1657
8	0.0576	17.3483
9	0.0510	19.6030
10	0.0449	22.2864

На основу спроведене анализе, приступа се дефинисању параметара за прорачун сеизмичких сила.

Сеизмичка анализа се спроводи у складу са правилима и препорукама европског стандарда EN 1998-1:2004 који садржи правила, сеизмичка дејства и правила за зграде.

Табела 3. Параметри за сеизмички прорачун

Категорија тла:	C
Категорија значаја:	II ($\gamma=1.0$)
Однос ag/g :	0.20
Фактор понашања:	3.9
Коефицијент пригушења:	0.05
S:	1.15
Tb:	0.2
Tc:	0.6
Td:	2

2.5. Контрола напона и померања

Према правилнику EN 1998-1:2004, неопходно је контролисати нормализоване аксијалне силе у примарним сеизмичким елементима, односно стубовима, зидним платнима и гредама. Нормализована аксијална сила се добија из сеизмичке прорачунске комбинације те се за примарне сеизмичке стубове пројектоване за класу дуктилности DCM ограничава на 0,65 а за зидове на 0,40.

Контрола напрезања у контактаној површи је спроведена примјеном методе прописаних мјера према којој се напрезање у тлу ограничава допуштеним напонам. Усвојена је дозвољена носивост тла у износу од 200 kPa. Контрола напона је урађена за анвелопу утицаја експлоатационих несеизмичких оптерећења (СЛС-карактеристичне комбинације) и анвелопу граничних сеизмичких комбинација (УЛС-сеизмичке ситуације). Иако Еврокодом 7 није дефинисано како се сеизмичке прорачунске ситуације анализирају приликом контроле поступком прописаних мјера традиционално се допушта да ивична напрезања која су последица сеизмичке ситуације прекораче допуштене напоне за 20%.

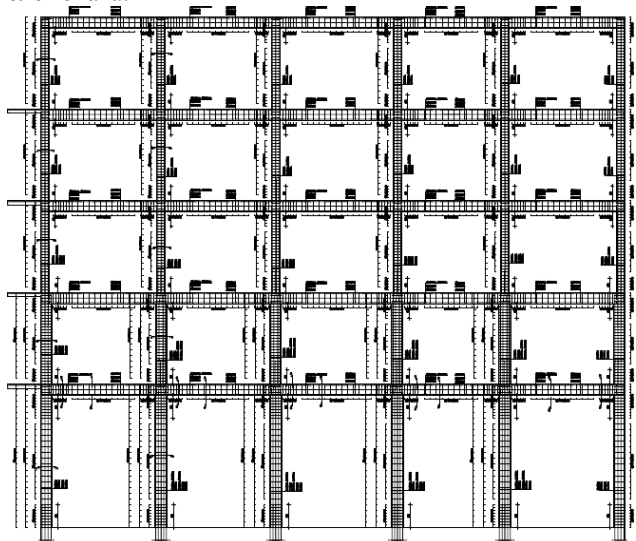
Сprovedена је и контрола међуспратних помијерања за предметни објекат која се одређују у функцији спратне висине. За неносеће елементе од кртих материјала, међуспратна помијерања су ограничена на 0,5% спратне висине.

2.6. Димензионисање

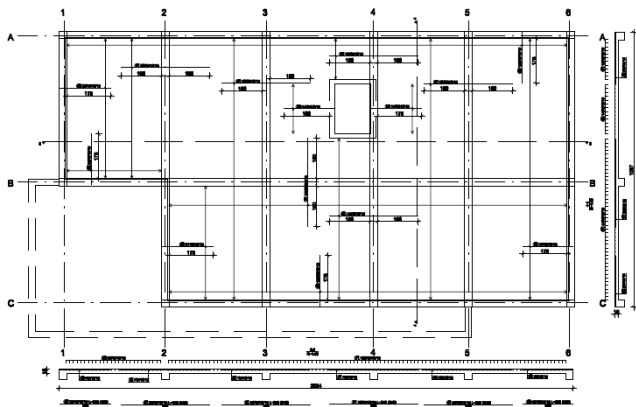
Елементи армиранобетонске конструкције објекта се димензионишу према граничном стању носивости и употребљивости којима се доказује сигурност, функционалност и трајност. Утицаји који се узимају као мјераодавни за димензионисање су максимални, добијени као резултат спроведене статичке анализе при којој су разматране све могуће комбинације граничних и експлоатационих оптерећења. Сваки елемент у сваком пресеку мора имати довољну количину арматуре како би задовољио услове поменутих граничних стања

Од плоча димензионисане су темељна плоча, плоча типског спрата и кровна плоча, док су за рамове изабрани по један рам за оба правца, рам Н-2 и V-3. Осим плоча и рамова, димензионисано је зидно платно у раму V-3 као и типско степениште са подестом.

На основу потребе за арматуром добијеном димензионисањем, усвојена је арматура и нацртани су планови армирања свих претходно наведених елемената.



Слика 2. Детаљ армирања рама



Слика 3. Детаљ армирања плоче

3. УТИЦАЈ ПОЛОЖАЈА ЗИДОВА ЗА УКРУЋЕЊЕ НА ОДГОВОР КОНСТРУКЦИЈЕ

Усвојени конструктивни систем поред основне функције обезбјеђења довољне носивости треба да обезбједи и прихватљив ниво хоризонталних помијерања. Велика хоризонтална помијерања која произилазе из хоризонталних дејстава могу да угрозе употребљивост објекта и редовно су праћена оштећењима неконструктивних елемената па чине целокупну структуру објекта неекономичном. Великим хоризонталним помијерањима конструкција постаје осјетљива на утицаје другог реда у стубовима.

Таваничне конструкције имају значајан удио у систему трансфера хоризонталног оптерећења тако што својом крутошћу обезбјеђују да се хоризонтално спратно оптерећење предаје вертикалним елементима сагласно њиховим крутостима. Како су зидови значајно већих крутости од стубова њима је повјерена ова улога. Како би се постигло транслаторно помијерање таваница (наспрам ротационом) основни принцип којим се треба водити је постизање симетрије зграде у основи и дефинисање јасних и директних путања преноса сеизмичког дејства. За несиметричне основе се тешко може обезбједити поклапање центра масе и центра крутости што има за последицу торзирање зграде у основи. Крутост таванице у својој равни мора бити довољна да не утиче на расподјелу сила између вертикалних елемената. Својом недеформабилношћу таваница обезбјеђује да се вертикални носећи елементи понашају као јединствена цјелина у супротстављању хоризонталним дејствима.

Избором крутости (броја, локације и крутости) зидова за укрућење може се регулисати хоризонтална помјерљивост објекта. Зидови за укрућење скелетни систем трансформишу у укрућени скелетни систем и тако му смањују хоризонтална помијерања. Међутим, смањује се и период осциловања конструкције што значи да укрућени скелети развијају веће сеизмичке силе. Ови зидови се најчеће оријентишу у два ортогонална правца јер је савојна крутост смичућег зида око дуже осе занемарљиво мала у односу на крутост зида супротне оријентације. Такође, треба водити рачуна о очувању континуитета крутости цијелом висином зграде тј. зидови за укрућење треба да буду добро утемељени, континуални и да се пружају барем већим дијелом висине зграде.

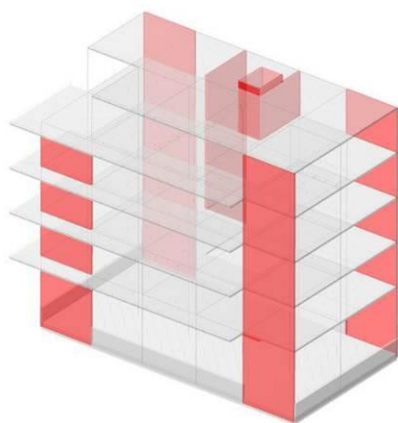
Несиметричан распоред крутих вертикалних елемената, ако су груписани уз ивицу или угао објекта, може довести до торзионог осциловања конструкције. Тада ободни стубови изложени великим хоризонталним помијерањима и због великих аксијалних сила доживљавају слом услед ефеката другог реда.

Како би се анализирао утицај промјене положаја зидова за укрућење на одговор конструкције упоређивани су резултати за 3 различита модела :

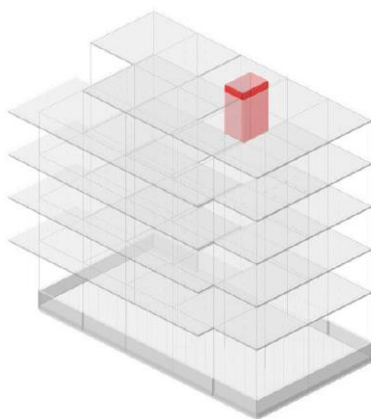
Модел 1- пројектовани модел

Модел 2 – сеизмички зидови распоређени само у централном дијелу објекта и

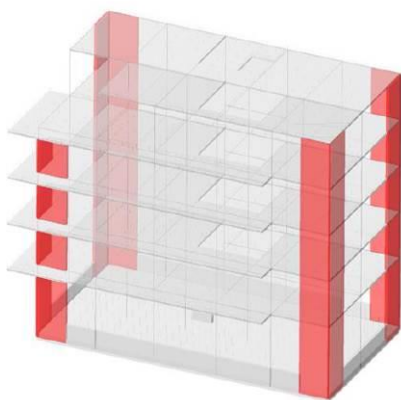
Модел 3- сеизмички зидови распоређени само по обиму



Слика 4. Модел 1



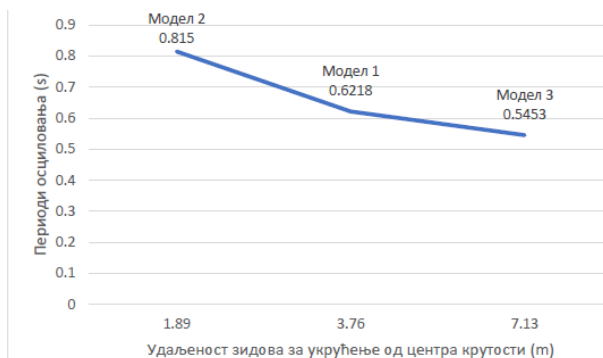
Слика 5. Модел 2



Слика 6. Модел 3

Анализом претходна 3 модела, дошло се до закључка да се по питању торзионих ефеката, тј. помијерања и облика осциловања изазваних торзијом, најбоље понаша модел 3 тј. модел конструкције код кога су зидови за укрућење распоређени по ободу конструкције.

Модел 2 је нејнеповољнији по питању утицаја торзионих ефеката на сеизмички одговор конструкције. Резултати анализе су приказани на следећем графику :



Слика 7. Графички приказ резултати анализе

4. ЗАКЉУЧАК

Анализом претходно приказаних модела, чији су резултати и графички приказани, долазимо до следећих закључака :

- Са аспекта супротстављања торзионим утицајима у основи зграде најбољи положај зидова за укрућење је фасадни (ободни) дио објекта
- Симетрија конструкције зграде у основи је мјера за постизање веће сеизмичке отпорности јер се тако постиже поклапање центра масе и центра крутости
- Поред постојања зидова за укрућење у X и Y правцу битан је и њихов распоред како би се спријечило торзирање зграде у основи
- Зидови за укрућење треба да буду добро утемељени, континуални и да се пружају барем већим дијелом висине зграде.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Еврокод 1: Дејства на конструкције
- [2] Еврокод 2: Прорачун бетонских конструкција
- [3] Еврокод 8: Прорачун сеизмички отпорних конструкција
- [4] Др Зоран Брујић: Бетонске конструкције у зградарству према Еврокоду

Кратка биографија:



Николина Брборић, рођена је у Приједору 1993. год. Октобра 2012. год. уписује одсек за Грађевинарство на Факултету техничких наука у Новом Саду. Јула 2017. год. стиче звање дипломираног инжењера грађевинарства. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Сеизмичка анализа конструкција одбранила је 2021. године.

IDEJNO RJEŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA DO MELIORATIVNIH KANALA U NASELJU ŽABALJ**CONCEPTUAL SOLUTION FOR DRAINING ATMOSPHERIC WATERS TO RECLAMATION CANALS IN THE SETTLEMENT OF ŽABALJ**

Julijana Stupić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada jeste izrada idejnog rješenja odvođenja atmosferskih voda primjenom programskog paketa EPA SWMM. Izvršena je analiza terena i na osnovu dobijenih podataka je trasirana kanalska mreža. Na osnovu klimatskih podataka je izvršen hidraulički proračun dobijenog modela pri padavinama dvogodišnjeg povratnog perioda u trajanju od 20 minuta i analiza rezultata. Potom se ista kanalska mrežila opteretila kišom dvadesetogodišnjeg povratnog perioda. Na kraju je dat uporedni prikaz rezultata hidrauličke analize sistema pri padavinama istog trajanja, a različitog povratnog perioda.

Ključne reči: Atmosferske vode, Kanalizaciona mreža, Hidraulički proračuna, Analiza, EPA SWMM,

Abstract – The subject of this paper is developing the conceptual solution for draining atmospheric water using software EPA SWMM. The terrain was analyzed and the sewerage was traced based on the obtained data. Based on climatic data, the hydraulic calculation of the model was preformed for rainfall whose recurrence period is two years and duration of 20 minutes and the results were analyzed. Then, the same model was performed for rainfall whose recurrence period is twenty years. At the end is given comparative view of the results of hydraulic analysis of the model for rainfalls of the same duration, but different recurrence period.

Keywords: Atmospheric waters, Drainage system, Hydraulic calculation, Analysis, EPA SWMM.

1. UVOD

Kanalizaciona mreža se vodi duž ulica, tako da što više prati nagib terena. Težilo se korišćenju otvorenih kanala, ali zbog uslova ukopavanja, onda kada je dubina veća od 1,3 m, i minimalnih nagiba, preovladavaju cijevi.

Vode, sakupljene sa područja naselja Žabalj odvođe se do meliorativnih kanala i to sa slobodnim tečenjem, gravitacionim putem.

Primjenjuju se i pumpe na onim mjestima gdje bi dubina ukopavanja dostigla maksimalnu graničnu vrijednost od 4 m, osim u slučajevima izliva gdje se dopušta dubina i do 4,5 m.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Matija Stupić, red. prof.

Atmosferska voda se upušta u recipijente direktno, bez prijetnogodnog prečišćavanja i to na više lokacija.

Proračun atmosferske kanalizacije se izvodi savremenom metodom, upotrebom programskog paketa EPA SWMM (Storm Water Management Model). Matematički model se formira zadavanjem vizuelnih elemenata mreže sistema kao i određenih parametara, vremenske serije/šablona i kontrole.

Za modelovanje se koristi model efektivnih padavina i to kumulativna kriva dvogodišnjeg povratnog perioda u trajanju od 20 minuta, a svi podslivovu u sistemu se opterećuju istim padavinama. Prema ovoj postavci se vodi računa da ne dođe do tečenja pod pritiskom niti do izlivanja.

EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički simulacioni model padavina - oticaja koji se koristi za pojedinačne događaje ili dugoročnu (kontinuiranu) simulaciju količine i kvaliteta oticaja iz, prije svega, urbanih područja [1].

Komponenta oticaja SWMM -a se bazira na kolekciji podslivova područja koja primaju padavine i stvaraju oticanje i zagađena opterećenja [1]. Dio za usmjeravanje prenosi ovo oticanje kroz sistem cijevi, kanala, uređaja za skladištenje/tretman, pumpa i regulatora [1]. SWMM prati količinu i kvalitet oticanja, generisanog u svakom od podslivova, i protok, dubinu protoka i kvalitet vode u svakoj cijevi i kanalu tokom perioda simulacije koji se sastoji od više vremenskih koraka [1].

SWMM uzima u obzir različite hidrološke procese koji proizvode oticanje iz urbanih područja. Ove uključuju [1]:

- Vremenski promjenljive padavine
- Isparavanje stajaćih površinskih voda
- Akumulacija i otapanje snega
- Presretanje kiše koja se izliva iz depresija
- Infiltracija padavina u nezasićene slojeve tla
- Perkolacija infiltrirane vode u slojeve podzemnih voda
- Međutok između podzemnih voda i sistema za odvodnjavanje
- Nelinearno usmjeravanje rezervoara kopnenim tokom
- Prikupljanje i zadržavanje padavina/oticaja sa različitim vrstama objekata.

1.1. Projektovanje sistema

Glavno slivno područje je podjeljeno na kolekciju 16 podslivova prema linijama razdvajanja površinskog toka.

Tabela 2. Osnovni parametri slivnog područja

Ukupna površina slivnog područja [ha]	497,6
Ukupno nepropusnih površina [ha]	100,8
Ukupno nepropusnih površina [%]	20,26
Prosječan nagib [%]	0,1
Maningov koef. za propusni dio sliva	0,24
Maningov koef. za nepropusni dio sliva	0,015

Uslove primjene otvorenih kanala ispunjava sam jug naselja, od ulice Stevana Sremca ka raskrsnici sa Hajduk Veljka, zatim ulica Hajduk Veljkova ka obodnom kanalu gdje je formiran ispust. Zaccjevljenja se nalaze tamo gdje kanali prelaze ulicu. Dubine kanala se kreću od minimalnih 0,6 m do 0,85 m, uz ostvareni minimalni pad 0,3% pa sve do 0,7%, dok je za Maningov koeficijent hrapavosti uzeta vrijednost od 0,03. Poprijezni presjek otvorenih kanala je trapezni sa širinom dna od 0,5 m i nagibom kosina 1:1,5.

Kanalska mreža zatvorenih kolektora je kružnog poprijecnog presjeka čiji se prečnici kreću od minimalnih 300 mm do 900 mm na pojedinim dionicama, sa odgovarajućim minimalnim nagibima od 0,3% odnosno 0,15%. Minimalna dubina polaganja cijevi zavisi od upotrebljenog prečnika i ona se kreće od 1,3 m do 1,9 m, dok je maksimalna dubina ograničena na 4 m, odnosno na 4,5 m na samim izlivima u meliorativne kanale.

Meliorativni kanali, obodni i kanal Kopovo, zapravo predstavljaju glavne otvorene kolektore atmosferskih voda kojim se voda odvodi dalje u Jegričku na sjeveru naselja Žabalj. Dubine vode u časovima maksimalnih opterećenja i promjene protoka su prikazani na narednim slikama.

2. REZULTATI SIMULACIJE

2.1. Kiša dvogodišnjeg povratnog perioda

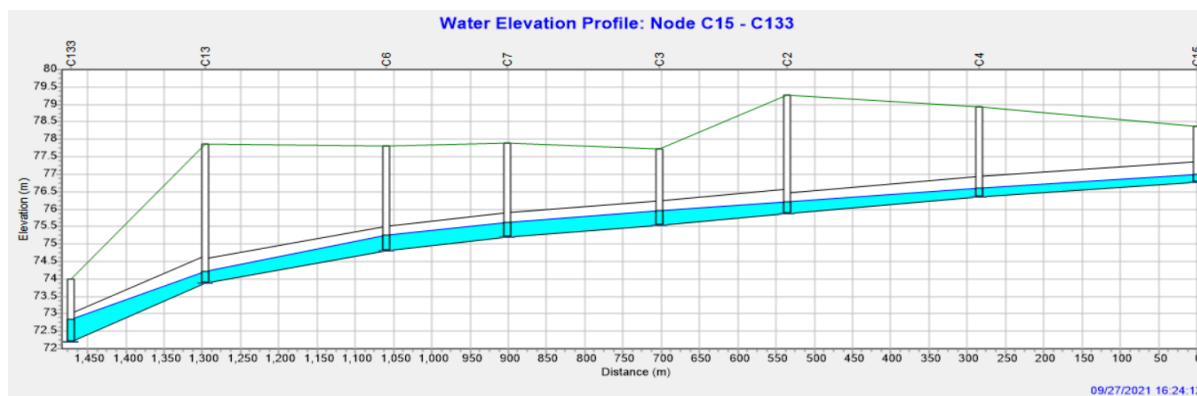
Mjerodavne su padavine dvogodišnjeg povratnog perioda, trajanja 20 minuta.

Tabela 3. Visine padavina za kišu dvogodišnjeg povratnog perioda i trajanja 20 minuta

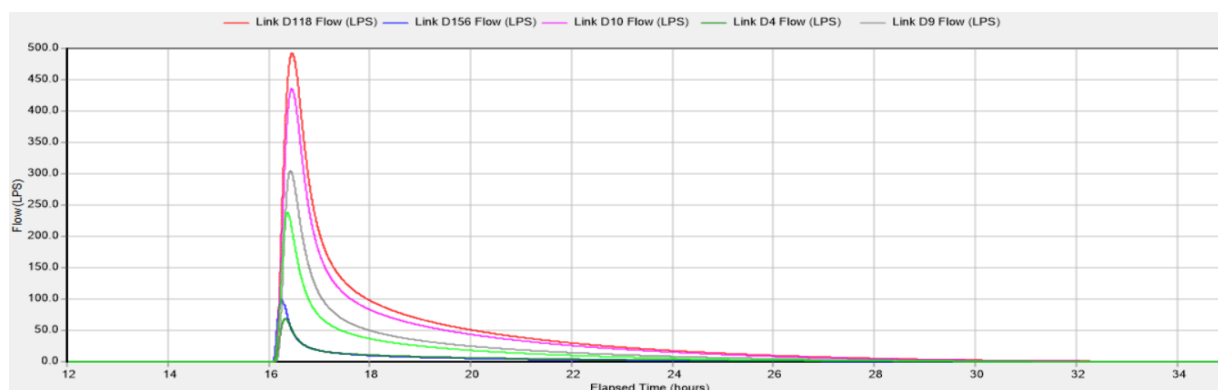
Vrijeme [h:min]	Visina padavina [mm]
16:00	0
16:05	7
16:10	12
16:15	14
16:20	14.1

Dubina vode u najdužoj dionici u času najvećeg opterećenja mreže zatvorenih kolektora sa izlivom u kanal Kopovo u čvoru C133 je prikazana na slici 1. Ova mreža prolazi kroz ulice Petra Kočića, Branka Radičevića, Josifa Pančića, Mihajla Pupina i Vidovdansku ulicu, te kroz parcele 2169/3 i 2145/139 izlazi na meliorativni kanal.

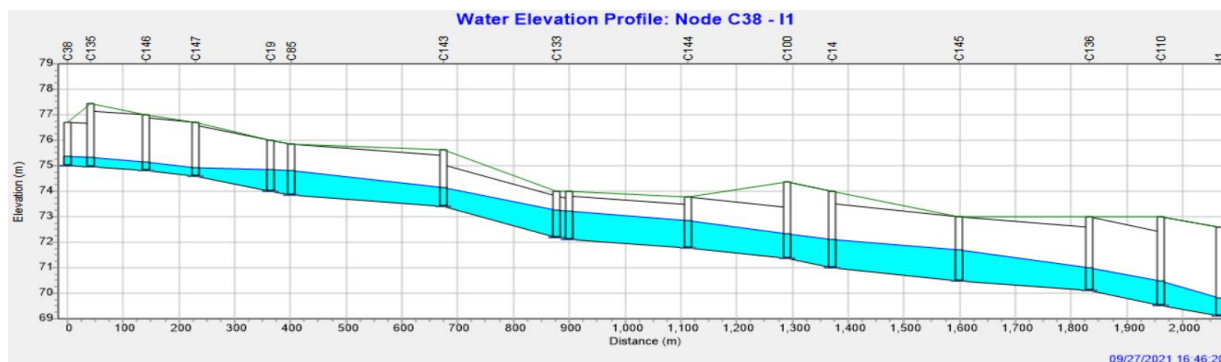
Promjena protoka kroz istu mrežu zatvorenih kolektora je prikazana na slici 2, sa maksimumom od 483 l/s na izlivu u meliorativni kanal.



Slika 1. Prikaz nivoa vode zatvorenog kolektora sa izlivom u čvoru C133



Slika 2. Prikaz promjene protoka zatvorenog kolektora sa izlivom u čvoru C133



Slika 3. Prikaz nivoa vode meliorativnom kanalu Kopovo

Na slici 3. prikazane su dubine vode u meliorativnom kanalu Kopovo. Čvorovi C38, C19, C85, C133, C93, C100, C14 i C110 predstavljaju izlive gradskih kolektora u ovaj kanal, dok čvor I1 predstavlja izliv kanala Kopovo u Jegričku.

Dubine kanala se kreću od najmanjih 1,7 m do maksimalnih 3,9 m, pri čemu vidimo da se kanal ne puni do kraja ni u najplićoj dionici.

2.2. Kiša dvadesetogodišnjeg povratnog perioda

Tabela 4. Visine padavina za kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda

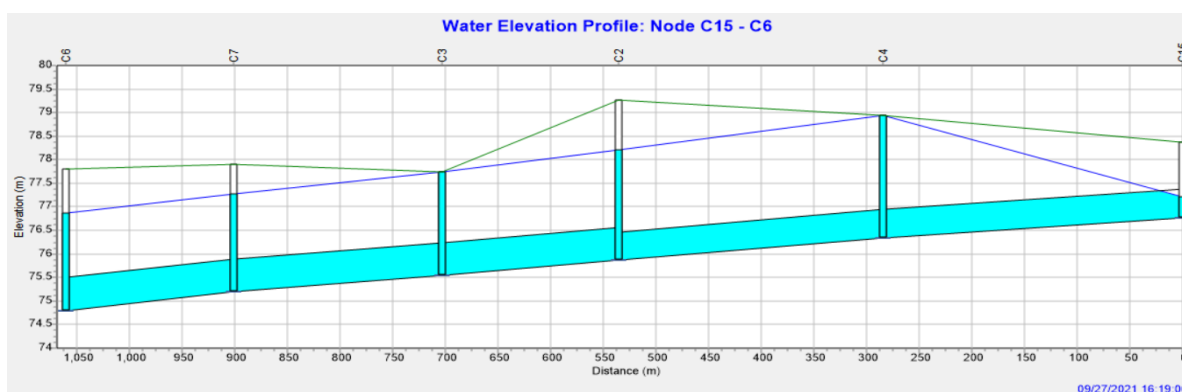
Vrijeme [h:min]	Visina padavina [mm]
16:00	0
16:05	12
16:10	22
16:15	27
16:20	30

Kao ulazni podatak mjerodavnih padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda, modelirana je kiša prema podacima iz tabele 4.

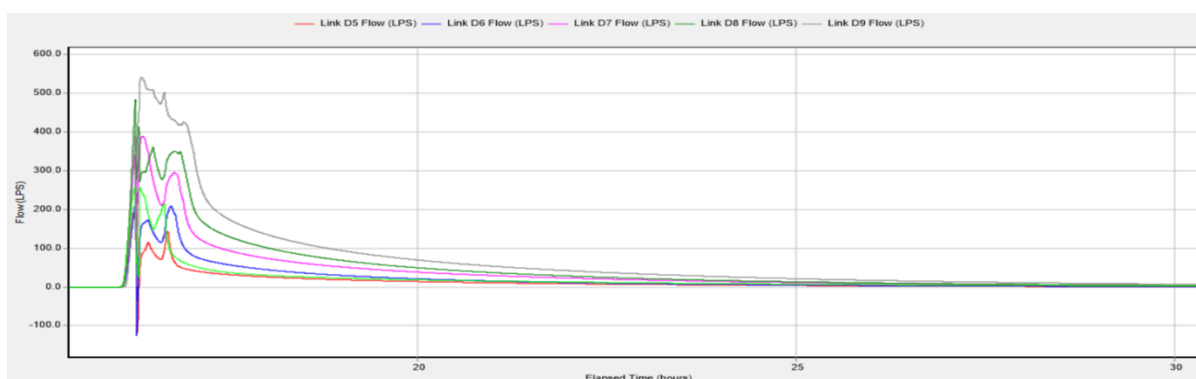
Nivo vode u času maksimalnog opterećenja prikazan je na slici 4. Na dionici zatvorenih kolektora koji prolaze ulicama Petra Kočića, Josifa Pančića i Branka radičevića dolazi do plavljenja gdje maksimalno izlivanje iznosi 556.64 l/s. Dolazi do plavljenja i u kratkotrajnim vremenskim periodima do izlaska vode na teren.

Promjena protoka za istu dionicu prikazana je na slici 5. Dolazi do negativne vrijednosti protoka u jednom trenutku zbog povratnog toka koji se javlja uslijed prekoračenja kapaciteta kolektora.

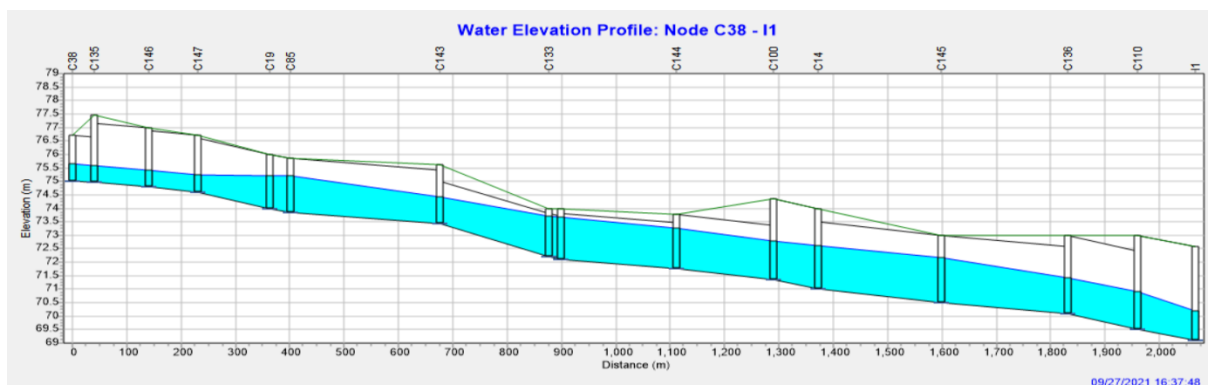
Na slici 6. može se vidjeti da ni pri opterećenju mreže dvadesetogodišnjom kišom neće se premašiti kapacitet meliorativnih kanala.



Slika 4. Prikaz nivoa vode u plavljenom zatvorenom kolektoru od čvora C6 do C15



Slika 5. Prikaz promjene protoka u plavljenom zatvorenom kolektoru od čvora C6 do C15



Slika 6. Prikaz nivoa vode u kanalu Kopovo za dvadesetogodišnju kišu

2.3. Uporedna analiza

Ukoliko se atmosferska kanalizacija projektuje u stambenom području, kao što je ovdje slučaj, za padavine dvogodišnjeg povratnog perioda, onda je dozvoljeno da dođe do plavljenja jednom u 20 godina. Zbog ovog razloga je izvršena provjera sistema na kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda.

Prilikom padavina dvogodišnjeg povratnog perioda i trajanja 20 minuta, u mreži ne dolazi do tečenja pod pritiskom niti do plavljenja. Najveći problem stvara opterećenje kod padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda. Situacija postaje takva da u dosta gradskih kolektora dolazi do plavljenja i „negativnih“ protoka. Razlog za negativne protoke jeste iskorišćenje kapaciteta kolektora te dolazi zapravo do povratnog toka.

Takođe, kod dvogodišnje kiše kao jedan od indikatora za poređenje može poslužiti i stepen ispunjenosti koji se kreće od oko 60-80%, dok je za dvadesetogodišnju kišu kapacitet skoro u potpunosti prevaziđen.

Kod meliorativnih kanala je pozitivna strana što pri obje kiše, dvogodišnje i dvadesetogodišnje, mogu da podnesu maksimalno opterećenje bez plavljenja. Vrijednosti protoka na izlivu meliorativnih kanala u Jegričku se za dvadesetogodišnju kišu povećavaju skoro 3 puta u odnosu dvogodišnju, ali kako je već rečeno, to ne predstavlja problem.

3. ZAKLJUČAK

Isprojektovana je atmosferska kanalizacija sa opterećenjem 20-minutne kiše povratnog perioda 2 godine, a zatim izvršena i analiza sistema. Na kraju je odrađena uporedna analiza sistema pri kiši trajanja 20 minuta povratnog perioda 2 godine i povratnog perioda 20 godina.

Izmodelirana je separata kanalizacija za odvođenje atmosferskih voda koja se pretežno sastoji od zatvorenih kružnih kolektora. Sistem je gravitacioni sa slobodnim tečenjem.

Zatvoreni kolektori su kružnog popriječnog presjeka, izrađeni od neomekšanog polivinilhlorida. Najzastupljeniji prečnik je 600 mm, minimalni korišćeni prečnik cijevi je 300 dok je maksimalni 900 mm.

Prečnici cijevi zapravo uslovljavaju i minimalne nagibe koji se kreću do 0,3% za cijevi prečnika 300 mm, odnosno 0,15% za prečnike 900 mm, kao i minimalne dubine ukopavanja od 1,3 m, odnosno 1,9 m.

Maksimalne dubine ukopavanja su 4 m, osim na mjestima izliva u meliorativne kanale gdje se dozvoljava da bude i do 4,5 m. Tamo gdje dubina ukopavanja, u gradskoj zoni, prelazi 4 m postavljene su pumpne stanice, a u ovom slučaju ih ima četiri.

U južnom dijelu naselja, sa manjih slivnih površina, kišnica se odvodi otvorenim kanalima minimalne dubine 0,6, a maksimalne 0,85, uz ostvareni minimalni nagib od 0,3%.

4. LITERATURA

[1] Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1

Kratka biografija:



Julijana Stupić rođena je u Priboju 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnika odbranila je 2021. god.
kontakt: julijana.stupic@gmail.com

IDEJNO REŠENJE VODOSNABDEVAJA NASELJA ŽABALJ I ĐURĐEVO

IDEAL SOLUTION FOR WATER SUPPLY OF THE SETTLEMENT OF ŽABALJ AND ĐURĐEVO

Nina Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj –U okviru rada predstavljeno je idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Žabalj i Đurđevo. Cilj rada je bio unapređenje mreže, predlaganjem jednog idejnog rešenja vodosnabdevanja na osnovu zadatih potreba, sprovedene hidrauličke analize, te potrebe za vodom odgovarajućeg kvaliteta. Hidraulička analiza i analiza kvaliteta vode su sprovedeni u okviru programskog paketa EPANET.

Ključne reči: vodosnabdevanje, hidraulička analiza, kvalitet vode

Abstract –The paper presents some of the possible solutions for water supply of the settlement of Žabalj and Đurđevo. The aim of this paper was to improve the current networks, by proposing an ideal solution of water supply based on the given requirements, conducted hydraulic analysis and the need for water of appropriate quality. Hydraulic analysis and water quality analysis were conducted within the EPANET software package.

Keywords: water supply, hydraulic analysis, water quality

1. POSTOJEĆE STANJE VODOVODNE MREŽE

Vodosnabdevanje na teritoriji opštine Žabalj organizovano je preko četiri odvojene vodovodne mreže (Žabalj, Čurug, Đurđevo i Gospodinci). Sva četiri vodovoda izgrađena su krajem 70-tih godina, većinom od azbestnih cevi, te je neophodna kompletna zamena svih cevi. Naselje Žabalj se vodom snabdeva sa naseljskog izvorišta lociranog na severozapadu naselja, a voda se crpi preko tri bušena bunara.

Ukupni kapacitet izvorišta nije trenutno dovoljan da pokrije maksimalnu satnu potrošnju, te se u špicevima potrošnje javlja deficit koji se ne može pokriti sa pomenutim sabirnim rezervoarom.

Vodovodna mreža naselja sastoji se iz osnovne (primarne) i sekundarne mreže. Osnovnu vodovodnu mrežu čine azbestcementne cevi prečnika od Ø 80 do Ø 300 mm, a sekundarnu, pocinkovane cevi prečnika od Ø 25 do Ø 30 mm [4]. Stanovništvo naselja Đurđevo snabdeva se vodom iz naseljskog vodovoda čija izgradnja je počela još 1970. godine kada je izbušen prvi bunar i položena ulična mreža.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić.

Sistem naseljskog vodovoda se sastoji iz izvorišta na kojem su izbušena tri bunara, zatim rezervoara zapremine 50 m³, hidroforne stanice i razvodne distributivne mreže. Sva tri bunara, u pogledu hemijskog sastava, imaju vode lošeg kvaliteta, a to se može zaključiti iz hemijske analize vode za piće. Distributivna mreža u naselju se sastoji iz osnovne (primarne) i sekundarne mreže. Osnovnu mrežu čine prečnici Ø 200 mm, Ø 100 mm i Ø 80 mm, koji su raspoređeni po glavnim naseljskim ulicama. Sekundarna mreža se sastoji od pocinkovanih cevi prečnika Ø 25 i Ø 20 mm i raspoređena je u preostalim ulicama u naselju [5]. U proteklom periodu urađeno je nekoliko projekata i analiza o mogućnosti vodosnabdevanja naselja Žabaljske opštine. Na osnovu tih analiza, došlo se do zaključka da sadašnji vodozahvat neće moći da odgovori zahtevima i potrebama stanovništva i industrije u bliskoj budućnosti. Iz tog razloga se za naselja opštine Žabalj predlaže izgradnja jednog centralnog vodozahvata, iz kojeg bi se snabdevala sva naselja u opštini, dok bi postojeći lokalni vodozahvati u naseljima imali dopunski karakter ili bi se zatvorili. Trasa dovodnika vode se predviđa u pojasu puta Žabalj-Đurđevo. Što se distributivne mreže tiče, neophodno je izvršiti rekonstrukciju iste (tamo gde je to neophodno), tako da svi delovi naselja obuhvaćeni ovim planom budu ravnomerno snabdeveni dovoljnim količinama kvalitetne vode za piće [4].

2. ANALIZA PROSEČNE POTOŠNJE VODE

Polazni podatak za planiranje i projektovanje sistema vodosnabdevanja, delova sistema kao i pojedinačnih objekata sistema (izvorišta, postrojenja za preradu vode, pumpne stanice, rezervoari, magistralni i cevovodi većeg prečnika i sl.) jeste potreban kapacitet koji taj sistem ili postrojenje trba da ostvari. Potreban kapacitet određen je maksimalnom očekivanom potrošnjom konzumnog područja za koje se sistem vodosnabdevanja projektuje. Proračun sistema vodovodne mreže se vrši primenom postojećih tehničkih normi za određivanje očekivane potrošnje, odnosno preporuke sadržane u tehničkim normama DVGW W 410, jer ne postoje univerzalni normativi koji bi važili za sve države. Ukupna potrošnja vode u naselju predstavlja zbir potrošnje vode stanovništva, javnih ustanova, potrošnje za potrebe domaćih životinja, protivpožarnu potrošnju i gubitke iz mreže. Imajući u vidu da se stanovništvo pretežno bavi poljoprivredom, uzeće se i potrošnja vode za potrebe domaćih životinja. Pored ove potrošnje uzima se u obzir i obaveza da javna vodovodna mreža snabdeva cisterne vatrogasnih jedinica, što je određeno prema Pravilniku o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje

požara. Tehničke norme DVGW W 410 definišu normative potrošnje i koeficijente neravnomernosti karakterističnih kategorija potrošača vode za piće. Maksimalne dnevne i satne neravnomernosti potrošnje se procenjuju na osnovu koeficijenata dnevne i časovne neravnomernosti fd i fh [2].

Kada su koeficijenti neravnomernosti određeni, procenjene srednje dnevne, maksimalne dnevne i maksimalne časovne potrošnje stanovništva sračunavaju se na osnovu sledećih obrazaca:

Srednje dnevna potrošnja:

$$Q_{sr,dn} = N \cdot q \quad (1)$$

Maksimalna dnevna potrošnja:

$$Q_{max,dn} = fd \cdot Q_{sr,dn} = fd \cdot \left(\frac{Q_{god}}{365} \right) = Kd \cdot Q_{sr,dn} \quad (2)$$

Maksimalna časovna potrošnja:

$$Q_{max,h} = fh \cdot Q_{sr,dn} = fh \cdot \left(\frac{Q_{god}}{365 \cdot 24} \right) = Kh \cdot Q_{max,dn} \quad (3)$$

Gde su:

fd - koeficijent dnevne neravnomernosti

fh - koeficijent časovne neravnomernosti

q - specifična norma potrošnje

$Kd=fd$ - koeficijent maksimalne dnevne neravnomernosti

$Kh=fh/fd$ - koeficijent maksimalne časovne neravnomernosti

2.1. Gubici vode iz vodovodne mreže

Gubici vode iz vodovodne mreže mogu da dostignu značajan procenat od ukupne količine vode koja se u mrežu potiskuje. Veličina gubitaka zavisi od stanja i starosti distribucione mreže, kvaliteta održavanja, postojanja neregistrovanih priključaka i slično [2]. Za potrebe analize potrošnje vode naselja Žabalj i Đurđevo, uzima se da gubici iz vodovodne mreže iznose 15% od ukupne srednje dnevne potrošnje.

2.2. Rezultati analize potrošnje

Na osnovu urađene analize potrošnje vode za naselja Žabalj i Đurđevo, u tabeli 1, prikazane su zbirne vrednosti potrošnje vode za oba naselja.

Tabela 1. Zbirna potrošnja vode za naselja Žabalj i Đurđevo

Ukupna zbirna potrošnja za naselja Žabalj i Đurđevo	
$Q_{sr,dn}$ (l/s)	38,53
$Q_{max,dn}$ (l/s)	73,42
$Q_{max,h}$ (l/s)	101,30

2.3. Protivpožarna potrošnja

Na osnovu pravilnika i predloženih vrednosti protivpožarnih protoka, najmanja količina vode po požaru koju je potrebno obezbediti za naselje Žabalj je 20 l/s, a broj istovremenih požara koji se mogu javiti je dva. Najmanja količina vode po požaru koju je potrebno obezbediti za naselje Đurđevo je 15 l/s, a broj istovremenih požara koji se mogu javiti je jedan. Prilikom dimenzionisanja vodovodne mreže, ovi protoci se dodaju

različitim čvorovima koji su na udaljenosti ne većoj od 200 m. Za naselje Žabalj i njegov protivpožarni protok požar se simulira u 4 čvora od po 5 l/s, dok se za naselje Đurđevo simulira u 3 čvora od po 5 l/s.

3. IZBOR CEVNOG MATERIJALA

U gradskim vodovodnim mrežama koriste se različite vrste cevi za vodu, u zavisnosti od njihovih svojstava i potreba mreže. Imajući u vidu sve osobine pojedinih materijala od kojih se izrađuju cevi, stanja na tržištu, karakteristika tla i oscilacije nivoa podzemnih voda, za potrebe naselja Žabalj i Đurđevo koristiće se cevi od nodularnog-duktilnog liva GGG. Ove cevi, zahvaljujući visokim vrednostima osobinama materijala, poseduju izvanrednu izdržljivost na unutrašnja i spoljašnja opterećenja. Mogu se upotrebljavati pri svim pritiscima koji se javljaju u vodosnabdevanju, i omogućuju primenu sa visokom rezervom sigurnosti.

4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOVODNE MREŽE

Zbog potrebe dovođenja i distribucije vode korisnicima koji su koncentrisani na različitim mestima, potrebno je provodnike, odnosno cevi, međusobno povezati i formirati adekvatan sistem provodnika, koji mi nazivamo distributivna mreža. U hidrauličkom smislu, cevovodi se dele na proste i složene cevovode, čiji se delovi mogu povezati na različite načine i time formirati različit tip mreže, razgranat ili prstenast. Iako se ovi tipovi mreža tehnički razlikuju, na primer prstenasta vodovodna mreža omogućava napajanje deonice iz najmanje dva moguća pravca i time povećava pouzdanost vodosnabdevanja korisnika usled eventualne havarije na mreži, za razliku od granate mreže, postoje i odgovarajuće sličnosti koje omogućavaju jedinstven prilaz u njihovoj hidrauličkoj analizi. U ovom radu, tip distributivne mreže je prstenast.

4.1. Modeliranje vodovodnog sistema primenom programskog paketa EPANET 2.0

EPANET je programski paket za modeliranje vodovodne mreže. Zasniva se na osnovnim zakonima održanja u mehanici fluida: o održanju mase, o održanju količine kretanja i održanja energije. Osnovni elementi distributivne mreže su cevi i čvorovi.

Postoje dve osnovne veličine koje određuju stanje u mreži: pritisci u određenim tačkama i proticaji kroz cevi. Umesto pritiska koriste se pijezometarske kote, a prikazuju se, najčešće, u čvorovima mreže.

Do matematičkog modela strujanja vode u cevima mrežama dolazi se primenom osnovnih zakona Mehanike fluida na elemente mreže i formiranjem sistema jednačina za celu mrežu [3].

4.2. Koeficijent trenja λ

Linijski gubici se modeliraju pomoću Darsi-Vajsbahovog izraza, u kojem bitnu ulogu ima koeficijent trenja λ (4) [1]. Trenje se može iskazati sledećom funkcijom bezdimenzionalnih veličina:

$$\lambda = \lambda(k/D, Re) \quad (4)$$

Gde su:

$Re = vD/\nu$ – Reynoldsov broj za glatku cev

k/D – relativna hrapavost
 V – srednja brzina,
 D – unutrašnji prečnik cevi,
 ν – kinematski koeficijent viskoznosti.

Najčešće korišćena formula (5) [1] koja objedinjuje glatku i hrapavu cev i ne rešava se iterativno:

$$\lambda = 0,115 \left(\frac{k}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{1/4} \quad (5)$$

Lokalni gubici ne računaju se iz razloga što su gubici energije na trenje višestruko veći.

Apsolutna hrapavost utiče na koeficijent trenja λ . Pošto se proračunom ne računaju lokalni gubici, račun će se spovesti sa integralnom operativnom hrapavošću. Ona sadrži u sebi i lokalne gubitke koji se ne računaju. Za distributivne cevovode i dovodnike vode operativna hrapavost se kreće u granicama od 0.1 do 0.3 mm [2]. Uzimajući u obzir da se radi o novom cevovodu proračun se vrši sa vrednošću operativne hrapavosti od 0.1 mm.

4.3. Hidraulički proračun prstenaste mreže

Kao poznate veličine imamo nivoe u rezervoarima, dok su nepoznate veličine pijezometarske kote u preostalim čvorovima i proticaji u svim cevima. Broj jednačina mora da odgovara upravo broju nepoznatih veličina. Grupisanjem jednačina, koje treba simultano rešiti, se njihov broj može smanjiti. U zavisnosti koja je nepoznata veličina odabrana kao osnovna, postoje različite metode za rešavanje pomenutih jednačina. Neke od njih su sledeće:

- Hardi-Krosova metoda prstenova – ΔQ metoda

Kao osnovna nepoznata veličina se usvaja proticaj u cevima (6). Ova metoda se zasniva na energetskim jednačinama po prstenovima.

$$\Delta Q_i^{(l)} = - \frac{\sum r_{ij(l)} Q_{ij(l)}^{(0)} |Q_{ij(l)}^{(0)}|}{2 \sum r_{ij(l)} |Q_{ij(l)}^{(0)}|} \quad (6)$$

- Hardi-Krosova metoda čvorova – $\Delta \Pi$ metoda

Za razliku od prethodne metode, sada se uvodi korekcija pijezometarske kote (7) da bi uslov kontinuiteta za svaki čvor bio zadovoljen.

$$\Pi_i^{(k+1)} = \Pi_i^{(k)} + \omega \left(\frac{\Delta Q_{ij}}{\sum j \frac{1}{r_{ij} |Q_{ij}|}} \right) \quad (7)$$

4.4. Određivanje prečnika cevi

Za potrebe hidrauličkog proračuna koristi se unutrašnji prečnik cevi koji direktno zavisi od protoka i brzine strujanja vode u cevovodu. U praksi se za minimalni prečnik cevi usvaja $\varnothing 100$ mm. Kako nam je proticaj, kroz prethodnu analizu, poznat, prečnici cevi se mogu lako odrediti iz sledeće formule (8):

$$Q = v \cdot A = v \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \quad (8)$$

Gde su:

Q – proticaj kroz poprečni presek

v – srednja (prosečna) brzina strujanja vode kroz cev

A – površina poprečnog preseka cevi

d – unutrašnji prečnik cevi

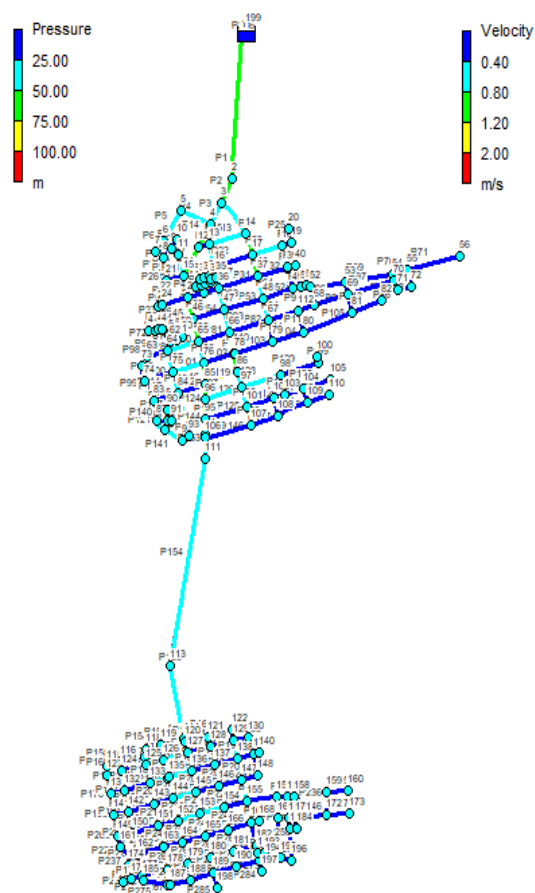
Sa povećanjem prečnika cevi brzine strujanja, pri zatom protoku, se smanjuju i obrnuto, sa smanjivanjem prečnika brzine strujanja se povećavaju.

Pri dimenzionisanju prečnika cevi obično je poznat protok kroz deonicu. Brzina vode u cevovodima vodovodne distributivne mreže bi trebala da se kreće u granicama od 0.4 m/s do 1.5 m/s. Minimalna brzina se ograničava na 0.4 m/s iz razloga što bi pri manjim brzinama došlo do istaložavanja eventualnih suspendovanih materija i pojave razvoja biofilma u cevima [3].

Maksimalna brzina se ograničava na oko 1.5 m/s iz razloga što velikim brzinama odgovaraju i veliki energetski gubici. Usvojen minimalni prečnik cevi je 100 mm, da bi se zadovoljio uslov vezan za protivpožarne potrebe.

5. REZULTATI PRORAČUNA

Merodavan slučaj prilikom dimenzionisanja vodovodne mreže je kada u danu sa najvećom potrošnjom dodamo i protivpožarni protok u onom času u kom je koeficijent časovne neravnomernosti jednak ili približno jednak 1,3. Za oba naselja dva uzastopna časa u kojima se koeficijent časovne neravnomernosti kreće u navedenoj granici su 12. i 13. čas. Sa slike 1, može se uočiti da pritisak nikad ne pada ispod minimalne dozvoljene vrednosti od 2,5 bar-a, dok brzine nikada ne prelaze maksimalnu dozvoljenu vrednost od 1,5 m/s.



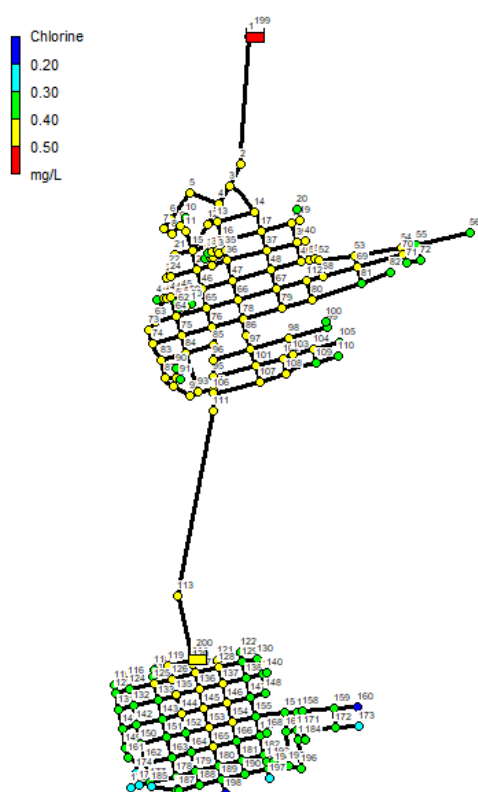
Slika 1. Prikaz okvirnih vrednosti pritiska i brzina u svim čvorovima i cevima distributivne vodovodne mreže [3]

5.1. Stanje hlora u distributivnoj vodovodnoj mreži

Kada ne postoji mogućnost prethodnog prečišćavanja vode, i kada se voda direktno distribuira sa izvorišta do rezervoara odnosno vodovodne mreže, pristupa se hlorisanju vode.

Za naselja Žabalj i Đurđevo predviđeno je da se u samom rezervoaru doda količina od 0,5 mg/l. Kontrolna mesta se uzimaju kod potrošača koji su najviše udaljeni od početnog mesta hlorisanja. Ukoliko se na ovim mestima pojavi rezidualni hlor u količini koja nije manja od 0,2 mg/l, znači da se hlor održava u celoj mreži.

Nakon puštenog proračuna, primećeno je da će određeni čvorovi u naselju Đurđevo imati problema sa dostizanjem minimalne preporučene vrednosti hlora, pa se iz tog razloga pribeglo drugom rešenju, gde se na samom ulasku u naselje Đurđevo ubacio dodatni rezervoar za dohloriisanje vode. Stanje hlora u svim čvorovima mreže nakon dodatog rezervoara prikazano je na slici 2.



Slika 2. Prikaz količine hlora u svim čvorovima distributivne vodovodne mreže nakon 36 sati [3]

6. ZAKLJUČAK

Postojeća vodovodna mreža na teritoriji opštine Žabalj je dotrajala, dok je kapacitet bunara nedovoljan da ispuni potrebe adekvatnog snabdevanja stanovništva vodom. Kvalitet vode za piće, prema odradenim analizama, ne odgovara „Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće“, pa se stoga pristupilo i proračunu potrebne količine hlora za postizanje njenog boljeg kvaliteta.

Hidrauličkim proračunom, primenom programskog paketa EPANET, se došlo do adekvatnog rešenja vodosnabdevanja, koji zadovoljava osnovne kriterijume i uslove kako po pitanju pritiska i proticaja u mreži, tako i brzina vode u cevima odgovarajućih prečnika.

Svi objekti vodovodnog sistema projektovani su prema merodavnim proticajima. Broj i kapacitet bunara su određeni prema maksimalnoj dnevnoj potrošnji, dok su pumpna stanica i cevovod dimenzionisani prema maksimalnoj časovnoj potrošnji.

4. LITERATURA

- [1] Hajdin Georgije, „Mehanika fluida knjiga prva Uvođenje u hidrauliku“, Građevinski fakultet, Beograd, 2002.
- [2] Pisana predavanja, Matija Stipić, „Komunalna hidrotehnika“, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016.
- [3] EPANET 2.0- uputstvo za upotrebu, 2000.
- [4] Generalni plan Žablja, Novi Sad, 2003.
- [5] Plan generalne regulacije naselja Đurđevo, Novi Sad, 2003.

Kratka biografija:



Nina Pavlović rođena je u Novom Sadu 1997. godine. Diplomski rad iz oblasti Građevinarstva – Betonske konstrukcije odbranila je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti Građevinarstva – Komunalna hidrotehnika, brani na istom fakultetu 2021. godine.

СИСТЕМ УПРАВЉАЊА БЕЗБЈЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ**ROAD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM ON THE ROAD NETWORK**

Никола Ћопић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – САОБРАЋАЈ

Кратак садржај – Последњих година један од приоритета рада је пут као фактор безбедности саобраћаја. У раду је представљен систем безбедности саобраћаја на путној мрежи.

Кључне речи: Безбедност саобраћаја, путна мрежа.

Abstract – In recent years, one of the priorities of work is the road as a factor of traffic safety. The paper presents the road safety system on the road network.

Keywords: Traffic safety, Road network.

1. УВОД

Научна дисциплина која се бави изучавањем негативних ефеката и последица саобраћаја, као и методама за њихово сузбијање јесте безбједност саобраћаја (Lipovac et al., 2014). Саобраћајне незгоде повезане су са бројним проблемима, те им је потребно посветити посебну пажњу, а поготово факторима који доприносе настанку саобраћајних незгода. Фактори човјек, возило, пут са окружењем играју значајну улогу прије, током и након саобраћајне незгоде (Baker & Haddon, 1974). Да би се квалитетно управљало безбједношћу саобраћаја, потребно је уложити напоре и утицати на факторе које доприносе настанку саобраћајних незгода.

Анализа саобраћајних незгода као и процес схватања утицајних фактора представља примарни посао инжењера и стручњака у области безбједности саобраћаја. Процјену очекиване фреквенције саобраћајних незгода у функцији геометријских елемената пута и саобраћајног тока дају предиктивни модели који представљају математичку формулу, која описује однос између броја саобраћајних незгода и различитих предиктивних варијабли (саобраћајни ток, геометријски елементи пута, временске прилике и сл.). Фреквенција саобраћајних незгода се повезује са саобраћајем, геометријским елементима путем регресионе једначине која се користи у савременој анализи безбједности пута (Наиер, 1997). У претходном периоду ови модели су коришћени за процјену безбједности пута, ради идентификовања црних тачака и спровођењу „прије и после“ студије. Предмет рада је пут као фактор безбедности саобраћаја. Основни циљ је анализирати систем управљања безбедности саобраћаја на путној мрежи.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ред. проф.

2. СИСТЕМ УПРАВЉАЊА БЕЗБЈЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ

Постоје два општа приступа управљању безбједношћу путном мрежом: 1) одабир и третирање локација на основу историје саобраћајних незгода специфичних за локацију и 2) одабир и третирање локација на основу специфичних геометријских и оперативних обележја. Ова два приступа су комплементарна и подржавају свеобухватан приступ управљању безбједношћу саобраћаја на комплетној мрежи.

У приступу заснованом на саобраћајним незгодама, аналитичари идентификују локације на основу мјера перформанси заснованих на саобраћајним незгодама специфичним за локацију. Ригорозније мјере засноване на саобраћајним незгодама користе емпиријску Бајесову методу (ЕБ), која укључује предвиђање саобраћајних незгода из безбједносних перформанси (БФ) и историју саобраћајних незгода специфичних за локацију. ФБФ су математичке једначине које повезују фреквенцију саобраћајних незгода са геометријским и оперативним атрибутима. Једном када управљач пута идентификује листу локација, мултидисциплинарни тим за анализу детаљно прегледа историју саобраћајних незгода и карактеристике локације (нпр. геометрију, саобраћајне операције, учеснике у саобраћају и коришћење земљишта) како би идентификовао циљне типове саобраћајних незгода и факторе који доприносе саобраћајним незгодама. Ово пружа основу за идентификацију и избор одговарајућих контрамјера за ублажавање специфичних безбједносних питања за свако мјесто.

У системском приступу, аналитичари идентификују локације на основу геометријских и оперативних атрибута специфичних за локацију, а не на основу посматраних саобраћајних незгода. Први корак је одабир врсте саобраћајних незгода и идентификовање геометријских и оперативних атрибута специфичних за локацију (тј. фактора ризика) повезаних са повећаним ризиком од настанка ове врсте саобраћајних незгода. Фактори ризика су атрибути специфични за локацију који су уобичајени на локацијама са изабраном врстом саобраћајних незгода. На примјер, оштре хоризонталне кривине су уобичајена карактеристика (тј. фактор ризика) повезане са саобраћајним незгодама које настају приликом слијетања са коловоза. Аналитичари идентификују факторе ризика анализирањем података о саобраћајним незгодама из своје надлежности или прегледом претходних истраживања. Користећи листу фактора ризика као водич, управљачи пута

идентификују локације са тим специфичним карактеристикама, а затим развијају циљане третмане за рјешавање или ублажавање специфичних фактора ризика на одређеним локацијама. Управљачи пута могу користити историју саобраћајних незгода, ако је доступна и друге податке како би смањили листу локација на основу расположивих ресурса и циљева програма.

3. ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ПУТНЕ МРЕЖЕ У СИСТЕМУ УПРАВЉАЊА БЕЗБЈЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА

Преглед и анализа дионица путне мреже представља један од кључних корака у укупном процесу управљања безбједношћу саобраћаја. Према пројекту Harwood et al. (2010) у коме су представљени потенцијали софтвера SafetyAnalyst, процес анализе укључује шест корака:

1. Преглед и анализа путне мреже – преглед мреже и идентификација локација високог ризика,
2. Дијагностика безбједносних проблема на одређеним локацијама – преглед претходних студија и карактеристика путева како би се идентификовали обрасци саобраћајних незгода и разумјели узроци настанка саобраћајних незгода,
3. Избор одговарајућих контрамјера на тим локацијама – идентификација фактора ризика који доприносе узроцима настанка саобраћајних незгода и избор специфичних контрамјера на локацијама како би се смањила фреквенција и посљедице саобраћајних незгода,
4. Економске процјене изабраних контрамјера – упоређивање очекиване користи и трошкова пројекта одабраних контрамјера,
5. Приоритетно рангирање пројеката за унапређење безбједности локација – рангирање пројеката побољшања безбједности саобраћаја на основу њиховог потенцијала да постигну највеће смањење броја и посљедица саобраћајних незгода,
6. Евалуација ефеката имплементираних контрамјера – процјена ефикасности пројеката побољшања безбједности саобраћаја, група сличних пројеката и цијелог програма.



Слика 3.1 Мјесто прегледа и анализе путне мреже у систему управљања безбједношћу саобраћаја (Srinivasan et al., 2016)

Као што је приказано, преглед путне мреже је прва активност која се предузима у цикличном процесу управљања безбједношћу на путевима. Било који од

корака у процесу управљања безбједношћу на путевима може се спровести одвојено. Ово поглавље објашњава процес управљања безбједношћу саобраћаја, позицију прегледа мреже у овом систему, али и корелацију прегледа путне мреже са осталим активностима у систему управљања безбједношћу саобраћаја на путевима.

4. ДИЈАГНОСТИКА БЕЗБЈЕДНОСНИХ ПРОБЛЕМА НА ОДРЕЂЕНИМ ЛОКАЦИЈАМА

Дијагностика безбједносних проблема на одређеним локацијама је други процес у склопу укупног процеса управљања безбједношћу саобраћаја. Укључује преглед прошлих студија и карактеристика пута да би се идентификовали обрасци настанка саобраћајних незгода и боље разумјели узроци саобраћајних незгода. Дијагностика, заједно са прегледом путне мреже, помаже у идентификацији локација и сегмената који ће вјероватно остварити највећу безбједносну корист од примјене контрамјера. Методе које се користе у процесу дијагностиковања приказане су у наставку.

Процес дијагностике безбједносних проблема на одређеним локацијама обухвата три главна корака (HSM, 2010):

1. Анализа података о саобраћајним незгодама. Овај корак анализира дескриптивну статистику услова и локација настанка саобраћајних незгода који помажу у откривању трендова саобраћајних незгода. (HSM, 2010) препоручује неколико илустративних алата за анализу трендова података, попут дијаграма саобраћајних незгода, дијаграма стања и мапирања саобраћајних незгода,
2. Процјена пратеће документације. Овај корак прикупља информације о побољшањима инфраструктуре специфичне за локацију, саобраћајним операцијама, геометрији пута, контроли саобраћаја, начинима путовања и релевантним коментарима јавности. (HSM, 2010) пружа списак питања која се могу користити за спровођење ове процјене,
3. Процјена теренских услова. У овом кораку посјећују се предметне локације и процјењу се услови на путу/путној околини. Подаци прикупљени овом процјеном допуњавају налазе из прва два корака. За мултимодалну, мултидисциплинарску перспективу, истраживање на терену постаје све важније.

Процес дијагностиковања у алату за одабир пројеката системске безбједности интегрисан је у процес прегледа путне мреже. Активности повезане са дијагностиком укључују (Tsarakis et al., 2016.):

- Идентификовање и процјену најчешћих фактора ризика,
- Одабир локација или елемената путева за преглед,
- Спровођење процјене ризика на локацијама или елементима пута са фокусом на озбиљне саобраћајне незгоде.

Након што се заврши процјена на терену, анализа података о саобраћајним незгодама и процјена пратеће документације, могу се прикупити информације да би се идентификовали сви посебни

обрасци саобраћајних незгода који би се могли ријешити примјеном контрамјера. Поређење запажања из теренске процјене, прегледа података о саобраћајним незгодама и процјене пратеће документације може довести до запажања која иначе не би била идентификована. На примјер, ако је преглед података о саобраћајним незгодама показао већу просјечну фреквенцију саобраћајних незгода на једном одређеном прилазу раскрсници, а теренска истрага је показала потенцијална ограничења видљивости на овој локацији, ова два податка могу бити повезана и захтијевати даље разматрање. Алтернативно, процјена пројекта локације може открити да је недавно измијењен сигнални план раскрснице као одговор на незадовољавајући капацитет. У овом другом случају, могу се пратити услови одвијања саобраћаја на предметној раскрсници како би се потврдило да промјена у сигналном плану постиже жељени ефекат. У неким случајевима преглед података, преглед документације и теренска истрага можда неће идентификовати потенцијалне обрасце или отклонити недоумице на локацији. Ако је локација изабрана за процјену кроз процес провјере мреже, могуће је да више мањих фактора доприноси настанку саобраћајних незгода. Већина контрамјера је ефикасна у рјешавању једног доприносиоца фактора, па ће можда бити потребно више мјера да би се постигло смањење просјечне фреквенције настанка саобраћајних незгода (HSM, 2010).

5. ИЗБОР ОДГОВАРАЈУЋИХ КОНТРАМЈЕРА НА ЛОКАЦИЈАМА

Ово поглавље описује трећи корак у процесу управљања безбедношћу саобраћаја на путевима: одабир контрамјера за смањење фреквенције или тежине саобраћајних незгода на одређеним локацијама. У контексту овог поглавља, контрамјера је путна стратегија која има за циљ смањење фреквенције или тежине саобраћајних незгода, или обоје на једној локацији.

Прије одабира контрамјера, анализирају се подаци о саобраћајним незгодама и пратећа документација изабране локације и врши се теренски преглед, како би се дијагностиковале карактеристике сваке локације и идентификовали обрасци настанка саобраћајних незгода. Затим се локације даље процјењују како би се идентификовали фактори који могу допринијети уоченим обрасцима саобраћајних незгода, а контрамјере се бирају ради дефинисања одговарајућих фактора који доприноси настанку саобраћајних незгода. Одабране контрамјере се накнадно процјењују из економске перспективе.

Контрамјере усмјерене ка возилима или возачима нису експлицитно обухваћене. Примјери контрамјера заснованих на возилима укључују системе за задржавање путника и напредне технологије у возилу. Примјери контрамјера усмјерених ка возачима укључују образовне програме, циљане мјере које спроводе субјекти безбједности саобраћаја и степеновање возачких дозвола.

Процес одабира противмјера садржи три главна корака:

1. Идентификација фактора који доприноси узроку настанка саобраћајних незгода на предметној локацији. Фактори који доприноси различитим типовима саобраћајних незгода могу се подијелити у три категорије: пут, возило и људски фактор,
2. Идентификација контрамјера које би могле да утичу на факторе које доприноси настанку саобраћајних незгода. (HSM, 2010) и „ФБФ“ пружају квантитативне „ФМСН -ове“ за различите контрамјере или третмане, који се могу користити за идентификацију и одабир одговарајућих контрамјера,
3. Процјена користи од противмјера. Овај корак користи методе предвиђања укључујући „ФБФ -ове“ и „ФМСН -ове“ за процјену користи у смислу промјене фреквенције настанка саобраћајних незгода. Након што се процијене очекиване промјене у фреквенцији саобраћајних незгода, те се користи претварају у новчане користи узимајући у обзир друштвено-економске трошкове саобраћајних незгода.

Упорјеђивање фактора који доприноси потенцијалном настанку саобраћајних незгода захтијева инжењерску процјену и локално знање. Узимају се у обзир питања попут тога зашто се могу појавити фактор (и) који доприноси истим, шта би могло да ријеши фактор (е) и шта је физички, финансијски и политички изводљиво у оквиру надлежности. На примјер, ако се на сигнализационој раскрсници очекује да је ограничена видљивост фактор који доприноси настанку саобраћајних незгода сустицањем возила, тада се идентификују могући разлози за услове ограничене видљивости. Примјери могућих узрока ограничене видљивости могу укључивати: ограничену хоризонталну или вертикалну закривљеност, уређење пејзажа које је ниско позиционирано на улици или услове освјетљења.

6. ЕКОНОМСКЕ ПРОЦЈЕНЕ ИЗАБРАНИХ КОНТРАМЈЕРА

Након идентификовања локација са потенцијалом за смањење саобраћајних незгода и одабира контрамјера, сљедећи корак је упоређивање кандидованих пројеката спровођењем економске процјене. Иако многи фактори и циљеви могу одиграти улогу у овом процесу, стручњаци за безбједност саобраћаја уопштено бирају и дају приоритет пројектима на основу онога што ће донијети највећу корист у оквиру доступних финансијских ограничења.

У економској процјени, трошкови пројекта се изражавају у новчаном смислу. Два типа економске процјене -анализа користи и трошкова и анализа исплативости дефинишу предности пројекта на различите начине. Оба типа почињу квантификовати предности предложеног пројекта, изражене као процијењене промјене у фреквенцији или тежини саобраћајних незгода, а све као резултат примјене контрамјера. У анализи користи и трошкова, очекивана промјена у просјечној фреквенцији или тежини саобраћајних незгода се претвара у новчане

вриједности, сумира и упоређује са трошковима примјене контрамјере. У анализи исплативости, промјена у фреквенцији саобраћајних незгода директно се упоређује са трошковима имплементације контрамјере.

Методe спровођења економске евалуације описане у (HSM, 2010) укључују:

- Методe анализе ТК -а упоређују користи повезане са контрамјером, изражене у новчаном смислу, са трошковима имплементације контрамјере. Циљ је да користи буду веће од трошкова. ТК анализа пружа квантитативну мјеру која ће помоћи стручњацима за безбједност саобраћаја да одреде приоритете контрамјера или пројеката и оптимизују поврат улагања.
 - о НСВ метода процјењује разлику између дисконтованих трошкова и дисконтованих користи пројекта побољшања безбједности саобраћаја. Метода НПВ се користи за утврђивање које контрамјере пружају најјекономичнија средства на основу контрамјера са највећим НСВ. Такође, може утврдити да ли је пројекат економски оправдан (тј. да ли је НСВ већи од нуле).
 - о ОТК је однос садашње вриједности користи пројекта према садашњој вриједности трошкова пројекта. Пројекат са ОТК већим од 1,0 сматра се економски оправданим. Међутим, ОТК није примјенљив за упоређивање различитих контрамјера или више пројеката на различитим локацијама; ово захтијева постепену ТК анализу.
- Методe анализе исплативости се користе у ситуацијама у којима није могуће или није практично уновчити бенефиције контрамјера. Економичност се израчунава као износ новца уложен у спровођење контрамјере подијељен смањењем броја саобраћајних незгода. Индекс исплативости може се израчунати као однос трошка садашње вриједности подијељен са овом мјером исплативости. Ова метода не узима у обзир смањење саобраћајних незгода са смртним исходом за разлику од саобраћајних незгода са повредама и да ли је пројекат економски оправдан.

7. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Преглед мреже је први и најважнији аспект доношења инвестиционих одлука. У прегледу мреже, рангирају се потенцијалне локације за побољшање и даје им се приоритет на основу одређене методе са скупом критеријума. Управљачи путева прегледају локације на мрежи путева којом управљају једноставном методом бодовања и рангирања која сваком критеријуму додјељује фиксну тежину. Критеријуми за преглед могу бити квантитативни или квалитативни, при чему квалитативни критеријуми захтијевају субјективну експертску процјену.

Коначно, резултати прегледа чине листу локација поређаних према изабраној мјери перформанси. Локације које се налазе на листи највероватније ће имати користи од примјене контрамјера. Даљње проучавање ових локација показаће која ће побољшања бити најефикаснија. Приликом анализе локација могуће је примијенити више мјера

перформанси на исти скуп података што побољшава квалитет прегледа и анализе путне мреже али захтијева и већи обим података, а квалитет самог процеса је директно везан за доступност и квалитет података који се анализирају.

Циљ прегледа и анализе путне мреже је да управљачима путева првенствено да увид у листу локација на којима се јављају саобраћајне незгоде а кроз даљњу анализу помогну управљачима путева приликом рангирања локација од оних којих ће највероватније остварити побољшање приликом примјене одговарајућих контрамјера до оних који највероватније неће остварити побољшања приликом примјене контрамјера. Преглед и анализа путне мреже представља почетни корак при доношењу инвестиционих одлука и представља квалитетан, компактан и једноставан алат за доношење одлука о имплементацији контрамјера на локацијама на којима се јављају саобраћајне незгоде у циљу побољшања истих.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Baker, S. P., & Haddon Jr, W. (1974). [Reducing injuries and their results: the scientific approach.](#)
- [2] Hauer, E. (1997). [Observational before-after studies in road safety--estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety.](#)
- [3] Harwood, D. W., Torbic, D. J., Richard, K. R., & Meyer, M. M. (2010). [SafetyAnalyst: Software tools for safety management of specific highway sites \(No. FHWA-HRT-10-063\). Turner-Fairbank Highway Research Center.](#)
- [4] HSM. (2010). Highway Safety Manual.
- [5] Lipovac, K., Jovanović, D., & Vujanić, M. (2014). *Osnove bezbednosti saobraćaja*. JP „Službeni glasnik“, Beograd. ISBN 978-86-7020-301-3.
- [6] Srinivasan, R., Colety, M., Bahar, G., Crowther, B., & Farnen, M. (2016). Estimation of calibration functions for predicting crashes on rural two-lane roads in Arizona. *Transportation research record*, 2583(1), 17-24.

Кратка биографија:

Никола Ђопић рођена је у Бања Луци. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Безбедност саобраћаја одбранила је 2021. год.

TRGOVINA UŽIVO NA PLATFORMI FACEBOOK - MODEL KOMPANIJE SAMSUNG- LIVESTREAM COMMERCE ON FACEBOOK SOCIAL MEDIA PLATFORM - SAMSUNG MODEL-

Jelena Petrović, Željko Zeljković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRID

Kratak sadržaj – Globalno stanje na tržištu kao i perspektiva tržišta potpuno su se promenili pojavom Korona virusa i proglašenjem pandemije što je rezultiralo opštim „zatvaranjem” i nemogućnošću da potrošači kupuju proizvode i usluge. Isto tako, kompanijama je postalo otežano poslovanje na svetskom nivou, kao i širenje sopstvenog brenda na tržištu, prodaja proizvoda i usluga. Kao posledica svega toga, došlo je do ekspanzije digitalizacije i prelaska na internet. Kompanije, veliki i mali biznisi suočili su se sa problemom opstanka u novonastaloj situaciji, te su morali prilagoditi svoj način poslovanja tako što će prihvatiti brzu digitalizaciju. U ovom radu predstavljeno je kako se kompanija Samsung prilagodila promenama na tržištu usled pandemije i uspešno implementirala model trgovine uživo. U teorijskom delu rada obuhvaćeni su termini i ideje koje su neophodne za objašnjenje pojmova elektronske trgovine, društvene trgovine i trgovine uživo, te kako je došlo do ekspanzije ovih modela trgovine i transformacije tržišta. Istraživački deo rada obuhvata analizu prilagođavanja novom trendu kupovine i implementiranja trgovine uživo na našem tržištu u kompaniji Samsung, kroz predstavljanje uspešno završene prodaje uživo na platformi Facebook, kao i koraka za njenu izvedbu.

Ključne reči: e-trgovina, društvena trgovina, trgovina uživo, Samsung, video produkcija trgovine uživo

Abstract – The global market situation and market outlook have completely changed with the appearance of the Corona virus and the declaration of the pandemic, which has resulted in general lockdown and inability of consumers to buy products and services. The pandemic also made it difficult for companies to do business worldwide, as well as expand their brand on the market, selling products and services. As a consequence of all that, there has been an expansion of digitalization and the transition to the Internet. Companies, large and small businesses faced the problem of survival in the new situation, and had to adjust their way of doing business by accepting rapid digitalization. This paper presents how Samsung has adapted to changes in the market due to the pandemic by successfully implementing the livestream commerce model. The theoretical part of the paper includes terms and ideas that are necessary to explain the concepts of e-commerce, social commerce and livestream commerce,

and how there came to be an expansion of these models of trade and market transformation. The research part of the paper includes the analysis of adaptation to the new trend of buying and implementation of livestream commerce on our market by Samsung. The analysis includes a presentation of a successfully completed livestream commerce on Facebook platform, as well as the steps for its implementation.

Keywords: ecommerce, social commerce, livestream commerce, Samsung, livestream production

1. UVOD

Trgovina na internetu ili elektronska trgovina (eng. E-commerce) pomogla je mnogim biznisima kao i velikim kompanijama da prošire svoje prisustvo na tržištu omogućavajući jeftiniju i efikasniju distribuciju svojih proizvoda i usluga putem različitih kanala. Ovaj način trgovine nije nešto novo na globalnom tržištu, međutim nakon 2020. godine doživeo je veliku ekspanziju, rast i razvoj usled pandemije Korona virusa (eng. Covid-19). Usporavanje ekonomske aktivnosti koje je bilo neizbežno, dovelo je do digitalne transformacije tržišta, ali i samog načina poslovanja mnogih kompanija. Kako su „zatvaranja” (eng. lockdowns) postala nova normalnost i svakodnevni život, mnogi biznisi i potrošači ubrzo su usvojili opštu digitalizaciju nudeći i kupujući proizvode i usluge upravo na internetu. Društvena trgovina (eng. Social Commerce) i trgovina uživo (eng. Livestream commerce), kao dve novije forme elektronske trgovine, doživele su takođe vidan rast zatvaranjem prodajnih objekata, gradeći sve vidnije prisustvo potrošača na internetu i društvenim mrežama, povećavajući popularnost videa u realnom vremenu i prebacujući većinu marketinških aktivnosti na mrežu.

2. POJAM ELEKTRONSKE TRGOVINE

Pojam elektronske trgovine (e-trgovine) može da se definiše na različite načine, dok svaka definicija pomaže da se koncept elektronske trgovine bolje objasni i razume. Uprošćeno, elektronska trgovina predstavlja kupovinu i prodaju dobara i usluga putem interneta i transakciju novca i podataka kako bi se uspešno obavila trgovina na internetu [1].

Može se reći da elektronsko tržište predstavlja virtuelno mesto gde se prodavci i kupci susreću radi razmene dobara i usluga.

NAPOMENA:

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

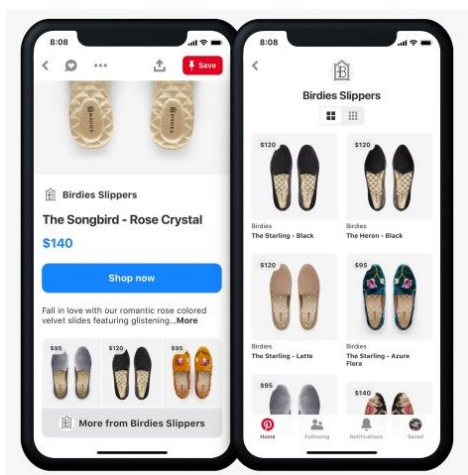
Međutim, ono što je veoma bitna stavka kada govorimo o elektronskom tržištu jeste sama razlika između tradicionalnog i elektronskog tržišta, a to je pre svega smanjenje ulaznih barijera i mogućnost pretraživanja i dobijanja informacija o proizvodima [2].

2.1 Društvena trgovina kao nova forma e-trgovine

Integrisanje elektronske trgovine sa društvenim mrežama omogućava potrošačima da istražuju proizvode koje verovatno ne bi tražili na platformama elektronske trgovine. Kao posledica Korona virusa, prodavnice su se zatvorile i mnoge lične aktivnosti bile su naglo zaustavljene, pa su se tako, počevši u Kini od kraja januara do početka proleća 2020. godine, mnogi brendovi okrenuli ka trgovini uživo i direktnoj prodaji putem društvenih mreža gde do dan danas ove dve forme beleže konstantan rast i popularnost na svetskom nivou. Socijalna trgovina ili društvena trgovina je proces prodaje proizvoda direktno na društvenim mrežama.

Sa društvenom trgovinom, celokupno iskustvo kupovine od otkrivanja proizvoda i istraživanja do procesa izvršavanja transakcije odvija se direktno na platformama društvenih medija [3].

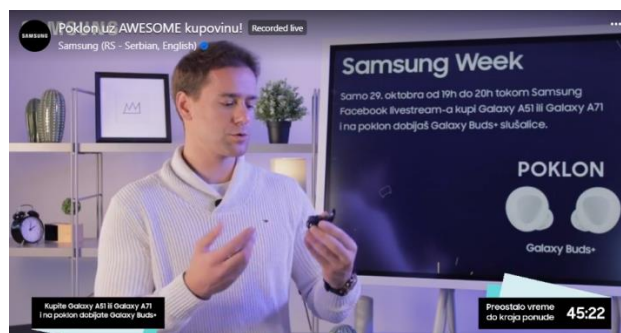
Primer društvene trgovine na društvenoj platformi Pinterest prikazan je na slici 1.



Slika 1. Primer društvene trgovine [5]

2.2 Trgovina uživo kao nova forma e-trgovine

Pre svega, da bi se u potpunosti razumeo pojam trgovine uživo, neophodno je dati njegovo dodatno objašnjenje. Trgovina uživo predstavlja poslovni model u kom trgovci, influenseri ili poznate ličnosti prodaju proizvode i usluge putem video prenosa uživo na internetu, gde voditelj u stvarnom vremenu demonstrira i upoznaje publiku sa ponudom, ali isto tako odgovara na pitanja publike u realnom vremenu. Jedna sesija trgovine uživo, može se održati na veb lokaciji elektronske trgovine ili na nekoj od platformi društvenih medija, kao na primer, platformi Facebook, prikazano na slici 2, na čemu se i bazira istraživački deo rada. Ova forma trgovine može biti specifična za prodavnicu ili brend gde influenseri, takođe, mogu biti voditelji ili domaćini ove vrste događaja uživo koji promovišu proizvode različitih dobavljača ili brendova [4]. Ovakav vid trgovine je nastao u Kini gde je vrlo brzo doživeo ekspanziju.



Slika 2. Primer trgovine uživo na Facebook-u

2.3 Društvene platforme u e-trgovini

Ne postoji zapravo dosledna definicija koja objašnjava društvenu platformu i kakve usluge ona nudi, međutim može se opisati kao platforma za društvene medije na kojoj trgovci (ili bilo koji poslovni korisnici) mogu da prodaju proizvode, ukoliko sadrži alat koji podržava prodaju. Platforme kao što su Instagram, Facebook, Pinterest, SnapChat i TikTok spadaju u vodeće društvene mreže, ali u celini nisu platforme za društvenu trgovinu, već uključuju alate društvene trgovine koji omogućavaju društvenu prodaju bez potrebe da potrošači napuštaju aplikaciju, dok su neke postale samostalna tržišta. Naravno, društvena trgovina i trgovina uživo su više od puke kupovine i prodaje. One obuhvataju čitav prodajni proces od istraživanja i zabave do servisa nakon prodaje.

3. ISTRAŽIVANJE

Promene sa kojima su se susreli mnogi brendovi i kompanije ogledaju se upravo u ponašanju generacije Z, vodeće generacije novih mladih potrošača. Ova generacija donela je nove izazove u planiranju efikasnih strategija za prilagođavanje sadržaja ovoj grupi potrošača. Pandemija Korona virusa je samo podstakla ove promene, a uspešno prilagođavanje tim promenama predstavlja i nov model elektronske trgovine, trgovina uživo, koja se polako usvaja i na našim prostorima.

Prvi korak istraživanja predstavlja analizu dva glavna problema sa kojima su se brendovi susreli usled pandemije, a to su: problem kupovine na tradicionalnim veb lokacijama i problem promena u navikama potrošača te prilagođavanje generaciji Z. Kompanija Samsung je prva i jedna od retkih kompanija koja je uspešno implementirala trgovinu uživo na naše tržište kao odgovor na pomenute probleme, a koraci za izvedbu trgovine uživo po uzoru na implementiran model kompanije Samsung, kao i analiza rezultata uspešno održane sesije, predstavljaju ključne stavke ovog istraživanja.

3.1 Problemi tržišta usled pandemije korona virusa

Iskustvo kupovine na internetu na tradicionalnim veb lokacijama brendova i prodavnicama na mreži je limitiran. Potrošači mogu da dođu samo do opštih informacija o proizvodima, dok je mogućnost da dođu do dodatnih željenih informacija ograničena. Iako se većina potrošača starije generacije može setiti vremena pre interneta i pametnih telefona, mlađa generacija ili generacija Z, odrasta u drugačijim uslovima i ima drugačije potrebe. Kako oni sada postaju većinski deo potrošača na internetu u doba opšte digitalizacije, naročito ubrzane pandemijom

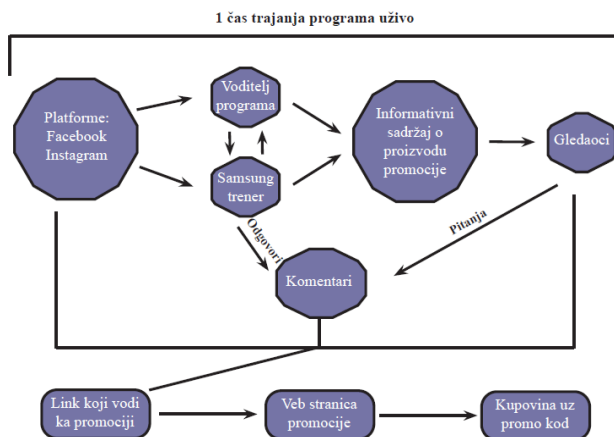
Korona virusa, brendovi i kompanije su u poziciji da sve više moraju da prilagode svoj sadržaj mobilnim uređajima, pa i sam način trgovine. Uspon generacije Z označava odlučujući pomak u prioritetima kupaca. Iako je kvalitet proizvoda i dalje izuzetno važan, današnje mlade potrošače uveliko pokreće njihovo iskustvo sa trgovcem. Za razliku od prošlih, starijih generacija, generacija Z je odrasla uz društvene mreže. Veb lokacije ili aplikacije kao što su Facebook, Snapchat, Instagram i mnoge druge oni ne koriste samo za povremenu komunikaciju sa prijateljima i porodicom, već one predstavljaju sastavni deo njihovog svakodnevnog života i pružaju izražajno sredstvo, inspiraciju i zabavu.

3.2 Uvođenje trgovine uživo u kompaniji Samsung

Imajući u vidu prethodno pomenute promene na tržištu, kompanija Samsung implementirala je nov kanal trgovine, trgovinu uživo. Kako bi se prilagodila promenama, naročito u periodu pandemije, a zatim i novim generacijama potrošača, kompanija Samsung je jedna od prvih kompanija koja je uvela ovaj način trgovine na našim prostorima. Kroz edukativan, ali ujedno i zabavan način trgovine, uveli su inovativnost na naše prostore za koju se veruje da će u budućnosti zabeležiti konstantan rast popularnosti i dalju ekspanziju.

3.3 Algoritam funkcionisanja trgovine uživo

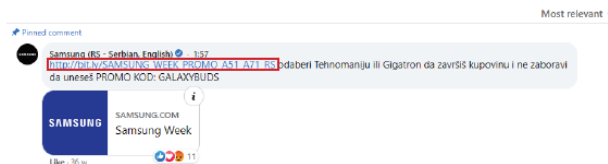
Algoritam funkcionisanja trgovine uživo po uzoru modela kompanije Samsung dat je na slici 3. i kreiran je zahvaljujući stečenim znanjima iz oblasti trgovine uživo. On predstavlja početnu tačku prilikom početka planiranja trgovine uživo i objašnjava osnovni princip kako funkcioniše trgovina uživo po uzoru na model kompanije Samsung.



Slika 3. Algoritam funkcionisanja trgovine uživo

Tokom trajanja jednočasovnog programa na platformi Facebook ili Instagram, voditelj i Samsung trener daje informacije o proizvodu ili proizvodima promocije, dajući mogućnost potrošačima da postavljaju pitanja koja ih zanimaju u vezi sa proizvodima. Nakon toga Samsung trener, kao ekspert, daje odgovore na pitanja potrošača, dok voditelj obično dodatno odgovara na postavljena pitanja, dajući svoje lično iskustvo u korišćenju proizvoda. Pored toga, voditelj programa upućuje gledaoce na link koji se obično nalazi na vrhu sekcije sa komentarima kao pinovan komentar, prikazan na slici 4 (ukoliko je u pitanju uključivanje uživo na platformi Facebook).

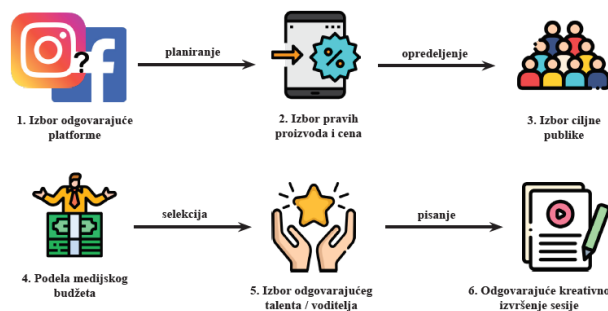
Potrebno je da potrošači potom kliknu na taj link kako bi došli do veb stranica preko kojih mogu da izvrše kupovinu i iskoriste sve pogodnosti promocije koja traje isključivo tih sat vremena.



Slika 4. Pinovan komentar

3.4 Predprodukcija – faza planiranja trgovine uživo

Modularni algoritam planiranja trgovine uživo koji je napravljen da bi se lakše prikazao proces planiranja sesije trgovine uživo prikazan je na slici 5.

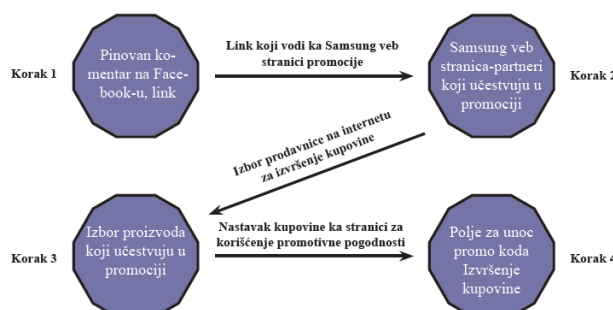


Slika 5. Algoritam planiranja trgovine uživo

Za potrebe konkretne sesije prodaje uživo izabrana je platforma Facebook. Izabrani proizvodi u okviru promocije su mobilni telefoni Galaxy A51 i Galaxy A72, uz čiju se kupovinu u toku trajanja programa uživo na poklon dobijaju Galaxy Buds+ slušalice. Ciljna publika ove promocije je mlađa generacija potrošača između 25 i 34 godine, jer su to potrošači koji dosta vremena provode na društvenim mrežama, a među njima je najveći procenat zaposlene populacije. Korišćen je digitalni plakat za promovisanje promotivne ponude na mrežama, a za voditelja je izabran glumac Luka Raco.

3.5 Mehanizam prodaje

Kao dobro korisničko iskustvo, implementiran je jednostavan mehanizam kupovine, koji je grafički prikazan na slici 6.



Slika 6. Algoritam mehanizma prodaje

Tokom prenosa trgovine uživo stoji pinovan komentar koji sadrži link koji vodi do narednog koraka, Samsung veb stranice koja sadrži dodatne informacije o promociji kao i o izboru partnera i prodavnica na internetu koje

učestvuju u promociji. Nakon izbora partnera, odlazi se na stranicu izabranog partnera na kojoj se bira proizvod za kupovinu, zatim se odlazi na sledeću stranicu na kojoj se unosi promotivni kod kako da bi se iskoristila vremenski ograničena promocija.

3.6 Produkcija trgovine uživo

Običan prenos uživo ili striming (eng. *streaming*) može da se izvede korišćenjem mobilnog telefona i aplikacije Facebook ili Instagram. Međutim, za svrhe sesije trgovine uživo, video produkcija ipak mora da se podigne na viši nivo.

Za potrebu snimanja sesije trgovine uživo korišćena su dva profesionalna fotoaparata: Canon 5D Mark IV i Canon 6D Mark II. Tokom sesije uživo smenjivala su se dva kadra, kadar Samsung trenera i kadar influensera, te je za potrebe snimanja bilo neophodno postaviti dva fotoaparata koji će istovremeno obezbediti te kadrove. Što se tiče osvetljenja, korišćena su dva NanGuang Compac 200 5600K panela za video rasvetu i NanGuang CN-P100WII Led studio svetlo. Za tehničku izvedbu sesije trgovine uživo korišćen je profesionalni softver za prenos uživo pod nazivom „vMix”.

3.7 Analiza rezultata

U tabeli 1 prikazani su rezultati održane sesije trgovine uživo na platformi Facebook.

Tabela 1. Rezultati održane sesije trgovine uživo

Broj gledaoca u istom trenutku	276
Video pregledi od 1 minut	637
Video pregledi od 10 sekundi	2653
Video pregledi od 3 sekunde	8408
Prosečno vreme gledanja videa	11 sekundi
Broj ljudi do kojih je dosegao video	30105
Ukupno angažovanje publike	510
Najveći procenat publike	25 - 34 god.
Broj prodatih uređaja 74	

Tokom trajanja ove sesije trgovine uživo, zabeleženo je veliko interesovanje publike sa čak 181 komentaram. Najveći broj gledalaca koji su u istom trenutku gledali video iznosi 276. Broj gledalaca koji su jedan minut gledali sesiju trgovine uživo iznosi 637. Broj gledalaca koji su deset sekundi gledali sesiju trgovine uživo iznosi 2653, dok broj gledalaca koji su tri sekunde gledali video iznosi 8408. Prosečno vreme gledanja sesije trgovine uživo iznosi 11 sekundi, što predstavlja dovoljno vremena da se gledalac informiše o promociji, promotivnom kodu i klikne na pinovan link koji vodi ka kupovini proizvoda. Broj ljudi do kojih je dosegao prikazan video iznosi čak 30105, dok ukupno angažovanje publike, što predstavlja ukupan broj komentara i reakcija na video, iznosi 510. Najveći procenat publike činila je publika starosne dobi od 25 do 34 godine što zapravo i jeste određena ciljna publika u procesu planiranja sesije trgovine uživo. Broj prodatih uređaja je stalno praćen od strane produkcije

koja je to javljala voditelju u programu, tako da je publika u svakom trenutku bila obavestena koliko proizvoda je prodato u datom trenutku. U toku samo jednog sata trajanja prenosa uživo, odnosno sesije trgovine uživo, prodato je čak 74 uređaja, što je nemoguće postići za samo sat vremena regularnom prodajom u fizičkim prodavnicama ili tradicionalnim prodavnicama na internetu.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljene su osnove trgovine na internetu, kao i uticaj pandemije Korona virusa na tržište, naročito na našim prostorima. Kao rezultat promena, predstavljen je način prilagođavanja digitalizovanom tržištu na našim prostorima kroz analizu modela trgovine uživo kompanije Samsung. Uz analizu dva glavna problema kao polazne tačke, predstavljen je algoritam funkcionisanja jedne sesije trgovine uživo, koraci planiranja, pred-produkcije i produkcije do konačne izvedbe jedne sesije trgovine uživo. Predstavljene koraci i algoritmi čine osnove planiranja sesije trgovine uživo i mogu se koristiti kao smernice u planiranju narednih sesija trgovine uživo, kao i za implementiranje trgovine uživo i na drugim platformama.

5. LITERATURA

- [1] J. Vande Zande. (2020). *What is e-commerce? Definition, benefits, examples* [online]. Dostupno na: <https://www.the-future-of-commerce.com/2020/01/19/what-is-e-commerce-definition-examples/> (Pristupljeno 01.05.2021).
- [2] V. Simović. (2013). *Elektronsko poslovanje*. [pdf] Dostupno na: https://v2.link-onlineservice.com/media/files/EP_Skripta1.pdf (Pristupljeno 01.05.2021).
- [3] S. McLachlan. (2020). *What is Social Commerce and Why Should Your Brand Care?*. [online] Dostupno na: <https://blog.hootsuite.com/social-commerce/> (Pristupljeno 10.05.2021).
- [4] Liu, F. (2021). *Livestream Ecommerce: What We Can Learn from China*. [online] Dostupno na: <https://www.nngroup.com/articles/livestream-e-commerce-china/> (Pristupljeno 08.05.2021).
- [5] <https://newsroom.pinterest.com/en/post/summer-shopping>

Kratka biografija:

Jelena Petrović rođena je u Loznici 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2021. god. Trenutno je zaposlena kao saradnik u kreativnom marketingu u kompaniji Samsung. kontakt: elvena.jp@gmail.com

dr Željko Zeljković, doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine. 2016. godine izabran je u zvanje docent na Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn.

PROJEKTOVANJE PARAMETARSKI ZAVISNE KUTIJE**PARAMETRIC PACKAGING DESIGN DEVELOPMENT**Milana Davidov, Stefan Đurđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada jeste ispitivanje parametarskog projektovanja ambalažne kutije. Cilj rada je prikaz, analiza i uticaj parametarskog projektovanja ambalaže u aplikacijama EngView paketa - EngView Synergy i EngView Package Designer.

Ključne reči: Projektovanje ambalaže, EngView

Abstract – The subject of this research is the examination of the parametric packaging design. This research aims to analyze parametric packaging design in EngView software packages: EngView Synergy and EngView Package Designer.

Keywords: Packaging development, EngView

1. UVOD

Značajan deo grafičke industrije jeste proizvodnja ambalaže, koja može biti izdvojena kao samostalna delatnost. Ambalaža, kao deo grafičke industrije koja se neprestano razvija i unapređuje, predstavlja obimno polje istraživanja.

Upravo sa novim tehnologijama i njihovim mogućnostima, nameću se i novi zahtevi tržišta, odnosno potrošača. Današnje tržište većinski diktira nisko kalkulisane cene, zatim kratke rokove isporuke, stalno ažuriranje tj. izmene, kao i manje tiraže, što predstavlja izazov u svakom procesu [1].

Takođe, kao posledica sve većeg tržišta, odnosno sve veće konkurencije - raznovrsnost ambalaže se znatno povećala. Današnji potrošač donosi odluku o kupovini nekog proizvoda bez sugestije prodavaca, što dovodi do zaključka da je ambalaža svakako jedan od ključnih faktora prilikom izbora. Stoga, neminovno je pažljivo isplanirati projektovanje ambalaže.

Osnovni cilj ovog istraživanja jeste uticaj parametarskog projektovanja kutije u aplikacijama EngView paketa: EngView Synergy i EngView Package Designer. Parametarsko projektovanje kutija dovodi do jednostavnijeg projektovanja kutije preko kontrolisanja parametara. Upravo ovo predstavlja pravo rešenje i odgovor na zahteve današnjeg tržišta - veliki broj zahteva izmena, za kratko vreme.

Pored teorijskih ciljeva, rad ima za cilj i industrijski primenljivo rešenje.

Očekuje se da će predstavljeno rešenje grafičke ambalaže biti implementirano u industrijskim procesima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stefan Đurđević, docent.

2. ENGVIEW PACKAGING SUITE

EngView Packaging Suite je softver za strukturno dizajniranje ambalaže u obliku složivih kutija i displeja. Pruža širok spektar alata koji ubrzavaju i automatizuju svakodnevne poslove grafičkih dizajnera, proizvođača i prodavaca koji su uključeni u stvaranje, komunikaciju i proizvodnju ambalaže. Softver je integrisan sa Adobe Illustrator-om. Pomaže profesionalcima da vizualizuju 3D model ambalaže sa proizvodom u unutrašnjosti i primene grafički dizajn na strukturu. EngView Packaging Suite optimizuje svaki aspekt toka dizajna ambalaže i reprodukcije [2].

EngView Package Designer je CAD/CAM sistem za projektovanje složivih kutija od lepenke, talasastog kartona, kartona, papira, ali i tankih pločastih plastičnih materijala. Raspolaze širokim spektrom alata za crtanje i manipulaciju. Aplikacija je vektorskog tipa, stoga se način iscrtavanja ne razlikuje puno od drugih vektorskih programa.

EngView Package Design Suite je program koji u sebi sadrži tri glavna različita programa: EngView Package Designer, EngView Project Organizer i EngView Synergy, koje imaju mnoštvo modula za projektovanje.

EngView Package Designer je integrisana CAD/CAM okolina za strukturni dizajn i izradu prototipa složivih kutija. To je set funkcionalnih modula koji podržavaju čitav proces strukturnog dizajna – od koncepta preko uzoraka sve do alata.

Softver ima set alati za crtanje i transformaciju nacrtanih objekata koje su specijalno podešene i prilagođene upravo za projektovanje ambalaže i koje smanjuju broj potrebnih operacija.

Program sadrži veliku bazu gotovih strukturnih dizajna koji su već spremni za korišćenje pruža mogućnost lakog i brzog kreiranja dizajna. Parametarske komponente iz biblioteke se mogu iskoristiti putem uzimanja i spuštanja komponentata na polje za rad i sastavljanja komponentata na tom istom radnom prostoru, time je skraćeno vreme izrade dizajna.

Opcija 3D vizualizacije pomaže pri verifikaciji strukture (omogućava brz prikaz iscrtane strukture i provere tačnosti), pravilnog postavljanja grafičkog dizajna i pri sekvencama ili redosledu savijanja pri sklapanju kutije.

EngView parametarski modul za crtanje - Synergy, je CAD alat za kreiranje promenljivih struktura koje se mogu promeniti postavljanjem relacija između objekata. Funkcionalnost je zasnovana na tehnologiji varijacionog i parametarskog dizajna, gde se objekti crtaju i modifikuju korišćenjem parametara za različite konstrukcijske karakteristike. Ovaj modul pomaže dizajnerima da crtaju parametarske komponente od nule, koje mogu ponovo koristiti prilikom crtanja ili uređivanja dizajna.

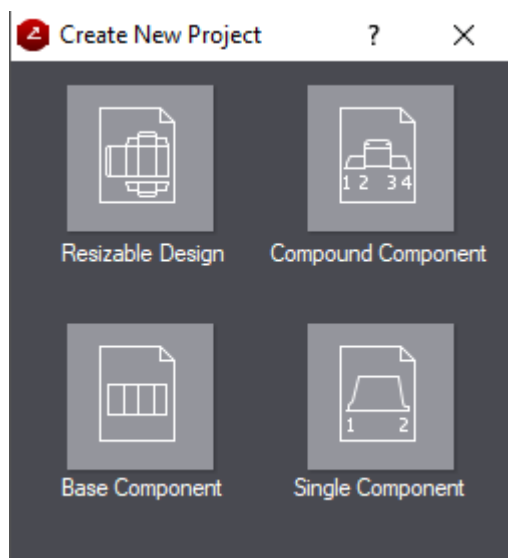
Sušтина rada u EngView Synergy softveru, jeste da se kreiraju parametarske komponente i sklapaju iste u kompletan dimenziono podesiv nacrt kutije. Sklapanje se zasniva na jednostavnom principu prevlaćenja i spuštanja komponente na određeno mesto. Postojanje baze sa komponentama znatno smanjuje vreme projektovanja. Omogućeno je i kreiranje sopstvenih biblioteka koje se mogu ponovo koristiti samo unošenjem željenih veličina i dimenzija.

Konstrukcioni elementi koji se koriste u sklapanju dimenziono podesivog nacrt kutije su upravo parametarske komponente. Parametarske komponente su kreirane ili crtanjem, poput komponente baze ili pojedinačne komponente koje će se koristiti prilikom sastavljanja dimenziono podesivog nacrt kutije ili sklapanjem već postojećih.

Kada se parametarska komponenta koristi prilikom sklapanja dimenziono podesivog nacrt kutije, podešavanja dimenzione komponente se vrše promenom parametarskih vrednosti, a ne korekcijom dimenzija na samom crtežu. Parametarske komponente se čuvaju u EngView Parametric Library.

Tipovi parametarskih komponenti su sledeći (slika 1.):

- bazna komponenta (Base component)
- pojedinačna komponenta (Single component)
- povezana ili višedelna komponenta (Compound component)



Slika 1. Parametarske komponente

Dimenziono podesiv nacrt kutije je grafički prikaz ambalaže koji je pripremljen za predimenzionisanje, odnosno to je nacrt sastavljen od parametarskih komponenti i čine ga baza na koju su spojeni pojedinačni i višedelni elementi. Jedan dimenziono podesiv nacrt kutije ima sve potrebne geometrijske relacije, aktivne dimenzije i odgovarajuće parametre koji dozvoljavaju dizajneru da menja dimenzije.

Najčešći vid projektovanja dimenziono podesivih kutija je povezivanje svih pojedinačnih i povezanih komponenti sa bazom kutije a, preko tri osnovne dimenzije kutije: dužine, širine i visine, kao i debljine definisanog materijala.

Ovo znači da dizajner zapravo ne izrađuje nacrt kutije sa konkretnim dimenzijama, već vrši definisanje dimenzija svih elemenata kutije preko matematičkih funkcija i jednačina koje uključuju tri osnovne dimenzije i debljinu materijala.

3. PROJEKTOVANJE PARAMETARSKI ZAVISNE KUTIJE

Proizvod za koji je projektovana ambalaža je set mini paste i četkice za zube. Pripada grupi kozmetičkih proizvoda, gde je proizvod obično izrađen od plastičnih i drvenih materijala. Stanje robe unutar mini paste je pastozno, dok je sama ambalaža u čvrstom stanju, isto kao i četkica za zube. Ambalaža je sekundarna, što znači da nije u direktnom kontaktu sa robom. Materijal robe može da bude osetljiv prema mehaničkim silama, biološkim promenama, svetlu, temperaturi, procentu vlage, kiseonika itd.

Roba koja se skladišti u datom proizvodu, kao što je pasta nije izložena spoljnim uticajima, ali moguće je da dođe do mehaničkih oštećenja. Zavisno od vrste sile i intenziteta kojim se deluje na robu, oštećenja koje dovode do deformacije strukture robe su pucanje i istiskivanje robe. Što se tiče nekih posebnih zahteva pri pakovanju robe, nisu neophodni, jer roba nije lomljiva, teška ili sl. Proizvod je namenjen svima, nema precizno određenu ciljnu grupu.

3.1. Dimenziona analiza robe – proizvoda

Nakon osmišljavanja idejnih rešenja, a pre samog projektovanja i kreiranja ambalaže za određeni proizvod potrebno je izvršiti dimenzionu analizu tog proizvoda, kako bi ambalaža savršeno odgovarala proizvodu koji će se u njoj naći. Takođe, podešavanje veličine ambalaže u odnosu na dimenzije proizvoda doprinosi jednostavnosti upotrebe i lakoći rukovanja proizvodom iz ambalaže od strane korisnika. Dimenzije pomenutih proizvoda takođe variraju i u zavisnosti od njihove primene. Prosečna dimenzija četkice za zube iznosi 185 mm po dužini i 20 mm po širini u gornjem delu gde se nalazi glava četkice, dok telo četkice uglavnom ne zauzima prostor veći od 7 mm. Što se tiče dimenzija mini paste za zube, prosečna dužina ovog proizvoda iznosi 80mm, širina 35 mm. Upravo ovo su vrednosti koje su uzeti za referentne, pri projektovanju ambalaže. Kada se ova dva proizvoda nađu zajedno u ambalaži bez pregradnih elemenata koji ih razdvajaju oni zajedno zauzimaju širinu ne veću od 60 mm i visinu od 185 mm.

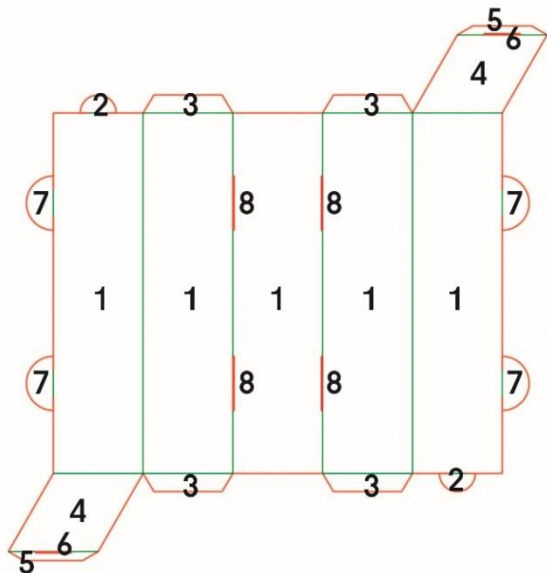
3.2. Izbor i karakteristike materijala za izradu kutije

Karton koji će se koristiti za projektovanje ambalaže je Umka Special GT2. Umka Special GT2 (beo sa prednje i zadnje strane) je visoko kvalitetni hromo-karton proizveden od reciklažnog starog papira [3]. Srednji sloj je izrađen od mešanog reciklažnog papira, dok su gornji i donji sloj proizvedeni od sortiranog belog reciklažnog papira. Odlikuje se troslojnim gornjim premazom i jednoslojnim donjim premazom, konstantnim kvalitetom, dobrim štamparskim i proizvodnim karakteristikama. Tipična primena Umka Special GT2 je kartonska ambalaža: kozmetička, farmaceutska, prehrambena, hemijska i tekstilna industrija. Ambalaža je projektovana za dati materijal, ali mogućnosti izbora materijala pri ponovnoj izradi ambalaže su neograničeni i zavise od izbora dizajnera. Preporučeni metod štampanja je ofset i flekso štampa.

Karton je gramature 300 g/m², debljine 0,5 mm i krutosti 22,9 cd. Tehnika štampe je ofset, četvorbojna. Štampanje se vrši uz primenu specijalnih boja - Pantone kolorne palete, kako bi se omogućila ponovljivost i dodatnog oplemenjivanja - sjajna plastika, kako bi se materijal i štampa zaštitila od oštećenja.

3.3. Projektovanje dimenziono podesivog nacrt kutije

Projektovanje dimenziono podesivog nacrt kutije za konkretan proizvod - set mini paste i četkice za zube, je izvršeno pomoću novih parametarskih komponenata. Prikaz tih komponenti, koje su označene brojevima, koji predstavljaju redosled kreiranja i kompletan nacrt kutije, je prikazani su na slici 2.



Slika 2. Prikaz razvijenog oblika kutije koja će biti kreirana u EngView Synergy softveru

Proces kreiranja dimenziono podesivog nacrt kutije u programu EngView Synergy obuhvata dve faze:

- kreiranje parametarskih komponenti,
- spajanje komponenti u kompletan dimenziono podesiv nacrt kutije, jednostavnim principom prevuci i spusti (drag & drop).

Parametarske komponente su konstrukcioni elementi dimenziono podesive kutije. U parametarske komponente se ubrajaju:

- baza,
- pojedinačne komponente i
- povezane (višedelne) komponente.

Projektovanje dimenziono podesivog nacrt kutije počinje kreiranjem bazne komponente.

Prilikom otvaranja novog projekta (File - New, CTRL+N) prvo se mora definisati koji deo, kakav element se želi kreirati i shodno tome potrebno je odabrati jednu od sledećih opcija:

- Resizable Design – dimenziono podesiv nacrt kutije,
- Compound Component – međusobno povezane komponente,
- Base Component – baza,
- Single Component – pojedinačne komponente.

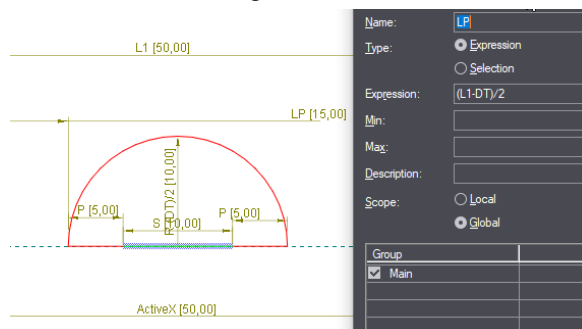
Svaka od ponuđenih opcija crtanja, ima svoju posebnu radnu površinu. Kreiranje originalnog nacrt kutije najčešće se počinje kreiranjem baze, kao osnovne komponente na koju će se nadovezivati ostale pojedinačne ili povezane komponente, da bi se dobila kompletna kutija.

Ovaj redosled nije obavezan. Mogu se prvo formirati pojedinačne komponente, pa povezane komponente pa tek onda baza, jedino je bitno da pre sastavljanja konačnog

podesivog nacrt kutije, sve komponente koje su za taj nacrt potrebne postoje u bazi programa.

U nastavku će biti objašnjen postupak parametarskog projektovanja jedne od komponente.

Pre početka crtanja pojedinačnog elementa, vrednost parametra ActiveX se menja na vrednost dimenzije stranice baze. Kada je vrednost promenjena, osa se automatski menja i tada se može početi sa crtanjem. Crtanje komponente se vrši alatom Line. Zatim se nastavlja crtanje sa alatom Circle by 3 Points, sa leve do desne strane pomoćne linije - kreira se novi parametar, prečnik/dijametar kruga: DT. Sledeći korak je brisanje pola kruga, sa alatom Trim iz palete Transformations. Potom se dodaju svi elementi jezička - sa alatom Line, odnosno sledi definisanje dva nova parametra: P i S. Crtaju se linije proizvoljnih veličina, od desne tačke kružnice do leve. Zatim se uzima alatka za dimenzionisanje Single Object Dimension iz palete Dimensions. Liniji koju definiše parametar S se dodeljuje stil Creasing Style. Da bi ova komponenta uvek bila na sredini, mora se definisati novi parametar: LP, što je prikazano na slici 3. Prvo se definiše parametar koji će imati vrednost ActiveX, parametar L1 - desni klik na tabelarni prikaz parametara, New Parametar. Zatim, sa alatom Associative Dimension se definiše pomenuti parametar LP. Nakon što su svim linijama dodeljeni parametri i promenjeni stilovi određenih linija, potrebno je podesiti preklapanje i podesiti sve parametre da budu globalni. To se radi funkcijama Set Overlapping Flag i Show Overlapping, kao i označavanjem svih parametara u tabeli, desni klik - Make global.



Slika 3. Definisane parametara LP

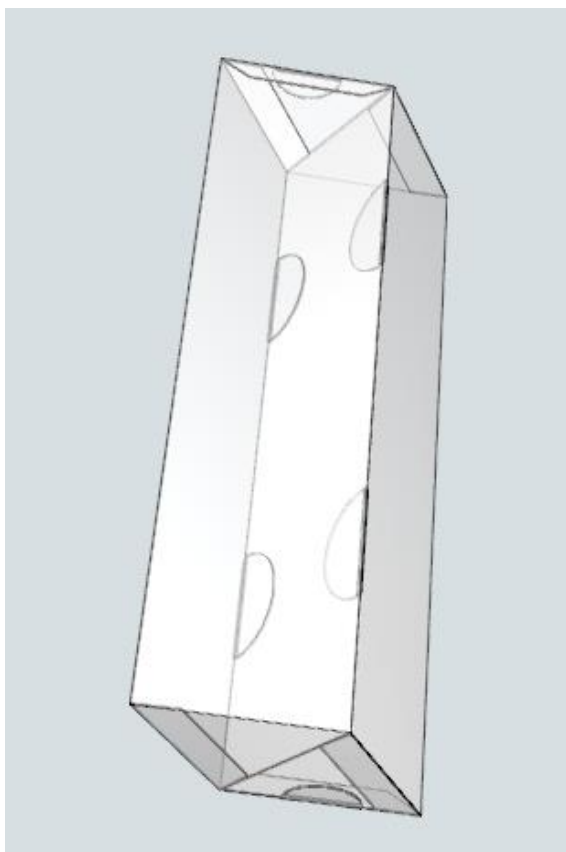
3.4. Sklapanje komponenata u dimenziono podesiv nacrt kutije

Nakon kreiranja parametarskih komponenti - baze, pojedinačnih i višedelnih elemenata, sledi njihovo sklapanje u dimenziono podesiv nacrt kutije.

Za sklapanje kutije potrebno je otvoriti novi projekat i izabrati opciju kreiranja novog podesivog nacrt: Create New Project - Resizable Design. Prvo je potrebno podesiti karakteristike projekta.

Iz kartice sa komponentama (Synergy Components) se biraju elementi koji čine kutiju i postavljaju se na radnu površinu.

Gotov dimenziono podesiv nacrt kutije se sačuva u .evr formatu. Ukoliko se fajl želi otvoriti u drugom programu može se sačuvati i u drugom formatu, pomoću opcija File-Export. Dimenziono podesiv nacrt kutije u EngView Synergy programu se može prikazati u 3D obliku kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. 3D prikaz projektovane kutije

3.5. Primena grafičkog dizajna kutije na osnovu strukturnog dizajna

EngView Packaging Suite softver je integrisan sa Adobe Illustrator. Pomaže dizajnerima da vizualizuju 3D model ambalaže sa proizvodom u unutrašnjosti i primene grafiku na strukturu [4].

Ambalaža mora biti atraktivna, originalna, estetski dopadljiva, funkcionalna, da privlači pažnju kupca i da ostvari opšti pozitivan utisak, a takođe i da kreira poverenje kupca. Pored toga, ona treba da ima i informativnu ulogu i da pomogne kupcu da donese odluku o kupovini proizvoda koji je upakovan u njoj [5].

4. ZAKLJUČAK

Cilj i smisao EngView Synergy programa je mogućnost kreiranja dimenzionog podesivog nacrtu kutija, koji se menja promenom bilo koje vrednosti, odnosno parametra. Menjanjem jednog parametra menja se i svaki drugi parametar koji je definisan preko promenjenog parametra.

Zadatak ovog master rada je bilo ispitivanje kako parametarski projektovati dizajnersko rešenje kutije za mini set paste i četkice za zube. Pomenuto rešenje kutije nema u velikoj meri korišćene geometrijske forme, sa pravilnim uglovima, što je predstavljalo izazov za parametarsko projektovanje kutije. Kutija je dizajnirana tako da se za formiranje ne koristi proces lepljenja, odnosno da je samo sklopiva, što dovodi do uštede materijala i vremena za proizvodnju, kao i eliminisanja štetnih komponenti.

Veličine pojedinačnih komponenta su definisane parametrima koji su izraženi preko matematičkih formula i izraza. Samo na ovaj način je u okviru programa EngView Synergy moguće spajati pojedinačne komponente jedne sa drugima i baznom komponentom a da se svaki deo poklapa i proporcionalno menja. Menjanjem jednog parametra menja se i svaki drugi parametar koji je definisan preko promenjenog parametra. S tim se olakšava i skraćuje vreme kreiranja iste drugih dimenzija.

Radom u EngView Synergy programu se može videti koliko vremena se može uštedeti kombinovanjem komponenta iz biblioteke, kao i dobra kontrola kreiranih kutija, odnosno lako uočavanje grešaka i njihovo menjanje. Program EngView Synergy je alat koji omogućava pravljenje unapred pripremljenih baza kutija, što je ključno za današnje tržište i način proizvodnje. Dovodi do ogromne uštede vremena, kako u prvoj fazi - projektovanje kutije, tako i u svakoj sledećoj, jer ako se isprati svaki korak i proveriti ispravnost, uklanjaju se sve moguće greške i problemi u kasnijim fazama. U daljim istraživanjima bi se mogle ispitivati mehaničke osobine komponenti na kutijama različitih dimenzija, time bi se mogle ograničiti minimalne vrednosti dimenzija parametara u cilju dobijanja kvalitetnih rešenja ambalaže u proizvodnji.

5. LITERATURA

- [1] D. Novaković, „Uvod u grafičke tehnologije”, 2nd Ed. Novi Sad. FTN izdavaštvo, 2011.
- [2] D. Novaković, M. Pal, S. Đurđević, „Grafička ambalaža - praktikum” 1st Ed. Novi Sad. FTN izdavaštvo, 2016.
- [3] <https://www.umka.rs/umka-special-gt2/> (pristupljeno u septembru 2021.)
- [4] <https://www.engview.com/en/engview/support/> (pristupljeno u septembru 2021.)
- [5] S. DuPuis, J. Silva, „Package design workbook: the art and science of successful packaging.”, Singapore: Rockport Publishers, 2008.

Adresa autora za kontakt:

MSc Milana Davidov
milanadavidov@gmail.com

dr Stefan Đurđević
[djurdjevic@uns.ac.rs](mailto:djurdjjevic@uns.ac.rs)

AUTOMATIZACIJA RADNIH TOKOVA U GRAFIČKOJ PROIZVODNJI**WORKFLOW AUTOMATION IN GRAPHIC INDUSTRY**Katarina Maričić, Živko Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – U radu je predstavljen način funkcionisanja radnih tokova u grafičkoj proizvodnji i opisane su komponente koje su neophodne pri automatizaciji radnih tokova. Eksperimentalni deo obuhvata analizu softvera koji se koriste u okviru pripreme za štampu i zasnivaju se na manuelnom ili automatizovanom načinu rada. Njihovim poređenjem izveden je zaključak o efikasnosti uvođenja automatizacije u radni tok u okviru odeljenja pripreme za štampu.

Ključne reči: Automatizacija, Radni tok, Metapodaci

Abstract – The paper presents the way workflows function in graphic production and describes the components that are necessary for workflow automation. The experimental part includes the analysis of software used in prepress and based on manual or automated mode. By comparing them, a conclusion was drawn about the efficiency of introducing automation into the workflow as part of prepress.

Keywords: Automation, Workflow, Metadata

1. UVOD

Zbog rastućih zahteva tržišta za niskim cenama, visokim kvalitetom, kratkim rokovima isporuke, kao i pouzdanom i fleksibilnijom proizvodnjom javlja se potreba za potpunom automatizacijom svih proizvodnih procesa i potpunim integrisanjem proizvodnog sistema. Dolazi do povezivanja menadžmenta, komercijalnih poslova, pripreme proizvodnje, pripreme štampe, štampe i završne grafičke obrade u jednu funkcionalnu, efikasnu i transparentnu celinu. Implementacija digitalnog radnog toka može rezultirati pojednostavljenim procesima, povećanjem kvaliteta i potencijalnim smanjenjem troškova. Prednosti automatizacije radnih tokova jesu smanjena intervencija od strane ljudi, povećan broj poslova po vremenskoj jedinici, brži protok poslova u proizvodnji, poboljšanje rokova isporuke, niži troškovi za osoblje, standardizovan rad, smanjen broj grešaka, kao i automatsko evidentiranje troškova i automatska interakcija kupaca i dobavljača.

Cilj eksperimenta jeste da se analizom četiri različita softvera, koji se koriste u odeljenju pripreme za štampu i koji se zasnivaju na manuelnom ili automatizovanom načinu rada, utvrde benefiti ulaganja u alate za automatizaciju procesa.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Živko Pavlović, vanr. prof.

2. DIGITALNI RADNI TOK

Integracijom računarske tehnologije u sastav grafičke industrije postavljene su nove metode za promene u organizacijskom pristupu vođenja posla. Stoga je svrha razvoja grafičke industrije okrenuta ka implementaciji naprednih upravljačkih rešenja. Danas se koraci u procesu štampanja mogu kontrolisati, pratiti i postaviti u jedan kontinuirani elektronski sistem koji se naziva digitalni radni tok [1]. Automatizacija radnih tokova u grafičkoj proizvodnji donosi brojne prednosti, uključujući poboljšanje finansijskog stanja kompanije, poboljšanu brzinu plasmana na tržište, optimizaciju izvršenja zadataka u proizvodnji radi povećanja efikasnosti i poboljšanje protoka proizvodnje.

Tokom stvaranja grafičkih proizvoda, informacije o trenutnom stanju proizvoda imaju funkciju povezivanja sistema i proizvodnih resursa u homogenu strukturu. Stoga je razmena administrativnih i tehničkih informacija o datom proizvodu od presudnog značaja za celokupnu implementaciju grafičkog proizvoda. Datoteke za takve informacije treba da budu uniformne i kao takve predstavljaju standard za dalji razvoj i stvaranje glavnog skladišta svih podataka o proizvodnji

3. SISTEM UPRAVLJANJA RADNIM TOKOM

Sistem upravljanja radnim tokom (engl. *Workflow Management System* - WMS) predstavlja sistem koji definiše, kreira i upravlja izvršavanjem radnih tokova korišćenjem softvera, koji je u stanju da tumači definiciju procesa, stupa u interakciju sa učesnicima radnog toka i, gde je potrebno, poziva korišćenje IT alata i aplikacija [2]. U okviru sistema upravljanja radnim tokom redosled zadataka je grafički prikazan i konfigurisan. Cilj sistema za upravljanje radnim tokovima je analiza procesa i mapiranje zadataka za otkrivanje grešaka, kašnjenja i dizajniranje efikasnog i pojednostavljenog procesa radnog toka. Nekoliko jednostavnijih softverskih alata za radni tok kombinovano je u jednu aplikaciju koja automatizuje ljudske i mašinske zadatke po unapred definisanoj putanji. Sistem upravljanja radnim tokom se mora prilagoditi radnom toku preduzeća, a ne obrnuto. Analiza i definisanje metode proizvodnje je važan i težak zadatak pri uvođenju radnog toka u preduzeće. Poslovni i proizvodni postupci se odvijaju hronološki i mogu da se menjaju, preklapaju ili ponavljaju. Karakteristično je da se tokom proizvodnje štampanog proizvoda razjasne mnogi tehnički i organizacioni detalji. To znači da radni nalog mora biti dinamičan i sposoban da stalno prima nove informacije.

4. „JOB DEFINITION FORMAT“ (JDF)

Današnje štamparije suočavaju se sa složenijim poslovima i sa kratkim rokovima isporuke. Da bi se mogli nositi sa ovim novim zahtevima, razvijeni su standardi. Ali ti standardi su bili ograničeni jer su se bavili samo određenim aspektima štamparskog posla. Postojeći standardi, poput PPF (format za štampanje) standarda organizacije CIP3 i PJTF (prenosivi format radnog naloga) standarda kompanije Adobe, bili su ograničeni i nisu mogli da obezbede neophodnu automatizaciju. PPF je kreiran kako bi omogućio prenos između različitih proizvoda, tako da jedan radni nalog može kontrolisati sve te proizvode. PJTF je obezbedio ograničen, ali precizan način kontrole procesa u pripremi za štampu i kontrolu nad raznim procesima štampe. Iako su bili nedovoljni, oni su prethodnici JDF formata.

„Job Definition Format“ je industrijski standard koji je osmišljen da pojednostavi razmenu informacija između različitih aplikacija i sistema u grafičkoj industriji i izvan nje. U tu svrhu, JDF se nadograđuje i proširuje izvan već postojećih parcijalnih rešenja (PPF i PJTF). Takođe, omogućava integraciju komercijalnih i planskih aplikacija u tehnički radni tok. JDF se pridružuje sve većem broju standarda zasnovanih na XML jeziku, osiguravajući maksimalno moguću prenosivost između različitih platformi i spremnu interakciju sa sistemima zasnovanim na Internetu.

4.1 Komponente JDF radnog toka

JDF ne nalaže da radni tok mora biti konstruisan na neki poseban način. Naprotiv, njegova fleksibilnost je omogućila JDF formatu da modeluje postojeća prilagođena rešenja za grafičku industriju, kao i ona koja se tek mogu zamisliti. JDF omogućava arhitekturu koja definiše proces neophodan za stvaranje svakog planiranog rezultata i identifikuje elemente koji su neophodni da proces bude dovršen. Svi procesi su podeljeni u čvorove, a ceo postupak dobijanja proizvoda je predstavljen stablom ovih čvorova. Svi čvorovi uzeti zajedno predstavljaju željeni štampani proizvod [3].

Proces proizvodnje u štampariji sastoji se od različitih sistema, a svaki sistem je klasifikovan tako da ima jednu ili više uloga komponenti radnog toka. Komponente su: Agent - sistem koji piše JDF instance, Kontrolor - tumači JDF instance i opciono dodaje specifične informacije koje kontrolor poznaje, a zatim usmerava JDF instance u druge sisteme radi dalje obrade, Uređaj - sistem koji prima JDF instance i izvršava procese i Mašina - sistem koji prima vlasničke kontrolne komande sa uređaja.

5. UPRAVLJAČKI INFORMACIONI SISTEM

Upravljački informacioni sistem (engl. *Management Information System- MIS*) je zajednički izraz za takozvani „computer-aided“ sistem u štampariji i ima centralnu ulogu za komunikaciju između kupca i štamparije. MIS pruža informacije vezano za komercijalne procese poslovanja i izračunava stvarne proizvodne troškove koristeći operativne podatke. Može se razlikovati po složenosti i skupu funkcija, a neke od funkcija su: procenjivanje, upravljanje poslom, upravljanje odnosima sa klijentima, upravljanje materijalima, finansije,

prikupljanje podataka, popis sirovina, potraživanje, upravljanje komercijalnom robom, itd.

6. PLAN EKSPERIMENTA

Eksperiment će biti sproveden uz pomoć četiri različita softvera koji se koriste za pripremu fajlova za štampu. Za svaki od njih će se meriti vreme koje je potrebno za izvršavanje određenih procesa u okviru pripreme fajla za štampu ofset tehnikom štampanja i biće označen broj ljudi koji treba biti angažovan za izvršavanje operacija. Poređenjem manuelnog i automatizovanog načina rada u okviru odeljenja za pripremu za štampu, u smislu utrošenog vremena za obavljanje procesa i angažovanja operatera tokom trajanja procesa, trebalo bi da se pokaže da li je isplativo ulagati u alate za automatizaciju radnog toka. S obzirom na to da će se poređenje vršiti na dokumentu koji se priprema za ofset tehniku štampanja, potrebno je proveriti parametre koji će osigurati da se štampa izvede kvalitetno. Prvo treba proveriti da li je dobijeni dokument kompatibilan sa verzijom koju ima odeljenje za pripremu i da li je ispravan, odnosno proveriti da li postoje prazne strane, da li je u A4 formatu kako je zahtevano i da li je napuštanje postavljeno na 3 mm. Zatim treba proveriti separacije boja, odnosno podesiti prostor boja prema prostoru boja izlaznog uređaja. Nakon provere boja, proveravaju se fontovi koji se nalaze u dokumentu, da li su ugrađeni ili ne i da li su obojeni samo crnom bojom ili su kombinacija sve četiri porocenske boje. Takođe, proverava se da li postoje transparencije, slojevi, da li je debljina linija veća od 0,125pt i da li su odgovarajući objekti postavljeni na preštampavanje. Proveravaju se i rezolucije slika, koje treba da budu podešene na 300dpi i pokrivenost objekata bojom gde ona ne bi trebalo da prelazi 305%.

Softveri koji se zasnivaju na manuelnom načinu rada, a korišćeni su za utvrđivanje efikasnosti automatizacije su Acrobat DC i pdfToolbox Desktop. Acrobat DC je softver koji se koristi za kreiranje, pregled i izmenu PDF datoteka. PdfToolbox Desktop je interaktivna aplikacija kod koje se za rešavanje problema u dokumentima koriste neki od unapred definisanih profila zasnovanih na međunarodnim standardima ili se može kreirati potpuno novi profil za konkretan zadatak.

Sa druge strane, softveri koji se zasnivaju na automatizovanom načinu rada su pdfToolbox Server i Switch. PdfToolbox Server se koristi za automatizaciju procesa u okviru pripreme dokumenta za štampu. Switch je modularna i fleksibilna platforma koja se koristi za automatizaciju procesa u okviru grafičke proizvodnje i omogućava kreiranje radnog toka i povezivanje procesa unutar njega.

6.1. Priprema za štampu

Priprema za štampu je prvi korak radnog toka u grafičkoj proizvodnji, stoga svi ostali koraci mogu da trpe posledice nedovoljno dobro urađene grafičke pripreme. Posledice lose grafičke pripreme ogledaju se u otežanoj izradi traženog proizvoda, produženom vremenu proizvodnje, pomeranju rokova, pa sve do prekida proizvodnje kao direktne posledice propusta koji su se desili u procesu pripreme za štampu. Da bi priprema za štampu mogla da se izvede najbolje moguće i da bi se omogućilo

iskorišćenje maksimalnog kapaciteta i mogućnosti sistema, osoba koja je zadužena za grafičku pripremu mora poznavati čitav proces izrade grafičkog proizvoda koji se dešava nakon faze pripreme.

Programi namenjeni za rad u okviru odeljenja pripreme za štampu u sebi sadrže različite alate za pregled dokumenata i ispitivanja njihove podobnosti za određenu tehniku štampanja. Koji program će biti korišćen zavisi od potrebnog nivoa automatizacije, vrsta datoteka koje će se koristiti u daljim procesima, platforme na kojoj bi aplikacija trebalo da radi i od raspoloživog budžeta koji je štamparija spremna da izdvoji.

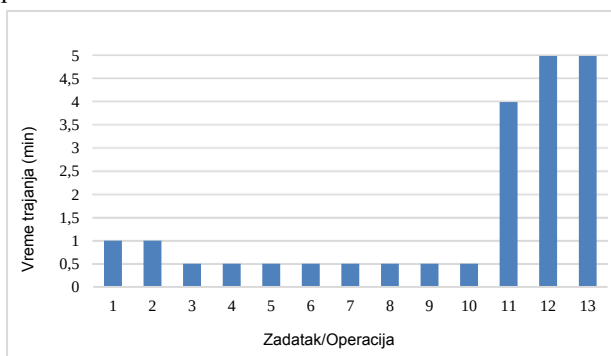
7. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati merenja utrošenog vremena za izvršavanje operacija predstavljeni su pomoću grafika gde x osa predstavlja vreme trajanja operacija, dok su na y osi predstavljene operacije gde svaki broj označava posebnu operaciju:

- 1 – Prijem fajla
- 2 – Provera verzije PDF fajla
- 3 – Provera veličine fajla i praznih strana
- 4 – Provera dimenzija napuštanja
- 5 – Provera prostora boja/ konverzija u CMYK
- 6 – Provera validnosti fontova
- 7 – Provera pokrivenosti bojom
- 8 – Pronalaženje linija manjih od 0,125pt
- 9 – Provera rezolucije slika
- 10 – Provera postojanja slojeva i preštampavanje
- 11 – Formiranje izveštaja
- 12 – Slanje poruke klijentu o eventualnim prepravkama i
- 13 – Korekcija fajla).

Prvi softver koji je analiziran je Acrobat DC.

Na slici 1 prikazana je analiza utrošenog vremena u procesima provere i korekcije dobijenog PDF fajla pomoću softvera Acrobat DC.

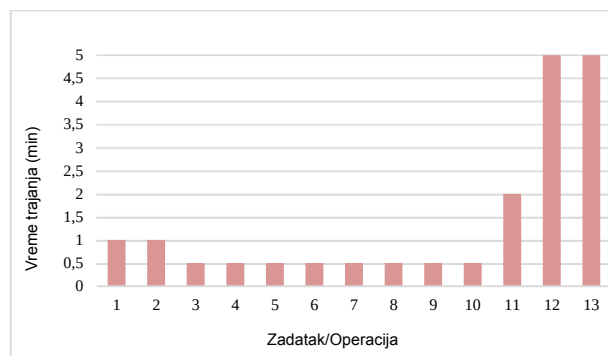


Slika 1. Grafički prikaz utrošenog vremena za izvršavanje operacija u softveru Acrobat DC

Kao što se može videti na slici 1, za procese provere PDF fajla i njegovo korigovanje pomoću softvera Acrobat DC potrebno je 20 minuta. Da bi se svaki proces izvršio, potrebno je angažovanje jednog operatera, jer se operacijama upravlja manuelno. Operater bira odgovarajuće operacije iz liste provera ili profila i primenjuje na ulazni PDF fajl.

Drugi softver koji je analiziran je pdfToolbox Desktop.

Na slici 2 je prikazana analiza utrošenog vremena za izvršavanje operacija provere i korigovanja PDF fajla u softveru pdfToolbox Desktop.



Slika 2. Grafički prikaz utrošenog vremena za izvršavanje operacija u softveru pdfToolbox Desktop

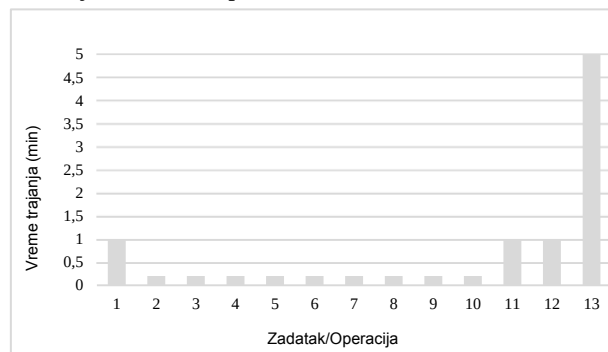
Na slici 2 se može videti da je za procese provere primljenog PDF fajla i njegovo korigovanje pomoću softvera pdfToolbox Desktop potrebno 18 minuta. Potrebno je angažovanje jednog operatera, jer se operacijama upravlja manuelno. Operater pristupa odgovarajućim operacijama preko komandne table ili iz liste profila i primenjuje na ulazni PDF fajl.

Može se zaključiti da su razlike između softvera Acrobat DC i pdfToolbox Desktop u pogledu vremena i broja angažovanih operatera za konkretan posao vrlo male, odnosno zahtevaju isti broj operatera, a vreme trajanja operacija se razlikuje za 2 minuta. PdfToolbox Desktop ima ugrađene opcije koje olakšavaju rad, omogućavaju pravljenje izveštaja na osnovu celog dokumenta i mogu se na jednom mestu objediniti opcije koje se često koriste. Stoga, kada je reč o malim štamparijama koje nemaju puno posla ne isplati se ulagati u bolji softver, međutim, ukoliko se radi o štampariji koja ima veći protok posla, u tom slučaju prednost ima softver pdfToolbox Desktop.

U automatizovanom načinu rada, potrebe za angažovanjem operatera izražene su samo tokom konfigurisanja sistema, odnosno kreiranja radnog toka i definisanja putanja fajlova unutar njega. Nakon definisanja radnog toka, sve operacije se izvršavaju automatski, bez učešća operatera.

Treći softver koji je analiziran je pdfToolbox Server.

Na slici 3 prikazana je analiza utrošenog vremena za procese automatizovane provere i korigovanja dobijenog PDF fajla u softveru pdfToolbox Server.



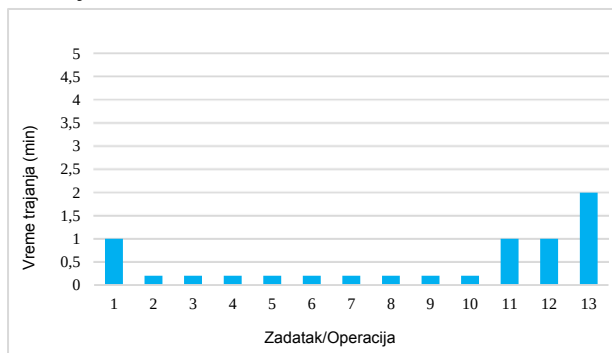
Slika 3. Grafički prikaz utrošenog vremena za izvršavanje operacija u softveru pdfToolbox Server

Za izvršavanje procesa provere i korigovanja PDF fajla pomoću softvera pdfToolbox Server potrebno je 11 minuta. Operater je na početku kreirao određene foldere u koje će se smestiti ulazni i izlazni fajlovi, kao i profile

koji će izvršavati procese. Nakon konfiguracije, program će sam da izvršava definisane zadatke i omogućiti brži protok fajlova unutar radnog toka.

Poslednji softver koji je analizarn je Switch.

Na slici 4 prikazana je analiza utrošenog vremena za procese automatizovane provere i korigovanja dobijenog PDF fajla u softveru Switch.



Slika 3. Grafički prikaz utrošenog vremena za izvršavanje operacija u softveru Switch

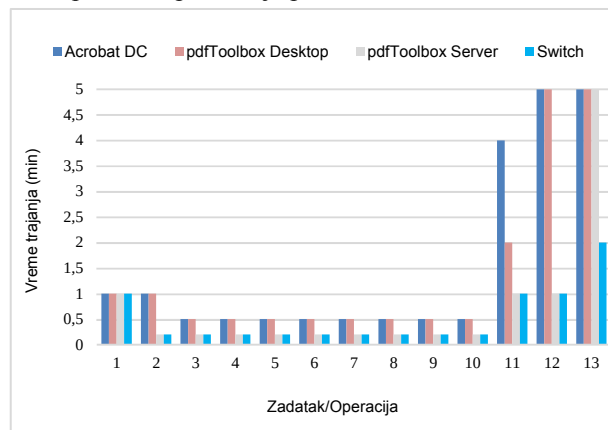
Kao što se može videti na slici 4, za procese provere primljenog PDF fajla i njegovo ispravljanje pomoću softvera Switch potrebno je 8 minuta. Na početku operater kreira radni tok uz pomoć modula i definiše ulazni i izlazni folder. U ulazni folder se ubacuje dokument koji će predstavljati ulazni resurs za prvi proces, a nakon toga će proći kroz sve ostale procese koji su definisani u okviru radnog toka.

Razlike između softvera pdfToolbox Server i Switch jesu što Switch omogućava korišćenje dodatnih softvera, specijalizovanih za izvršavanje određenih zadataka, stoga je moguće brže i lakše odraditi ispravke fajlova. Isto tako, u Switch softveru se kreira kompletan radni tok i moguće je postaviti uslovne veze između procesa, dok se u pdfToolbox Serveru kreira procesni plan ili programira novi profil za izvršavanje zadataka koji nije unapred definisan. Ono što im je zajedničko jeste da se procesi izvršavaju automatski i da nema potrebe za konstantnom intervencijom operatera i da se jednom definisani radni tok može iznova koristiti i za druge proizvode (ukoliko je odgovarajući). U pogledu mogućnosti koje pružaju ova dva softvera, Switch je svakako sadržajniji, pa je shodno tome i dosta skuplji. Velikim štamparijama se isplati da ulože u ovakav alat, iz razloga što značajno ubrzava procese i omogućava sigurniju proizvodnju.

Na slici 5. predstavljena je analiza utrošenog vremena u procesima provere i korekcije PDF fajla u softverima koji se zasnivaju na manuelnom i automatizovanom načinu rada, a koriste se u okviru odeljenja pripreme za štampu.

Upoređivanjem vremena trajanja operacija u procesu pripreme fajla za štampu zaključuje se da automatizacija doprinosi smanjenju vremena izvršavanja operacija. U konkretnom slučaju, duplo više vremena je potrebno izdvojiti za manuelni način rada. Pored smanjenja vremena, bitno je zaključiti da se u automatizovanim radnim tokovima smanjuje mogućnost ljudske greške. Mana automatizovanih sistema jeste što su skupi, stoga je potrebno dobro proceniti da li štamparija na godišnjem nivou ima dovoljan broj poslova da bi mogla da pokrije troškove ulaganja u softver za automatizaciju. Sa druge

strane, korisno je uložiti u alat za automatizaciju iz razloga što se na taj način proizvodnja brže odvija i samim tim daje mogućnost štamparijama za prihvatanje novih poslova i povećanje profita.



Slika 5. Grafički prikaz poređenja utrošenog vremena za izvršavanje operacija u softverima Acrobat DC, pdfToolbox Desktop, pdfToolbox Server i Switch

3. ZAKLJUČAK

Dobra organizacija je apsolutno neophodna da bi se proizvodnim procesom upravljalo na optimalan način, stoga je i ključno ulagati u sisteme koji omogućavaju laku i jednostavnu organizaciju procesa. Uvođenje automatizacije procesa ili automatizacije nadzora procesa u bilo kojoj fazi grafičke proizvodnje je od velikog značaja zbog smanjenja mogućnosti grešaka (manuelne radnje koje su obavljali ljudi sada obavljaju mašine/softveri), smanjenja otpada, kontinualne proizvodnje, povećanja produktivnosti i podizanja nivoa kvaliteta isporučenih proizvoda. Automatizacija u nekim fazama je neophodan preduslov za usaglašavanje proizvodnje sa ISO standardima. Na osnovu analize iz ekperimentalnog dela ovo rada, može se zaključiti da se primenom automatizacije mogu ostvariti velike uštede u vremenu trajanja izvršavanja operacija u okviru procesa pripreme za štampu. U zavisnosti od potreba konkretne proizvodnje, preporuka je ulaganje u softvere za automatizaciju, koji će se isplatiti u nekom momentu jer ne samo da štede vreme, već i smanjuju mogućnost grešaka i broj ljudi koji učestvuju u proizvodnji.

4. LITERATURA

- [1] L. Bebee, "Reprint: Digital Workflow: Managing the Process Electronically", Michigan, 2000.
- [2] I. Mistik, R. Bahson, A. Nour, M. Heisel, B. Maxim, "Software Architecture for Big Data and the Cloud", Morgan Kaufmann, 2017.
- [3] JDF Specification. Release: 1.7. Switzerland, 2020.

Kratka biografija:



Katarina Maričić rođena je u Užicu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranila je 2021.god. kontakt: maricic.katarina@uns.ac.rs

Živko Pavlović rođen je u Rumi 1960. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1990. god., a od 2001 je u zvanju vanrednog profesora.

HEURISTIČKI METOD EVALUACIJE WEB UPOTREBLJIVOSTI**HEURISTIC METHOD OF WEB USABILITY EVALUATION**Nikolina Dunđer, Neda Milić Keresteš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – U radu se govori o Deset heurističkih pravila evaluacije web upotrebljivosti. Svako pravilo je pojedinačno opisano i predstavljena je njihova primjena u aplikaciji. Cilj rada je pravljenje aplikacije za biblioteku, do čijeg finalnog izgleda se došlo nakon tri evaluacije i prikupljanja povratnih informacija od osoba koje se bave UI/UX dizajnom i ispravljanja svih nedostataka.

Ključne reči: UI/UX dizajn, Heuristički metod, Nielsen

Abstract – The thesis discusses the Ten Heuristic Rules for Evaluating Web Usability. Each rule is described individually and their application in the application is presented. The aim of this paper is to create an application for the library. The final appearance was reached after three evaluations and gathering feedback from people involved in UI / UX design and correcting all deficiencies.

Keywords: UI / UX design, Heuristic method, Nielsen

1. UVOD

Ovaj rad se zasniva na Deset heuristika upotrebljivosti za dizajn korisničkog interfejsa, koje je postavio Džekob Nielsen, jedan od osnivača Nielsen Norman grupe, svjetskih lidera u istraživačkom iskustvu korisnika. Nielsenove heuristike su veoma bitna karika prilikom dizajniranja korisničkog iskustva i utiču na poboljšanje zadovoljstva kod korisnika, što kao krajnji proizvod povećava šanse za uspjeh digitalnog proizvoda na tržištu [1]. Deset heuristika, na koje će se ovaj rad oslanjati i koje će biti osnova za provjeru praktičnog dijela su: vidljivost statusa sistema, usaglašenost sistema sa realnim svijetom, kontrola i sloboda u korišćenju, konzistentnost i standardi, prevencija grešaka, prepoznavanje prije pamćenja, fleksibilnost i efikasnost korišćenja, estetski i minimalistički dizajn, prepoznavanje i oporavak od grešaka, pomoć i dokumentacija.

Kao finalni produkt ovog rada biće stvaranje dizajna za aplikaciju za potrebe biblioteke, tačnije, bibliotekara, koji će uz pomoć nje moći da se riješe starih papirnih kartona korisnika i digitalizovati se. U njoj će imati mogućnost da se uloguju, dodaju nove admina, obrišu stare, da prate članarinu dodaju listu korisnika, knjiga i imaju uvid u to ko je šta iznajmio i koje knjige su trenutno dostupne u biblioteci. Sve to biće predstavljeno na način koji će korisnicima biti intuitivan i lak za korišćenje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Neda Milić Keresteš, docent

2. DESET HEURISTIKA UPOTREBLJIVOSTI ZA UI DIZAJN I UI/UX DIZAJN PRIMJENJEN U BIBLIOTEKARSKOJ APLIKACIJI

Deset opštih principa dizajna interakcije Džekoba Nielsena se nazivaju „heuristika“ jer predstavljaju široka pravila, a ne specifične smjernice za upotrebljivost proizvoda [2]. Jedno od najvećih pitanja koje dizajneri postavljaju sebi prije, tokom, ali i nakon procesa dizajniranja je kako da zna da li je na dobrom putu.

Iako danas postoji mnogo metoda za testiranje upotrebljivosti dizajna, Nielsenovih deset heuristika su nezaobilazni prilikom dizajniranja, kreiranja žičanog okvira, ili procjene dizajna [3].

Kako bi se poboljšalo korisničko zadovoljstvo i napravilo pozitivno iskustvo, a samim tim i povećale šanse za uspjeh digitalnog proizvoda na tržištu, koristite se heurističke analize upotrebljivosti. Heuristička analiza je metoda procjene se zasniva na procjeni stručnjaka koji upoređuju dizajn proizvoda sa listom unaprijed definisanih principa i bilježe dijelove u kojim proizvod ne slijedi te principe.

Tokom ocjenjivanja, pojedinačni ocjenjivači dodeljuju „ocjenu ozbiljnosti“ svakom od identifikovanih problema upotrebljivosti. Nakon toga dizajneri korisničkog iskustva rade na rješavanju problema od onih najkritičnijih do najmanje kritičnih [1].

U nastavku teksta biće predstavljeno Deset heuristika upotrebljivosti i njihova primjena u ovom radu. Do finalnog izgleda aplikacije se došlo nakon tri evaluacije i prikupljanja povratnih informacija od osoba koje se bave UI/UX dizajnom i ispravljanja svih nedostataka.

2.1. Vidljivost statusa sistema

Prva Nielsenova heuristika govori o tome kako korisnika treba obavjestiti o tome šta se trenutno događa u sistemu i gdje se on nalazi. Upravo ta obavještenja tražimo i koristimo u svakodnevnom životu, sve od svakodnevne kupovine, gdje ljudi prate opise polica, pa sve do veb stranica, gdje se klikom na različite kategorije prelazi na sledeće podstranice [4].

Vidljivost statusa sistema u ovoj aplikaciji se ogleda u davanju naziva stranicama u dijelu koji stoji fiksiran na svom položaju i nakon skrolovanja. Na taj način će korisnicima uvijek biti jasno gdje se nalaze i izbjeci će se osjećaj zbunjenosti prilikom navigacije kroz aplikaciju. Još jedan indikator je podvučena, zadebljana i obojena u drugu boju, aktivna kartica u meniju, kao i sam naslov stranice.

Knjige

Slika 1. Vidljivost statusa sistema – naglašena aktivna stranica u meniju

3.2. Usaglašenost sistema sa realnim svijetom

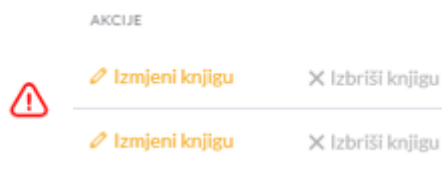
Sistem treba da koristi jezik poznat korisniku, da koristi riječi, fraze i izraze usvojene u svakodnevnom životu, koji su razumljivi većini korisnika, umjesto internog žargona. Potrebno je pridržavati se konvencija iz stvarnog svijeta, tako da se informacije prikazuju u prirodnom i logičnom redoslijedu.

Upotrebljavajući korisne ikone i znakove, asocijacijama bojama, ili isticanjem zaglavlja, omogućuje se lakša navigacija i bolje snalaženje u sadržaju [4].

Usaglašenost sistema sa realnim svijetom u aplikaciji je prikazana kroz korištenje riječi, fraza, kao i izraza usvojenih u svakodnevnom životu, koji su razumljivi većini korisnika, umjesto internog žargona, uzimajući u obzir da nisu svi radnici biblioteke fakultetski obrazovani. Još jedna odlika ovog pravila su ikonice koje pomažu korisnicima da lakše prepoznaju i nedvosmisleno shvate koju akciju vrši određena funkcija.

Tako na primjer, znak uzivika uokviren trougлом u crvenoj boji se prikazuje nakon što korisnik pogriješi prilikom unosa korisničkog imena, lozinke, ili nekog od filtera na stranicama za pretragu, što korisnicima jasno stavlja do znanja, uz tekst koji je ispisan pored, da su negdje pogriješili i da treba tu grešku da isprave.

Taj isti znak se takođe koristi i prilikom upozorenja korisnika kada hoće da izbriše člana biblioteke, ili knjigu, upozoravajući ga i tako otkanjajući mogućnost brisanja greškom, ukoliko to korisniku nije bila prvobitna namjera. Uz opciju za brisanje knjige stoji iks, dok uz opciju za izmjenu knjige stoji simbol olovke, pored opcije za dodavanje knjige, ili člana stoji plus, što korisnika jasno i nedvosmisleno upućuje na značenje datih opcija.



Slika 2. Usaglašenost sistema sa realnim svijetom – korišćenje simbola koji označavaju datu akciju

3.3. Sloboda i kontrola u korišćenju

Korisnicima je, s obzirom da često greškom izvršavaju radnje, potrebno dati kontrolu nad sistemom i onim što rade, a to se postiže omogućavanjem opcija poništavanja i ponavljanja.

Ukoliko dođe do greške, potrebno je jasno naznačiti izlaz u slučaju nužde, kako bi korisnici napustili, ili ispravili neželjenu akciju bez potrebe za prolaskom kroz produženi process [4].

Treće pravilo heuristike je u aplikaciji primjenjeno tako što se korisnicima dala mogućnost opozivanja akcije brisanja knjige, ili člana koja naglašena stoji aktivna par

sekundi na mjestu sa kog je prethodno obrisani član, ili knjiga, dajući dovoljno vremena korisniku da se predomisli u vezi brisanja. Prije nego što dođe do toga, kao prvi korak prevencije grešaka dizajniran je iskačući prozor (engl. Pop-up window) koji korisnika pita da li je siguran da želi da obriše korisnika, ili knjigu, dajući mu mogućnost da razmisli o svom izboru. Takođe, korisnik može da se oporavi od greške klikom na opciju „opozovi brisanje“.

732 94.563	2335	Odevnik jednog Čarobnjaka	Paulo Kralj	Na stanju	Izmjeni knjigu	X Izbriši knjigu
732 94.563	2335	Odevnik jednog Čarobnjaka	Paulo Kralj	Izostavljen	Izmjeni knjigu	X Izbriši knjigu
Knjiga izostavljenjem iznad 12499 je izbrisana						
732 94.563	2335	Odevnik jednog Čarobnjaka	Paulo Kralj	Izostavljen	Izmjeni knjigu	X Izbriši knjigu
732 94.563	2335	Odevnik jednog Čarobnjaka	Paulo Kralj	Na stanju	Izmjeni knjigu	X Izbriši knjigu

Slika 3. Sloboda i kontrola u korišćenju – opozivanje funkcije

3.4. Konzistentnost i standardi

Korisnici danas samim korištenjem interneta žele da uštede vrijeme, što znači da ne čitaju sadržaj pažljivo, već ga pregledaju selektivno, tražeći ključne riječi i fraze. Ovaj koncept je lako povezati sa izgledom veb stranice i njenih elemenata. Korisnici su naviknuti na standarde i najčešće ih i očekuju, oni ne bi trebalo da se pitaju da li različite riječi, situacije, ili postupci znače isto. Zbog toga je preporučljivo pridržavati se onoga na šta su korisnici navikli, jer u suprotnom se može postići kongitivno opterećenje korisnika prisiljavanjem da nauče nešto novo [4].

Cijela aplikacija je urađena na osnovu četvrtog pravila heuristike - konzistentnost i standardi, gdje se posebno vodilo računa o konzistentnosti u vidu korištenja istog fonta za iste akcije, kao i istog izgleda i boje dugmadi. Opcije koje se ponavljaju na svim stranicama nalaze se na istom mjestu, kako bi korisnik odmah znao gdje da ih traži.

Unutrašnje stranice (engl. Inner page) su takođe rađene u sličnom maniru, sa baner slikom na istom mjestu i opcijama za izmjenu ispod nje. Time se kreirala šema dizajna koja izgleda dosljedno na cijeloj veb stranici i korisnik će kroz nju navigirati bez ikakvih većih problema



Slika 4. Konzistentnost i standardi – izgled dugmadi

3.5. Prevencija grešaka

Peto pravilo heuristike nalaže da je veoma bitno prevenirati pojavu grešaka kod korisnika. Strategije za sprečavanje greški usredsređene su na vođenje korisnika tako da ostanu na pravom putu i imaju manje šansi da pogriješe. Potrebno je pomoći korisnicima u sprječavanju nastanka greški, pružanjem posebnog nivoa preciznosti i podsticanjem da provjere da li postoje greške [5].

Slično trećem pravilu heuristike, prevencija grešaka nastoji da spriječi korisnika da napravi grešku. Postoje dvije vrste greški – greške koje su se omakle i greške koje su nastale prilikom nerazumijevanja sistema, jasnim

načinom naznačavanja radnji, druga vrsta greški u ovoj aplikaciji je svedena na minimum.

Način na koji se spriječava nastanak slučajnih greški je predstavljen u aplikaciji iskačućim prozorima na kojim stoji upozorenje korisniku i pitanje da li je siguran da želi da obavi određenu radnju, zajedno sa dugmadima za odustajanje i nastavak radnje, korisnik natjera da dva puta razmisli o svojoj odluci.



Slika 5. Prevencija grešaka – upozorenje

3.6. Prepoznavanje prije pamćenja

Primoravanje korisnika da pamte razne informacije je loše. Ljudsko kratkoročno pamćenje je ograničeno i zbog toga treba dizajnirati sistem čije korištenje ne primorava korisnika da pamti informacije i pothranjuje ih u svoju memoriju. Ukoliko je izgled stranice dobro isplaniran i na očekivanim mjestima ima sličan sadržaj, onda korisnik nije primoran da stalno razmišlja o njenom sadržaju, već može intuitivno da djeluje, što mu omogućuje bržu navigaciju veb stranicom [4].

U aplikaciji se, kao što je naglašeno u objašnjenju pravila konzistentnost i standardi, na svim stranicama iste opcije se nalaze na istim mjestima. To može vidjeti u istoj poziciji dugmadi za dodavanje novih knjiga i članova, istoj poziciji naslova, filtera, tabela, baner slike, opcijama izmjena i brisanja knjiga i korisnika, kao i dugmadi za potvrdu radnji. Sve to pomaže korisniku da prepozna i pretpostavi gdje će se koja funkcija nalaziti, bez potrebe za pamćenjem svake opcije posebno, što povećava brzinu navigacije aplikacijom.



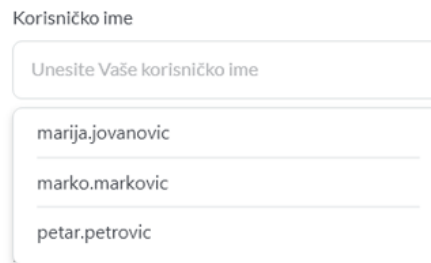
Slika 6. Prepoznavanje prije pamćenja – položaj istih elemenata isti na svim stranicama

3.7. Fleksibilnost i efikasnost korišćenja

Iskusni korisnici ne žele da gube svoje vrijeme ponavljanjem iste aktivnosti na duži način, zbog toga traže podsvjesni način da tu aktivnost ubrzaju. Oni očekuju od veb stranice koju često koriste da im omogući efikasno upravljanje njom. Princip obezbjeđivanja fleksibilnosti i efikasnosti teži uglavnom da olakša rad iskusnim korisnicima, ali te funkcije ne moraju nužno biti vidljive novim kupcima koji su prvi put bili u kontaktu sa proizvodom.

Cilj je poboljšati efikasnost olakšavajući pristup najčešće korišćenim funkcijama. Ovo se može postići raznim prečicama, ali i jednostavnim postavljanjem hamburger menija koji je uvijek vidljiv korisniku [4]. Kako bi se

uštedjelo vrijeme korisnika, aplikacija dozvoljava pamćenje korisničkih imena, kako korisnik koji se prijavljuje dvadesetak puta dnevno na aplikaciju, ne bi morao svaki put ispočetka da kuca svoje korisničko ime i tako gubi svoje dragocjeno vrijeme. Aplikacija takođe dozvoljava pamćenje lozinke, međutim, to nije preporučljivo zbog bezbjednosti naloga i očuvanja integriteta.



Slika 7. Fleksibilnost i efikasnost korišćenja – pamćenje korisničkog imena

3.8. Estetski i minimalistički dizajn

Upotreba ograničenog broja boja i fontova, jednoobraznih oblika i uobičajenih geometrijskih oblika, stvara neutralnu pozadinu za predstavljanje sadržaja, čime ne ometa korisnika prilikom konzumiranja sadržaja, dopuštajući mu da se bolje fokusira na sadržaj i da lakše memoriše informacije. Boje interfejsa su često ograničene, ponekad na samo jednu boju koja je tu kako bi privukla pažnju korisnika na relevantan sadržaj, dugmad, ili bitne dijelove sajta [4].

U aplikaciji su izostavljeni svi bespotrebni elementi, a uvršteni samo oni koji su neophodni za prepoznavanje akcija i nesmetano navigiranje aplikacijom. Koriste se dvije familije fontova - Playfair Display za naslove i upozorenja i Lato za sav drugi tekst. Takođe, koristi se samo žuta boja za naglašavanje bitnih dijelova, zajedno uz crne i sive tonove. Upotreba crvene i zelene boje je minimalna i koristi se samo na neophodnim mjestima kako bi se naglasila priroda izvršavane radnje.



Slika 8. Estetski i minimalistički dizajn

3.9. Prepoznavanje i oporavak od grešaka

Povećanje funkcionalnosti veb stranice, dovodi i do sve više mjesta na kojima korisnik može da napravi grešku. Poruke koje će obavjestiti korisnika da je pogriješio, treba da budu napisane jezikom razumljivim svima, a ne samo IT stručnjacima.

Greške poput "error 404" su poznate većini ljudi, ali ih ne razumiju svi u potpunosti i treba ih bolje opisati, kako bi korisnici znali šta se tačno događa [4].

Kako bi korisnik bio u mogućnosti da prepozna da je negdje pogriješio, u aplikaciju su ubačene iskačuće poruke, napisane razumljivim jezikom i obojene u crvenu boju, koje se nalaze odmah ispod mjesta na kom se greška nalazi. Takođe, korisnik može da se oporavi od greške brisanja knjige, ili člana biblioteke, klikom na dugme opozovi brisanje, koje uz sebe sadrži simbol strelice, što dodatno objašnjava njegovu funkciju. Uz dugme, u istom redu stoji ispisana poruka koja objašnjava korisniku šta je uradio.

Slika 9. Prepoznavanje i oporavak od grešaka – ukazivanje na grešku

3.10. Pomoć i dokumentacija

Najbolje je ukoliko korisniku za navigaciju veb stranicom nije potrebno nikakvo objašnjenje i dodatna pomoć, međutim, ukoliko je veb stranica veoma složena, ona je neophodna, kako bi se izbjeglo lutanje kroz sadržaj. Uputstva treba da budu čitljiva i napisana na pristupačnom jeziku koji će razumjeti svi korisnici [4].

Kako bi se korisnik što lakše snašao prilikom prvog korišćenja ove aplikacije i lakše shvatio opcije, u aplikaciju je dodata opcija „brzog obilaska aplikacije“, gdje je korisniku ukratko opisano šta koja opcija radi. Pomoć i dokumentacija se koristi kako bi se izbjeglo lutanje kroz sadržaj. Uputstva su čitljiva i napisana na pristupačnom jeziku koji će razumjeti svi korisnici.



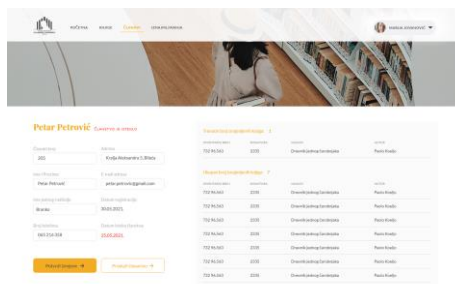
Slika 9. Pomoć i dokumentacija – “uvodni tutorijal” koji pomaže korisnicima da shvate funkcije

4. FINALNI IZGLED APLIKACIJE

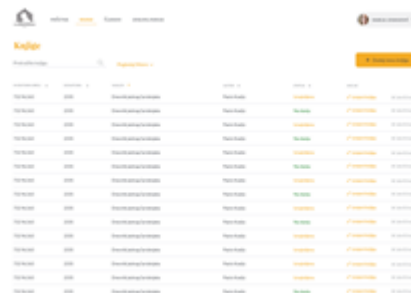
Nakon pravljenja žičanog modela i ispravka svih greški i mogućeg lošeg tumačenja, koji su dobijeni povratnim informacijama od ljudi koji se bave dizajnom korisničkog interfejsa i dizajnom korisničkog iskustva, dobijen je finalni izgled aplikacije.



Slika 10. Finalni izgled aplikacije – log in



Slika 11. Finalni izgled aplikacije - karton



Slika 11. Finalni izgled aplikacije – lista knjiga

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je Heuristički metod evaluacije web upotrebljivosti. Opisano je svako od deset pravila heuristike, zajedno sa primjerima koji se odnose na njih i na osnovu svih deset pravila, napravljena je desktop aplikacija. Nakon što je napravljena prva verzija žičanog okvira, dizajn je poslat dizajerima korisničkog iskustva i interfejsa, kako bi se dobile povratne informacije o ispunjenosti uslova i kvalitetu dizajna. Uvažavanjem svih prijedloga, došlo se do finalnog izgleda aplikacije koja je rađena na osnovu Nielsenovih heuristika upotrebljivosti. Na osnovu korištenja Heurističkih pravila pretpostavlja se da korisnik neće imati nikakvih problema tokom korišćenja aplikacije, i da će je koristiti sa uživanjem.

6. LITERATURA

- [1] <https://www.toptal.com/designers/usability-testing/usability-analysis-how-to-run-a-heuristic-evaluation> [Pristupljeno: 04.06.2021]
- [2] <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> [Pristupljeno: 04.06.2021]
- [3] <https://uxdesign.cc/jakob-nielsens-10-heuristics-for-user-interface-design-3fe09af5fd99> [Pristupljeno: 04.06.2021]
- [4] M. Mirkowicz, G. Grodner. Jakob Nielsen's heuristic in selected elements of interface design of selected blogs. Sciendo. Social Communication Volume 2
- [5] <https://www.nngroup.com/articles/slips/> [Pristupljeno: 09.06.2021]

Kratka biografija:



Nikolina Dunder rođena je u Trebinju 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2021.god.
kontakt: nikolinadundjer96@gmail.com

ISPITIVANJE PONOVLJIVOSTI ŠTAMPE NA GRAFIČKOM SISTEMU HP LATEX 570

HP LATEX 570 GRAPHICS PRINT REPEATABILITY TEST

Tamara Radaković, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu je predstavljeno istraživanje čiji je cilj ispitivanje ponovljivosti štampe na grafičkom sistemu HP Latex 570. Uzorci korišćeni u radu su štampani u štampariji NS Plakat u Novom Sadu. Korišćene su tri različite podloge, a štampa je vršena u 0h, 0+1h i 0+24h intervalu. Nakon štampe izvršena je kontrola kvaliteta uzoraka kroz merenje porasta tonskih vrednosti, spektralne refleksije, L^*a^*b vrednosti, razlike u boji, belini i žutoći podloge. Rezultati su predstavljeni grafički a zatim je izvršena diskusija dobijenih rezultata.

Ključne reči: Digitalna štampa, Kontrola kvaliteta

Abstract – The thesis presents a research aimed at testing the reproducibility of printing on the graphics system HP Latex 570. The samples used in the paper were printed in the printing house NS Plakat in Novi Sad. Three different substrates were used, and printing was performed at intervals of 0h, 0 + 1h and 0 + 24h. After printing, the quality control of the samples was performed by measuring the increase of tonal values, spectral reflection, L^*a^*b values, differences in color and whiteness and yellowness of samples. The results are presented graphically, and then the discussion of the obtained results is performed.

Keywords: Digital printing, Quality analysis of the printed proofs

1. UVOD

U poslednjih nekoliko godina tehnika štampe koja se najbrže razvija i unapređuje je digitalna štampa. Konstantno se otkrivaju nove mogućnosti ove tehnike, najviše u raznolikosti upotreba podloga i boja za štampu. Digitalna štampa ne samo da pruža alternativu konvencionalnim tehnikama, već omogućava i aplikacije koje do sada nisu bile moguće. Prednosti digitalne štampe su mogućnost štampe različitih otisaka jedan za drugim, omogućava brze promene, personalizacija proizvoda, i ekonomično štampanje malih kao i velikih tiraža visokog kvaliteta. Kod ove tehnike štampe otisak se direktno prenosi na podlogu bez ili sa malim pritiskom. Za bilo koju tehniku štampe, pa tako i digitalnu, veoma je važan konzistentan i kvalitetan otisak. Kako bi se obezbedio dobar kvalitet ključni deo procesa štampe je kontrola kvaliteta. Kod konvencionalnih tehnika štampe postoje

određeni standardni koji propisuju metode i referentne vrednosti na osnovu kojih možemo da procenimo kvalitet odštampanih proizvoda dok kod digitalnih tehnika koje su u konstantnom razvoju još uvek nisu potpuno definisani standardi za procenu kvaliteta otiska.

Postoje dva načina određivanja kvaliteta otiska: objektivno i subjektivno. Objektivna analiza obuhvata upotrebu mernih uređaja i dobijanje numeričkih vrednosti za opis kvaliteta.

Procena kvaliteta otiska pomoću ove metode je ključni element za postavljanje i razvoj ciljeva i održavanje kvalitetnog procesa proizvodnje. Subjektivna metoda označava kontrolu kvaliteta od strane posmatrača pod određenim uslovima [1].

2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Eksperiment je započet tako što se izabrala odgovarajuća test forma koja se koristila za sve podloge. Test karta je zatim poslata u štampariju NS Plakat gde se je izvršena štampa na tri različite podloge: kunstdruk papiru, PVC foliji i backlit filmu na mašini HP Latex 570. Uzorci su štampani u tri različita intervala i to 0h, 0+1h i 0+24h. Nakon dobijenih odštampanih uzoraka pristupljeno je merenju.

Kako bi se dobili što tačniji rezultati pri merenju je korišćena crna podloga koja predstavlja standard za uklanjanje uticaja.

Za merenje je upotrebljen Techkon SpectroDens spektrofotometar prikazan na slici 1. Kod upotrebe denzitometrijskih funkcija uređaja mere se porast tonske vrednosti, belina i žutoća a kod kolorimetrijskog merenja vrše se merenja CIE L^*a^*b vrednosti, razlike boja i spektralna kriva za vidljivi deo spektra.



Slika 1. Techkon SpectroDens

NAPOMENA:

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

3. REZULTATI I DISKUSIJA

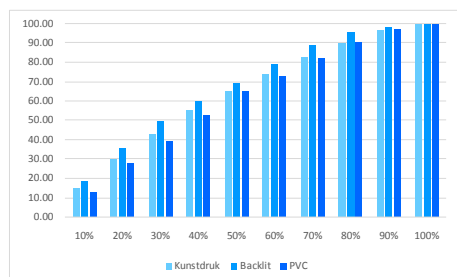
Tokom merenja vrednosti izvršena su 4 merenja za svaku komponentu kontrole kvaliteta i time omogućilo da rezultati budu što tačniji i bolje analizirani.

Porast tonskih vrednosti je funkcija optičke gustine i daje ukupan porast tonske vrednosti na otisku. Merenjem tonske vrednosti dobija se karakteristična kriva koja se koristi za procenu kvaliteta reprodukcije. Oblici odnosno vrednosti karakterističnih krivi i vrednosti se menjaju u zavisnosti od vrste papira, linijature i tipa rastriranja. Što je veća linijatura, pritisak ili porast tonske vrednosti biće veći i efekat širenja pojedinačnih rasterskih tačaka što dovodi i do porasta tonske vrednosti [2]. Kako bi se osiguralo da odštampana boja zadovoljava kriterijume grafičke proizvodnje definisane standardom, za karakterizaciju reprodukovane boje koriste se krive spektralne reflektanske. Pomoću ovih krivih moguće je opisati boju štampanog otiska analizom reflektanse (svetlosti reflektovane od posmatrane površine), čime se obezbeđuje potpun i precizan opis boje štampanog uzorka [3]. CIE Lab obezbeđuje sistem definisanja boja pomoću postojećih standarda za kolorimetriju, umesto vezivanja za određene uređaje. Kod upoređivanja dogovorenih ili standardizovanih boja u odnosu na reprodukovanu boju, vrši se određivanje stepena razlike boja. Delta E kao oznaka za razliku boja se izračunava kao srednja vrednost razlika između L, a i b vrednosti standarda koji se želi postići i vrednosti izmerene na određenom odštampanom mernom polju. Belina predstavlja optičku karakteristiku papira koja daje informaciju o stepenu difuzne refleksije svetlosti sa njegove površine, odnosno podatak o količini i uniformnosti reflektanse svih talasnih dužina vidljivog dela spektra u odnosu na reflektansu idealno belog standarda [3]. Step en žutoće se definiše kao mera odstupanja boje neke površine od poželjne bele ili bezbojne [4].

U radu su prikazani i diskutovani rezultati svih pomenutih merenja dok će se ovde zbog ograničenja prikazati samo merenja vezana za porast tonskih vrednosti i razlike u boji.

Kod porasta tonskih vrednosti sa grafikona zaključujemo da su promene prisutne kod PVC podloge u vidu manjeg pada vrednosti u odnosu uzoraka štampanih u 0h i 0+24h. Ostale podloge ne beleže bitne promene. U narednom delu biće prikazani samo grafici u 0h i 0+24h jer se na taj način najbolje vidi pomenuta pomena.

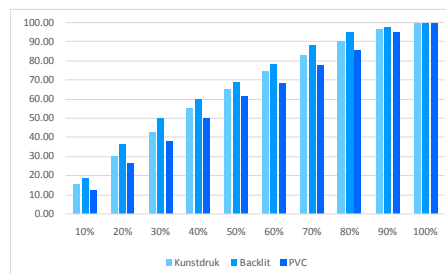
Na grafiku 1. su prikazane tonske vrednosti za cijan procesnu boju odštampane na tri različite podloge u 0h intervalu.



Grafik 1. Grafički prikaz tonskih vrednosti cijan procesne boje u 0h interval

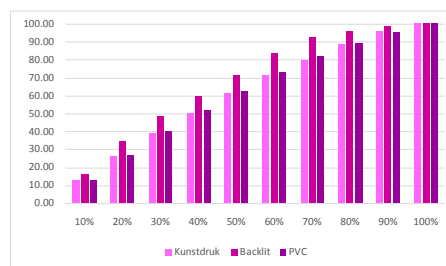
Najveće izmerene vrednosti na mernim poljima su kod backlit podloge dok su kod PVC podloge dobijene najmanje vrednosti. Na grafiku vidimo da kod svih materijala vrednosti linearno rastu od polja sa 10% pokrivenosti bojom do polja od 100% pokrivenosti bojom.

Na grafiku 2. su prikazane tonske vrednosti za cijan procesnu boju odštampane na tri različite podloge u 0+24h intervalu.



Grafik 2. Grafički prikaz tonskih vrednosti cijan procesne boje u 0+24h interval

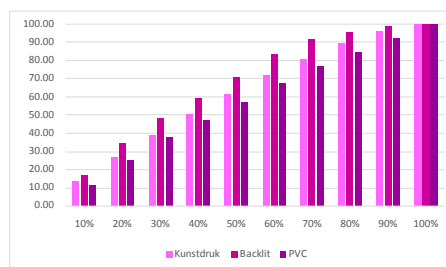
Najveće izmerene vrednosti na mernim poljima su kod backlit podloge dok su kod PVC podloge dobijene najmanje vrednosti. Na grafiku 3. prikazane su izmerene tonske vrednosti za magenta procesnu boju. Najveće izmerene vrednosti na mernim poljima uočavamo kod backlit podloge dok kod PVC podloge uočavamo najmanje izmerene vrednosti.



Grafik 3. Grafički prikaz tonskih vrednosti procesne boje magente u 0h intervalu

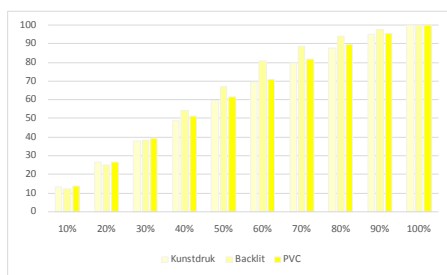
Na grafiku 4. prikazane su izmerene tonske vrednosti za magentu procesnu boju u 0+24h intervalu.

Na grafičkom prikazu najveće izmerene vrednosti su na otisku štampanog na backlit podlozi, a najmanje izmerene vrednosti su kod PVC podloge.



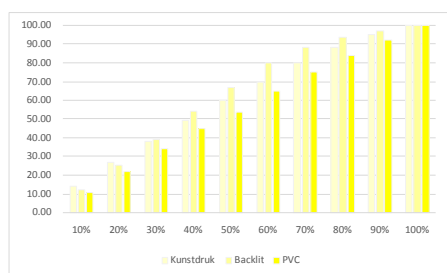
Grafik 4. Grafički prikaz tonskih vrednosti magente procesne boje u 0+24h intervalu

Na grafiku 5. prikazane su izmerene tonske vrednosti za žutu procesnu boju u 0h intervalu.



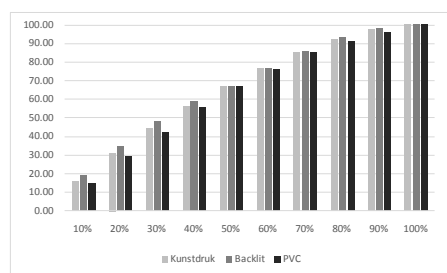
Grafik 5. Grafički prikaz tonskih vrednosti žute procesne boje u 0h interval

Prema grafičkom prikazu rezultata može se zaključiti da najveće izmerene vrednosti ima backlit podloga, a da najmanje izmerene vrednosti ima kunstdruk podloga. Na grafiku 6. prikazane su izmerene vrednosti tonskih vrednosti žute procesne boje u intervalu 0+24h.



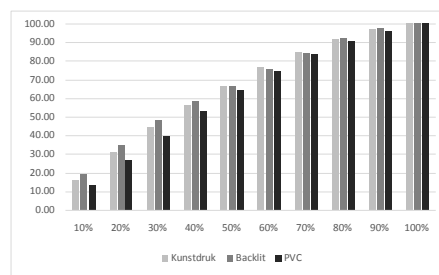
Grafik 6. Grafički prikaz tonskih vrednosti žute procesne boje u 0+24h interval

Kod ovog grafika uočava se da do polja od 20% pokrivenosti bojom najveće vrednosti ima kunstdruk podloga a nakon tog polja dolazi do porasta vrednosti za backlit podlogu koja od tona od 100% ima najveće vrednosti dok kunstdruk ima najmanje vrednosti. Na grafiku 7. prikazane su izmerene tonske vrednosti za crnu procesnu boju na tri različite podloge u 0h intervalu.



Grafik 7. Grafički prikaz tonskih vrednosti crne procesne boje u 0h interval

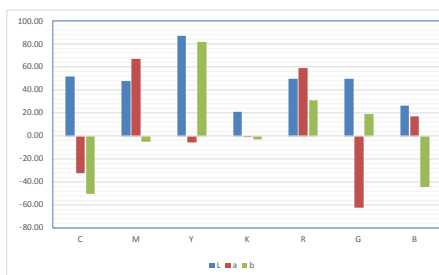
Prema rezultatima sa ovog grafika može da se uoči da najveće izmerene vrednosti ima backlit podloga, a najmanje izmerene vrednosti ima PVC podloga. Na grafikonu 8. prikazane su izmerene vrednosti za tonske vrednosti crne procesne boje na tri različite podloge u intervalu 0+24h. Kod ovog grafika najveće izmerene vrednosti do polja od 50% ima otisak dobijen štampom na backlit podlozi a najmanje vrednosti ima PVC podloga. Nakon polja od 50% dolazi do rasta vrednosti otiska štampanog na kunstdruk podlozi i te vrednosti tada postaju najveće. Na polju od 90% pokrivenosti bojom najveće vrednosti ponovo ima backlit podloga dok najmanje idalje ima PVC podloga.



Grafik 8. Grafički prikaz tonskih vrednosti crne procesne boje u 0+24h intervalu

Nivo svetline, odnosno komponenta L može da ima vrednosti 0-100 gde vrednost 0 označava potpuno crnu, a vrednost 100 označava apsolutno belu. Ukoliko je hromatičnost komponenta a i b jednaka nuli onda se nalazi u centru osa i to označava neutralnost boja pa tako ukoliko ove vrednosti rastu, boje su sve više hromatizovane.

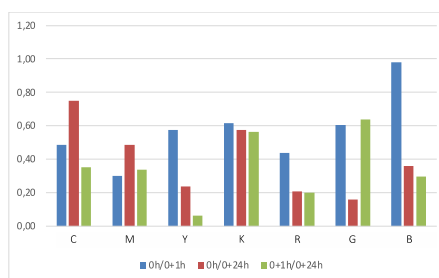
Na grafiku 9. prikazane su Lab vrednosti za kunstdruk podlogu.



Grafik 9. Grafički prikaz Lab vrednosti za kunstdruk podlogu u 0h interval

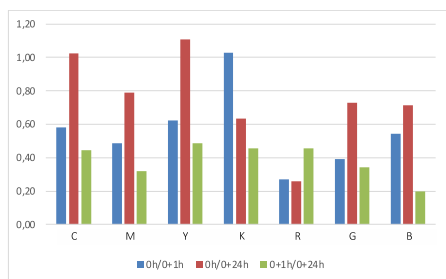
U eksperimentu su određene Lab vrednosti svih podloga u svakom od intervala, a zatim je određena razlika u boji (ΔE) za sve Lab komponente. Grafik 10. prikazuje razliku boja kod kunstdruk podloge.

Sa grafičkog prikaza razlike u boji kod kunstdruk podloge se može zaključiti da maksimalnu vrednost ima plava boja kod odnosa otisaka štampanih u 0h i 0+1h intervalu i ta vrednost je 0,98 što je neprimetna razlika, odnosno, ne može se uočiti.



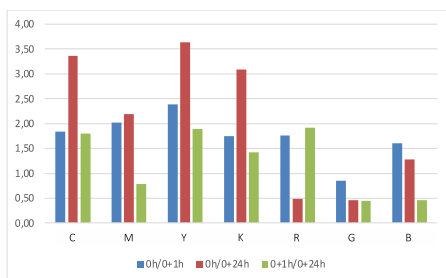
Grafik 10. Grafički prikaz razlike u boji kunstdruk podloge

Na grafiku 11. je prikazan odnos razlike u bojama na PVC podlozi u različitim vremenskim intervalima. Iz prethodne analize grafičkog prikaza zaključuje se da maksimalnu vrednost razlike boje kod PVC podloge ima žuta boja kod intervala 0h i 0+24h i ta vrednost iznosi 1,11. Kako je vrednost veća od 1 ova razlika je veoma mala ali je iskusno oko može primetiti.



Grafik 11. Grafički prikaz razlike u boji PVC podloge

Na grafiku 12. je prikazan odnos razlike u bojama na backlit podlozi u različitim vremenskim intervalima.



Grafik 12. Grafički prikaz razlike u boji backlit podloge

Sa grafika 12. se može zaključiti da maksimalnu vrednost ima žuta boja kod odnosa otisaka štampanih u 0h i 0+24h intervalu i ta vrednost je 3,64 što je krupna razlika koja je uočljiva. Takođe u istom intervalu primetna razlika se javlja kod cijan i crne boje.

4. ZAKLJUČAK

Tokom rada ispitane su tri vrste podloge koje su štampane na istoj mašini ali u različitim vremenskim intervalima. Na osnovu merenja koja su vršena dobija se uvid u kvalitet štampe i moguća odstupanja rezultata od standardizovanih vrednosti.

Na kvalitet štampanog materijala utiče značajan broj parametara od kojih veliki uticaj imaju tehnika štampe, podloga koja se štampa, održavanje mašine za štampu, boje koje se koriste i uslovi pod kojim se čuva podloga. Isto tako, u cilju dobijanja što kvalitetnijeg otiska potrebno je dobro poznavati ceo proces izrade od dizajna, izbora materijala i tehnike štampe, pripreme za štampu, kontrole tokom štampe i kontrole kvaliteta finalnog proizvoda.

Kontrolom kvaliteta odštampanih uzoraka dolazi se do zaključka da uzorci koji su odštampani u štampariji NS Plakat na mašini HP Latex 570 u različitim vremenskim intervalima imaju zadovoljavajući kvalitet.

Ukoliko se želi postići bolji kvalitet proizvoda potrebno je obratiti pažnju na porast tonskih vrednosti kod PVC podloge kao i na razliku u boji kod backlit podloge.

Ono što je vrlo bitno jeste izabrati podlogu spram njene upotrebe, odnosno uzeti u obzir njene karakteristike i vršiti kontrolu kvaliteta kako bi se došlo do unapređivanja standarda i kvalitetnih proizvoda.

5. LITERATURA

[1] Jurič, I., (2018) Model za kontrolu površinske uniformnosti digitalnih otisaka – doktorska disertacija, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka [Online] Dostupno na https://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/Dise rtacija_Juric_GRID.pdf [Pristupljeno 18.09.2021.]

[2] Karlović, I., Pešterac, Č., (2014) Reprodukciona tehnika – Skripta sa predavanja, Novi Sad, Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka

[3] Milošević, R., (2019), Karakterizacija otisaka oplemenjenih mikrokapsulama – doktorska disertacija, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka

[4] Kašiković, N., Novaković, D., Jurič, I., (2016) Digitalna štampa – praktikum za vežbe, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka

Podaci za kontakt:

MsC Tamara Radaković, tamararadakovic1012@gmail.com

PhD Nemanja Kašiković, knemanja@uns.ac.rs

PhD Rastko Milošević, rastko.m@uns.ac.rs

DIZAJN SIGNALIZACIJE U PROSTORU**SIGNAGE AND WAYFINDING DESIGN**Dunja Jazić, Vladimir Dimovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Rad predstavlja analizu aspekata koje je neophodno razmotriti prilikom dizajniranja funkcionalnih znakova za različite vrste prostora. Tekst obuhvata istoriju znakova, šire i uže podele, vrste sadržaja na znakovima, kao i faze procesa dizajniranja znakova.

Ključne reči: prostor, znakovi, snalaženje u prostoru

Abstract – Article represents the analysis of aspects that need to be considered when designing functional signs for different types of spaces. Text includes the history of signs, wider and narrower divisions, the types of content on signs, as well as the stages of the process of designing signs.

Keywords: space, signage, wayfinding

1. POJAM DIZAJNA OKRUŽENJA

Ljudi su ostavljali za sobom vizuelne tragove mnogo pre nego što je izmišljen papir, uglavnom na objektima koji ih okružuju. Uloga ovih tragova bila je, kao i danas, razmena informacija. Kada su oni sjedinjeni sa nekim značenjem, postali su zajednički jezik za ljude koji su ih stvarali i razumeli. Znajući ovo dolazimo do zaključka da je dizajn okruženja, koji se definiše kao grafička komunikacija informacija u izgrađenoj okolini, zapravo veoma stara profesija.

Dizajn okruženja u savremenom smislu je relativno novo, interdisciplinarno polje koje je dobilo na značaju u proteklih četrdesetak godina. Naravno, znakovi su postojali i pre toga, ali im se nije posvećivalo toliko pažnje. Međutim, kako su se gradovi razvijali i pokretljivost i saobraćaj rasli, čineći da naše okruženje bude mnogo kompleksnije, javila se potreba za većom količinom informacija koje će ljudi koristiti kao pomoć pri navigaciji.

Danas se dizajn prepliće sa raznim oblastima, kao što su arhitektura, dizajn enterijera i slično. Najvažnija karakteristika koja pravi razliku između dizajna koji se koristi u ostalim oblastima i onog koji se koristi u dizajnu okruženja jeste ta da se u dizajnu okruženja uvek koriste reči, simboli, dijagrami i slike kako bi pomoću njih bila poslata neka korisna informacija.

2. TIPOVI ZNAKOVA

Osnovni kriterijum po kojem možemo razvrstati sve znakove jeste tiče se mesta postavljanja, odnosno da li se

oni postavljaju unutar nekog objekta, ili izvan njega. Uzimajući ovo u obzir, sve znakove možemo podeliti na dve velike grupe - oni koji se postavljaju u enterijer i oni koji se postavljaju u eksterijer. S obzirom na to da se neki znakovi mogu koristiti u oba slučaja, nije nužno da svaki od njih strogo razvrstamo u jednu od dve pomenute grupe, ali one čine najopštiju podelu.

Drugi kriterijum koji može služiti za podelu je strožije određen i ne dozvoljava preklapanje, odnosno postojanje jednog znaka u više različitih grupa. Ovaj kriterijum znakove deli na osnovu načina na koji svaki od njih pruža informaciju. Vodeći se ovom podelom, znakove možemo razvrstati u tri grupe - statičke, dinamičke i interaktivne [5].

Statički znakovi su najstariji oblik znakova. Sa njima se svakodnevno susrećemo na ulici, pored puteva i u skoro svakom većem objektu. Iako je tehnologija mnogo napredovala, i dalje su statički putokazi najprisutniji u skoro svakoj okolini.



Slika 1. Različite vrste statičkih putokaza (Srpdesignstudio, 2019.)

Dinamički znakovi su oni koji informacije prikazuju na nekoj vrsti ekrana i sa razvojem tehnologije postali su veoma bitan deo naše svakodnevnice. Ekran koji spadaju u grupu dinamičkih znakova mogu biti najrazličitijih veličina i mogu se koristiti u razne svrhe.



Slika 2. Dinamički znakovi koji prikazuju raspored letova (Airtame, 2019.)

Prednost ovakvih znakova je to što se sadržaj poruke može izmeniti, pa tako jedan znak može tokom vremena pokazivati više različitih vrsta informacija. Još jedna pozitivna karakteristika je to što su ovakvi znakovi veoma upečatljivi i lako privuku pažnju adresantima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Dimovski, docent.

Interaktivni znakovi su po načinu prikazivanja sadržaja slični dinamičkim, ali je razlika u tome što ova vrsta znakova dozvoljava osobi koja ih koristi da sama odabere vrstu informacija koja će joj biti prikazana na ekranu. Informacije se biraju pomoću ekrana na dodir (engl. *touchscreen*) ili tastature. U budućnosti se predviđa da će se sve više koristiti interakcija putem pokreta [2].



Slika 3. Interaktivni kiosk na stanici metroa (Dailydooh, 2019.)

3. DIZAJN PUTOKAZA

Kao što je već pomenuto, dizajn okruženja podrazumeva grafičko oblikovanje informacija koje služe za snalaženje i informisanje o bilo kom okruženju. Kao i druge oblasti dizajna, tako i dizajn putokaza predstavlja rešenje određenog problema.

Dizajner okruženja predstavlja vezu između problema koji iznese klijent i konačnog rešenja tog problema. Tom prilikom se proces dizajniranja sastoji iz niza koraka koji se uglavnom odvijaju linearno, jedan za drugim, ali u nekim slučajevima mogu da se preklapaju ili da se određeni korak ponovi više puta. Pomenuti niz koraka se uglavnom sastoji od: procene problema koji klijent izloži, primene kreativnih veština, izrade rešenja, predstavljanja rešenja onome ko je zadužen za proizvodnju konačnog produkta, nadgledanje procesa produkcije i ocenjivanje efikasnosti konačnog proizvoda.

3.1 Faze dizajnerskog procesa

Postoji šest faza u ovom procesu:

1. Upoznavanje sa prostorom
2. Određivanje izgleda i pozicije putokaza (izrada šeme)
3. Razvoj dizajna
4. Dokumentacija i ponuda cene
5. Instalacija i nadgledanje
6. Evaluacija

3.1.1 Upoznavanje sa prostorom

Klijent izlaže problem a dizajnerov zadatak je da taj problem reši na kreativan način. Ono što je veoma bitno jeste činjenica da taj problem i ono što je sa njim povezano imaju niz karakteristika i ograničenja sa kojim dizajner mora da se upozna pre nego što pređe na njegovo rešavanje. Jedno od najbitnijih ograničenja predstavlja prostor u koji putokaz treba da bude postavljen. Uloga dizajnera u prvoj fazi je da prikupi što više informacija i da ih analizira na odgovarajući način kako bi se upoznao sa prirodom problema i na taj način lakše došao do njegovog rešenja.

3.1.2 Određivanje izgleda i pozicije putokaza (izrada šeme)

U zavisnosti od prirode projekta, dizajner bi u drugoj fazi klijentu trebao da predstavi sledeće pojedinosti: plan pozicije putokaza, pristupe nomenklaturi i hijerarhiji poruka znakova, mogućnosti za izbor fontova i simbola, opcije za materijale i boje, visine putokaza u poređenju sa nekim referentnim visinama poput ljudi, automobila, drveća i slično, prikaz putokaza u okruženju (predstavljen pomoću fotomontaže, videomontaže ili rendera trodimenzionalnih modela) itd.

3.1.3 Razvoj dizajna

Krajnji cilj ove faze je prerada i finalno izvođenje rešenja koje je odabrano na kraju druge faze, kao i osiguravanje potvrde i povratne informacije od klijenta. U zavisnosti od zahteva projekta, dizajner može napraviti formalnu prezentaciju tokom ili na kraju treće faze, ili može samo proslediti klijentu plan lokacije, raspored poruka i crteže grafičkog rešenja, kao i njihovog fizičkog izvođenja. U oba slučaja, ključno je da dizajner zahteva mišljenje i potvrdu klijenta da je u trećoj fazi osmišljeno pogodno rešenje, pre nego što preduzme sledeći korak u dizajniranju.

3.1.4 Dokumentacija i ponuda cene

Krajnji cilj četvrte faze je da se svi detalji povežu u jednu celinu koja čini dizajn znaka, ili kompleta znakova, i da se jasno predstavie namere dizajnera onima koji proizvode znak i koji su, pored njegove proizvodnje, zaduženi i za ponudu cene. Ovo je poslednja faza koja je vezana za dizajn, pre nego što se rešenje preda na izradu.

To znači da se dizajneru u ovoj fazi pruža poslednja šansa da proverii sve detalje kako bi se izbegli bilo kakvi propusti, čije korekcije zahtevaju neplanirane troškove. Nepoželjni propusti se manifestuju već u narednoj fazi ukoliko se u četvrtoj fazi sa sigurnošću ne odabere najoptimalnije rešenje. Kao i u svakoj prethodnoj, i u ovoj fazi je bitno da se ostvari jasna komunikacija sa klijentom i od njega dobije jasna povratna informacija.

3.1.5 Instalacija i nadgledanje

Iako neki klijenti, kako bi smanjili troškove, svode na minimum angažman dizajnera u fazi instalacije, ili ga potpuno isključe iz ove faze, veoma je bitno naglasiti da je prisustvo dizajnera u ovoj fazi ključno za meru kontrole kvaliteta tokom izrade znakova. Dizajneri koji se bave dizajnom okruženja imaju mnogo iskustva i obraćaju pažnju na sve detalje koji su vezani za izradu znakova. Takođe, dizajner je osoba koja u celom projektnom timu ima najveću stručnost za pregled i procenu mogućnosti proizvođača da oblikuje rešenje na pravi način.

Krajnji cilj ove faze je nadgledanje instalacije i njena procena, kao i procena kvaliteta izrade znaka ili kompleta znakova.

3.1.6 Evaluacija

Dva najosnovnija pristupa za izvršavanje evaluacije su putem povratnih informacija od klijenta i putem direktnog nadgledanja dizajna. Nakon što se neko vreme konstantno kreće kroz prostor u kojem su postavljeni znakovi koji

čine konačno rešenje i nakon što vidi reakcije ljudi na njih, klijent dobija uvid u prednosti i mane izabranog rešenja.

Prema tome, značajno je kontaktirati klijenta nekoliko meseci nakon instalacije znakova i zahtevati njegovu procenu efikasnosti rešenja. Dizajner takođe može sam posetiti okruženje u kojem su znakovi postavljeni i proceniti kako su se uklopili, kao i posmatrati način na koji ljudi ostvaruju interakciju sa njima. Ovaj pristup takođe može podrazumevati intervjuisanje/anketiranje osoblja koji su u konstantnom kontaktu sa ljudima koji su korisnici okruženja, kako bi se saznalo više o delotvornosti znakova.

Krajnji cilj poslednje faze jeste evaluacija efikasnosti i funkcionalnosti kreiranog rešenja. U ovoj fazi dizajner treba da sazna koji aspekti rešenja su uspešni, a koji bi se, ukoliko ih ima, mogli poboljšati. Ova nova saznanja dizajner može primeniti i na buduće projekte i tako poboljšati kvalitet svakog svog sledećeg osmišljenog rešenja.

3.2 Trodelna struktura putokaza

Pristup strukturi putokaza u formi trodelne piramide osmisliła je Chris Calori [4].



Slika 4. Chris Calori (Entro, 2020.)

Ona je došla do zaključka da je osnovna uloga svakog znaka da ljudima pruži informaciju o određenom okruženju i da tu informaciju prenosi preko grafičkih rešenja koja se nalaze na njegovom fizičkom nosiocu, realizovanom putokazu. Iz toga je zaključila da se dizajniranje putokaza sastoji iz tri sastavna dela koji su međusobno povezani, a to su:

1. Informativni sadržaj
2. Grafičko rešenje
3. Fizičko izvođenje znakova

U osnovi, posmatranje putokaza kroz njihovu trodelnu strukturu čini da se veoma kompleksan problem razloži na njegove osnovne delove i samim tim svaki zaseban deo postaje lakši za rešavanje. Međutim, iako se navedeni delovi znaka u teoriji mogu razdvojiti, u praksi se međusobno prepliću. Poruke koje će se naći na znaku, koje čine deo informativnog sadržaja, imaju velik uticaj na grafičko rešenje u pogledu dužine poruke, distance sa kojih će znakovi biti čitani i slično, što dalje utiče na materijalizaciju i fizički oblik određenog znaka. Lokacija znaka, koja takođe predstavlja deo informativnog sadržaja, uvek utiče na određivanje veličine i specifičnosti montiranja znaka, što je deo njegove materijalizacije.

Zaključuje se da je za efikasno dizajniranje i postavljanje znakova veoma bitno razložiti strukturu na osnovne delove, a zatim shvatiti kako će svaki zaseban deo uticati na preostala dva [1].

3.2.1 Informativni sadržaj

Kao što je već pomenuto, glavna uloga znakova je da ljudima pružaju informacije o okruženju. Budući da znakovi ljudima prenose značajne informacije na osnovu kojih oni preduzimaju neku akciju, može se reći da znak predstavlja jedan od malobrojnih istinski interaktivnih elemenata koji se postavljaju u okruženju. Shodno takvoj ulozi, informativni sadržaj podrazumeva utvrđivanje sledećeg:

- koje informacije će biti prikazane na znaku
- kako će informacije na znaku biti formulisane
- gde će se nalaziti informacije
- kako poruke i mesta raznih znakova utiču jedni na druge u mreži informacija

Dizajneri okruženja poseduju veštine potrebne za analiziranje plana okruženja, staza kojim će ljudi cirkulisati u prostoru, kao i saznanje o tome koje informacije su neophodne posetiocima određenog okruženja koje će im omogućiti jednostavno snalaženje. Nakon prikupljanja ovih informacija, dizajner okruženja ima jasnu viziju o lokacijama na kojima su znakovi neophodni, kao i o informacijama koje ti znakovi treba da pruže posetiocima. Dizajner okruženja uglavnom igra glavnu ulogu u postavljanju znakova na određene lokacije, dok se u formulisanju informacija ta uloga deli sa klijentom.

3.2.1.1 Vrste informativnog sadržaja

Informativni sadržaj u sistemu znakova vrši više različitih funkcija i pruža više različitih informacija koje oblikuju dizajner okruženja i klijent zajedno. Lokacije za svaku vrstu uglavnom određuje dizajner okruženja, a od klijenta konstantno zahteva povratnu informaciju [3].

Identifikacioni informativni sadržaj

Identifikacioni informativni sadržaj se postavlja na one znakove koji služe da označe određenu destinaciju ili mesto u okruženju. Ova vrsta sadržaja posetiocima daje potvrdu da su stigli na mesto na koje su krenuli. Pored identifikacionog sadržaja se ponekad mogu naći i usmerenja za dalje kretanje kroz prostor.

Informativni sadržaj za usmeravanje kroz prostor

Ova vrsta informativnog sadržaja pomaže posetiocima da se snalaze u određenom okruženju i da se lakše kroz njega kreću. Smernice se uglavnom predstavljene u vidu teksta i strelica koje upućuju na određene putanje.

Informativni sadržaj upozorenja

Znakovi sa informativnim sadržajem upozorenja obaveštavaju ljude o opasnostima ili sigurnosnim postupcima unutar okruženja. Najviše upotrebljavani sadržaji ove vrste su upozorenja za visoki napon, znak za korišćenje stepenica u slučaju požara i pažljivije kretanje po objektu zbog mokrog poda.

Informativni sadržaj koji upućuje na propise i zabrane

Ova vrsta informativnog sadržaja ima za cilj regulisanje ponašanja posetilaca kao i zabranu određenih aktivnosti unutar objekta u kojem se nalaze. Najčešći primeri ove vrste sadržaja su znakovi koji informišu posetioce o zabrani ulaska za nezaposlene, kao i znakovi za zabranu pušenja, unošenje hrane i pića u objekat, ili uvođenje kućnih ljubimaca.

Operativni informativni sadržaj

Operativni informativni sadržaj adresantima prenosi uputstva za određene aktivnosti/operacije primenjive u okruženju. Ovaj sadržaj ponekad može biti veoma detaljan i zahteva određeno vreme i posvećenost prilikom razumevanja.

Informativni sadržaj za odavanje počasti

Ovakva vrsta sadržaja se koristi na znakovima koji imaju za cilj odavanje počasti osobi koja je na neki način povezana sa određenim okruženjem. Najčešći primer je znak sa spiskom donatora koji prikazuje imena finansijskih dobrotvora određene lokacije ili objekta. Drugi primer su znakovi koji se mogu pronaći ispred važnih građevina i obično prikazuju datum izgradnje zajedno sa imenima građevinara, arhitekata i drugih osoba koje je bitno spomenuti. Za razliku od prethodnih, gde su u oblikovanje sadržaja uključeni i dizajner i klijent, ovu vrstu informativnog sadržaja klijent uglavnom dostavlja dizajneru.

Interpretativni informativni sadržaj

Interpretativni informativni sadržaj ima za cilj da posetiocima pruži uvid u značenje određenog okruženja, ili mesta unutar tog okruženja, pružajući im informacije u vezi sa njegovom istorijom, geografskim položajem, stanovnicima, artefaktima i slično. Najčešći primeri su plakete koje podsećaju na neke važne bitke ili slične istorijske događaje.

Još jedan rasprostranjen primer su znakovi koji pružaju informacije o životinjama koje žive u određenom zoološkom vrtu ili akvarijumu. Prikupljanje informacija za oblikovanje ove vrste sadržaja uglavnom zahteva detaljno istraživanje koje može obaviti dizajner, klijent i/ili stručnjaci za temu koja se tiče sadržaja koji će se naći na znakovima.

3.2.2 Grafičko rešenje

Grafičko rešenje znakova daje oblik informativnom sadržaju u smislu da ga čini vidljivim i na taj način utiče na to da informacija bude preneti onome ko posmatra znak. Grafičko rešenje oblikuje informaciju koja se nalazi na znaku, njenu strukturu, formu i stilizaciju.

Prilikom razvijanja grafičkog rešenja za određeni sistem znakova, dizajner okruženja određuje vokabular i elemente koji će se koristiti na uređajima vizuelne komunikacije. Ovo podrazumeva određivanje tipografije, simbola, boja, dijagrama i drugih grafičkih elemenata kao što su krugovi, kvadrati i drugi geometrijski i dekorativni ili ilustrativni elementi [1].

3.2.3 Fizičko izvođenje znakova

Fizičko izvođenje znakova je proces stvaranja konačnog proizvoda, odnosno opipljive, trodimenzionalne komponente koja je nosilac informacije i koja se postavlja u prostor. Prilikom materijalizacije znakova dizajner okruženja treba uzeti u obzir oblike, strukture, materijale, montažu, osvetljenje i pronaći određeni metod koji će sve ove elemente ujediniti i stvoriti novu, stilski skladnu grupu znakova.

Upravo ovaj trodimenzionalni element koji nastaje u poslednjoj fazi kreiranja znakova pravi razliku između dizajnera okruženja i grafičkog dizajnera i približava ga više industrijskim dizajnerima ili dizajnerima u arhitekturi. Trodimenzionalnost koja se ovde javlja je ono što dizajniranje znakova čini veoma uzbudljivim izazovom. Mnogi ljudi posmatraju znakove kao jednostavne objekte koji prikazuju određene informacije, i znakovi to zasigurno mogu i moraju biti, međutim fizička izvedba znakova može biti vizuelno mnogo bogatija i uzbudljivija ukoliko na pravi način dođe do spajanja faktora koji utiču na materijalizaciju znakova i kreativnosti koju dizajner poseduje.

4. LITERATURA

- [1] Chris Calori, David Vanden-Eynden. (2015) Signage and Wayfinding Design. Second edition. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. .
- [2] <https://airtame.com/blog/digital-signage/#myanchor1> (pristupljeno u oktobru 2020.)
- [3] <https://www.graphicproducts.com/articles/four-types-of-wayfinding-signs/> (pristupljeno u oktobru 2020.)
- [4] <https://tangloccreative.com.au/signage-design-getting-right/> (pristupljeno u oktobru 2020.)
- [5] <https://www.travelwayfinding.com/what-is-wayfinding-signage/> (pristupljeno u oktobru 2020.)

Kratka biografija:



Dunja Jazić rođena je u Zrenjaninu 1995.godine. Trenutno je student master studija na Fakultetu tehničkih nauka, na departmanu Grafičko inženjerstvo i dizajn. Predmet u okviru kojeg radi svoje istraživanje jeste Prostorni dizajn.

kontakt: dunja.jazic@gmail.com



Dr Vladimir Dimovski, docent Rođen 1978. godine u Novom Sadu. Doktorirao je 2012. na Filozofskom fakultetu u Beogradu, oblast Istorija moderne umetnosti. Od 2018. je u zvanju docenta na Fakultetu tehničkih nauka.

kontakt: dimovski@uns.ac.rs

PRIMENA GVOŽĐE(III)-MOLIBDATA KAO HETEROGENOG FENTON KATALIZATORA U TRETMANU ŽUTE FLEKSO GRAFIČKE BOJE**APPLICATION OF IRON(III)-MOLYBDATE AS A HETEROGENEOUS FENTON CATALYST IN THE TREATMENT OF YELLOW FLEXOGRAPHIC PRINTING DYE**Stana Marijanac, Miljana Prica, Vesna Gvoić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Predmet istraživanja ovog master rada fokusiran je na tehnologiji flekso štampe u cilju tretmana žute flekso grafičke boje primenom Fenton procesa, kao i ispitivanju uticaja pojedinih parametara na efikasnost obezbojavanja. Fenton proces predstavlja jedan od najefikasnijih unapređenih procesa oksidacije koji se primenjuje za tretman otpadnih voda koje imaju visok sadržaj teško degradabilnih jedinjenja. Bazira se na generisanju hidroksil radikala iz vodonik-peroksida u prisustvu jona gvožđa kao katalizatora pri kiseloj pH vrednosti i ambijentalnim uslovima. Tokom eksperimenta ustanovljen je izražen uticaj pH vrednosti na odigravanje heterogenog Fenton procesa, dok je uticaj ostalih faktora zanemarljiv. Takođe je ustanovljeno da smanjenje pH vrednosti dovodi do povećanja efikasnosti obezbojavanja sintetičkog rastvora žute boje.

Ključne reči: flekso štampa, grafičke boje, Fenton process, azo boja, definitive screening design

Abstract – The aim of the master thesis focuses on the flexographic printing field with the purpose to investigate the efficiency of Fenton process for the treatment of yellow flexographic dye, as well as to investigate the impact of various process conditions. Fenton process is one of the most efficient oxidation processes used for treatment of wastewater with high content of heavy degradable compounds. It is based on the generation of hydroxyl radicals from hydrogen peroxide with iron ion as catalyst in an acidic medium and environmental conditions. During the experiment, pronounced influence of pH in the heterogeneous Fenton process was established, while the influence of other factors is negligible. It has been found that a pH decreasing results within increase of decolorization efficiency of the synthetic dye solution.

Keywords: flexographic printing, printing dyes, Fenton process, azo dye, definitive screening design

1. UVOD

Ispuštanje toksičnih derivata u recipijente, kao što su aromatična jedinjenja, sintetičke boje i teški metali dovodi do zagađenja voda i predstavlja ozbiljan ekološki problem.

NAPOMENA:

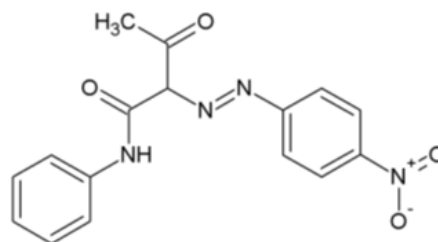
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miljana Prica, red. prof.

Različite tradicionalne tehnike primenjuju se u tretmanu industrijskih otpadnih voda koje sadrže boje, kao što su koagulacija, uklanjanje membranama ili adsorpcija na aktivnom uglju. Njihova primena kao nedestruktivnih metoda može imati za posledicu i formiranje sekundarnih zagađujućih materija. Biološki tretman ovakve vrste otpadnih voda se takođe u mnogim slučajevima ne smatra kompletnim rešenjem zbog otpornosti pojedinih vrsta boja na ovakvu vrstu tretmana.

Unapređeni procesi oksidacije predstavljaju jednu od tehnologija za uklanjanje različitih zagađivača vodenih ekosistema. Fenton proces je vrlo efikasan u degradaciji različitih vrsta boja. Zasniva se na dodatku Fentonovog reagensa koji je mešavina vodonik-peroksida i jona gvožđa i bazira se na generisanju hidroksil radikala. Predmet izučavanja ovog master rada je ispitivanje mogućnosti primene heterogenog Fenton katalizatora, gvožđe(III)-molibdata u tretmanu žute flekso grafičke boje. Cilj istraživanja jeste optimizacija heterogenog Fenton procesa, koji bi svoju praktičnu primenu mogao da ostvari u rešavanju problema dospeća obojenih industrijskih otpadnih voda do krajnjeg recipijenta.

2. MATERIJALI I HEMIKA LIJE

U eksperimentalnom delu su korišćene sledeće hemikalije: vodonik-peroksid (30%, NRK Inženjering, Srbija), natrijum-hidroksid (> 98,8% POCH, Poljska) i sumporna kiselina (>96%, J.T. Baker - Fischer Scientific, USA). Za sintezu čvrstog katalizatora gvožđe(III) molibdata ($\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$) korišćeni su: gvožđe(III)-nitrat monohidrat (>98%, Sigma-Aldrich), amonijum-hidroksid (>98,8%, Centrohem, Srbija) i amonijummolibdat tetrahidrat (99%, Centrohem, Srbija). Za pripremu svih radnih rastvora željenih koncentracija korišćena je dejonizovana voda i hemikalije čistoće pro analysi. Eksperimenti su izvršeni na uzorcima vodenog rastvora žute flekso grafičke boje proizvedene od strane Flint grup. Strukturna formula žute grafičke boje prikazana je na slici 1.



Slika 1. Strukturna formula žute boje

3. SINTEZA I KARAKTERIZACIJA ČVRSTOG FENTON KATALIZATORA - $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$

Heterogeni Fenton katalizator, gvožđe(III)-molibdat ($\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$), je sintetisan prema proceduri autora Tian et al [1]. Rastvor amonijumhidroksida (2M) je dodat rastvoru amonijum-molibdata-tetrahidrata (0,01M), a zatim je u smešu koja se mešala na magnetnoj mešalici u kapima dodat rastvor gvožđe(III)-nitrata monohidrata (0,093M). Nakon dodate celokupne zapremine gvožđe(III)-nitrata, rastvor je mešan na magnetnoj mešalici 2h na sobnoj temperaturi. Dobijeni precipitat je filtriran i ispiran sa dejonizovanim vodom, a zatim sušen na 105 °C tokom 24h. Kalcinacija osušenog precipitata je vršena na 550 °C tokom 2h, što je uslovalo smanjenja specifične površine i eliminaciju nečistoća. Morfologija sintetisanog Fenton katalizatora je ispitana primenom skenirajuće elektronske mikroskopije sa energetskom disperzijom X zraka (eng. Scanning electron microscopy/energy dispersive spectrometry - SEM/EDS) i rendgenske fluorescencije (eng. X-ray fluorescence - XRF). SEM/EDS ispitivanje morfoloških karakteristika i mikrostrukture sintetisanog Fenton katalizatora izvršeno je snimanjem na elektronskom mikroskopu SEM TM3030 (Hitachi High-Technologies, S-4700 Tip II Japan). Ujedno je EDS mapirao elemente na površini katalizatora pri ubrzanju od 15 kV (Brucker Kuantak 70 rendgenski detektorski sistem, Brucker Nano, GmbH Nemačka). Na ovaj način je moguće identifikovati prisutne faze, njihovu orijentaciju, nehomogenost, kao i strukturne defekte materijala [2].

4. EKSPERIMENT

4.1 Ispitivanje efikasnosti Fenton procesa u uklanjanju sintetičke boje

Ispitivanje efikasnosti obezbojavanja vodenog rastvora žute grafičke boje vršeno je serijom eksperimenata na aparaturi za JAR test (FC6S Velp scientific, Italija), u dizajniranom eksperimentu primenom definitive screening design metode (DSD). Eksperimenti su sprovedeni mešanjem 0,25 l vodenog rastvora grafičke boje koncentracije 20 - 180 mg/l sa čvrstim Fenton katalizatorom (koncentracija gvožđa 0,75 - 60 mg/l). Nakon podešavanja pH vrednosti, dodatkom 0,1 M rastvora H_2SO_4 ili NaOH i dodatka vodonik-peroksida (1 - 11 mM) uzorci su mešani u vremenskom periodu od 60 minuta, pri brzini mešanja od 120 o/min i konstantnoj temperaturi od 23 °C. Nakon isteka reakcionog vremena snimljeni su spektri za svaki uzorak sa kojih je očitana apsorbanacija [2].

Efikasnost obezbojavanja vodenog rastvora grafičke boje i realnog efluenta izračunata je prema jednačini (1):

$$E (\%) = (A_0 - A) / A_0 * 100 \quad (1)$$

gde je: A_0 - početna apsorbanacija obojenog vodenog rastvora boje ili efluenta, a A - apsorbanacija vodenog rastvora uzorka nakon izvršenog Fenton procesa.

4.2. Karakterizacija tretiranog efluenta

Fizičko-hemijska karakterizacija efluenta pre i nakon Fenton tretmana je obuhvatila merenje pH vrednosti, električne provodljivosti, temperature (AD110 Adwa instrument), mutnoće (Turb 430 IR WTW) i sadržaja

ukupnog organskog ugljenika (eng. total organic carbon - TOC) (LiquiTOC II - Elementar, Germany). SRPS ISO 8245:2007 metoda je primenjena za određivanje TOC vrednosti, koja je korišćena za procenu stepena mineralizacije tretiranih efluenta prema jednačini (2):

$$\text{TOC} (\%) = (\text{TOC}_0 - \text{TOC}) / \text{TOC}_0 * 100 \quad (2)$$

gde je: TOC_0 - sadržaj ukupnog organskog ugljenika u rastvoru boje pre primenjenog tretmana, a TOC - sadržaj ukupnog organskog ugljenika u rastvoru boje nakon primenjenog tretmana.

4.3 Definitive screening design (DSD)

U ovom radu korišćena je statistička analiza definitive screening design (DSD) kako bi se ispitao uticaj četiri procesna parametra: početne koncentracije boje (20 - 180 mg/l), koncentracije gvožđa kao katalizatora u heterogenom Fenton procesu (0,75 - 60 mg/l), pH vrednosti (2 - 10) i koncentracije vodonik-peroksida (1 - 11 mM). Svi eksperimenti su rađeni u duplikatu sa dodatkom još dve centralne tačke. Za četiri numerička faktora, softver koji je korišćen za statističku analizu podataka u ovoj studiji, JMP 13 generisao je tabelu sa 15 eksperimenata (tabela 1).

Tabela 1. Dizajn DSD eksperimenata

Uzorak	Koncentracija boje (mg/l)	Koncentracija gvožđa (mg/l)	pH	Koncentracija vodonik-peroksida (mM)
1	180	0,75	10	11
2	20	30,375	2	11
3	180	60	2	11
4	20	60	10	6
5	100	60	10	11
6	20	0,75	10	1
7	20	60	2	1
8	180	0,75	2	6
9	100	30,375	6	6
10	180	60	6	1
11	100	0,75	2	1
12	180	30,375	10	1
13	20	0,75	6	11
14	180	0,75	10	11
15	20	30,375	2	11

5. DSD STATISTIČKA OBRADA PODATAKA I OPTIMIZACIJA FENTON PROCESA

5.1 DSD statistička obrada podataka i optimizacija Fenton procesa

U tabeli 2 prikazani su rezultati uklanjanja žute boje iz sintetičkog rastvora, pri čemu je ustanovljen opseg efikasnosti heterogenog Fenton procesa od 1,70 do 81,69%. Širok opseg efikasnosti ukazuje na činjenicu da sam proces u velikoj meri zavisi od primenjenih procesnih parametara.

Na osnovu aproksimiranih vrednosti parametara i standardne greške izdvojeni su faktori sa statističkom značajnošću (tabela 3), koji u najvećoj meri doprinose efikasnosti uklanjanja žute boje u Fenton procesu. Na osnovu vrednosti $p < 0,05$ uočava se da je jedini statistički značajan parametar pH vrednost, te da ona u najvećoj meri utiče na odigravanje heterogenog Fenton procesa. Statistički značajne dvofaktorske interakcije nisu utvrđene.

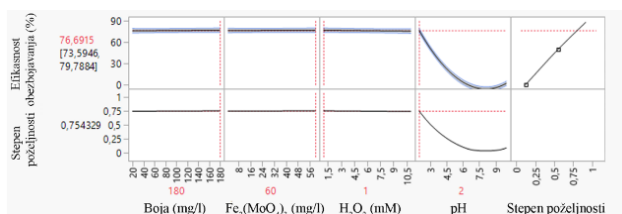
Tabela 2. Efikasnost heterogenog Fenton procesa u obezbojavanju sintetičkog rastvora žute grafičke boje

Uzorak	Efikasnost Fenton procesa (%)
1	3,60
2	16,74
3	64,26
4	1,70
5	2,70
6	2,71
7	4,20
8	80,45
9	32,29
10	19,14
11	81,69
12	6,50
13	8,14
14	4,71
15	6,50

Tabela 3. Procenjeni regresioni koeficijenti

Parametar	Procenjena vrednost	Standardna greška	t vrednost	Verovatnoća $> t $
Boja (mg/l)	0,369	0,664	0,560	0,585
$\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ (mg/l)	0,197	0,664	0,300	0,770
H_2O_2 (mM)	-0,616	0,664	-0,930	0,365
pH	-37,403	0,664	-56,330	<0,001

Dijagram optimizacije, prikazan na slici 2, daje jasan uvid kako se efikasnost Fenton procesa menja u funkciji jedne promenljive, dok ostale promenljive ostaju konstantne. Na taj način je predložena najveća efikasnost primenjenog tretmana od 77% u cilju uklanjanja žute boje pri optimalnim procesnim uslovima: koncentracija boje 180 mg/l, koncentracija katalizatora 60 mg/l, koncentracija vodonik-peroksida od 1 mg/l i pH vrednost 2. Sa dijagrama optimizacije se jasno uočava izražen uticaj pH vrednosti na odigravanje heterogenog Fenton procesa, dok je uticaj ostalih faktora zanemarljiv.

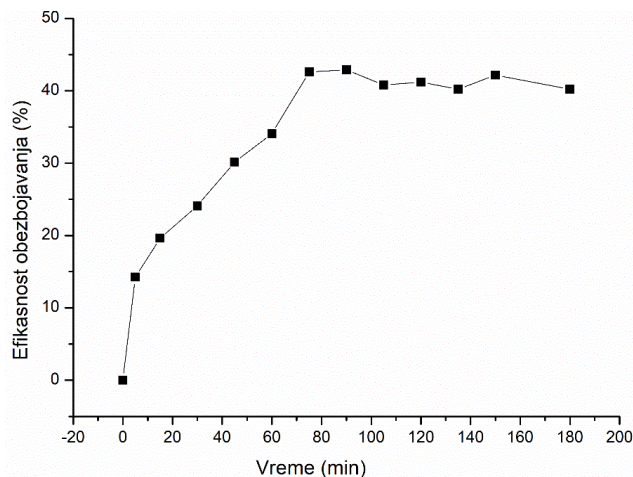


Slika 2. Dijagram optimizacije heterogenog Fenton procesa

5.2 Tretman i karakterizacija realnog efluenta žute boje pri optimalnim uslovima Fenton procesa

Uzorak realnog efluenta obojen žutom bojom je podvrgnut heterogenom Fenton tretmanu pri ustanovljenim optimal-

nim vrednostima procesnih parametara. Efikasnost uklanjanja žute boje iz uzorka realnog efluenta u funkciji vremena primenom optimizovanog Fenton procesa prikazana je na slici 3. Najveća efikasnost obezbojavanja od 43% postignuta je u 75. minutu reakcije čime je potvrđena smanjena katalitička aktivnost gvožđe(III)-molibdata u tretmanu realnog efluenta u poređenju sa sintetičkim rastvorom čiste boje.



Slika 3. Efikasnost obezbojavanja realnog efluenta žute boje primenom optimizovanog Fenton procesa

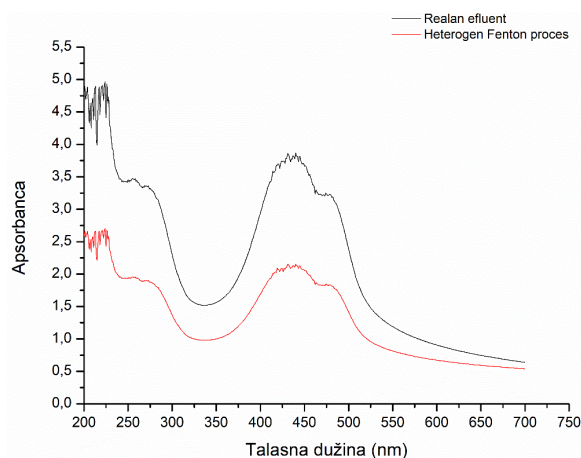
Rezultati fizičko-hemijske karakterizacije efluenta obojenog žutom bojom pre i nakon tretmana su prikazani u tabeli 4. pH vrednost tretiranog efluenta je ostala nepromenjena, budući da je na početku eksperimenta podešena na vrednost 2, kao ustanovljena optimalna pH vrednost. Povećana provodljivost nakon sprovedenog tretmana ukazuje na formiranje produkata degradacije i oslobađanje neorganskih jona, koji mogu da potiču iz samog molekula boje. Upravo ti neorganski joni ostvaruju kompeticiju sa Fenton katalizatorima, budući da mogu da se ponašaju kao hvatači hidroksil radikala i tako doprinesu smanjenoj efikasnosti primenjenog Fenton tretmana. Nakon sprovedenog tretmana uočeno je i smanjenje mutnoće rastvora. Stepen mineralizacije boje se tumači sa aspekta određivanja TOC vrednosti. Ustanovljen stepen mineralizacije od 37,5% ukazuje na fragmentaciju molekula žute boje, pri čemu se pretpostavlja da je isti razgrađen do određenih alifatičnih proizvoda.

Tabela 4. Fizičko-hemijska karakterizacija realnog efluenta crne boje pre i nakon tretmana

Parametar	Realan efluent	Tretiran realan efluent
pH	7,60	2,03
Provodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	585	640
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20,6	22,7
Mutnoća (NTU)	154	190
TOC (mgC/l)	101,6	63,5

Na slici 4 prikazani su UV/VIS spektri realnog efluenta pre i nakon sprovedenog tretmana pri optimizovanim

procesnim uslovima Fenton procesa. Kod realnog efluenta se uočava izražena apsorpciona traka u vidljivoj oblasti, na talasnoj dužini od 437 nm, koja potiče od -N=N- grupe u hromofori žute grafičke boje. Nakon sprovedenog heterogenog Fenton tretmana intenzitet pika je smanjen, što se pripisuje razaranju azo veze i degradaciji žute grafičke boje.



Slika 4. UV/VIS spektr realnog i tretiranog efluenta pri optimizovanim procesnim uslovima primenjenog Fenton tretmana

6. ZAKLJUČAK

Zagađenje voda predstavlja jedan od najaktuelnijih problema vezanih za život i opstanak čoveka. Visokom stepenu zagađenja čovekove okoline doprinosi i ispuštanje otpadnih industrijskih voda u rečne tokove, među kojima je od velikog značaja otpadna voda iz štamparske industrije.

Osnovna dva problema koja se javljaju zbog prisustva zagađujućih materija u vodi su: zaštita izvorišta i ponovno korišćenje većine komunalnih i industrijskih otpadnih voda. Konvencionalnim tretmanima prečišćavanja otpadnih voda mnoge zagađujuće materije ne mogu u potpunosti biti uklonjene. S druge strane, naprednim tehnologijama, moguće je dobiti vodu visokog kvaliteta. Unapređeni oksidacioni procesi, koje karakteriše generisanje hidroksil radikala, prepoznati su kao jedna od potencijalnih tehnologija za uklanjanje organskih zagađujućih materija iz različitih otpadnih voda. Sintetičke organske boje prisutne u efluentima otpadnih voda moraju biti uklonjene ili uništene pre ispuštanja u prirodne recipijente. Imajući u vidu potencijalnu toksičnost proizvoda hemijske oksidacije, poželjno je da svaki proces primenjen za uklanjanje sintetičkih organskih boja dovodi do njihove potpune oksidacije do ugljendioksida, vode i mineralnih kiselina. Proces koji ovo omogućava i koji je vrlo efikasan u degradaciji različitih vrsta boja je Fenton proces.

Tokom eksperimenta ustanovljen je izražen uticaj pH vrednosti na odigravanje heterogenog Fenton procesa, dok je uticaj ostalih faktora zanemarljiv. Ustanovljeni su sledeći optimalni procesni uslovi heterogenog Fenton procesa za uklanjanje žute grafičke boje: koncentracija boje od 180 mg/l, koncentracija katalizatora $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ 60 mg/l, koncentracija vodonik-peroksida od 1mM i pH vrednost 2, pri čemu efikasnost obezbojavanja dostiže vrednost do 76,7%. Promena bilo kojih faktora, uključujući inicijalnu koncentraciju boje, dozu katalizatora ili koncentraciju vodonik-peroksida ne uslovljava promenu efikasnosti heterogenog Fenton procesa.

U slučaju tretmana realnog efluenta najveća efikasnost obezbojavanja od 43% postignuta je u 75. minutu reakcije čime je potvrđena smanjena katalitička aktivnost gvožđe(III)-molibdata u poređenju sa sintetičkim rastvorom čiste boje. Iz toga se zaključuje da se efikasnosti obezbojavanja uspešno primenjuju u procesu uklanjanja žute boje primenom Fenton tretmana.

7. LITERATURA

- [1] S. Tian, J. Zhang, J. Chen, L. Kong, J. Lu, F. Ding, Y. Xiong, "Fe₂(MoO₄)₃ as an effective photo-Fenton-like catalyst for the degradation of anionic and cationic dyes in a wide pH range", *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 52, pp. 13333-13341, August 2013.
- [2] Gvoić, V. Ispitivanje mogućnosti primene Fenton-procesa u tretmanu obojenih otpadnih voda grafičke industrije, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, pp. 1 – 189, 2019.

Kratka biografija:

Stana Marijanac rođena je u Novom Sadu 1994. godine. Diplomski rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranila je 2017. godine.
Kontakt: stanamarijanac@gmail.com

Miljana Prica je obrazovanje doktora nauka stekla na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu. U zvanju redovnog profesora je od 2019. godine.

Vesna Gvoić je obrazovanje doktora nauka stekla na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu. U zvanju asistenta sa doktoratom je od 2019. godine.

**PRIMENA UI I UX DIZAJNA NA PRIMERU VEB APLIKACIJE NAMENJENOJ
PRODAJI PERSONALIZOVANIH ODEVNIH PREDMETA****APPLICATION OF UI AND UX DESIGN ON THE EXAMPLE OF A WEB APPLICATION
INTENDED FOR THE SALE OF PERSONALIZED CLOTHING ITEMS**

Aleksa Nemet, Željko Zeljković, Stefan Đurđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Teorijski deo obrađuje pojam i predmet klasičnog i savremenog dizajna, njegove osnovne elemente i principe, kao i pojam i predmet UI i UX dizajna, njihove principe i elemente, kao i procesne korake. Istraživački deo master rada obrađuje procesne korake UI i UX dizajna u cilju kreiranja dizajna veb aplikacije koja je namenjena prodaji personalizovanih odevnih predmeta.

Ključne reči: Dizajn korisničkog interfejsa (UI dizajn), dizajn korisničkog iskustva (UX dizajn), veb dizajn

Abstract – In the first part, subject of the theory is the concept and subject of classical and modern design, its basic elements and principles, as well as the concept and subject of UI and UX design, their principles and elements, as well as process steps. The research part of the master thesis deals with the process steps of UI and UX design in order to create the design of a web application intended for the sale of personalized clothing.

Keywords: User interface design (UI design), user experience design (UX design), web design

1. UVOD

Dizajn obuhvata mnogo različitih disciplina, a svaka od njih ima vlastitu specijalizovanu svrhu, pripremu i praksu. Pod dizajnom mislimo na integraciju umetnosti i tehnologije radi stvaranja proizvoda, komunikacije i okoline radi zadovoljavanja potreba ljudi [1].

Grafički dizajn kao šira oblast u eri informacionih tehnologija se podelio na mnoge podoblasti, a neke od njih jesu i digitalni i veb dizajn koje možemo svrstati u grupu savremenog dizajna, među koje se ubrajaju UI i UX dizajn.

Digitalni dizajn se odnosi samo na dizajn za digitalne medije, dok veb dizajn je usko specijalizovan i orijentisan samo na dizajn za veb stranice ili aplikacije, a njegova podgrupa jesu UI i UX dizajn.

2. ELEMENTI SAVREMENOG DIZAJNA, BOJA, TIPOGRAFIJA I PRINCIPI

Elemente, boje i tipografiju dizajna možemo smatrati kao blok elemenata koji svojom kombinacijom čine jednu celinu. Među elemente vizuelne komunikacije u dizajnu ubrajaju se linija, forma, oblik, tekstura, pokret i prostor.

Print i digitalni dizajneri podjednako koriste principe dizajna da oblikuju svoj rad, nadovezujući se na elemente dizajna dajući koheziju njihovim delovima [2]. Među principe dizajna ubrajaju se jedinstvo, ravnoteža, hijerarhija, kontrast, dominacija i repeticija.

3. UI i UX DIZAJN, ELEMENTI I PRINCIPI

UI dizajn bi se mogao definisati kao disciplina dizajniranja softverskih interfejsa za uređaje, idealno sa fokusom na maksimiziranje efikasnosti, odzivnosti i estetike radi negovanja dobrog korisničkog iskustva [3].

Dizajn korisničkog iskustva (UX) je proces dizajniranja koji se koristi za stvaranje proizvoda koji korisnicima pružaju smisljena i relevantna iskustva. To uključuje dizajn celokupnog procesa sticanja i integrisanja proizvoda, uključujući aspekte brendiranja, dizajna, upotrebljivosti i funkcije [3].

Sve elemente u UI dizajnu možemo podeliti na dva načina i to prema funkciji i prema „Atomic design” metodologiji.

Kako bi se uspešno oblikovao UI i UX dizajn neophodno je korišćenje Geštalt i heurističkih principa i zakona. Geštalt psihologija uključuje sledeće principe, a to su: princip blizine, princip zatvaranja, princip sličnosti, princip zajedničkog regiona, princip kontinuiteta, princip figure i pozadine, princip simetrije i princip zajedničke sudbine, dok heuristika uključuje principe i zakone kao što su efekat estetske upotrebljivosti, Fittsov zakon, Hiksov zakon, Jakobov zakon i Milerov zakon.

4. PREGLED DOSTUPNIH SOFTVERA

Na tržištu trenutno postoji veliki broj dostupnih softvera za UI i UX dizajn. Analizom dostupnih softverskih alata dolazi se da do zaključka da je Figma najbolji softverski alat, čime zauzima prvo mesto zajedno sa Adobe XD, dok se iza njih nalaze Sketch i Invision (slika 1).

NAPOMENA:

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



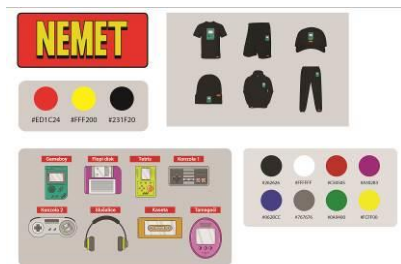
Slika 1. Pregled dostupnih softvera

5. PROCES IZRADE UI I UX DIZAJNA

Za potrebe izrade dizajna veb aplikacije master rada korišćene su sledeće faze: definisanje proizvoda, istraživanje i analiza budućih korisnika, istraživanje i analiza tržišta i konkurencije, kreiranje wireframe-a, kreiranje informacione arhitekture (mape sajta), kreiranje dijagrama toka korisnika, vizuelizacija i izrada prototipa.

5.1. Definisanje

Definisanje (slika 2) predstavlja prvu fazu u UI i UX dizajnerskom procesu. U ovoj fazi vrši se definisanje digitalnog proizvoda koji se želi napraviti, odnosno u ovom slučaju veb aplikacije, a samim tim definisanje proizvoda koji se nalaze u asortimanu kao i povezanosti brenda sa samim proizvodom.



Slika 2. Definisanje

5.2. Istraživanje i analiza

Faza istraživanja bavi se prikupljanjem informacija primenom kvalitativne i kvantitativne analize i to sve u cilju dizajniranja što boljeg proizvoda. Ova faza deli se na dve podfaze, a one podrazumevaju istraživanje korisnika i istraživanje tržišta. U svrhu prikupljanja primarnih informacija o korisnicima vrši se kvantitativno i kvalitativno istraživanje, odnosno vrši se kreiranje ankete sa kvantitativnim i kvalitativnim pitanjima i sprovođenje iste (slika 3), nakon čega se uz pomoć prikupljenih rezultata kreira persona (slika 4), čime se završava podfaza istraživanja i analize budućih korisnika.



Slika 3. Istraživanje korisnika



Slika 4. Kreiranje persone

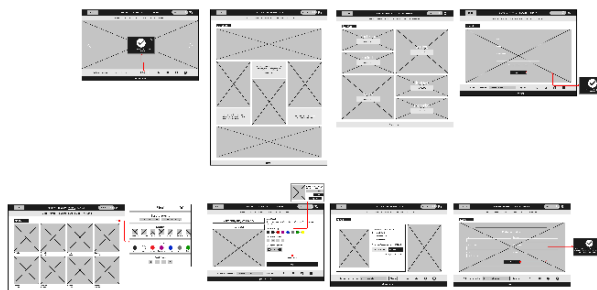
Duga podfaza podrazumeva istraživanje i analizu tržišta i konkurenata, a samim tim i postojećih rešenja veb sajtova, odnosno aplikacija. U svrhu istraživanja postojećih rešenja može se upotrebiti SWOT analiza. SWOT je skraćenica od četiri reči a one su: snage (engl. strength) koje podrazumevaju snage konkurenata, slabosti (eng. weaknesses) koje podrazumevaju slabosti konkurenata, šanse za nas (engl. opportunities) i pretnje za nas (eng. threats). SWOT analiza vršena je za 4 konkurente, i to za dva primarna i dva sekundarna, što je prikazano na slici 5.



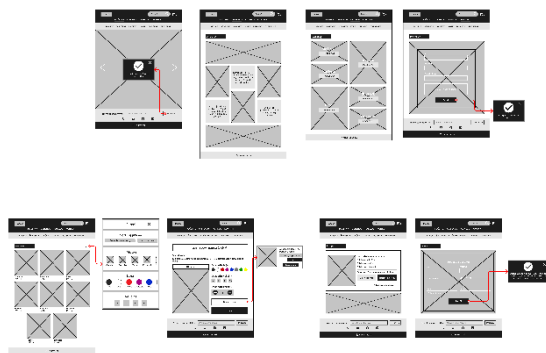
Slika 5. Istraživanje tržišta i konkurenata primenom SWOT analize

5.3. Kreiranje wireframe-a

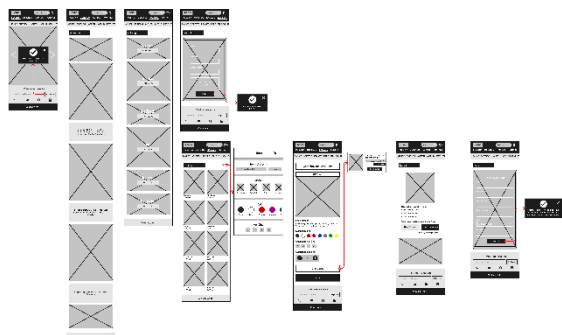
Wireframe je skeletna maketa aplikacije ili veb sajta, koja se obično koristi za dizajniranje osnovne strukture korisničkog interfejsa, sadržaja i funkcionalnosti. Wireframe predstavlja važnu komponentu u procesu dizajniranja jer daje dizajnerima priliku da razmisle o najjasnijem putu koji korisnik može slediti da bi ispunio svoje ciljeve [4]. Na slikama 6, 7 i 8 dat je prikaz kreiranog wireframe-a veb aplikacije za desktop, tablet i mobilni uređaj.



Slika 6. Wireframe – desktop uređaj



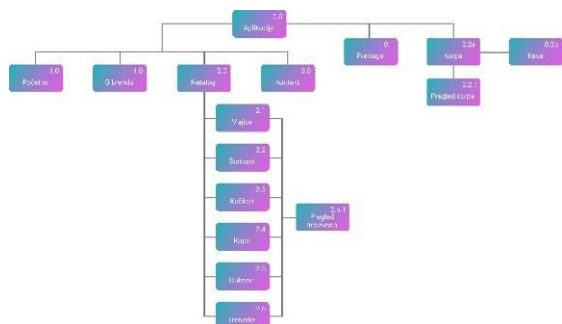
Slika 7. Wireframe – tablet uređaj



Slika 8. Wireframe – mobilni uređaj

5.4. Kreiranje informacione arhitekture (mape sajta)

Vizuelne mape sajta predstavljaju hijerarhijski dijagram koji prikazuje informacionu arhitekturu veb stranice. Ona pruža vizuelni prikaz organizacije veb stranice i prikazuje kako su različiti odeljci povezani zajedno. Odeljci mogu sadržati druge odeljke ili čvorove (atomska jedinica sadržaja) [5]. Na slici 9 dat je prikaz kreirane informacione arhitekture za veb aplikaciju.

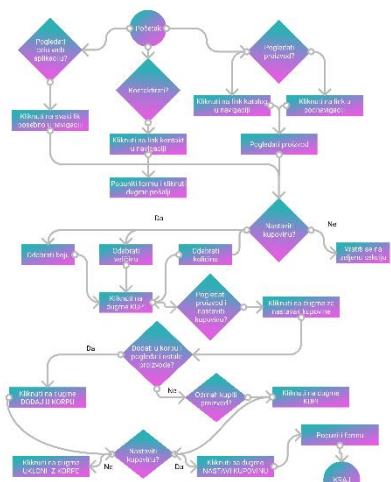


Slika 9. Kreiranje informacione arhitekture

5.5. Kreiranje dijagrama toka korisnika

Dijagram toka korisnika je pojam za opis skupa zadataka koje korisnik mora obaviti da bi dovršio neki proces. U IT industriji mogu se analizirati tokovi korisnika kako bi se veb sajtovi, odnosno aplikacije, učinili korisnijim u cilju razumevanja ciljeva korisnika kao i ciljeva kompanije ili druge strane kojoj će veb projekat služiti.

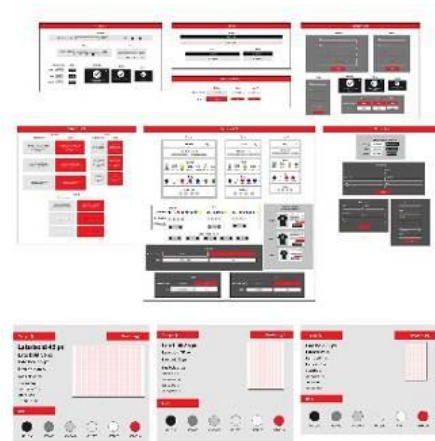
Korisnički tok je stvoren da bi se postigao glavni cilj koji podrazumeva optimizovanje sposobnosti korisnika da izvrši zadatak. Cilj je da se korisniku da besprekorno iskustvo (u što manje koraka) kako bi se izbegao osećaj frustracije [6]. Kreirani dijagram toka korisnika za veb aplikaciju dat je na slici 10.



Slika 10. Kreiranje dijagrama toka korisnika

5.6. Vizuelizacija i kreiranje prototipa

U fazi vizuelizacije wireframe-u se dodaju slike, boje i tačnije se definišu UI elementi. Radi uspostavljanja vizuelizacije potrebno je koristiti elemente i principe savremenog dizajna, zajedno u kombinaciji sa principima vizuelne percepcije, kao što su Geštalt principi i heuristički principi. U fazi vizuelizacije izvršeno je kreiranje biblioteke korišćenih fontova, boje i UI elementa, što je i prikazano na slici 11.

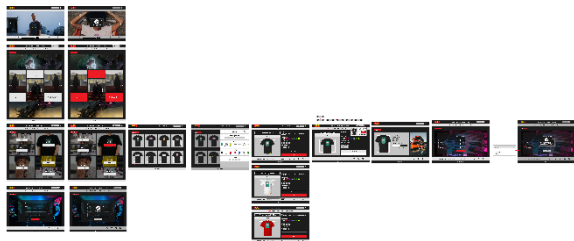


Slika 11. Biblioteka

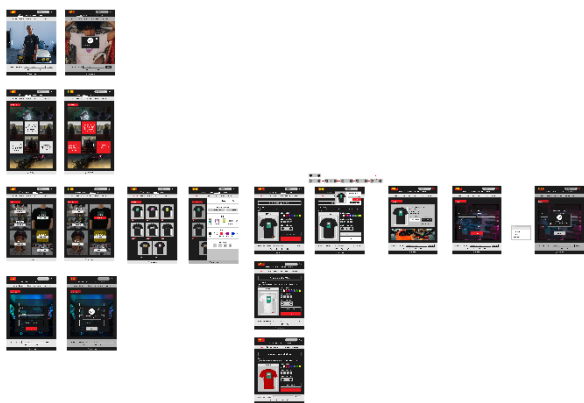
Kako bi se upotpunila faza vizuelizacije vrši se kreiranje prototipa aplikacije.

Na slikama 12, 13 i 14 dat je prikaz izrade faze vizuelizacije i kreiranih prototipova za desktop, tablet i mobilni uređaj. Na slikama se može uočiti da korisnik prilikom prvog susreta sa aplikacijom pristupa početnoj stranici. U header-u se nalaze dva menija i to jedan koji vodi kroz celokupnu veb aplikaciju, a drugi samo do željenog proizvoda. Nakon što korisnik pristupi stranici sa proizvodima nudi mu se mogućnost primene filtera. Nakon toga, ukoliko se korisnik odluči za određeni proizvod i klikom mu pristupi, nude mu se opcije za odabir boje, veličine i količine. Nakon primenjenih parametara korisniku se daje mogućnost da odluči da li proizvod želi staviti u korpu i pogledati ostale proizvode ili želi da nastavi kupovinu samo sa trenutno odabranim proizvod. Nakon donošenja odluke o kupovini korisnik se upućuje na „Korpu” gde mu se prikazuje obračun sa svim odabranim parametrima željenog proizvoda pri čemu mu se nudi i mogućnost da odustane od kupovine. Ukoliko se ipak odluči

na nastavak kupovine, korisnik odlazi na „Kasu” gde unosi lične podatke za dostavu pri čemu se upotrebom modalnog prozora korisnik obaveštava da je uspešno izvršio kupovinu željenog proizvoda.



Slika 12. Prikaz desktop verzije veb aplikacije



Slika 13. Prikaz tablet verzije veb aplikacije



Slika 14. Prikaz mobilne verzije veb aplikacije

6. ZAKLJUČAK

Trenutno na tržištu postoji veliki broj internet prodavnica. U moru istih neophodno je izdvojiti se kreativnošću i inovativnošću. Upravo tome mogu doprineti dizajn korisničkog interfejsa (UI dizajn) koji čini sve ono što korisnici prvo ugledaju kada pristupe jednoj aplikaciji i dizajn korisničkog iskustva (UX dizajn) koji se odnosi na osećanja koja se javljaju kod korisnika prilikom korišćenja aplikacije. Korišćenjem elemenata, principa i zakona savremenog dizajna dolazi se do krajnjeg rešenja veb aplikacije u kombinaciji sa procesnim koracima UI i UX dizajna. UI i UX dizajn se nadopunjuju obrazujući lep, inteligentan i koristan sistem korišćenjem „Atomic design” metodologije. Takođe, veliki značaj ima i faza istraživanja, koja podrazumeva istraživanje budućih korisnika primenom kvantitativnih i kvalitativnih pitanja, kao i analiza tržišta i konkurencije radi dizajniranja što boljeg proizvoda koji se ističe u odnosu na ostale već postojeće na tržištu.

Faza izrade wireframe-a omogućava iteracije i podstiče razvoj ideje, dok informaciona arhitektura i dijagram toka korisnika bliže određuju aplikaciju, dajući joj apsolutnu logiku i tok. Ishod kombinacije pomenutih procesnih koraka je dizajn veb aplikacije koja vrši ulogu prodaje personalizovanih odevnih predmeta štampanih tehnikom digitalne štampe.

7. LITERATURA

- [1] Marković D., Cvetković D. (2009.), „Osnovi grafičkog dizajna”, pp. 16 [Pdf] [Online] Dostupno na: <https://singipedia.singidunum.ac.rs/izdanje/40728-osnovi-grafickog-dizajna> (pristupljeno u junu 2021.)
- [2] <https://www.invisionapp.com/design-defined/principles-of-design/> (pristupljeno u junu 2021.)
- [3] <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-design> (pristupljeno u junu 2021.)
- [4] <https://www.invisionapp.com/design-defined/wireframes/> (pristupljeno u junu 2021.)
- [5] <https://xd.adobe.com/ideas/process/information-architecture/information-ux-architect/> (pristupljeno u junu 2021.)
- [6] <https://medium.com/@kimberlea.d.smith/user-flow-information-architecture-89a6d8808f12> (pristupljeno u junu 2021.)

Kratka biografija:

Aleksa Nemet rođen je u Vršcu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka na departmanu za Grafičko inženjerstvo i dizajn iz oblasti UI i UX dizajna odbranio je 2021.god. Kontakt: aleksanemet@gmail.com

Dr Željko Zeljković, doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine. 2016. godine izabran je u zvanje docent na Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn. Kontakt: zeljko@uns.ac.rs

Dr Stefan Đurđević, doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2019. godine. 2021. godine izabran je u zvanje docent na Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn. Kontakt: djurdjevic@uns.ac.rs

METOLOGIJE TESTIRANJA UI/UX PROTOTIPA

UI/UX PROTOTYPE TESTING METHODOLOGIES

Srna Todorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Dizajn korisničkog iskustva predstavlja dizajniranje proizvoda, procesa, usluga, događaja i okruženja sa fokusom na kvalitetu i uživanje u krajnjem iskustvu sa proizvodom. Bavi načinom na koji stvari funkcionišu, kako se kontrolišu, kao i prirodom interakcije između ljudi i tehnologije. Ovaj rad detaljnije objašnjava važnost UX istraživanja i testiranja, kao i primenu metoda kvalitativnog, kvantitativnog i A/B testiranja korisničkog iskustva na konkretnoj aplikaciji za kreiranja i postavljanje oglasa na digitalne medijume.

Ključne reči: dizajn korisničkog iskustva, dizajn korisničkog interfejsa, metode testiranja korisničkog iskustva, upotrebljivost, dizajn fokusiran na čoveka, istraživanje korisničkog iskustva

Abstract – User experience design is about designing products, processes, services, events and environments with a focus on quality and enjoying the ultimate product experience. It deals with the way things work, how they are controlled, as well as the nature of the interaction between people and technology. This thesis explains the importance of UX research and testing, as well as the application of methods of qualitative, quantitative and A/B testing of user experience on a specific application for creating and placing ads on digital media.

Keywords: User experience design, user interface design, UX testing methods, usability, human-centered design, user experience research

1. UVOD

Sve stvari koje nas okružuju su dizajnirane. Bez obzira da li se radi o rasporedu nameštaja u prostoriji, stazama kroz park i šumu ili o kompleksnoj strukturi interfejsa elektronskog uređaja, neka osoba ili grupa ljudi morala je doneti odluku o rasporedu, funkcijama i mehanizmima.

Dobro korisničko iskustvo nije nešto što se može stvoriti jednostavnim praćenjem najboljih praksi ili robusnim UX (engl. *User Experience*) dizajnerskim procesom. Svaki proizvod ima svoju specifične ciljne grupe, sa svojim jedinstvenim potrebama [1].

Da bi se zaista shvatilo šta je najpogodnije za krajnjeg korisnika, neophodno je testirati dizajn proizvoda još u ranim fazama samog razvoja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Neda Milić Keresteš, docent

Dizajn korisničkog iskustva se najčešće oslanja na principe psihologije, dizajna, umetnosti i emocija kako bi obezbedilo pozitivno i prijatno iskustvo kod korisnika [1].

Danas su dostupne mnoge metode testiranja korisničkog iskustva koje omogućavaju generisanje povratnih informacija o kompletnom procesu i načinu korišćenja od strane korisnika.

Ovaj rad obuhvata analizu i testiranje desktop aplikacije za kreiranje i postavljanje reklamnog sadržaja na digitalne medijume u određenim gradovima. Istraživanje obuhvata analizu pamtljivosti informacija i zadovoljstva korisnika uz poređenje dva različita prototipa iste aplikacije.

2. DIZAJN KORISNIČKOG ISKUSTVA

Dizajn korisničkog iskustva (engl. *UX design*) je proces koji se koristi za kreiranje proizvoda koji korisnicima pružaju smislena i relevantna iskustva. Taj proces uključuje osmišljavanje i integraciju proizvoda, uključujući aspekte brendiranja, dizajna, upotrebljivosti i funkcionalnosti.

Korisničko iskustvo aplikacije određeno je načinom na koji korisnici stupaju u interakciju s njom, kao i da li je iskustvo jasno i intuitivno ili zbunjujuće, da li je navigacija kroz aplikaciju logična i na kraju, da li interakcija sa aplikacijom daje ljudima osećaj da efikasno obavljaju zadatke koje su zamislili. Korisničko iskustvo određuje koliko je laka ili teška interakcija sa elementima korisničkog interfejsa (engl. *User Interface*) [1].

2.1. Istraživanje korisničkog iskustva

Istraživanje korisničkog iskustva predstavlja sistematsko proučavanje ciljnih grupa korisnika i njihovih zahteva, kako bi se u proces dizajniranja produkta uveo realan kontekst i smisao. Usvajaju se različite metode za otkrivanje problema i mogućnosti za njihovo rešavanje. Uz pomoć istraživanja korisničkog iskustva dobijaju se korisne informacije, koje se kasnije uvode u sam proces projektovanja proizvoda [2].

Korišćenje različitih metoda istraživanja korisničkog iskustva jeste jedan od načina da se na vreme otkrije šta je korisnicima tačno neophodno, kao i to da li je finalni rezultat najbolje moguće rešenje. Ovakvo istraživanje se može primeniti u bilo kojoj fazi procesa kreiranja proizvoda i projektovanja.

Potrebno je imati struktuiran pristup pri prikupljanju podataka korisnika. Veoma je bitno koristiti one metode koje donose ispravne podatke za potrebe dizajna proizvoda kao i one koje rezultuju najjasnijim informacijama [2].

2.1.1. Kvalitativno istraživanje

Kvalitativno istraživanje je vrsta naučnog istraživanja koja traži odgovore na pitanja. Ono sistematski koristi unapred definisan skup procedura za odgovor na pitanje, prikuplja dokaze, daje rezultate koji nisu unapred utvrđeni, i proizvodi rešenja koja su primenljiva izvan neposrednih granica studije. Pored toga, nastoji da razume dati istraživački problem ili temu iz perspektive lokalnih ispitanika koje uključuje. Kada se koriste zajedno sa kvantitativnim metodama, kvalitativno istraživanje može nam pomoći da protumačimo i bolje razumemo kompleksnu stvarnost date situacije i implikacije kvantitativnih podataka [3].

2.1.2. Kvantitativno istraživanje

Kvantitativno istraživanje se definiše kao sistematsko istraživanje, proces prikupljanja i analize objektivnih, numeričkih podataka kroz različite vrste testiranja proizvoda. Kvantitativno istraživanje koristi veliki broj uzoraka koji za rezultat daju merljive podatke o pristrasnosti, izvođenjem statističkih, matematičkih ili računarskih tehnika. Glavni cilj kvantitativnog istraživanja korisnika je indirektno merenje upotrebljivosti gotovog ili finalnog proizvoda. Takođe se koristi za upoređivanje proizvoda sa konkurentima, kao i da bi se utvrdilo da li je potreban redizajn usled analize poređenja različitih dizajnerskih rešenja. Kvantitativno istraživanje korisnika najbolje je sprovesti na proizvodu koji već postoji ili pri završavanju konačnog dizajna. To znači da se kvantitativno istraživanje koristi na samom početku ili na kraju ciklusa projektovanja [4].

2.2. Upotrebljivost

Nakon što je utvrđeno da dizajn ili proizvod može da reši glavni problem korisnika, potrebno je ispitati njegovu upotrebljivost [5]. Upotrebljivost dizajna testira koliko njegove karakteristike odgovaraju potrebama i kontekstu korisnika, i time se zaključuje da je neophodno da dizajn sadrži elemente kao što su:

1. Efikasnost - podržava korisnike u preciznom izvršavanju radnji od početka do kraja,
2. Efektivnost - korisnici se brzo kreću kroz aplikaciju i najjednostavnijim putem izvršavaju zadatke,
3. Angažovanje - korisnici se osećaju prijatno tokom korišćenja aplikacije, te je ona prikladna za njihovu delatnost,
4. Tolerancija grešaka - proizvod i njegov dizajn podržavaju različite pristupe korišćenja i prikazuje grešku samo u stvarno pogrešnim situacijama. To se postiže na način da se sazna broj, vrsta i ozbiljnost uobičajenih grešaka koje korisnici prave, kao i koliko lako korisnici mogu da se izbore od grešaka i nastave put korišćenja koji su započeli.
5. Lakoća učenja - novi korisnici mogu lako postići ciljeve pri korišćenju nove aplikacije. Kada se prvi put susretne sa interfejsom, korisnici treba da budu u stanju da se snađu dovoljno lako da postignu ciljeve bez oslanjanja na spoljno ili stručno znanje [5].

Upotrebljivost je veoma bitno testirati, jer ukoliko je neki proizvod teško koristiti, ne mogu da nađu određenu stvar ili izgube korak u kretanju i potraži za informacijama, korisnici odustaju od korišćenja i ne vraćaju se ponovo.

Interfejs treba da bude kreiran tako da korisnik ne bi smeo da troši vreme na čitanje i shvatanje navigacije na stranici, jer ako korisnici ne mogu pronaći proizvod, ne mogu ga ni kupiti [5].

2.2.1. Nemoderirano i moderirano testiranje

Nemoderirano ili nevođeno testiranje proizvoda ili prototipa jeste sesija u kojoj učesnik sam obavlja zadatke, bez prisustva moderatora i bez direktnog nadzora. Učesnici se mogu nalaziti u laboratoriji, ali i na nekom drugom mestu gde su u mogućnosti da koriste svoje uređaje za testiranje proizvoda. Moderirano testiranje je metoda testiranja upotrebljivosti uz prisustvo moderatora koji posmatra i vodi učesnike dok obavljaju testove uživo u laboratorijskim uslovima ili na nekoj drugoj lokaciji. Ispitanici izvršavaju zadatke na računarima ili mobilnim uređajima dok moderator posmatra i postavlja pitanja. Ovakva vrsta ispitivanja može biti korisna kada se koristi u ranoj fazi razvoja ili u izradi prototipa u početnoj fazi ciklusa proizvoda. To može biti stadijum kada ne postoji gotov proizvod, već se učesnicima pokazuje prototip, pri čemu su poželjne njihove reakcije na ideje kako bi se napredovalo u dizajnu i daljem razvoju [6].

3. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA

Eksperiment obuhvata A/B testiranje desktop verzije prototipa, ankete same potrebe aplikacije, pamtljivosti informacija i zadovoljstva korisnika ispitanika. Oba prototipa sadrže 5 ključnih koraka do postavljanja reklamnog oglasa. Jednoj grupi ispitanika dat je prvi prototip na testiranje, a zatim 2 upitnika kojima ocenjuju dopadljivost prototipa i pamtljivost informacija. Drugoj grupi predstavljen je drugi prototip sa istim sadržajem koji se potpuno identično testira i ispituje. Predmet ispitivanja je uticaj rasporeda i redosleda elemenata veb aplikacije na pamtljivost informacije i zadovoljstvom korišćenja aplikacije.

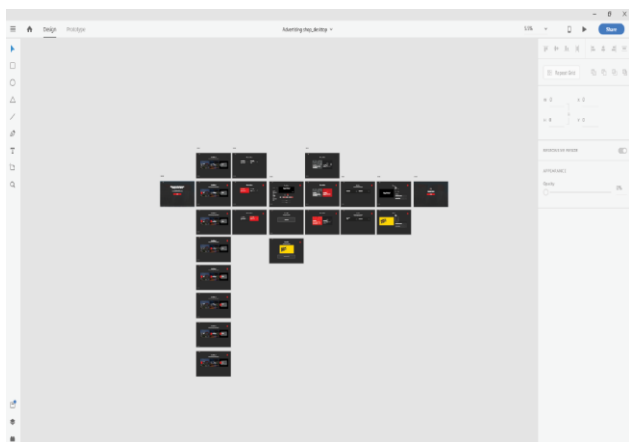
3.1. Ispitanici

Ispitanici koji su učestvovali u testiranju prototipa su uglavnom aktivni i svestrani na ovom polju marketinga, kao i samog iskustva i potrebe za postavljanjem oglasa u različite svrhe. Svi su digitalno pismeni, pri čemu nije bilo nedoumica u korišćenju same aplikacije. U ispitivanju proizvoda učestvovalo je 20 ispitanika, 13 žena i 7 muškaraca, prosečne starosti 27 godina, različitih profesionalnih profila. Sam eksperiment i testiranje obuhvataju dva različita pristupa iste aplikacije.

3.2. Korišćeni softveri pri ispitivanju

Prototip A je kreiran i testiran u softveru *Adobe XD* gde su informacije organizovane na pojedinačnim stranicama, u koracima, tako da korisnik posle svakog koraka - izborom između dve opcije, prelazi na novu stranicu

(Slika 1), dok je prototip B kreiran i testiran u softveru *Figma*. (Slika 2) U slučaju drugog prototipa su koraci zadatka postavljanja digitalnog oglasa raspoređeni kao sekcije iste stranice, odnosno na istom ekranu prototipa (Slika 3).



Slika 1. Izgled prototipa kreiranog u softveru Adobe XD



Slika 2. Izgled prototipa kreiranog u softveru Figma

Prilikom A/B testiranja, polovina ispitanika testira originalnu ili „kontrolnu“ verziju A, dok druga polovina analizira „varijaciju“ B koja sadrži promenu ili grupu promena.

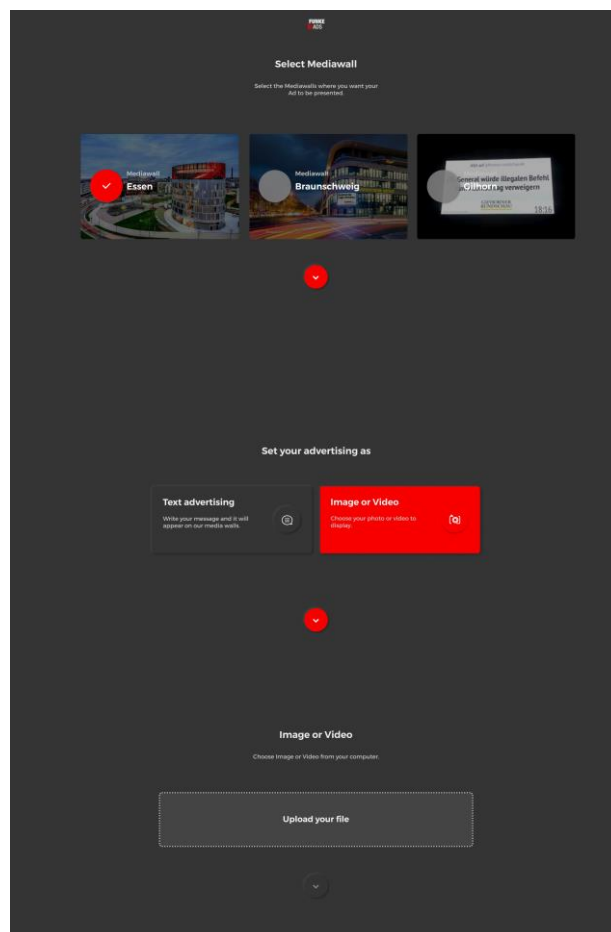
Prvi cilj A/B testiranja jeste optimizacija. To može biti optimizacija prihoda, poboljšanje korisničkog iskustva ili samo nadogradnja proizvoda u celini. Zato bi prvi korak, pre nego što se započne A/B testiranje, trebalo da bude prikupljanje podataka.

Rezultati analitike mogu pomoći da se razume koji aspekt najviše zahteva optimizaciju. Stranice sa niskim stopama konverzije ili dugmad sa pozivom za akciju sa malim brojem klikova mogu biti prvi elementi za izmenu [6,7].

4. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Pre samog testiranja prototipa, svaki ispitanik treba da odgovori na pitanja u vezi sa njihovim prethodnim iskustvom sa tradicionalnim načinima trenutnih mogućnosti postavljanja oglasa ili reklama na bilborde širom grada.

Dobijeni odgovori upućuju na to da se prethodno iskustvo ispitanika iz dve grupe nije statistički značajno razlikovalo.



Slika 3. Izgled ekrana stranice kreiranog u softveru Figma – koraci postavljanja digitalnog oglasa

4.1. Ispitivanje pamtljivosti informacija - paralelna analiza

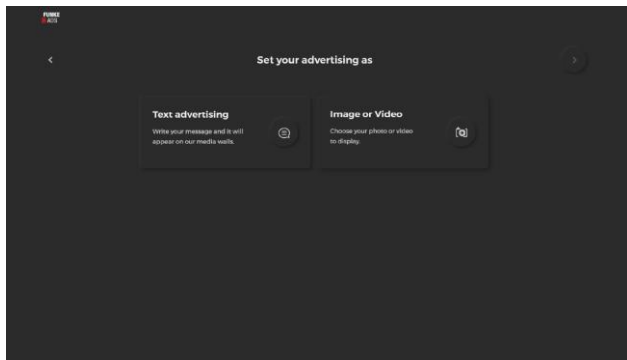
Testiranje pamtljivosti informacija oba prototipa i njihovo upoređivanje, pokazuje da li raspored i redosled informacija utiče na pamtljivost kod korisnika. Takođe, sama struktura prototipa ostavlja utisak na korisnika u kontekstu psihološkog osećaja dužine trajanja samog kreiranja i postavljanje reklamnog oglasa.

Oba prototipa obuhvataju identičan sadržaj, pri čemu je redosled prikazanih informacija različit. Pitanja koja su postavljena u ankete za obe grupe ispitanika su ista, i na taj način moguće je uporediti dobijene odgovore.

Drugo pitanje je tražilo od ispitanika da navedu 5 ključnih koraka u aplikaciji, pri čemu bih izdvojila informaciju da su svi ispitanici drugog prototipa naveli izbor lokacije na prvom mestu, baš kao što je to prvi korak u prototipu. Ispitanici prvog prototipa davali su različite odgovore, pri čemu su na prvom mestu uglavnom navodili opciju za izbor vremenskog trajanja reklame ili broja impresija, kao u prototipu, dok je pored toga kao prva informacija koju navode, korak kreiranja reklame. Iz ovakvih rezultata zaključujemo da je prvi korak veoma bitan za samog korisnika, veoma pamtljiv, te da ostavlja veliki utisak na samu strukturu aplikacije. Izbor lokacije i tipa ekrana može biti ključan korak pre samog kreiranja reklame, kako bi korisnik u napred mogao da predvidi koje su njegove mogućnosti, i da samo kreiranje reklame nije uzaludno, ukoliko ne postoji lokacija koja mu odgovara.

4.2. Ispitivanje zadovoljstva - paralelna analiza rezultata

Rezultati ankete učesnika o zadovoljstvu pri korišćenju aplikacije, odnosno prototipa, pokazuju da je svim učesnicima bilo potpuno jasno kako se postavlja reklamni oglas. Takođe, svim učesnicima u testiranju bilo je potpuno jasno da je moguće postaviti personalizovanu tekstualnu reklamu ili prethodno pripremljenu sliku ili video. U aplikaciji je korišćen neumorfički dizajn stil, koji se koristi uz niske kontraste, pri čemu elementi odaju utisak da su deo same pozadine (Slika 4.). Polovina ispitanika (5 ispitanika) prototipa A ocenilo je stil kao veoma jasan, pri čemu nisu imali nedoumice prilikom korišćenja aplikacije, 20% ispitanika (2 ispitanika) smatra da je stil srednje konfuzan, dok su ispitanici drugog prototipa prosečno ocenili prototip kao srednje konfuzan i neintuitivan. Bez obzira na ne toliko intuitivan stil za ispitanike, svih 20 ispitanika označilo je kako nisu imali problema pri selektovanju kartica kad je postojala mogućnost jednog izbora, kao i da je dugme za sledeći



Slika 4. Izgled ekrana prototipa - neumorfički dizajn stil

korak bilo veoma uočljivo kao aktivno, imajući u vidu da su sva aktivna polja imali boju, kao i dugmadi za poziv na akciju. 4 ispitanika (40%) drugog prototipa, na odgovor na pitanje da li su u bilo kom momentu osećali frustraciju ili pokušali da kliknu na neaktivnu komponentu, odgovorili su "Da". Sam proces jednostranične aplikacije i njene strukture dodatno naglašava ovaj stil neintuitivnim, te senke i boje kartice koja je ista kao i pozadinska, nisu pogodne za ovakav tip aplikacije. Sama estetika nije prioritetnija od same upotrebljivosti, a elementi aplikacije moraju da komuniciraju svoju svrhu, što je uz veoma nizak kontrast, praktično nemoguće. Takođe, korisnicima sa oštećenim vidom, koji isto tako mogu biti ciljna grupa ove aplikacije, ovakav stil može da pravi problem.

Veoma zanimljivo zapažanje koje proizilazi iz rezultata ankete je to, da u oba prototipa, preko 60% ispitanika, nije razumelo mogućnost da istovremeno označe više od jedne lokacije za postavljanje reklame ili oglasa. Komentar ispitanika nakon ovog pitanja bio je taj, da je "logično i neophodno" za svaku lokaciju izmeniti prethodno postavljenu reklamu, ili sadržinski ili period u kome se reklama objavljuje. Ispitanik je predložio novu opciju kao mogućnost dodavanja ili kreiranja nove reklame na kraju kompletnog formatiranja prve, što svakako treba uljučiti u razmatranje za dalju nadogradnju i razvoj aplikacije.

Korišćeni dizajn stil neumorfizma nije najpogodniji za ovakav tip aplikacije, i mogući su potencijalni problemi u budućnosti, jer mali kontrast elemenata, ne daje dovoljno jasnu predstavu o klikabilnosti elemenata, za razliku od uspešnosti poziva na akciju dugmadi u boji.

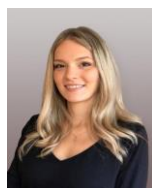
5. ZAKLJUČAK

Implementacijom nekih od metoda, kao što su kvalitativna, kvantitativna analiza podataka i A/B testiranje dokazuje se uspešnost i direktno analiza funkcionalnost testirane aplikacije, što svakako predstavlja glavni prioritet dizajna korisničkog interfejsa. Na osnovu analize dobijenih rezultata ankete i paralelnog upoređivanja iskustva ispitanika oba prototipa može se zaključiti da je osnovna ideja i svrha aplikacije veoma jasna. Ispitanici su se prilično dobro snašli pri korišćenju, te je glavna svrha, postavljanje reklamnog oglasa, lako izvršiva i prototip se smatra validnim i upotrebljivim. Iako prilikom testiranja nisu uočeni drastični problemi, uočene su potrebe za poboljšanjem dizajn rešenja, kao i nepredvidiva kretanja korisnika kroz aplikaciju. Dizajn korisničkog iskustva je proces koji se ne završava jednim ispitivanjem, već konstantnim unapređenjem i daljim testiranjem.

6. LITERATURA

- [1] UX design, <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-design> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [2] UX research, <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-research> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [3] Qualitative methods in UX research <https://course.ccs.neu.edu/is4800sp12/resources/qual-methods.pdf> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [4] Quantitative UX research, <https://careerfoundry.com/en/blog/ux-design/quantitative-ux-research/> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [5] Usability in interaction design, <https://www.interaction-design.org/literature/topics/usability> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [6] Hotjar group, AB testing, <https://www.hotjar.com/conversion-rate-optimization/glossary/ab-testing/> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [7] Make the right choice A/B testing for UX improvement, <https://blog.tubikstudio.com/make-the-right-choice-ab-testing-for-ux-improvement/> (pristupljeno u avgustu 2021.)
- [8] Hotjar group, Usability testing – methods, <https://www.hotjar.com/usability-testing/methods/> (pristupljeno u avgustu 2021.)

Kratka biografija:



Srna Todorović rođena je u Novom Sadu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2021.god.
kontakt: srna.todorovic@gmail.com

**EFIKASNOST ADSORPCIONOG UKLANJANJA ORGANSKIH POLUTANATA IZ
EFLUENTA OFSET ŠTAMPE PRIMENOM NANOMATERIJALA****THE EFFICIENCY OF ADSORPTION REMOVAL OF ORGANIC POLLUTANTS FROM
OFFSET PRINTING EFFLUENT USING NANOMATERIALS**

Katarina Savić, Savka Adamović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – U radu je procenjena efikasnost adsorpcionog tretmana sa nanomaterijalom za smanjenje organskog opterećenja otpadnog ofset sredstva za vlaženje. Efikasnost tretmana adsorpcije utvrđena je na osnovu smanjenja koncentracije ukupnog organskog ugljenika iz ofset efluenta sa odgovarajućom dozom nanomaterijala. Za određivanje mehanizma adsorpcije ispitivanih adsorpcionih sistema primenjeni su kinetički modeli adsorpcije pseudo-prvog i pseudo-drugog reda.

Ključne reči: *Ofset proces štampe, Adsorpcija, Nanomaterijal, Organsko jedinjenje, Efluent*

Abstract – The efficiency of adsorption treatment with nanomaterial for reducing the organic load of waste offset fountain solution was evaluated in the paper. The efficiency of the adsorption treatment has been determined based on reducing the concentration of total organic carbon from the offset effluent with the appropriate dose of nanomaterials. Furthermore, the kinetic adsorption models of pseudo-first and pseudo-second order were applied to determine the adsorption mechanisms of the examined adsorption systems.

Keywords: *Offset printing process, Adsorption, Nanomaterial, Organic compound, Effluent*

1. UVOD

Industrijsko zagađenje životne sredine je isključivo antropogenog porekla i predstavlja veliki problem savremenog čoveka. Tako grafička industrija generiše otpadne vode koje su prisutne u konvencionalnoj pripremi štamparskih formi, u procesu ofset štampe (otpadni razvijač i otpadno sredstvo za vlaženje), kao i pri čišćenju mašina i opreme za štampu [1].

U konvencionalnoj ofset štampi sredstvo za vlaženje ima važne uloge jer uklanja i sprečava zadržavanje grafičke boje na neštampajućim elementima štamparske forme, usporava trošenje forme zbog trenja i produžava njen vek trajanja i sprečava taloženje osušene boje i papirne prašine na gumenoj navlaci. Da bi navedene uloge sredstva za vlaženje bile ostvarene, potreban je adekvatan kontakt sredstva za vlaženje i štamparske forme [2,3]. Usled kontakta sa štamparskom formom, ali i sa grafičkim

bojama i podlogom za štampu, sredstvo za vlaženje menja svoj hemijski sastav i kontaminira se neorganskim i organskim zagađujućim materijama. Postizanjem odgovarajućeg organskog i neorganskog opterećenja sredstvo za vlaženje se transformiše u efluent, odnosno otpadno sredstvo za vlaženje [1].

Razlog mnogobrojnih problema u konvencionalnoj ofset tehnici je prouzrokovan upravo neadekvatnim sastavom sredstva za vlaženje koje zavisi od tipa i kvaliteta vode, tipa štamparske mašine i sistema za vlaženje [3]. Sa druge strane, jedan od mnogobrojnih razloga zagađenja životne sredine je i ispuštanje štampom generisanog ofset efluenta sa potencijalno negativnim organskim i neorganskim opterećenjem [1]. Zadatak prečišćavanja ofset efluenta je da se ukloni neorgansko i organsko opterećenje do te mere da otpadna voda može ponovo da se upotrebi ili da se ispusti u prirodni recipijent ili kanalizacioni sistem bez štetnih posledica. To se ostvaruje primenom jednog ili više postupaka čija priroda može da bude fizička, hemijska i biološka.

Adsorpcija je hemijski postupak koji se komercijalno primenjuje za prečišćavanje otpadnih voda, jer je jedan od najboljih tretmana za smanjenje koncentracije neorganskih i organskih polutanata iz industrijskih efluenata. Utvrđeno je da je adsorpcija superiorna u odnosu na druge postupke za prečišćavanje otpadnih voda jer poseduje karakteristike poput: niskih troškova, jednostavnosti, kompatibilnosti sa životnom sredinom, netoksičnosti, hemijske stabilnosti, itd. Takođe, prednost adsorpcije je i upotreba širokog spektra prirodnih, sintetičkih i biomaterijala, kao adsorbenata [1].

U radu je primenjen adsorpcioni tretman sa nanomaterijalom za smanjenje organskog opterećenja ofset efluenta. Na osnovu smanjenja koncentracije ukupnog organskog ugljenika iz ofset efluenta sa odgovarajućom dozom nanomaterijala definisana je efikasnost tretmana adsorpcije. Primenom kinetičkih modela adsorpcije pseudo-prvog i pseudo-drugog reda utvrđen je mehanizam adsorpcije.

2. EKSPERIMENTALNI DEO**2.1. Karakterizacija sastava organskog opterećenja
otpadnog ofset sredstva za vlaženje**

Kvalitativno organsko opterećenje otpadnog ofset sredstva za vlaženje (OOSV) definisano je kroz tri faze:

1. pripremu uzorka sa tačno/tačnom ekstrakcijom sa metilen-hloridom i sekvencijalnom ekstrakcijom

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Savka Adamović, docent.

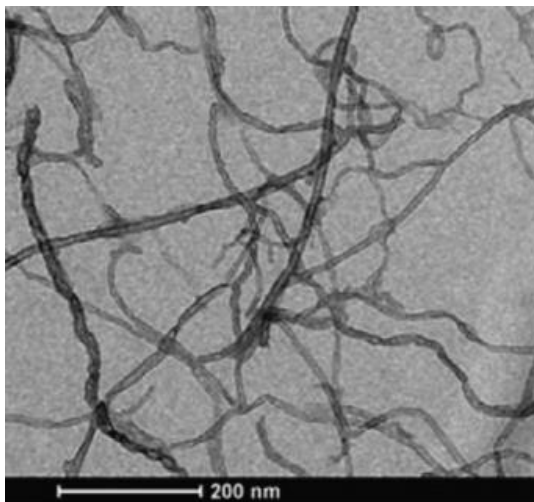
- sa n-pentanom, metilen-hloridom i metilen-hloridom pri pH vrednosti 2,
2. kvalitativnu GC/MS (gasno hromatografsko/maseno spektrometrijsku) analizu i
 3. upotrebu softvera: za dekonvoluciju, automatizovanog masenog spektralnog softvera za dekonvoluciju i identifikaciju (AMDIS) i referentnog spektra baze podataka Nacionalnog instituta za standarde i tehnologiju (NIST) u cilju dodatne, preciznije identifikacije. ogranskih jedinjenja u ofset efluentu OOSV sa verovatnoćom prisustva većom od 80%.

Kvantitativno organsko opterećenje OOSV procenjeno je na osnovu sadržaja ukupnog organskog ugljenika (UOU ili engl., Total Organic Carbon, TOC). Prema standardnoj metodi SRPS ISO 8245:2007 uzorak OOSV je filtriran preko 0,45 µm membranskog filtera. Nakon filtracije uzorka ofset efluenta, vrednosti UOU su određene primenom Likui TocII analizatora (Elementar, Nemačka) u skladu sa navedenom standardnom metodom [4].

2.2. Adsorpcioni tretman otpadnog sredstva za vlaženje sa nanomaterijalom

2.2.1. Karakterizacija nanomaterijala

U adsorpcionom tretmanu OOSV za nanomaterijal upotrebljene su višeslojne ugljenične nanocevi modifikovane oksidacijom tj. nagrivanjem sa koncentrovanom azotnom kiselinom. Izgled nanomaterijala analiziran je primenom transmisioe elektronske mikroskopije (slika 1).



Slika 1. Nanomaterijal [5]

2.2.2. Procedura adsorpcionog tretmana

Za adsorpcioni tretman vodenoj suspenziji određene doze nanomaterijala (0,5, 1, 1,5 i 2,5 g L⁻¹) dodato je 15 mL ofset efluenta. Kiveta sa smešom nanomaterijala i OOSV je podvrgnuta kontinualnom mešanju na mešalici pri brzini od 150 rpm. Za svaku dozu nanomaterijala pripremljeno je 8 kiveta, a svaka od njih je kontinualno mešana u vremenima od: 1, 3, 5, 15, 30, 45, 60 i 90 minuta.

Takođe, za ispitivanje doze nanomaterijala, vreme potrebno za uspostavljanje adsorpcione ravnoteže za OOSV je određeno na osnovu preliminarnih eksperimenata kinetike za vremena od 5, 15, 30, 60, 120, 360, 1440 i 2880 minuta.

Nakon određenog vremenskog intervala kontakta adsorbenta (nanomaterijala) i adsorbata (OOSV), smeše su filtrirane kroz celulozno-nitratne membranske filtere (Sartorius Stedim Biotech GmbH, Nemačka) veličine pora od 0,45 µm.

Dobijeni filtrat je zakišljen do pH vrednosti 2 sa koncentrovanom HCl (35%, p.a., Merck, Nemačka) i pripremljen za analizu sadržaja UOU.

2.2.3. Efikasnost adsorpcionog tretmana

Efikasnosti adsorpcionog uklanjanja organskih supstanci iz OOSV sa nanomaterijalom određena je na osnovu smanjenja koncentracije UOU primenom jednačine (1):

$$E_N (\%) = \frac{C_{UOUo} - C_{UOUt}}{C_{UOUo}} \cdot 100 \quad (1)$$

gde su: E_N – efikasnost uklanjanja (%) UOU iz OOSV primenom nanomaterijala, C_{UOUo} – inicijalna koncentracija (2700 mg L⁻¹) UOU u OOSV pre adsorpcionog tretmana, C_{UOUt} – koncentracija (mg L⁻¹) UOU u OOSV posle adsorpcionog tretmana sa odgovarajućom dozom nanomaterijala u određenom vremenu kontakta nanomaterijala i OOSV.

2.2.4. Matematičko-kinetički modeli adsorpcije

Matematičko-kinetički model adsorpcije pseudo-prvog reda je linearnog oblika ($y = A + Bx$) i predstavljen je jednačinom (2):

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 \cdot t \quad (2)$$

gde su: q_t (mg g⁻¹) – adsorpcioni kapacitet u datom vremenu t , q_e (mg g⁻¹) – adsorpcioni kapacitet u ravnoteži i k_1 (min⁻¹) – konstanta brzine adsorpcionog procesa pseudo-prvog reda.

Za matematičko-kinetički model adsorpcije pseudo-drugog reda linearna jednačina (3) glasi:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e} + \frac{1}{q_e} \cdot t \quad (3)$$

gde su: q_t (mg g⁻¹) – adsorpcioni kapacitet u datom vremenu t , q_e (mg g⁻¹) – adsorpcioni kapacitet u ravnoteži, k_2 (g mg⁻¹ min⁻¹) – konstanta brzine adsorpcionog procesa pseudo-drugog reda.

Za obradu eksperimentalnih podataka odgovarajućeg kinetičkog modela adsorpcije upotrebljen je program Origin6.1 (OriginLab Corporation, SAD).

Na sve eksperimentalno dobijene vrednosti, primenjeno je linearno „fitovanje”, jer su oba reakciona modela adsorpcije data u formi linearne jednačine.

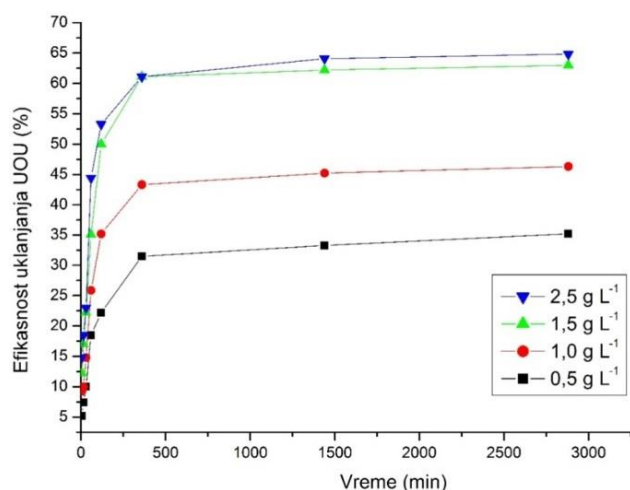
Na osnovu koeficijenta determinacije (R^2), koji predstavlja meru slaganja eksperimentalnih podataka sa primenjenim kinetičkim modelima adsorpcije, odabran je kinetički model koji bolje opisuje mehanizam adsorpcije, odnosno promenu koncentracije organskih supstanci iz OOSV tokom adsorpcije na nanomaterijalu.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Efikasnost adsorpcionog tretmana sa nanomaterijalom

Kvalitativnom i kvantitativnom analizom organskog opterećenja OOSV utvrđeno je prisustvo 51. organske supstance čija inicijalna vrednost UOU (C_{UOU_0}) iznosi 2700 mg L^{-1} . Detektovana organska jedinjenja pripadaju: višim alkanima, alkenima, policikličnim aromatičnim ugljovodonicima, alkoholima, etrima, ketonima, supstituisanim benzenima i derivatima benzena, organskim kiselinama i njihovim amidima i estrima, kao i organoazotnim jedinjenjima i organskim jedinjenjima sa azotom i kiseonikom.

Dobijeni rezultati adsorpcije UOU iz OOSV za različite doze nanomaterijala pokazuju da sa povećavanjem vremena kontakta od 1. do 2880. minuta efikasnosti adsorpcije rastu. Kako se doza povećavala $0,5$ do $2,5 \text{ g L}^{-1}$ efikasnosti su se povećavale od 31, 43, 61 i 62%, redom. Takođe, za sve doze utvrđeno ravnotežno vreme adsorpcije od 360 minuta (slika 2). Kako su vrednosti efikasnosti uklanjanja UOU za doze nanomaterijala od $1,5$ i $2,5 \text{ g L}^{-1}$ bliske iz ekonomskih razloga odabrana je doza od $1,5 \text{ g L}^{-1}$.



Slika 2. Određivanje ravnotežnog vremena za ispitivane doze nanomaterijala

Efikasnosti uklanjanja organskih supstanci iz OOSV primenom adsorpcionog tretmana na nanomaterijalu za dozu $1,5 \text{ g L}^{-1}$ i za vremena kontakta od 1. do 90. minuta prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Efikasnosti uklanjanja UOU iz OOSV za dozu nanomaterijala od $1,5 \text{ g L}^{-1}$

t (min)	C_{UOU_t} (mg L^{-1})	E_N (%)
1	2380	11,9
3	2220	17,8
5	2100	22,2
15	1900	29,6
30	1740	35,6
45	1300	51,9
60	1250	53,7
90	1200	55,6

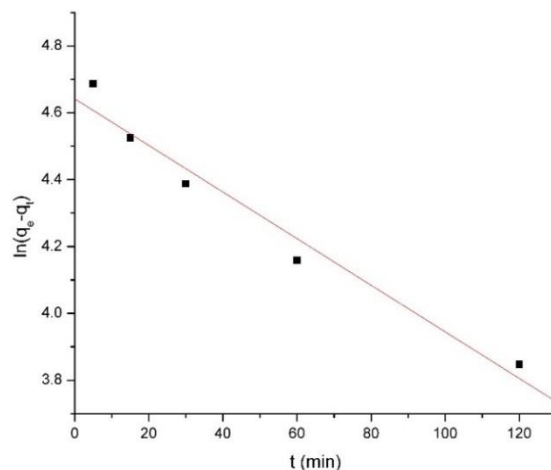
Dobijeni rezultati pokazuju da sa povećavanjem vremena kontakta nanomaterijala i OOSV od 1. do 90. minuta

vrednosti koncentracija UOU (C_{UOU_t}) u ofset efluentu tokom adsorpcionog tretmana opadaju u interval od 2380 do 1200 mg L^{-1} . Efikasnosti uklanjanja UOU iz OOSV sa povećavanjem vremena kontakta adsorbat/adsorbent rastu u nizu od 11,9 do 55,6% (tabela 1). Dakle, u 90. minutu efikasnost uklanjanja UOU iz OOSV u odnosu na 1. minut je viša 78,6%. Kako je iz ekonomskih razloga opravdano izabrati manju dozu nanomaterijala, za optimalno vreme adsorpcije uzima se 45 minuta, jer se za još 15 minuta (u 60. minutu) efikasnost (53,7%) povećala 3,4%, a za dodatnih 45 minuta (u 90. minutu) samo 6,5%.

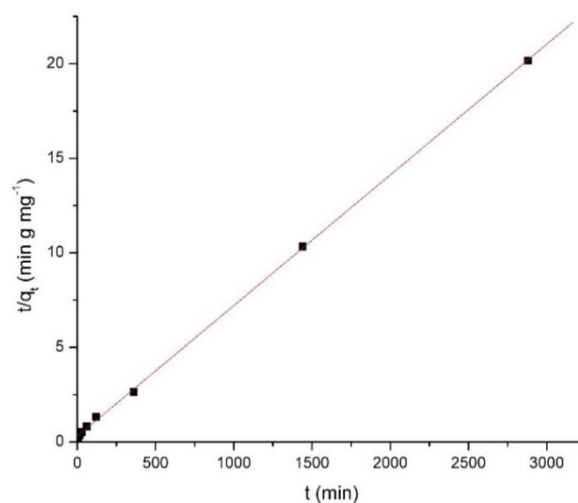
3.2. Mehanizam adsorpcionog vezivanja organskih supstanci na nanomaterijalu

Na osnovu linearne jednačine (2) za matematičko-kinetički model adsorpcije pseudo-prvog reda, parametri zavisnosti modela su: $\ln(q_e - q_t) = f(t)$. Za matematičko-kinetički model adsorpcije pseudo-drugog reda na osnovu linearne jednačine (3), parametri zavisnosti model su: $t/q_t = f(t)$.

Grafički prikazi linearnog „fitovanja” matematičko-kinetičkih modela adsorpcije pseudo-prvog i pseudo-drugog reda prikazani su na slikama 3 i 4, redom.



Slika 3. Linearno „fitovanje” za matematičko-kinetički model adsorpcije pseudo-prvog reda za uklanjanje organskih supstanci iz OOSV primenom nanomaterijala



Slika 4. Linearno „fitovanje” za matematičko-kinetički model adsorpcije pseudo-drugog reda za uklanjanje organskih supstanci iz OOSV primenom nanomaterijala

Za matematičko-kinetičke modele adsorpcije pseudo-prvog i pseudo-drugog reda parametri: konstante brzine (k_1 i k_2) i adsorpcioni kapaciteti (q_e), kao i koeficijenti determinacije (R^2) za uklanjanja UOU iz OOSV primenom nanomaterijala prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. *Parametri matematičko-kinetičkih modela adsorpcije pseudo-prvog i pseudo- drugog reda za uklanjanje organskih supstanci iz OOSV primenom nanomaterijala*

Kinetički model	Parametar	Vrednost
Pseudo-prvog reda	k_1 (min^{-1})	0,01
	q_e (mg g^{-1})	103,5
	R^2	0,97
Pseudo-drugog reda	k_2 ($\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$)	0,02
	q_e (mg g^{-1})	144,7
	R^2	1,00

Matematičko-kinetički model pseudo-prvog reda nije pogodan za opisivanje adsorpcionog uklanjanja organskih supstanci iz OOSV na nanomaterijalu, jer se ne slažu vrednosti ravnotežnog adsorpcionog kapaciteta: teorijska ($138,5 \text{ mg g}^{-1}$) i eksperimentalna ($103,5 \text{ mg g}^{-1}$). Navedene vrednosti se razlikuju 25,3% u korist teorijske vrednosti (tabela 2). Koeficijent determinacije ($R^2 = 0,97$), koji predstavlja meru slaganja eksperimentalnih podataka sa primenjenim kinetičkim modelom adsorpcije, je zadovoljavajući, odnosno veći od 0,95 [6].

Mehanizma adsorpcije organskih supstanci iz OOSV na nanomaterijalu opisuje matematičko-kinetički model pseudo-drugog reda jer su bliske teorijska ($138,5 \text{ mg g}^{-1}$) i eksperimentalna ($144,7 \text{ mg g}^{-1}$) vrednost ravnotežnog adsorpcionog kapaciteta. Takođe, i idealna vrednost koeficijenta korelacije pravolinijske zavisnosti $t/q_t = f(t)$ ($R^2 = 1,00$), potvrđuje validnost modela pseudo-drugog reda (tabela 2). Dobijeni rezultati pokazuju da se organske supstance iz OOSV hemijskim vezama vezuju na površinu nanomaterijala.

4. ZAKLJUČCI

Grafički ofset industrijski efluent prema zbirci kvalitativnog GC/MS profilu organskog opterećenja sadrži 51. organsko jedinjenje sa verovatnoćom prisustva većom od 80% primenom AMDIS softvera za identifikaciju organskih supstanci i NIST referentne baze podataka. Detektovana organska jedinjenja pripadaju sledećim klasama: višim alkanima, alkenima, policikličnim aromatičnim ugljovodonicima, alkoholima, etrima, ketonima, supstituisanim benzenima i derivatima benzena, organskim kiselinama i njihovim amidima i estrima, organoazotnim jedinjenjima i organskim jedinjenjima sa azotom i kiseonikom. Takođe, prema kvantitativnoj analizi OOSV, koncentracija organskih supstanci (izražena preko UOU) iznosi 2700 mg L^{-1} .

Rezultati adsorpcionog tretmana ofset efluenta pokazuju da sa povećavanjem vremena kontakta adsorbenta (nanomaterijala) i adsorbata (OOSV) raste i efikasnost uklanjanja organskih supstanci iz ofset efluenta. Takođe, sa povećavanjem doze nanomaterijala od $0,5$ do $2,5 \text{ g L}^{-1}$ efikasnosti se povećavaju od 31 do 62%, redom. Takođe, za sve doze utvrđeno je ravnotežno vreme adsorpcije od 360 minuta. Zbog bliskosti vrednosti efikasnosti uklanjanja UOU za doze nanomaterijala od $1,5$ i $2,5 \text{ g L}^{-1}$ (61 i 62%) iz ekonomskih razloga uzima se doza od $1,5 \text{ g L}^{-1}$.

Za optimalnu dozu od $1,5 \text{ g L}^{-1}$ efikasnosti uklanjanja UOU iz OOSV sa povećavanjem vremena kontakta adsorbata/adsorbenta rastu u nizu od 11,9 do 55,6%. Takođe, iz ekonomskih razloga opravdano je za optimalno vreme adsorpcije uzeti 45 minuta, jer se za još 15 i 45 minuta efikasnosti povećavaju 3,4 i 6,5%, redom.

Nažalost i nakon adsorpcionog tretmana sa optimalnom dozom i ravnotežnim vremenom vrednost UOU 120 puta prelazi granične vrednosti emisije (10 mg L^{-1}) pre mešanja sa ostalim otpadnim vodama. Kako granična vrednost emisije za tehnološke otpadne vode, pre njihovog ispuštanja u javnu kanalizaciju prema Uredbama Republike Srbije nije definisana, zaključuje se da ni tretirano OOSV ne sme da se odlaže u kanizacioni sistem i prirodni recipijent.

Za određivanje mehanizama adsorpcije organskih supstanci iz OOSV sa nanomaterijalom primenjeni su matematičko-kinetički modeli adsorpcije pseudo-prvog i pseudo-drugog reda. Iako je koeficijent determinacije zadovoljavajući ($R^2 = 0,97$), nažalost matematičko-kinetički model pseudo-prvog reda nije pogodan za opisivanje mehanizma adsorpcionog uklanjanja organskih supstanci iz OOSV na nanomaterijalu jer se teorijska i eksperimentalna vrednost ravnotežnog adsorpcionog kapaciteta ne slažu.

Organske supstance iz OOSV se hemijskim vezama vezuju na površinu nanomaterijala što je potvrđeno matematičko-kinetičkim modelom pseudo-drugog reda čije su teorijska i eksperimentalna vrednost ravnotežnog adsorpcionog kapaciteta bliske. Opravdanost modela pseudo-drugog reda potvrđuje i idealna vrednost koeficijenta determinacije (1,00).

5. LITERATURA

- [1] S. Adamović, "Elektrokoagulacioni i adsorpcioni tretmani efluenta u grafičkim procesima ofset štampe", Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2016.
- [2] H. Kipphan, "Handbook of print media: technologies and production methods", Berlin, Springer, 2001.
- [3] <https://www.grid.uns.ac.rs/predmet2.html?predmet=6> (Pristupljeno u julu 2021.).
- [4] SRPS ISO 8245 Metod (2007): Kvalitet vode – Smernice za određivanje ukupnog organskog ugljenika (TOC) i rastvorenog organskog ugljenika (DOC).
- [5] M. Kragulj, J. Tričković, B. Dalmacija, Á. Kukovec, Z. Kónya, J. Molnar, S. Rončević, "Molecular interactions between organic compounds and functionally modified multiwalled carbon nanotubes", *Chem. Eng. J.*, Vol. 225, pp. 144-152, 2013.
- [6] A.T. Ivanović, B.T. Trumić, S.Lj. Ivanov, S.P. Marjanović, "Modelovanje uticaja temperature i vremena homogenizacionog žarenja na tvrdoću PdNi5 legure", *Hem. Ind.*, Vol. 68, pp. 597-603, 2014.

Adrese autora za kontakt:

Katarina Savić - nina.savic.sm@gmail.com
 doc. dr Savka Adamović - adamovicsavka@uns.ac.rs
 Grafičko inženjerstvo i dizajn, FTN, UNS.

ПРОЈЕКАТ ЕНТЕРИЈЕРА МУЗИЧКОГ СТУДИЈА**MUSIC STUDIO INTERIOR DESIGN**Теодора Радановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – АРХИТЕКТУРА**

Кратак садржај – У раду је након анализе простора осмишљено најбоље могуће решење једне стамбене јединице која је трансформацијом претворена у музички студио. Неопходно је било истражити основне елементе који су потребни једном музичком студију. Један од најважнијих задатака јесте да се укаже значај акустичних елемената. Основни циљ је обезбеђивање квалитетног, безбедног, приступачног, функционалног и естетски приступачног места на ком би свакодневна социјализација била неизбежна.

Кључне речи: анализа, трансформација, акустика, музички студио, историјат

Abstract – After analyzing the space, the best possible solution of a residential unit was designed, which was transformed into a music studio by transformation. It was necessary to investigate the basic elements that are needed for a music studio. One of the most important tasks is to point out the importance of acoustic elements. The main goal is to provide a quality, safe, accessible, functional and aesthetically accessible place where everyday socialization would be inevitable.

Keywords: analysis, transformation, acoustics, music studio, history

1. УВОД

Предмет истраживања је једна стамбена јединица коју је потребно претворити у музички студио. Идеја је да се овај амбијент трансформише како би се обезбедило најбоље могуће решење. Оваква трансформација може да се испита и у другим просторима које јесу или тек треба да постану музички студио.

У односу на дефинисани предмет истраживања, циљ истог јесте приказ начина функционисања након трансформације имајући у виду и потребу за социјализацијом људи која је неизбежан део дневне рутине.

Формирањем простора за социјализацију омогућава се директна комуникација између људи и одлична сарадња. Трансформисана стамбена јединица постаје много атрактивнија, приступачнија и функционалнија.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Саша Медић.

На основу овог рада може се сагледати методологија истраживања неизоставних елемената потребних једном музичком студију, као и сам историјат његовог настанка. Најважнија порука овог рада је да се трансформације сваког амбијента, без обзира на његову величину, морају сагледавати кроз карактеристике саме јединице у којој се трансформација изводи.

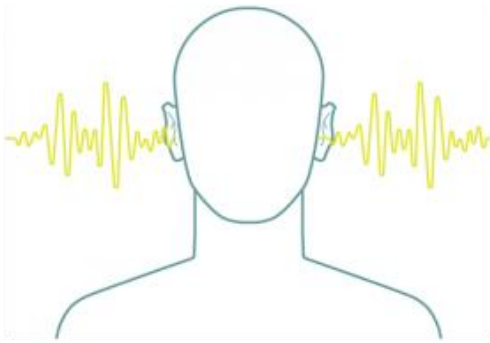
2. АКУСТИКА

Акустика је грана физике која се бави проучавањем звука. Његовом појавом и настанком. Ова грана физике проучава настанак и простирање звука у разноразним срединама, способности звука, као и његов пријем. Акустика се дели на општу и примењену акустику.

Акустика није заснована само на математичким и физичким законима јер она није само физичка појава. Она је такође и психичка сензација. Поред овога, акустика у своје гране убраја физиологију и психофизиологију.

2.1. Историја акустике

Акустика потиче још из старог Рима и Грчке када су се одржавале музичке позоришне представе на местима предвиђеним за ту сврху. Грчки математичар и филозоф Питагора (*Ο Πυθαγόρας*) је почео да изучава феномен акустике када је приметио разлику у музичким интервалима, изражавајући своја запажања нумерички, а касније је и дефинисао оно што данас називамо хармонијом и нехармонијом. Након Питагоре, познати научник Аристотел (*Αριστοτέλης*) је дао прве апроксимације о таласима описавши их као проширења и контракције у ваздуху који су пали и погодили наредни ваздух. Римски инжењер и архитекта, Марко Витрувије Полио (*Marcus Vitruvius Pollio*) је био претеча архитектонске акустике. Писао је о акустичним појавама које су се дешавале у позориштима. Захваљујући томе, забележени су аспекти које треба узети у обзир приликом градње позоришних и музичких објеката. Истраживања наставља физичар, инжењер и математичар Галилео Галилеј (*Galileo Galilei*) који је закључио Питагорине студије јаснијим дефинисањем таласа давајући повод за физиолошку акустику описујући је као подстицај који ум тумачи као звук. Експерименте о брзини ширења звука је изводио француски филозоф и математичар Марин Мерсене (*Marin Mersenne*). Марин и Исак Њутн (*Sir Isaac Newton*) су формулисали брзину звука у чврстим телима, док је физичар Џон Вилијам Страт (*John William Strutt*) писао о стварању звука на жицама, мембранама и чинелама.



Слика 1. Акустика

2.2. Подела акустике

Савремена примењена акустика се дели на више грана:

1. Општа акустика
2. Физиолошка акустика
3. Атмосферска акустика
4. Електроакустика
5. Хидроакустика
6. Архитектонска акустика
7. Музичка акустика

3. МУЗИЧКИ СТУДИО

Студији за снимање музике су веома битни јер пружају услуге које су веома потребне за музичаре, бендове и дискографске куће.

Велики број музичара је упознат са великим и водећим светским студијима за снимање. Неки од најпознатијих су Еби роуд (*Abbey Road*) и Ер студиос (*Air Studios*) у Лондону, као и Капитол студиос (*Capitol Studios*) у Лос Анђелесу. Студио за снимање, у којем стварају уметници и музичари, је веома специфичан објекат. У њима је омогућено снимање, миксање и пројектовање звука. Величина студија варира, од малих кућних студија, па све до великих студија у који може да стане цео оркестар.

Први студио је основан 1889. год. од стране фонографске Њујоршке компаније. Након скоро двадесет година касније, широм света су почели да се отварају мањи и већи студији за снимање музике.

Поред снимања музике, музички студио се користи за филмску и телевизијску продукцију, као и за снимање реклама.

Класичан, свакодневни музички студио има контролну собу у којој звучни инжењер и продуцент управљају миксевима, рачунарима и јединицама за ефекте. Они овим путем могу дигитално да манипулишу звуком који долази из собе где се налази извођач.

„Жива” соба (*Live room*) је просторија где уметници, музичари и други свирају на својим инструментима и/или певају.

„Глува” соба (*Deaf room*) је мања просторија у којој је извођач изолован од свих осталих. У професионалним музичким студијима, просторије за живу свирку и глуве собе су звучно изоловане како би се спречио продор спољашњег звука. Овиме се обезбеђују нумере високог квалитета.

Данашњи студији за снимање имају најсавременију опрему за миксовање и појачавање звука. Осим тога, имају велики број различитих канала или аудио извора.

3.1 Фонограф и графофон

Сам процес снимања потиче још из деветнаестог века када је Томас Едисон (*Thomas Alva Edison*) 1877. год. изумео фонограф - уређај који механички снима и репродукује звук.

Фонограф је означио важан први корак код снимања звука. Утицај снимака на концертну дворану је био велик, како за класичне нумере, тако и за популарне.

1894. године Чарлс и Емил Патхе (*Charles and Émile Pathé*) су саградили своју малу фабрику фонографа у предграђу Париза где су почели да снимају неке од познатих певача попут Мери Гарден (*Mary Garden*). У веома кратком року, у року од једне деценије каталог је имао отприлике 12.000 артикала, а њихова имена су постала синоним за цилиндарски фонограф у Европи.



Слика 2. Фонограф Томаса Едисона

Александар Грахам Бел (*Alexander Graham Bell*) је изумео сличан уређај који је назвао графофон.

Графофон је користио технике бочног снимања, док је фонограф користио вертикално исечене жљебове. Оба уређаја су снимала звук уз помоћ сферних цилиндара.

3.2 Грамофон

1887. године се појављује грамофон који користи равне дискове уместо цилиндра. Њега је изумео Емил Берлинер (*Emile Berliner*).

1887. године Емил започиње производњу грамофона и дискова. Ако би се упоредо квалитет звука дошло би се до закључка да цилиндри производе много бољи звук од равних дискова. Ипак, равни дискови су стекли велику популарност јер је масовна производња била много лакша и исплативија.

Један од представника је основао огранак у Лондону 1898. године под називом Грамофон Компани (*Gramophone Company*).

Берлинеров брат је основао погон за пресовање дискова у Немачкој у Хановеру. 1912. године равни дискови су постали веома познати и употреба је постала већа него икад пре.



Слика 3. Грамофон Емила Берлинера

3.3 Период великих успеха

Један од великих успеха 1950-их година је остварио популарни амерички певач Елвис Присли (*Elvis Presley*). Он је инспирисао нов стил музике који је оријентисан младости - рокенрол. Овај стил је генерисао много соло певача и група, као и велики број масовних купаца плоча.

1960-их година је велики успех Битлса (*The Beatles*) помогао да се повећа продаја плоча. Уместо нових класичних снимака почела су да се објављују нова издања у новим паковањима. Средином шездесетих година два мала и прикладно упакована формата трака почела су непрестано да подижу популарност.

Касета је први пут представљена у јефтином преносивом уређају за снимање. Велика предност касета се огледа у томе што су могле поново да се намотају и тиме их је било лакше контролисати.

3.4 Снимање данас

Данас се сав звук снима дигитално. У савременом музичком студију можемо пронаћи рачунаре који су прикључени на дигиталне миксере, микрофоне, понекад и на инструменте.

Дигитално снимање звука је далеко напредније од аналогног јер омогућава стварање савршене нумере без додатних проблема и шума. Још једна битна ствар је та да се звук, снимљен у дигиталном формату, не губи током времена за разлику од звука који је снимљен у аналогном формату.

Велики скок дигиталног снимања се догодио осамдесетих година када је завладала ЦД технологија. Звуци и музика су снимљени уз помоћ ласера.

У данашње време, много је популарније слушање музике преко интернета него преко ЦД-а.

Раније је било могуће снимити песму и музику само у професионалном студију за снимање. Данас, многи уметници и музичари праве самосталне студије у својим кућама. Ово се много исплати по питању трошкова.

Многобројне данашње познате личности су своју каријеру започеле снимајући своје песме у кућном студију. Велику популарност кућни музички студио има код кантаутора и бендова.

4. ПРОЈЕКАТ

Предмет практичног дела рада представља пројекат идејног решења ентеријера стамбене јединице која је претворена у музички студио.

Главни фокус пројекта је дизајн ентеријера који је претходно анализиран. Ова стамбена јединица добија улогу музичког студија за снимање филмске музике.

Објект се првобитно састојао из улазног дела, терасе, једне велике просторије, тоалета и чајне кухиње.

Трансформацијом простора промену је претрпела велика просторија која је претворена у две мање просторије. Једна просторија је претворена у „живу” собу док се у другој налази контролна соба.

4.1 Концепт

Димензије „живе” собе су скоро па једнаке због што бољег простирања звука. Одликују је клавијатура, бубњеви, гитаре, као и једно место за певача.

Велика пажња је посвећена акустичним елементима.

У деловима просторије где нема отвора, где се налази бетонски зид је постављена стаклена вуна, масовни винил, плоча за звучну изолацију и панел за апсорпцију звука.

У деловима просторије где се налазе стаклени прозори, постављен је акустични панел који је померљив. Овиме је омогућена максимална акустичност и апсорпција звука.

У контролној соби је испоштован „троугао” који је обавезна компонента сваке контролне собе.

Испоштовани су битни углови од 30°, 45° и 60° на местима где су по правилу предвиђени. Такође, у сваком углу се налази по један бас трап (*bass trap*).

Контролна соба, поред обавезне опреме, садржи и простор за одмор и рекреацију. Битна карактеристика између контролне и „живе” собе су акустична врата.

Када је реч о атмосфери, она је такође веома битна.

Атмосфера је веома сложен процес у коме је визуелни аспект само један од чинилаца целокупног доживљаја простора, а визуелни елементи простора неодвојиви су од његовог мириса, звука, температуре, кретања ваздуха или присуства других људи. Са улазних врата пружа се перцепција која омогућава сагледавање суштине простора.



Слика 4. Просторни приказ „живе собе“

4.2 Форма и материјализација

Трансформацијом у простору је скоро скроз испоштована тренутна и затечена форма објекта.

Уведен је један преградни зид, трансформација је очувала постојећу диспозицију зидова и стубова.

Подног облогу улазног дела, чајне кухиње, тоалета и терасе чине керамичке плочице, које су прљаво беле боје. У контролној соби се налази паркет, а у „живој” соби је преко паркета постављен звучно - изолациони тепих.

Један део плафона у „живој” соби је спуштен због боље акустичности док се на остатку плафона налази спот расвета на шинама. Контролну собу одликују кутијаста лед расвета и спот расвета на шинама.



Слика 4. Просторни приказ „контролне собе“

4.3 Анализа корисника

Корисници музичког студија се могу поделити у две групе.

Прву групу корисника чине стални запослени. За ову групу корисника неопходни су тоалет и чајна кухиња. Тераса је додатни елемент који је пожељан за остваривање пријатније радне атмосфере и који игра велику улогу у паузама запослених људи.

Неопходно је да они имају добро организован простор за угодан рад који ће им омогућити лако управљање са уређајима и дигиталним алатима, добру комуникацију као и добре хигијенске услове.

Другу групу корисника чине уметници, музичари и посетиоци који су у пратњи. Они овде долазе како би направили добру нумеру и веома је битно да им је боравак угодан.

Неопходно је да ова група корисника буде максимално задовољна. Угодан амбијент и квалитетна услуга је нешто што је неизоставно.

5. ЗАКЉУЧАК

Архитектура је место, а доказ њеног постојања су време и догађаји.

Уз помоћ правилног усклађивања материјала, боја и текстура добио се један ентеријер чије визуелне и тактилне карактеристике одговарају функцији простора. Код пословних објеката, као и код објеката других намена, циљ је да се одабрани простор максимално прилагоди кориснику.

Материјализацијом и манипулисањем звучних панела остварен је контакт између снимљених нумера и корисника овог простора.

Овај простор има задатак да подстакне креативност и остварење личних циљева корисника и запослених.

Музички студио кроз креативност архитекте уз сугестије и сарадњу инжењера акустике је финализован и персонализован на обострано задовољство.

Оваква врста студија је потребна за стварање музичких нумера без којих свет не био овакав какав јесте данас. Како би се дошло до перфекције у звуку неопходно је стварати их управо у оваквом простору.

Овај рад и овакав вид трансформације би могли да послуже као пример при инвестирању у музичке студије који се буду радили у будућности.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] sr.wikipedia.org/sc-ec/Акустика (приступљено у јулу 2021. године)
- [2] https://cosound.com/recording-studios/the-evolution-of-recording-studios/?fbclid=IwAR20ecoQE1FAEII4-bnwWPV9tuZkgOrs3vGToMxJv_Xm3tjMEW1bO81-ads (приступљено у јулу 2021. године)
- [3] https://www.udiscovermusic.com/in-depth-features/history-of-recording-studios/?fbclid=IwAR0E7gmF_G0fi2WLhZOp7wcL6zPkSJFhzG6DhR7ic9nxON-8Er91FhC0d7 (приступљено у јулу 2021. године)
- [4] <https://www.britannica.com/topic/music-recording/The-role-of-the-producer> (приступљено у јулу 2021. године)
- [5] <https://www.weekendwarriors.org.au/blogs/news/-amex-launches-music-backers-studio-week-win-recording-time> (приступљено у јулу 2021. године)

Кратка биографија:



Теодора Радановић рођена је у Новом Саду 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Дизајн ентеријера – Пројекат ентеријера музичког студија одбрана је 2021. године.

контакт:
teodora.radanovic.dora@gmail.com

**TRANSFORMACIJA TRGA SLOBODE U NOVOM SADU PUTEM URBANE
AKUPUNKTURE****TRANSFORMATION OF FREEDOM SQUARE IN NOVI SAD THROUGH URBAN
ACUPUNCTURE**

Sanja Miočinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi urbanističkom studijom trgova u Novom Sadu. Ispituje se njihovo trenutno stanje i način na koji ispunjavaju svoju namenu. Studija treba da ukaže na probleme koji se uočavaju na novosadskim trgovima kao i da predloži adekvatan način za njihovo uklanjanje. Kroz primer transformacije Trga slobode, koja je izvršena putem urbane akupunkture, pokazan je način kako bi se i ostali trgovi mogli transformisati primenom novog načina urbanog planiranja.

Ključne reči: Urbana akupunktura, javni prostori, trg

Abstract – This paper deals with the urban study of squares in Novi Sad. Their current state and the way in which they fulfill their purpose are examined. The study should point out the problems that are observed in the Novi Sad squares and suggest an adequate way to eliminate them. Through the example of the Transformation of Freedom Square, which was performed through urban acupuncture, a way was shown in which other squares could be transformed by applying a new way of urban planning.

Keywords: Urban acupuncture, public spaces, square

1. UVOD

U planimetriji naselja, otvoreni prostori se mogu uočiti u različitim oblicima kao što su: trgovi, blokovi, unutar-blokovski prostori, parkovi, obale, prolazi, pijacete, različite specifične tačke i površine...

Svaki otvoreni prostor je značajan činilac socijalnog života naselja koji zajednici treba da obezbedi human i zdrav život. To su mesta sa kojih se mogu čitati karakteristike istorije, identiteta, kulture, tradicije, duha svakog grada. Odražavaju karakter i urbanu kulturu svojih korisnika. Otvoren – gradski prostor je kroz istoriju za stanovnike grada funkcionisao kao mesto susreta i to na više nivoa.

Zbog toga što otvoreni prostori predstavljaju ključni element svakog grada, prilikom njihovog projektovanja i oblikovanja treba da se obrati posebna pažnja kako bi oni u potpunosti mogli da odgovore na zahteve zajednice, da ispune svoju namenu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je bio prof. dr Darko Reba.

2. TRG KAO DEO URBANOG MILJEJA

U daljem delu rada biće reči samo o trgovima kao otvorenim prostorima. Za trg se može reći da predstavlja i najznačajniji otvoren prostor za grad i njegovo stanovništvo.

Trg je slobodna javna površina uokvirena građevinama različitih namena. On je jedan od osnovnih morfoloških, funkcionalnih i socioloških elemenata, kako u urbanoj tako i u ruralnoj sredini [1].

Trg može da se formira na različite načine, a jedna od ustaljenih situacija je da predstavlja čvorište većeg broja pravaca, usled čega se obrazuju kao raskrsnice, često i najznačajnija mesta ili tačke – otvoreni prostori planimetrije. Svojom razmerom, karakterom i značajem trgovi imaju veliki uticaj na funkcionisanje uličnog sistema, s obzirom da su često baš oni raskrsnice preko kojih se kanališe pešački, ali i kolski saobraćaj. Jasno je da ove površine imaju uticaj na saobraćajni sistem okolnog urbanog tkiva, ali i na sve urbane procese [2].

**3. ZNAČAJ TRGOVA KROZ ISTORIJU RAZVOJA
GRADOVA**

Sa velikom verovatnoćom se može reći da je trg prvi ljudski pronalazak urbanog prostora. On je u naseljima prisutan od njihovog početka pa sve do danas. Razvojem grada razvija se i sam prostor trga, kako u svom obliku tako i u nameni i programu koji je pružao društvu. Trgovi su oduvek bili i ostali mesta okupljanja ljudi, mesta koja ljudima pružaju utočište od ostalih, užurbanih delova grada.

4. ELEMENTI TRGA

Danas se običan prazan prostor, nastao tako što jedan blok nije izgrađen, naziva trgov. S obzirom na higijenu i druge tehničke momente, možda je i to dovoljno. Međutim, po umetničkom merilu to je samo jedan komad neizgrađenog tla, a ne i gradski trg [3].

Da bi se jedan neizgrađeni prostor mogao nazvati trgov potrebno je da poseduje niz elemenata koji zajedničkim delovanjem čine taj prostor prijatnim za boravak ljudi. Kako bi se utvrdio kvalitet jednog trga, potrebno je da se analiziraju svi njegovi elementi i pritom da se utvrde njihove pozitivne i negativne karakteristike.

U elemente trga spadaju: zatvorenost (omotač ili granica), oblik, proporcija, dimenzija, pristupne ulice, identitet i orijentacija, prizemlja i ulazi, program i sadržaj kao i komfor.

Da bi se jedan trg smatrao kvalitetnim potrebno je da postoji jedinstvo svih gore spomenutih elemenata, jer svaki od njih igra značajnu ulogu. Ako samo jedan od ovih uslova nije zadovoljen i ispunjavanje drugih kriterijuma može se ispostaviti kao beznačajno. Još jedan bitan element koji svaki otvoren prostor pa tako i trg treba da poseduje jeste čovekomernost.

Da li ćemo se u gradu osećati komforno i dobro mnogo zavisi od toga na koji su način gradska struktura i gradski prostor usklađeni sa ljudskim telom, čulima i odgovarajućim prostornim dimenzijama i razmerom. Ako nisu obezbeđeni adekvatni prostori i prava ljudska razmera, nedostaju ključni kvaliteti jednog grada [4].

Kao potvrda vrednosti jednog trga jeste prisustvo ljudi na njegovom prostoru.

5. TRGOVI U NOVOM SADU

Na osnovu njihove trenutene namene, trгови u Novom Sadu se mogu podeliti u dve grupe: trгови koji su prenamenovani i trгови koji su zadržali svoju namenu.

Velikom broju trgova je oduzeta njihova glavna namena, da budu mesta socijalizacije i pretvorena su u dečija igrališta ili parkirišta. Tu spadaju Trg Marije Trandafil, Trg galerije, Žitni trg, Trifkovićev trg, Trg carice Milice, Trg Feher Ferenca, Trg Komenskog i Trg 1. maja. U drugu grupu spadaju trгови koji su zadržali svoju namenu, ali međusobno nisu istog kvaliteta. Tu spadaju: Trg republike, Trg slobode, Trg mladenaca, Pozorišni trg, Trg Dositeja Obradovića kao i Trg katoličke porte. Po kvalitetima koje poseduje, za Trg katoličke porte se može reći da je i najvredniji trg koji Novi Sad ima.



Slika 1. Dispozicija trgova na nivou Novog Sada

6. ODABIR TRGA ZA TRANSFORMACIJU

Odabrani trg za transformaciju je glavni trg u Novom Sadu, Trg slobode. Razlog za njegov odabir je to što on predstavlja trg koji koriste svi stanovnici grada, različitih starosnih grupa, za razliku od pojedinih koji su orijentisani prema određenim grupama ljudi. Isto tako predstavlja i jedan od simbola po kojem je Novi Sad prepoznatljiv. Pored ovih razloga postoji i taj što je Trg

slobode odoleo vremenu i zadržao je svoju namenu, dok su je neki izgubili. Vraćanje stare funkcije trgu koji je prenamenovan nema manji značaj za stanovništvo od transformacije postojećeg trga, ali taj proces je dugotrajniji, zahteva više ulaganja pa samim tim je i manje izvodljiv.

Baš zato što je Trg slobode posećen od strane kako stanovnika grada tako i od turista, postoji potreba za njegovom transformacijom koja će uvećati njegove kvalitete tako da na još bolji način služi svojim korisnicima.

7. ANALIZA TRENUTNOG STANJA TRGA SLOBODE

Da bi se moglo preći na proces transformacije trga prvo je potrebno da se izvrši analiza njegovog trenutnog stanja. Ona će obuhvatati analizu elemenata koje treba svaki trg da poseduje i o kojima je već bilo reči. Na kraju analiza izvršiće se sumiranje dobijenih podataka i predložiti najbolji način za njegovu transformaciju.

Analiza elemenata Trga slobode:

Zatvorenost i pristupne ulice – trg nije u potpunosti zatvorenog tipa. Na to u velikoj meri utiču poprečni profili pristupnih ulica. Upravo ta širina pristupnih ulica utiče i na formiranje vizura prema trgu. Posmatrajući planimetriju neposrednog dela oko trga, ne može se uočiti njegov tačan položaj i veličina. Možda i najveći problem koji se uočava analizirajući ovaj aspekt jeste njegova orijentisanost ka ulici Modene. Kada se stoji na trgu stvara se osećaj da on na neki način „curi“ ka ovoj ulici koja pri tome i nije glavni pravac kretanja ljudi.

Oblik, dimenzija i proporcija – trg je jasno definisanog, trapezastog oblika, okvirnih dimenzija 70x50 m. Oblikom i dimenzijama on je usaglašen sa dominantnim objektima koji formiraju njegov front jer se oni mogu u potpunosti sagledati sa njegove površine.

Identitet i orijentacija – glavni elementi identiteta i orijentacije trga su upravo objekti koji ga formiraju. Svi oni su od velikog stilskeg i istorijskog značaja za sam grad, ali se među njima mogu izdvojiti Gradska kuća i Crkva imena Marijinog kao dva dominantna objekta na trgu zbog svojih tornjeva. Pored njih tu je i spomenik Svetozaju Miletiću koji upotpunjuje priču o identitetu i orijentaciji ovog prostora.

Prizemlja i ulazi – prizemlja objekata koji formiraju trg jesu javnog karaktera, ali njihov sadržaj ne izlazi na prostor trga što u velikoj meri umanjuje njihovu međusobnu povezanost.

Program – na trgu se mogu uočiti vidovi programa, od onih svakodnevnih pa sve do sezonskih. U svakodnevne programe se ubrajaju performansi pojedinanaca, skupovi... U sezonske spadaju organizovani programi kao što su različiti vašari, takmičenja, doček Nove godine...

Komfor – komfor nije na visokom nivou. Na trgu je prisutno zelenilo u vidu drveća i klupa koje su raspoređene po njegovom obimu. Ne sadrži elemente koji će stvoriti povoljniju mikroklimu od trenutne, kao ni zaštitu od nepovoljnih klimatskih uslova (kiša, jako sunce ili vetar).

Zaključak odrađenih analiza:

Na osnovu izvršenih analiza utvrđeno je trenutno stanje Trga slobode iz čega je zaključeno da on zadovoljava kriterijume, poseduje izvesne kvalitete i kao takav privlači veliki broj posetilaca. Ipak, postoji potreba za transformacijom koja će poboljšati njegovo trenutno stanje. Problemi koji se na njemu uočavaju mogu se podeliti na nekoliko aspekata. To su: nivo njegove zatvorenosti, nedovoljna povezanost prizemlja sa prostorom trga, nedovoljna informisanost korisnika o okolnim objektima, nepostojanje elemenata za zaštitu od nepovoljnih klimatskih uslova i postojanje standardnog mobilijara koji ne pruža dovoljan komfor.

Zbog toga što su potrebne minimalne intervencije kako bi se popravio kvalitet trga koristiće se pristup urbane akupunkture prilikom njegove transformacije.

Polja delovanja transformacije su:

- poboljšanje klimatskih uslova na mikro nivou,
- uvećanje kvaliteta urbanog mobilijara,
- uzimanje u obzir potreba svih starosnih grupa,
- zatvaranje okvira trga,
- upoznavanje korisnika sa stilskim i istorijskim značajem okolnih objekata.

8. URBANA AKUPUNKTURA KAO PROCES TRANSFORMACIJE

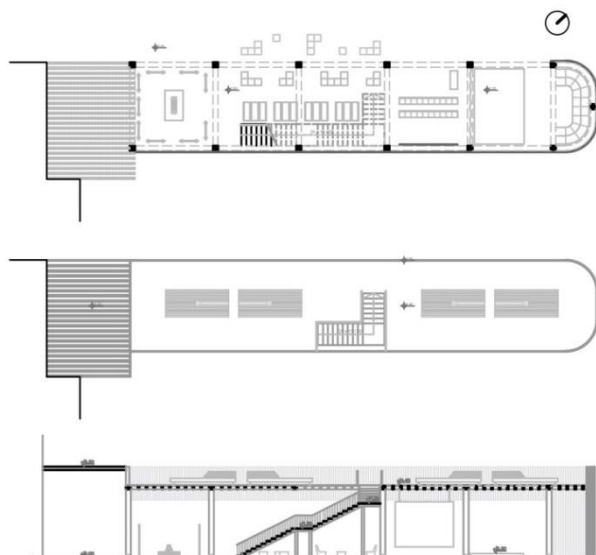
Koncept urbane akupunkture je pozajmljen iz tradicionalne kineske medicine. Baš kao što je praksa akupunkture usmerena na ublažavanje stresa u ljudskom telu, tako je i cilj urbane akupunkture usmeren na ublažavanje stresa u izgrađenom okruženju. Dakle, urbana akupunktura predstavlja oživljavanje gradova kroz ciljno obnavljanje. Veliki projekti revitalizacije nisu manje efikasni, ali u trenutnom načinu funkcionisanja gradova postaju sve manje izvodljivi. Urbana akupunktura je jedna od strategija koja se koristi u razvijenim društvima. Poboljšavanjem situacije na prostorima male razmere treba da se popravi situacija celog grada.

9. NOVOPROJEKTOVANO – IDEJNO REŠENJE

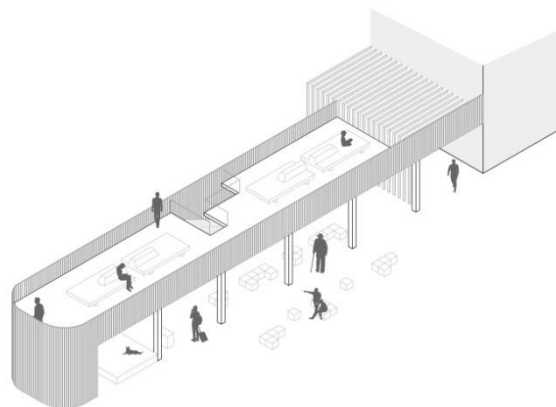
Rešenje transformacije trga biće usmereno na formiranje multifunkcionalnih struktura koje će odgovarati na uočene probleme. Transformacija trga odvijaće se na dva nivoa postavljanjem dve strukture različitog karaktera.

9.1 Struktura 1- paviljon

Struktura 1 je paviljonskog tipa i predstavlja glavni deo transformacije trga. Ona nudi mogućnost različitih programa. Poziva korisnika da uđe u nju, ali isto tako i svoj sadržaj iznosi na prostor trga. Sastoji se iz dva nivoa. Prvi nivo je taj koji je programski razvijen, podeljen na segmente, dok je drugi nivo namenjen za mirne aktivnosti. Programi koje nudi struktura su: galerija (stalna postavka koja govori o okolnim objektima), prostor za priču (segment sa mobilijarem koji omogućava lakšu konverzaciju među korisnicima od klasičnog), filmski program (segment namenjen turistima, ovde mogu dobiti korisne informacije o Novom Sadu i njegovom turističkom potencijalu kroz kratke filmove), amfiteatar na otvorenom (prostor za održavanje koncerata, časova na otvorenom ili prostor alternativnog sedenja). Paviljon je na trgu pozicioniran tako da zatvara vizuru na trg iz ulice Modene.



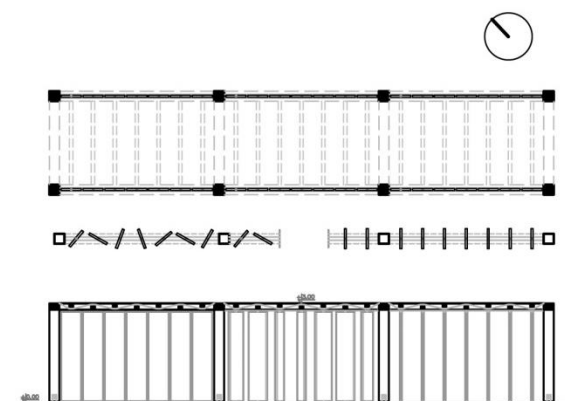
Slika 2 – osnove i presek strukture 1-paviljona



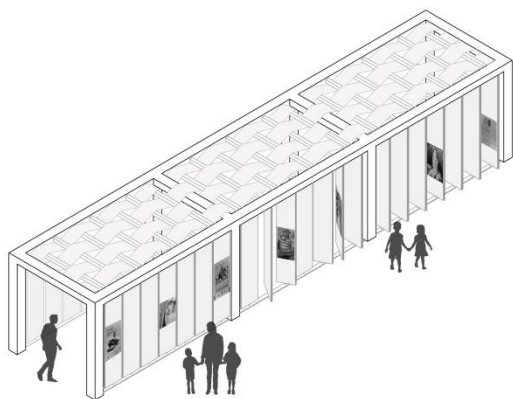
Slika 3. Izometrija strukture 1- paviljona

9.2 Struktura 2 – interaktivni zid

Struktura 2 se definiše kao jedan interaktivni zid koji komunicira sa korisnicima preko svog okvira. Njena glavna namena je zatvaranje vizura na trg iz pojedinih ulica, ali pored toga nudi i određeni sadržaj korisnicima u vidu izloženog prostora na otvorenom. Na njenim pokretnim (rotirajućim) panelima moguće je postavljanje plakata koji najavljuju dešavanja u kulturnim ustanovama grada. Ovde može biti izložen program muzeja, galerija, akademije, pozorišta, kulturnih stanica, fakulteta... Na trgu je pozicionirana na dva mesta: na spoju trga sa ulicom Kralja Aleksandra i sa Zmaj Jovinom ulicom.



Slika 4. Osnova i presek strukture 2 - interaktivnog zida



Slika 5 – izometrija strukture 2 – interaktivnog zida

9.3 Primenjeni materijali i konstrukcija

Materijal od kojeg su izvedene obe strukture je drvo. Drvo kao prirodni materijal daje veoma prijatan osećaj i toplotu prostorima koji su od njega građeni. Mobilijar koji se nalazi u paviljonu je u većoj meri načinjen od ovog materijala.

Konstrukcija obe strukture je klasičan skeletni sistem stub-greda. Glavni elementi konstrukcije su drveni stubovi dimenzije 30x30 cm i grede dimenzije 30x20 cm. Međusobna povezanost glavnih elemenata konstrukcije, kao i povezanost glavnih sa sekundarnim elementima je obezbeđena pomoću montažnih spojnih sredstava.

10. ZAKLJUČAK

Po Aristotelu grad mora biti takav da ljudi koji u njemu žive budu ne samo bezbedni nego i srećni. Na trgovce, najznačajnije elemente urbanog miljea, se i te kako odnosi ova misao. Oni su prostori na kojima se ogleda prava slika života jednog grada.

Trg slobode je značajan prostor za Novi Sad. On se može smatrati kao najznačajnije mesto, a svakako i najznačajniji trg koji Novi Sad poseduje. Od samog osnivanja grada pa sve do danas prisutan je u urbanom tkivu. Njegov prostor su od najranijih početaka stanovnici koristili za različite potrebe. Tako je ostalo i danas. Upravo je taj epitet „najznačajniji“ dobio zbog svoje svakodnevne posećenosti, ali i činjenice da se upravo njegov prostor koristi za odvijanje velikog broja programa.

Projektom njegove transformacije putem urbane akupunkture postiže se da trg zablista još u boljem sjaju i da svojim korisnicima pruži poboljšane stare mogućnosti, ali isto tako i neke u potpunosti nove, da na svoj prostor privuče još više kako samih stanovnika grada, tako i turista.

„TRG jeste, uvek će biti i ostati, mesto gde gradovi istinski žive i postoje, traju i menjaju se u isto vreme, zavisno od potreba, ukusa svakog novog perioda u istoriji.“

Darko Reba

11. LITERATURA

- [1] Ljiljana Vukajlov, 2015. „Uvod u urbanizam“
- [2] Darko Reba, 2016. „Ulični sistemi i urbana morfologija“
- [3] Kamilo Zite, 2004. „Umetničko oblikovanje gradova“
- [4] Jan Gel, 2018. „Gradovi za ljude“

Kratka biografija:



Sanja Miočinović rođena je u Novom Sadu 1996. godine. Master rad odbranila je 2021. godine na Fakultetu tehničkih nauka sa temom „Transformacija Trga slobode u Novom Sadu putem urbane akupunkture“ pod mentorstvom prof. dr Darka Rebe.

kontakt: 96sanjam@gmail.com

PROJEKAT IDEJNOG REŠENJA VETERINARSKJE KLINIKE SA HOTELOM ZA KUĆNE LJUBIMCE U NOVOM SADU**CONCEPTUAL PROJECT OF VETERINARY CLINIC WITH HOTEL FOR PETS IN NOVI SAD**

Jelena Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste idejni projekat veterinarske klinike sa hotelom za kućne ljubimce u Novom Sadu i predstavlja istraživanje u vezi sa poboljšanjem usluga u oblasti veterinarske prakse i oblasti lečenja i hospitalizacije kućnih ljubimaca. Detaljna analiza postojećih veterinarskih klinika, rehabilitacionih centara i hotela širom sveta, opremljenih najsavremenijom tehnologijom, dovela je do ovog rešenja u pogledu izgradnje i koncepta savremene veterinarske klinike. Zgrada je zamišljena kao spoj veterinarske klinike, rehabilitacionog centra i hotela za pse i mačke, sa posebnim osvrtnom na kvalitet usluge i tehnološki naprednu opremu. Za kraj, dizajn i sadržaj Veterinarske klinike sa hotelom za kućne ljubimce nudi, u svojoj oblasti, sve što je potrebno na jednom mestu.

Ključne reči: Veterinarska klinika, Hotel za kućne ljubimce, Rehabilitacija

Abstract – The topic of this paper is the conceptual project of a veterinary clinic with a hotel for pets in Novi Sad and presents a research related to the improvement of services in the field of veterinary practice and the treatment and hospitalization of pets. A detailed analysis of existing veterinary clinics, rehabilitation centers and hotels around the world, equipped with state of the art technology, led to innovative solution regarding the construction and concept of a modern veterinary clinic. The building is designed as a combination of a veterinary clinic, rehabilitation center and a hotel for dogs and cats, with special emphasis on the quality of service and cutting edge equipment. Finally, the design and content of the Veterinary Clinic with a hotel for pets offers, in its area, everything you need in one place.

Keywords: Veterinary clinic, Pet hotel, Rehabilitation

1. UVOD

Novi Sad je grad koji se snažno razvija i raste. Savremeno društvo i urbano okruženje, postavljaju nove zahteve i životne standarde, na koje grad Novi Sad, kao jedan od gradova prestonice kulture mora da odgovori.

U svetlu sve većeg porasta kućnih ljubimaca u Novom Sadu, veća je potreba za klinikom za kućne ljubimce, gde će vlasnici moći da obave sve neopходne preglede,

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marko Todorov, vanr. prof.

dijagnostiku i lečenje, a po potrebi i rehabilitaciju, u jednom objektu i na jednom mestu. Takođe, objekat, osim klinike, ima i hotel za pse i mačke gde, osim na duže čuvanje od par dana do par meseci, vlasnici mogu da ostave i na dnevno čuvanje svoje ljubimce tokom radnog vremena sa sigurnošću da su im ljubimci na najbezbednijem mogućem mestu, okruženi veterinarima i osobljem koje će primetiti i najmanje znake da nešto nije u redu i imati svu potrebnu opremu da izleče životinju koja im je poverena na čuvanje.

Tema ovog rada je idejno rešenje klinike za životinje sa hotelom za pse i mačke u Novom Sadu, a u kontekstu savremenih standarda iz ove oblasti u Evropi i Americi. U Novom Sadu svi objekti koji se bave veterinarskom delatnošću, pretežno su ambulante, ima par veterinarskih stanica i ne postoji ni jedna prava klinika. Jedina klinika koju imamo je pri poljoprivrednom fakultetu, ali je tu prisutan problem manjka pojedine opreme.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

U pripremnom delu izrade idejnog koncepta klinike i hotela za kućne ljubimce u Novom Sadu, izvršene su opširne analize postojećeg stanja, aktuelne zakonske regulative te novonastale potrebe savremenog društva u ovoj oblasti, a u svetlu pozitivne veterinarske prakse i rešenja kod nas i u svetu. „Planirajte ovaj stalni rast tako što ćete obezbediti dovoljno soba za pregled i opremu kako bi veterinarai mogli lečiti sve veći broj pacijenata, budući da praktično svaka porodica ima bar jednog kućnog ljubimca [1].“ Zadatak je bio odabir lokacije i izrada idejnog rešenja kompleksa klinike za kućne ljubimce sa hotelom za pse i mačke, prema definisanim kriterijumima.

Krajnji cilj je da novoprojektovano rešenje kompleksa zadovolji aktuelne potrebe za uslugama u ovom segmentu, unapredi ih, a da istovremeno arhitektonski definišemo jedan tekući prostor sa jasno definisanim segmentima namene prostora, koji će korisnicima pružiti prijatan utisak i boravak u kompleksu.

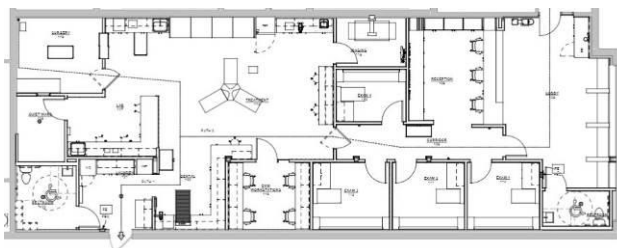
3. STUDIJE SLUČAJA

U radu su navedena sledeća tri primera koji reprezentuju savremena rešenja, standarde i unapređenja u ovoj oblasti:

3.1 Boulevard Veterinary

Klinika: Boulevard Veterinary [4]

Lokacija: Ravenswood, Chicago, USA



Slika 1. Boulevard Veterinary, Ravenswood, Chicago, USA – Crtež osnove

Boulevard Veterinary klinike su izgrađene na tri lokacije u Čikagu – Logan Square (2015), River North (2017) i Ravenswood (2020), pri čemu je klinika u Ravenswood – u, sa svojih 3200 m², uzeta za referencu u ovom radu.

3.2 Cleveland Park Animal Hospital

Klinika: Cleveland Park Animal Hospital [5]

Lokacija: Greenville, South Carolina, USA

Ovo je najstarija veterinarska klinika u Greenville-u koja je počela sa radom davne 1944. godine. U to vreme, u početku, to je bio jedan veterinar koji je veterinarsku delatnost obavljao u rentanoj štali, dok danas ova klinika broji osoblje od 20 članova (od kojih je 4 doktora veterine) i ima dva velika objekta sa širokim spektrom usluga – jedna je u Greenville-u (o kojoj će se dalje pisati u tekstu), dok je druga u Simpsonville-u.

Cleveland Park Animal Hospital Greenville jedna je od rethih bolnica koja je članica Američke asocijacije klinika za životinje (AAHA – American Animal Hospital Association). Ovo je moderna klinika, opremljena najnovijom tehnologijom, sagrađena na mestu stare klinike iz 1944. godine. Prostire se na površini od 785 m² i poseduje 6 prostorija za pregled, veliku prostoriju za



Slika 2. Cleveland Park Animal Hospital, Greenville, South Carolina, USA

3.3 Tierarztpraxis Visoslava Maksimovic

Klinika: Tierarztpraxis Visoslava Maksimovic [6]

Lokacija: Hilden, Nemačka

Ova klinika počela je sa radom 2019. godine. Osnivač je doktorka veterine Višeslave Maksimović.

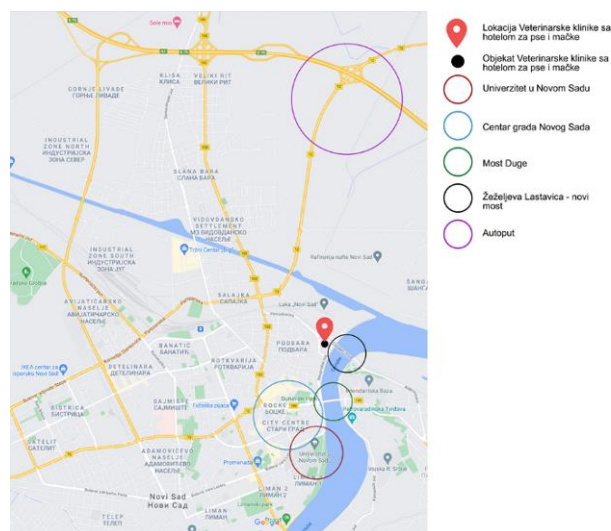
Klinika je mala, ima tri prostorije za pregled, jednu operacionu salu, prostoriju za snimanje i laboratoriju. Ukupno ima 9 zaposlenih, od kojih su njih troje doktori veterine.



Slika 3. Veterinarska klinika - Tierarztpraxis Visoslava Maksimovic

4. LOKACIJA I URBANI KONTEKST

Predviđena lokacija objekta je na Podbari u blizini Beogradskog keja u Novom Sadu koji predstavlja žarište okupljanja ljudi. Parcela je omeđena sa tri ulice: Beogradski kej, Marka Miljanova i Venizelosova ulica, tačno ispod novog Žeželjevog mosta. Lokacija je veoma atraktivna sa pogledom na Dunav, a izolovanost od okolnih stambenih zgrada čini je idealnom za ovakav tip objekta.



Slika 4. Situacioni plan

Ovako pozicioniran objekat, koji je relativno blizu Univerziteta, omogućava da se može koristiti i u edukativne svrhe, gde bi studenti veterine i stočarstva mogli da obavljaju praksu i iz prve ruke uče i rade na opremi koja je vrhunac tehnologije. Osim toga, ispred same klinike i hotela ostavljen je deo parcele koji ima namenu novog javnog parka za pse, zatim parking prostor sa delom rezervisanim za osoblje klinike i delom za ostale korisnike, sa 73 redovna parking mesta i 6 parking mesta namenjena osobama sa specijalnim potrebama. Sva parking mesta klinike većih su dimenzija od običnih parking mesta u gradu, 270 cm sa 600 cm. Razlog je taj što dosta korisnika klinike ima kombije kojima se ponekad dovozi više mačaka ili pasa na pregled te su iz tog razloga potrebna i prostranija parking mesta.

5. KONCEPT OBLIKOVANJA

Veterinarska klinika u Novom Sadu zamišljena je kao spoj više veterinarskih disciplina u jednom objektu, gde se osim redovnih pregleda, vakcinacija i rutinskih operacija nudi i dijagnostika, najsavremenije opremljena laboratorija, rehabilitacija, akupunktura, lasersko lečenje, magnetna rezonanca, rendgen, ultrazvuk, onkologija, sobe za smeštaj i nadzor životinja kojima je potrebno bolničko lečenje, kao i hotel za pse i mačke sa prostorima za istraživanje i salonom za negu kućnih ljubimaca (grooming).



Slika 5. Idejno rešenje veterinarske klinike Pet Soul

5.1 Prostorni koncept

Prostorni koncept objekta formiran je tako da bude vidljiv iz svih pravaca, kao i to da ga je relativno lako naći zahvaljujući lokaciji koja je smeštena ispod novog mosta Lastavice. Ideja je bila napraviti objekat koji će biti upečatljiv i lako dostupan kako ljudima iz grada, tako i iz okoline, u gradu, a opet izmešten od stambenih zgrada, do kojeg vode veoma prometne ulice, ušuškan unutar parcele i zaštićen zelenilom da se spreči buka saobraćajnica.



Slika 6. Prostorni koncept klinike

Svojim sadržajem, ova klinika je u rangu svetskih klinika za životinje, sa tom razlikom da je više orijentisana potrebama grada Novog Sada i njegovih korisnika. Ideja je bila napraviti jedan objekat koji će imati sve potrebne veterinarske sadržaje na jednom mestu. Tako osmišljen prostor nudi kornisnicima mogućnost kompletne 24-oro časovne nege njihovih kućnih ljubimaca od dijagnostike, preko lečenja, operacije i rehabilitacije, a po potrebi i dnevni smeštaj u hotelu dok su vlasnici na poslu ili na duže vreme po potrebi, kako domaćih klijenata tako i stranaca. Jednostavno, ovo nije obična klinika za životinje, ovo se u neku ruku može smatrati i banjom za životinje po svom obimnom sadržaju i širokom asortimanu usluga koje se nude.

5.2 Funkcionalna organizacija prostora

Sam objekat je svoj oblik dobio zahvaljujući funkcionalnoj organizaciji prostora. Tako su čekaonice hotela i klinike sa prodavnicom za kućne ljubimce smešteni na sami ulaz objekta, zajedno sa magacinom radi lakšeg istovara robe. Leva strana objekta namenjena je dijagnostici, lečenju i operaciji životinja sa laboratorijom u sklopu koje su kavezi sa intenzivnom negom. Gornji deo desne strane objekta namenjen je bolničkom lečenju i rehabilitaciji, dok je desni deo bliži ulasku u objekat namenjen hotelima i odmoru.

„Na primer, najdinamičniji i haotičan programski element - prostor za tretman, formalno zauzima najdinamičniji prostor. Svi prostori koji zahtevaju tišinu i odmor, kao što su operacija i pregled, su odvojeni od ovog haosa do stepena koji zavisi od njegove funkcije [2].“



Slika 7. Funkcionalna organizacija prostora

Svaka bolnička soba ima svoje privatno dvorište natkriveno i ograđeno od drugih, dok hotelski prostor za pse ima prostor za igru podeljen u 2 dela, jedan manji i zatvoreni koji je sav u staklu i moguće ga je po potrebi otvoriti i od njega napraviti dodatni otvoreni prostor, dok je drugi deo otvoren i opremljen raznim elementima za zabavu i učenje pasa. Bolničke sobe i hoteli su u staklu kako bi osoblje imalo uvid u životinje koje tu borave 24 sata. Ulazi u objekat, gde su smeštene čekaonice hotela i klinike, pet shop i magacin, natkriveni su velikom nadstrešnicom koja ima ulogu kako da akcentuje ulaze tako i da zaštititi od vremenskih nepogoda, a pre svega da zaštititi ostakljene čekaonice od sunca. Nadstrešnica je obložena drvenim panelima tamnije boje, kako zbog estetike tako i zbog akcentovanja ulaznog dela.

Ovakva organizacija nudi klijentima bolji pregled namene i mogućnost da ne moraju nužno ulaziti u kliniku ako im je potrebno da samo kupe hranu ili neke vitamine za svog ljubimca. Ceo objekat je prizeman kako bi mogle da ga koriste i osobe sa specijalnim potrebama, kao i zbog samih korisnika – životinja, kojima je ovime olakšano kretanje i kako bi osoblje lako moglo da reaguje u slučaju komplikacija. Ideja vodilja bila je organizovati prostor na jednoj etaži po namenama i funkcionalnosti – levi deo klinika, desni deo rehabilitacija i hoteli, a sve organizovano tako da je moguće u svakom trenutku prebaciti pacijente i klijente hotela u drugi deo objekta po potrebi.

6. KONSTRUKCIJA I MATERIJALIZACIJA

Osnovni konstruktivni sistem objekta je skeletni. Fundiranje objekta vrši se na zamenjenom i nasutom tlu u vidu AB ploče debljine 60cm. Podloga AB ploče je 15 cm nasutog tampon sloja i 15 cm mršavog betona.

Osnovna konstrukcija objekta je AB konstrukcija. Osnovni noseći elementi su AB stubovi, kvadratne osnove 40 x 40 cm koji su povezani horizontalnim nosećim elementima, AB gredama, pravougaone osnove 50/40 cm. Osnovni horizontalni noseći elementi krova su AB krovni nosači. Nadzidak krova obložen je drvenim panelima i nešto je viši radi isticanja i naglašavanja nadstrešnice i krova objekta.

Podovi

Završna obrada podne ploče u većem delu objekta je polirani beton sa specijalnim premazom protiv klizanja. U sanitarnim čvorovima i kuhinji za pripremu hrane za životinje obloga su keramičke pločice. Obrada poda u prostoriji za rehabilitaciju i u zatvorenom delu hotela za istrčavanje pasa je izlivena poliuretanska neklizajuća podloga.

Krov

Krov je ravan po modulu. Na krovnu konstrukciju u prvom sloju postavlja se sloj za pad, kako bi se obezbedilo oticanje vode – kao materijal koristi se lakozrni beton. Zatim se postavlja sloj za rasterećenje pritiska pare i nakon toga parna brana. Parna brana se podiže vertikalno i uz obodne zidove krova. Na parnu branu postavlja se kamena mineralna vuna u dva sloja od po 15 cm. Preko kamene mineralne vune polaže se hidroizolacija i zatim sloj šljunka u debljini od 15 cm.

Pregradni zidovi i obrada plafona

Pregradni zidovi su debljine 15 cm. Rađeni su od YTONG fono blokova debljine 15 cm.

Zidovi u enterijeru klinike za životinje obloženi su akrilnim PVC-om u svim prostorijama. Pojedini zidovi obloženi su alubond panelima sa printom. Prostorije poput sale za rehabilitaciju, hotela za mačke, hotela za pse i soba za oporavak životinja pregrađeni su staklom sa strane hodnika kako bi se dobio utisak otvorenog prostora i kako bi osoblje moglo da ima 24 časovni nadzor životinja koje borave u klinici ili hotelu.

Zidovi unutar sanitarnih čvorova i kuhinje za pripremu hrane za životinje su obloženi keramičkim pločicama do plafona.

Spoljašnji zidovi klinike i hotela bojeni su u fasadnu belu boju, dok je nadzidak krova obložen drvenim fasadnim panelima. Zidovi su od Ytong blokova sa izolacijom od kamene vune debljine 18 cm.

Spušteni plafoni gotovo celog objekata su armstrong ploče postavljene u nosače, gde su spušteni plafoni u čekaonici hotela i čekaonici klinike za životinje od monolitnih gips kartonskih ploča.

7. KORISNICI KLINIKE I HOTELA

Korisnici klinike za životinje su pretežno kućni ljubimci, pre svega mačke i psi, ali i manje životinje poput glodara, papagaja, itd. Zahvaljujući osoblju koje bi radilo 24 sata, objekat bi nudio i uslugu hitne intervencije i izlaska na teren, čime bi se pokrili i ostali pacijenti poput konja,

krava i ostalih domaćih životinja. " Veterinarska bolnica bilo koje veličine bavi se sredstvima za život i načinom razmišljanja vlasnika životinja; Uspeh ili neuspeh veterinarske bolnice postaje duboka lična stvar kada stočar zatraži pomoć veterinara. Poslovni obrazac koji bi zanemario oblast poljoprivrede, odnosno, stočarstva, bio bi bezosećajan i kratkovidan potez [3]. "

Kućni ljubimci bi dolazili kako na redovne preglede, dentalnu higijenu i vakcinacije, tako i na dijagnostiku potencijalnih bolesti i po potrebi ostajali tu na daljem lečenju, kako fizičkih povreda tako i nakon rutinskih i ozbiljnijih operacija.

8. ZAKLJUČAK

U Novom Sadu, a ni u Srbiji pa ni u obližnjim drugim zemljama, ne postoji ni jedna klinika ovakvog kapaciteta i sadržaja. To su sve obično ambulante ili stanice i po koja klinika sa par sadržaja, poput pregleda, operacije i omanjih laboratorija sa malim, ili nikakvim, kapacitetom smeštaja bolesnih životinja. Ovakva jedna institucija privukla bi kako domaće tako i strane vlasnike kućnih ljubimaca da ih dovedu na kompletnu negu, od dijagnostike do lečenja ili rehabilitacije. Sa porastom kućnih ljubimaca, a posebno sa porastom odgajivačnica koje imaju vrhunska legla i izvoze ih i u inostranstvo, sve je veća potreba i za jednom ovakvom klinikom koja može od početka do kraja da isprati razvoj mališana i da izda sve neophodne DNK testove koje se zahtevaju u inostranstvu, a uskoro će biti neophodni i kod nas.

9. LITERATURA

- [1] C. T. Kenneth, *Big Country Veterinary Hospital*, Texas, Austin, 1968.
- [2] C. D. Aplin, *A Formal Construction for a new Veterinary Hospital*, Blacksburg, VA, 2009.
- [3] J. M. Wallis, *Daylight in Architecture: A Veterinary Hospital for Montana State University*, Bozeman, Montana, 1979.
- [4] <https://www.blvd.vet/>
- [5] <https://www.clevelandparkgreenville.com>
- [6] <https://maksimovic-anima.de>

Kratka biografija:



Jelena Đurić rođena je u Negotinu 1992. godine. Osnovne akademske studije iz oblasti Arhitektura i urbanizam završila je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na kom brani i master rad 2021. godine iz studijskog programa Arhitektura, oblast Dizajn enterijera.

ISTRAŽIVANJE RAZVOJA KUHINJSKIH PROSTORA – SAVREMENI PRISTUP

RESEARCH OF THE DEVELOPMENT OF KITCHEN SPACES – CONTEMPORARY APPROACH

Jelena Jelača, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – Istraživanje razvoja kuhinjskih prostora kroz vreme. Od davnina do danas namena kuhinje ostala je ista, u njoj se pripremaju obroci i okuplja se cela porodica. Izuzetno je važno da se elementi savršeno uklapaju i da se prostor organizuje na najbolji mogući način. Prilikom projektovanja moramo voditi računa o dimenzijama, principu radnog trougla, funkcionalnom zoniranju, osvetljenju, stilu, bojama i materijalima.

Ključne reči: Enterijer, kuhinja, razvoj kuhinjskih prostora, dizajn kuhinje.

Abstract – Research on the development of kitchen spaces over time. From ancient times until today, the purpose-built kitchen has remained the same, meals are prepared in it and people socialize. It is extremely important that the elements fit perfectly, that the space is organized in the best possible way. When designing, we must take into account the dimensions, the principle of the working triangle, functional zoning, lighting, style, colors and materials.

Keywords: Interior, kitchen, development of kitchen spaces, kitchen design.

1. UVOD

Zadatak rada predstavlja istraživanje razvoja kuhinjskih prostora kroz vreme uz savremeni pristup projektovanju odnosno dizajniranju kuhinja. Prilikom projektovanja potrebno je poštovati standardne dimenzije, princip radnog trougla i funkcionalno zoniranje, ali je najvažnije projekat prilagoditi željama krajnjeg korisnika odnosno prostoru sa kojim on raspolaže. Bilo da je mala ili velika, svaka kuhinja mora da se sastoji od tri osnovne zone, a to su zona frižidera sa elementima za odlaganje suvih namirnica i malih aparata, zona šporeta i rerne sa elementima za odlaganje začina i ulja i zona sudopere sa sudomašinom i kantom za otpatke. Nakon što završimo pozicioniranje svih elemenata bavimo se estetikom. U odnosu na budžet se biraju materijali, boje, okovi, ručkice, itd. U ovom radu je prikazan predlog upitnika koji klijent popunjava uz pomoć arhitekta kako se ni jedna stavka ne bi preskočila. Analiziramo prednosti i mane ugradnih kuhinjskih aparata, a tu su i saveti za veću energetska efikasnost u u okviru savremenih kuhinja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Saša Medić.

2. RAZVOJ KUHINJSKIH PROSTORA

2.1. Period pre savremenih kuhinja

Iako je kuhinja savremenog doba praktična, funkcionalna, atraktivna i privlačna, nije uvek bilo ovako. Gledajući sa istorijskog aspekta kuhinja je postojala prvenstveno kao prostor u kom se priprema hrana i nije se nužno uvek nalazila u kući. Nekada davno kada ljudi nisu imali ni krov nad glavom kopali su jame, palili vatru, i okupljali se pripremajući obrok. U severnoj Kini su pronađeni ostatci ognjišta od pre oko pola miliona godina sa ostatcima kostiju brojnih životinja [1]. Namirnice su se čuvale u vrećama napravljenim od kože životinja, tikvica ili pletenih korpi. Nije bilo ni frižidera ni zamrzivača. Prva ognjišta su bila od gline ili kamena. Jedna od glavnih svrha ognjišta bila je suzbijanje vatre prilikom kuvanja. Opasnost od požara je uvek bila velika. Ognjište je okruživalo vatru kako se ona ne bi proširila u kući.

2.2. Prvi prostori za pripremu hrane i obedovanje

Stari Grci su do petog veka izgradili kuhinjsku strukturu odvojenu od ostatka kuće [1]. Mala ostava koja se nalazila blizu kuhinjskog dela korišćena je za odlaganje posuđa. Grci su čuvali svoje meso tako što su ga solili, a zatim sušili i dimili. Koristili su čak i maslinovo ulje. Imali su i ražanj koji je bio postavljen iznad vatre, ručno su ga okretali kako bi se meso ispeklo ravnomerno. Imali su peć od gline koja veoma liči na savremene peći za pice. Nije bilo pribora za jelo već su jeli rukama. Kuhinje u Rimu su imale dodatni prostor za smeštaj seoske žetve. Oni su imali stvarne kuhinje, peć i otvoreni kamin za pečenje.

2.3. Kuhinje u srednjem veku

Što su danas kuhinja i šporet to je u srednjem veku bilo ognjište (*slika 1.*), srce i simbol svakog domaćinstva. Najsvetije mesto u porodičnom domu, mesto gde su se svi okupljali kako bi obedovali, razgovarali i rešavali probleme. Što je oltar u hramu, to je ognjište u kući i skoro svi domaći obredi, od rođenja do smrti, obavljani su na ovom mestu [2]. Ono je predstavljalo i mnogo više od mesta gde se hrana priprema, oko vatre su se ukućani okupljali i da bi se ugrejali u hladnim zimskim danima. Sve ono što vatra predstavlja čoveku, to predstavlja i mesto na kojem se vatra loži. Ono je vekovima predstavljalo simbol doma, porodice, postojanja i života. U prošlosti se narod ispovedao i zaklinjao nad ognjištem. U njemu se vatra nikada nije gasila.

Hrana, narodne priče, ugovaranja posla, blagoslovi, zdravice i molitva pored ognjišta su dobijali na takvom značaju da su imali epitet svetlosti. Upravo zato narod je uveo veliki broj običaja u vezi sa ognjištem, od kojih je jedan predstavljao i neki vid zabrane i opreza. Zabrana se odnosila na to da se ognjište nikada ne sme srušiti ili oštetiti, na njega ne sme nikakva ljudska nečistoća doći, niti se sme po njemu gaziti. Tim mestom se pečatila i garantovala istinitost i poverenje među ljudima. Prva vatra na ognjištu se palila obično prenošenjem plamena sa ritualnog ognja ili prenosom iz starije kuće [3].

Gosti su se primali i sedeli okupljeni sa domaćinom oko ognjišta, tu su i posluživani. Na tom mestu su se sklapali dogovori, pričale su se legende, guslalo se i prenosila se tradicija sa kolena na koleno. Kraj ognjišta se davao i vraćao zajam. Mlada, kada bi napuštala svoj devojački dom, opraštajući se od porodice, ljubila bi i ognjište. Prilikom stupanja u nov, mladoženjin dom, opet bi poljubila prag i ognjište svoje buduće kuće [3].



Slika 1. Ognjište

2.4. Čuvanje namirnica u srednjem veku

Veći i bogatiji domovi su uz kuću imali i okućnicu, male objekte pod krovom za čuvanje hrane. Ostava je podrazumevala prostor za skladištenje i pripremu hrane, u njoj se čuvao hleb i druga hrana koja je postojana na policama. Podrum je služio za odlaganje hrane koja se mora držati na hladnom i što dalje od insekata (poput muva) i ostalih životinja koje su vrebale napolju.

Vino su čuvali u vinskim podrumima, na nižoj temperaturi i van domašaja svetlosti.

U pušnici su se sušili i čuvali meso i riba. Konzerviranje, kiseljenje i dimljenje bili su važni procesi za očuvanje hrane u srednjem veku [4]. Mlekar je sužio za čuvanje mleka i mlečnih proizvoda.

Istorijski spomenik ovog tipa može se pronaći u selu Sirogojno. Postoji verovanje da je jedna žena bila zadužena za brigu o mleku. Nju su zvali „Planinka“ i samo njoj je bio dozvoljen ulaz u mlekar [4]. Ambar predstavlja prostor u kom se čuvalo i skladištilo žito. Ambari se obično grade sa ulazom odignutim iznad zemlje kako bi sprečili pristup miševima i drugim životinjama.

Kačara je bila drvena zgrada u seoskom domaćinstvu u kojoj se nalazio kazan za pečenje rakije, kace u kojima se sakupljalo voće za rakiju, i sama rakija kao finalni proizvod.

3. DIMENZIONISANJE KUHINJE I PRINCIP RADNOG TROUGLA

3.1. Projektovanje kuhinje prema dimenzijama iz „Nofjerta“

U knjizi poznatoj svim arhitektama po imenu Arhitektonsko projektovanje, koju je napisao Ernest Nofjert, čije se prvo izdanje pojavilo još 1936. godine je između ostalog opisana i kuhinja [5]. Iako je prošlo mnogo godina od prvog izdanja, ova knjiga je neizostavan priručnik svakog arhitekta. U ovoj knjizi su date osnovne dimenzije u kuhinji, a slične mere i principi projektovanja su očuvani do dana današnjeg. U knjizi se navodi da kuhinja treba da bude orijentisana ka severoistoku ili severozapadu, posredno vezana za baštu sa povrćem i mirođijom, kao i sa podrumom.

Činjenica je da danas retko koja kuhinja na usluzi ima bar jedno od navedenog, posebno kada govorimo o gradovima. Zato danas umesto podruma imamo klasične frižidere, frižidere za vino i zamrzivače u kojima čuvamo hranu i piće na određenim temperaturama. Što se tiče predloga bašte, jedino što u stanovima možemo da uradimo jeste da na prozoru u kuhinji, ukoliko ga imamo, ili na balkonu u saksijama zasadimo začinske biljke, kao što su mirođija, ruzmarin, bosiljak, itd.

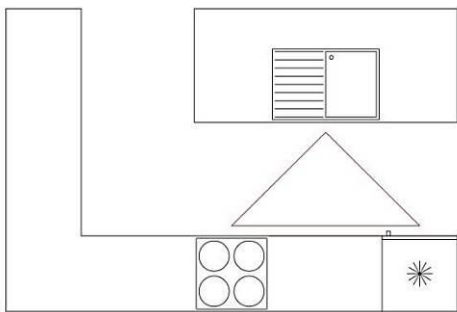
On takođe navodi da kuhinja treba da bude u vezi sa predsobljem, trpezarijom i prostorijom za kućne poslove. Prilikom projektovanja, u mislima moramo imati da je kuhinja radno mesto unutar jednog stana, ali istovremeno i mesto gde se domaćica zadržava satima [5]. Ovo je prostor u kom se okuplja porodica, prostor za obedovanje i užinu.

3.2. Princip radnog trougla

Funkcionalna kuhinja podrazumeva pravilan raspored uređaja, radnih površina i elemenata za odlaganje. Prateći logičan sled aktivnosti prilikom pripremanja obroka počinjemo sa pripremom namirnica, zatim namirnice i posuđe peremo u sudoperi, potom ih ponovo postavljamo na radnu površinu, dodatno obrađujemo i na kraju stavljamo da se termički obrade.

Zaključujemo da se prilikom pripreme hrane odnosno obroka najviše koriste frižider, šporet (grejna ploča ili rema) i sudopera. Ove elemente treba postaviti blizu jedan drugom kako bi sve bilo na dohvat ruke, što ne znači da oni treba da stoje jedan uz drugi, jer onda ne bismo imali prostora za pripremu i serviranje gotovog jela.

Trougao na crtežu (slika br. 2.) prikazuje distance koje čovek prelazi tokom ove radnje, iz datog primera možemo uočiti da postavljanje sudopere na kuhinjsko ostrvo može značajno olakšati pripremu obroka. Ukoliko nemamo prostora za radni trougao, odnosno ukoliko nam oblik prostorije to ne dozvoljava, vodimo se tim da redosled uređaja prati redosled spremanja obroka u kuhinji.



Slika 2. Ilustracija kuhinjskog krougla

4. POSTUPAK PROJEKTOVANJA KUHINJE

4.1. Razgovor sa klijentom

Vrlo je važno da svaki klijent odvoji dovoljno vremena za projektovanje svoje kuhinje (odnosno na konsultacije sa arhitektom koji mu radi projekat), jer ona treba dugoročno da služi potrebama i ostavlja moderan utisak. Klijent treba arhitekti da pruži sve potrebne informacije, koliko osoba će koristiti kuhinju, odnosno koliko osoba trenutno živi u stanu i da li planiraju proširenje porodice. Ovo važi za slučaj da ne planiraju da menjaju odnosno proširuju kuhinju u narednom periodu. Naručilac treba da se izjasni da li je razmišljao o materijalima, bojama, dezenima itd. Vrlo bitan faktor je budžet, kako arhitekta ne bi osmislio nešto što klijent želi, ali nije u finansijskoj mogućnosti da to i realizuje. Arhitekta je dužan da predstavi katalog uz objašnjenje o glavnim karakteristikama i okvirnim cenama prikazanih materijala. Mnogi misle da okove treba prepustiti stolarima, ali i pre samog dogovora sa stolarima klijentima treba predstaviti sve moguće mehanizme, načine otvaranja, ručkice i tome slično.

4.2. Merenje prostora

Osnovne informacije koje kupac treba da ima kako bi projektant mogao da predloži neka rešenja i ideje vezane su za same mere prostorija i položaj instalacija. Što više opštih informacija projektant dobije o prostoru, to će uspešnije na kraju kupcu dočarati potencijalan izgled kuhinje. Ukoliko je to moguće, najbolje je da arhitekta ode u prostor, da ga doživi i premeri. Tehnička ispravnost je cilj svakog projekta.

4.3. Modelovanje i vizualizacija kuhinje

Oblikovanje prostora treba započeti nacrtom prostora, odnosno osnovom. Dalji proces podrazumeva trodimenzionalno crtanje odnosno modelovanje elemenata i slaganje po smislenom redosledu. Ukoliko su instalacije izvedene, i njihova pozicija ne može da se pomeri one nam određuju poziciju određenih elemenata.

Klijenti se najčešće odlučuju za uslugu uređenja enterijera kada ne mogu da zamisle veličinu nameštaja u prostoru, pa im 3D prikaz najbolje odgovori na sve nedoumice i pitanja. Svaki projekat je individualan i zavisi od mnogo faktora. Samim tim teško je vremenski predvideti trajanje projekta. Kako u svakom poslu, tako i u dizajniranju enterijera postoje neka od osnovnih pravila. Puno je elemenata koje treba uskladiti, boje, dizajn, materijale itd. Prvi korak je organizacija prostora, zatim odluka o materijalima i bojama koji će se koristiti. Dok za kraj

ostaju detalji koji će taj prostor učiniti životnim. Samim tim, svaki prostor dobija svoju atmosferu i svoj jedinstven i upečatljiv izgled. Kada projektant odradi rendere (primer: Slika 3.), šalje ih klijentu na odobrenje, ukoliko je potrebna neka izmena, menja sve dok klijent ne bude potpuno zadovoljan izgledom svoje kuhinje. Svaki projekat je poseban i jedinstven, a najveća nagrada je zadovoljstvo klijenta. Kada se sve to objedini, misija dizajnera je uspešno izvršena. Nakon prihvatanja projekta, renderi i radionički crteži se šalju firmama koje izrađuju kuhinje odnosno nameštaj po meri, zatim one daju ponudu i rok izrade. Montaža treba da bude ispraćena i od strane projektanta i od strane klijenta kako bi sve bilo izvedeno po projektu i kako ne bi došlo do grešaka.



Slika 3.: Vizualizacija (render) kuhinjskog prostora

5. MATERIJALI, OKOVI I RUČKICE

5.1. Materijali

Materijali koji se koriste u oblikovanju enterijera mogu biti prirodni i veštački, često uključuju prirodna vlakna, elemente od drveta ili kamena, pa čak i ručno rađenu keramiku i dekor. Nepogrešiv izbor prirodnog materijala kada je kuhinja u pitanju je drvo, posebno hrast, koji je i najskuplji. Od materijala u izradi kuhinje se koriste i univer, medijapan, kvarc, granit, mermer, kompakt, kerok, staklo i metal. Zelenilo u kuhinjama je uvek dobrodošlo, ono će oplemeniti svaki prostor.

5.2. Ručkice

Ručkice su elementi na frontovima kuhinje pomoću kojih se otvaraju svi frontovi (primer: Slika 4.). Današnja tehnologija nam omogućavaju da postavimo skrivene ručkice, ili „push“ odnosno mehanizme koji se otvaraju na dodir i nisu vidljivi spolja. Klasične ručkice možemo pronaći u različitim veličinama, oblicima, dezenima, strukturama, različitih materijala i završne obrade. One se za frontove fiksiraju uglavnom skrivenim šrafovim, na jednom, dva ili više mesta. Ukoliko klijent na tržištu ne pronađe adekvatne ručkice, one se mogu izraditi po meri, najčešće od drveta ili metala. Od nedavno se ponovo koriste i kožne ručkice, kao nekada. Pre ugradnje klijent treba da vidi ručkice uživo, ne samo sliku na internetu i da ih uzme u ruke kako bih osetio i proverio njihovu težinu, stabilnost, postojanost itd.



Slika 4. Vizualizacija stilske kuhinje

5.3. Okovi

Okovi marke „Blum“ su najkvalitetniji i najraznovrsniji okovi koji postoje na našem tržištu. Samim tim što daju doživotnu garanciju na ispravnost mehanizama, ne bi trebalo da imamo nikakve sumnje u njihovo funkcionisanje. Najveći fokus Blum-ovih okova stavljen je na korisnike kuhinja i njihove potrebe. Sisteme okova odlikuju promišljena funkcionalnost, priznati dizajn i dugi vek trajanja. Vrste okova: šarke, klizači, šine, nosači polica, klizni mehanizmi, podizni mehanizmi, kuhinjski dodaci, ostali pribor, itd.

6. ZAKLJUČAK

Kuhinja za savremenog čoveka predstavlja srce doma, prostor gde se pripremaju obroci sa puno ljubavi i istražuju novi ukusi. To je mesto okupljanja cele porodice. Tako značajan prostor u svakom domu zaslužuje posebnu pažnju pri organizaciji i stvaranju lepog ambijenta. Prijatno okruženje, elementi koji se savršeno uklapaju u pojam estetike i životni prostor mogu dodatno olakšati proces pripremanja hrane i dati posebnu inspiraciju za sve kulinarske čarolije.

Kuhinja nudi prostor za skladištenje i pripremu hrane i hranljivih materija koje su neophodne našem telu. Danas je sve više gojazne dece verovatno iz razloga što se hrane u pekarama i prodavnicama brze hrane, tempo života jeste brz, iako je svuda oko nas najnovija tehnologija koja je ubrzala sve životne procese, ne samo prilikom kuvanja nego i u životu, a mi imamo sve manje vremena. Ukoliko želimo najbolje za svoje porodice, moramo im pomoći tako što ćemo promeniti navike u ishrani. Ovo se posebno odnosi na decu u ranom periodu života.

Nekada su kuhinje bile u zasebnoj bilo maloj ili velikoj prostoriji u okvirima svoja četiri zida, i ova prostorija je imala samo jednu namenu, a to je kuvanje. Sada je na snagu stupio koncept „open space“-a koji ne prihvata suviše pregrade tako da se kuhinje otvaraju i spajaju sa

trpezarijama i dnevnim boravkom. Otvorene kuhinje odnosno otvoreni prostori u domu su savršeni za porodični život, zabavu i poboljšanje socijalizacije. Uklanjanje barijera između kuhinje i ostalih društvenih prostorija ne samo da podstiče druženje i okupljanje već i pruža iluziju veće kvadrature što ima poseban značaj kada su u pitanju stanovi male površine.

Najbolji deo otvorene kuhinje može biti integracija ostrva u kuhinjski odnosno trpezarijski prostor. Ostrvo često postaje središte kuvanja, zabave i druženja, samim tim ono predstavlja centralnu tačku u domu i podstiče socijalizaciju.

Izbor adekvatnog dizajna nije lak. Za one koji ne mogu da zamisle finalni proizvod i ne znaju koje sve mogućnosti kuhinjski prostor može da pruži ili imaju previše mali ili veliki prostor, a žele da ga u potpunosti iskoriste, pomoć dizajnera enterijera je od ključne važnosti. Dizajner enterijera, odnosno arhitekta će pre svega funkcionalno i u skladu sa instalacijama rasporediti kuhinjske elemente, zatim će pružiti pomoć pri odabiru stila, boja, dezena, materijala, odabira rasveta i svega onog što je neophodno da bi kuhinja izgledala i funkcionisala savršeno.

Kuhinje se uglavnom ne menjaju svake godine, jednim delom zbog finansijskog momenta, a drugim delom zbog izvođenja, jer je potrebno ispratiti i iskontrolisati svaki detalj pri montaži, a to ume da potraje. Zato treba odabrati adekvatnu firmu koja će izvesti kuhinju identično kako je prikazano u projektu i poštovati rokove.

7. LITERATURA

- [1] (<https://www.worldcoppersmith.com/complete-history-kitchen/>)
- [2] (<https://www.prozorivrata.com/ognjiste-simbol-doma-i-porodicne-topline/>)
- [3] (<http://nadica-janic.blogspot.com/2014/12/ognjiste-srce-kuce.html>)
- [4] (<https://www.sirogojno.rs/i-domacinstvo>)
- [5] Ernest Nofjert “Arhitektonsko projektovanje“ Građevinska knjiga, Beograd 2012.

Kratka biografija:



Jelena Jelača rođena je u Novom Sadu 1995. god. Osnove studije arhitekture i urbanizma na Fakultetu tehničkih nauka je upisala 2014. godine, a završila 2018. godine. Iste godine upisuje master smer na Fakultetu tehničkih nauka – Dizajn enterijera.

kontakt: enterijerjelena@gmail.com

РУРАЛНА СТАМБЕНА ЈЕДИНИЦА У ЛЕЖИМИРУ**RURAL RESIDENTIAL UNIT IN LEŽIMIR**Милана Божић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област- АРХИТЕКТУРА**

Кратак садржај – Тема рада била је истражити и испројектовати стамбену јединицу прилагођену добу пандемије када се велики број људи повлачи у рурална подручја због квалитетнијег начина живота.

Кључне речи: пандемина Covid-19, рурално подручје, стакленик, стамбена јединица

Abstract – The task was to research and design residential unit suitable to this period of pandemic where a large number of people are retreating to rural areas because of a better quality of life there.

Keywords: pandemic Covid-19, rural area, greenhouse, residential unit

1. УВОД

Вирус који изазива респираторну инфекцију појавио се у Кини крајем 2019. године. Од тада проширио се цијелим свијетом утичући не само на здравље људи, него и на економију, привреду, политику али и психичко стање људи.

Број незапослених је нагло порастао, овај податак најбоље се читава у статистикама Сједињених Америчких држава који каже да је стопа незапослености на врхунцу пандемије (април 2020. године) износила 14.7%, што значи да је око 40 милиона људи остало без посла у том периоду. Велики број људи уточиште налази у руралним подручјима, покушавајући тако сачувати здравље али и смањити трошкове живота.

Како би редуковали трошкове свакодневног живота све више прибјегавају производњи сопствене органске хране. Повлачење на село и производња органске хране први су избор појединца јер је основни циљ свих нас сачувати здравље у ово доба пандемије.

Шта је све потребно једној стамбеној јединици да би једна породица задовољила све своје потребе и производила органску храну за своје домаћинство? Овим питањем бавио се истраживачки дио овог рада, а као одговор на исто дато је архитектонско рјешење руралне стамбене јединице.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Јелена Атанацковић–Јеличић, ред. проф.

2. ПРОИЗВОДЊА ОРГАНСКЕ ХРАНЕ

Органска храна пронашла је своју употребу како у великим компанијама које је производе и продају на тржишту тако и домаћинству гдје се производи у знатно мањој мјери и задовољава искључиво потребе домаћинства. У производњи органске хране не користе се пестициди, нема хемијских гнојива, нема увођења генетски модификованих организама и не третира се прехранбеним адитивима.

- Предности органске хране:

- 1) Здравија је за људе
- 2) Већа нутритивна вриједност
- 3) Бољи укус
- 4) Заштита околиша

- Мане органске хране:

- 1) 15% скупља

Уколико се ради о производњи органске хране за велике прехранбене индустрије скупља је јер је неопходно првенствено обезбједити адекватан простор за производњу као и машине за регулисање температуре и влаге у тим просторима. Улагање у простор и механизацију највише утиче на финалну цијену производа. Ако говоримо о производњи органске хране за потребе домаћинства онолико колико се уштеди за вјештачка ђубрива и адитиве готово покрива изградњу стакленика.

Доказано је да конзумација органски произведене хране ојачава имунитет и утиче на опште стање организма. Према неким истраживањима побољшање је могуће примјетити већ у периоду од шест мјесеци.

3. СТАКЛЕНИК

Стакленик је надземни објекат самосталне конструкције на бетонским темељима са стакленом надградњом. Конструкција се прави од вруће поцинчаних челичних цијеви и алуминијумских профила. Предност овакве конструкције јесте у уским профилима чиме је смањено засјењивање биљака. Стакленик је простор који има своју засебну микроклиму, коју диктира онај који га одржава, те је самим тим погодан за узгој свих врста биљака током цијеле године. Када се каже да стакленик има своју микроклиму то значи да се температура и влажност ваздуха подешавају и одржавају "вјештачким" путем.

Димензије стакленика одређене су потребама производње, али без обзира на величину стакленика неопходно је на кровне прозоре уградити ролетне како би се, када је Сунчево зрачење прејако, могао контролисати продор Сунчевих зрака.

4. ЛОКАЦИЈА

За свако архитектонско рјешење прије приступања пројектовању неопходно је одабрати локацију на којој ће се објекат налазити.

У случају овог пројекта пројектним задатком је одређено каква то локација треба бити, ријеч је о руралној средини. Корисници стамбеног простора који се пројектује су такође познати. Ради се о четворчаној породици која је услед пандемије приморана да се из града повуче на село. Упознавање са потребама корисника утиче на пројектовање али и на одабир локације.

Важно је да локација не буде превише удаљена од града гдје би корисници могли задовољити било какве административне али и социјалне потребе (дружења, изласци, комуникација с људима).

Близина града се такође огледа и у близини здравствених установа обзиром да је пројекат смјештен у доба пандемије. Земљиште ће такође одиграти велику улогу при избору локације. За узгој органске хране, иако се ради о стакленику, неопходно је да земљиште буде плодно.

4.1 Одабир локације

Одабрана парцела за овај објекат налази се у селу Лежмиру на Фрушкој Гори. Лежмир је мало село, броји свега 950 становника и припада општини Сремска Митровица. Од Сремске Митровице је удаљено 18км, а од Новог Сада 45,1км, чиме је испуњен услов близине града одабраној локацији.

Фрушка гора обилује мањим селима која су на пјешачкој удаљености једно од другог.

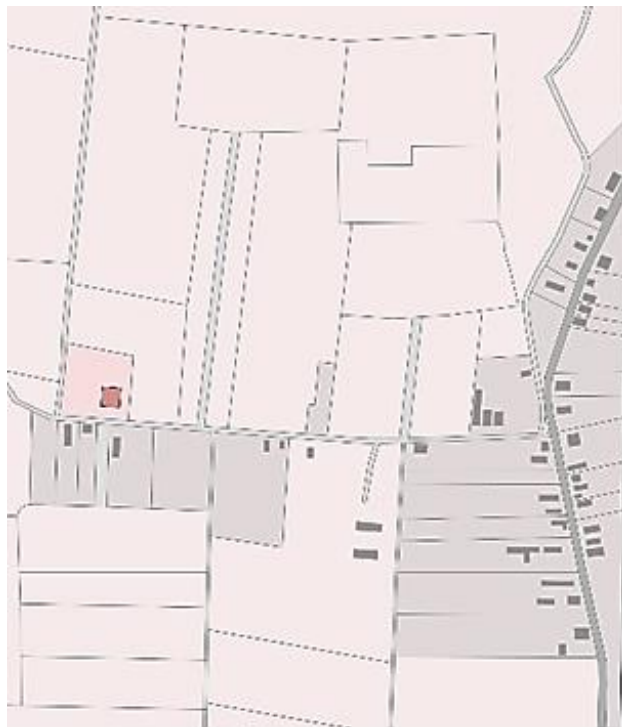
Свако село, укључујући и Лежмир, има своју микро-администрацију која се бави одржавањем сваког села. Ово омогућава корисницима да у психолошком смислу лакше прихвате транзицију из града у село. Првобитно је у пројекту разматрано да то буде потпуно изолована локација (у циљу што мање комуникације са људима), али је донесен закључак да са психолошке стране то не представља идеално рјешење.

Лежмир, као и већина села на Фрушкој гори, обилује пољопривредним земљиштем. На овом просторима људи се од давнина баве узгојем воћа, поврћа и житарица. Великим површинама плодног земљишта испуњен је још један услов за одабир локације.

Поред локалних путева кроз село пролази и магистрални пут који га повезује са Сремском Митровицом. Одабрана парцела налази се уз локални пут што је чини лаком за приступ.

У односу на центар села гдје се налази трговина, киоск, црква, сједиште мјесне заједнице и слични задржаји, локација је на пјешачкој удаљености. Сусједни објекти и парцеле су на већој удаљености од одабране парцеле ошто није ријеткост за сеоска подручја. Већина парцела, као и одабрана, су већих димензија и приближно правоугаоних облика, тако да се може позиционирати стамбени објекат и неколико мањих помоћних објеката (штале, амбари, шупе).

Када су сви параметри узети у обзир, парцела у Лежмиру испуњавала је све неопходне услове, те је зато и одабрана.



Слика 1. Приказ одабране парцеле и позиција објекта

4.2 Позиционирање објекта на парцели

С обзиром да се ради о малом сеоском насељу планове детаљне рехулације није могуће наћи те је позиционирање објекта препуштено пројектанту без законских органичења. Објекат је позициониран тако да што више обрадивог земљишта остане у једном комаду нетакнуто. Објекат је привучен источној страни парцеле. Одабрана је оваква позиција јер се парцела на западној страни граничи са локалним путем, док се са источне граничи са другом парцелом. У односу на прилазни пут који води до парцеле објекат је одмакнут 8м. Разлог за ово је и чињеница да се са друге стране локалног пута налазе куће које су позицијом привучене уз пут, те је у смислу осигуравања приватности били неопходно одмакнути новопроектовани објекат од пута.

5. КОНЦЕПТ

Након што је одабрана локација, на основу пројектног задатка, пројектни задатак се проучава и приступа се креирању концепта. Познато је да рјешење задатка мора укључивати стамбену јединицу као и простор за узгој органске хране. Објема структурама се приступа засебно. Посебно се пројектује стамбена јединица, посебно се обликује стакленик према већ утврђеним правилима. Након што су обје јединице формиране приступа се методи спајања или преклапања двије различите структуре и намјене. Долазимо до концепта „стакленик кућа". Ради се о стамбеној јединици која није уз стакленик него је и сама дио стакленика. Налази се у централној зони док стакленик представља обруч око стамбене јединице. Како би чинили униформну цјелину стамбени дио поприма изглед и начин функционисања стакленика.

Након разрађеног концепта, приступа се пројектовању истог.



Слика 2. Шематски приказ концепта

5.1. Архитектонско-урбанистички развој

Стамбени објект мора бити прилагођен тренутној ситуацији са пандемијом корона вируса. Сходно томе улази хол објекта пројектован је у циљу што веће заштите од корона вируса при самом уласку у кућу. У улазном холу налазе се двије мање просторије. Прва је тоалет који је предвиђен како за дезинфекцију руку тако и за физиолошке потребе. Друга просторија за разлику од тоалета посједује отворе на два зида који служе за провјетравање. Ова просторија намјењена је провјетравању и одлагању гардеробе и обуће која је ношена за вријеме боравка напољу како би се што више смањило унос бакцила у кућу. Дневна зона је централно оријентисана јер је потпуно застакљена са двије стране те је намјештај позициониран ка центру просторије што омогућава несметан пролаз у стакленик као и поглед ка истом. У ноћној зони налазе се три спаваће собе. Поред наведених просторија неопходно је било испројектовати просторију која ће служити за одлагање произведене хране.

Стакленик са три стране окружује кућу- одакле и потиче назив концепта „стакленик кућа“. Сви зидови на кући, гдје је за то постојала могућност, су од стакла. Циљ је да се из сваке просторије може изаћи у стакленик. Оваквим отвореним концептом постижемо:

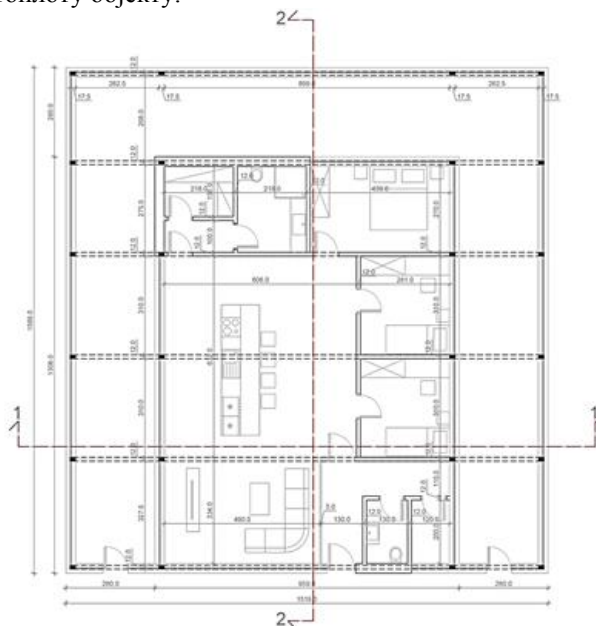
- 1.) Гледајући са психолошке стране људи лакше превазилазе потешкоће и промјене у животу када раде. А када им је рад (узгој у стакленику) у близини дома веће су шансе да ће се појединац окренути раду и тако превазићи кризу у којој се налази те радити нешто корисно за себе и околину.
- 2.) Приступачност узгојених производа- у свако доба дана и из сваке просторије у кући могуће је приступити стакленику и убрлати оно што нам је у том моменту потребно.
- 3.) Визуелни аспект- иако се ради о кући од 112м² велике стаклене површине чине да она изгледа лако и прозрочно.

Из техничких разлога одређене просторије немају отворе. Што се, иако се на самом почетку чинило као сметња при пројектовању, показало као визуелно и статички добро рјешење.

Због количине стакла на кући и стакленику на стакленом крову постављене су ролетне које се електронски покрећу те корисници могу смањити продор свјетлости и топлоте када је то потребно. Сунчеви зраци уколико се не контролишу овим путем могу трајно оштетити културе које се узгајају у стакленику, како зрачењем тако и топлотом.

С обзиром на поднебље на ком се гради рјешавање гријања представља битан дио пројектовања. Стакленици се грију на различите начине: ковекторима и конвекцијским системима, гријачима, гријање каблом, гријање водом, инфрацрвено гријање, гријање на

плин, ваздухом, пећно гријање. Најчешће кориштено је гријање водом што је одабрано и за овај случај, како за стакленик тако и за кућу. Систем при изградњи објекта захтјева инсталацију од сертификованих лица. Постављају се цијеви кроз објекат кроз које касније струји загријана вода те тако предаје топлоту објекту.



Слика 3. Основа приземља

6. ТЕХНИЧКИ ОПИС

6.1 Конструкција

Објект је суштински стаклени кубус са косим кровом на двије воде. У комбинацији са стаклом најбоље се показала челична конструкција те је она и овдје кориштена. Челична конструкција је такође представљала најбољи избор за овај објект првенствено због дужина распона које може да премости али и због разноврсности у димензијама профила. Одабран је челични конструктивни систем са стубовима хладно обликованих кутијастих профила димензија 17.5x12.5цм. Уколико би се рачунао просјечан распон износио би 4.15м што у овом случају није реално јер је разлика између највећег и најмањег распона велика. Највећи распон на објекту износи 8.99м, најмањи износи 2.63м, кренувши од најмањег на кући постоје још и распони који износе 2.75м, 3.10м и 3.28м. Челични стубови ослањају се на армиранобетонске темеље самце постављене на дубини 110цм, димензија 78x78цм. Стубови и темељи повезани су помоћу челичне папуче која се посебним анкерима приврће у темеље.

Кровна конструкција је решеткасти носач који повезује челичне стубове, и премостава велики распон кровне конструкције. Распон кровне конструкције износи 14.7м те су у складу са тим димензионисани и дијелови решеткасте конструкције. Штапови испуне су од хладно обликованих профила 80x80x4мм, појасни штапови су димензија 100x100x5мм, док су рођаче 60x60x4мм. Размак између наведених дијелова конструкције израчунат је према устаљеним обрачунима у зависности од распона на ком се налазе.

Као дио конструкције формиран су армиранобетонски зидови за учвршћивање на два краја у дијагоналном правцу објекта. Било је неопходно потпуно затворити одређене просторије (тоалет, купатило, остава) што је омогућило додатно учвршћивање армираним бетоном.

Дневна зона нема горњу плочу што омогућује несметан продор сунца у објекат и утиче на његово загријавање. Док просторије у ноћној зони као и тоалет, купатило и остава имају горњу плочу у виду сендвич панела дебљине 10цм.

Доња плоча стамбеног дијела формирана је такође у армираном бетону са различитим подним облогама (паркет и керамика). Њена дебљина износи 30цм.

6.2 Материјализација

С обзиром да се ради о специфичном концепту „стакленик куће“ материјализација се сама намеће. Дакле на објекту је највише кориштено стакло. Стаклени панели са посебним профилима уграђују се у армиранобетонски обод на земљи висине 30цм. Стаклене пошине издијељене су по вертикали и хоризонтално алуминијумским профилима који имају улогу да учврсте стаклене површине али и визуелно уносе одређену динамику у фасаду. Онолико колико је то било могуће, с обзиром на димензије стаклених површина, попречни пресеци челичних и алуминијумских профила су смањени али су постављени на мањим удаљеностима како не би нарушили стабилност конструкције. Одабрано је да ови профили буду у црној боји како би се на стакленим површинама што више истицали те у визуелном смислу одавали утисак стамености и чврстине. Челик и стакло су добитна комбинација када се раде модерни и иновативни објекти, јер иако се већ дуге вријеме користе у грађевинарству ипак представљају материјале који излазе ван оквира традиционалне градње и дају широк спектар могућности у погледу обликовања али и распона.

Поред челика кориштен је и армирани бетон као још један неприродан материјал. Дијелови од армираног бетона предвиђени су да буду у бијелој боји јер у поређењу са малим површинама челика ови зидови су површином знатно већи те се разноликошћу у бојама постиже контраст на фасади али се и визуелно јасно назначавашу одвојени простори у објекту.

За формирање објекта и фасаде кориштени су вјештачки материјали јер је кућа на таквој локацији да је окружена природом. Са свих страна на парцели а и шире окружује је шума, зеленило и просторства обрадивог земљишта. Приступљено је слојевитом пројектовању како би се истакао се контраст природног и неприродног. Стамбени дио објекта потпуно је прављен од вјештачких материјала, појас око стамбене јединице су засади у стакленику потпуно природни и на крају обод/фасада стакленика поново вјештачки материјали.



Слика 4. 3D приказ

7. ЗАКЉУЧАК

Архитектура се прилагођава из дана у дан. Прилагођава се новонасталим условима полазећи од свјетског нивоа па све до личних потреба корисника. Свједоци смо великог броја историјских раздобља према којима се и архитектура мијењала јер су на њу утицали разни фактори. Архитектура ће увијек ићи у корак са временом било да се ради о промјени потреба становништва или технолошком напретку. Свије се у протекле двије године нашао у специфичној ситуацији са пандемијом корона вируса, те су самим тим промјењене и потребе становника планете Земље.

Стамбена јединица као типологија пројектује се од давнина, чак и док није постојала архитектура као струка људи су своје стамбене просторе свјесно или несвјесно сами пројектовали и уређивали. С тим у вези још један од изазова овог задатка огледао се у томе да се нешто што је устаљено попут стамбене јединице подигне на виши ниво. Да би се дошло до најбољег рјешења неопходно је прво извршити истраживање. Оно што је за конкретан случај обезбједило добијање рјешења које излази ван оквира традиционалне градње јесте кориштење нових материјала и технологија.

Сабирајући сва истраживања, мичући се од ограничења и приступајући пројекту отвореног ума, чак и један наизглед једноставан пројекат може се преформулисати како би у завршници представљао рјешење које још није виђено-што је у коначници циљ сваког пројекта.

Кратка биографија:



Милана Божић рођена је у Њемачкој 1996. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектура- архитектонско пројектовање алтернативни приступи одбранила је 2021. год. у Новом Саду.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2021. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Duško Bekut	Maša Bukurov	Relja Strezoski
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Ćosić	Matija Stipić	Slavica Mitrović
Aleksandar Kovačević	Đorđe Lađinović	Milan Čeliković	Slavko Đurić
Aleksandar	Đorđe Obradović	Milan Mirković	Slobodan Dudić
Kupusinac	Đorđe Vukelić	Milan Rapajić	Slobodan Krnjetin
Aleksandar Ristić	Đula Fabian	Milan Segedinac	Slobodan Morača
Bato Kamberović	Đura Oros	Milan Simeunović	Sonja Ristić
Biljana Njegovan	Đurđica Stojanović	Milan Trifković	Srđan Kolaković
Bogdan Kuzmanović	Filip Kulić	Milan Trivunić	Srđan Popov
Bojan Batinić	Goran Sladić	Milan Vidaković	Srđan Vukmirović
Bojan Lalić	Goran Švenda	Milena Krklješ	Staniša Dautović
Bojan Tepavčević	Gordana	Milica Kostreš	Stevan Gostojić
Bojana Beronja	Milosavljević	Milica Miličić	Stevan Milisavljević
Branislav Atlagić	Gordana Ostojić	Mijodrag Milošević	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Igor Budak	Milovan Lazarević	Strahil Gušavac
Branka Nakomčić	Igor Dejanović	Miodrag Hadžistević	Svetlana Bačkalić
Branko Milosavljević	Igor Karlović	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branko Škorić	Igor Peško	Mirjana Damnjanović	Tanja Kočetov
Damir Đaković	Ivan Beker	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar -
Danijela Ćirić	Igor Maraš	Miroslava Radeka	Turukalo
Danijela Gračanin	Ivan Mezei	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Danijela Lalić	Ivan Todorović	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Darko Čapko	Ivana Katić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Marčetić	Ivana Kovačić	Miroslav Kljajić	Veran Vasić
Darko Reba	Ivana Maraš	Miroslav Popović	Veselin Perović
Dejan Ecet	Ivana Miškeljin	Miroslav Zarić	Višnja Žugić
Dejan Jerkan	Jasmina Dražić	Mitar Jcanović	Vladimir Katić
Dejan Ubavin	Jelena Atanacković	Mitar Đogo	Vladimir Mučenski
Dejana Nedučin	Jeličić	Mladen Kovačević	Vladimir Strezoski
Dragan Ivanović	Jelena Borocki	Mladen Tomić	Vlado Delić
Dragan Jovanović	Jelena Demko Rihter	Mladen Radišić	Vlastimir Radonjanin
Dragan Ivetić	Jelena Radonić	Nebojša Brkljač	Vojin Ilić
Dragan Jovanović	Jelena Slivka	Neda Milić Keresteš	Vuk Bogdanović
Dragan Kukolj	Jelena Spajić	Nemanja	Zdravko Tešić
Dragan Pejić	Jovan Petrović	Stanisavljević	Zoran Anišić
Dragan Šešlija	Lazar Kovačević	Nemanja Sremčev	Zoran Brujić
Dragana Bajić	Leposava Grubić	Nikola Đurić	Zoran Čepić
Dragana	Nešić	Nikola Jorgovanović	Zoran Jeličić
Konstantinović	Livija Cvetičanin	Nikola Radaković	Zoran Mitrović
Dragana Šarac	Ljiljana Vukajlov	Ninoslav Zuber	Zoran Papić
Dragana Štrbac	Ljiljana Cvetković	Ognjen Lužanin	Željen Trpovski
Dragoljub Šević	Ljubica Duđak	Peđa Atanasković	Željko Jakšić
Dubravka Bojanić	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	
Dušan Dobromirov	Marinko Maslarić	Platon Sovilj	
Dušan Gvozdenac	Marko Marković	Radivoje Dinulović	
Dušan Kovačević	Marko Todorov	Radomir Kojić	
Dušan Uzelac	Marko Vekić	Radovan Štulić	

