



# nauka + praksa

Centar za građevinarstvo i arhitekturu Niš

25 | 2022



# nauka + praksa

Centar za građevinarstvo i arhitekturu Niš

25 | 2022



**Nauka+Praksa**

Broj 25/2022.

[www.gaf.ni.ac.rs/nip/nauka/](http://www.gaf.ni.ac.rs/nip/nauka/)

[nauka+praksa@gaf.ni.ac.rs](mailto:nauka+praksa@gaf.ni.ac.rs)

+381 18 588 200

**Izdavač**

Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija

[www.gaf.ni.ac.rs](http://www.gaf.ni.ac.rs)

**Za izdavača**

dr Slaviša Trajković, redovni profesor, dekan Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu

**Glavni i odgovorni urednik**

dr Miomir Vasov, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

**Urednici**

dr Vuk Milošević, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

dr Emina Hadžić, redovni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta U Sarajevu

dr Zlatko Zafirovski, vanredni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta Sveti Ćirilo i Metodije u Skoplju

**Lektor za engleski jezik**

Goran Stevanović, diplomirani filolog-anglista

**Saradnik za UDK i CIP**

Ana Mitrović, diplomirani filolog za književnost i srpski jezik, diplomirani bibliotekar

**Naslovna strana**

Dizajn naslovne strane: dr Vladan Nikolić, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Objekat: Kafe restoran, Vladičin Han

Arhitektura: Milan Tanić, Vojislav Nikolić, Slaviša Kondić, Nevena Pavlović, Marija Marinković

Konstrukcija: Dragan Zlatkov, Predrag Petronijević

Radovi su recenzirani, ali svu odgovornost za tačnost, originalnost, kvalitet i obezbeđivanje autorskih prava prikazanih i korišćenih dela i podataka preuzimaju autori.

**ISSN 1451-8341**

UDK 624+72

Učestalost objavljivanja: jednom godišnje

Štampa Grafika Galeb Niš

Tiraž: 100



## **UVODNA REČ**

Rešavanje složenih stručnih zadataka neraskidivo je vezano za naučna istraživanja i predstavlja idealnu priliku da se ona testiraju u praksi. Uz to, ova veza nauke i prakse ima širi značaj i bitno ju je prezentovati i učiniti dostupnom i inženjerima koji se bave pre svega praktičnim radom. Zbog toga je 1992. godine, Građevinski fakultet Univerziteta u Nišu, kroz svoj Institut za građevinarstvo i arhitekturu, odlučio da rezultate stručnog i naučnog rada publikuje i predstavi široj javnosti i počeo sa objavljivanjem časopisa. Te godine časopis je izašao pod imenom Zbornik radova Instituta za građevinarstvo i arhitekturu, međutim već sledeće, 1993. godine, časopis menja ime i biva nazvan Nauka+Praksa. Taj naziv časopis nosi i danas, u svojoj 30 godini postojanja, kada se publikuje njegov 25. broj.

Časopis Nauka+Praksa objavljuje naučne radove iz oblasti arhitekture i građevinskog inženjerstva. Prihvaćeni radovi se razvrstavaju prema tipu na: izvorne naučne radove, pregledne radove, kratka ili prethodna saopštenja i naučne kritike odnosno polemike. Svi prihvaćeni radovi su recenzirani od strane najmanje dva recenzenta. Časopis je u potpunosti uređen u skladu sa Pravilnikom o kategorizaciji i rangiranju časopisa. Tako je dobijen novi CIP broj za časopis, a svim radovima dodeljen je i adekvatan UDK broj. Publikovano je i Uputstvo za formatiranje i slanje radova, kao i Lista recenzenata. U okviru uredničke dokumentacije vodi se Registar prispelih radova, Arhiva izjava autora, Uputstvo recenzentima, Lista recenzenata i Registar recenzija.

U ovom broju objavljeno je 17 radova što predstavlja veliki napredak u odnosu na prethodne brojeve i motivaciju uredništvu da nastavi sa popularizacijom časopisa. Radovi su tematski ravnomerno podeljeni između oblasti građevinarstva i arhitekture. Najveće zasluge za objavljivanje ovog broja pripadaju autorima koji su prepoznali ugled, tradiciju i značaj časopisa, i recenzentima koji su nesebično podelili svoje znanje i iskustvo sa autorima u cilju podizanja kvaliteta radova. Broj recenzenata sa drugih institucija premašio je broj onih sa Građevinsko-arhitektonskog fakulteta i uredništvo je na to posebno ponosno. U narednom periodu radiće se na tome da se poveća i broj autora sa drugih institucija. Stoga pozivamo autore da nastave da istražuju, beleže rezultate naučnoistraživačkog rada i objavljuju ih u časopisu Nauka+Praksa.

Glavni i odgovorni urednik,  
Prof. dr Miomir Vasov, dipl. inž. arh.

Dekan,  
Prof. dr Slaviša Trajković, dipl. inž. građ.

## SADRŽAJ

<i>Dušan Randelović, Miomir Vasov, Jelena Savić, Aleksandra Ćurčić, Jelena Stevanović</i> TROMBOV ZID KAO ARHITEKTONSKI ELEMENT ZA OBEZBEDIVANJE INDIREKTNIH SOLARNIH DOBITAKA U ZGRADAMA	1
<i>Dušan Grdić, Nenad Ristić, Zoran Grdić, Gordana Topličić - Ćurčić, Dejan Krstić</i> UTICAJ DUŽINE POLIPROPILENSKIH MULTIFILAMENTNIH I FIBRILIZANIH VLAKANA NA SVOJSTVA CEMENTNOG MALTERA	7
<i>Uroš Antić, Aleksandar Milojković, Marko Nikolić</i> ZNAČAJ I MOGUĆNOSTI TRANSFORMACIJE I REAKTIVACIJE HOTELSKIH ZGRADA MEĐURATNOG MODERNIZMA NA PRIMERU HOTELA PARK U NIŠU	15
<i>Vuk Milošević, Dragan Kostić</i> ODABRANE IZVEDENE MEMBRANSKE KONSTRUKCIJE U REPUBLICI SRBIJI	27
<i>Vladan Nikolić, Olivera Nikolić</i> ADAPTACIJA I REMODELOVANJE ENTERIJERA HOLA ZGRADE NARODNOG MUZEJA U LESKOVCU	35
<i>Nemanja Marković, Dragan Stamenković, Nenad Stojković, Radovan Cvetković</i> STRUKTURNI IZOLACIONI PANELI (SIP) U GRADNJI PORODIČNIH KUĆA	42
<i>Maša Randelović, Marko Nikolić, Ljiljana Vasilevska, Miomir Vasov</i> IDEJNO REŠENJE ZGRADE POZORIŠTA U NIŠU	49
<i>Aleksandra Ilić, Dragan Radivojević, Borko Radivojević</i> KONCEPCIJA UREĐENJA REKE JUŽNE MORAVE U ZONI MOSTA GRAOVO U GRDELIČKOJ KLISURI	58
<i>Dimitra Jezdimirović, Marko Nikolić</i> REVITALIZACIJA I KONVERZIJA TVRĐAVA SA OSVRTOM NA SLUČAJ TVRĐAVE KOZNIK	69
<i>Dragan Zlatkov, Slobodan Ranković, Biljana Mladenović</i> EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE VEZA NOSEĆE KONSTRUKCIJE MONTAŽNE HALE HLADNJAČE „LOVOPROMET“ U NIŠU	81
<i>Aleksandra Cvetanović, Danica Stanković, Aleksandra Rančić</i> PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA KOMPLEKSA AMBASADE REPUBLIKE SRBIJE U KANBERI - ARHITEKTONSKO-URBANISTIČKI KONKURS	90
<i>Nikola Đokić, Borislava Blagojević</i> PRIPREMA KLIMATOLOŠKIH PODLOGA ZA OCENU PROSEČNIH PROTOKA U USLOVIMA BUDUĆE KLIME U SLIVU JUŽNE MORAVE	97
<i>Đurđina Rančić, Danica Stanković, Miomir Vasov, Milan Tanić</i> PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA BANKE NA UGLU ULICE OBILIĆEV VENAC I ULICE JUG BOGDANA U NIŠU	109
<i>Predrag Blagojević, Darko Živković, Aleksandar Šutanovac</i> OBEZBEĐENJE ISKOPA TEMELJNE JAME I SUSEDNIH OBJEKATA	116
<i>Nevena Pavlović, Danica Stanković, Miomir Vasov, Milan Tanić</i> PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA BIBLIOTEKE U ULICI BLAGOJA PAROVIĆA U NIŠU	123
<i>Jelena Dimitrijević, Dragan Milićević, Zlatko Zafirovski</i> PREGLED OBLASTI PRIMENE MODELA SWMM KOD IMPLEMENTACIJE LID TEHNOLOGIJA	129
<i>Slobodan Ranković, Žarko Petrović, Radovan Cvetković, Todor Vacev</i> DIJAGNOSTIKA STANJA AB SITNOREBRASTE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE - STUDIJA SLUČAJA	137
Uputstvo za formatiranje rada	143
Lista recenzenata časopisa Nauka+Praksa za broj 25/2022.	148



primljen: 09.12.2022.  
korigovan: 30.01.2023.  
prihvaćen: 03.03.2023.

pregledni rad

UDK : 697.11  
620.9:721

## TROMBOV ZID KAO ARHITEKTONSKI ELEMENT ZA OBEZBEĐIVANJE INDIREKTNIH SOLARNIH DOBITAKA U ZGRADAMA

Dušan Randelović<sup>1</sup>, Miomir Vasov<sup>2</sup>,  
Jelena Savić<sup>3</sup>, Aleksandra Ćurčić<sup>4</sup>, Jelena Stevanović<sup>5</sup>

**Rezime:** Globalni ekološki problemi su dostigli velike razmere usled sve veće potrošnja energije u sektoru zgradarstva. Sa udelom od oko 40% u ukupnoj potrošnji energije ovaj sektor predstavlja veliki potencijal za rešavanje ovog problema. Sistemi pasivnog solarnog dizajna mogu na efikasan način, bez utroška energije, doprineti poboljšanju unutrašnjeg komfora. Trombov zid, kao reprezent pasivne solarne arhitekture, uz pomoć termo-akumulacione mase može doprineti smanjenju potrošnje energije za grejanje u zimskom periodu. Ovaj sistem je u upotrebi već više decenija, ali su eksperimentalna istraživanja i njegova masovnija upotreba aktuelni tek poslednjih nekoliko godina. Uporedo sa povećanjem potreba za uštedom energije, raste i aktuelnost primene pasivnih sistema. Napredne tehnologije, savremeni materijali, praćenje i kontrolisanje uticaja primenjenih sistema, omogućili su da pasivni dizajn postane sve popularniji. Upotreba pasivnih sistema postaje neminovnost, a poznavanje njihovih karakteristika i načina funkcionisanja imperativ u projektovanju.

**Ključne reči:** pasivni dizajn, Trombov zid, ušteda energije, održivost

## TROMBE WALL AS AN ARCHITECTURAL ELEMENT FOR PROVIDING INDIRECT SOLAR GAINS IN BUILDINGS

**Abstract:** Global environmental problems have reached significant proportions due to the increasing energy consumption in the building sector., This sector has a great potential for solving this problem, with a share of about 40% of total energy consumption. Passive solar design systems can effectively improve internal comfort without the consumption of energy. The Trombe wall, as a representative of passive solar architecture, with the use of thermo-accumulation mass, can help in reducing the energy consumption for heating in the winter. This system has been in use for several decades, but experimental research and widespread use have only been current in recent years. In the past, little attention was paid to energy consumption, so passive systems were not as popular. With the advent of advanced materials technology, installation, monitoring, and control of the impact of applied techniques, passive design is becoming more and more popular nowadays. The use of passive systems becomes a necessity, and getting acquainted with their features and how they work is a matter of course.

**Key words:** Passive Design, Trombe Wall, Energy Savings, Sustainability

<sup>1</sup> Docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> Vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>3</sup> Docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>4</sup> Doktorand, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>5</sup> Doktorand, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1 UVOD

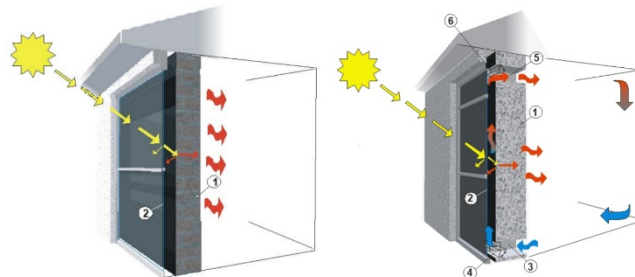
Potrošnja energije u sektoru zgradarstva je alarmantna, što za posledicu ima to da bi bez primene najefikasnijih mera za smanjenje potrošnje energije emisija štetnih gasova bila još veća. Bez obzira na to što ekološko projektovanje predstavlja koncept koji je aktuelan vekovima unazad, zelena gradnja poslednjih godina dobija sve više na značaju. Počev od analize lokalnih klimatskih karakteristika, preko adekvatne primene sistema pasivnog dizajna (Trombovog zida [1], zelenih krovova [2], dvostruke fasade [3] itd.), arhitekta u svojim projektima mogu značajno doprineti rešavanju ovog globalnog problema [4]. Predmet ovog rada je analiza sistema Trombovog zida kao predstavnika pasivne solarne arhitekture. Od kratkog istorijata, pregleda osnovnih karakteristika i preporuka za primenu konstrukcije Trombovog zida, do nekoliko primera dobre prakse, u ovom radu su date osnovne smernice za projektovanje ove konstrukcije. Na kraju je dat i kratak pregled softvera za simulaciju potrošnje energije primenom Trombovog zida.

## 2 ISTORIJAT, KARAKTERISTIKE I PREDNOSTI PRIMENE TROMBOVOG ZIDA

Pasivno solarno projektovanje predstavlja pravi izazov za arhitekta i doprinosi poboljšanoj energetskej efikasnosti isprojektovanih objekata. O'Brien, Kesik i Athienitis u svom radu *Solar design days: A tool for passive solar house design* [5] daju konkretne smernice za ispravno pasivno solarno projektovanje. Jedan od poznatih principa pasivnog solarnog projektovanja je Trombov zid. Trombov zid je prvi patentirao Edward S. Morse 1881. godine [6]. On je uočio potencijal iskorišćenja sunčeve energije termalnom akumulacijom toplote pomoću masivnog zida. Na ovaj način se mogu postići uštede u iskorišćenju energije za grejanje i hlađenje. Ova konstrukcija je dobila na značaju i počela da bude široko poznata zahvaljujući Francuskom inženjeru Felixu Trombu (po kome on i danas nosi ime) i francuskom arhitekti Jacques Michel-u koji su ga dodatno razvili [7], [8]. Strategije energetskej efikasnog pasivnog projektovanja su u velikoj meri zavisne od meteoroloških faktora, pa samim tim se od projektanta zahteva šire razumevanje klimatskih faktora [9]. U zavisnosti od klime, doba dana i spoljašnje temperature efikasnost ovog sistema može

značano da osciluje. Kako bi se ovaj sistem adaptirao različitim klimatskim uslovima i potrebama korisnika razlikujemo razne pojavne oblike Trombovog zida. Naime, Saadatian i drugi [10] navode da pored osnovne varijante (Classic Trombe wall), postoje i Zigzag Trombov zid (Zigzag Trombe wall), Vodeni Trombov zid (Water Trombe wall), Solarni Transparentni zid (Solar transwall), Solarni Hibridni zid (Solar hybrid wall), Trombov zid od faznopromenljivih materijala (Trombe wall with phase-change material), Kompozitni Trombov zid (Composite Trombe wall), Fluidni Trombov zid (Fluidised Trombe wall), Fotovoltaični Trombov zid (Photovoltaic (PV) Trombe wall).

Kako bi se omogućilo strujanje vazduha izvorno je ovaj sistem podrazumevao ventilacione otvore u donjem i gornjem delu. Ovo strujanje može biti prirodnim putem ali se ponekad obezbeđuje i prinudnim strujanjem vazduha (postavljanjem ventilatora). Ventilacioni otvori, ventilacija i izolacija su tri komponente trombovog zida koje imaju značajan uticaj na njegovu efikasnost. Akumuliranjem sunčeve energije se doprinosi grejanju, provetravanju i poboljšanom toplotnom komforu unutar prostorija. Princip funkcionisanja Trombovog zida ilustrativno je prikazan na *Slici 1*.



Slika 1 - Način funkcionisanja Trombovog zida [11]

U Trombovom zidu se mogu koristiti različiti materijali koji poseduju visoki toplotni kapacitet [10]. Visoki stepen akumulacije toplote imaju beton, kamen, zemlja, ali i voda, pa su najpogodniji za izradu ovakvih grejnih elemenata. Beton i čelik su bolji za skladištenje toplote od drveta, a čelik nije znatno superiorniji od betona ako se uzme u obzir efekat konvekcije [12]. Beton, terakota i krečnjak su najpovoljniji inercioni materijali za primenu u stanovanju: oni nude istovremeno prilično visok toplotni kapacitet skladištenja, mali utrošak energije prilikom procesa proizvodnje i nisku cenu [13]. Betonski, kameni ili zidovi od opeke, okrenuti ka strani koja je najviše izložena suncu u toku godine, služe da tokom dana akumuliraju toplotu.

Akumulirana toplota se tokom hladnijih noći emituje u prostorije. Ovaj prenos ne mora biti direktan, već se može koristiti prirodna osobina vazduha, usled koje se topliji vazduh podiže, a hladniji spušta. Položaj termoizolacije može imati veliki uticaj na potrošnju energije za grejanje i hlađenje zgrade, zbog čega je preporuka da se termička masa pozicionira sa unutrašnje strane izolacionog omotača [14].

Trombov zid je zbog osobine stakla da propušta kratkotalasno sunčevo zračenje, a da zadržava dugotalasno zračenje (koje je inače glavni nosilac toplote) funkcionalno zasnovan na efektu staklene bašte. Broj, debljina i vrsta stakala značajno utiču na performanse Trombovog zida. Efekat zastakljenja takođe zavisi i od geografskih karakteristika lokacije, kao i od orijentacije zida.

Jaber i Ajib [15] preporučuju korišćenje roletni u cilju sprečavanja prodora sunčevog zračenja u zgradu, kao i izolacionih zavesa između stakla i zida, čime bi se izbegao prenos toplote u zgradu tokom leta.

### 3 PRIMERI DOBRE PRAKSE

Primena Trombovog zida na školskoj zgradi Ladakha doprinosi poboljšanju unutrašnjeg komfora (Slika 2). Ovo je pozitivan primer primene Trombovog zida i u praksi. Jedan od nedostataka primene ovih konstrukcija svakako mogu predstavljati izuzetno mali otvori u masivnim zidovima. To za posledicu može imati i to da je u prostoriji veoma mračno i depresivno.



*Slika 2 - Trombov zid na objektu za obrazovanje i kulturu Ladakha (SECMOL)*

Solarni ili Trombov zid u Santa Fe-u funkcioniše tako da termička masa akumulira sunčeve zrake (Slika 3). U ovom slučaju betonski zid obojen crnom bojom upija maksimalnu količinu toplote. Ova konstrukcija Trombovog zida nema ventilacione otvore, ali postoje

otvori za vazduh koji pomoću konvekcije vrući vazduh prenose u životni prostor. Budući da je termička masa iza stakala, smanjeni su neželjeni toplotni gubici u zimskom periodu.



*Slika 3 - Trombov zid u Santa Fe-u*

Estetski aspekt nekada može da utiče na investitore i na odluku da li će primeniti ovaj sistem ili ne [16]. Rezidencijalni objekat Burger, Oregon, SAD, izgrađen 2008. godine predstavlja modernu varijantu primene ove konstrukcije (Slika 4). Kružni prozori iza spoljašnjeg vertikalnog staklenog portala koji je obojen u crno predstavljaju otvore na Trombovom zidu od betona. Ovo je dokaz da ova konstrukcija itekako može doprineti poboljšanju atraktivnosti zgrade. Dakle, pored termičkog komfora na ovaj način je poboljšan i vizuelni doživljaj korisnika prostora.



*Slika 4 - Rezidencijalni objekat Burger, Oregon, SAD*

Trombov zid je sve popularniji zbog niskih troškova ugradnje, jednostavnosti konstrukcije, minimalnog održavanja i prilagodljivosti brojnim situacijama. Trombov zid u centru za posetioce u Nacionalnom parku Zion čak 13 procenata akumulirane sunčeve energije pretvara u toplotnu, a unutrašnja temperatura zida može dostići oko 38°C (Slika 5).





Slika 5 - Trombov zid u centru za posetioce u Nacionalnom parku Zion

#### 4 SOFTVERI ZA SIMULACIJU POTROŠNJE ENERGIJE

Eksperimentalna istraživanja ovih konstrukcija (Slika 6, Slika 7) [17], [18] su svakako najpouzdaniji način da se dođe do konkretnih činjenica i saznanja o funkcionisanju ovog sistema.



Slika 6 - Eksperimentalna studija termičkih karakteristika Trombovog zida



Slika 7 - Procena efikasnosti Trombovog zida u suptropskoj klimi

U praksi, međutim, često prevladava iskustveno ili intuitivno projektovanje ovih sistema. Sa pojavom i razvojem savremenih softvera ovaj problem je prevaziđen, a sve je jednostavnije i izvesnije doći do podataka i imati pouzdane pretpostavke vezane za buduće projekte [19]. Mnogobrojni savremeni softveri za energetska simulaciju omogućavaju modeliranje Trombovog zida, a pre svega tu spadaju *BLAST*, *DOE-2*, *TRNSYS*, *SUNREL*, *ESP-r*, kao i *EnergyPlus*.

Jedan od najpopularnijih programa za energetska simulaciju je svakako *EnergyPlus*. Peter Graham Ellis [20] u svojoj tezi razvija i validira model Trombovog zida u programu *EnergyPlus*. Na ovaj način je omogućeno variranje fizičkih parametara i optimalno projektovanje. Ovaj softver omogućava sveobuhvatnu analizu uz uključivanje raznih faktora poput tačno definisanih klimatskih karakteristika, konstrukcije, prisustva ljudi, osvetljenja, termičke mase, električnih uređaja, vremena korišćenja, uticaja sunčevog zračenja, zasenčenja, vetra, infiltracije itd, a sve to za tačno definisani vremenski period. Model Trombovog zida u softveru *EnergyPlus* podrazumeva uključivanje svih navedenih fenomena za zidove i prozore, što je validirano i eksperimentalno potvrđeno i u praksi [20]. U vazдушnom prostoru između stakla i masivne strukture zida dolazi do akumuliranja toplote, što se skladišti u termičkoj masi. Model Trombovog zida se zasniva na metodi toplotne ravnoteže. Ovaj metod podrazumeva sledeće pretpostavke:

- Temperature unutrašnjih površina su ujednačene
- Difuzno zračenje površina
- Vazduh koji ulazi u prostoriju se momentalno meša sa postojećim vazduhom
- Vazduh je u celoj prostoriji ujednačene temperature
- Jednodimenzionalni transfer toplote

Transfer toplote predstavlja glavnu komponentu u istraživanju ovih sistema. Kompleksnost je utoliko veća ako se uzme u obzir i efekat kondukcije kroz zid, prenosa sunčeve energije kroz staklo, razmena dugih talasa zračenjem, gubitak toplote, itd.

#### 5 ZAKLJUČAK

Veliki broj radova ukazuje na efikasnost primene ovog sistema. Simulacije za predikciju potrošnje energije doprinose definisanju smernica za projektovanje i implementiranje ovog sistema u cilju energetske uštede [21], [22]. Sa arhitektonskog stanovišta veoma je važno uzeti u obzir i dovoljan



upad prirodne svetlosti, zatim obezbediti prijatne vizure i adekvatan ambijentalni komfor. S obzirom na to da je u projektovanju neophodno praviti razne kompromise, veoma je važno imati pregled smernica za projektovanje i odabir najoptimalnijeg rešenja.

Ograničenja koja je neophodno napomenuti i koja bi mogla biti predlog za dalja istraživanja se tiču interakcije sa objektima u okruženju, mogućim opstrukcijama od strane okolnih konstrukcija objekata, kao i sama konfiguracija terena i kompleksnost projektovanja u cilju omogućavanja svih neophodnih komfora u objektu. Promena temperature na samoj konstrukciji Trombovog zida je veoma važan parametar, pa se preporučuje detaljna analiza termodinamičkih svojstava ove konstrukcije, ali i eksperimentalna potvrda dobijenih rezultata. Nedostaci primene ovog sistema se pre svega ogledaju u ograničenju i zavisnosti od spoljašnjih klimatskih uslova (kada su u letnjem periodu temperature previsoke problem sa hlađenjem prostorija može prevazići benefite postignute u zimskom periodu). Takođe veliki problem mogu predstavljati periodi oblačnog vremena, pa ovi detalji mogu biti mesto dodatnih transmisionih toplotnih gubitaka. Niski toplotni otpor ovog sistema utiče na povećanje toplotnog fluksa, a dobitke je teško predvideti. Savesno ponašanje korisnika zgrada takođe ima veliki uticaj na potrošnju finalne energije, na šta bi se moglo uticati podizanjem ekološke svesti. Jadani način da se i sami korisnici zgrada uključe u rešavanje ovog problema jeste primena sistema koji ne bi zahtevali dodatnu potrošnju energije, a svojim funkcionisanjem bi značajno doprineli poboljšanju komfora u zgradama.

## LITERATURA

[1] Randelović Dušan, Vasov Miomir, Ignjatović Marko, Bogdanović Protić Ivana, Kostić Dragan, **Impact Of Trombe Wall Construction On Thermal Comfort And Building Energy Consumption**, *Facta Universitatis Series: Architecture and Civil Engineering*, vol. 16, no. 2, pp. 279–292, (2018). <https://doi.org/10.2298/FUACE180302008R>

[2] Randelović Dušan, Vasov Miomir, Savić Jelena, Ćurčić Aleksandra, **Application of green roof as a model for improving the energy performance of elementary schools**, in V International Symposium for Students of Doctoral Studies in the Fields of Civil Engineering, Architecture and Environmental Protection PhIDAC 2019 – Proceedings, pp. 124–132, 2019

[3] Andjelković Aleksandar, Cvjetković Tanja, Djaković Damir, Stojanović Ivan, **The development of simple**

**calculation model for energy performance of double skin façades**, *Thermal Science*, vol. 16, no. suppl. 1, pp. 251–267, (2012). <https://doi.org/10.2298/TSCI120201076A>

[4] Randelović Dušan J., Vasov Miomir S., Ignjatović Marko G., Stojiljković Mirko M., Blagojević Milena B., **Improvement of the energy performance of Elementary school Ćele kula in Niš by applying passive solar design systems**, in Proceedings of the International HVAC&R Congress, vol. 49, no. 1, pp. 71–83, 2018

[5] O'Brien William, Kesik Ted, Athienitis Andreas, **Solar design days: A tool for passive solar house design**, in ASHRAE Transactions, 2014, vol. 120, no. PART 1, pp. 101–113.

[6] Morse ES, **Warming and ventilating apartments by the sun S-rays**, 1881.

[7] Mazria Edward., *The passive solar energy book: a complete guide to passive solar home, greenhouse, and building design*. Rodale Press, 1979.

[8] Denzer Anthony., *The solar house: pioneering sustainable design*. Rizzoli, 2013.

[9] Randelović Dušan, Vasov Miomir, Krstić Hristina, Ćurčić Aleksandra, Stevanović Jelena, **Determination Of Climate Characteristics As A Dominant Parameter In Building Design - Case Study The City Of Nis**, in 2nd International Conference on Urban Planning - ICUP2018, pp. 163–170, 2018

[10] Saadatian Omidreza, Sopian K., Lim C. H., Asim Nilofar, Sulaiman M. Y., **Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 8, pp. 6340–6351, (Oct. 2012). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.06.032>

[11] Szyszka Jerzy, Kogut Janusz, Skrzypczak Izabela, Kokoszka Wanda, **Selective Internal Heat Distribution in Modified Trombe Wall**, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 95, no. 4, (2017). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/95/4/042018>

[12] Ma Peizheng, Wang Lin-Shu, **Effective heat capacity of interior planar thermal mass (iPTM) subject to periodic heating and cooling**, *Energy and Buildings*, vol. 47, pp. 44–52, (Apr. 2012). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.020>

[13] Jeanjean Anaïs, Olives Régis, Py Xavier, **Selection criteria of thermal mass materials for low-energy building construction applied to conventional and alternative materials**, *Energy and Buildings*, vol. 63, pp. 36–48, (Aug. 2013). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.047>

[14] Andjelković Bojan, Stojanović Branislav, Stojiljković Mladen, Janevski Jelena, Stojanović Milica, **Thermal mass impact on energy performance of a low, medium and heavy mass building in Belgrade**, *Thermal Science*, vol. 16, no. suppl. 2, pp. 447–459, (2012). <https://doi.org/10.2298/TSCI120409182A>

[15] Jaber Samar, Ajib Salman, **Optimum design of**

- Trombe wall system in mediterranean region**, *Solar Energy*, vol. 85, no. 9, pp. 1891–1898, (Sep. 2011).  
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.04.025>
- [16] Abbassi Fakhreddine, Dimassi Narjes, Dehmani Leila, **Energetic study of a Trombe wall system under different Tunisian building configurations**, *Energy and Buildings*, vol. 80, pp. 302–308, (Sep. 2014).  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.05.036>
- [17] Briga Sá Ana, Paiva Anabela, Gonçalves Lanzinha João Carlos, Cunha J. Boaventura J., **Desempenho Térmico da Parede de Trombe: Estudo Experimental**, 2012.
- [18] Krüger Eduardo, Suzuki Eimi, Matoski Adalberto, **Evaluation of a Trombe wall system in a subtropical location**, *Energy and Buildings*, vol. 66, pp. 364–372, (Nov. 2013).  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.035>
- [19] Kostadinović Danka, Dimitrijević Jovanović Dragana, Ranđelović Dušan, Jovanović Marina, Bakić Vukman, **Integration of Building Energy Modeling (BEM) and Building Information Modeling (BIM): Workflows and Case Study**, in The 20th International Conference on Thermal Science and Engineering of Serbia-SIMTERM, 2022, pp. 305–315, 2022
- [20] Ellis Peter Graham, **Development and Validation of the Unvented Trombe Wall Model in Energyplus**, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2003.
- [21] Bogdanović Veliborka, Ranđelović Dušan, Vasov Miomir, Ignjatović Marko, Stevanović Jelena, **Improving thermal stability and reduction of energy consumption by implementing Trombe wall construction in the process of building design - the Serbia region**, in Thermal Science, 2018, vol. 22, no. 6 part A, pp. 2355–65.  
<https://doi.org/10.2298/TSCI180308167B>
- [22] Randjelovic Dusan, Vasov Miomir, Ignjatovic Marko, Stojiljkovic Mirko, Bogdanovic Veliborka, **Investigation of a passive design approach for a building facility: a case study**, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, (2021). <https://doi.org/10.1080/15567036.2021.1938761>

## IZVOR SLIKA

- Slika 1: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/95/4/042018>
- Slika 2: <https://permies.com/t/60432/a/45348/Trombe-wall-small-house-at-SECMOL-2016.JPG>
- Slika 3: <http://ilovecob.com/archive/trombe-wall>
- Slika 4: <http://www.dchamberlinarchitect.com/architecture-residential-BURGER.htm>
- Slika 5: <https://www.sfgate.com/homeandgarden/article/Old-idea-warm-wall-3222133.php>
- Slika 6: [https://www.researchgate.net/publication/263070710\\_Desempenho\\_Termico\\_da\\_Parede\\_de\\_Trombe\\_Estudo\\_Experimental/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/263070710_Desempenho_Termico_da_Parede_de_Trombe_Estudo_Experimental/figures?lo=1)
- Slika 7: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.035>

primljen: 16.01.2023.  
 korigovan: 02.02.2023.  
 prihvaćen: 01.03.2023.

izvorni naučni rad

UDK : 691.555:666.9.015.66

## UTICAJ DUŽINE POLIPROPILENSKIH MULTIFILAMENTNIH I FIBRILIZANIH VLAKANA NA SVOJSTVA CEMENTNOG MALTERA

Dušan Grdić<sup>1</sup>, Nenad Ristić<sup>2</sup>, Zoran Grdić<sup>3</sup>, Gordana Topličić - Čurčić<sup>4</sup>, Dejan Krstić<sup>5</sup>

**Rezime:** Polipropilenska vlakna spadaju u grupu sintetičkih vlakana koja se zbog svojih svojstava, korisnog efekta i povoljne cene najčešće dodaju cementnim kompozitima. U radu su prikazani rezultati ispitivanja uticaja koji promena dužine dve vrste polipropilenskih vlakana ima na određena svojstva maltera u očvrsлом stanju. Prilikom spravljanja maltera dodavana su polipropilenska multifilamentna vlakna i fibrilizirana vlakna u količini od 900 g/m<sup>3</sup>, pri čemu je dužina ovih vlakana iznosila: 6 mm, 12 mm i 18 mm. Na očvrsлом malteru ispitana su sledeća svojstva: zapreminska masa, čvrstoća pri pritisku, čvrstoća pri savijanju i skupljanje maltera usled sušenja. Generalno se može zaključiti da je povećanje čvrstoće pri savijanju utoliko veće ukoliko je dužina vlakana veća. Takođe, utvrđeno je da dodatak vlakana povoljno utiče na smanjenje skupljanja maltera usled sušenja u periodu od 4 do 28 dana.

**Ključne reči:** multifilamentna vlakna, fibrilizirana vlakna, čvrstoća pri pritisku, čvrstoća pri savijanju, skupljanje maltera

## EFFECTS OF THE LENGTH OF POLYPROPYLENE MULTIFILAMENT AND FIBRILLATED FIBERS ON CEMENT MORTAR PROPERTIES

**Abstract:** Polypropylene fibers belong to the group of synthetic fibers which because of their properties, positive effects and affordable price are most often added to cement composites. The paper presents the results of tests of the effects the variation of the length of two types of polypropylene fibers has on certain properties of mortar in hardened state. On the occasion of making the mortar, polypropylene multifilament fibers and fibrillated fibers were added, in the amount of 900 g/m<sup>3</sup>, whereby the length of the fibers was: 6 mm, 12 mm and 18 mm. The hardened mortar was tested for the following properties: density of hardened mortar, compressive strength, flexural strength and mortar shrinkage in air. In general it can be concluded that the flexural strength increase is correlated with the fiber length increase. Also, it was determined that the addition of fibers has a positive effect on the reduction of mortar shrinkage due to drying in the period from 4 to 28 days.

**Key words:** Multifilament Fibers, Fibrillated Fibers, Compressive Strength, Flexural Strength, Mortar Shrinkage

<sup>1</sup> Doc. dr, mast. inž. građ, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, dusan.grdic@gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> V. prof. dr, dipl. inž. građ., Građevinsko – arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, nenad.ristic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> Red. prof., dipl. inž. građ., Građevinsko – arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, zoran.grdic@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Red. prof., dipl. inž. građ., Građevinsko – arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, gordana.toplicic.curcic@gaf.ni.ac.rs

<sup>5</sup> Dipl. inž. građ., Građevinsko – arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, dejan.krstic@gaf.ni.ac.rs

### 1 UVOD

Priroda cementnih maltera i betona je takva da se oni odlikuju ne samo malom čvrstoćom pri zatezanju, već da se prilikom takvog naponskog stanja dešava tzv. krti lom. Takođe, cementni malteri i betoni često nisu u dovoljnoj meri otporni na udarno opterećenje, kao i niz drugih dejstava. Urađena su zaista brojna istraživanja sa ciljem da se neka svojstva maltera i betona poprave i na način koji je drugačiji nego što je korišćenje klasične armature. Jedan od njih je tzv. mikroarmiranje betona koje se sastoji u dodavanju mikroarmature u beton prilikom njegovog spravljanja. Ova tehnologija, iako poznata i mnogo ranije, naročito je počela da se razvija kasnih '60-tih godina prošlog veka. Odmah treba naglasiti da mikroarmiranje betona svojim efektima ne može da zameni klasičnu armaturu ali ima pozitivne efekte na određena svojstva betona [1].

Koncept upotrebe vlakana za poboljšanje ponašanja građevinskih materijala je star i intuitivan. Primeri uključuju dodavanje vlakana slame u opeke od blata sušene na suncu prvenstveno napravljene od gline (čerpiča), konjske dlake u glinu od blata i azbestnih vlakana u keramičku keramiku, čime se stvara kompozit sa boljim performansama [2]. U slučaju čerpiča, na primer, koji se koristio u Mesopotamiji na Bliskom istoku, vlakna slame možda nisu dovela do povećanja zatezne čvrstoće. Međutim, njihove stvarne prednosti (kako ih danas razumemo) bile su da ograniče fragmentaciju nakon pucanja, spreče pukotine da se šire otvore, smanje stopu degradacije u uslovima cikličnog ponavljanja delovanja temperature i vlažnosti, kao i poboljšanje žilavosti. Stoga, nije iznenađenje da su, kada je portland cementni malter i beton počli da se razvijaju kao građevinski materijali tokom XIX veka, učinjeni pokušaji da im se dodaju vlakna kako bi se poboljšala njihova svojstva [2].

Godine 1855., francuski patent Džozefa Luja Lambota zagovarao je kombinaciju „gvozdених žica (koje formiraju kontinualnu mrežu) i cementa” što je dovelo do materijala nazvanog na francuskom „ferciment”, danas poznatog kao ferocement [2]. Ubrzo nakon toga nastao je armirani beton. Prednapregnuti beton je usledio u prvoj trećini XX veka [3]. Čini se da je ideja o korišćenju jakih diskontinuiranih vlakana kao armature za beton bila izazov za mnoge praktičare i građevinske inženjere. Jednostavno dodavanje mikro armature u mešalicu betona u obliku vlakana, da bi se stvorio homogen,

izotropan, jak, žilav, izdržljiv i oblikovni konstruktivni materijal je san koji je počeo krajem XIX veka. Iako u mnogo čemu početne premise nisu dokazane i danas se istraživanja na ovu temu i dalje obavljaju.

Dva različita vremenska perioda karakterišu tempo razvoja primene vlakana posebno namenjenih za malter i beton. Prvi period, pre 1960-ih, odgovara fazi pionirstva sa mnogo ideja, ali gotovo bez praktične primene [2]. Savremeni razvoj maltera i betona armiranih vlaknima započeo je ranih 1960-ih nakon istraživačkog rada Romualdija i saradnika u SAD [4] i Krenchel u Danskoj [5]. Američki istraživači su pretpostavili da se čvrstoća pri zatezanju betona se može značajno povećati dodavanjem vlakana. Pretpostavili su da vlakna igraju ključnu ulogu u zaustavljanju pukotina i da je razmak između vlakana stoga jednak maksimalnoj veličini pukotina. Ova hipoteza je izazvala značajnu pažnju (i kontroverzu) među istraživačima i praktičarima jer je ponudila rešenje za povećanje zatezne čvrstoće betona.

Od 1960-ih, mnoštvo vlakana i vlaknastih materijala se kontinuirano uvode na tržište uporedo sa novim rezultatima istraživanja i novim mogućnostima primene. Uvođenju novih vlakana ili vlaknastih materijala uvek prethode istraživačke studije koje pružaju eksperimentalnu podršku i bolje razumevanje mehanike armiranja vlaknima (mehanika kompozitnih materijala, mehanika loma, mehanika oštećenja). Takve studije ukazuju na bolje razumevanje i identifikaciju poželjnih karakteristika vlakana i matrice za bilo koju određenu primenu [2].

Danas se u širokoj upotrebi nalazi veoma veliki broj različitih tipova vlakana. S tim u vezi, uputno je izvršiti klasifikaciju mikroarmature, a kao najlogičniji način da se to učini nameće se podela prema vrsti vlakana i materijalu od kojeg su ona napravljena. U tom smislu, kao najšira mogla bi se dati podela na vlakna vestačkog i na vlakna prirodnog porekla [1, 6].

Vlakna vestačkog porekla možemo, prema vrsti materijala od kojeg se proizvode, dalje klasifikovati u tri velike grupe:

- čelična vlakna (od običnog ili nerđajućeg čelika),
- polimerna vlakna (polipropilenska, polietilenska, najlonska, karbonska i dr.),
- mineralna vlakna (staklena, azbestna i dr.).

Kao najvažnije vrste vlakana prirodnog porekla možemo da navedemo celulozna, parnučna, jutana i vlakna od konoplje [7].

Polimer polipropilen u komercijalnu primenu ulazi 1958. godine, a već desetak godina kasnije samo u SAD njegova potrošnja je premašila 500 miliona tona, zahvaljujući pre svega niskoj ceni i širokim mogućnostima primene [8]. Ovaj sintetički materijal nastaje polimerizacijom nezasićenog ugljovodonika propilena ( $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ ) i spada u grupu tzv. termoplastičnih polimera. To znači da kod polipropilena pri zagrevanju dolazi do njegovog razmekšavanja (na oko  $160\text{ }^\circ\text{C}$ ), a zatim i topljenja na višim temperaturama, pri čemu ovaj materijal nakon hlađenja ponovo očvršćava, zadržavajući svoja početna svojstva. Postupak razmekšavanja i stvrdnjavanja može se ciklično ponavljati više puta, bez pogoršavanja tehničkih karakteristika.

Što se tice primene polipropilena u vidu vlakana, danas su u širokoj upotrebi pre svega monofilamentna vlakna (prečnika od nekoliko desetina do nekoliko stotina mikrona i dužine od 5 do 50 mm), mada se dosta koriste i u fibrilizovanom obliku. Ono što polipropilenska vlakna posebno preporučuje kao mikroarmaturu za maltere i betone je veoma povoljan faktor oblika  $l/d$ . Ovaj koeficijent, koji daje odnos između dužine vlakana ( $l$ ) i njihovog prečnika ( $d$ ), predstavlja jednu od najznačajnijih karakteristika mikroarmature i u slučaju polipropilena kreće se u granicama od 50 do 5000 [6]. Osnovna razlika između ove monofilamentnih i fibrilizovanih vlakana ogleda se u strukturi i dimenzijama. Monofilamentna vlakna su manjih dimenzija, tanja i lakša, pa se bolje disperguju u masi kompozita. Fibrilizovana vlakna se proizvode kao snopovi debljih vlakana međusobno povezanih u vidu mreže [1]. Fibrilizovana vlakna imaju tendenciju „isplivavanja“ na površinu sveže mesavine tokom ugradnje, a nakon očvrscavanja kompozita se mogu jasno primetiti na njegovoj površini (tzv. „dlakavi malter“). Monofilamentna vlakna se ravnomerno raspoređuju u svim pravcima, pa su samim tim gotovo neuočljiva na površini kompozita. Treća važna razlika između monofilamentne i fibrilizovane mikroarmature ogleda se u broju vlakana u jedinici zapremine ugrađenog maltera ili betona. Broj monofilamentnih polipropilenskih vlakana kreće se, u zavisnosti od primenjene količine, u granicama između 182 - 273 miliona po  $1\text{m}^3$  sveže mešavine, dok odgovarajući broj fibrilizovanih vlakana iznosi svega 5 do 7 miliona/ $\text{m}^3$  [6].

Polipropilenska mikro vlakna se odlikuju nizom povoljnih svojstava posmatrano sa aspekta primene u cementnim kompozitima. Doduše, neka od ovih svojstava se mogu sagledati i sa onog drugog, negativnog aspekta, što pre svega zavisi od namene

maltere i betona i izloženosti spoljašnjim dejstvima. U literaturi se najčešće navode sledeća svojstva polipropilenskih mikrovlakana:

- specifična masa (gustina) polipropilenskih vlakana iznosi oko  $0,91\text{ kg/m}^3$  [9],
- postojan je na temperaturama nižim od  $150$  do  $160\text{ }^\circ\text{C}$ , ali je krh na temperaturama ispod  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- hemijski je inertan (ponaša se neutralno u toku hidratacije cementa),
- ima visoku otpornost u uslovima agresivnog delovanja kiselina i soli,
- alkalna sredina, koja je karakteristična za maltere i betone, nema značajnijeg uticaja na promenu kvaliteta ili trajnosti polipropilenskih vlakana [10],
- polipropilen je neporozan (ne apsorbuje vodu i praktično ima hidrofobnu površinu),
- čvrstoća pri zatezanju je izuzetno visoka i kreće se u granicama od  $240$  do  $900\text{ MPa}$  [11],
- nizak modul elastičnosti  $1,5$  do  $12\text{ GPa}$  [11],
- jako izražena duktilnost  $15$  do  $80\%$  [11],
- visoka vrednost Poasonovog koeficijenta od  $0,40$  do  $0,45$  (beton oko  $0,15$  do  $0,25$ ) [12],
- prilično slaba adhezija sa cementnom matricom što se prevazilazi posebnim tretmanom površine vlakana u procesu proizvodnje [6],
- visoka vrednost faktora  $l/d$  utiče na prilično veliku specifičnu površinu koja dostiže i do  $200\text{ m}^2/\text{kg}$ , itd.

Danas se može naći zaista veliki broj referenci čija je tematika istraživanje uticaja koji dodatak polipropilenskih mikrovlakana ima na svojstva svežeg i očvrstlog cementnog maltera i betona. Koristi koju upotreba ove vrste vlakana u malterima i betonima donosi u njihovim specifičnim praktičnim primenama su veoma brojne. Kada je reč o doprinosu čvrstoći pri pritisku pomenutih kompozita mišljenja autora su prilično usaglašena i uglavnom se, u zavisnosti od procenta dodatka i geometrijskih karakteristika polipropilenskih vlakana, govori o mogućem povećanju od  $5\%$  do  $10\%$  [13]. Navedeno se ne nikako ne odnosi na čelična mikro vlakna i njihovu primenu u reaktivnim praškastim betonima, što nije tematika ovog rada. S druge strane, povećanje čvrstoće pri zatezanju savijanjem koje se može postići primenom mikro propilenskih vlakana može iznositi i do  $60\%$  [13]. Međutim, treba imati u vidu da su čvrstoće pri zatezanju cementnih maltera i betona male, tako da i pored ovog povećanja i dalje ostaju

dovoljno male da se o eventualnoj zameni klasične armature ne može ni razmišljati (ovo je inače nekada davno bila početna ideja u primeni mikroarmature u betonu).

Kada se polipropilenska vlakna dodaju u malter i beton, formira se trodimenzionalna nasumična mreža koja efikasno inhibira stvaranje i razvoj mikroprslina u potpunosti ili u veoma velikoj meri [14]. Tu se ubrajaju mikroprslinae koje mogu nastati u ranoj fazi usled gubitka vode iz maltera i betona u periodu vezivanja (naročito kod pločastih konstruktivnih elemenata), zatim mikroprslinae koje nastaju usled termičkog delovanja (na primer kod masivnih betona koji se zagrevaju usled razvoja toplote hidratacije), onda eventualne mikroprslinae uzrokovane deformacijama tečenja, kao i drugih uticaja (na primer udarno opterećenje) [15]. Ako se prethodno izneti stavovi uzmu u razmatranje onda je logičan zaključak do kojeg su mnogi istraživači došli, a to je smanjena permeabilnost i absorpcija vode. U vezi sa tim poboljšana je trajnost maltera i betona u uslovima izloženosti agresivnim delovanjima kao što su: prodor vode pod pritiskom (bazeni, rezervoari), delovanje mraza u prisustvu soli za odmrzavanje (mostovi, betonski kolovozi), delovanje sulfata (na pr. iz otpadnih voda), štetni efekti procesa karbonatizacije, mehanička abrazija (na pr. kod hidrotehničkih konstrukcija) itd. [15]. Štaviše, ima istraživanja koja pokazuju da polipropilenska vlakna čak mogu poboljšati ponašanje betona u uslovima delovanja visokih temperatura, tj. u slučaju požara. Ovaj efekat se objašnjava topljenjem polipropilenskih vlakana čime se stvaraju mikrokapilari koji omogućavaju prostor za relaksaciju visokog unutrašnjeg pritiska pare u uslovima visoke temperature koja se razvija tokom požara [16]. Najnovija istraživanja su usmerena i ka tzv. održivoj upotrebi polipropilenskih vlakana kao komponente za spravljanje cementnih kompozita [17].

## 2 EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

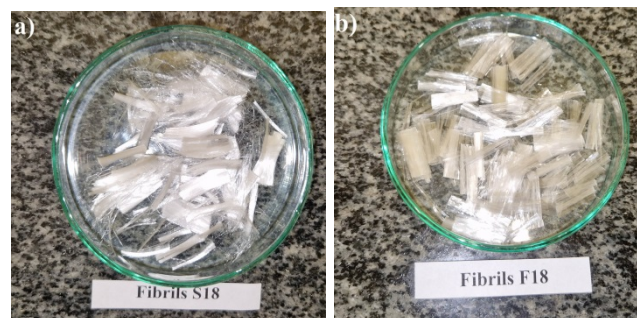
### 2.1 MATERIJALI KORIŠĆENI U EKSPERIMENTU

Za izradu eksperimentalnih malterskih mešavina korišćen je cement CEM II/A-L 42.5R proizvođača „Moravacem“ Novi Popovac, koji zadovoljava sve propisane uslove kvaliteta prema standardu SRPS EN 197-1 [18]. Takođe, korišćene su tri frakcije standardnog peska (0.09 – 0.5 mm, 0.5 – 1.0 mm i 1.0 – 2.0 mm) proizvođača „SNL – Societe Nouvelle du

Littoral“, Francuska koji zadovoljava sve propisane uslove kvaliteta prema standardu SRPS EN 196-1 [19]. Korišćena su polipropilenska multifilamenta vlakna (Fibrils S) i fibrilizirana vlakna (Fibrils F) dužine 6 mm, 12 mm i 18 mm proizvođača „Tornado Plus“ d.o.o. iz Šajkaša. Osnovne karakteristike Na slici 1,a prikazana su multifilamenta vlakna, dok su na slici 1,b prikazana fibrilizirana vlakna.

**Tabela 1- Karakteristike vlakana Fibrils S i Fibrils F**

Karakteristika	Fibrils S	Fibrils F
Osnovni materijal	Polipropilen	Polipropilen
Način proizvodnje	Ekstrudiranjem	Ekstrudiranjem
Prečnik (ekvivalentni)	0.032	0.080
Dužina	6, 12, 18 mm	6, 12, 18 mm
Faktor oblika	190 – 560	75 – 225
Čvrstoća pri zatezanju	≥ 300 MPa	≥ 385 MPa
Temperatura topljenja	160 °C	160 °C
Preporučeno doziranje	0.91 kg/m <sup>3</sup>	0.91 kg/m <sup>3</sup>



**Slika 1 – Polipropilenska multifilamenta vlakna (a) i fibrilizirana vlakna (b)**

### 2.2 PLAN I PROGRAM ISPITIVANJA

U cilju utvrđivanja uticaja dodatka polipropilenskih fibriziranih vlakana FIBRILs F i polipropilenskih multifilamentnih FIBRILs S vlakana na svojstva cementnog maltera napravljeno je 7 različitih vrsta malterskih mešavina. Varirana je dužina svake vrste vlakna koja je iznosila: 6 mm, 12 mm i 18 mm. Za svaku mešavinu spravljen su 4 serije malterskih prizmi dimenzija 40 x 40 x 160 mm. Svaka serija se sastoji od tri prizme što ukupno čini osamdesetčetiri (7 x 4 x 3 = 84) prizme.

Čvrstoća pri savijanju i čvrstoća pritisku su ispitane pri starosti uzoraka od 2, 7 i 28 dana, u svemu prema odredbama standarda SRPS EN 196-1 [19]. Pre ispitivanja čvrstoća maltera, utvrđena je zapreminska



masa maltera prema odredbama standarda SRPS EN 1015-10 [20]. Na prizmama je praćeno skupljanje na vazduhu u periodu od 28 dana u skladu sa standardom SRPS B.C8.029 – povučen [21].

Spravljanje malterskih mešavina je urađeno u svemu prema standardu SRPS EN 196-1 [19]. Za izradu maltera korišćen je laboratorijski mikser Hobart N-50. Nakon ugradnje maltera u kalupe, uzorci su negovani u kabinetu Controls 65-L0013/D (temperatura 22°C i važnost vazduha 95%) u trajanju od 24 h. Potom su izvađeni iz čeličnog kalupa i negovani su u vodi u laboratorijskim uslovima do trenutka ispitivanja. Serija uzoraka za praćenje skupljanja maltera posle sušenja su negovane po režimu: 24 h u kalupu na temperaturi  $20 \pm 2$  °C i relativnoj vlažnosti vazduha > 95%, zatim dva dana u vodi temperature  $20 \pm 2$  °C, a na dalje, sve do kraja ispitivanja, na vazduhu temperature  $20 \pm 2$  °C i vlažnosti cca. 50%.

### 2.3 SASTAV MALTERSКИH MEŠAVINA

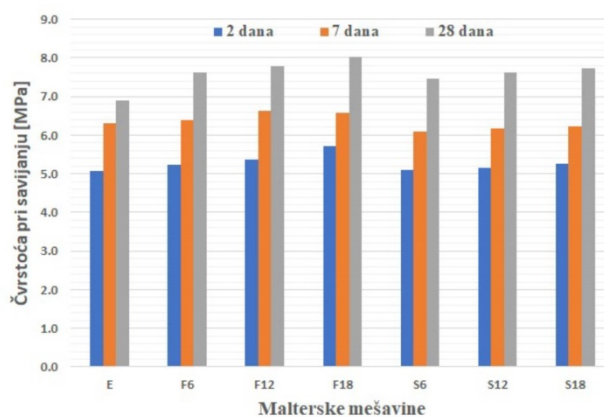
Cementni malter – etalon, spravljen je u razmeri cement : standardni pesak = 1 : 3 (450 g cementa i 3 x 450 g = 1350 g svake međufrakcije sitnog agregata). Vodocementni faktor je bio konstantan i iznosio je 0.5. Ostale vrste maltera su spravljanje na identičan način, ali uz dodatak 0.85 g FIBRILs F, odnosno FIBRILs S vlakana nakon sipanja vode i cementa u mikser. Posmatrano po 1 m<sup>3</sup> maltera dodatak vlakana je iznosio 900 g/m<sup>3</sup>. Malter bez dodatka vlakana korišćen je kao etalon i u radu je označen slovom „E“. U zavisnosti od vrste vlakana i njihove dužine formirane su oznake ostalih maltera. Malteri spravljeni sa Fibils F vlaknima označeni su slovom „F“ uz dodatak broja koji odgovara njihovoj dužini. Malteri spravljeni sa multifilamentnim vlaknima Fibrils S označeni su slovom „S“ i brojem koja i u ovom slučaju predstavlja dužinu vlakna u mm. Tako su formirane sledeće oznake eksperimentalnih malterskih mešavina: E, F6, F12, F18, S6, S12 i S18.

## 3 REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanje čvrstoće pri pritisku i čvrstoće pri savijanju sprovedeno je na hidrauličkoj presi UTEST UTCM - 6710 mernog opsega 0 do 250 kN za silu pritiska i 0 do 10 kN za silu savijanja i klase tačnosti 0.5% (Slika 2). Uticaj vrste i dužine vlakna na promenu čvrstoće pri savijanju pri starosti uzoraka od 2, 7 i 28 dana prikazan je na slici 3. Može se primetiti da dodatak vlakana Fibils F utiče na povećanje



Slika 2 – Ispitivanje čvrstoće pri savijanju maltera (a); ispitivanje čvrstoće pri pritisku maltera (b)



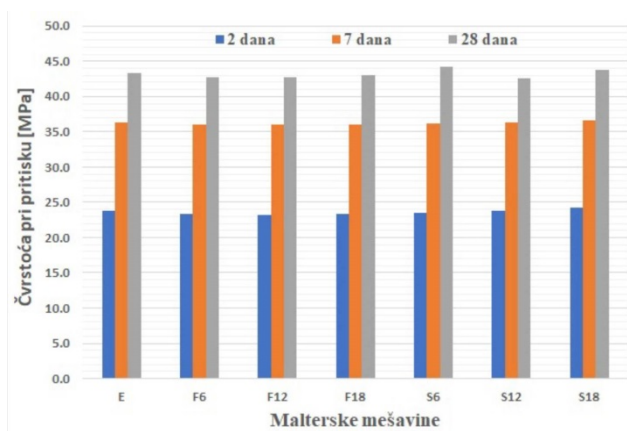
Slika 3 – Uticaj vrste i dužine vlakana na promenu čvrstoće pri savijanju maltera pri starosti od 2, 7 i 28 dana

Može se primetiti da dodatak vlakana Fibils F utiče na povećanje čvrstoće pri savijanju maltera pri svim starostima, dok kod dodatka vlakana Fibrils S ova konstatacija važi tek pri starosti od 28 dana. Takođe, može se reći da je povećanje čvrstoće pri savijanju utoliko značajnije ukoliko je dužina vlakana veća. Tako na primer, pri ispitivanju na 28 dana, malteri F6 i S6 imaju 10.50% odnosno 8.42% veću čvrstoću pri savijanju od etalona. Malterske mešavine F12 i S12 pri istoj starosti imaju 13.06% i 10.47% veću čvrstoću pri savijanju maltera od referentne serije. Konačno, dodavanjem vlakana Fibrils F i Fibrils S dužine 180 mm u količini od 900 g/m<sup>3</sup> maltera, čvrstoća pri savijanju se povećava za 16.40% i 12.04% respektivno. Može se primetiti da je veći prirast čvrstoća pri savijanju izmeren kod malterskih mešavina sa dodatkom polipropilenskih fibriziranih vlakana u odnosu na multifilamentna vlakna posmatrano za istu dužinu vlakana. Razlog tome se



verovatno može naći u boljoj adheziji fibriliziranih vlakana sa cementnom matricom kao i uniformnijim raspoređivanjem ovih vlakana u malterskoj mešavini. Prilikom mešanja multifilamentnih vlakna bila je mnogo prisutnija pojava „grudvica“ vlakana koje se nisu dovoljno dobro dispergovale u cementnom kompozitu.

Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku maltera u zavisnosti od dužine i vrste polipropilenskih vlakana prikazani su na slici 4. Očekivano, dodatak obe vrste vlakana malteru nije uticao na značajniju promenu čvrstoće pri pritisku bilo u pogledu njenog povećanja, niti u pogledu smanjenja pri svim starostima (2, 7 i 28 dana). Sve malterske mešavine dostigle su predviđenu klasu čvrstoće 42.5.



Slika 4 – Uticaj vrste i dužine vlakana na promenu čvrstoće pri pritisku maltera pri starosti od 2, 7 i 28 dana

Pre ispitivanja mehaničkih čvrstoća maltera na malterskim prizmicama je određena prividna zapreminska masa u skladu sa standardom SRPS EN 1015-10 [20]. Rezultati su prikazani u Tabeli 1.

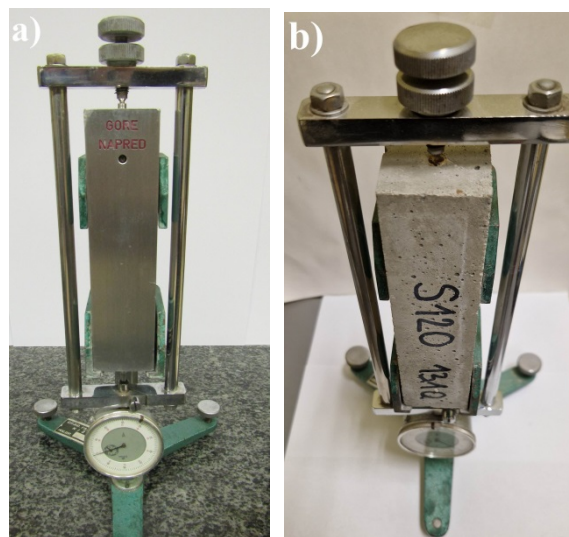
Tabela 1- Prividne zapreminske mase maltera pri starosti od 2, 7 i 28 dana

Malterska mešavina	Zapreminska masa [kg/m <sup>3</sup> ]		
	2 dana	7 dana	28 dana
E	2246	2289	2297
F6	2266	2281	2316
F12	2316	2281	2281
F18	2309	2301	2324
S6	2266	2277	2285
S12	2262	2289	2277
S18	2285	2258	2289

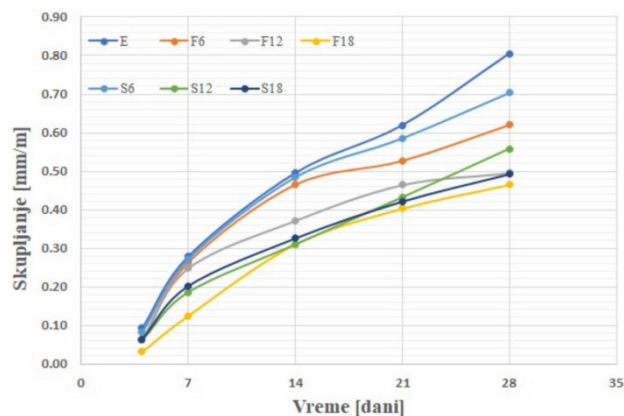
Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1 može se zaključiti da dodatak vlakana Fibrils F i Fibrils S praktično ne utiče na promenu zapreminske mase

očvrstlog maltera ni pri jednoj starosti. Utvrđene razlike zapreminskih masa se nalaze u okviru  $\pm 1\%$  što je u stvari u granicama pouzdanosti primenjene metode merenja.

Ispitivanje skupljanja maltera izvršeno je prema standardu SRPS B.C8.029-povučen [21]. Promena dužine malterskih prizmi standardnih dimenzija praćena je pri starosti maltera od 3, 4, 7, 21 i 28 dana u skladu sa navedenim standardom. Promena dužine epruvete  $\Delta l(t)$ , nastala usled skupljanja maltera na vazduhu, računa se u odnosu na prvo merenje izvršeno posle  $72 \pm 0,5$  h. Kako bi se kompenzovao uticaj promene temperature tokom ispitivanja koristi se etalon prizma standardnih dimenzija (Slika 5a) od legure koja je stabilna na uobičajnim temperaturama merenja. Postupak ispitivanja skupljanja maltera na vazduhu prikazan je na slici 5b. Uticaj dodatka Fibrils S i Fibrils F vlakana različite dužine na skupljanje maltera prikazano je na slici 6.



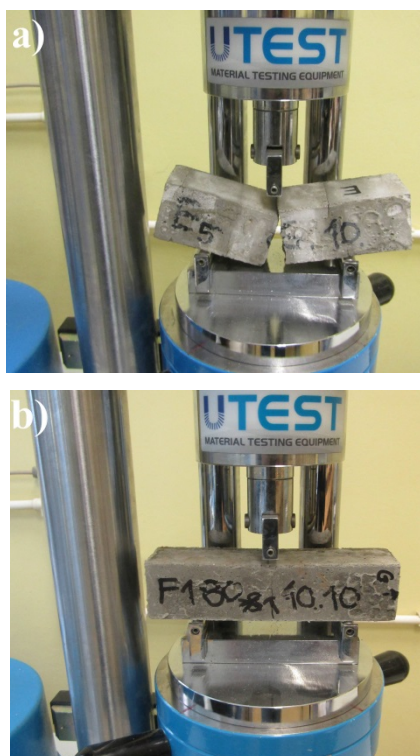
Slika 5 - Kontrolno merenje na "etalon" prizmi (a); merenje skupljanja na malteru (b)



Slika 6 – Uticaj dodatka Fibrils S i Fibrils F vlakana na skupljanje maltera na vazduhu u periodu do 28 dana

Dodatak Fibrils F i Fibrils F vlakana veoma povoljno utiče na smanjenje skupljanja maltera usled sušenja pri svim starostima. I ovom prilikom je uočen trend kakav je opisan kada je u pitanju uticaj dodatak vlakana na promenu čvrstoće pri savijanju. Naime, pri konačnom ispitivanju na 28 dana dodatak vlakana Fibrils F i Fibrils S dužine 6 mm uticao je na smanjenje skupljanja u iznosu od 9.34% i 7.30% u zavisnosti od vrste vlakana u odnosu na referentnu maltersku mešavinu. Pri istoj starosti, dodatak polipropilenskih fibriziranih vlakana i polipropilenskih multifilamentnih vlakana dužine 12 mm doveo je do smanjenja skupljanja maltera u iznosu od 27.59% i 24.53%, dok je dodatak pomenutih vlakana dužine 18 mm smanjio skupljanje maltera u iznosu od čak 32.12% i 28.18%, respektivno. Efekat smanjenja skupljanja maltera usled sušenja izazvan dodavanjem vlakana ima značajan uticaj na smanjenje broja i veličinu otvora površinskih prslina izazvanih ovim uticajem.

Prisustvo vlakana povoljno utiče na ponašanje uzoraka maltera prilikom loma tokom ispitivanja čvrstoće pri savijanju. Delovi uzoraka – prizmi, ostaju povezani i nakon loma što nije slučaj sa etalon malterom koji je spravljen bez dodatka vlakana (slika 7).



*Slika 7 – Etalon uzorak posle loma prilikom ispitivanja čvrstoće pri savijanju (a); Uzorak sa dodatkom Fibrils F vlakana dužine 18 mm posle loma prilikom ispitivanja čvrstoće pri savijanju (b)*

Ovo takođe ukazuje i na povećanu udarnu otpornost maltera sa dodatkom vlakana, odnosno povećanu žilavost. Mikroskopskom analizom površine malterske mešavine F18 na mestu loma nakon ispitivanja čvrstoće pri savijanju može se uočiti da su fibrilizirana vlakna ostala zalepljena u snopove (slika 8).



*Slika 8 – Površina maltera F18 na mestu loma nakon ispitivanja čvrstoće pri savijanju*

#### 4 ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja koji su prikazani u ovom radu mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Dodatak polipropilenskih fibriliziranih vlakana Fibrils F i polipropilenskih multifilamentnih vlakana Fibrils S ne utiče na promenu zapreminske mase očvrstlog maltera ni pri jednoj starosti,
- Dodatak vlakana Fibrils F i Fibrils S utiče na promenu čvrstoće pri savijanju u smislu njenog povećanja. Generalno se može zaključiti da je povećanje čvrstoće pri savijanju utoliko veće ukoliko je dužina vlakana veća. Malterske mešavine sa dodatkom vlakana Fibrils F i Fibrils S dužine 18 mm u količini  $900 \text{ g/m}^3$  maltera uticalo je na povećanje čvrstoće pri savijanju za 16.40% i 12.04% u odnosu na referentnu mešavinu,
- Dodatak polipropilenskih fibriliziranih vlakana i multifilamentnih vlakana ne utiče značajno na promenu čvrstoće pri pritisku maltera,
- Dodatak vlakana Fibrils F i Fibrils S utiče na smanjenje skupljanja maltera usled sušenja pri svim starostima pri čemu je uočen isti trend kao i prilikom ispitivanja čvrstoće pri savijanju. Pri konačnom ispitivanju na 28 dana, dodatak predmetnih vlakana dužine 18 mm uticao je na

smanjenje skupljanja maltera od čak 32.12% i 28.18% u odnosu na etalon, respektivno.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad predstavlja deo istraživanja obavljenog u okviru projekta TR 36017 – „Istraživanje mogućnosti primene otpadnih i recikliranih materijala u betonskim kompozitima, sa ocenom uticaja na životnu sredinu, u cilju promocije održivog građevinarstva u Srbiji“, koji je podržalo Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije. Veoma smo zahvalni zbog te podrške.

## LITERATURA

- [1] Grdić Z.: **Tehnologija betona**, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ISBN 978-86-80295-94-7, CIP 666.97/98.(075.8), 2011.
- [2] Naaman, A.E.: **Fiber Reinforced Concrete: Five Decades of Progress**, 4<sup>th</sup> Brazilian Conference on Composite Materials. Rio de Janeiro, July 2018, <https://doi.org/10.21452/bccm4.2018.02.01>
- [3] Naaman, A.E.: **Ferrocement and Laminated Cementitious Composites**, Techno Press 3000, Ann Arbor, Michigan, ISBN 0-9674939-0-0, 2000, 370 pages, ([www.technopress3000.com](http://www.technopress3000.com)).
- [4] Romualdi, J.P., Batson, G.B.: **Mechanics of Crack Arrest in Concrete**, Materials Science, Journal of Engineering Mechanics, ASCE. Vol. 89, 1963.
- [5] Krenchel, H.: **Fibre Reinforcement**, Akademisk Forlag, Copenhagen, Denmark, English translation, 1964.
- [6] Zakić D.: **Uticaj dodatka polipropilenskih vlakana na ateziju maltera za podlogu**, Materijali i konstrukcije, 44 (39-46), 3-4 ,2001.
- [7] Muravljov M., Uljarević M.: **Mikroarmirani betoni**, Monografija „Specijalni betoni i malteri - svojstva, tehnologija, primena“, Građevinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1999.
- [8] **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**, Interscience Publishers - a Division of John Wiley and Sons, New York, Vol. 11, p. 597-619., 1969.
- [9] Varghese J, Remya U. R , Snigdha.V. K.: **The Effect of Polypropylene Fibre on the Behaviour of Soil Mass with Reference to the Strength Parameters**, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 5 Issue 03, March-2016.
- [10] Mujeebul R. L., Oznur B., Ali Mardani A.: **Effect of the addition of polypropylene fiber on concrete properties**, Journal of Adhesion Science and Technology, April 2021., DOI: 10.1080/01694243.2021.1922221
- [11] Hedjazi S., Castillo D.: **Utilizing Polypropylene Fiber in Sustainable Structural Concrete Mixtures**, CivilEng 2022, 3, DOI: 10.3390/civileng3030033
- [12] Plastics Pipe Institute: **Chapter 2 - HDPE & Propylene Materials**, 105 Decker Court, Suite 825, Irving TX, 75062, 469-499-1044, 2019.
- [13] Anthony E., Ige A.O.: **Optimal Polypropylene Fiber Content for Improved Compressive and Flexural Strength of Concrete**, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, January 2014, DOI: 10.9790/1684-1134129135
- [14] Y. Qin, H. Wu, Y. Zheng, W. Wang, Z. Yi: **Microscopic texture of polypropylene fiber-reinforced concrete with X-ray computed tomography**, Advances in Civil Engineering, vol. 2019, Article ID 2386590, 2019.
- [15] Yanzhu L., Liang W., Ke C., Lei S.: **Review on the Durability of Polypropylene Fibre-Reinforced Concrete**, Advances in Civil Engineering, Volume 2021, DOI: 10.1155/2021/6652077
- [16] Han C.G., Hwang Y.S., Yang S.H., Gowripalan N.: **Performance of spalling resistance of high performance concrete with polypropylene fiber contents and lateral confinement**, Cement and Concrete Research, vol. 35, no. 9, pp. 1747–1753, 2005., DOI: 10.1016/j.cemconres.2004.11.013
- [17] Jawada H.S., Al-Haydari I.S.: **Sustainable Use of Polypropylene Fibers as a Cement Mortar Reinforcement**, International Journal of Engineering, Vol. 35, No. 08, (August 2022), p. 1494-1500, DOI: 10.5829/ije.2022.35.08b.05
- [18] SRPS EN 197-1: Cement — Deo 1: Sastav, specifikacije i kriterijumi usaglašenosti za obične cemente, Institut za standardizaciju Srbije, 2013.
- [19] SRPS EN 196-1: Metode ispitivanja cementa – Deo 1: Određivanje čvrstoće, Institut za standardizaciju Srbije, 2017.
- [20] SRPS EN 1015-10: Methods of test for mortar for masonry - Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar, Institut za standardizaciju Srbije, 2008.
- [21] SRPS B.C8.029: Cement - Skupljanje cementnog maltera usled sušenja, Jugoslovenski zavod za standardizaciju, 1979.

primljen: 15.01.2023.  
 korigovan: 27.02.2023.  
 prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 728.5(497.11)"19"  
 72.036

## ZNAČAJ I MOGUĆNOSTI TRANSFORMACIJE I REAKTIVACIJE HOTELSKIH ZGRADA MEĐURATNOG MODERNIZMA NA PRIMERU HOTELA PARK U NIŠU

Uroš Antić<sup>1</sup>, Aleksandar Milojković<sup>2</sup>, Marko Nikolić<sup>3</sup>

**Rezime:** Arhitektura međuratnog modernizma na prostoru Srbije predstavlja izuzetno važan deo celokupnog nacionalnog kulturnog i graditeljskog nasleđa. Objekti građeni u tom periodu se tumače kao dragoceni spomenici kulture u Srbiji, koji svedoče o evropskim tendencijama države koja je bila pod viševjekovnom stranom okupacijom. Nažalost, ti objekti su vrlo često marginalizovani u sistemu pravne zaštite, napušteni i prepušteni nestručnim intervencijama koje narušavaju autentičnu arhitektonsku kompoziciju. U ovom radu će biti prikazani kriterijumi na osnovu kojih se vrednuju izvorni arhitektonski sklopovi objekata međuratnog modernizma u Srbiji, sa akcentom na hotelske zgrade. Cilj istraživanja je, metodom studije slučaja hotela Park u Nišu, prikazati mogućnosti savremenih intervencija koje neće narušiti identitet i integritet postojećeg objekta, a koje se temelje na teorijskim osnovama i principima zaštite graditeljskog nasleđa. Rezultati istraživanja sugerišu da je moguće pronaći povoljno rešenje pri revitalizaciji hotelskih zgrada međuratnog modernizma.

**Ključne reči:** modernizam, međuratni period, hotelske zgrade, graditeljsko nasleđe, zaštita nasleđa, hotel Park

## THE SIGNIFICANCE AND POSSIBILITIES OF TRANSFORMATION AND REACTIVATION OF INTERWAR MODERNIST HOTEL BUILDINGS ON THE EXAMPLE OF HOTEL PARK IN NIŠ, SERBIA

**Abstract:** Interwar modernist architecture is a very important part of the entire national cultural and built heritage of Serbia. Buildings that were built in that period are valued as cherished cultural monuments in Serbia, which testify about the European tendencies of a nation that was under centuries-old foreign occupation. Unfortunately, those buildings are often marginalized in the system of legal protection, abandoned, and left to unprofessional interventions that violate the authentic architectural composition. This paper presents criteria based on which interwar modernist architecture in Serbia is being valued, stressing interwar modernist hotel buildings. The goal of this research is to present contemporary possibilities of physical interventions that would not violate the identity and integrity of the existing building and have a goal to reactivate and reinterpret abandoned hotel buildings, by conducting a case study on the hotel Park in Niš. These possibilities are founded on theoretical grounds and built heritage protection principles. Research results suggest that it is possible to find a favorable solution in revitalizing interwar modernist hotel buildings.

**Key words:** Modernism, Interwar Period, Hotel Buildings, Built heritage, Heritage protection, Hotel Park

<sup>1</sup> Uroš Antić, doktorand, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, anticuros6@gmail.com

<sup>2</sup> dr Aleksandar Milojković, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, aleksandar.milojkovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> dr Marko Nikolić, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, marko.nikolic@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Arhitektura međuratnog modernizma, tj. arhitektura koja je bila zastupljena između dva svetska rata, je jako važan deo graditeljske baštine Evrope i Srbije. Raznovrsne tipologije zgrada iz tog perioda se mogu vrednovati kao kulturno i graditeljsko nasleđe, ne samo zbog autentičnih oblikovnih karakteristika, već i zbog uloge tih objekata u izgradnji moderne urbane matrice, kao i zbog značaja koji su imali u životu modernog čoveka.

Razvoj arhitekture međuratnog modernizma je u Srbiji veoma specifičan. Viševjekovna strana okupacija i konstituisanje moderne države tek krajem 19. veka je onemogućila razvoj jedinstvenog nacionalnog arhitektonskog stila. U cilju približavanja evropskim arhitektonskim tendencijama, odnosno udaljavanja od orijentalnog uticaja Osmanskog carstva, modernizam je u velikoj meri praktikovan u arhitektonskoj praksi Srbije i regiona. Kako je gotovo čitava prva polovina 20. veka bila praćena ratovima, došlo je do značajne devastacije građevinskog fonda, naročito nakon Prvog svetskog rata, te je bilo potrebno pronaći evropske stručnjake koji će na adekvatan način vršiti graditeljsku i planersku delatnost [1]. Jednostavnost forme i oblikovanja modernističke arhitekture je predstavljalo odličnu podlogu za brzu i efikasnu izgradnju.

Ovaj rad se bavi istraživanjem stilskih karakteristika međuratnog modernizma, sa akcentom na hotelske zgrade, kao i mogućnostima transformacije i reaktivacije nasleđenih međuratnih hotelskih zgrada koje više ne obavljaju svoju prvobitnu funkciju. Kao platforma za istraživanje mogućih transformacija hotelskih zgrada međuratnog modernizma, a u cilju adekvatne ponovne upotrebe i fizičke zaštite objekata sa kvalitetima graditeljskog nasleđa, izabran je hotel Park u Nišu koji predstavlja predmet studije slučaja.

Oslanjajući se na teorijske osnove arhitekta Majkla Stratona, koji je u značajnoj meri doprineo razvoju diskursa o zaštiti i dograđivanju postojećih objekata, osnovni cilj istraživanja je sagledavanje prednosti i nedostataka primene teorijskih modela transformacije i fizičke intervencije na graditeljskom nasleđu. Rezultati istraživanja sugerisu da je moguće pronaći kreativna rešenja pri reaktivaciji hotelskih zgrada međuratnog modernizma koja podrazumevaju pronalaženje estetski skladnih i zadovoljavajućih rešenja koja neće narušiti integritet i autentičnost postojećih struktura, već će ih dodatno naglasiti.

## 2 METODOLOGIJA

Celokupno istraživanje je podeljeno na tri celine. Prvu celinu istraživanja čini interpretacija teorijskih osnova koje su neophodne za razumevanje problemskog okvira. Celokupna teorijska osnova je podeljena na četiri dela:

- Teorijski osnov razvoja hotelskih zgrada;
- Teorijski osnov razvoja stilskih karakteristika međuratnog modernizma u Evropi i Srbiji;
- Teorijski osnov principa projektovanja hotelskih zgrada međuratnog modernizma;
- Teorijski osnov arhitektonskih intervencija na objektima graditeljskog nasleđa.

Kao osnovna građa je korišćena i interpretirana raznovrsna domaća i međunarodna literatura koja se bavi istorijom i teorijom arhitekture.

Drugu celinu istraživanja čini studija slučaja hotela Park u Nišu. Studija slučaja je sprovedena sa ciljem sagledavanja mogućnosti transformacije hotela međuratnog modernizma. Hotel Park u Nišu je istorijska struktura koja uživa visok stepen zaštite i koja je integralni deo područja užeg gradskog centra grada Niša. Studija slučaja je podeljena na tri dela:

- Istorijski razvoj i prikaz izvornog stanja objekta
- Prikaz postojećeg stanja objekta
- Autorski predlog idejnog rešenja rekonstrukcije i dogradnje, tj. transformacije objekta

Podela na ova tri dela je od značaja za potpunije sagledavanje fizičkih promena koje su nastale tokom istorijskog razvoja. Analiza izvornog stanja objekta je urađena na osnovu dostupne arhivske građe – fotografija i tehničkih crteža. Analiza i prikaz postojećeg stanja objekta je urađena *in situ*, posmatranjem i fotografskim dokumentovanjem postojećeg stanja na terenu. Arhivska dokumentacija je bila i od značaja za izradu idejnog rešenja predloga rekonstrukcije i dogradnje hotela, jer je poslužila kao neposredna tehnička podloga.

Poslednju celinu istraživanja čini diskusija. U poslednjoj celini istraživanja je potrebno odgovoriti na postavljeno istraživačko pitanje:

- Pomoću kojih teorijskih pristupa je moguće doći do optimalnog projektantskog rešenja kada je u pitanju savremena upotreba međuratnih hotelskih zgrada?

Odgovor na postavljeno istraživačko pitanje će biti dobijen pomoću teorijskih principa arhitekta Majkla Stratona, a koji će biti taksativno navedeni i obrazloženi u poglavlju teorijskog okvira.



### 3 TEORIJSKA OSNOVA

#### 3.1 HOTELSKE ZGRADE

Hotelske zgrade, kao zgrade mešovitog karaktera (stambenog i javnog) su tipovi objekata sa dugačkim istorijskim razvojem. Mogu se definisati kao „Ugostiteljski objekti za smeštaj u kojima se pružaju usluge smeštaja, ishrane i pića i druge usluge uobičajne u ugostiteljstvu, sa najmanje 10 smeštajnih jedinica.” [2]. Iako je fenomen obezbeđivanja usluga smeštaja ljudima povezan sa istorijom civilizacije, geneza i razvoj hotela kao institucije se tek viđa krajem 18. veka u bogatim zemljama Evrope i sveta, poput Velike Britanije [3]. Razvoj hotelskih zgrada kao karakterističnih arhitektonskih tipova u Srbiji dolazi mnogo kasnije nego u Zapadnoj Evropi. Prve namenski projektovane i planirane hotelske zgrade se javljaju krajem 19. i početkom 20. veka, a vrlo često su upravo hotelske zgrade bile centri okupljanja, zabave i kulture [4]. Period između dva svetska rata odlikuje intenzivnija izgradnja hotelskih zgrada na prostoru Srbije, i to ne samo reprezentativnih gradskih hotela, već i ostalih kategorija poput banjskih i planinskih. Neke istorijske hotelske zgrade u Srbiji su i danas integralni deo užeg gradskog okruženja, prepoznatljiviji gradski orijentiri i važni spomenici kulture poput hotela Moskva, Bristol ili Balkan u Beogradu [4]. Stilska arhitektonska kompozicija hotelskih zgrada u Srbiji jasno naznačava evropske tendencije zemlje koja je bila pod viševjekovnom stranom okupacijom, te je valorizacija hotelskih zgrada, njihova pravna i fizička zaštita i ponovna upotreba od izuzetnog značaja.

#### 3.2 MEĐURATNI MODERNIZAM

Modernizam, odnosno internacionalni stil, je počeo da se razvija početkom 20. veka u Evropi, i vrlo brzo je postao ključni element u evropskoj arhitektonskoj teoriji i praksi. Razumevanje razloga zbog kojih je modernizam toliko brzo napredovao u Evropi podrazumeva razumevanje konteksta evropske društvene i političke situacije u 20. veku. Prvi svetski rat je ostavio razarajuće posledice širom Evrope, što je rezultovalo dubokom ekonomskom krizom, kao i urušavanjem izgrađene sredine. Razvoj modernizma u arhitekturi je odgovor na stanje u kome su se nalazili evropski gradovi – arhitekti su smatrali da su istorijski stilovi irelevantni i dekadentni, dok je primena nefunkcionalnih ornamenata zastarela, te je bilo neophodno tragati za novom estetikom koja će odgovoriti na novonastale okolnosti i potrebe.

Prethodni stilovi su težili individualnom, dok novi, moderni stilovi treba da teže ka univerzalnom [5]. Razni pokreti su dominirali evropskom arhitektonskom scenom, od Bauhauasa, ruskog konstruktivizma, Nove objektivnosti, i svaka interpretacija modernizma je ostavila značajan pečat na stilski razvoj. Principi modernizma su prezentovani u Korbizjevoj *Ka pravoj arhitekturi* (1927) i oni su podrazumevali projektovanje fleksibilnih funkcionalnih celina, upotrebu horizontalnih prozora, ravnih krovova, fasada bez dekoracije, bele boje,... [6]. Principi su težili ka jednostavnim formama i dekorativnim elementima koji se mogu uklopiti u najrazličitije postojeće kontekste u diverzifikovanoj evropskoj sredini.



**Slika 1 - Vila Tugendhat u Brnu, Češka (1930). Delo arhitekta Mis van der Roëa. Klasični elementi modernističke arhitekture i internacionalnog stila. Izvor: zvanična internet prezentacija Vile Tugendhat, dostupno na sajtu: <https://www.tugendhat.eu/en/>**

U Srbiji su razvojne okolnosti bile drugačije, ali sa sličnim stilskim elementima. Nakon viševjekovne osmanske i austrougarske okupacije, Srbija je stekla nezavisnost krajem 19. veka, a nakon Prvog svetskog rata je sa susednim zemljama formirala Kraljevinu Srba, Hrvata i Slovenaca, potom Kraljevinu Jugoslaviju. Novonastala država je bila duboko razjedinjena u verskom, etničkom, kulturološkom, pa i arhitektonskom pogledu, zbog čega je vrlo lako moglo doći do konflikta. Kako bi se izbegla dublja podela, kralj Aleksandar I Karađorđević je smatrao da je arhitektonski neutralan internacionalni stil pogodan za kulturološki razjedinjenu sredinu, te da bi takav stil mogao približiti novonastalu državu evropskim tekovinama [7]. Modernizam koji je bio razvijan tokom vladavine kralja Aleksandra I Karađorđevića se naziva međuratnim modernizmom zbog istorijskog perioda u kome je bio dominantan, perioda između dva svetska rata. Srpski arhitekti su značajno doprineli razvoju modernizma i približavanju stila javnosti. Značajni među njima su Dušan Babić, Milan Zloković, Branislav Kojić i Jan Dubovi koji osnivaju

grupu GAMP (Grupa arhitekata modernog pravca), koja je aktivno doprinosila implementaciji modernizma u jugoslovenski kontekst [8]. Stilske karakteristike modernističkih zgrada u Srbiji i regionu su slične kao i u Evropi, sa par autentičnih arhitektonskih elemenata kao što su kružni prozori, cilindrične forme i jarboli za zastavu. Važno je napomenuti i to da je moguće izvršiti i složeniju podelu i sistematizaciju modernizma na prostoru Srbije i regiona, što je tema za drugo istraživanje.



*Slika 2 - Osnovna škola u Jagodini (1940). Delo arhitekta Milana Zlokovića. Modernistički oblikovni elementi u Srbiji. Izvor: Zvanična internet prezentacija Fondacije Milan Zloković, dostupno na sajtu:*

<https://www.milanzlokovic.org/projekat/osnovna-skola/>

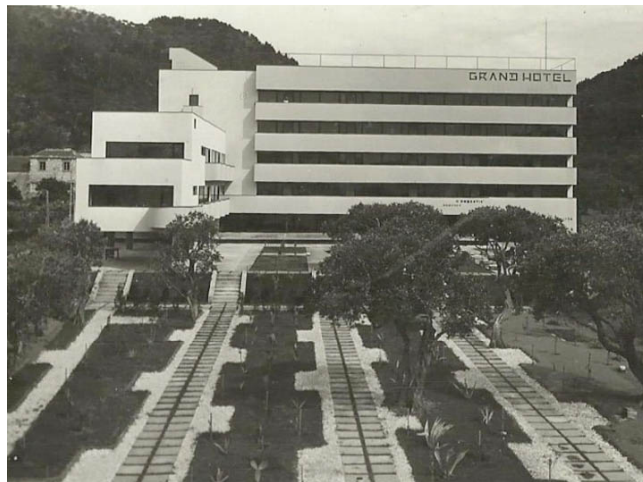
### 3.3 HOTELSKE ZGRADE MEĐURATNOG MODERNIZMA

O viziji razvoja hotela u 20. veku, čak i pre početka Prvog svetskog rata, govori novinar Jozef August Luks (Joseph August Lux). On navodi da nova arhitektura hotela mora da zadovolji tri osnovna uslova: mora da funkcioniše poput mašine, savršeno konstruisane aparature; mora da bude na nivou standarda vagona za spavanje evropske železnice i mora, u pogledu higijene i čistoće, da ispunji kliničke uslove [9]. Hotelske zgrade iz perioda međuratnog modernizma zaista i jesu bile vesnici novog, smelog talasa arhitektonskog projektovanja i preispitivanja istorijskih formi i funkcija hotela u izgrađenoj sredini.

U kraljevini Jugoslaviji su hoteli iz perioda međuratnog modernizma su bili veoma rasprostranjeni i projektovani u periodu između dva svetska rata, na čitavoj teritoriji. Nažalost, mali broj hotela iz tog perioda obavlja svoju prvobitnu namenu danas, a oni koji funkcionišu kao hotelske zgrade su znatno devastirani i sadržaji koje nude ne mogu dostići savremene hotelijerske potrebe. Gotovo svi poznati modernistički arhitekti su za sobom ostavili neki hotel, od primorskih hotela kao što je Grand hotel na

Lopudu kod Dubrovnika arhitekta Nikole Dobrovića, preko banjskih hotela kao što je hotel Žiča u Mataruškoj Banji arhitekta Milana Zlokovića, planinskih hotela poput hotela Avala na Avali arhitekta Viktora Lukomskog, pa sve do reprezentativnih gradskih hotela kao što je hotel Park u Nišu arhitekta Aleksandra Sekulića. Vizija o hotelima kao centrima kulturnog i zabavnog života, ali i o centrima odmora, rekreacije i regeneracije se odgledala u autentičnoj formi i funkciji tih objekata.

Hotelske zgrade iz perioda međuratnog modernizma su od izuzetnog značaja u kulturno-istorijskom pogledu i predstavljaju sastavni deo nacionalnog kulturnog i graditeljskog nasleđa. Njihova vrednost se ne ogleda samo u bogatim funkcionalnim i oblikovnim karakteristikama, već i u ulozi tih hotela u emancipaciji konzervativne sredine, kao i u izgradnji novog identiteta srpskog i jugoslovenskog urbanog života. Nažalost, veoma mali broj hotelskih zgrada uživa status zaštićenog dobra. Prema registru Republičkog zavoda za zaštitu spomenika kulture [10], samo šesnaest hotelskih zgrada uživa status trajne zaštite, dok je samo četiri od tih šesnaest iz perioda međuratnog modernizma [11], među kojima je i hotel Park u Nišu – predmet studije slučaja ovog istraživanja.



*Slika 3 - Hotel Grand na Lopudu kod Dubrovnika, Hrvatska (1934). Delo arhitekta Nikole Dobrovića. Izvor: istorijska razglednica hotela Grand, dostupno na sajtu <https://sometimes-interesting.com/adriatic-modernism-grand-hotel-of-lopud/>*

### 3.4 ARHITEKTONSKE INTERVENCIJE NA OBJEKTIMA GRADITELJSKOG NASLEĐA

Proces adaptacije, transformacije i ponovne upotrebe istorijskih struktura je vrlo složen i kompleksan zadatak za koji ne postoje univerzalni



odgovori. Različiti autori na različite načine tumače stepene i obim arhitektonskih intervencija na nasleđenim strukturama, te je svaku potencijalnu intervenciju neophodno diskutovati kroz spektar najrazličitijih teorijskih osnova.

Za potrebe ovog istraživanja, diskusija o predlogu transformacije i adaptacije predmeta studije slučaja (hotela Park u Nišu) će biti sagledana kroz teorijske okvire arhitekta Majkla Stratona (Michael Stratton) [12]. Straton smatra da postoje različiti validni pristupi koji mogu biti:

- **Prezervacija (očuvanje)** – potpuno očuvanje strukture u svom originalnom obliku. Karakteristika objekata najznačajnijeg arhitektonskog identiteta.
- **Konzervacija sa detaljima savremenog izraza** – zadržavanje originalne strukture u što većem procentu, uz dodavanje pojedinih savremenih arhitektonskih detalja.
- **Veštačko nasleđe** – intervencije koje replikuju prostorne elemente originalne strukture.
- **Jukstapozicija starog i novog** – korišćenje najboljih segmenata istorijskih struktura, uklanjanje svih elemenata koji nemaju prepoznate vrednosti, kao i dodavanje nove arhitekture koja odgovara savremenoj eri ali isto tako i poštuje nasleđenu strukturu.

Naravno, postoje i drugi autori koji na drugačije načine sagledavaju i tumače istorijske strukture, te predlažu drugačije modele fizičkih intervencija na nasleđenim strukturama. Ono što je univerzalna vrednost svih teoretičara koji se bave ovom problematikom je imperativ očuvanja graditeljskog nasleđa u različitim oblicima i formama.

## 4 HOTEL PARK U NIŠU – STUDIJA SLUČAJA

### 4.1 ISTORIJSKA POZADINA I IZVORNO STANJE

Hotel Park je jedna od najpoznatijih hotelskih zgrada izgrađenih u duhu međuratnog modernizma u gradu Nišu, pa i na jugu Srbije. Sagrađen je 1936. godine u samom centru grada po projektu arhitekta Aleksandra Sekulića i inženjera Dragoljuba Vladimirovića [7]. Iako je izgrađen samo pet godina pre početka Drugog svetskog rata u Jugoslaviji, hotel je vršio svoju izvornu funkciju. Tokom fašističke okupacije je bio mesto okupljanja nemačkih vojnika, što je rezultovalo oružanim sukobom između nacista i jugoslovenskih partizana, te je okarakterisalo hotel

Park kao značajno istorijsko mesto – početak oružane pobune protiv okupatora na jugu Srbije [13]. Kulturno-istorijske i arhitektonske vrednosti hotela Park su bile prepoznate još 1983. godine, te je hotel zaveden kao spomenik kulture i trenutno je u nadležnosti Zavoda za zaštitu spomenika u Nišu. Devedesetih godina 20. veka je objekat služio kao privremeni smeštaj raseljenih lica iz Hrvatske, Bosne i Hercegovine i sa Kosova i Metohije. Nakon toga prestaje da obavlja svoju prvobitnu funkciju i nalazi se u lošem fizičkom stanju. Pokrenut je projekat rekonstrukcije koji još uvek nije završen.



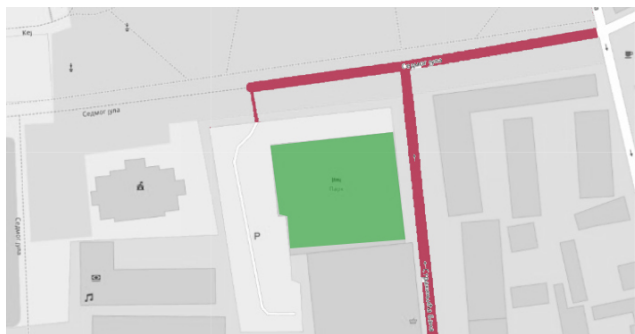
*Slika 4 - Izvorno stanje hotela Park. Izvor: internet portal Južne vesti, dostupno na sajtu <https://www.juznevesti.com/foto/Moj-grad/Hotel-Park--Nis--Stojiljkovici.sr.html?c=Komentari>*

U pogledu urbo-morfoloških karakteristika, hotel Park se nalazi u centralnom gradskom jezgru grada Niša, u neposrednoj blizini Trga kralja Milana, Tvrđave i reke Nišave. U trenutku izgradnje bio je prostorni i visinski reper područja, s obzirom na to da su se pre Drugog svetskog rata u okruženju nalazile stambene kuće niske spratnosti i javne zgrade manjih kapaciteta. Lokacija hotela je izuzetno povoljna, pre svega zbog blizine centralnim gradskim sadržajima.



*Slika 5 - Položaj hotela Park u Nišu. Crveno - Trg kralja Milana, zeleno – niška Tvrđava. Izvor: Geosrbija –*

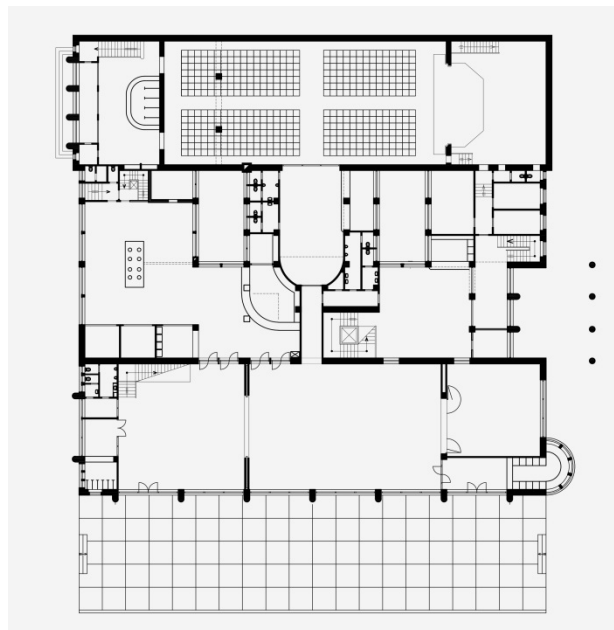
*katastar, dostupno na sajtu:*  
<https://a3.geosrbija.rs/katastar>



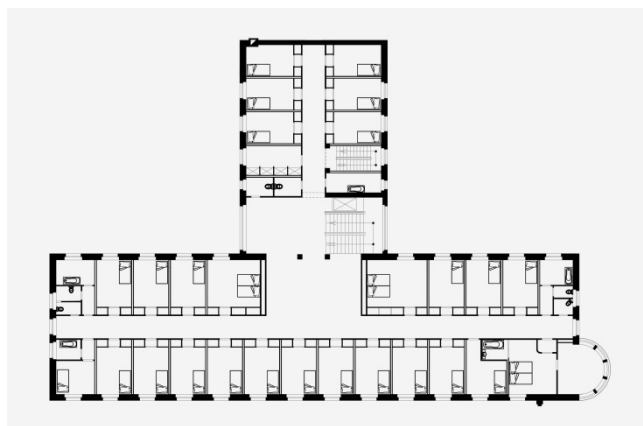
**Slika 6 - Hotel Park (zeleno boja) i pristupne ulice (crvena boja).** Izvor: Geosrbija – katastar, dostupno na sajtu: <https://a3.geosrbija.rs/katastar>

Izorne karakteristike funkcionalne organizacije na najbolji način prezentuju modernističke ideje koje su bile razvijane u Srbiji. Hotel je podeljen na dve celine koje su povezane toplom vezom – zgrade hotela koja se sastoji iz podrumске etaže, prizemlja, mezanina i tri sprata sa smeštajnim kapacitetima, i zgrade bioskopa sa podrumom, prizemljem i galerijom. Funkcionalna organizacija je složena, ali izuzetno jasna i logična. Organizacija zgrade bioskopa je predodređena potrebama organizacije samog sadržaja, te se sastoji iz lobija i auditorijuma sa binom. Podrumska etaža hotela se nalazi ispod dela objekta i namenjena je skladištenju tehničke opreme, hrane i pića. Prizemlje hotela je najkarakterističnije po prostranom restoranu koji je lajtmotiv hotela i prepoznatljivo mesto okupljanja građana, kao i iz administrativnog bloka, kuhinje, hola i dva atrijuma. Mezanin je podeljen na ugostiteljske i smeštajne kapacitete, dok su prva, druga i treća etaža projektovane kao smeštajni kapaciteti sa pratećim pomoćnim prostorijama koje su neophodne za funkcionisanje hotela (sanitarije, sušenje veša, itd.). Sobe su malih kapaciteta i uglavnom bez sopstvenih sanitarija, već postoje zajedničke sanitarije na svakoj etaži. Apartmani su opremljeni luksuznije, te poseduju skromne sanitarije unutar same smeštajne jedinice. Što se tiče izvorne forme i materijalizacije, najupečatljiviji deo objekta je ugaoni cilindrični element, kružni prozori na poslednjoj etaži, kao i prostrano zastakljeno prizemlje sa mermernim pilastrima. Forma objekta je takođe u duhu modernizma, što se najbolje može videti na Slici 4. Razigrani ritam fasade je dobijen oduzimanjem volumena, što je u potpunosti pratilo funkcionalnu organizaciju. Celokupan objekat je izvorno bio obložen belim malterom, čime je bila jasno naglašena modernistička priroda strukture. Krov objekta nije bio

ravan, već je projektovan kao klasičan kosi drveni krov koji nije vidljiv iz ljudske perspektive zbog izgradnje atike koja ga vešto skriva.



**Slika 7 - Osnova prizemlja – izvorno stanje.** Izvor: arhiv Katedre za projektovanje javnih zgrada na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu.



**Slika 8 - Osnova tipične etaže – izvorno stanje.** Izvor: arhiv Katedre za projektovanje javnih zgrada na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu.

## 4.2 POSTOJEĆE STANJE

Kao što je u prethodnom poglavlju naglašeno, nakon rata devedesetih godina prošlog veka u Jugoslaviji, hotel Park je vršio funkciju smeštaja raseljenih lica iz ratom obuhvaćenih područja, a nakon rata je prestao da obavlja svoju izvornu funkciju. Fizičko stanje hotela Park do 2018. godine je bilo izuzetno nepovoljno, sa ozbiljnim oštećenima na fasadi. Zgrada bioskopa je vršila funkciju noćnog



kluba, pa je taj deo objekta bio održavan, bez poštovanja prema vrednostima nasleđene strukture.



*Slika 9 - Stanje hotela Park 2015. godine, pre projekta rekonstrukcije. Izvor: internet portal Južne vesti, dostupno na sajtu:*

<https://www.juznevesti.com/Drushtvo/Niski-hotel-Park-gostio-i-fasiste-i-Tita.sr.html>

Projekat rekonstrukcije hotela Park je donešen paralelno sa Urbanističkim projektom za uređenje Trga kralja Milana u Nišu 2018. godine [14]. Do današnjeg dana hotel još nije u potpunosti završen. Originalna forma hotela je zadržana, uz nadgradnju transparentne etaže, kao i lifta na samoj fasadi. Prema rečima investitora, težnje su da hotel dobije savremene sadržaje, kao i etno kutak i terasu za matinee, ali i podzemnu garažu na neizgrađenom delu parcele [15]. Mišljenje javnosti i struke o projektu rekonstrukcije je podeljeno, ali nije javno prezentovano. Izvorni modernistički elementi poput fasade u belom koloritu su izgubljeni postavljanjem žućkastih fasadnih ploča, dok je nadgradnja narušila horizontalnu oblikovnu dinamiku. Konstrukcija lifta na fasadi zadovoljava funkcionalne potrebe novoprojektovanih sadržaja, međutim potencijalno može da ugrozi vizuelni identitet i integritet samog objekta. Datum završetka radova nije još poznat.

Analiza postojećeg stanja objekta je od značaja za istraživački i projektantski proces, jer su na taj način najbolje praćene fizičke promene koje su nastale tokom vremena, u odnosu na izvorno stanje. Te promene su rezultat nepažnje i destruktivnih nestručnih intervencija, najčešće spontane prirode.



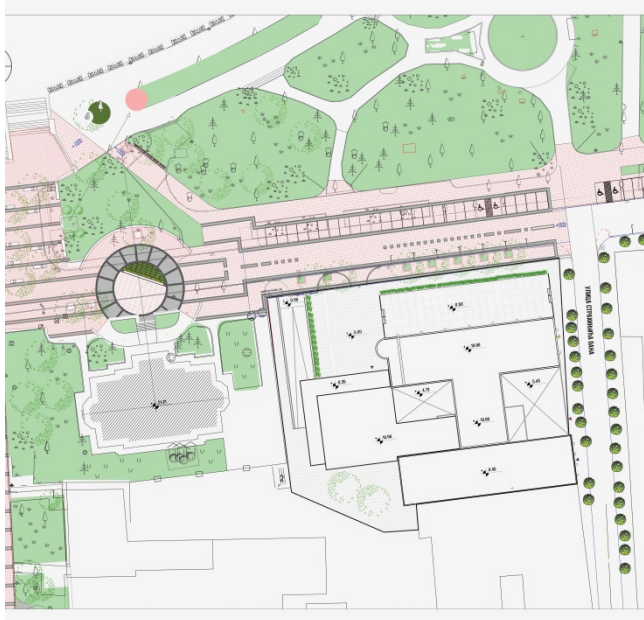
*Slika 10 - Stanje hotela Park novembra 2020. godine. Izvor: autorska fotografija iz ličnog arhiva.*

#### 4.3 PREDLOG TRANSFORMACIJE

Autorski predlog rekonstrukcije i dogradnje hotela Park u Nišu je rezultat nastavnih aktivnosti na predmetu Sintezni projekat javne zgrade na završnoj godini integrisanih studija arhitekture na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu. Cilj istraživanja jeste bilo pronalaženje načina na koje je moguće funkcionalno adaptirati postojeću strukturu, tako da fasadni omotač zadrži svoj izvorni izgled, a da planirani sadržaji zadovoljavaju savremene standarde u projektovanju hotelskih zgrada. Analizom izvorne arhitekture i interpretacijom teorijskih osnova koje se bave zaštitom graditeljskog nasleđa i mogućnostima fizičke intervencije na graditeljskom nasleđu, autori su došli do rešenja koje može da pomiri istorijsku i savremenu arhitekturu.

Pre svega je potrebno sagledati urbanistički položaj samog hotela i kako je novi projekat za uređenje Trga kralja Milana uticao na projektantski koncept. Pre implementacije projekta za uređenje Trga, hotel Park se nalazio na uglu dve ulice – ulice 7. juli i ulice Strahinjića Bana. Obe ulice su nekada bile vrlo frekventne, sa čestim prisustvom motornog saobraćaja. Pešački i motorni pristup hotelu je bio iz ulice 7. juli, a parkiranje je obavljano na neizgrađenom delu parcele u okviru partera. Implementacijom novog projekta za uređenje Trga, ulica 7. juli delom postaje integrisana ulica – i to baš u delu gde je nekada bio motorni pristup hotelu. Radi smanjenja motornog saobraćaja i podsticanja pešačkog kretanja na lokaciji, parking u predlogu

transformacije nije više na parteru, već je predviđen u podzemnoj garaži. Dogradnja kubusa koji se fizički integriše sa istorijskom zgradom vizuelno upotpunjuje prazan prostor na parceli i doprinosi formiranju vizuelnog jedinstva integrisane ulice.

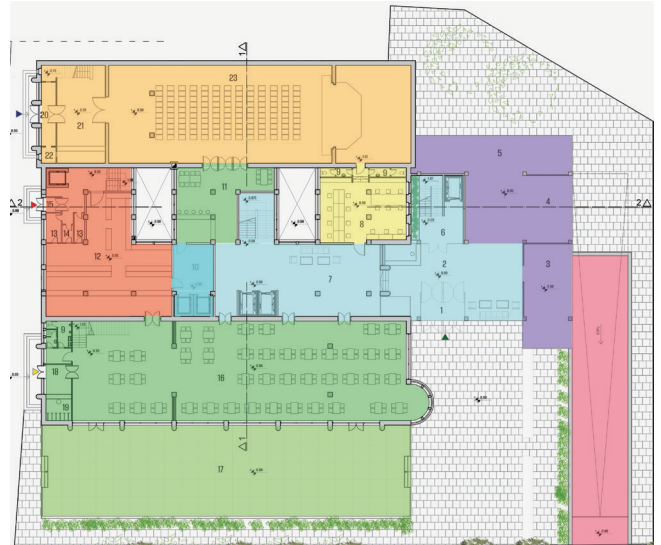


**Slika 11 - Situacioni plan.** Izvor: Urbanistička podloga preuzeta sa sajta Sekretarijata za planiranje i izgradnju, dostupna na internet prezentaciji Sekretarijata: <https://www.gu.ni.rs/gradska-uprava/gradska-uprava-grad-nisa/sekretarijat-za-planiranje-i-izgradnju/>

U cilju izbegavanja nadgradnji koje potencijalno mogu narušiti skladne proporcije hotela, na neizgrađenoj površini parcele je dodat transparentan kubus iste visine kao i hotel, ali blago uvučen u dubinu parcele. Novoprojektovani kubus je fizički spojen sa postojećom zgradom i čini jedinstvenu funkcionalnu celinu. Podrum, prizemlje i mezanin postojeće etaže, kao i sve etaže novoprojektovane strukture su javne namene, dok su poslednja tri sprata postojećeg objekta projektovani kao smeštajni sadržaji.

Osnovna ideja funkcionalne adaptacije postojeće strukture je da se sadržaji projektuju u zonama u kojima su inicijalno bili planirani. Na taj način je zadržan prostran restoran na prizemnoj etaži sa platoon koji je u funkciji letnje bašte, sa kuhinjskim blokom koji se nalazi na istom mestu. Administrativni blok se takođe nalazi na istom mestu kao i u izvornom stanju, uz izmene u unutrašnjoj organizaciji koji prate savremene principe projektovanja kancelarijskih prostora. Određene unutrašnje pregrade i prostori za stepeništa su uklonjeni kako bi se napravio prostor za prostran hol i vertikalne komunikacije koje

zadovoljavaju savremene bezbednosne regulative. Prostor bivšeg bioskopa Park je transformisan u konferencijsku salu. U prizemlju novoprojektovane strukture se nalazi glavni ulaz, recepcija, kao i uslužni i trgovinski sadržaji.



**Slika 12 - Osnova prizemlja;** zelena boja – ugostiteljski sadržaji; crvena – kuhinjski blok; žuta – administracija; narandžasta – konferencijska sala; ljubičasto – uslužne delatnosti; plavo – hol i vertikalne komunikacije. Izvor: arhiv Katedre za projektovanje javnih zgrada na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu.

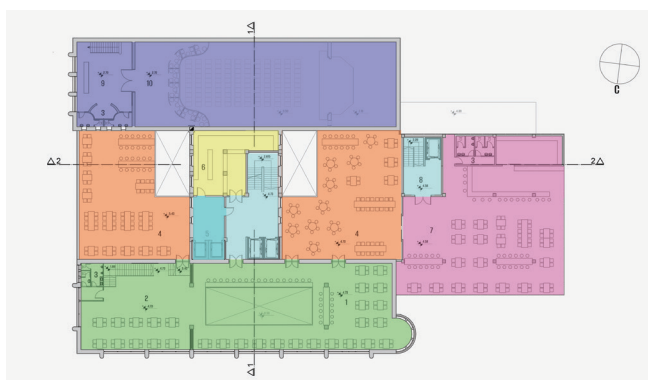
Podrumska etaža je proširena. U izvornom stanju se ona nalazila samo ispod ulaznog hola i kuhinjskog bloka, kao i manjim delom ispod bioskopske bine. U predlogu transformacije, podrumska etaža se nalazi i ispod etaže konferencijske sale (bivšeg bioskopa), ali i ispod prostora restorana. Proširena podrumska etaža ispod postojećeg objekta je toplom vezom povezana sa podrumskom etažom novoprojektovane strukture, koja obavlja funkciju podzemne garaže. Takvim fizičkim povezivanjem je postignuta cirkularnost u komunikacijama korisnika. Podrumska etaža je podeljena na više zona, gde je zona skladištenja hrane, opreme i neophodnih materijala ispod kuhinjskog bloka u prizemlju. Ispod konferencijske sale se nalazi spa blok, sa bazenom, saunama, prostorijama za masažu i tretman lica. Zona koja se nalazi ispod restorana je projektovana kao teretana sa neophodnim garderobama. Svi novoprojektovani sadržaji su povezani neophodnim komunikacijama, kao i recepcijom. U podrumskoj etaži su smeštene glavne sanitarije koje služe za goste restorana, kao i za posetioce spa bloka ili teretane.





**Slika 13 - Osnova podruma; narandžasta boja – podzemna garaža; žuta – hol sa recepcijom, vertikalnim i horizontalnim komunikacijama; ljubičasto – sanitarije i garderobe; zeleno – teretana; crveno – pomoćne prostorije; plavo – spa blok. Izvor: arhiv Katedre za projektovanje javnih zgrada na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu.**

Mezanin postojećeg objekta je projektovan kao ekstenzija ugostiteljskih sadržaja koji se nalaze u prizemlju. Iz prostora restorana u prizemlju je moguće internim stepeništem doći do prostora restorana na mezaninu. Takođe, restoranu na etaži mezanina je moguće pristupiti glavnim komunikacijama iz hola. Na mezaninu je projektovana i servisna kuhinja. Kako u izvornoj strukturi hotela iznad kuhinjskog bloka i dela hola ravan krov kome je moguće pristupiti sa etaže mezanina, taj ravan krov vrši funkciju terase na otvorenom, gde je moguće obedovati u letnjim mesecima. Etaža mezanina u novoprojektovanoj strukturi je projektovana kao savremen bar.



**Slika 14 - Osnova mezanina; zelena boja – restoran; crvena – terasa; žuto – kuhinja; svetlo ljubičasto – bar; tamno ljubičasto – galerija konferencijske sale; plavo – horizontalne i vertikalne komunikacije. Izvor: arhiv Katedre za projektovanje javnih zgrada na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu.**

Prvi, drugi i treći sprat postojećeg objekta su tipski projektovani. Izvorna koridorska organizacija etaže sa smeštajnim kapacitetima (Slika 8) je promenjena kako bi bilo moguće smestiti prostranije i komotnije sobe. Sobe na svim etažama, sem jedne, su orijentisane na način da imaju odgovarajuće vizure ka parku, Nišavi, Tvrđavi i centru grada. To je rezultovalo u značajnom brojanom smanjenju smeštajnih kapaciteta, gde je od 27 izvornih jedinica nastalo 8 jedinica po svakoj etaži. Međutim, novoprojektovane sobe su komforne, projektovane po savremenim standardima i principima. Na svakoj etaži se nalaze dve jednokrevetne sobe, četiri dvokrevetne sobe i dva apartmana, koji su pozicionirani na uglovima radi obezbeđivanja boljih vizura i osvetljenja. Prvi, drugi i treći sprat novoprojektovane strukture su takođe rešeni tipski i projektovani su kao prostrani, fleksibilni prostori koje je moguće uređivati u skladu sa potrebama korisnika. U svakoj od tri etaže novoprojektovanog prostora se nalazi blok sa vertikalnim komunikacijama i sanitarije.



**Slika 15 - Osnova tipске etaže; plavo – komunikacije; narandžasto – pomoćne prostorije; crveno – dvokrevetne sobe; zeleno – jednokrevetne sobe; ljubičasto – apartmani; žuto – fleksibilan prostor. Izvor: arhiv Katedre za projektovanje javnih zgrada na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu.**

U oblikovnom pogledu, ideja je bila vratiti izvorni izgled postojećoj, istorijskoj strukturi. To je podrazumevalo materijalizaciju fasade u belom malteru i oblaganje pilastera u prizemlju granitnim pločama. Novoprojektovana struktura je uvučena u odnosu na postojeći objekat kako ne bi vizuelno ugrozila najupečatljiviji element na hotelu – ugaoni cilindar. Materijalizacija novoprojektovanog objekta je u potpunosti staklena, gde je primetna diferencijacija između etaže mezanina i ostalih etaža. Etaža mezanina se ne nalazi u istoj ravni kao ostale etaže i materijalizovana je u potpuno transparentnom staklu, dok su ostale etaže materijalizovane u

zamućenom staklu. Ovakav izbor materijalizacije novoprojektovane strukture ima za cilj vizuelno naglašavanje istorijske zgrade i jasnu diferencijaciju između istorijskog i savremenog, tj. starog i novog.



*Slika 16 - 3d model hotela Park sa dogradnjom – bočni pogled iz integrisane ulice 7. juli. Izvor: lična arhiva.*



*Slika 17 - 3d model hotela Park sa dogradnjom – frontalni pogled iz integrisane ulice 7. juli. Izvor: lična arhiva.*



*Slika 18 - 3d model hotela Park sa dogradnjom – bočni pogled. Uvlačenje dogradnje u odnosu na istorijski objekat. Izvor: lična arhiva.*

## 5 DISKUSIJA

Odgovor na postavljeno istraživačko pitanje o načinima pomoću kojih je moguće postići optimalno programsko i oblikovno rešenje pri savremenoj upotrebi istorijskih, međuratnih hotelskih zgrada nije nimalo jednostavno, niti zapravo uvek moguće. Prednost struktura koje su građene u periodu modernizma je ta da su i objekti današnjice često projektovani i građeni po načelima modernizma (u pogledu funkcionalne organizacije i osnovnih oblikovnih karakteristika), te nisu potrebne invazivne, agresivne i finansijski zahtevne intervencije kako bi istorijske zgrade međuratnog modernizma bile reaktivirane.

Oslanjajući se na teorijske podele koje je izneo arhitekta Majkl Straton, autorski predlog transformacije i reaktivacije hotela Park u Nišu se na neki način oslanja na više različitih tipova intervencija. U najvećoj meri oslanja na **jukstapoziciju starog i novog**, kao i **prezervaciju** najznačajnijih i vizuelno najautentičnijih segmenata fasadnog omotača. Međutim, zbog težnje ka dostizanju savremenih normativa projektovanja hotelskih zgrada (visok stepen komfora, energetska efikasnost, najviši stepen usluge), neminovno je govoriti i o **konzervaciji sa detaljima savremenog izraza** koja se ogleda u implementaciji savremenih detalja i struktura, najčešće pomoćnog karaktera.

Principi **jukstapozicije starog i novog** su najvidljiviji na eksterijeru, te je moguće zaključiti da je osnovna ideja bila očuvanje vizuelnog i likovnog identiteta istorijskog objekta, uz dodavanje savremenih struktura koje su u kontrasti sa nasleđenom strukturom po materijalizaciji, volumenu i konstrukciji. U procesu valorizacije istorijskog objekta, analitičkom metodom su prepoznati najvažniji i najprepoznatljiviji elementi istorijskog objekta – cilindrična ugaona masa, horizontalna dimenzija objekta, visina krovnog venca, kao i niz detalja na fasadi (pilastru, kružni prozorski otvori). **Prezervacija** najautentičnijih elemenata na fasadi je imperativ pri fizičkim intervencijama na nasleđenim objektima, jer narušavanje tih elemenata bi neposredno narušilo i vizuelni identitet mesta i prostora. Svi ti elementi su dodatno naglašeni projektovanjem savremene ekstenzije. Cilindrični element je akcentovan kao prostorni reper povlačenjem ekstenzije u dubinu parcele, horizontalnost nije narušena, već je dodatno naglašena, dok su krovni venci istorijskog objekta i dogradnje na istoj koti. Odabir staklene materijalizacije ne ugrožava modernističku

materijalizaciju istorijskog objekta, štaviše naglašava je. Dogradnja savremene staklene strukture pomaže i izgradnji vizuelnog jedinstva fronta integrisane ulice, koja potencijalno predstavlja frekventno mesto za okupljanje i različite tipove rekreacije i interakcije građana.

U pogledu funkcionalne organizacije postojećih etaža, vođeno je računa poklapanja zona i sadržaja izvornih i postojećih sa novoplaniranim sadržajima. Vođeno je računa o tome da se postojeći sadržaji u što većoj meri **konzerviraju** uz dodavanje **detalja savremenog izraza**, a ne da se zamene nekim novim sadržajima. Pre svega jer su postojeće funkcionalne celine prilagođene konkretnom tipu sadržaja, a pored toga određeni sadržaji su izgradili vizuelni i prostorni identitet samog objekta i neposrednog okruženja. Tako je zapravo restoran u prizemlju, sa letnjom terasom, bio simbol modernog urbanog života grada Niša, te je bilo nezamislivo planirati bilo koji drugi sadržaj koji bi mogao da ga zameni, pogotovo što je baš po tom restoranu hotel Park ostao u sećanju generacijama koje su bili nekadašnji korisnici prostora. Naravno, objekat nije imao veliki broj sadržaja koji bi ga činili savremenim hotelom, pa su upravo ti sadržaji dodati u podrumskoj etaži i u dograđenoj strukturi. Etaže na kojima se nalaze smeštajni kapaciteti su pretrpele najdrastičnije promene. Prilikom bilo kakvih intervencija esencijalno je prepoznavanje najsnažnijih mesta istorijskog objekta, ne samo u arhitektonskom smislu, već i u kulturnom i istorijskom smislu. Najsnažnije elemente koji su aktivno učestvovali u izgradnji duha mesta je potrebno sačuvati u što originalnijem obliku, jer je time moguće otvoriti dijalog o uspešnom očuvanju konteksta istorijske izgrađene sredine.

Savremene intervencije o kojima je neophodno govoriti kod gotovo svih intervencija na istorijskim objektima, a koje nisu u potpunosti prikazane na idejnom rešenju zbog stepena razrade projekta, su i intervencije poput zamene postojeće dotrajale stolarije, reparacija instalacija, termičkog omotača itd. Ovakve savremene intervencije su neophodne s aspekta energetske efikasnosti i dostizanja neophodnih normativa funkcionisanja savremenih hotela. Svaka savremena intervencija na neki način narušava autentičnost prostora, što je nemoguće izbeći. Optimalno projektantsko rešenje podrazumeva što veštije skrivanje nužnih intervencija tehničke i regulativne prirode, a naglašavanje savremenih intervencija funkcionalne, oblikovne i estetske prirode.

## 6 ZAKLJUČAK

U prethodnom poglavlju je bilo reči implementaciji teorijskih okvira pomoću kojih je izrađeno idejno rešenje transformacije hotela Park u Nišu. Zaključak je da ne postoji precizno definisan i predodređen pristup pomoću koga je moguće sagledati problematiku transformacije i reaktivacije hotelskih zgrada međuratnog modernizma. Svaka fizička intervencija koja za cilj ima očuvanje istorijske strukture i koja ni na koji način ne ugrožava nasledni objekat se može smatrati legitimnom, dok obim fizičkih intervencija zavisi od mnogobrojnih faktora kao što su stepen zaštite, stanje u kojem se objekat nalazi, autentičnost strukture itd. Takođe, moguće je zaključiti i da su neki vrste fizičkih intervencija neizbežne, a to su intervencije koje se tiču planiranja savremenih funkcionalnih sadržaja, ojačavanje konstrukcije koja potencijalno ne ispunjava različite bezbednosne kriterijume, projektovanje instalacione mreže, infrastrukturni izazovi, ventilacija, termički komfor itd. Kod takvih intervencija je važno voditi računa da one ne narušavaju integritet prostora, odnosno potrebno je vešto ih sakriti, ili ih pak naglasiti na način koji je promišljen i kreativan.

S druge strane, hotelske zgrade međuratnog modernizma su vrlo često skromne u pogledu smeštajnih kapaciteta i planiranih sadržaja, te je potrebno uvesti nove funkcionalne celine koje zadovoljavaju savremene hotelske standarde. Jukstapozicija starog i novog, odnosno dograđivanje i nadgrađivanje istorijskog objekta, je vrlo čest i naizgled jedini mogući vid fizičkog proširivanja objekta koji neće ugroziti istorijske objekte. Da li je optimalnije projektovati nadgradnju ili dogradnju, ili oba, je individualna stvar i zavisi od niza faktora i uticaja. Savremeni arhitektonski izraz poštuje istorijsku zgradu i nema pretenzije ka repeticiji istorijskih stilova koji ne pripadaju aktuelnoj arhitektonskoj praksi.

Osnovni rezultati ovog istraživanja, ilustrovani pomoću predmeta studije slučaja – hotela Park u Nišu, sugerišu da je moguće pronaći povoljna rešenja pri revitalizaciji hotelskih zgrada međuratnog modernizma, te da je promišljena interdisciplinarna kolaboracija, tj. saradnja arhitektonske, planerske i konzervatorske struke ključ uspeha u zaštiti modernističkih hotelskih zgrada. Pored toga, ponovna upotreba ovakvih struktura podrazumeva i racionalno iskorišćenje postojeće izgrađene sredine koje može omogućiti društvu brojne benefite.

Važno je, takođe, i zaključiti da u revitalizaciji, ili bilo kom drugom vidu aktivne ili pasivne zaštite



graditeljskog nasleđa, ne postoje univerzalna pravila i principi. Svaki objekat je jedinstven slučaj, te je temeljna valorizacija i stručna izrada tehničke dokumentacije neophodna pri uspešnom prepoznavanju nasleđenih vrednosti koje je potrebno očuvati.

### LITERATURA

- [1] Pokrajac Marija: **Privatna projektanska praksa u Srbiji u međuratnom periodu: 1918-1941.**, *Arhitektura i vizuelne umetnosti u jugoslovenskom kontekstu: 1918-1941.*, 45-52, 2021.
- [2] Pravilnik o uslovima i načinu obavljanja ugostiteljske delatnosti, načinu pružanja ugostiteljskih usluga, razvrstavanju ugostiteljskih objekata i minimalno tehničkim uslovima za uređenje i opremanje ugostiteljskih objekata („Službeni glasnik Republike Srbija”, br. 48/2012 i 58/2016).
- [3] Nikolić Marko, Milojković Aleksandar, Brzaković Milan: **Geneza i razvoj gradskog hotela tokom prve polovine XIX veka.** *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu*, Vol. 32, 77-88, 2017.
- [4] Radovanović Ljubica: **Hoteli i kafane grada Beograda – prepoznavanje spomenika kulture.** *Zavod za zaštitu spomenika kulture grada Beograda*, Beograd, 2019.
- [5] Frempton Kenet: **Moderna arhitektura, kritička istorija**, treće izdanje: izmenjeno i dopunjeno. *Orion art*, Beograd, 2004.
- [6] Koen Žan-Luj: **Le Korbizje.** *Taschen*, Keln, 2006.
- [7] Keković Aleksandar, Čemerikić Zoran: **Moderna u Nišu 1920-1941.** *Društvo arhitekata Niša*, Niš, 2006.
- [8] Alfirević Đorđe: **Ekspressionizam u srpskoj arhitekturi.** *Orion art*, Beograd, 2016.
- [9] Nikolić Marko, Milojković Aleksandar, Brzaković Milan: **Evolucija gradskog hotela u periodu nakon Drugog svetskog rata.** *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu*, Vol. 35, 29-43, 2020.
- [10] [https://www.heritage.gov.rs/cirilica/nepokretna\\_kulturna\\_dobra.php](https://www.heritage.gov.rs/cirilica/nepokretna_kulturna_dobra.php) (12.01.2023.)
- [11] Antić Uroš: **Modernism in the Case of Hotel Buildings in Interwar Serbia.** *Proceedings of International Scientific Conference on Architecture and Civil Engineering ArCivE '2021*, Vol. 3, 547-555, 2021.
- [12] Stratton Michael: **Industrial Buildings – Conservation and Regeneration.** Taylor & Francis, 2005.
- [13] Andrejević Borislav: **Spomenici Niša: zaštićena kulturna dobra od izuzetnog i od velikog značaja.** *Prosveta*, Niš, 2011.
- [14] <https://www.gu.ni.rs/gradska-uprava/gradska-uprava-grada-nisa/sekretarijat-za-planiranje-i-izgradnju/> (27.12.2022.)
- [15] <https://niskevesti.rs/hotel-park-u-završnoj-fazi-rekonstrukcije/> (13.01.2023.)

primljen: 28.12.2022.  
korigovan: 27.01.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 624.042.4(497.11)

## ODABRANE IZVEDENE MEMBRANSKE KONSTRUKCIJE U REPUBLICI SRBIJI

Vuk Milošević<sup>1</sup>, Dragan Kostić<sup>2</sup>

**Rezime:** Membranske konstrukcije se, među trenutno aktuelnim konstruktivnim sistemima, izdvajaju pre svega svojim specifičnim formama. Detaljnijom analizom dolazi se do zaključka da one imaju puno osobenosti u odnosu sa druge tipove konstrukcija i druge konstruktivne materijale. U svetu se njihova primena kreće od konstrukcija jako malih raspona do izuzetno velikih i reprezentativnih objekata. Međutim, za sve ove konstrukcije zajedničko je da odišu lakoćom i elegancijom. Upravo zbog ovoga, membranske konstrukcije su svoje mesto našle i u umetnosti, te se sve češće primenjuju kao prostorne skulpture. U Republici Srbiji se membranske konstrukcije primenjuju sa skoro pola veka zaostatka u odnosu na svet. U ovom radu prikazana su četiri objekta izvedena u našoj zemlji. Oni su izabrani tako da prikazuju trenutne domete naše graditeljske prakse u oblasti membranskih konstrukcija. Svaki od objekata posebno je analiziran u radu. Na osnovu obrađenih objekata doneti su zaključci o trenutnom stanju i predviđanja o daljem razvoju primene membranskih konstrukcija u Republici Srbiji.

**Ključne reči:** membranske konstrukcije, lake prostorne strukture, zategnute konstrukcije, izvedeni objekti, Republika Srbija

## SELECTED BUILT MEMBRANE STRUCTURES IN THE REPUBLIC OF SERBIA

**Abstract:** Membrane structures differentiate among other structural systems mainly by their characteristic forms. Further analysis leads to conclusion that they have many specific properties compared to other structures and structural materials. In the world, their applications range from very small to extremely large and representative buildings. However, all of these structures have elegance and lightweight nature in common. For this reason, membrane structures are also used in art, as spatial sculptures. In the Republic of Serbia the construction of membrane structures lags almost fifty years behind the world. This paper presents four selected built membrane structures in our country. These structures represent state of the art in building practice in Serbia in the field of membrane structures. Each of the structures is separately analyzed in the paper. Based on this, the results about the current state and the predictions about the future use of membrane structures in the Republic of Serbia are given.

**Key words:** Membrane Structures, Lightweight Structures, Tensile Structures, Built Structures, Republic of Serbia

<sup>1</sup> dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, vukamer@yahoo.com

<sup>2</sup> dr, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, dragan.kostic@gaf.ni.ac.rs

## **1 MEMBRANSKE KONSTRUKCIJE U SVETU I KOD NAS**

Membranske konstrukcije objedinjuju strukturalnu sofisticiranost i atraktivne forme, povezujući na taj način kvalitete građevinarstva i arhitekture. Savremene membranske konstrukcije razvijaju se od sredine prošlog veka. Od tada je u svetu izgrađeno puno značajnih objekata u ovom konstruktivnom sistemu. Danas su poznate mnoge osobine membranskih konstrukcija, ali se istraživanje o njima i dalje konstantno sprovode. Među prednostima membranskih konstrukcija ističu se njihova izuzetno mala sopstvena težina, neuobičajena geometrija i relativno veliki rasponi. Sa druge strane, loše termičke karakteristike sprečavaju njihovu rasprostranjeniju upotrebu.

Postoji nekoliko značajnih publikacija koje se bave različitim aspektima membranskih konstrukcija. Evropsko uputstvo za projektovanje zategnutih površinskih konstrukcija [1] i Nacrt evropskog pravilnika za proračun zategnutih membranskih konstrukcija [2] su najznačajniji evropski dokumenti, dok ne bude usvojen Evrokod o projektovanju membranskih konstrukcija, koji je u najavi. Za izvođače membranskih konstrukcija značajna je publikacija Zategnute površinske konstrukcije – praktičan vodič za kablovske i membranske konstrukcije [3].

Tokom poslednjih 70 godina membranske konstrukcije su građene širom sveta. Najveća koncentracija izgrađenih objekata nalazi se u Evropi, SAD, Japanu i na Bliskom istoku. U regionu u kome se nalazi Republika Srbija do nedavno nije bilo značajnih izvedenih membranskih konstrukcija. U prvoj deceniji XXI veka situacija je počela da se menja i pojavili su se prvi reprezentativni objekti u ovom konstruktivnom sistemu. Danas postoji više izvedenih objekata, kao i planovi za dalju primenu membranskog konstruktivnog sistema. U ovom radu predstavljena su četiri objekta izvedena u Republici Srbiji. Na osnovu njih može se doneti zaključak o trenutnim dometima graditeljske prakse u ovoj oblasti.

Osim toga, aktuelna su i naučna istraživanja membranskih konstrukcija u našoj zemlji. Zloković u svojoj knjizi [4] u sistematizaciju konstruktivnih sistema uključuje kablovske konstrukcije, kao preteču membranskih. Dančević samo par godina kasnije u svojoj knjizi [5] navodi i šatoraste sisteme, kojima pripadaju i membranske konstrukcije. Skorije, naprednim konstruktivnim sistemima, među kojima su

i šatoraste konstrukcije, bavili su se Nestorović [6] i Kostić [7]. Postoje i doktorske disertacije u ovoj oblasti [8-10], kao i jedna monografija posvećena ugibima membrana [11]. Može se na osnovu toga zaključiti da, zajedno sa praksom, i naši istraživači daju doprinos daljem razvoju membranskih konstrukcija.

## **2 ODABRANE IZVEDENE MEMBRANSKE KONSTRUKCIJE**

Objekti izabrani za analizu i dati u ovom radu su izložbeni paviljon u Nacionalnoj vozačkoj akademiji, natkrivač bašte restorana Perla, pokrivač trga u poslovnom parku Airport City i pokrivač pijace Zvezdara.

### **2.1 IZLOŽBENI PAVILJON U NACIONALNOJ VOZAČKOJ AKADEMIJI**

Izložbeni paviljon u Nacionalnoj vozačkoj akademiji nalazi se u Subotištu, neposredno pored piste i poligona za trening vozača. Sama Nacionalna vozačka akademija osnovana je 2008. godine kada je počela i izgradnja piste [12]. Naredne godine izvedena je i membranska konstrukcija prikazana na slici 1.

Površina na kojoj je izvedena konstrukcija je dimenzija približno 25x35 m. Pokrivena površina iznosi približno 500 m<sup>2</sup>. Međutim, korisna površina je nešto manja zbog toga što pokrivač u nekim delovima dolazi skoro do samog nivoa terena. Materijal pokrivača je poliester/PVC membrana.

Forma objekta je potpuno nestandardna za druge tipove konstrukcija i konstruktivnih materijala, a relativno uobičajena kod membranskih konstrukcija. Treba imati u vidu da u vreme nastanka ovog objekta nije bilo drugih reprezentativnih objekata izvedenih u sistemu membranskih konstrukcija u našoj zemlji, pa čak ni u nekim zemljama regiona. Zbog toga ovaj objekat od samog početka privlači mnogo pažnje.

Forma pokrivača sačinjena je od dva objedinjena konusa. Vrh višeg konusa je na visini od 12,34 m u odnosu na tlo, a nižeg na 10,35 m. Oslonačka konstrukcija membrane je čelična. Vrhovi konusa su oslonjeni na stubove koji su blago nagnuti jedan od drugog. Stubovi su izvedeni kao tropojasna rešetka, a pojasevi su raspoređeni u temenima jednakostraničnog trougla. Oni se zglobno oslanjaju na temelje samce.

Po obodu, membranska konstrukcija je oslonjena u 14 tačaka. Jednim delom membrana se oslanja na susedni objekat i to u tri tačke. Tri obodne tačke

oslonjene su na po jedan stub, a svaki od ovih stubova ima i po dve zatege. Četiri obodne tačke oslonjene su direktno na temelje samce, a preostale tri su za temelje vezane sa po dve zatege. Na ovaj način dobijena je različita visina pokrivača u različitim delovima i time omogućena optimalna funkcionalnost prostora. Sa



južne strane moguće je prostoru pristupiti direktno sa trkačke staze te je tu ivica pokrivača na većoj visini, dok je na severnoj strani pokrivač projektovan praktično do tla. Sve ivice pokrivača su projektovane kao fleksibilne i ojačane su prednapregnutim kablovima.



*Slika 1 – Izložbeni paviljon u Nacionalnoj vozačkoj akademiji*

## 2.2 NATKRIVAČ BAŠTE RESTORANA PERLA

Restoran Perla nalazi se u Nišu u ulici Dragoljuba Jovanovića Draže [13]. Sa severoistočne strane restorana nalazi se bašta, odnosno plato za koji je odlučeno da bude natkriven. Za konstruktivni sistem pokrivača izabrana je membranska konstrukcija. Izgradnja konstrukcije izvedena je 2014. godine za samo nekoliko dana. Ova konstrukcija prikazana je na slici 2.

Sam natkrivač bašte restorana u mnogome je inspirisan izložbenim paviljonom u Nacionalnoj vozačkoj akademiji. To se najbolje uočava u formi i oslonačkoj konstrukciji, koji su slični kod ova dva objekta. Dimenzije platoa na kome je izvedena membranska konstrukcija su približno 24x29 m.

Membranom je pokrivena površina od približno 500 m<sup>2</sup>. Za razliku od pomenutog izložbenog paviljona, ova membrana je podignuta od zemlje, te je tako prostor ispod nje dostupan sa svih strana i u potpunosti koristan jer nije ograničen visinom membrane. Membranski materijal je poliester/PVC.

Forma objekta je dvostruki konus. Oslonačka konstrukcija je čelična. Dva glavna stuba podupiru vrhove membrana. Oni su nagnuti jedan od drugog i zglobno su oslonjeni. Izvedeni su kao trobojne rešetke, zbog čega odaju utisak izuzetne elegancije i lakoće. Zbog toga su potpuno u skladu sa celokupnim vizualnim doživljajem natkrivača. Kako u eksterijeru, tako i u enterijeru, membranska konstrukcija je vrlo atraktivna i daje prostoru notu dinamičnosti i ekskluzivnosti.





*Slika 2 – Natkrivač bašte restorana Perla*

Ivični oslonci membrane su odignuti, kako zbog funkcionalnih, tako i zbog estetskih razloga. Naime, dvorište restorana je oivičeno netransparentom ogradom, te se membrana bolje sagledava nego da je na zemlji. Membrana je sa spoljašnje strane oslonjena tačkasto i to na 10 mesta. Dva tačkasta oslonca nalaze se na postojećem objektu restorana. Sedam oslonaca je na vrhovima manjih stubova koji su stabilizovani sa po dve zatege. Jedan oslonac je na stubu koji zbog blizine ogradi nije mogao da ima zatege, te je zbog toga izveden sa dva dodatna kruta podupirača. Ivice membrane između tačkastih oslonaca su fleksibilne i ojačane kablovima. Kablovi za osiguranje bezbednosti u slučaju kolapsa membrane povezuju vrhove konusa. Sa jednog vrha spuštaju se tri, a sa drugog četiri ovakva kabla.

Iako ovaj objekat ne donosi značajan napredak u odnosu na prethodni analizirani, njegov značaj u popularizaciji membranskih konstrukcija je veliki zbog lokacije na kojoj se nalazi. Usled namene koja obezbeđuje čestu eksploataciju i relativno veliki broj korisnika, mnogi stanovnici juga Srbije imali su priliku da se direktno upoznaju sa membranskim konstrukcijama zahvaljujući ovom objektu.

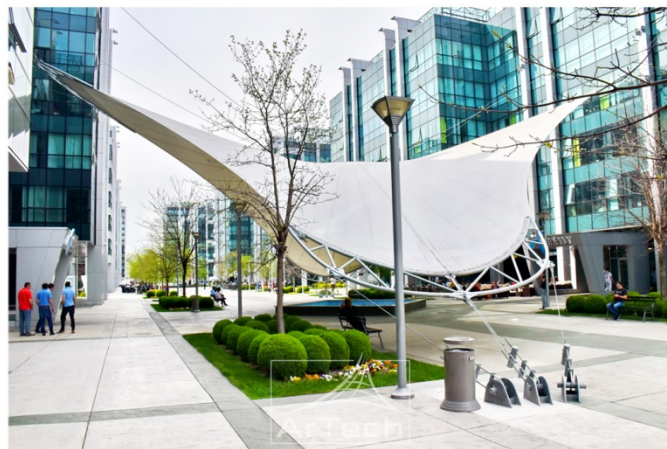
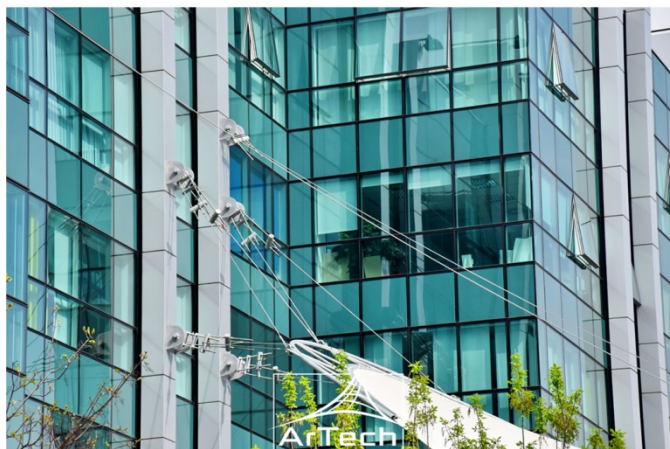
### **2.3 POKRIVAČ TRGA U POSLOVNOM PARKU AIRPORT CITY**

Poslovni park Airport City nalazi se na Novom Beogradu u bloku 65. Izgradnja ovog kompleksa započeta je 2005., a prve zgrade završene su naredne godine. Od tada je kompleks u više faza proširivan. Danas ga čini niz poslovnih objekata sa obe strane



pešačke ulice [14]. Na jednom od trgova koji su formirani između postojećih objekata 2017. godine izgrađen je pokrivač od prednapregnute membranske konstrukcije. Konstrukcija je prikazana na slici 3.

Membrana je oblika hiperboličkog paraboloida. Rastojanje između dva niža oslonca je 40,40 m, a između dva viša oslonca 38,20 m. Niži oslonci nalaze se na tlu, a viši na visini od 15 m gde su ankerisani u postojeće objekte. Sama membrana ima dimenziju od približno 22x22 m, sa dijagonalama od 32 m. Središnji deo membrane nalazi se na visini od 7,50 m.



*Slika 3 – Pokrivač trga u poslovnom parku Airport City*

Uobičajeno je, naime, da membrane oblika hiperboličkog paraboloida budu oslonjene ili tačkasto u temenima, ili kruto duž celih ivica membrane. Kod membrane u poslovnom parku Airport City primenjena je inovativna vrsta oslonaca. Oslonci su osmišljeni kao rešetkasti i nalaze se u temenima, ali nisu tačkasti. Oni su lučnog oblika i daju ivicama membrane suprotnu zakrivljenost u odnosu na fleksibilni deo ivice koji se nalazi između oslonaca. Na taj način bitno menjanju uobičajeni oblik membrane prisutan kod membrana sa tačkastim osloncima. Montaža ovih oslonaca predstavljala je

Pokrivena je površina od približno 500 m<sup>2</sup>. Za pokrivač je korišćen poliester/PVC membranski materijal.

Ova konstrukcija vrlo je specifična i to ne samo u regionu već i mnogo šire. Postoji nekoliko vrlo interesantnih konstruktivnih rešenja primenjenih na ovom objektu [15]. Najpre, to je tip oslonca koji je primenjen na uglovima membrane. Zatim i otvor koji se javlja u sredini membrane, a koji je nekarakterističan za membrane ovog oblika.

poseban problem zbog postizanja prednapreznja u membrani.

Otvor koji se nalazi u sredini membrane karakterističan je za konusne i radijalno orijentisane talasaste membranske konstrukcije. U ovom slučaju izveden je zbog postojanja fontane ispod centralnog dela membrane. Prečnik otvora je oko 4 m. Otvor je ojačan čeličnim prstenom. Postojanje otvora rezultovalo je i nekarakterističnom šemom sečenja. Iako je kod sedlastih membrana uobičajeno koristiti paralelne šeme sečenja, ovde je zbog otvora šema radijalna.



Pokrivač trga u poslovnom parku Airport City predstavlja uspešan eksperiment koji pomera granice mogućnosti membranskih konstrukcija. Zbog inovativnih rešenja primenjenih na ovoj konstrukciji, može se zaključiti da ona ne zaostaje za membranskim konstrukcijama sličnih raspona izvedenim u svetu.

### 2.4 POKRIVAČ PIJACE ZVEZDARA

Pijaca Zvezdara poznatija je pod nazivom Cvetkova pijaca. Ona se nalazi u Beogradu u ulici Bulevar Kralja Aleksandra. Tokom 2018. godine

pijaca je pokrivena kako bi se unapredile njene estetske i funkcionalne karakteristike. Pokrivač je projektovan u sistemu membranskih konstrukcija kao modularan. Konstrukcija je prikazana na slici 4.

Bilo je potrebno pokriti dve odvojene celine pijace. Prva celina je dimenzija 48,4x41,9 m, a druga 12,1x41,9 m. Pokrivanje ovih površina izvedeno je modulima dimenzija 12x12 m. Ukupna pokrivena površina je približno 2400 m<sup>2</sup>. Oslonačka konstrukcija je čelična, a pokrivač je poliester/PVC membranski materijal.



*Slika 4 – Pokrivač pijace Zvezdara*

Osnovna forma pokrivača je inverzni konus. Međutim, konus je u modulu podeljen na četiri dela, na taj način omogućivši da se u konstrukciji koriste i polovina ili četvrtina modula. Između delova konusa nalazi se po jedna jednostruko zakrivljena površina pokrivena membranom, koja služi za njihovo povezivanje. Četvrtina konusa formira se

povezivanjem četiri temena, od kojih su tri u horizontalnoj ravni na visini od 6 m, a jedno je niže. Ivični oslonci su kruti i dva su horizontalna i prava, a dva lučna u vertikalnoj ravni. Šema sečenja membrane je radijalna, iako nisu primenjeni celi konusi.

Glavni oslonci su čelični stubovi izvedeni tako da minimalno ograničavaju funkcionalnost pokrivenog

prostora. Oni su rešetkasti, sa četiri pojasa u kvadratnom rasporedu. Poprečnog preseka su 1x1 m, a visine 8 m. Sa vrha stuba spuštaju se zatege do tri temena četvrtine konusa, a četvrto, niže teme se nalazi na samom stubu.

Prostorni raspored modula je takav da je manja površina pijace pokrivena sa tri i po modula. Veća površina ima dva niza sa po pet modula i dodatno sa jedne strane četiri polovine modula, a sa druge tri polovine i jednu četvrtinu modula. Ovakav raspored bio je uslovljen stanjem na lokaciji. Konstrukcija omogućava dovoljnu osvetljenost i provetrenost u skladu sa namenom prostora koji je pokriven. Kako bi se povećala nezavisnost objekta od mreža snabdevanja i povećala njegova održivost, pokrivač je projektovan tako da sakuplja kišnicu kako bi se ona koristila kao tehnička voda za čišćenje objekta.

Pokrivač pijace Zvezdara je primer dobre prakse korišćenja membranskih konstrukcija za pokrivanje javnih objekata. Membranska konstrukcija pruža zaštitu od kiše, snega i direktnog sunčevog zračenja, a istovremeno definiše osvetljen i provetren prostor. Može se očekivati da će u budućnosti biti sve više ovakvih primera u našoj zemlji.

### 3 ZAKLJUČAK

O ekspanziji membranskih konstrukcija u svetu svedoči i činjenica da se trenutno radi na definisanju Evrokoda o projektovanju membranskih konstrukcija. Njihova najznačajnija primena je pokrivanje sportskih objekata. U Republici Srbiji njihova primena počela je tek u poslednje dve decenije.

Membrane se kao konstruktivni materijal mogu primenjivati na više načina. Jedan od češće zastupljenih podrazumeva korišćenje membrane kao pokrivača, pri čemu je primarna noseća uloga dodeljena nekom drugom građevinskom materijalu. Među konstrukcijama kod kojih membrana ima noseću ulogu javljaju se i pneumatske konstrukcije. Međutim, nijedan od dva pomenuta tipa nije analiziran u ovom radu. U radu su predstavljene konstrukcije kod kojih je membrana noseći element i stabilizovana je mehaničkim prednaprežanjem. Prikazana su četiri objekta koja su značajna za razvoj primene membranskih konstrukcija u Srbiji. U radu su date neke njihove tehničke karakteristike i analiza izvedenog konstruktivnog sistema.

Na osnovu analiziranih objekata može se zaključiti da je, bez obzira na kasniji početak primene membranskog konstruktivnog sistema u Srbiji, trenutno stanje graditeljske prakse u ovoj oblasti na

visokom nivou. Izvedeni objekti u Srbiji ne zaostaju po svojim strukturalnim i estetskim vrednostima za onim izvedenim u svetu. Međutim, uočava se da za sada još uvek nema objekata velikih raspona pokrivenih membranskim konstrukcijama u Srbiji. Naredni korak u razvoju primene membranskih konstrukcija u Srbiji mogao bi biti pokrivanje tribina nekog stadiona ili većeg auditorijuma. Takođe, može se očekivati i primena konstrukcija sa mogućnošću otvaranja i zatvaranja. Konačno, može se zaključiti da dalji razvoj primene membranskih konstrukcija u Republici Srbiji nije ograničen tehničkim kapacitetima niti znanjem, već finansijskim mogućnostima i još uvek nedovoljnim poznavanjem prednosti ovog konstruktivnog sistema među investitorima.

### ZAHVALNOST

Autori izražavaju zahvalnost kompaniji ArTech inženjering d.o.o. iz Beograda na ustupljenim fotografijama i tehničkim detaljima konstrukcija.

### LITERATURA

- [1] Forster Brian, Mollaert Marijke: **European Design Guide for Tensile Surface Structures**. *TensiNet*, Brussels, 2004.
- [2] Stranghoner Natalie, Uhlemann Jorg, et al.: **Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures**. *European Commission, Joint Research Centre*, Luxembourg, 2016.
- [3] Seidel Michael: **Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction**. *Ernst & Sohn*, Berlin, 2009.
- [4] Zloковиć Đorđe: **Konstruktivni sistemi**. *Arhitektonski fakultet*, Beograd, 1975.
- [5] Dančević Desimir: **Konstruktivni sistemi**. *Centar za informativno izdavačku delatnost*, Niš, 1978.
- [6] Nestorović Miodrag: **Konstruktivni sistemi, principi konstruisanja i oblikovanja**. *Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu*, Beograd, 2007.
- [7] Kostić Dragan: **Konstruktivni sistemi u arhitekturi, knjiga II**. *Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, Niš, 2018.
- [8] Milošević Jelena: **Izometrijska analiza u morfogenezi površinskih konstruktivnih sistema**. *Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu*, Beograd, 2015.
- [9] Milošević Vuk: **Aspekt promene geometrije pri dejstvu koncentrisane sile u projektovanju montažnih membranskih konstrukcija**.

*Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2018.*

- [10] Lipkovski Jana: **Optimalnost primene numeričkih metoda određivanja početne i deformisane geometrije membranskih konstrukcija**, *Univerzitet u Beogradu*, Beograd 2015.
- [11] Milošević Vuk: **Projektovanje membranskih konstrukcija – analiza ugiba pod opterećenjima**. *Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu*, Niš, 2022.
- [12] <http://www.navak.rs/> (2.12.2019.)
- [13] <http://perla.rs/> (3.12.2019.)
- [14] <http://www.airportcitybelgrade.com/> (4.12.2019.)
- [15] Vučur Aleksandar, Filz Günther: **Airport City Belgrade Membrane Structure: design, production and installation process**. *IASS Annual Symposium 2019 – Structural Membranes 2019*, Barcelona, 1-8, 2019.

primljen: 16.01.2023.  
korigovan: 28.02.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 727.7:69.059.35(497.11)

## ADAPTACIJA I REMODELOVANJE ENTERIJERA HOLA ZGRADE NARODNOG MUZEJA U LESKOVCU

Vladan Nikolić<sup>1</sup>, Olivera Nikolić<sup>2</sup>

**Rezime:** U radu je prikazan proces adaptacije i remodelovanja enterijera hola zgrade Narodnog muzeja u Leskovcu. Zgrada muzeja je otvorena 1974. godine, a dograđena početkom osamdesetih godina 20. veka. Bilo je neophodno izvršiti adaptaciju u smislu funkcionalne reorganizacije holskog prostora shodno savremenim potrebama muzeja, kao i remodelovanje enterijera. Intervencije su u funkcionalnom smislu podrazumevale izmenu ulaznog dela, povezivanje hola sa galerijskim prostorom u prizemlju i dodavanje neophodnih korisničkih prostora. Remodelovanje enterijera je izvršeno primenom savremenih oblikovnih rešenja i materijala. Diskretnim intervencijama u dizajnu prostora stvorena je estetski jedinstvena celina svedenih formi. Poseban akcenat je bio na geometrijskom usaglašavanju i povezivanju oblikovnih elemenata holskog prostora.

**Ključne reči:** arhitektonsko projektovanje, unutrašnja arhitektura, muzeji, adaptacija, remodelovanje

## ADAPTATION AND REMODELING OF THE HALL INTERIOR OF THE NATIONAL MUSEUM BUILDINGS IN LESKOVAC

**Abstract:** The paper shows the process of adaptation and remodeling of the interior of the hall of the National Museum building in Leskovac. The museum building was opened in 1974, and was extended in the early eighties of the 20<sup>th</sup> century. It was necessary to carry out an adaptation in terms of functional reorganization of the hall space in accordance with the modern needs of the museum, as well as interior remodeling. In the functional sense, the interventions involved changing the entrance area, connecting the hall with the gallery space on the ground floor and adding the necessary user spaces. The interior remodeling was carried out using modern design solutions and materials. Discreet interventions in the design of the space created an aesthetically unique whole of reduced forms. A special emphasis was placed on the geometric harmonization and connection of the design elements of the hall space.

**Key words:** Architectural Design, Interior Architecture, Museums, Adaptation, Remodeling



## 1 UVOD

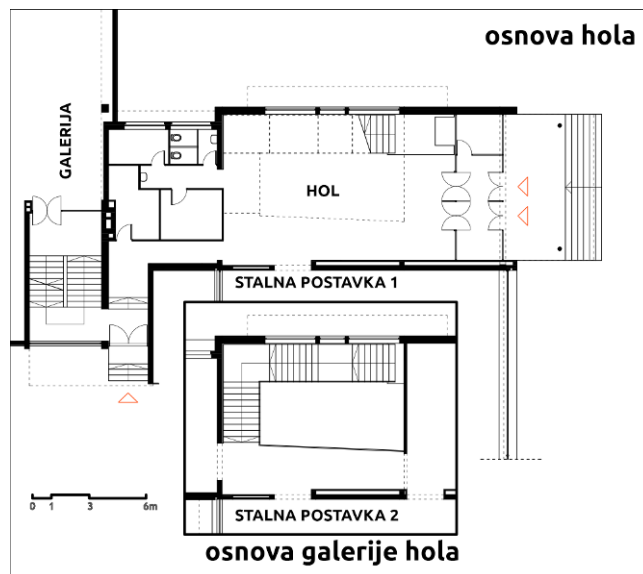
Zgrada Narodnog muzeja u Leskovcu je građena početkom sedamdesetih godina 20. veka. Otvorena je za posetioce 1974. godine. Dogradnja i adaptacija su izvršene početkom osamdesetih godina. Sastoji se iz tri trakta. Dva trakta spratnosti Po+P+1+Pk i Po+P+3 su postavljena paralelno sa ulicom Stojana Ljubića, a upravno na njih je postavljen vezni trakt. Stalne muzejske postavke i centralni hol su smešteni u traktu prema ulici Stojana Ljubića, dok je u prizemlju drugog trakta, prema ulici Pana Đukića, galerijski prostor. U takvoj funkcionalnoj organizaciji nije postojala direktna veza između centralnog hola i galerijskog prostora, kao ni adekvatni prostori za posetioce. Takođe, pristup osobama sa invaliditetom nije bio omogućen holu i galeriji. Glavi cilj nove intervencije se ogledao upravo u rešavanju ovih funkcionalnih problema. Arhitektonski projekat je realizovan u okviru IPA projekta "Heterotopias". Pripreme i projektovanje su vršeni od 2018. godine, a radovi su izvedeni u toku 2020. i 2021. godine [1]. Izvršena je adaptacija u smislu funkcionalne reorganizacije holskog prostora shodno savremenim potrebama muzeja, kao i remodelovanje enterijera.



Slika 1 – Zgrada Narodnog muzeja u Leskovcu

## 2 OPIS ADAPTACIJE

Holski prostor se nalazi u prizemlju zgrade sa galerijskim prodorom ka prvom spratu. Iz hola se pristupa stalnim postavkama u prizemlju i prvom spratu. Funkcionalna adaptacija je bila moguća bez rekonstrukcije zgrade. Uz minimalne građevinske intervencije je izvršena reorganizacija prostora u prizemlju veznog trakta, čime je ostvarena direktna veza hola i galerije. Takođe su reorganizovani prostori toaleta za posetioce i pomoćnih prostora koji su se nalazili u tom delu zgrade [2].



Slika 2 – Osnove hola - zatečeno stanje



Slika 3 – Osnove hola - novoprojektovano

Na ulaznom tremu je dodata pešačka rampa prilagođena potrebama osoba sa invaliditetom. Izmenom vetrobrana i ulaznog dela hola dodat je neophodan prostor za info-pult i suvenirnicu. Holski prostor je reorganizovan u smislu višenamenske upotrebe shodno potrebama posetilaca i programskih aktivnosti muzeja [3].

### 3. REMODELOVANJE ENTERIJERA

U enterijeru nije bilo značajnijih izmena od osamdesetih godina 20. veka. Veći deo opreme je bio u lošem stanju, čime je onemogućeno funkcionisanje muzeja u punom kapacitetu. S obzirom da je od 2017. do 2020. godine završena druga stalna postavka muzeja na prvom spratu, bilo je neophodno sve sadržaje za posetioce objediniti u jednu funkcionalno-estetsku celinu [4]. Tu celinu čine dve stalne postavke u prizemlju i na spratu prvog trakta, galerija u prizemlju drugog trakta zgrade, korisnički prostori u prizemlju veznog trakta i buduća treća stalna postavka na spratu.

Remodelovanje enterijera je izvršeno primenom savremenih oblikovnih rešenja i materijala. Poseban akcenat je bio na geometrijskom usaglašavanju i povezivanju oblikovnih elemenata holskog prostora. Intervencije su sprovedene pažljivim izmenama dizajna uz uvažavanje prethodne estetike i duha vremena u kome je zgrada nastala. Cilj je bio i da se u smislu uklapanja u predviđeni bužet zadrži deo postojeće materijalizacije i elemenata enterijera. To se pre svega odnosilo na materijale koje nije bilo moguće zameniti kvalitetnijim, a bilo ih je moguće reparirati.



*Slika 4 – Stari enterijer hola*

Obrada zidova i plafona izvedena je od gips-karton ploča sa pažljivo implementiranim elementima LED i

šinske rasvete. Jedan deo obloge izveden je u vidu zelenog zida [5]. Postojeća „standard“ sitnorebrasta konstrukcija tavanice je otkrivena i oblikovno pažljivo implementirana u nove oblikovne karakteristike prostora. Podovi od prirodnog kamena su zadržani, prebrušeni i ponovo ispolirani. Ostali podovi su završno obloženi granitnom keramikom.

Posebna pažnja je posvećena preoblikovanju stepeništa i ograde galerije. Holom dominira stepenište koje vodi ka galeriji prvog sprata i drugoj stalnoj postavci muzeja. Staklena ograda stepeništa i galerije je doprinela boljem sagledavanju prostora i vizuelnom intergrisanju svih elemenata u jedinstvenu estetsku celinu [6].

Enterijerom dominira bela boja zidova i plafona u kontrastu sa tamnom bojom betonske tavanice i zelenilom. Ugrađena oprema, maske radijatora i nameštaj su diskretnog savremenog dizajna. Preovlađuju jednostavne čiste forme i horizontalni potezi, s obzirom na veliku visinu hola. Upravo je jedna od odlika novog rešenja redukcija osećaja prenaplašenosti visine hola u odnosu na dimenzije u osnovi. Originalni luster je rastavljen i od njegovih elemenata je osmišljen i napravljen novi koji je oblikovno u duhu novog enterijerskog rešenja.



*Slika 5 – Tok adaptacije i remodelovanja*





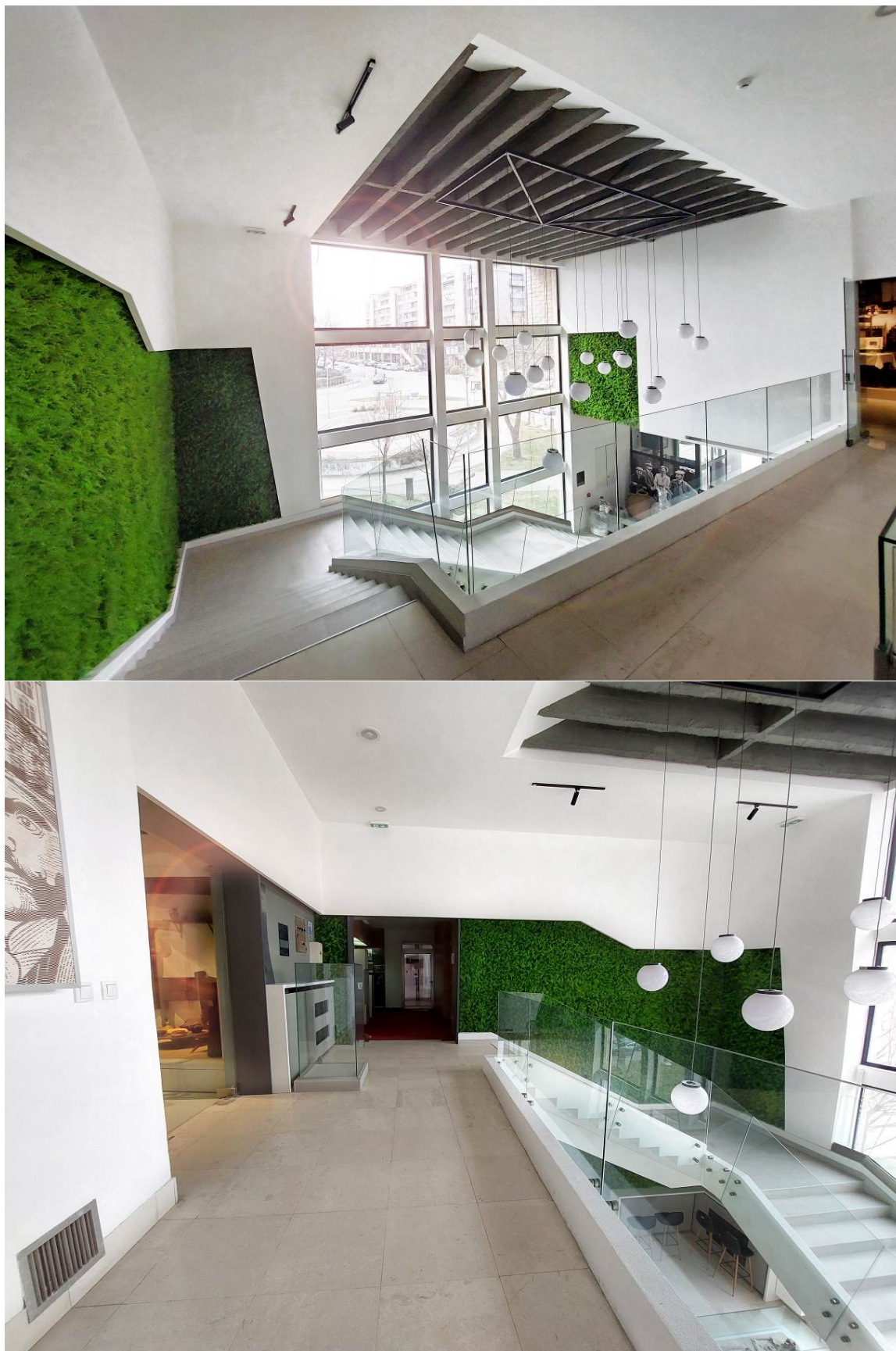
*Slika 6 – Novi enterijer hola*





*Slika 7 – Novi enterijer hola*





*Slika 8 – Novi enterijer hola*



#### 4. PLAN UNAPREĐENJA ZGRADE

Deo opisanih intervencija je prethodno sagledan kroz studiju - projekat adaptacije i rekonstrukcije fasade zgrade Narodnog muzeja u Leskovcu. Idejni projekat je urađen 2017. godine. Nakon završetka radova na adaptaciji i remodelovanju eneterijera hola, ovaj projekat predstavlja smernicu za dalje aktivnosti na unapređenju zgrade muzeja. Cilj je ne samo estetska, već i energetska sanacija objekta, kao i implementacija savremenih tehnologija upravljanja. Na taj način bi bio zaokružen proces modernizacije i unapređenja zgrade muzeja u duhu savremenih trendova.



Slika 9 – Projekat rekonstrukcije fasade NM Leskovac

#### 5. ZAKLJUČAK

Adaptacijom prostora hola zgrade Narodnog muzeja u Leskovcu rešeni su ključni problemi u funkcionalnoj organizaciji prostora. Otvorena je direktna veza prema galeriji u prizemlju drugog trakta zgrade, čime je ona povezana sa prostorima stalnih muzejskih postavki. Sam prostor hola je dobio mogućnost višenamenske upotrebe. Dodat je prostor

info-pulta i suvenirnice, kao i savremeni toaleti za posetioce. Takođe je rešen problem dostupnosti muzejskih prostora osobama sa invaliditetom, dodavanjem pešačke rampe ispred ulaza u hol.

Diskretnim intervencijama u dizajnu prostora je stvorena estetski jedinstvena celina svedenih formi. Disproporcija u visini prostora prema dimenzijama u osnovi hola je rešena uvođenjem horizontalnih poteza u oblikovanju zidnih obloga. Primena zelenih zidova je doprinela stvaranju prijatne ambijentalne celine predprostora, ali i mesta različitih kulturnih dešavanja. Dominantna belina elemenata hola i fluidnost staklene ograde stepeništa je u kontrastu sa pažljivo akcentovanim tamnim detaljima. Prostor je oblikovan u savremenom duhu uz uvažavanje estetike i istorijske višeslojnosti dizajna zgrade.

#### LITERATURA

- [1] Nikolić, V., Nikolić, O.: **Idejno arhitektonsko rešenje adaptacije i remodelovanja enterijera hola Narodnog muzeja u Leskovcu**, 2018.
- [2] Nikolić, V., Nikolić, O.: **Projekat za izvođenje adaptacije i remodelovanja enterijera hola Narodnog muzeja u Leskovcu**, 2020.
- [3] Jovanović, G., Stanimirović, M.: **Pet projektantskih načela**, *Nauka i praksa*, 21/2018, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, str. 71-76.
- [4] Nikolić, O., Momčilović-Petronijević, A., Nikolić, V.: **The Role of the Architect in the Spatial and Functional Organization of the Museum Exhibition**. *Proceedings of the XVIII Anniversary International scientific conference „Construction and Architecture“ - VSU 2018*, 18-20 Oktober 2018, Sofia, Bulgaria, ISSN: 1314-071H, Volume 1, I. Architecture and Urbanism, pp. 1-8.
- [5] Nikolić, V.: **Estetski i psihološki aspekti primene zelenih krovova**. *Nauka + Praksa* br.12.1/2009, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, str. 147-150.
- [6] Lindsay, G.: **Contemporary Museum Architecture and Design: Theory and Practice of Place**. *Routledge*, 2020.

primljen: 28.01.2023.

korigovan: 20.02.2023.

prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 728.3:620.92

624.073.8

## STRUKTURNI IZOLACIONI PANELI (SIP) U GRADNJI PORODIČNIH KUĆA

Nemanja Marković<sup>1</sup>, Dragan Stamenković<sup>2</sup>, Nenad Stojković<sup>3</sup>, Radovan Cvetković<sup>4</sup>

**Rezime :** Strukturni Izolacioni Paneli (SIP) predstavljaju sistem za građenje stambenih ili manjih javnih objekata sa veoma efikasnim termičkim karakteristikama. Ovaj sistem je na našim prostorima gotovo nepoznat iako su prvi objekti u svetu napravljeni još pre više od pola veka u Americi. U današnjem vremenu, u uslovima energetske krize i nedostatka radne snage, gradnja montažnih kuća od SIP panela postaje veoma interesantna. SIP panel napravljen je od jezgra koji čini ekspanzirani polistiren (stiropor) ugrađen između dve OSB table. Objekti napravljeni od SIP panela su montažnog tipa i mogu se izvesti u veoma kratkom roku. Izvode se sa ili bez dodatnog drvenog rama unutar nosećih zidova.

**Ključne reči:** strukturni izolacioni panel, montažna gradnja, drvene konstrukcije, energetske efikasne kuće,

## STRUCTURAL INSULATED PANELS (SIP) IN BUILDING FAMILY HOUSES

**Abstract:** Structural Insulated Panels (SIP) are a system for building residential or small public buildings with very efficient thermal characteristics. This system is almost unknown in our region, even though the first buildings in the world were built more than half a century ago in USA. At the present time, in the conditions of the energy crisis and the lack of workers, the construction of prefabricated houses from SIP panels becomes very interesting. The SIP panel is made of a core consisting of expanded polystyrene (styrofoam) embedded between two OSB boards. Buildings made of SIP panels are prefabricated and can be built in a very short time. They are made with or without an additional timber frame inside the load-bearing walls.

**Key words:** Structural Insulated Panels, Prefabricated Construction, Timber Structures, Energy Efficient Houses

---

<sup>1</sup> saradnik u nastavi, dipl.građ.inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, nemanja.markovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> glavni izvršni direktor, dipl.maš.inž., Agilus d.o.o. Niš, dsta.agilus@gmail.com

<sup>3</sup> Prof. strukovnih studija, dipl.građ.inž., Akademija tehničko-vaspitnih struk. stud. Niš, nenad.stojkovic@akademijanis.edu.rs

<sup>4</sup> docent, dipl.građ.inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, radovan.cvetkovic@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Strukturni izolacioni paneli (SIP) predstavljaju sistem gradnje koji zadovoljava montažnu gradnju energetske efikasne i pasivne kuće. Poslednjih godina sve je veći broj istraživača koji se bave ovom temom. Još davne 1935 godine u laboratoriji Madison, Winsconsin u SAD urađena su početna istraživanja primene ovog sistema. Poslednjih godina urađena su brojna istraživanja primene SIP panela u različitim okolnostima [1-7]. SIP sistem je univerzalni, veoma stabilan i visoko ekološki građevinski sistem za gradnju energetske efikasne, Net-zero i pasivne kuće. Sistem je svestran i varijabilan, može se koristiti kao jedini omotač objekta ili u kombinaciji sa drugima, omogućava efikasno izvođenje zidova, međuspratnih i krovnih konstrukcija uz eliminaciju toplotnih mostova [8]. Gradnja ovakvih objekata može se raditi na licu mesta postavljanjem panela i okolnog drvenog rama, ili se mogu prefabrikovati delovi objekta i oni transportovati na gradilište čime se štedi vreme izgradnje. Paneli imaju solidnu nosivost na savijanje i znatno bolju na vertikalni pritisak. Pored toga, zvučna izolacija koja se postiže ovim panelima je na visokom nivou. Naravno, glavna prednost SIP panela jeste izuzetno visoka termička svojstva.

Rad je podeljen u četiri poglavlja. U prvom poglavlju (Uvod) daje se kratak pregled postojećih istraživanja sa osvrtom na osnovne karakteristike gradnje SIP sistemom. U drugom poglavlju (SIP paneli – osnovne karakteristike) prikazane su prednosti i mane SIP panela, sklopovi zidova i krovne konstrukcije kao i zakonska regulativa za projektovanje objekata ovog tipa. U poglavlju „Objekti sagrađeni u SIP tehnologiji“ prikazani su izvedeni objekti u svetu i u našoj zemlji. U poslednjem, četvrtom poglavlju, dat je zaključak rada.

## 2 SIP PANELI – OSNOVNE KARAKTERISTIKE

Objekti izvedeni u SIP (Structural Insulated Panels) tehnologiji predstavljaju prefabrikovani tip gradnje. SIP način gradnje je veoma sličan klasičnom drvenom panelnom (Frame) sistemu gradnje, ali ga karakteriše bolja termička svojstva. SIP panel je noseći konstruktivni element napravljen lepljenjem EPS AF Plus Austroterm debljine 200mm ili 140mm obostrano sa OSB pločama debljine 12mm. Obzirom da su SIP objekti panelnog karaktera pri projektovanju ovog tipa objekata treba poštovati principe slične klasičnim

zidanim objektima ili panelnim AB konstrukcijama, odnosno, noseći elementi konstrukcije su zidovi.

Izvođenje objekata u SIP tehnologiji karakteriše sledeće dobre osobine: 1. Brzo i lako izvođenje; 2. mogućnost fleksibilne prefabrikacije (izvođenje objekta sa pojedinačnim SIP panelima ili sa celim sklopovima – zidovi i ploče); 3. prefabrikacija instalacionih blokova, unutrašnje obrade i drugog; 4. veoma dobre termičke karakteristike; 5. postupak suve gradnje; 6. sopstvena težina objekta je značajno manja od klasičnih zidanih objekata što dovodi do manjeg opterećenja na tlo, racionalnije temeljenje objekta, veća otpornost na seizmičke uticaje; 7. konkurentnost cene u poređenju sa klasičnim načinom gradnje; 8. mogućnost izvođenja pasivne kuće.

Mogu se izdvojiti sledeći nedostaci: 1. nemogućnost fazne gradnje, objekat je neophodno završiti u celosti; 2. uticaj lošeg vremena na izvođenje je značajnije u odnosu na klasičnu gradnju; 3. mogućnost izvođenja samo objekata manje spratnosti; 4. nemogućnost izvođenja objekata većih raspona.

Objekti od SIP panela prevashodno su namenjeni za individualne stambene objekte, jer kod njih prednosti koje SIP tehnologija pruža dolaze najviše do izražaja a mane su minimalne. Međutim, postoji mogućnost i izvođenja višeporodičnih stambenih objekata, škola, vrtića i drugih javnih objekata koji zadovoljavaju svojom spratnošću i rasponima mogućnost izvođenja u SIP tehnologiji. Trenutno ne postoji domaća tehnička regulativa koja ograničava spratnost objekata ovog tipa ali obzirom da je naša zemlja u seizmički aktivnom području, ne preporučuje se veća spratnost od Po+Pr+2. Pri projektovanju svakog pojedinačnog objekta neophodno je uraditi kontrolu nosivosti svih relevantnih konstruktivnih elemenata i dokazati da zadovoljavaju svojom nosivošću. Za objekte u zonama velikih snega (planinski vrhovi) ili jakih vetrova, neophodno je uzeti u obzir specifičnosti koje te regije podrazumevaju. U slučaju da se pojavi potreba za ojačanjem SIP panela u odnosu na standardne panele prikazaneu ovom radu, neophodno je projektom dokumentacijom specificirati pomenute pozicije.

Paneli se mogu izvoditi prema specifikaciji urađenoj od strane projektanta. Za sve panele neophodno je dokazati nosivost i upotrebljivost u skladu sa važećim standardima. Projektom je neophodno obuhvatiti nosivost, stabilnost i kriterijum deformacija panela prema važećim standardima za granična i eksploataciona opterećenja. Svi noseći elementi SIP objekata moraju da zadovolje standarde EN 1995-1-1, EN 1990 i odgovarajuće

delove standarda EN 1991 za opterećenja na objekat koji se izvodi.

Zidovi, međuspratne ploče i krovne ploče moraju da zadovolje kriterijume nosivosti, stabilnosti i upotrebljivosti. Fundiranje SIP objekata izvodi se na betonskim temeljima (kontra ploče, trakasti temelji, temelji samci sa veznim gredama) koje je neophodno dimenzionisati prema opterećenju objekta i tlu na samoj lokaciji. Ankerovanje SIP panela za temelje ostvaruje se ankerima i čeličnim okovom. Seizmičke uticaje objekta neophodno je uraditi u svemu prema važećem standardu EN 1998 i nacionalnim aneksima. Vezu SIP panela za temelje treba posebno proveriti za horizontalna dejstva (seizmički uticaji i uticaj vetra).

Pri projektovanju SIP objekata sve drvene elemente proveriti u smislu naponsko-deformacijskih stanja u skladu sa EN 14081-1. Klase čvrstoća uzeti na osnovu EN 338 i EN 14080. Maksimalni procenat vlažnosti drvenih elemenata ne sme preći granicu od 18% za monolitno drvo. U slučaju upotrebe lepljenog lameliranog drveta procenat vlažnost ne sme biti veći od 16%.

Tolerancija dimenzija poprečnog preseka stubova, greda i drugih drvenih elemenata napravljenih od monolitnog ili LLD mora ispuniti uslov tolerancije klase 1 prema EN 336. Tolerancija mora biti u sledećim granicama: 1. spoljašnji, unutrašnji i međuspratni SIP paneli: dužina  $\pm 5$ mm, visina  $\pm 5$ mm, debljina  $\pm 3$ mm; 2. otvori u SIP panelima: širina otvora  $\pm 2$ mm, dužina otvora  $\pm 2$ mm; 3. ostali konstruktivni elementi od drveta: širina poprečnog preseka  $\pm 2$ mm, visina poprečnog preseka  $\pm 2$ mm, dužina  $\pm 5$ mm.

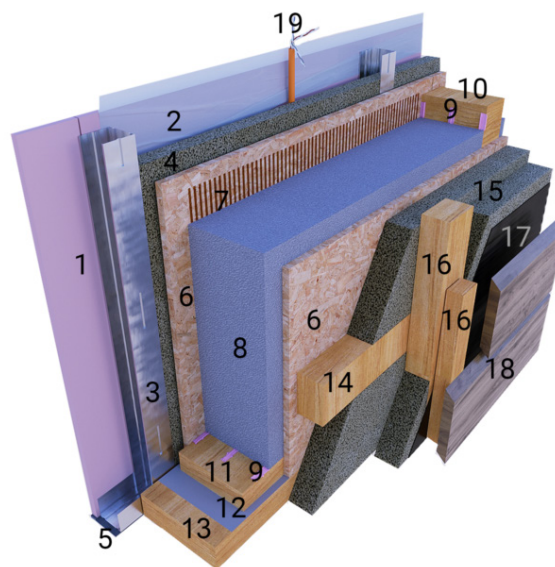
Dimenzije SIP panela mogu varirati u smislu debljine i vrste primenjenog EPS-a kao i OSB table (Slika 1 primer SIP panela).



*Slika 1 – SIP panel*

Paneli koje primenjuje firma Agilus iz Niša su sledećih dimenzija: zidni noseći SIP panel

1250x2600x164mm izrađen od OSB 3 (d=12mm) i EPS AF PLUS Austrotherm – stiropor sa prisustvom grafita koji omogućava bolja termoizolaciona svojstva i do 40% (debljine 140mm); dok su međuspratni i krovni paneli dimenzija 625x2500x224mm izrađeni od OSB 3 (d=12mm) i EPS AF PLUS Austrotherm - stiropor (debljine 200mm). Noseća konstrukcija zidova pored SIP panela spreže se sa drvenim ramom koji čine drveni stubovi dimenzija 80/140mm raspoređenih na osovinskom rastojanju 1250mm. Oko otvora postavljaju se drvene grede 40/140mm. Međuspratna i krovna konstrukcija izvedena od SIP panela je debljine 224mm i spregnuta je sa gredama poprečnog preseka 80/200mm raspoređenih na osovinskom rastojanju 625mm. Svi elementi od monolitnog drveta napravljeni su od klase drveta C24.

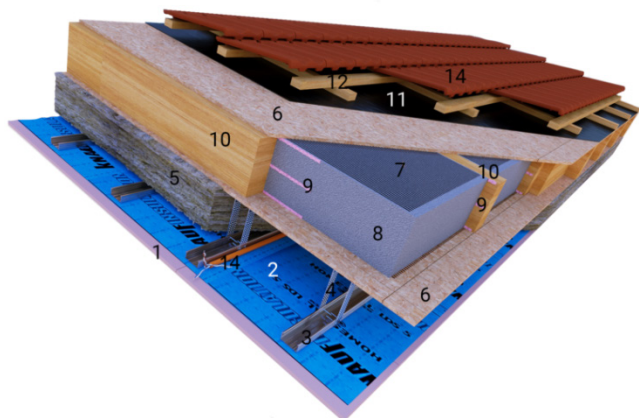


*Slika 2 – Sklop nosećeg zida od SIP konstrukcije sa drvenom fasadom*

Takođe, sklopovi zidova mogu varirati kako u dimenzijama noseće konstrukcije tako i u unutrašnjoj i spoljašnjoj obradi. Na slici 2 prikazan je trodimenzionalni prikaz svih slojeva zida sa drvenom fasadom. Slejevi ovog sklopa su sledeći: 1. Gips karton ploča Standard F 12.5mm, 2. Paronepropusna folija 2mm, 3. Aluminijumska podkonstrukcija 50mm, 4. Kamena vuna 40mm, 5. Razdelna traka 3mm, 6. OSB 3 12mm, 7. Poliuretanski lepak 2mm, 8. EPS sivi 140mm, 9. PUR lepak 2-4mm, 10. Noseća drvena konstrukcija 80/140mm, 11. Drvena greda 40/140mm, 12. Geotekstil 2mm, 13. Drvena greda 50/170mm, 14. Drvena greda 80/50mm, 15. Kamena vuna



50+30mm, 16. Drvena greda 50/30mm, 17. Paropropusna-vodonepropusna folija 2mm, 18. Fasadsna daska – romb 140/20mm, 19. Električne instalacije.



*Slika 3 – Slojevi krovne konstrukcije od SIP panela*

Krovna konstrukcija izvodi se u sledećim slojevima:

1. Gips karton ploča Standard F 15mm, 2. Akrilna parna brana 2mm, 3. Montažni CD profil 60x27mm, 4. Direktni držač za CD profil 200mm, 5. Kamena vuna 150mm, 6. OSB3 12mm, 7. Poliuretanski lepak 2mm, 8. EPS sivi 200mm, 9. PUR lepak 2-4mm, 10. Drvena noseća konstrukcija 80/200mm, 11. Krovna paropropusna-vodonepropusna folija 2mm, 12. Krovni roštilj od podužnih i poprečnih letvi 2x30/50mm, 13. Crep, 14. Električne instalacije.

### 3 OBJEKTI SAGRAĐENI U SIP TEHNOLOGIJI

Gradnja SIP tehnologijom kao što je već napomenuto ima svoje prednosti i mane. Do sada primenjena je za objekte manje zahtevnosti u pogledu nosivosti i raspona. Dominantna prednost objekata napravljenih u ovom sistemu gradnje je da su energetske veoma efikasni i da je brzina gradnje izuzetno povoljna. Zbog svega toga, najveći broj objekata građenih u ovom sistemu su porodične kuće. U ovom delu rada izdvajamo tri porodične kuće koje su sagrađene u Holandiji, Norveškoj, Čileu i projekte kuća koje se grade u naselju Vinik u Nišu. U daljem tekstu rada biće prikazani objekti u kontekstu mogućnosti koje SIP tehnologija pruža bez većeg opisa karakteristika samih objekata.

#### 3.1 PORODIČNA KUĆA U HOLANDIJI

Porodična kuća spratnosti Pr+Pk projektovana i izvedena u SIP tehnologiji nalazi se u gradu

Vinkeveen u Holandiji. Projekat je urađen od strane SIPEUROPE s.r.o. iz Nitre u Slovačkoj. Objekat je približno kvadratnog oblika u osnovi sa dvovodnim krovom. Noseći zidovi i krovna konstrukcija urađeni su od SIP panela. Zanimljivost za ovaj objekat je ta da je sav materijal za gradnju kuće dovezen brodom. Dosta kuća u ovom gradu ima pristup samo brodom.



*Slika 4 – Kuća tokom izgradnje [9]*



*Slika 5 – Dovoz materijala za gradnju [9]*



*Slika 6 – Završen objekat – pogled sa strane [9]*



*Slika 7 – Završen objekat – frontalni pogled [9]*



*Slika 10 – SIP paneli za gradnju kuće [10]*

### 3.2 PORODIČNA KUĆA U NORVEŠKOJ

U ovom delu radu prikazuje se još jedan primer porodične kuće izvedene u SIP sistemu gradnje. Lokacija objekta je Gaustablikk u Norveškoj i izvedena je 2019 godine. Projekat „Storen Pluss Hytte“ je potpisan od strane arhitektonskog tima Vardal Arkitekter a izvođenje je urađeo Riggenholt Eiendom AS.



*Slika 11 – Završen objekat – izgled enterijera [10]*



*Slika 8 – Završen objekat – izgled fasade [10]*



*Slika 9 – Objekat tokom gradnje [10]*

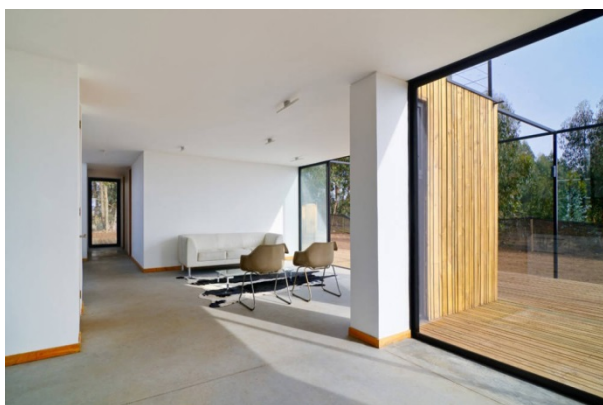
### 3.3 PORODIČNA KUĆA U ČILEU

Treći objekat koji će biti prikazan u ovom radu jeste kuća urađena od SIP panela koju su projektovali arhitekta Gabriel Rudolphy i Alejandro Soffia. Godina izgradnje je 2011 na lokaciji Santo Domingo u Čileu. Površina kuće je 139m<sup>2</sup>. Objekat je izveden iz samo dva tipa SIP panela: prvi zidni panel dimenzija 122x244x11.4cm i drugi međuspratni panel dimenzija 122x488x21cm. Za samo 10 dana ugrađeno je 71 zidni panel i 40 međuspratnih panela, dok je rastur materijala bio zanemarljiv [11]. Primenjen je koncept modularne gradnje.





*Slika 12 – Završen objekat – izgled fasade [11]*



*Slika 13 – Završen objekat – izgled enterijera [11]*

### 3.4 STAMBENO NASELJE – VINIK NIŠ

Mlada inovativna kompanija Agilus d.o.o. iz Niša ([www.agilusbuild.com](http://www.agilusbuild.com)) proizvodi i gradi u SIP sistemu gradnje. Njihov projekat je i stambeno naselje koje čine slobodno stojeće kuće u kuće u nizu projektovane na parcelama jedna do druge tako da se u potpunosti uklope u prirodni ambijent koji nudi Vinik (prigradsko naselje u okolini Niša pozicionirano na osunčanoj uzvišici koja zbog svoje orijentacije i

položaja predstavlja atraktivno mesto za gradnju individualnih stambenih kuća). Na sledećim slikama biće prikazane kuće koje su u postupku gradnje na pomenutoj lokaciji.



*Slika 14 – Kuća od SIP-a – TIP 1*



*Slika 15 – Kuća od SIP-a – TIP 2*



*Slika 16 – Kuća od SIP-a – TIP 3*

### 4 ZAKLJUČAK

Cilj rada je da se prikažu osnovne karakteristike gradnje objekata u SIP sistemu. Fokus rada je da upozna stručnu javnost sa SIP sistemom gradnje, njegovim prednostima i manama. Gradnja drvenih kuća, pri čemu SIP sistem je jedan od sistema gradnje drvenih objekata, sve je popularnija u svetu i kod nas. SIP objekti kombinuju prednosti skeletnih drvenih kuća sa akcentom energetske efikasnosti. Obzirom na manjak radne snage u građevinskoj operativi, sve veću ekološku svest građana, manja upotreba energenata za hlađenje i zagrevanje objekata i savremene potrebe života, gradnja montažnih ekološki i energetski održivih objekata sve je popularnija. Brza montaža objekta na lokaciji, proizvodnja panela ili sklopova objekata u fabrici i montažni „suvi“ postupak gradnje čini ovaj sistem atraktivnim u smislu znatno manje potrebe radnje snage a većeg angažovanja visokoobrazovanih lica. Prikazani objekti u radu samo su primeri objekata koje su izvedeni u ovom sistemu sa ciljem upoznavanja mogućnosti gradnje pomoću SIP panela.

### LITERATURA

- [1] Dharmasena, K.P., Wadley, H.N.G., Williams, K., Xue, Z., Hutchinson, J.W.: **Response of metallic pyramidal lattice core sandwich panels to high intensity impulsive loading in air.** *International Journal of Impact Engineering*, 38, 275-289, 2011.
- [2] Frostig, Y., Thomsen, O.T.: **Non-linear thermo-mechanical behaviour of delaminated curved sandwich panels with a compliant core.** *International Journal of Solids and Structures*, 48, 2218-2237, 2011.
- [3] Hoo, F., Michelle, S., Sirivolu, D.: **A wave propagation model for the high velocity impact response of a composite sandwich panel.** *International Journal of Impact Engineering*, 37, 117-130, 2010.
- [4] Kim, B., Lee, D.G.: **Mechanical properties and design of sandwich materials.** *Composite structures*, 17, 321-328, 1986.
- [5] Malekzadeh, K., Khalili, M.R., Olsson, R. Jafari A.: **Higher-order dynamic response of composite sandwich panels with flexible core under simultaneous low-velocity impacts of multiple small masses.** *International Journal of solids and structures*, 43, 6667-6687, 2006.
- [6] Mohammad, P., Abang, A.A.A., Yen, L.V.: **Structural Insulated Panels: Past, Present and**

**Future.** *Journal of Engineering, Project and Production Managemet*, 3(1), 2-8, 2013.

- [7] Panjehpour, E.W.K.L., Deepak T.J.: **Structural Insulated Panels: State-of-the-art.** *Trends in Civil Engineering and its Architecture* 3(1), 2018.
- [8] [www.agilusbuild.com](http://www.agilusbuild.com)
- [9] <https://www.sipeurope.eu/en/referencie/detached-houses,panel-buildings,prefabricated-buildings/vinkeveen-netherlands/>
- [10] <https://www.sipeurope.eu/en/referencie/cottages-recreational-facilities,prefabricated-buildings/gaustablikk-norway/>
- [11] "SIP Panel House / Gabriel Rudolphy + Alejandro Soffia" 26 Apr 2012. ArchDaily. Accessed 26 Jan 2023. <<https://www.archdaily.com/229559/sip-panel-house-alejandro-soffia-gabriel-rudolphy>> ISSN 0719-8884



primljen: 15.01.2023.

korigovan: 14.02.2023.

prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 725.822(497.11)

## IDEJNO REŠENJE ZGRADE POZORIŠTA U NIŠU

Maša Randelović<sup>1</sup>, Marko Nikolić<sup>2</sup>, Ljiljana Vasilevska<sup>3</sup>, Miomir Vasov<sup>4</sup>

**Rezime:** U gradu Nišu postoje dva pozorišta i oba se nalaze nedaleko jedno od drugog, u centralnom gradskom jezgri. S obzirom na činjenicu da se grad iz godine u godinu sve više širi, potrebno je razmišljati o planiranju i izgradnji još jednog objekta kulture, konkretno pozorišta, kako bi se ujedno i kod ljudi svest o važnosti ovakvih objekata i značaja same kulture uzdigla. U radu se prikazuje idejno rešenje zgrade pozorišta u Nišu na lokaciji u delu grada koji doživljava urbani razvoj. Pored funkcionalnog rešenja, diskutuje se i o urbanističkom rešenju predmetne lokacije, konstruktivnom rešenju kao i o oblikovnom rešenju. Pored prikupljenih potrebnih podataka o zgradama pozorišta i analiza definiše se projektni zadatak.

**Ključne reči:** zgrada pozorišta, idejno rešenje, urbanističko rešenje, funkcionalno rešenje, konstruktivno rešenje, oblikovno rešenje

## THE CONCEPTUAL DESIGN OF THE THEATER BUILDING IN NIŠ

**Abstract:** There are two theatres in the city of Niš, both are located not far from each other and both adding up to an urban core of the city. Considering the fact that the city is expanding year by year, it is necessary to think about planning and building another cultural building, specifically a theater, in order to raise people's awareness of the importance of such buildings and the importance of culture itself. The paper shows the conceptual design of the theater building in Niš, located in the part of the city that is experiencing urban development. In addition to the functional solution, the paper discusses the urban solution of the subject location, structural design as well as the formal design. The design specifications are defined in addition to collecting necessary data about the theater buildings and analysis.

**Key words:** Theater Building, Conceptual Design, Urban Design, Functional Design, Structural Design, Formal Design

<sup>1</sup> Master inž. arh, Inovacioni centar Univerziteta u Nišu, PhD student, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, masa@randjelovic.in.rs

<sup>2</sup> Vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, marko.nikolic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> Redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ljiljana.vasilevska@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, miomir.vasov@gaf.ni.ac.rs

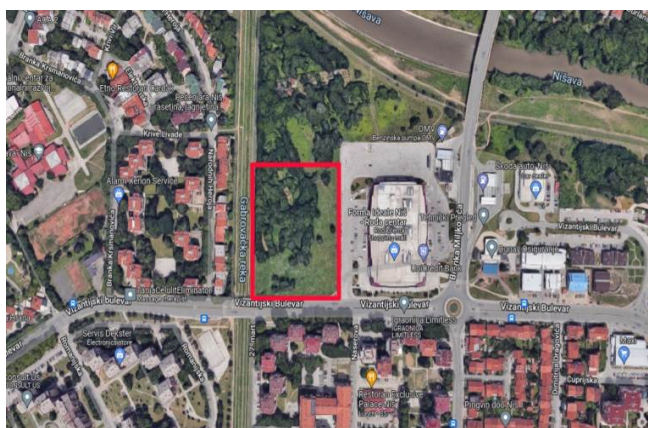
## 1 UVOD

Vekovima unazad pa sve do danas, pozorišta predstavljaju prostor od izuzetnog značaja za kulturu, zabavu i edukaciju naroda u kojima se odvija komunikacija između glumaca i publike. Pozorište je složena umetnost, koja u sebi sadrži elemente svih ostalih umetnosti, to jest književnosti, muzike, slikarstva, skulpture i arhitekture [1]. Ona se gradi i neguje konstantno, iz godine u godinu i živi kroz mnogobrojna dela koja se izvode. Važnost objekata kulture poput pozorišta ističe se u činjenici da oni utiču na funkcionisanje čoveka u kreativnom i produktivnom smislu i predstavljaju mesta koja podižu nivo znanja i kulture čitave zajednice [2]. Može se reći da pozorište, kao celokupan objekat, čine učesnici, igra i prosor [3].

U radu je data analiza uslova lokacije, obrazloženje urbanističkog koncepta, razmatranje prostorne organizacije i međudnosa funkcionalnih celina, kao i oblikovno rešenje i materijalizacija. Rezultat istraživanja predstavlja predlog smernica za definisanje projektnog programa objekta ovakvog tipa.

## 2 ANALIZA ODABRANE LOKACIJE

Odabrana lokacija namenjena projektovanju zgrade pozorišta nalazi se u jugoistočnom delu grada Niša, u opštini Medijana. Granice parcele čine reka Nišava sa severne, Gabrovačka reka sa zapadne, Vizantijski Bulevar sa južne i TC "Roda" i OMV pumpa u ulici Branka Miljkovića sa istočne strane (Slika 1).



Slika 1 – Prikaz odabrane lokacije

Pozorište je značajno mesto u fizičkoj i mentalnoj mapi grada [4]. Lokacija je birana, kako zbog svojih dimenzija i obika za projektovanje zgrade pozorišta, tako i vodeći se činjenicom da je neophodno obratiti pažnju i na njen položaj u samom jezgru grada i povezanost sa centrom grada. Takođe, još jedni od važnih faktora

prilikom odabira lokacije su i blizina okolnih sadržaja za posetioce kao i odgovarajuća saobraćajna infrastruktura do samog objekta. Kada se govori o povezanosti sa ostalim delovima grada, važno je naglasiti da se u blizini odabrane lokacije nalazi pet autobuskih stanica obeleženih na Slici 1.

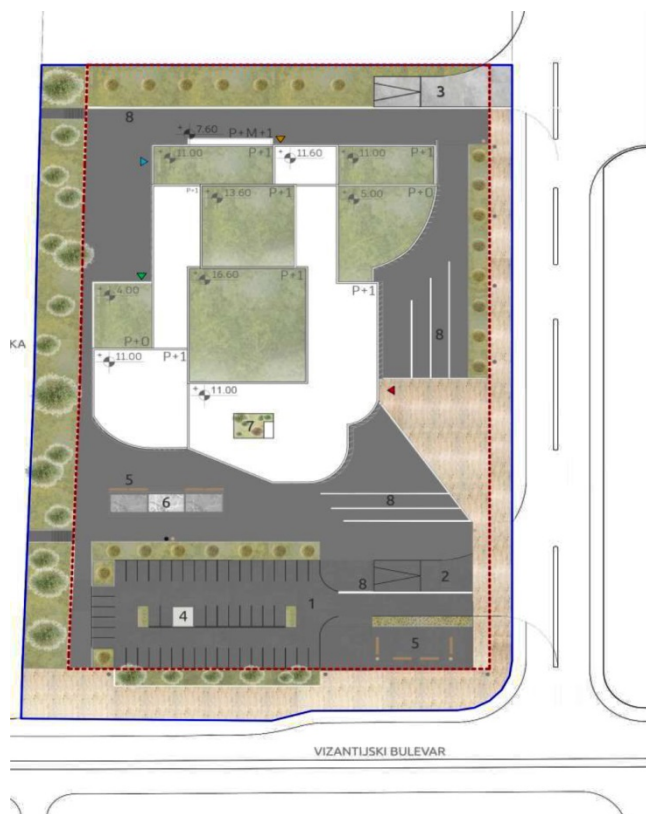
## 3 URBANISTIČKO REŠENJE PREDMETNE LOKACIJE

Kada je u pitanju projektovanje pozorišta, može se reći da postoje dva tipična planiranja za oblik i postavku objekta pozorišta zavisno od lokacije na kojoj se gradi:

- lokacija nalik na ostrvo – nema određenih granica, nije uska parcela
- gradski blok – sa tačno određenim granicama i užom / manjom parcelom [5].

Odabrana lokacija pripada drugom tipu lokacije – lokaciji gradskog bloka.

Prilikom planiranja postavke objekta na odabranu parcelu, vodilo se računa o propisanoj udaljenosti objekta od granica parcela, prateći građevinsku i regulacionu liniju parcele. Takođe, gledano je i da pri prilazu objekat bude dobro saglediv i uočljiv sa svih strana. Zgrada pozorišta je od Vizantijskog Bulevara uvučena u samu parcelu kako bi se ostvario odgovarajući zvučni komfor (Slika 2). U delu parcele bližoj Vizantijskom Bulevaru projektovan je prostor



Slika 2 – Situacioni plan

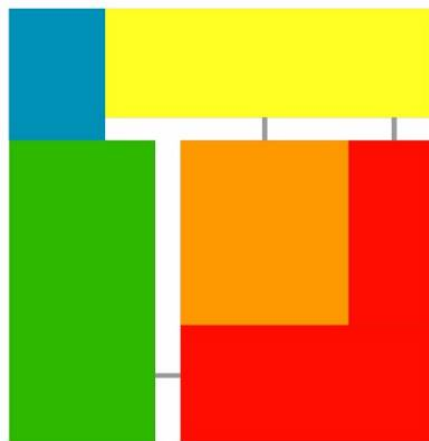
za nadzemni parking (1). Pored pristupa za nadzemni parking, predviđen je pristup za posetioce u podzemnu garažu uz pomoć rampe odgovarajućeg nagiba (2). U dnu parcele, bliže reci Nišavi, predviđen je još jedan pristup (3) u podzemni parking koji bi služio kao ekonomski ulaz za motorna dopremna vozila. Ulazi u podzemne garaže dodatno su naglašeni odgovarajućom LED podnom rasvetom (8). Takođe, na lokaciji je predviđen i protivpožarni izlaz iz garaže (4). Brojevima 5 i 6 predstavljeni su prostori za okupljanje i odmor na lokaciji dok je brojem 7 predstavljen atrijum unutar zgrade pozorišta.

Glavni ulaz (crvena strelica) u objekat planiran je sa jugozapadne strane. Bliže ekonomskom prilazu u podzemnu garažu, sa severoistočne strane, planiran je službeni ulaz za izvođače (žuta strelica), sa severozapadne strane, paralelno sa Gabrovačkom rekom, predviđen je ulaz za radnike administrativnog bloka (plava strelica), dok je malo niže predviđen i ulaz za radnike ekonomskog bloka (zeleno strelica). Glavni ulaz takođe je dodatno naglašen LED podnom rasvetom.

Duž Vizantijskog Bulevara, do glavnog ulaza postavljena je staza drugačije materijalizacije u vidu kamenih ploča kako bi se dodatno naglasio ulaz. Materijalizacija nadzemnog parking prostora i platoa oko objekta u vidu behaton ploča, integrisana je tako da vizuelno ne odvaja kolski od pešačkog saobraćaja. Međutim, uz pomoć blagih ivičnjaka pravi se razlika između dva pomenuta vida saobraćaja. Travnata površina koja okružuje parking prostor dodatno stvara barijeru pri prilazu. Pored niskog zelenila u vidu travnatih površina, na lokaciji postoji i dovoljan broj srednje visokog i visokog zelenila.

## 4 FUNKCIONALNO REŠENJE

Osnovna ideja prilikom projektovana zgrade pozorišta bila je da se isprati koncept pet osnovnih celina u objektu. Prvi korak bio je da se oko scensko-gledališnog prostora projektuju ostali sadržaji kako bi on zadržao glavnu poziciju u zgradi. Na slici 3 prikazano je pomenuto polazno razmišljanje, odnosno ideja. Narandžastom bojom predstavljena je površina namenjena scensko-gledališnom prostoru. Crvenom bojom obeležen je javni prostor koji čine foajei, prostor za smeštanje garderobe, toaleti itd. Zelenom bojom prikazan je ugostiteljski deo objekta. Žuta boja, odmah iza scene, namenjena je prostoru za izvođače u sklopu koga bi se nalazile prostorije za pripremu, smeštaj izvođača i relaksaciju. Plavim pravougaonikom obeležen je administrativni blok.



Slika 3 – Prikaz polazne ideje funkcionalnog rešenja

Daljim razmatranjem došlo se na ideju da se površine obeležene žutom, crvenom, zelenom i narandžastom bojom orbanizuju na dve nadzemne etaže i jednu podzemnu, a da plava površina, odnosno administrativni blok zauzima površinu posebne međuetaze zajedno sa prostorom namenjenim izvođačima. Dakle, zamisao je da zgrada pozorišta sadrži dve nadzemne etaže, međuetazu i podzemnu etažu.

Pre kretanja projektovanja idejnog rešenja zgrade pozorišta u Nišu, kreiran je predlog projektnog zadatka koji sadrži podelu na devet glavnih celina:

- javni sadržaj
- scensko-gledališni prostor
- prostor iza scene
- ugostiteljski blok
- administrativni blok
- ekonomski podrumski blok
- tehničke prostorije
- podbinski prostor
- parking prostor.

### 4.1 OSNOVA PRIZEMLJA

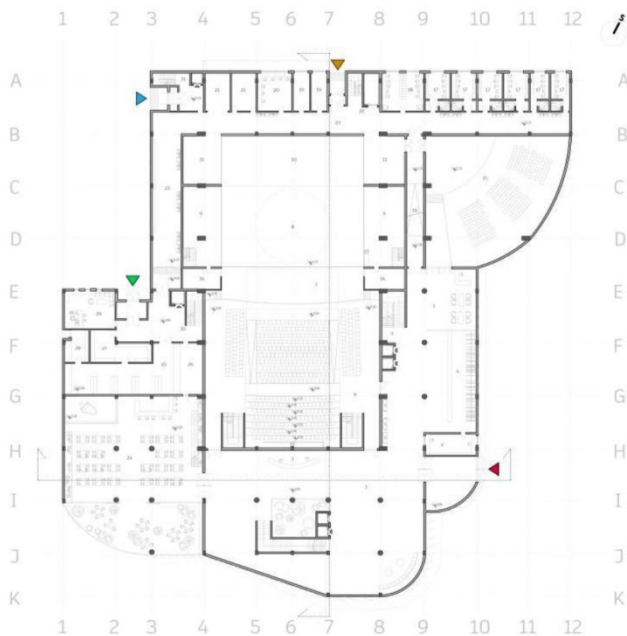
Vodeći se polaznom idejom funkcionalnog rešenja, glavnu, najznačajniju masu u delu prizemlja čini scensko-gledališni prostor koji u prizemlju prima 401 gledaoca (Slika 4). Sudeći po osnovnoj funkciji pozorišta, neizostavan prostor scensko-gledališnog prostora čini pozornica. Pozornica je skup svih površina namenjenih za izvođenje predstava, a čine je:

- glavna pozornica, sa kulom pozornice koja predstavlja prostor za scensku igru
- zadnja pozornica, kao produžetak glavne pozornice koja može da služi i kao prostor za pripremu dekora za sledeće činove

- bočne pozornice, leva i desna, ili pak samo leva ili samo desna bočna pozornica, koje se isključivo koriste kao prostori za izmenu dekora činova ili slika [6]

Pored pomenutog scenskog prostora, u scensko-gledališni prostor uključuju se i magacin uz binu, komanda elektromotornih uređaja pozornice, pult šaptača, mesto scenariste.

Takođe, kada se u pozorištu izvode predstave koje uključuju i muziku, akustiku određuje volumen, oblik, neretko i arhitektonski detalji sale. U pozorištima se orkestar pozicionira ispod nivoa bine, u njenoj neposrednoj blizini. Maksimalno dozvoljeno nadkrivanje orkestra odnosno orkestarske jame iznosi 1/5 širine orkestarskog prostora, što je uslovljeno zbog dobre čujnosti orkestra [6].



*Slika 4 – Prikaz osnove prizemlja*

Pri projektovanju pozorišta neophodno je organizovati i fokusirati se na postavku gledališta u dvorani kako bi pozornica bila vidljiva sa svih mesta. Treba razlikovati kvantitativne odnose vidljivosti, koji zavise od nadvišenja mesta za gledaoce i kvalitativne odnose vidljivosti u koje spadaju daljina posmatranja, ugao vizure, pogled u dubinu pozornice, pogled na pozornicu i odstupanje od vizura. Tek ispravno dovođenje tih pojedinih kriterijuma u ravnotežu zajedno ih sagledavajući, daje „dobru vidljivost“ [7].

Pored glavne bine koja se nalazi u središnjem delu objekta, predviđena je i manja interaktivna stand-up scena koja prima 168 gledalaca. Oba scenska prostora povezana su odgovarajućim komunikacijskim prostorom

koji ih ujedno povezuje i sa prostorom iza scene kao i prostorom javnog sadržaja.

Javni sadržaj namenjen posetiocima čine prostrani foajeji u sklopu kojih se nalaze prostori za sedenje, info-pult, garderoba, vertikalne komunikacije posetilaca. Vertikalne komunikacije posetilaca čine stenenice i po dva lifta za oba foajeja. U sklopu foajeja bližem glavnoj sceni nakazi se atrijum koji pruža adekvatno osvetljenje i dodatno doprinosi vizuelno-estetski efekat. Glavni ulaz podjednako je povezan sa oba foajeja. Uz sam ulaz nalazi se portirnica odnosno biletarnica.

Prostor iza scene čine prostorije namenjene izvođačima. U prizemlju se u okviru ovog prostora nalazi šest grupnih garderoba, jedna ansambl garderoba/garderoba za statiste, muški i ženski glumački salon namenjen za koncentraciju izvođača pre izlaska na binu, maskernica (vlasuljarska radionica), dve ostave za tekuće predstave i neizostavne vertikalne komunikacije koje povezuju osnovu prizemlja sa podzemnom etažom, međuetražom i etažom sprata. Komunikacijski prostor za zaposlene povezuje prostor iza scene sa ugostiteljskim sadržajem.

Ugostiteljski sadržaj povezan je adekvatnim komunikacijskim prostorom sa glavnim foajejom i prostorom iza bine. Njega čini, pre svega, elegantni restoran koji prima do 100 gostiju u glavnom delu, i do 30 gostiju u delu povezanim sa njim koji je osmišljen kao staklena bašta sa zelenilom. Pored restorana, ugostiteljski sadržaj čini neizostavna distributivna kuhinja u sklopu koje se nalazi i kelner ofis, magacin za privremeno čuvanje namirnica, prostorija za odlaganje otpada. U delu namenjenim ugostiteljskom sadržaju nalazi se i kancelarija šefa kuhinje kao i neizostavne vertikalne komunikacije koje povezuju osnovu prizemlja sa podzemnom etažom i etažom sprata.

U osnovi prizemlja administrativni blok čini ulaz sa obaveznim vetrobranskim prostorom koji poseduju sve celine i vertikalne komunikacije koje vode do međuetraže u kome se nalaze ostale prostorije bloka.

## 4.2 OSNOVA MEĐUETAŽE

Osnova međuetraže nalazi se na koti +4.20m i namenjena je pre svega administrativnom bloku ali delom i prostoru iza scene kojima se zasebno pristupa i odvojeni su zidom (Slika 5).

Prostor iza scene čine dve grupne garderobe, dve garderobe za po dva izvođača, ansambl garderobe/garderobe za statiste, po dve garderobe za jednog izvođača, toalet i vertikalne komunikacije (lift i stepenice).



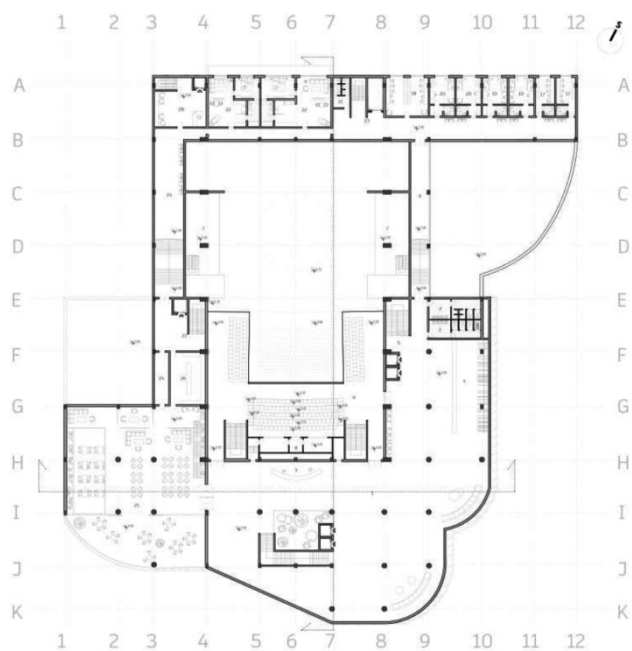


**Slika 5 – Prikaz osnove međuetazže**

Administrativni blok čine kancelarija direktora pozorišta direktno povezana sa kancelarijom sekretarice direktora pozorišta, sala za sastanke, četiri kancelarije za po tri radnika administrativnog bloka, čajna kuhinja, toalet i vertikalne komunikacije (lift i stepenice) koje vode do prizemlja objekta.

### 4.3 OSNOVA PRVE ETAŽE

Osnova prve etaže deluje nalik na osnovu prizemlja s obzirom da se sve funkcije iz osnove prizemlja ponavljaju i u osnovi prve etaže (Slika 6). Iznad prostora glavne sale nalazi se balkon koji njoj pripada. Pored balkona, u delu velike glavne sale nalaze se i bočne bine i tehničke kabine. Balkon zajedno sa bočnim binama za sedenje pruža još 184 mesta za sedenje gledalaca te, uključujući i prizemlje, glavna sala raspolaže sa ukupno 585 mesta namenjenim gledaocima.



**Slika 6 – Prikaz osnove prve etaže**

Javni sadržaj nalazi se na koti +4.50m i zauzima identičnu kvadraturu kao i u osnovi prizemlja. Jedina razlika u tome je što je u osnovi prve etaže pozicioniran i toalet.

Prostor iza scene obuhvata takođe jednaku površinu kao i u osnovi prizemlja s tim što postoji nekoliko razlika prilikom uvođenja prostorija. Nalazi se na koti +7.60m. U delu osnove prve etaže namenjenoj prostoru iza scene nalazi se i blok u kome su pozicionirana dva apartmana za VIP izvođače. Pored toga, ovaj prostor čine i dve grupne garderobe, dve garderobe za po dva izvođača, dve garderobe za po jednog izvođača, toalet i vertikalne komunikacije (lift i stepenice) koje povezuju prostor sa međuetazhom, prizemljem i podzemnom etažom.

Ugostiteljski sadržaj koji se nalazi na koti +4.50m na prvoj etaži čini bar organizovan kao galerijski prostor u sklopu restorana do koga se može doći i stepenicama restorana. Bar može da primi do 75 osoba. U sklopu ugostiteljskog dela nalazi se i magacin pića kao i neizostavne vertikalne komunikacije koje povezuju prvu etažu, prizemlje i podzemnu etažu.

Komunikacijski prostor adekvatne širine povezuje prostor iza scene sa ugostiteljskim i javnim sadržajem. Razlika u visinama rešena se uvođenjem stepenica.

### 4.4 OSNOVA PODZEMNE ETAŽE

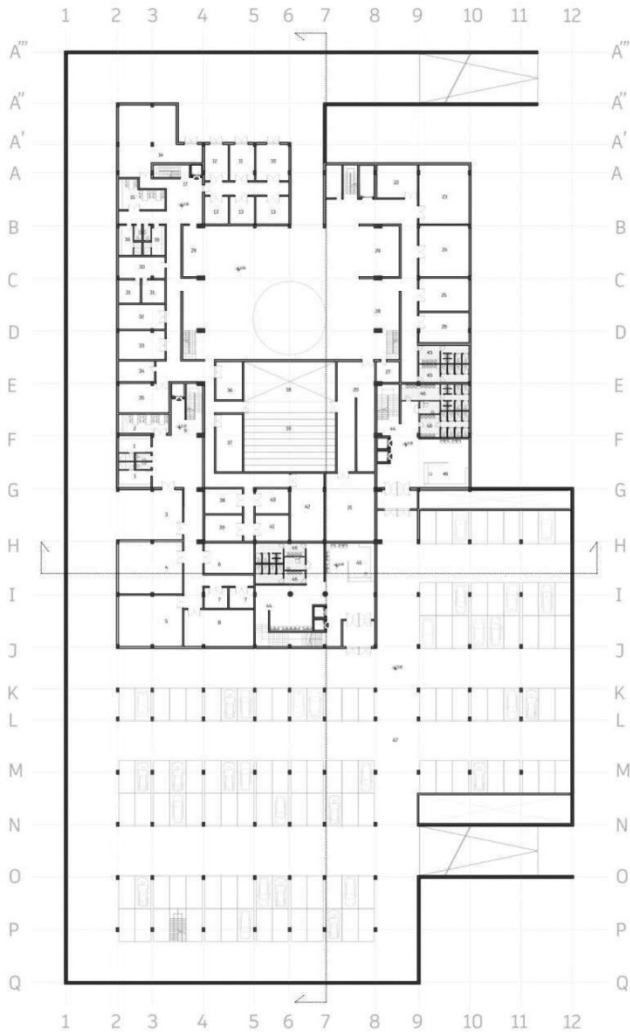
Podzemna etaža zauzima najveću površinu od svih ostalih etaža i nalazi se na koti -4.30m. U okviru pomenute osnove nalazi se 47 različitih sadržaja odnosno prostorija (Slika 7).

Najveću površinu etaže čini podzemni parking prostor sa 120 parking mesta kome se pristupa pomoću dve rampe – jedne isključivo za posetioce i druge za radnike ekonomskog bloka.

Javni sadržaj čine neizostavni vetrobrani i vertikalne komunikacije, toaleti koji su iz prizemlja izmešteni u podzemnu etažu i info-pult.

Pozicioniran ispod ugostiteljskog bloka, nalazi se ekonomski podrumski blok u sklopu koga su pozicionirane garderobe za radnike, čajna kuhinja sa trpezarijom, prostor za dopremanje robe, prostor za pakovanje ambalaža, magacin prehrambenih proizvoda, magacin pića, frižideri, stari i novi inventar i vertikalne komunikacije.

Tehničke prostorije pozicionirane su bliže pristupnoj rampi radnika ekonomskog bloka. Njih čine prostorije za hidrofor, dizel agregat, podstanica grejanja, klima komore, trafo stanica, čajna kuhinja sa trpezarijom, garderobe za radnike i vertikalne komunikacije.

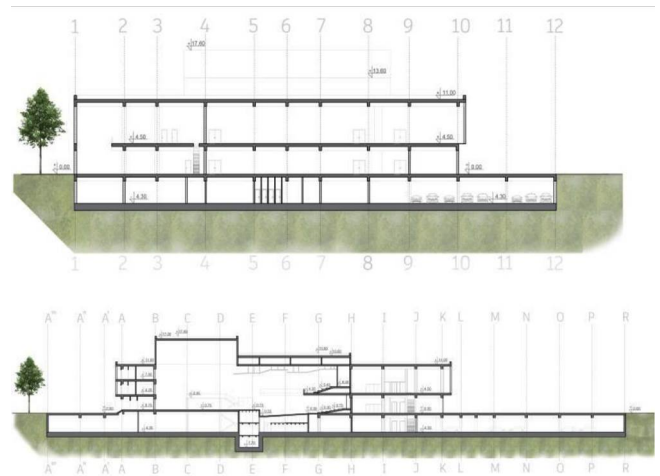


Slika 7 – Prikaz osnove podrumske etaže

Podbinski prostor, kao što i sam naziv kaže, smešten je ispod bine. U njemu se odvijaju pripreme za izvođenje predstava. Zajedno sa binskim prostorom funkcioniše kao celina. Podbinski prostor sadrži orkestarsku jamu, hidraulične nosače gledališta, prostoriju za štimovanje, magacin za reflektore, magacin fundusa kostima i obuće, magacin univerzalnih delova dekorativne opreme, ostavu prospekata, depoe, odeljenje za izradu kostimske opreme, krojačku radionicu, odeljenje za izradu dekorativne opreme, odeljenje za izradu plastičnih radova, odeljenje za obradu projektne dokumentacije, odeljenje za obradu umetničkih skica i maketa, odeljenje za izradu rekvizita, stolarsku radionicu, bravarsku radionicu, slikarsku i tesarsku radionicu, mašinsko odeljenje, odeljenje za rasvetu, odeljenje za elektroakustiku. Pored pomenutih prostorija, ispod bine se nalaze i sale za probu orkestra, hora i baleta u kojoj se učesnici pripremaju pre izlaska na scenu. Podbinski prostor takođe sadrži toalete.

## 5 KONSTRUKTIVNO REŠENJE

Konstruktivna koncepcija objekta bazirana je na armirano-betonskom skeletnom konstruktivnom sistemu osim u delu sale gde je sistem armirano-betonski ramovski (Slika 8). Dimenzije stubova su 40x60cm, a obzirom na raspon koji je potrebno da zadovolji, stubovi koji su postavljeni oko glavne gledališne sale su dimenzija 120x60cm. Debljina zidova konstrukcije je 30cm dok je debljina pregradnih zidova 20cm. Armirano-betonska platna su uvedena zbog ukrućenja konstrukcije u oba pravca. Podrumski zidovi su takođe u armirano-betonskom sistemu. Fundiranje objekta se vrši na konta ploči debljine 60cm.



Slika 8 – Prikaz konstrukcije kroz poprečni i podužni preseki zgrade pozorišta

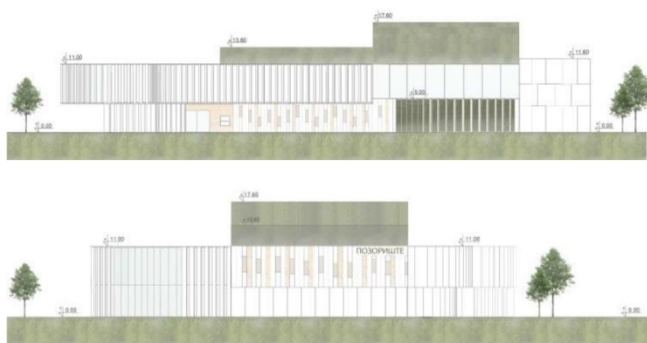
## 6 OBLIKOVNO REŠENJE

Prilikom sagledavanja oblikovnog rešenja zgrade pozorišta, neophodno je imati u vidu da ovakvi objekti jesu na višem nivou i da se najčešće karakterišu kao simbolički reperi grada po svom oblikovanju i monumentalnosti. Završna forma pozorišnog objekta, ona koja se prvo uočava, trebalo bi da ostavlja apstraktnu ideju o unutrašnjem prostoru. Ideja kombinacije pravilnih i nepravilnih formi potekla je iz mišljenja kako bi se na taj način značajno "razigrala" već postojeća forma izgleda okoline objekta u kome dominiraju višespratni objekti i objekti spratnosti P i P+1 pravilnih formi (Slika 9).



**Slika 9 – Prikaz postojećeg stanja okoline**

Za fasadu zgrade pozorišta odabrana je kombinacija eternit poča svetlih boja, kamenih reljefnih ploča i stakla. Na glavnim fasadama objekta (severnoj i istočnoj) prevladavaju polukružne forme u vidu panela od pomenutih eternit ploča, zakačenih za metalnu opnu koja prati oblik fasade, koji u toku lednjeg perioda imaju funkciju zastora (Slika 10). Za



**Slika 10 – Prikaz glavnih fasada - severne i istočne fasade**

deo istočne fasade u kome se nalazi ugostiteljski sadržaj odabrano je staklo preko koga su, sa obe strane postavljene eternit ploče u vidu zastora. Staklo je, pored estetskog efekta kojem doprinosi, odabrano i zbog pomenute ideje projektovanja staklenika, odnosno staklene (botaničke) bašte unutar dela restorana i bara.

Zapadna i južna fasada predstavljaju primer u kome oblikovno rešenje prati funkcionalno (Slika 11). Na pomenutim fasadama dominira prava linija. Na južnoj fasadi nema otvora osim dvojna vrata. Dominira fasada u kombinaciji kamenih reljefnih ploča.

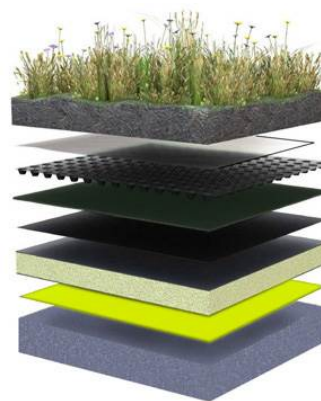
U sklopu zapadne fasade, prostorije u kojima borave izviđači i radnici osvetljene su na adekvatan način uvođenjem staklenih površina. Administrativni blok je dodatno naglašen ispuštanjem tog dela trakta u kome je smešten za 1.50m.



**Slika 11 – Prikaz južne i zapadne fasade**

Svi ulazi u objekat su uvučeni po 1.50m te nije bilo potrebe za uvođenjem nadstrešnica.

Ideja oblikovnog rešenja uključuje i implementaciju zelenih krovova i fasada na određene delove objekta. Zeleni krovovi predstavljaju novu tehnologiju zelene gradnje koja predstavlja vegetacioni sloj na krovu i sastoji iz sledećih slojeva (Slika 12): krovne konstrukcije, hidroizolacije, termoizolacije, drenažnog sloja, filter sloja, supstrata i biljaka [8]. Drenažni sloj zelenog krova je predviđen za travnjake ili nisko rastinje [9].

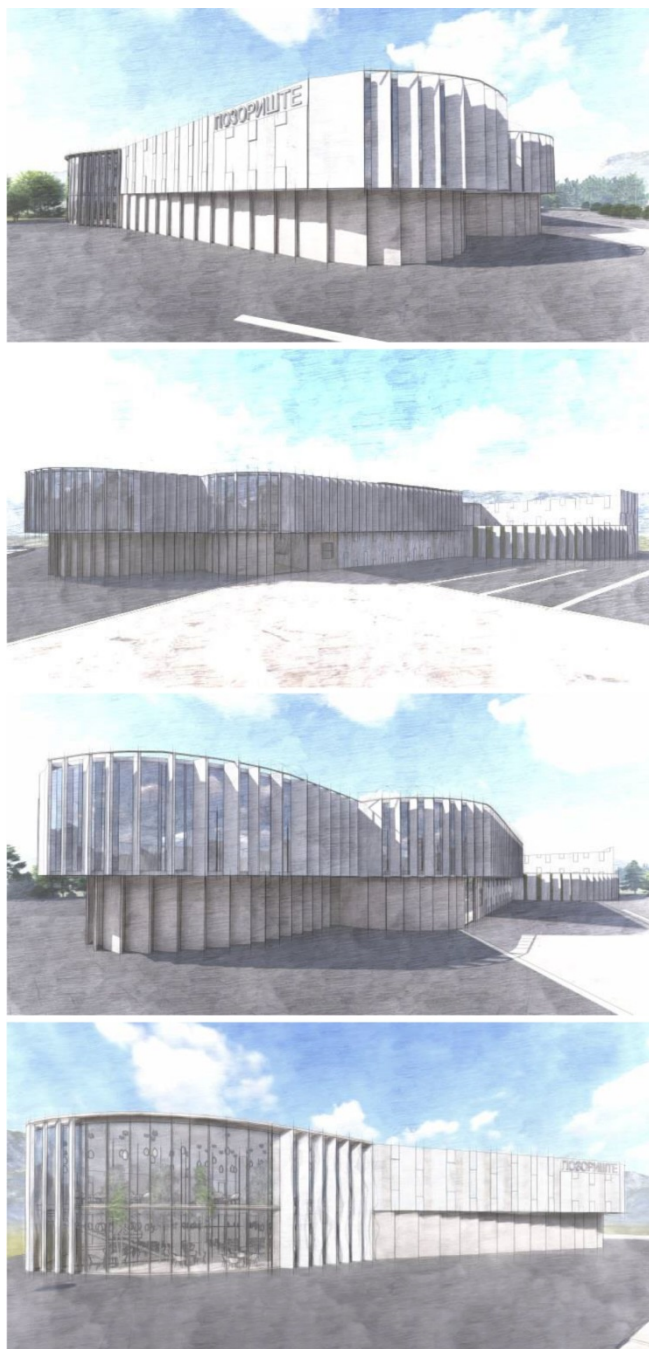


**Slika 12 – Prikaz slojeva zelenog krova**



Implementacija zelenih krovova poseduje svoje pogodnosti – zeleni krovovi filtriraju vazduh zadržavajući zagađujuće čestice vazduha, apsorbuju toplotu odnosno smanjuju tendenciju kretanja toplog vazduha i omogućavaju zaštitu od buke. Pored navedenog, primena zelenih krovova ima i svoju estetsku funkciju, naročito u uslovima urbane sredine.

Na slici 13 prikazan je 3D model idejnog rešenja zgrade pozorišta.



Slika 13 – Prikaz modela glavnih fasada zgrade pozorišta

## 7 ZAKLJUČAK

Pre samog projektovanja objekta pozorišta je odabrana adekvatna lokacija, analizirani su urbanistički parametri, razmotrena je okolina odabrane lokacije kao i njene mogućnosti i nedostaci. Dobre strane odabrane lokacije čine blizina okolnih sadržaja za posetioce, položaj u odnosu na centar grada i odgovarajuća saobraćajna infrastruktura odnosno povezanost sa ostalim delovima grada. Objekat, njegova namena, je u skladu sa okolinom i poseduje kapacitet proporcionalan broju stanovnika grada, dela grada u kome se projektuje. Prilikom projektovanja pozorišta ispoštovane su potrebe koje su pripisane namenom objekta kao i potrebe budućih korisnika. Određena je veličina glavne sale, pozornice, broj sedišta odnosno kapacitet samog objekta kao i potreba za uvođenjem posebnog prostora za smeštaj orkestra i drugih pratećih tehničkih prostorija. Za organizaciju prostorija u pozorištu izabran je najpovoljniji način organizovanja pozorišnih prostorija koji će na najbolji i najjednostavniji način funkcionisati. Za konstruktivno rešenje objekta odabran je armirano-betonski skeletni konstruktivni sistem osim u delu sale gde je sistem armirano-betonski ramovski. Što se oblikovnog rešenja tiče, prethodnom analizom primera dobre prakse dolazi se do zaključka da ono zavisi pre svega od perioda u kome se gradi, zatim neretko od već postojeće arhitekture područja u kome se gradi kao i od pristupa i stila investitora i arhitekta koji se može u nekim aspektima menjati i u toku samog projektovanja. Sve pomenute činjenice ispoštovane su prilikom rada na oblikovnom rešenju.

Postojanje pozorišta je od izuzetnog značaja za gradove i stanovnike koji u njima žive. Potrebno je dodatno podizati svest kod naroda o važnosti pozorišta, pozorišnih dela i o jačanju kulture samog naroda. To dokazuje i njihovo postojanje i razvoj kroz vekove unazad.

## LITERATURA

- [1] Kulenović Tvrтко: **Teorijske osnove modernog evropskog i klasičnog azijskog pozorišta.** *Izdavačko preduzeće „Svetlost“*, Sarajevo, 1975.
- [2] Cvetanović Aleksandra, Stanković Danica: **Novi programi u projektovanju kulturno-zabavnih centara.** *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu*, broj 32, Niš, 2017.
- [3] Popović Žorž: **Istorija Arhitekture (pozorišta, kazališta, gledališta i teatra) Jugoslavije i Evrope,** *Građevinski fakultet u Beogradu*, Beograd, 1986.



- [4] Kuzović Duško: **Arhitektura Narodnog pozorišta u Užicu**. *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu*, broj 33, Niš, 2018.
- [5] Strong Judith: **Theatre Buildings – A Design Guide**. *Routledge*, Oxon, 2010.
- [6] Nikolić Dobrilo: **Tehnika scene**. *Priručnik za predavanja na Arhitektonskom fakultetu i Fakultetu dramskih umetnosti. BIRO ST - Scenska tehnika*, Beograd, 2008.
- [7] Graubner Gerhard: **Theaterbau, Aufgabe und Planung**. *Callwey*, München, 1968.
- [8] Bogdanović Veliborka, Vasov Miomir: **Zeleni krovovi**, Arhitektonske konstrukcije II - predavanje br. 1-1. *Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, Niš, 2017.
- [9] [https://www.descon.co.rs/zeleni\\_krovovi.html](https://www.descon.co.rs/zeleni_krovovi.html)  
(12.06.2022.)

primljen: 17.01.2023.  
korigovan: 31.01.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 627.4/5:004.4(497.11)

## **KONCEPCIJA UREĐENJA REKE JUŽNE MORAVE U ZONI MOSTA GRAOVO U GRDELIČKOJ KLISURI**

**Aleksandra Ilić<sup>1</sup>, Dragan Radivojević<sup>2</sup>, Borko Radivojević<sup>3</sup>**

**Rezime:** U osnovi svakog koncepta uređenja vodotoka je osigurajnje efekata za duži vremenski period kao i fleksibilnost koja daje mogućnost adaptacije novonastalim uslovima. Tečenje u otvorenim tokovima zavisi od hidroloških, meteoroloških, geoloških, psamoloških, hidrauličkih i morfoloških parametara. Čijom se kombinacijom dobija širok dijapazon rezultata hidrauličkih proračuna. Modeliranje počinje ocenom tipa tečenja i postavljanjem graničnih uslova. Za postavljanje granica oblasti proračuna tečenja ne postoji univerzalna procedura već je to postupak kojim se pažljivo uzimaju u obzir svi navedeni faktori i vrši izbor potrebne dužine deonice kako bi se postigla nepristranost proračuna hidrauličkih veličina. U ovom radu je proučavan sektor reke Južne Morave na ulazu u Grdeličku klisuru u zoni mosta u mestu Graovo u Jugoistočnoj Srbiji. Specifičnost problema se ogleda u značajno izmenjenoj geometriji rečnog korita nizvodno od deonice koja bi trebalo da se reguliše sa ciljem zaštite mostovske konstrukcije od uticaja velikih voda i erozivnih procesa u rečnom koritu. Za hidrauličko modeliranje i analizu je korišćen softver HEC-RAS.

**Ključne reči:** uređenje vodotoka, tečenje u otvorenim tokovima, erozivni procesi, velike vode, HEC-RAS

## **THE CONCEPT OF THE SOUTH MORAVA RIVER TRAINING WORKS IN THE GRAOVO BRIDGE ZONE IN THE GRDELICA GORGE**

**Abstract:** The basis of each concept of the river training works is the provision of effects for a long period of time, as well as of the flexibility that gives the possibility of adaptation to new conditions. Flow in open channel depends on hydrological, meteorological, geological, psamological hydraulic and morphological parameters, the combination of which gives a wide range of results of hydraulic calculations. Modeling begins with an assessment of the type of flow and the setting of boundary conditions. There is no universal procedure for setting the boundaries of the flow calculation area, but it is a procedure that carefully takes into account all mentioned factors and selects the required length of the section in order to ensure the unbiased calculation of hydraulic parameters. In this paper, the sector of the South Morava River at the entrance to the Grdelička Gorge in the area of the bridge Graovo in Southeast Serbia was studied. The specificity of the problem is reflected in the significantly changed geometry of the river bed downstream of the section, which should be trained with the aim of protecting the bridge structure from the influence of flood flows and erosive processes in the river bed. HEC-RAS software was used for hydraulic modeling and analysis.

**Key words:** River Training Works, Flow in Open Channels, Erosive Processes, Flood Flows, HEC-RAS

---

<sup>1</sup> Doktor, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [aleksandra.ilic@gaf.ni.ac.rs](mailto:aleksandra.ilic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>2</sup> Doktor, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [dragan.radivojevic@gaf.ni.ac.rs](mailto:dragan.radivojevic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>3</sup> Master inženjer, doktorand, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [borko\\_995@hotmail.com](mailto:borko_995@hotmail.com)

## 1 UVOD

Uređenje rečnih tokova je hidrotehnička disciplina, koja datira iz 3100. godine pre nove ere [8] i obuhvata niz aktivnosti na prirodnim i veštačkim vodotokovima u cilju smanjenja šteta od poplava, erozije i bujica, obezbeđivanja dobrih uslova korišćenja ali i zaštite vodotoka od zagađenja [1]. Osnovni motiv u regulaciji reka jeste zaštita od štetnog dejstva voda pri čemu se vrši stabilizacija osnovnog korita i povećava njegova propusna moć kako korekcijom trase i morfoloških karakteristika tako i zaštitom dna i obala od erozije.

Inovacije i tendencije razvoja pomenute discipline se vezuju za konstruktivne elemente, napredak u modeliranju hidrodinamike i morfodinamike i održivost već izvedenih radova u prošlosti [4], [7], [9-10]. Sve tendencije idu u pravcu fleksibilnog uređenja vodotoka koje se odnosi na implementaciju konstrukcijskih rešenja zajedno sa regulacionim radovima (prosecanje rečnih krivina, bagerovanje, biotehnički radovi itd.).

Polazna tačka prilikom projektovanja objekata u rečnom koritu je obezbeđivanje adekvatnih, sveobuhvatnih podloga vezanih za lokaciju, bližu i širu okolinu objekta. Tečenje u vodocima je složen proces koji zavisi od karakteristika rečnog toka koje se menjaju tokom vremena (hidrološki, meteorološki, geološki, psamološki, hidraulički, morfološki i drugi faktori).

Razvoj matematičkih simulacionih modela omogućio je složene proračune kojima se pokriva veliki broj neizvesnosti koje su se prevazilazile uvođenjem pretpostavki u modeliranje. Na pouzdanost hidrauličkog modela direktno utiče dužina računске deonice i postavljanje graničnih uslova. Na kratkim računskim deonicama granični uslov ima dominantan uticaj na sračunate vrednosti hidrauličkih veličina. Na predugačkim deonicama nepotrebno se povećavaju troškovi priprema podloga, tako da dužina računске donice treba da bude racionalna. Granični uslov treba postaviti tako da ima zanemarljiv uticaj na sračunate vrednosti nivoa vodnog ogledala u blizini objekta, kako bi se dobili pouzdani rezultati hidrauličkih proračuna [2].

U ovom radu je predstavljen simulacioni model deonice reke Južne Morave u zoni mosta Graovo u Grdeličkoj klisuri. Takođe su prikazane analize rezultata hidrauličkih analizuza i opšte i lokalne erozije u zoni mosta na osnovu kojih se usvaja koncepcija rešenja uređenja osnovnog korita sa ciljem održivosti u dužem vremenskom periodu.

## 2 MATERIJALI I METODE

### 2.1 ULAZNI PODACI U ZONI MOSTA GRAOVO U GRDELIČKOJ KLISURI

Novo projektovani most Graovo preko Južne Morave nalazi se u zoni mosta 5 (km 876+973) autoputa E75 (Slika 1) [6]. Na lokaciji su konstatovane značajne oscilacije nivoa vode koje se javljaju usled većih padavina, naglog ispuštanja vode iz HE „Vrla“ i nekontrolisane eksploatacije rečnog materijala uzvodno od novog mosta. Ovakvi poremećaji mogu dovesti do opšte deformacije rečnog korita kao i lokalne deformacije oko mostovskih stubova S2 i S3 koji se nalaze u rečnom toku, a samim tim ugroziti stabilnost konstrukcije mosta (Slike 2 i 3).

Na širem području predmetne deonice snimljeno je prirodno korito reke, dužine  $L=1.544,29$  m i obala, kao i 32 poprečna profila. Na Slici 1 naznačen je položaj predmetne deonice. Poprečnim profilima prirodnog korita vodotoka, koji su snimljeni jula 2022. god. obuhvaćeno je minor korito vodotoka i deo inundacija na levoj i desnoj obali. Profili su snimljeni, u ukupnoj dužini 1.544,29 m na prosečnom rastojanju od 10 – 20 m.

Za hidrauličke proračune usvojeni su računski protoci na hidrološkoj stanici Grdelica:

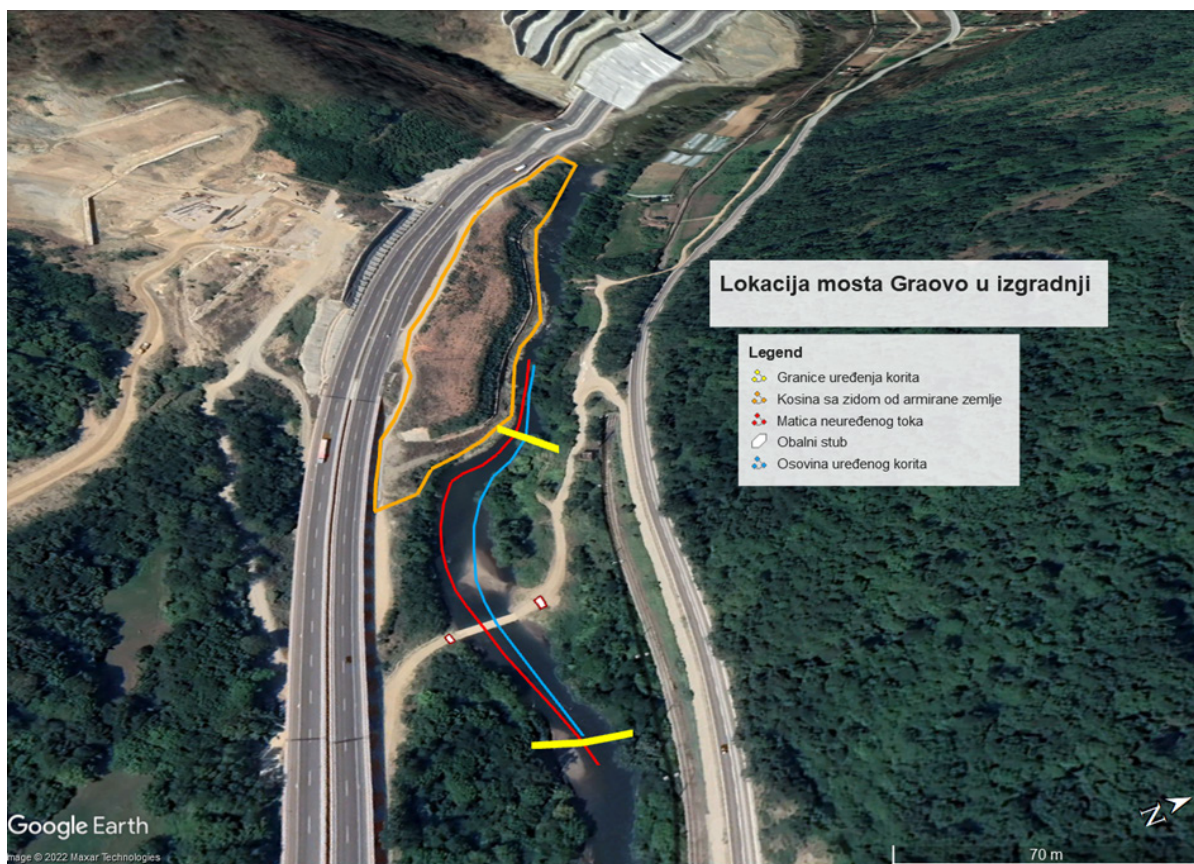
- Merodavni: pedesetogodišnja velika voda  $Q_{2\%}=604$  m<sup>3</sup>/s,
- Kontrolni: stogodišnja velika voda  $Q_{1\%}=687$  m<sup>3</sup>/s.

Parametri aluvijalnog materijala, obzirom da se radi o regulaciji osnovnog korita su:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3; \varphi = 23^\circ; c = 5 \text{ kPa.}$$

Karakteristični prečnici zrna nanosa su utvrđeni na osnovu granulometrijskih krivih materijala iz Elaborata geotehničkih terenskih istraživačkih radova i laboratorijskih ispitivanja [6]:

- $d_{50}=20$  mm;  $d_{90}=44$  mm – na desnoj obali,
- $d_{50}=2,5 - 12,5$  mm;  $d_{90}=25 - 38$  mm – na levoj obali.



Slika 1 – Aerofotometrijski prikaz lokacije mosta u izgradnji [6]



Slika 2a – Profil mosta Graovo, pogled sa autoputa [6]





Slika 2b – Profil mosta Graovo, pogled sa leve obale [6]

Kako su nizvodno i uzvodno od lokacije mosta na reci Južnoj Moravi već izvedene regulacije u zoni mostova na udaljenosti 1 – 1,5 km, opravdan je pristup zadržavanja kontinuiteta regulisanja reke u zoni autoputa E75 i sprečavanje mogućnosti ugrožavanja stabilnosti mosta.

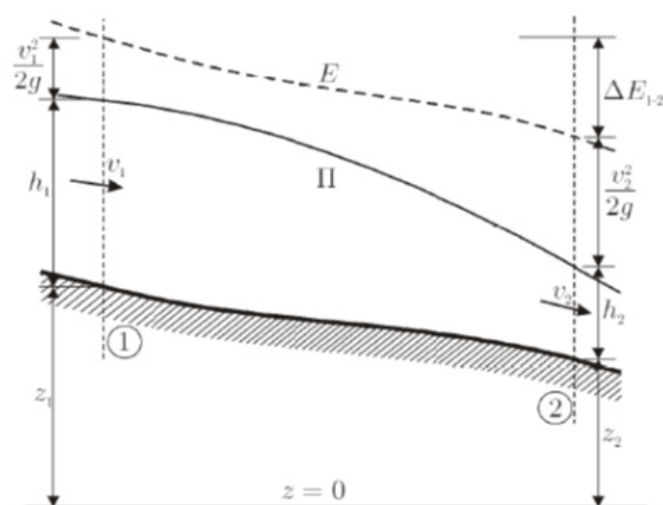
## 2.2 SIMULACIONI MODEL TEČENJA

Za modeliranje i analizu hidrauličkih veličina primenjen je softver HEC-RAS [5]. Nivo vodnog ogledala se sračunava od početnog poprečnog profila prema susednom rešavanjem jednačine energije (1), primenom iterativne procedure pod nazivom „standardna step metoda“ (Slika 3.)

$$Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + \Delta E_{1-2} \quad (1)$$

Gde je:

- $Z_1, Z_2$  - kota dna u koritu reke,
- $Y_1, Y_2$  - dubina vode u poprečnom preseku,
- $v_1, v_2$  - srednje profilske brzine (ukupan proticaj/ukupna površina preseka),
- $\alpha_1, \alpha_2$  - koeficijenti brzinske visine,
- $g$  - gravitaciona konstanta,
- $\Delta E_{1-2}$  - gubitak energije.



Slika 3 – Proračunska šema [1]

Kako bi se sproveli proračuni, granični uslov mora biti postavljen na najnižvodnijem profilu u slučaju mirnog tečenja, ili na najuzvodnijem za slučaj burnog tečenja. Granični uslov treba postaviti na način da se mogu nepristrasno sračunati nivoi vode na analiziranoj deonici u zoni objekta.



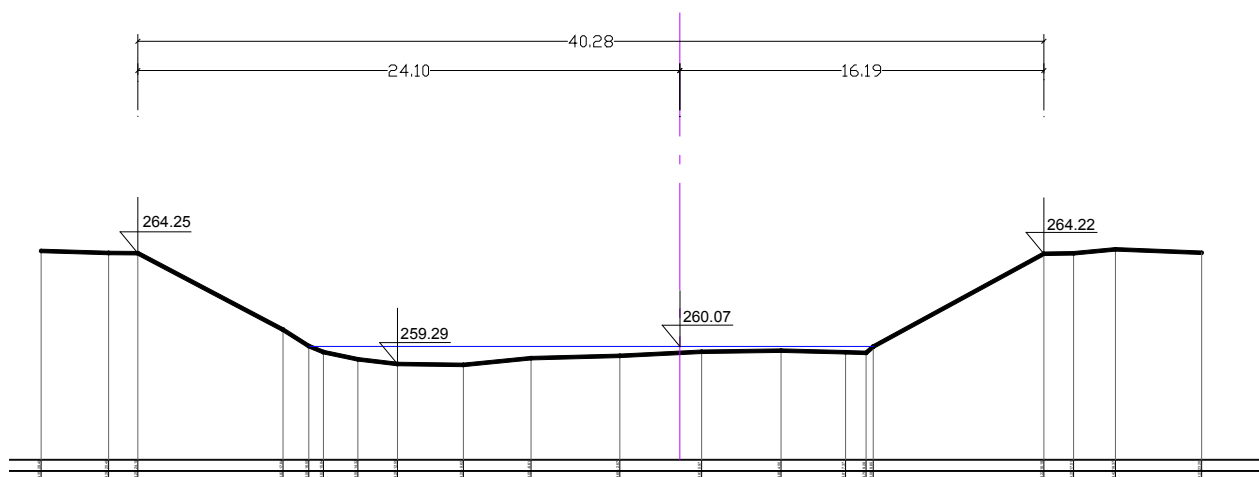
Slika 4 – Granični uslov 140 m nizvodno od mosta [2]



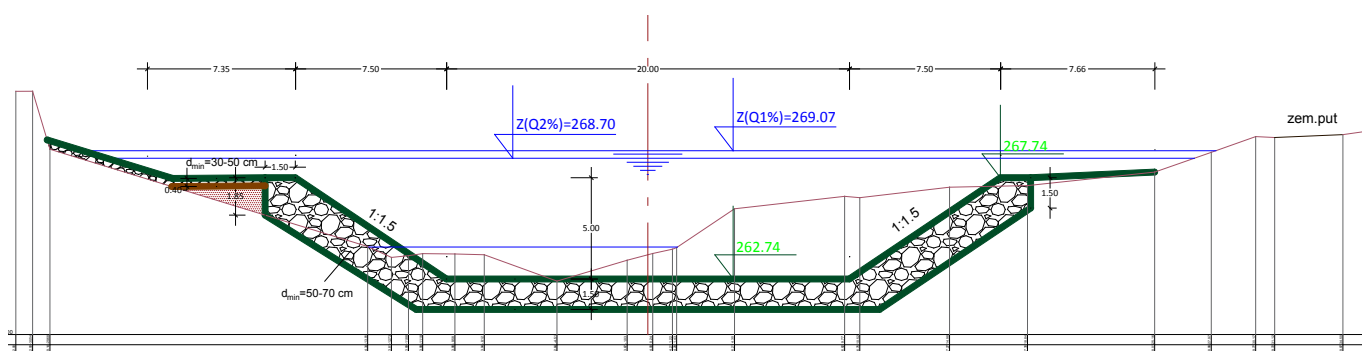
Slika 5 – Granični uslov 1,3 km nizvodno od mosta [2]

Tabela 1- Analizirani scenariji za proračun nivoa vode [2]

<b>Scenario 1</b> – Prirodno korito kratka deonica (PKKD)	Prirodno korito – granični uslov u zoni mosta Graovo, radi se hidraulička analiza deonice na kojoj treba izvršiti uređenje korita (Slika 4)
<b>Scenario 2</b> - Prirodno korito dugačka deonica (PKDD)	Prirodno korito – granični uslov je udaljen nizvodno od mosta tako da se uticaj graničnog uslova praktično gubi do mosta usled neprizmatičnosti korita i otpora kretanja vode u njemu (Slika 5)
<b>Scenario 3</b> - Regulisano korito kratka deonica (RKKD)	Regulisano korito - granični uslov u zoni mosta Graovo, radi se hidraulička analiza deonice na kojoj treba izvršiti uređenje korita (Slika 4)
<b>Scenario 4</b> - Regulisano korito dugačka deonica (RKDD)	Regulisano korito - granični uslov je udaljen nizvodno od mosta tako da se uticaj graničnog uslova praktično gubi do mosta usled neprizmatičnosti korita i otpora kretanja vode u njemu (Slika 5)



Slika 6 – Granični uslov (Scenario 1 i 2)



Slika 7 – Granični uslov (Scenario 3 i 4)



Za Scenarije 1 i 3 na najnižvodnijem poprečnom profilu PP1 (Slika 6), 1300 m nizvodno od mosta, postavljen je granični uslov „normalna dubina“, a nivoi vode sračunati za miran režim tečenja do najuzvodnijeg profila.

Za Scenarije 2 i 4 granični uslov „normalna dubina“ je postavljen na PP11 (Slika 7), oko 140 m nizvodno od mosta, a nivoi vode sračunati za miran režim tečenja do najuzvodnijeg profila.

Između poprečnih profila PP1 i PP11 postoje značajne promene morfologije korita, koje se naročito ogledaju u velikom suženju korita na deonici između njih.

### 2.3 EROZIONI PROCESI

Sračunavanje veličine moguće opšte erozije i erozije oko mostovskih stubova je važan korak pri određivanju regulacionih radova kojima se obezbeđuje zaštita korita reke i osiguranje mostovske konstrukcije.

Opšta erozija rečnog dna ( $h_e$ ) je sračunata za sve scenarije, za veličinu zrna 15 mm i 20 mm, primenom jednačine Breusers-a u obliku:

$$h_e = 0,14 \cdot (\overline{h_{\max}})^{0,25} \cdot (k \cdot v - v_c)^{1,5} \quad (2)$$

gde je  $k$  – faktor turbulencije ( $k=1,32$ ).

Potrebni podaci:

- Granulometrijske karakteristike materijala sa rečnog dna, srednji prečnik nanosa  $d_{sr}$ , ugao unutrašnjeg trenja  $\phi$ .
- Hidraulički parametri pri merodavnom računskom protoku:  $v_{\max}$ , maksimalna dubina vode ( $h_{sr\max}$ ,  $R_{\max}$ ).

Kritična brzina pokretanja nanosnog materijala sa dna korita vodotoka, za srednji prečnik vučenog nanosa sa granulometrijske krive, može se sračunati na osnovu Šezijeve relacije i relacije Šildsa:

$$v_c = C \cdot \sqrt{R_{\max} \cdot J_{cr}} = \frac{1}{n} \cdot R_{\max}^{2/3} \cdot J_{cr}^{1/2} \quad (3)$$

Maksimalna erozija oko mostovskih stubova se sračunava metodom CSU (Colorado State University Equation).

$$\frac{d}{y_1} = 2.0 \cdot K_1 K_2 K_3 K_4 \left( \frac{b}{y_1} \right)^{0,65} \cdot F_r^{0,45} \quad (4)$$

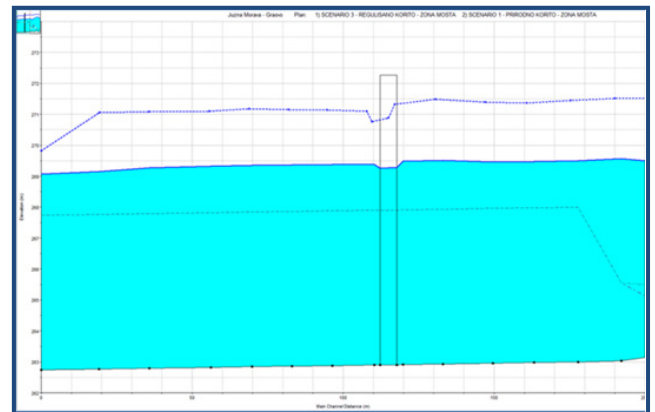
gde je  $d = h_e$  najveća dubina erozije oko stubova mosta,  $y_1$  – lokalna dubina u neporemećenom strujnom polju uzvodno od stuba,  $b$  – širina stuba (m),  $F_r$  – lokalni Frudov broj,  $K_1$  – koeficijent oblika stuba [3],  $K_2$  – koeficijent koji odražava uticaj

napadnog ugla pod kojim tok deluje na stub [3],  $K_3$  – koeficijent koji opisuje stanje rečnog dna [3],  $K_4$  – koeficijent koji definiše mogućnost “samopopločavanja tla” [1] i koji se određuje preko kritične brzine.

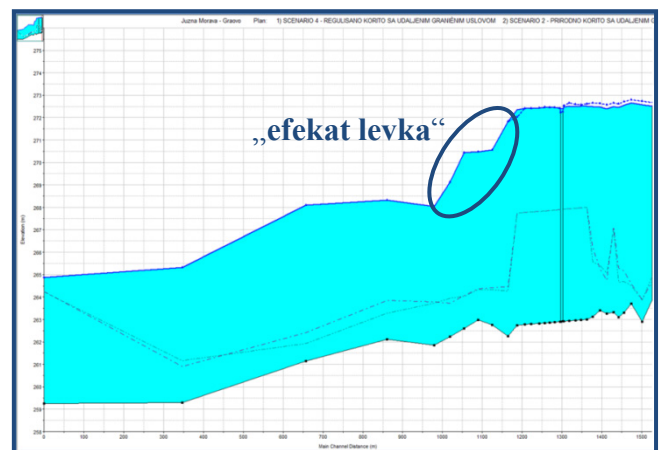
### 3 REZULTATI I DISKUSIJA

Primenom softvera HEC – RAS modelirani su procesi u slivu kako je to opisano u Poglavlju 2 i sračunati nivoi vode, erozioni potencijal u rečnom koritu i potencijalna erozija oko mostovskih stubova. Hidraulički proračuni su sprovedeni za velike vode  $Q_{1\%} = 697 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $Q_{2\%} = 604 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Rezultati proračuna prikazani su na Slici 8 za Scenarije 1 i 3 i Slici 9 za Scenarije 2 i 4 a za računsku protok  $Q_{1\%}$ .



Slika 8 – Računski nivoi vodnog ogledala za Scenarije 1 i 3



Slika 9 – Računski nivoi vodnog ogledala za Scenarije 2 i 4

Numerički rezultati proračuna su prikazani u Tabelama 2 i 3.



- Za  $Q_{1\%}=687 \text{ m}^3/\text{s}$  sračunati nivoi vode za neuređeno korito u zoni mosta za Scenario 1 i 2, neuređeno korito, zbog načina postavljanja graničnog uslova razlikuju se 1,32 m.
- Za  $Q_{2\%}=687 \text{ m}^3/\text{s}$  sračunati nivoi vode za uređeno korito u zoni mosta za Scenario 1 and 2, neuređeno korito, zbog načina postavljanja graničnog uslova razlikuju se 3,07 m.

Zbog značajnog suženja korita između poprečnih profila PP2-PP11, javlja se efekat levka i značajnog uspora na uzvodnoj deonici (Slika 9).

Iako granični uslov „normalna dubina“ postavljen na PP11 izgleda logično, u oba scenarija 1 i 3 neprimetan je efekat levka i uspora koji se propagira

uzvodno, tako da se stvara utisak da most ima jako dobru hidrauličku propustljivost, ali realno konstrukcija mosta može biti poplavljena prilikom nailaska talasa velikih voda.

Postavljanjem graničnog uslova kao u Scenariju 2 i 4 mogu se dobiti nepristrasni rezultati hidrauličkih proračuna.

Činjenica da ne postoji značajna razlika u nivoima vode za Scenarije 2 i 4, iako postoji opasnost od preliivanja vode preko mosta, vodi do koncepta stabilizacije rečnog korita u pogledu fluvijalne erozije. U tu svrhu potrebno je sračunati veličine moguće opšte erozije i erozije oko mostovskih stubova.

**Tabela 2- Analizirani scenariji za proračun nivoa vode za  $Q_{1\%}$**

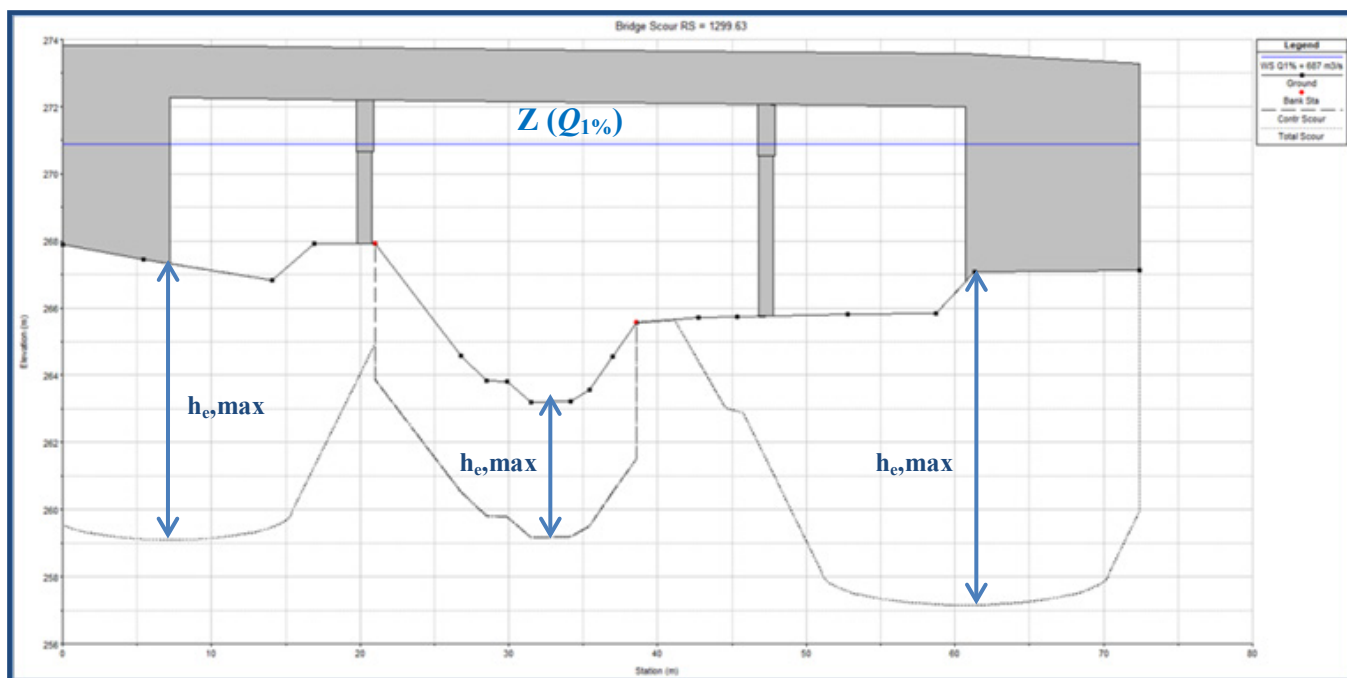
$Q_{1\%} = 687 \text{ m}^3/\text{s}$	Poprečni profil 18	$\Delta$	Most Graovo	Poprečni profil 19	$\Delta$
	Nivo vode	(m)		Nivo vode	(m)
SCENARIO 1	271,09	1,32		271,33	1,08
SCENARIO 2	272,41			272,41	
SCENARIO 3	269,37	3,07		269,48	3,00
SCENARIO 4	272,44			272,48	

**Tabela 3- Analizirani scenariji za proračun nivoa vode za  $Q_{2\%}$**

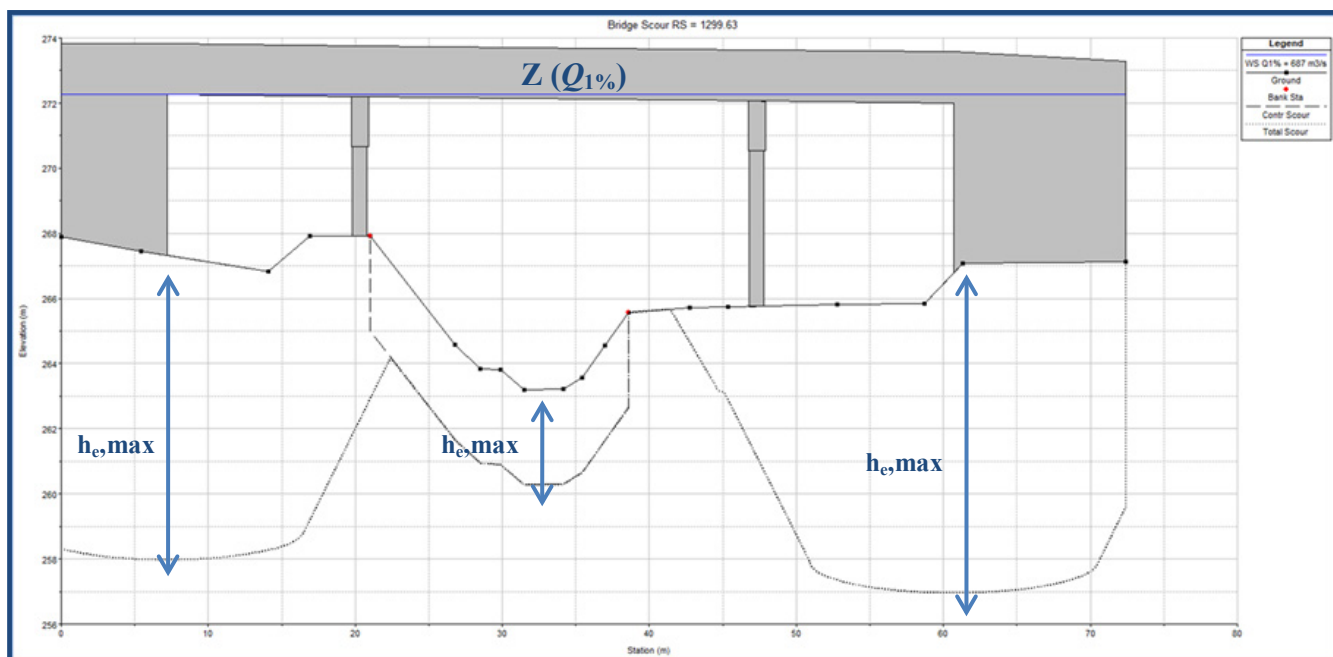
$Q_{2\%} = 604 \text{ m}^3/\text{s}$	Poprečni profil 18	$\Delta$	Most Graovo	Poprečni profil 19	$\Delta$
	Nivo vode	(m)		Nivo vode	(m)
SCENARIO 1	270,64	1,09		270,84	1,03
SCENARIO 2	271,73			271,87	
SCENARIO 3	268,97	2,79		269,07	2,72
SCENARIO 4	272,44			272,48	

Opšta erozija rečnog dna ( $h_e$ ) i erozija oko stubova mosta je sračunata za sve scenarije, za veličinu zrna 15 mm i 20 mm, primenom jednačina (2) i (3) respektivno. Rezultati proračuna za računski protok

$Q_{1\%}$  a za scenarije 1 i 2 prikazani su na Slikama 10 i 11. U oba slučaja, za Scenarije 1 i 2, postoji značajan erozioni potencijal, pa je neophodno izvesti radove na uređenju korita i sprečiti pojavu erozije.



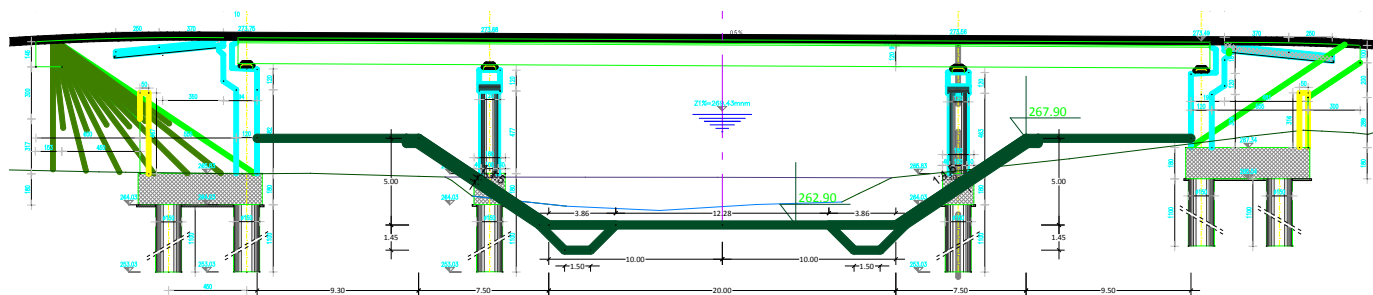
Slika 10 – Opšta i lokalna erozija za Scenario 1



Slika 11 – Opšta i lokalna erozija za Scenario 2

Na Slici 12 prikazana je koncepcija uređenja vodotoka u samom profile mosta. Poprečni profil je usvojen sa sledećim elementima:

- širina minor korita  $B = 20$  m,
- nagib kosine obala 1:1,5,
- visina  $h = 5$  m.



Slika 12 – Profil mosta “Graovo” [6]

Nakon usvajanja tipskog poprečnog profila urađen je proračun opšte erozije i oko mostovskih stubova za Scenarije 1 i 3. Rezultati proračuna su prikazani u Tabelama 4 i 5. Sagledavajući prikazane rezultate

proračuna, očigledno je da uređenje korita ima vrlo povoljan uticaj na veličinu erozije u zoni mosta, koja je daleko manja.

Tabela 4- Proračun opšte erozije u zoni mosta

	$Q$	Podaci iz hidrauličkog modela			$d_{50}=20\text{mm}$			$d_{50}=15\text{mm}$		
		$V_{sr}$	$R$	$h_{max}$	$J_c$	$V_c$	$h_{e,max}$	$J_c$	$V_c$	$h_{e,max}$
Scenario 1 - PKKD	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m/m}'$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m/m}'$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )
	604	3,17	4,22	7,64	0,000368	1,32	3,43	0,000276	1,14	3,18
	687	3,27	4,5	8,13	0,000345	1,33	4,04	0,000259	1,15	3,58
Scenario 3 - RKKD	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m/m}'$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m/m}'$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )
	604	3,39	3,38	6,57	0,00046	1,27	1,04	0,00034	1,10	1,13
	687	3,69	4,40	7,85	0,00035	1,33	1,35	0,00026	1,15	1,46

Tabela 5- Proračun potencijalne erozije u zoni mostovskih stubova

	$Q$	$d_{50}=20\text{mm}$		$d_{50}=15\text{mm}$	
		$V_c$	$d$	$V_c$	$d$
		( $\text{m}^3/\text{s}$ )	( $\text{m/s}$ )	( $\text{m}$ )	( $\text{m/s}$ )
Scenario 1 - PKKD	604	1,32	2,83	1,14	2,83
	687	1,33	2,90	1,15	2,90
Scenario 3 - RKKD	604	1,25	2,77	1,08	2,78
	687	1,27	2,84	1,10	2,85



### 4 ZAKLJUČAK

U radu su prikazani osnovni koraci prilikom usvajanja koncepcije rešenja uređenja vodotoka na primeru deonice reke Južne Morave u zoni mosta Graovo u Grdeličkoj klisuri.

Rezultati hidrauličkog modela pokazuju da u zoni objekta u rečnom koritu treba obratiti pažnju na dužinu deonice i postaviti granični uslov na dovoljno udaljenosti kako on ne bi imao dominantan uticaj na vrednosti računskih nivoa vode u blizini objekta. Na slučaju predmetne deonice Južne Morave pokazalo se da se računski nivoi vode mogu znatno razlikovati u zavisnosti od toga na koji način se postavlja granični uslov, zbog značajnih promena morfologije korita na nizvodnoj deonici, čiji uticaj preblizu postavljen granični uslov (što je vrlo čest slučaj) jednostavno ne prepoznaje.

Nekada, u slučaju nailaska poplavnog talasa, zbog prakse usvajanja kratke računске deonice može doći do prelivanja vode preko mostovske konstrukcije.

Proračun erozije je sproveden za sve usvojene Scenarije, za uslove korita u zatečenom stanju kao i korita sa usvojenom projektovanom geometrijom. Kao što je pokazano u svim slučajevima je reka pokazala izuzetan erozivni potencijal, ali se taj potencijal znatno smanjuje samo planiranjem geometrije profila.

Usvajanjem koncepcije rešenja uređenja vodotoka u zoni mosta pomoću obaloutvrda od kamena u cementnom malteru i pragova, erozija dna i oko mostovskih stubova i kegli se praktično eliminiše kao opasnost. Stoga je potrebno nakon kompletiranja radova na stubovima mosta pažljivo izvršiti oblaganje projektovanih kosina oko njih, tj. izvršiti povezivanje konstrukcije stubova i formiranih obaloutvrda.

### LITERATURA

- [1] Babić Mladenović Marina: **Uređenje vodotoka**. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Beograd, 2018.
- [2] Ilić Aleksandra, Radivojević Dragan, Radivojević Borko: **Influence of the length of river bed section and the boundary condition on the accuracy of the calculated water surface level for designing structure in the river bed**, *International Jubilee Scientific Conference “80th Anniversary of „UACEG”*, 11-14 November, Sofia, Bulgaria, 2022.
- [3] Jovanović Miodrag: **Regulacija reka**. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, 2008.

- [4] Havinga, H. **Towards sustainable river management of the Dutch Rhine river**. *Water*, 2020, 12, 1827.
- [5] HEC-RAS River Analysis System: **Users Manual, Version 5**. 2016. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf5>, (12.12.2021.)
- [6] Radivojević Dragan, Ilić Aleksandra, Radivojević Borko: **Projekat za izvođenje uređenja korita reke Južne Morave u zoni mosta Graovo u dužini od 177,80 m.** „Koridori Srbije“, 2022.
- [7] Rodríguez-Amaya Carlos; Durán-Ariza Argelino; Duarte-Méndez Santiago: **Submerged vane technology in Colombia: Five representative projects**. *Water*, 12, 984, 2020.
- [8] Mosselman Erik: **Studies on River Training**. *Water*, 12(11):3100, doi: 10.3390/w12113100, 2020.
- [9] Oberhagemann, Knut; Aminul, H.A.M.; Thompson, Angela: **Riverbank protection and river training in Bangladesh**. *Water*, 12, 3018, 2020.
- [10] Van der Wal Maarten: **Bank protection structures along the Brahmaputra-Jamuna River, a study of flow slides and other geotechnical instabilities**. *Water*, 12, 2588, 2020.

primljen: 17.01.2023.  
korigovan: 28.02.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 725.182.025.4(497.11)

## REVITALIZACIJA I KONVERZIJA TVRĐAVA SA OSVRTOM NA SLUČAJ TVRĐAVE KOZNIK

Dimitra Jezdimirović<sup>1</sup>, Marko Nikolić<sup>2</sup>

**Rezime:** Tvrđave su građene kao arhitektonske celine sa fortifikacionom funkcijom kao glavnom. Njihova primarna funkcija današnjem savremenom društvu nije potrebna i zato su mnogobrojne tvrđave u lošem stanju, devastirane i bez primenjenih adekvatnih mera njihove zaštite, posebno onih koje se nalaze van urbanog konteksta. Jedan vid rešenja ponovne aktivacije tvrđava jeste njihova revitalizacija i konverzija čime se teži da tvrđave postanu nova autentična mesta okupljanja. U ovom radu će se sagledati kojim principima i načinima se mogu stvoriti inovativni ambijenti koji bi podržali značaj tvrđave kao arhitektonske celine specifičnih estetskih osobina. Kroz primer revitalizacije i konverzije tvrđave Koznik analiziraće se uticaj dodeljivanja nove funkcije, implementacije novih arhitektonskih volumena i načini na koje nova struktura, materijali i tehničke inovacije utiču na istorijski značajno arhitektonsko nasleđe. Težnja rada je da se ukaže na potencijal primene metoda aktivne zaštite na tvrđave u svrhu njihove optimizacije i ponovnog korišćenja.

**Cljučne reči:** revitalizacija, konverzija, tvrđava, graditeljsko nasleđe, tvrđava Koznik

## REVITALIZATION AND CONVERSION OF FORTRESSES WITH REFERENCE TO THE CASE OF KOZNIK FORTRESS

**Abstract:** The fortresses were built as architectural units with the main function of fortification. Today's modern society does not need their primary function, and that is why many fortresses are in a bad state, devastated and without adequate measures for their protection, especially those located outside the urban context. One type of solution for the reactivation of fortresses is their revitalization and conversion, which aims to make fortresses new authentic meeting places. This paper looks into the principles and methods by which innovative environments can be created that would support the importance of the fortress as an architectural unit with specific aesthetic features. Through the example of the revitalization and conversion of the Koznik fortress, the impact of the assignment of a new function, the implementation of new architectural volumes and the ways in which the new structure, materials and technical innovations affect the historically significant architectural heritage are analyzed. The aim of the paper is to point out the potential of applying active protection methods to fortresses for the purpose of their optimization and reuse.

**Key words:** Revitalization, Conversion, Fortress, Architectural Heritage, Koznik Fortress

<sup>1</sup> Doktorand, master inž. arh., Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, dimitrajcz@gmail.com

<sup>2</sup> Vanredni profesor, dr master inž. arh., Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, marko.nikolic@gaf.ni.ac.rs

### 1 UVOD

Tvrđave su vojne građevine sa prvenstveno odbrambenom funkcijom i predstavljaju karakterističnu arhitektonsku celinu sa sistemom kula i čvrstih bedema. Arhitektura tvrđava je bila vođena akutelnom vojnom strategijom u trenutku građenja, dok estetika same forme nije bila primarna. Kroz kasnija proučavanja i vrednovanja tvrđava kao arhitekture, masivnost i splet pravilnih i nepravilnih volumena prepoznati su kao autentičan vizuelni i estetski izraz ovih vojnih građevina. Većina utvrđenja je danas pod određenim stepenom zaštite, jer imaju istorijski i kulturološki značaj, međutim veliki broj primera tvrđava se do danas nije očuvao ili je očuvano veoma malo ostataka, te je takav gubitak nepovrativ.

Revitalizacija predstavlja metodu aktivne zaštite i označava ponovnu upotrebu neke arhitekture. Može se primeniti na graditeljsko nasleđe onda kada je graditeljskom nasleđu moguće vratiti prvobitnu namenu ili kada je moguće njegovo ponovno aktiviranje uz potrebno pronalaženje novog načina korišćenja. Konverzija predstavlja upravo proces promene i prenamene razmatrane arhitekture. Dakle, revitalizacija i konverzija mogu činiti simbiozni proces u cilju aktivacije i očuvanja graditeljskog nasleđa.

Predmet istraživanja ovog rada jeste sagledavanje mogućnosti i ograničenja revitalizacije i konverzije tvrđava kao arhitekture koja je od značaja. Razlog razmatranja metode aktivne zaštite tvrđava jeste taj što su ovi veliki kompleksi danas uglavnom zapostavljeni, neadekvatno čuvani i nedovoljno iskorišćeni. Analiza primene ovih metoda biće data i kroz primer tvrđave Koznik kao jednog specifičnog kompleksa koji se nalazi van urbanog područja. Cilj ovog istraživanja jeste da se ispituju i prikažu potencijali revitalizacije i konverzije tvrđava kao jedan od načina kojim bi se istakala autentičnost ambijenta koji tvrđava poseduje. Rezultat ovog istraživanja biće prikaz mogućeg korespondiranja novih formi i volumena sa starim fortifikacionim utvrđenjima i ukazivanje da kroz metode aktivne zaštite tvrđave mogu dobiti adekvatnu ponovnu namenu u savremenom dobu čime bi se podstaklo interesovanje šire javnosti za njih.

### 2 METODOLOGIJA RADA

Istraživanje u ovom radu je strukturirano tako da se diferenciraju četiri glavna poglavlja. U prvom

poglavljju se daje uvid u čitanje arhitekture tvrđava, analiziraju se tvrđave kao arhitektonska zdanja na globalnom nivou, zatim se navodi kratak pregled razvoja ove arhitekture na području teritorije Srbije. U drugom poglavljju se definišu pojmovi revitalizacije i konverzije, analiziraju se mogućnosti da se ove dve metode aktivne zaštite primene na tvrđavama i razmatraju se prostorni i oblikovni aspekti dizajna prilikom primene ovih metoda na tvrđavama. Treće poglavljje istraživanja se osvrće na slučaj tvrđave Koznik gde se kroz konkretan primer prikazuje na koji način revitalizacija i konverzija mogu doprineti da srednjovekovni kompleks uspostavi korelaciju sa savremenim društvom. Ovo poglavljje je strukturirano tako da se prvo prikažu analiza okruženja, istorijski razvoj i analiza trenutnog stanja tvrđave, zatim autorski predlog idejnog rešenja revitalizacije i konverzije tvrđave Koznik u kulturni centar, kao i diskusija. Za detaljniju analizu tvrđave Koznik korišćena je arhivska dokumentacija. Poslednji segment ovog rada jeste zaključak gde se prikazuje značaj revitalizacije i konverzije utvrđenja.

### 3 TVRĐAVE

#### 3.1 ANALIZA VOLUMENA TVRĐAVE

Tvrđave spadaju u kategoriju vojnih građevina, a identično značenje imaju i pojmovi utvrda i utvrđenje. Srednjovekovne tvrđave su rađene u odnosu na sistem ratovanja koji je bio u tom periodu aktuelan. Sadržale su glavnu odbrambenu kulu, a dodatno još i bedeme, dodatne kule i propratne objekte. Na taj način su ovi elementi obezbeđivali jednu veću površinu unutar koje su se mogli naći objekti raznih namena [1]. Na raspored spoljnih zidova i kula, kao i na oblik osnove tvrđave najviše je uticao način ratovanja i konfiguracija terena. Tako, osnova na uzvišenju ima nepravilan oblik, jer se težilo da se isprati reljef na kojem se gradi kako bi se iskoristile sve njegove prednosti koje nudi u cilju zaštite. Nasuprot tome, osnove tvrđava koje se nalaze u ravnici ili zaravnjenim brežuljcima su pravilnijeg oblika, jer su tu sve strane skoro podjednako izložene napadu i potrebno je da se i podjednako obezbede [2].

Zid, bedem, osnovni je građevinski deo utvrđenja koji sprečava napad, a zajedno sa kulama je prvi, najistaknutiji i ujedno najvažniji element za sigurnost grada. Bedemi i kule su građeni da budu što viši i jači kako bi bilo teže srušiti ih i uglavnom nisu sadržali otvore. Ispred samih zidova bio je obično rov ispred kog je mogao biti i još jedan niži bedem. Kule su

omogućavale strateški više mogućnosti odbrane, a pravilo je bilo da kule ne smeju imati jedna od druge rastojanje veće od dometa strele [3]. Zbog toga, gornja strana zida i kula su sadržale elemente u vidu zubaca koji su služili kao zaklon strelcima pri napadu [2]. U osnovi, kule su se gradile kao četvorougone ili kružne. Donžon kula se smatra najvažnijom kulom u zaštiti utvrđenja. U odnosu na ostale kule, izdvajala se po svojoj poziciji, po većim dimenzijama i većom širinom zidova upravo radi dodatne zaštite. U osnovi donžon kule su mogle biti četvorostrane, kružne ili poligonalne [1]. Tvrđave takođe pored ovih osnovnih elemenata su nekada imale i dodatne elemente, takođe u svrhu bolje odbrane, poput mašikula, barbakana, cvingera ili proširenja u podnožju kule tako da strana kule dobija kosinu ka naniže. Glavni ulaz u tvrđavu pozicioniran je uglavnom na nekom zidu tvrđave gde je postojala kapija, a utvrđenje je imalo bar još jedan sporedni izlaz koji nije bio dominantan. Takođe, glavni ulaz u tvrđavu nije neophodno morao biti istaknut, ali su česti primeri gde je ipak naglašen, čak i dodatno istaknut kulama ili je ulaz postavljen kroz samu kulu i tada bi mogao imati i mašikulu koja je bila namenjena upravo odbrani ulaza [3].

Dakle, same zidine imaju odbrambeni karakter. Unutar njih mogu postojati stambeni, javni i sakralni objekti, a predviđena su i razna skladišta u slučaju opsade. Stambeni deo može biti, u slučaju isključivo vojnih tvrđava, namenjen vojsci, saradnicima i slugama. U slučaju gradova tvrđava stambeni deo, pored velikih dvorana za vladara, podrazumeva stambene objekte za stanovnike organizovane u planske ili neplanske blokove definisane ulicama. Takođe, čest slučaj je formiranje podgrađa koje bi se razvijalo izvan bedema tvrđave [3].

Uvođenjem artiljerijskog oružja u ratovanje dolazi do određenog redukovanja koncepta tvrđave. Osnovni principi i organizacija osnove ostaje ista, ali kule postaju kompaktnije, a na debljim zidovima se stvara prostor za puškarnice. Novina su specijalne topovske kule koje se grade kao niže, šire i ojačane i u osnovi poligonalnog oblika kako bi se stvorio funkcionalni prostor za korišćenje topa. Novi sistem tvrđava javlja se kasnije, kada se artiljerijsko oružje usavršilo tako da kule više nisu imale velikog značaja u odbrani. Ovaj sistem je težio ka tome da se utvrđenje što manje vidi iznad površine terena [3].

Materijal koji se koristi za izgradnju tvrđava je u sponi sa razvojem i tehničko-tehnološkim mogućnostima u periodu izgradnje tvrđave. Uglavnom se koristio prirodni materijal koji se nalazio u bližem okruženju, poput kamena, drveta i zemlje [4]. Kako su zidine i kule građene u cilju odbrane uglavnom nema

zastupljene arhitektonske plastike na njima [3]. Kamen je vremenom postao glavni materijal za izgradnju tvrđava, a danas i njen prepoznatljiv segment. Cilj odabira tehnike građenja i materijala je da zadovolji osnovna načela funkcije, konstrukcije i statike. Izbor materijala, način i stepen njegove obrade u velikoj meri utiču na funkcionalnost tvrđave, ali i na njen vizuelni identitet i opšti utisak koji odaje [4]. Same tvrđave prikazuju i oslikavaju period u kojem su nastale, društvene odnose, dešavanja i nivo tehnološkog razvitka [3].

### 3.2 TVRĐAVE U SRBIJI

Na prostoru teritorije Srbije danas se nalaze ostaci velikog broja tvrđava koje su podizane na strateški važnim mestima, odnosno pozicionirane su na lokacijama kao što su dominantna uzvišenja, lokacije uz važne vodene tokove, u blizini ulaza u klisure ili plodnih ravnica [5]. Predstavljale su važan deo vojnih strategija srednjovekovnih vladara, a po svojoj nameni bile su građene kao gradske, vlastelinske, manastirske ili kao isključivo vojne tvrđave [1].

Tokom srednjeg veka, sve do pada srpske teritorije pod tursku vlast, razvijao se način građenja tvrđava i njenog oblikovanja. Srednjovekovne tvrđave su bile sačinjene iz zatvorenih masa, velikih površina, pa se u odnosu na koncept i volumen naših prvih tvrđava, osnova za njih može naći u kasnoantičkom pristupu, a kasnije se uočava uticaj vizantijske kulture građenja, ali i primese zapadnoevropske. Sličnost sa vizantijskim pristupom je prvenstveno u opštem dojmju, proporciji masa, površini, načinu gradnje. Materijal koji je najviše korišćen za izgradnju tvrđava jeste kamen, ali su neki konstruktivni elementi bili izrađivani od drveta [5]. Ulazna glavna kapija nije bila naročito istaknuto postavljena niti naglašavana [1]. Nezavisno od funkcije, tvrđave su po sistemu i obliku bile slične postavke, jer je za napad i odbranu korišćeno u svim slučajevima isto hladno oružje. Ispod utvrđenog dela uglavnom se razvijalo podgrađe koje je moglo da sadržati i trg. Podgrađa se kasnije razvijaju, pa se definišu funkcije trgovina i zanata, što je dovelo do formiranja varoši, dok se tvrđava koja je štitila podgrađe postepeno napuštala [2].

Tokom XV veka pri pojavi vatrene oružja, nova utvrđenja karakteriše relativno pravilan plan, poligonalnog ili elipsoidnog oblika u osnovi koji obrazuju bedemi i ravnomerno raspoređene kule. Razvoj tvrđava na našoj teritoriji prekinut je naglo, opsadom od strane turske vojske [1].

Najveći broj tvrđava potiče iz srednjeg veka, ali postoje primeri iz XVII i XVIII veka, antičkog i



ranovizantijskog perioda, a određene tvrđave se smatraju višeslojnim graditeljskim kompleksima, jer su rekonstruisane i nadograđivane u različitim periodima [1]. Srednjovekovne tvrđave su pored stradanja u samim ratovima na našoj teritoriji dodatno uništena njihovim napuštanjem, prirodnim propadanjem usled vremenskog intervala, ali i nemarnim ponašanjem prema ovoj arhitekturi [2]. Veliki broj tvrđava je u potpunosti srušen i nema materijalnih ostataka ili je očuvano veoma malo poput segmenata obodnih zidova ili glavne kule kompleksa. One tvrđave koje su opstale čine posebnu vrstu nepokretnog kulturnog dobra ovog podneblja [6].

#### 4 POJAM REVITALIZACIJE I KONVERZIJE I NJENA PRIMENA

Revitalizacija spomenika i gradskih celina predstavlja metodu aktivne zaštite graditeljskog nasleđa. Označava oživljavanje, odnosno ponovnu upotrebu neke arhitekture i ostvaruje se kada je graditeljskom nasleđu moguće vratiti prvobitnu namenu ili kada je za njegovo ponovno aktiviranje potrebno pronalaženje novog načina korišćenja. Njena primena je preporučljiva ukoliko novi načini korišćenja ne dovode do poremećaja u strukturi ili karakteru postojeće arhitekture, jer je za nove funkcije neophodno sprovesti određena prilagođavanja objekta u celini ili njegovih delova. Postoje određena načela revitalizacije koje je potrebno pratiti, a neka od njih su načelo odgovarajuće funkcije, utvrđivanje namene prema prostornim mogućnostima objekta, usklađivanje namene pojedinačnih objekata s namenom odgovarajuće celine, načelo tehničko-higijenske asanacije objekta i ambijenta, načelo očuvanja autentičnosti, očuvanje konstrukcije i stabilnosti objekta, načelo poštovanja svih stilova i poštovanja svih vrednosti [6].

Konverzija, odnosno adaptacija, označava proces promene funkcije postojeće arhitekture. Prednost koju ove metode pružaju jeste da je očuvanje nasleđa olakšano ukoliko je to mesto u upotrebi, bilo u svrhe u koje su izgrađeni ili prenamenom u neke druge svrhe. Izmene i dogradnje se primenjuju ukoliko su neophodne za kontinuiranu upotrebu, i ako nema drugog adekvatnog načina. Preporuka je da svaka promena bude minimalna, svrsishodna i da ne umanjuje kulturni značaj tog mesta. Izmene moraju biti kompatibilne sa originalnim strukturama, ujedno i dovoljno različite kako bi se mogli prepoznati kao novi radovi i jasno dodate nove mase. Međutim, ne postoji jasna strategija i koncenzus pri izradi projekata

konverzije. Dakle, konverziji nekog kompleksa može se pristupiti na više načina. Neki od njih su prezervacija, konzervacija i novi dizajn u detalju, odnosno male intervencije, prividno očuvanje nasleđa (fasadizam, insertacije), jukstapozicija starog i novog, radikalne konverzije (transformacije-omotači) [7].

Kako se tvrđave prepoznaju kao važno graditeljsko nasleđe treba sagledati stepen zaštite. Prvenstveno, graditeljsko nasleđe je deo šireg pojma kulturno dobro. Kulturno dobro po definiciji su stvari i tvorevine materijalne i duhovne kulture od opšteg interesa koje uživaju posebnu zaštitu utvrđenu zakonom. Kako se kulturna dobra dele u dve glavne grupe, odnosno na nepokretna i pokretna, graditeljsko nasleđe se ubraja u nepokretna. U zavisnosti od značaja, kulturna dobra se rangiraju kao zaštićena kulturna dobra, kulturna dobra od velikog značaja, kulturna dobra od izuzetnog značaja [8].

Interesovanje za srpske srednjovekovne spomenike i kulturna dobra javlja se u XVIII i XIX veku. U tom periodu javljaju se i popisi crkava, manastira i drugih značajnih objekata na tadašnjoj teritoriji i razmatra se njihova zaštita [6]. Zaštita graditeljskog nasleđa je multidisciplinarna aktivnost i postoji više vrsta tehničke zaštite kulturnih dobara. Izbor metoda koja se smatra odgovarajućom za određene građevine pre svega zavisi od ekspertske procene u vremenu kada se zaštita primenjuje [7].

##### 4.1 REVITALIZACIJA I KONVERZIJA TVRĐAVA

Revitalizacija i adaptivna ponovna upotreba, odnosno konverzija, mogu se razmatrati kao jedan vid rešenja očuvanja tvrđava kao istorijski značajne arhitekture, jer aktivna zaštita nosi značajne benefite i može biti bitan činilac za socijalni, ekonomski i kontekstualni razvoj. Revitalizacijom i konverzijom se može postići „prostorna metamorfoza” koja dalje utiče na ostale aspekte [9].

Uopšteno sagledavajući, tvrđave su u svojoj izvornoj funkciji već duži period neaktivne. Njihovo postepeno urušavanje smanjuje njihove estetske vrednosti, a u određenom stadijumu smanjuje i bezbednost posete, te neulaganjem u njihovu obnovu, mogu se čak i trajno izgubiti. Kako su tvrđave obeležje određenih epoha i poseduju istorijsku vrednost, a uglavnom propadaju i nisu iskorišćene u odnosu na ambijent, vizure i volumen koji poseduju, neophodno ih je sačuvati. Ujedno treba razmatrati i mogućnost da se takva arhitektura ponovo upotrebi [9]. Zbog velikih oštećenja i nedovoljnog broja podataka o prvobitnom izgledu, mnoge tvrđave se ne

moгу vratiti u izvorno stanje, dok nove intervencije donose izvesne izmene u volumenu i silueti trenutno očuvanog kompleksa. Dakle, tvrđave imaju mogućnost inovativne revitalizacije i konverzije, ali je potrebno razviti kompleksan i adekvatan dijalog između tvrđave kao primarnog objekta, njenog konteksta i nove arhitekture i namene. Projekti ovog tipa zahtevaju veliku pažnju i na nivou mikrolokacije, kao i makrolokacije, sklonost ka detalju, naročito u spojevima starih i novih formi, njihovom odnosu u masama i površini [9]. Intervencijom izvršenom pri revitalizaciji i konverziji tvrđave teži se da se postigne funkcionalna i estetska optimizacija tvrđave [10].

Zbog stagnacije u korišćenju javlja se obazrivost pri ponovnoj aktivaciji i transformaciji tvrđava, jer nakon određene intervencije se menja izgled zdanja. Međutim, ukoliko se one ostave u trenutnom stanju, one će proći određenu prirodnu transformaciju, odnosno postepeno propadanje i javiće se modifikacija vidljivog i dosad sačuvanog [11]. Ostaci tvrđave svakako treba da zadrže svoju autentičnost i budu deo svedočanstva određenog perioda. Sa drugog stanovišta, svaka arhitektura koja je opstala i predata narednoj generaciji podložna je promenama, jer se javlja drugačiji društveni sistem. Proces konverzije se može shvatiti kao proces prelaza između različitih perioda [12]. Ono što takođe umanjuje broj revitalizacija i konverzija tvrđava, naročito onih koje se nalaze u ruralnim područjima ili manjim urbanim strukturama jeste prevashodno finansijski resurs. Pri odlučivanju da se krene u proces konverzije, neophodne su prethodne analize i istraživanja tog područja, a kasnije i građevinski radovi za šta je potrebno izdvojiti veći nivo novčanih sredstava [12].

Iako tema revitalizacije i konverzije tvrđava nosi veliku odgovornost, ovom metodom se može postići da ostaci tvrđava dobiju u isto vreme potrebnu zaštitu, ali i novu namenu shodno današnjem, savremenom periodu. Iniciranjem revitalizacije i konverzije kao vidovima aktivne zaštite tvrđave, one mogu postati novi prostori za okupljanja, kulturna i društvena dešavanja [9].

## **4.2 MOGUĆNOST I ZNAČAJ REVITALIZACIJE I KONVERZIJE TVRĐAVA VAN URBANOG KONTEKSTA**

Tvrđave se po lokaciji danas mogu grubo podeliti na one koje se nalaze unutar urbane strukture i na one koje se nalaze unutar ruralne strukture. Tvrđave koje se nalaze u sklopu urbane strukture su uglavnom u boljem stanju i aktivnije se koriste. Treba obratiti pažnju na ono kulturno nasleđe oko kog se danas

nalaze manji gradovi ili sela. Revitalizacijom ovih arhitektonskih zdanja koja se nalaze u ruralnim područjima pruža se mogućnost i za razvoj tih područja, u smislu formiranja novog sadržaja ukoliko se primeni konverzija, veća poseta tom mestu sa intencijom da posetioци ostanu duže, novi vid socijalizacije. Dakle, podstiče se razvojni potencijal mesta i sa socijalnog, kao i sa ekonomskog aspekta.

Kako se ove tvrđave većim delom nalaze u prirodnom okruženju van naseljenog područja predstavljaju veoma kompleksnu tačku, jer današnji principi gradnje preporučuju da se u što većoj meri iskoriste već postojeće, izgrađene arhitektonske strukture, dok se gradnja unutar prirodnog okruženja svodi na minimum. Tvrđave se upravo nalaze u prirodnom okruženju i predstavljaju neiskorišćenu, izgrađenu i istaknutu strukturu. To se može rešiti reorganizacijom odnosa između prirode i savremene arhitekture, stavljanjem prirode isto u prvi plan kao i samog nasleđa čije je očuvanje primarna tema i glavna polazna tačka. Time se dovodi do stvaranja novih, savremenih volumena koji su projektovani u skladu sa okruženjem, sa dodatnom odgovornošću i poštovanjem konteksta. Na taj način se konverzija tvrđave može opravdati. Obnovom i aktiviranjem tvrđava kao napuštenog kulturnog nasleđa se prvenstveno daje veći značaj samoj tvrđavi kao arhitekturi, ali i prirodnom nasleđu kao tektonskoj i morfološkoj baštini, odnosno kontekstu tvrđave [12]. Revitalizacija bi trebalo, dakle, da pozitivno utiče na popularizaciju istorijskih autentičnih zdanja i u ovakvim specifičnim kontekstima.

## **4.3 PROSTORNI I OBLIKOVNI ASPEKTI DIZAJNA I NJEGOVE MOGUĆNOSTI PRI REVITALIZACIJI I KONVERZIJI**

Pre pristupa projektovanju novih namena i prostora, neophodno je izvršiti detaljnu analizu same tvrđave kao predmeta revitalizacije i njenog neposrednog okruženja. Tvrđava, kao i svaka arhitektura, ima svoj jedinstveni identitet, ali tvrđave kao vojno nasleđe povezane su i sa nacionalnom i lokalnom tradicijom, te pružaju osećaj identiteta i simbol razvoja jednog naroda ili grupe, pa time stvara dodatnu odgovornost u procesu njene ponovne aktivacije.

### **4.3.1. Pojave novih formi u istorijskom okviru tvrđave**

Ruševine tvrđava čine jedinstvenu kompoziciju volumena koja se ističe u kontekstu i predstavlja prostor dopadljiv za istraživanje i posetu kome treba

dati novu namenu [9]. Modifikacija prostora može se dešavati unutar granica utvrđenja ili oko samog utvrđenja, dakle van njegovih granica, poput podgrađa. Prostorno i oblikovno, novi volumeni se mogu javiti na svakoj površini područja koje se revitalizuje ukoliko ne ugrožavaju prvobitnu strukturu. Dakle, novi oblici se mogu javiti:

- ispred samog kompleksa tvrđave,
- unutar kompleksa tvrđave,
- na, odnosno iznad obodnih zidova tvrđave,
- ispod tvrđave,
- kombinacija dve ili više stavki iznad.

Nova forma treba biti rezultat prethodnih razmatranja i analiza prostora same tvrđave i prostora oko nje, njene oblikovnosti i neophodnih izmena. Veliki vremenski raspon između datiranja tvrđave kao revitalizovanog objekta i novog dizajna koji će se javiti, veoma je bitan faktor. Vizuelno prepoznavanje novonastale revitalizovane forme se može rešiti na više načina. Ukoliko se teži da se novi objekti sakriju, identifikacija prostora ostaje čisto istorijska i posetilac u tom slučaju nove sadržaje otkriva posredno, putem uputa i znakova. Naredni stadijum je da se nove forme jave u tačkastoj formi, odnosno u detalju i tako ukazuju na novi dešavanje. Ovakve forme mogu se javiti na samom utvrđenju u vidu manjih balkona, prepusta, vidikovca i unutar utvrđenja kao tačke koje vode posetioca. Mogu se javiti linijski elementi u vidu putanja, stepeništa, rampi koje iniciraju obilazak tvrđave, a na njihovo pozicioniranje dosta utiču vizure i jedinstvena morfologija. Najviši stadijum jeste površinska intervencija kada se nove forme po površini skoro podudaraju sa ostacima tvrđave i stvaraju novu kompoziciju. U tom slučaju, nova forma jasno istupa i zapravo ona uvodi posetioca u obilazak istorijske arhitekture stvarajući novo oblikovno obeležje konteksta. Povoljnost konačnog izgleda revitalizovane tvrđave i njene nove funkcije treba se ogledati u komunikaciji novog prostora i tvrđave. Kako se pri revitalizaciji treba iskazati značaj tvrđave, neki od načina da se to postigne su ponavljanje, repeticija, određenih novih elemenata time naglašavajući značaj prethodno postavljenih odnosa ili potenciranjem snažne asimetrije ili pak simetrije. Moguće je da se novi volumeni projektuju i van tvrđave ili kao podzemne intervencije. Ovo je vid rešenja gde se nova forma skriva u korist tvrđave [4]. Dobrom revitalizacijom se može smatrati ona gde nove forme koegzistiraju sa ruševinama tvrđava tako da su svi parametri zaštite tvrđave kao nasleđa ispoštovani, posetilac prostor identifikuje kao prostor koji treba poštovati zbog njegove istorijske vrednosti,

ali ujedno oseća da taj prostor može slobodno koristiti [12].

### 4.3.2 Izbor materijala i boja

Izbor materijala i boja utiče na opšti utisak povezanosti tvrđave sa novim formama. Materijal i boja imaju svojstvo da vizuelno olakšaju ili otežaju neku formu, da izazovu kontrast ili spajanje sa starim delom, tako da pri revitalizaciji treba obratiti pažnju i na ovaj segment projektovanja. Ruševine kao forme čiji materijal je često u procesu propadanja imaju grubu površinu, nepravilne konture i odstupaju od proporcijских odnosa rešenja kada je bilo izgrađeno. Na taj način stvaraju izvesnu dinamiku i pokret koji se u zavisnosti od ideje i pristupa može naglasiti ili umiriti [4].

U koloritnom smislu, nova forma se može izdvojiti u odnosu na postojeći volumen tvrđave prateći sedam vrsta bojenih kontrasta po Johanesu Itenu, a to su kontrast boje prema boji, kontrast svetlo-tamno, kontrast toplo-hladno, kontrast komplementarnosti, simultani kontrast, kontrast kvaliteta i kontrast kvantiteta koji proističe iz različite veličine površina obojenih suprotnim bojama. Izbor kolorita i teksture novih volumena je od značaja, jer treba da ostvare kompatibilnost sa materijalizacijom tvrđave, a ujedno da imaju svoje vizuelno značenje i simboliku, jer posetilac formira prvi utisak kroz čulni opažaj i doživljaj revitalizovanog područja. Tek zatim kroz shvatanje opaženog, odnosno šta je dodato prvobitnoj istorijskoj arhitekturi, na koji način je nova forma postavljena i šta predstavlja [4].

Novi materijali i tehnike građenja omogućavaju da se što manje utiče na kulturno nasleđe, a da se pritom koristi aktivno po principima savremenog shvatanja arhitekture i novim shvatanjem okruženja. Adekvatan odabir materijala je dakle od velikog značaja za postizanje pogodne atmosfere boravka [12].

### 4.3.3 Konverzija tvrđava

Kako su tvrđave fortifikaciona arhitektura i imaju istorijski i kulturni značaj, kao najadekvatniji vid prenamene postavlja se da se tvrđava razvija u prostor javne namene. Namene koje najviše odgovaraju ovakvom ambijentu jesu upravo muzeji koji se mogu tematski vezati za utvrđenje u kojem se nalaze. Premeštanjem predmeta koji odgovaraju ovom periodu u muzej koji bi se formirao u nekom utvrđenju omogućilo bi se bliže sagledavanje i bolja veza između eksponata i objekta u kom se nalaze. Konverzija tvrđava se može izvršiti i u druge javne funkcije poput galerija, centra kulture, muzičkog

centra, pozorišta, umetničkih studija, edukativnog centra, zanatskih radionica, zato što ove namene dobro komuniciraju sa vrednim ambijentom istorijskog nasleđa. Takođe, tvrđave mogu da dobijaju funkciju parka i uređenih zelenih površina koje su otvorene za posetioce, dok su tvrđave na uzvišenjima pogodne za vidikovce i opservatorije. Tvrđave mogu zadržati i samo funkciju spomenika, arhitektonskog obeležja jednog perioda, ali je i tada potrebno urediti prostor, gde bi se nove forme javile u vidu staza koje bi definisale maršrutu posetilaca. Postoje i stavovi da se kulturno nasleđe treba razdvojiti od svakodnevnih funkcija čoveka, međutim kulturno nasleđe je nekada bilo aktivni deo te lokacije i ljudi i zato ne treba uskratiti mogućnost da se današnji posetioci zadrže u tom prostoru koje se po određenim osobenostima izdvaja od ostalih [12].

Pri izboru nove funkcije tvrđava treba imati u vidu dijapazon mogućnosti transformacije u skladu sa stepenom zaštite, poštovanja spomenika i bližeg konteksta, kao i dijapazon mogućnosti koju pruža površina tvrđave kako bi se projektni program mogao efikasno sprovesti. Takođe, odnos veličine otvora unutar zidina i površine eteža znatno utiču na dodeljivanje funkcije [13].

#### 4.3.4 Energetska efikasnost

Principi savremenog pristupa projektovanju teže da se smanje uticaji na životnu sredinu. Pored pridavanja važnosti oblikovanju i materijalizaciji u estetskom i funkcionalnom smislu, treba težiti da se stvore adekvatna rešenja revitalizacije koja će primenjivati principe bioklimatske arhitekture, poput predviđanja savremenih sistema grejanja, redukcije otpada, primene ozelenjavanja krovova ili drugih delova objekata kompaktnih formi [4]. Optimizacija graditeljskog nasleđa kako bi se ostvarila energetska efikasnost je veoma složen proces i treba mu pristupiti veoma detaljno kako bi se predvidele adekvatne mere.

## 5 TVRĐAVA KOZNIK

Tvrđava Koznik je srednjovekovni županski grad sagrađen na visokoj planini na udaljenosti od 8 km od Aleksandrovca, a ispod same tvrđave nalaze se tragovi podgrađa [3]. Tvrđava Koznik je pod zaštitom kao graditeljsko nasleđe od velikog značaja. Uprkos tome posećenost ovog zdanja je na niskom nivou.

## 5.1 ANALIZA PRETHODNOG STANJA

Analiza prethodnog stanja tvrđave podeljena je na sagledavanje makrolokacijskih i mikrolokacijskih uslova, na analizu tvrđave kroz istorijski pregled njenog nastanka i njenog arhitektonskog oblikovanja.

### 5.1.1 Analiza lokacije

Tvrđava Koznik nalazi se na uzvišenju visine 921 m nadmorske visine koje je deo obronka planine Kopaonik [3]. Ovo utvrđenje nalazi se na granici teritorija opštine Aleksandrovac, u njenom južnom delu, i opštine Brus. U odnosu na veća naseljena mesta, položaj tvrđave Koznik je pozicioniran na udaljenosti od 8 km zapadno od Aleksandrovca i 10 km severozapadno od Brusa. Mesta kojima uzvišenje na kojem se tvrđava Koznik nalazi pripada su Grčak, Grad i Koznica, gde najveći deo teritorije pripada Grčaku [14].

Saobraćajna poveznost sa naseljenim mestima je dobra i do podnožja uzvišenja na kojem se nalazi tvrđava se može doći iz dva pravca. Nakon toga, postoji pešačka staza koja je zemljana i vodi do same tvrđave. Staza nije obezbeđena, nema zaštitne ograde i putokaza. Na središnjem delu pešačke staze nalazi se vidikovac i ujedno odmorište koje treba obnoviti iz bezbednosnih razloga. Frekventnost motornog i pešačkog saobraćaja na deonici u blizini ovog uzvišenja je niska, jer se glavni saobraćaj odvija na glavnom putu koji prolazi kroz sama mesta. U blizini uzvišenja nema autobuskih stajališta, obezbeđenog parking prostora za posetioce niti proširenja puta za moguće stajalište.

Mikrolokacijski uslovi su specifični. Tvrđava Koznik nalazi se na uzvišenju koje ima kupasti oblik gde je veći deo njegove površine poluprirodno šumsko zemljište i obuhvata nisko, srednje i visoko zelenilo. Visoko zelenilo koje je pretežno zimzeleno je gusto raspoređeno na zapadnom, severnom i severoistočnom delu uzvišenja. Na južnoj i jugoistočnoj strani je značajno razućen položaj visokog i srednjeg rastinja i u tom delu dominira nisko zelenilo i stenoviti obronci. Tvrđava je centralno pozicionirana na samom vrhu uzvišenja i u blizini tvrđave nema objekata stanovanja, kao ni objekata javne namene. (slika 1) Na uzvišenju gde se tvrđava nalazi nema vodenih površina, ali u bližem okruženju sa severoistočne strane protiče reka Rasina. Klizišta na ovoj lokacije nema [14]. Klimatski uslovi su u granicama prosečnih parametara umereno-kontinentalne klime. Kako je utvrđenje postavljeno na najvišem delu uzvišenja, povoljna je osunčanost i



provetrenost kompleksa, a glavne kule orijentisane su u pravcu sever-jug.



*Slika 1 – Prikaz trenutnog stanja tvrđave, izvor: <https://nasledje.gov.rs/>*

### 5.1.2 Istorijski pregled

Tvrđava Koznik sagrađena je u poslednjoj trećini XIV veka. Pretpostavlja se da je podignuta za vreme vladavine kneza Lazara Hrebeljanovića (1371–1389), jer su otkriveni tragovi građenja u moravskom stilu karakterističnom za taj period [15].

Postoje podaci da je kneginja Milica Hrebeljanović boravila u ovom gradu 1402. godine. Tri godine kasnije, despot Stefan Lazarević (knez 1389–1402, despot 1402–1427) izdao je dve povelje velmoži Radiču Postupoviću kojima mu dodeljuje sva sela oko Koznika i crkvu na Grabovničici. Prema ostalim istorijskim podacima, ova tvrđava se takođe vezuje za velikog čelnika Radiča Postupovića, velmože Stefana Lazarevića [15].

Tokom prvog pada despotovine 1439. godine, Koznik je bio zauzet od strane Osmanlija da bi 1444. godine bio vraćen despotu Đurađu Brankoviću (1427–1456) na osnovu odredbi Segedinskog mira. Osmanlije trajno zauzimaju grad tokom pohoda na Kruševac (1454–1455), nakon čega je Koznik obnovljen i dodatno utvrđen kao strateški značajno utvrđenje. Značaj ovog utvrđenja je bio velik i na početku XVI veka. U narednim vekovima, u Kozniku se nalazila osmanska posada, a biva oštećena u doba velikog Bečkog rata, 1689. godine, od strane srpskih ustanika prilikom zauzimanja tvrđave. Neposredno nakon oštećenja utvrde, nepoznati austrijski inženjerski oficir je napravio okvirni plan utvrđenja sa njegovim podgrađem. Nakon propasti austrijske ofanzive na Balkan, dolazi do Velike seobe Srba, a sam Koznik, poput mnogih utvrđenja biva napušten i neodržavan [15]. Tvrđava Koznik nalazi se pod

zaštitom Republike Srbije kao spomenik kulture od velikog značaja od 1948. godine.

### 5.1.3 Analiza arhitekture

Tvrđava Koznik je izgrađena na uzvišenju koje sa tri strane tvrđave čine stenoviti obronci koji onemogućavaju prilaz dok je četvrta strana koja je orijentisana ka zapadu blaža i sa te strane se prilazi utvrđenju. Osnova tvrđave je nepravilnog oblika, jer prati konfiguraciju terena, sa najvećom dužinom od 58 m i širinom oko 45 m. Bedemi tvrđave su ojačani sa 8 kula koje su u osnovi kvadratnog oblika i koje su razmeštene na približno jednakom rastojanju. Tri kule na istočnom bedemu su nešto manje po volumenu u odnosu na tri koje se nalaze na južnom i zapadnom bedemu. Donžon kula, odnosno severna kula, i severozapadna kula su najveće i najverovatnije su imale i stambenu ulogu. Donžon kula je pozicionirana na najvišoj tački grada (921 m nmv) na sredini severnog bedema. Kula je četvorostrano orijentisana, a ulaz je bio pozicioniran na južnoj strani i na visini prve etaže. Debljina zidova na većim kulama iznosi oko 2 m [3]. Jedna od kapija se nalazila i na severnom bedemu u blizini severoistočne kule, a pretpostavlja se da je druga bila na južnom bedemu uz jugoistočnu kulu, dok je još jedan ulaz postojao u severozapadnoj kuli. U južnom, užem i nižem po konfiguraciji terena delu tvrđave nalazi se cisterna za atmosfersku vodu sa 4 filter bunara, a na severnom delu se uočavaju ostaci dve građevine smeštene uz zapadni i istočni bedem [15]. Glavni građevinski materijal bio je kamen, bez velikog kvaliteta prethodne obrade. Za određene konstruktivne elemente korišćeno je drvo kao građevinski materijal, a to su uglavnom grede i nadvratnici. Ispod same tvrđave Koznik, sa njegove južne strane postojalo je podgrađe čiji se ostaci danas samo naziru. Današnji izgled tvrđave je prilično devastiran. Dve severne kule i jedna južna kula na uglu su zadržale delimično svoj volumen. Preostale kule su znatno manje očuvane, dok ulazna kula nije sačuvana. Na osnovu očuvanog dela severnog i južnog zida može se zaključiti kolika je bila visina bedema i ritmičnost zaštitnih zubaca. Unutar kompleksa postoje dva novija objekta u vidu letnjikovca koja su takođe u lošem stanju. Jedan objekat naleže na donžon kulu, a drugi je pozicioniran na deo koji sadrži ostatke objekta iz perioda srednjeg veka. Materijali korišćeni za izgradnju ovih objekata su drvo i lim. (slika 2) Pristup cisterni je obezbeđen putem staze izdignute od terena i stepeništem izrađenim takođe od drveta. U toku XX veka sprovedeno je više istraživanja na ovom

lokalitetu, a prva zabeležena arheološka istraživanja su obavljena u periodu od 1970. do 1973. godine. Nakon istraživanja, delovi bedema i kula su konzervirani i delimično obnovljeni, dok je donžon kula ojačana sistemom gvozdених prstenova.

U tvrđavi Koznik se svake godine 9. avgusta, održava narodni sabor i likovno-pesnička kolonija [16]. Međutim, tvrđava nije razvijena kao turistička atrakcija i nema stalne organizovane maršrute njenog obilaska, samim tim obližnja mesta nemaju ekonomskih povoljnosti od potencijalnog razvoja turizma. Uočljiv je i nedostatak urbanog mobilijara i neodržavanje tabli koje upućuju na utvrđenje koje je pod zaštitom.



*Slika 2 – Prikaz urušenosti objekata unutar tvrđave, izvor: <https://nasledje.gov.rs/>*

## 5.2 KONCEPT PROJEKTA REVITALIZACIJE I KONVERZIJE

Sagledavajući prethodne analize zaključuje se da je tvrđava Koznik na veoma autentičnom terenu, jer je udaljena od naseljenog područja, pa pruža mogućnost intimnosti i proučavanja ovog nasleđa u prirodnom, tihom ambijentu, dok istovremeno udaljenost ili nepostojanje određenih sadržaja predstavlja negativnu stranu ovog područja u kontekstu turizma. Kroz primer autorskog predloga revitalizacije i konverzije tvrđave Koznik na nivou idejnog rešenja sagledaće se intervencije koje istorijski kompleks mogu unaprediti i razviti.

Koncept projekta revitalizacije i konverzije tvrđave Koznik jeste da se unutar tvrđave jave prostori javne i kulturne namene koji bi ponudili posetiocima određene sadržaje pritom težeći da se što duže zadrže u okviru tvrđave. Dakle, tvrđava je istovremeno istorijsko obeležje, vrsta eksponata koji treba pogledati, ali ujedno i koristiti. Predlaže se konverzija tvrđave u edukativni centar. Glavni pristup u kompleks ostaje na originalnom mestu. Pošto je ova

kula u potpunosti srušena, predlaže se da se na njenom mestu postavi žičana instalacija koja bi je nadomestila i tako modernim tretmanom naglasiti ulaz. Unutar zidova tvrđave se projektuje minimalistički objekat edukativnog centra spratnosti P<sub>0</sub>+P koji bi sadržao učionice, prostore za radionice, salu za projekcije, kao i propratne neophodne prostorije, sa mogućnošću izlaska na krovnu terasu. Gabarit donžon kule se koristi u svrhu muzejske stalne postavke i arhiva, ali se formira i prostor za druženje, pult za informacije i prodaju suvenira. U muzejskoj postavci se mogu naći predmeti vezani za period srednjeg veka poput povelja, pisama, posuđa koji mogu dati mogućnost za rekonstruisanje tadašnjeg života. Severoistočnoj kuli koja je druga kula po veličini dodeljuje se funkcija izložbenog prostora. Novoprojektovane forme nemaju direktan kontakt sa samim zidovima originalnih kula, a sadrže po šest etaža. Ostaci objekata koji se nalaze unutar tvrđave se natkrivaju montažnom konstrukcijom kako bi bili zaštićeni od atmosferskih uticaja. Projektuju se i nenatkriveni linijski frontovi za šetnju unutar tvrđave. (slika 3)



*Slika 3 – Komparacija trenutnog stanja tvrđave Koznik i predloga njene revitalizacije, izvor: <https://nasledje.gov.rs/>, autor*

Korišćenjem sporednog izlaza iz tvrđave stvara se veza između tvrđave i restorana koji se nalazi van bedema. Restoran se predviđa na severnoj strani i do njega se može doći tek nakon posete tvrđave, a pozicija pruža vizure ka šumovitom delu područja i

stvara prijatan ambijent za odmor. Pored toga, pošto jugozapadna i južna strana uzvišenja nisu pod visokim zelenilom, mogu se iskoristiti za pozicioniranje apartmanskih jedinica. U samom podnožju uzvišenja projektuju se garaža i turistički centar koji bi sadržao i market, prostor za odmor, kao i etažu namenjenu za administrativni rad čitavog kompleksa. Objekti su pozicionirani tako da se iskoriste prirodne pogodnosti i primene sistemi koji bi podržali ideju energetski efikasnih objekata. Težnja je da se formiranjem ovakvih sadržaja koji su prevashodno javne namene, ali i manjih stambenih objekata, posećenost ovog utvrđenja poveća. Kako bi se što manje narušio kontekst, obrazuju se svedene i čiste forme za nove sadržaje koje ne bi u arhitektonskoj plastici i ornamentici preuzele prvi plan u odnosu na tvrđavu. Na samoj tvrđavi nema pojave arhitektonske plastike, ali je struktura kamenja korišćenog pri izgradnji sitna i višebojna, zato bi nove forme u cilju postizanja kontrasta u završnoj obradi trebalo da imaju jasan tonaliteta boja i čistu teksturu. Kao motiv povezanosti starog i novog bila bi masivnost u volumenu, a radi postizanja što manje radova na licu mesta i narušavanja konteksta predlaže se montažna i polumontažna gradnja, kao i primena pojedinih principa bioklimatske arhitekture na novoprojektovane objekte.

### 5.3. DISKUSIJA O PROJEKTU REVITALIZOVANE TVRĐAVE KOZNIK

Kriterijumi na kojima se zasniva ova analiza i diskusija o uspešnosti idejnog rešenja revitalizacije i konverzije tvrđave Koznik jesu korespondiranje sa okruženjem, volumetrija, odnosno komunikativnost novih oblikovnih obeležja prema već izgrađenim, funkcionalnost.

**Korespondiranje sa okruženjem:** Pomoću analiza prethodnog stanja, realizuje se težnja da se minimalno naruši okruženje, a da se iskoriste potencijali koje nudi. Relativno dobra saobraćajna povezanost je velika prednost u turističkom kontekstu, jer obezbeđuje češću posetu i korišćenje, a izmeštenost u odnosu na naseljeno područje nudi posebne pogodnosti. Može se primetiti da je vizuelna prepoznatljivost nekog prostora bolje postignuta kada je kontekst prirodan i neizgrađen. Nova forma nije kontrast samo istorijskom volumenu, već i prirodnom okruženju. Jedinstvena morfologija i vizure inicirale su formiranje rute za obilazak kompleksa. Linijski elementi putanja, stepeništa, rampi su jasno difinirani. Svojom širinom se takođe naglašava diferencijacija kolsko-pešačkih pravaca i isključivo pešačkih.

Formiranjem volumena od samog podnožja do uzvišenja, posetioci se postepeno uvode u nove sadržaje, a ipak ostvaruje se intervencija koja ne utiče u prevelikoj meri na prirodno okruženje tvrđave, jer se i ono tretiralo kao prostor od velike važnosti.

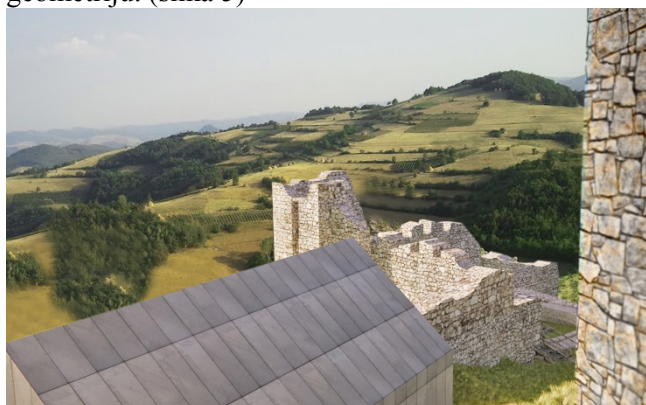
**Komunikativnost novih volumena i tvrđave:** Novoprojektovani volumeni teže da podstaknu stvaranje opšteg prijatnog utiska o utvrđenju. Pri poseti revitalizovanom utvrđenju, nove forme sagledavaju se prvenstveno kao celina sa ostacima zidina. Ovde se sklad postiže implementiranjem vertikalnih kubičnih volumena unutar kula u svrhu muzeja i izložbi, pri čemu je jasno istaknuto i njihovo uvlačenje u odnosu na unutrašnju stranu zidova kule. Predviđanjem izvesnog odstupanja od utvrđenja, nova forma ne naleže direktno na staru i time je ne ugrožava. Takođe i glavni ulaz u tvrđavu je istaknut vertikalnim elementom koji predstavlja rekonstrukciju porušene kule rađenom od mreže te odaje utisak polutransparentnosti forme i uvažava izvorne glavne postavke utvrđenja. Pored ovih i svi drugi novi volumeni se relativno dobro podnose i uklapaju sa istorijskom celinom, ne ostvarujući osećaj težine i prenamogilavanja novoprojektovanih elemenata. Kako je forma tvrđave proistekla prevashodno iz pragmatičnosti, a ne težnje postizanja estetike koja se danas uočava i bez je ornamentike, savremeni volumeni to podržavaju i suegzistiraju sa njom. Takođe, nova forma dobija na lakoći i zbog tehnike građenja, pa se masa ne doživljava kao u celosti monolitna i masivna. Turistički centar i apartmanske jedinice svojim tačkastim rasporedom i malim dimenzijama rekonstruišu život podgrađa. Kako pri revitalizaciji treba postići jasnoću i estetski usklađenu kompatibilnost novih struktura, postojećih ostataka tvrđave i samog konteksta, može se uvideti da se ova tri elementa na autentičan način međusobno prožimaju i sjedinjuju čineći inovativnu strukturu. Novi elementi doprinose lakšem pristupu tvrđave i preuzimaju ulogu vodiča unutar nje, ali i izvan nje sa težnjom pristupa mestima sa kojih se postižu adekvatne vizure. Brdo sa južne strane koje sadrži manje vegetacije je stvorilo povoljnu mogućnost dodavanja novih volumena sa te strane, a sprovođenjem principa bioklimatske arhitekture se minimalno narušava kontekst. Tvrđava kao jedan kompleks koji komunicira sa okruženjem u kojem se nalazi treba ostvariti i vezu sa samim posetiocem i time ga bliže upozna sa svojom vrednošću, a novoformirane celine u tome doprinose svojom volumetrijom, kao i svojom dodeljenom funkcijom. (slika 4)





*Slika 4 – Detalj spoja stare i nove arhitekture, izvor: autor*

**Vrsta materijala:** Primena adekvatne palete materijala za nove arhitektonske prostore je od velike važnosti. Novi volumeni su izrađeni od savremenih materijala pretežno sivih nijansi u završnoj obradi i u kombinaciji sa transparentnim površinama, čistih tekstura, gde time ostvaruju svedenost i jasnoću forme. Odabir materijala se zasniva na tome da se postigne da intervencije budu uočljive i pripadaju periodu u kojem su izgrađene. Usitnjeno nepravilno kamenje na zidovima tvrđave imitiraju mreža i ritmika postavljenih metalnih panela na velikim površinama novih objekata tako stvarajući jednu ortogonalnu dinamiku i postići povezanost sa ostacima utvrđenja koristeći kontrast. Upravo, svojim kontrastom u odnosu na materijalizaciju tvrđave ostvaruje se kvalitetan dijalog sa istorijskom celinom. Postizanje kontrasta između novog i starog je efikasan način pri transformaciji i veoma je upečatljiv pri izvođenju. Samim tim, relativno hladna paleta materijala novoprojektovanih objekata daje utisak poštovanja prema kompleksu i ujedno podržava njegovu geometriju. (slika 5)



*Slika 5 – Detalj sa prikazom materijala i vizura, izvor: autor*

**Funkcionalnost:** Pri revitalizaciji se teži ka postizanju prevashodno prijatnog iskustva posetilaca

koje u ovom slučaju treba da obezbede novi volumeni zbog svojih funkcija koje su im dodeljene. U skladu sa poštovanjem i stepenom zaštićenosti kompleksa sadržaji su ravnomerno raspoređeni i ostvarena je dobra komunikacija posetilaca sa tvrđavom, samim tim se može smatrati da je ispunjen prvobitni cilj postizanja kvalitetnijeg i sadržajnog obilaska kompleksa kao istorijski vredne arhitekture. To je postignuto uvođenjem horizontalnih, ali i vertikalnih volumena u funkciji staza koje posetioca vode i omogućavaju mu dotad manje pristupačne vizure. Naročito su ovi elementi iskorišćeni u primerima gde je to vodeći cilj, poput pristupa cisterni sa bunarima i manjim kulama. Putanje su jasno postavljene i nisu razgranate. U skladu sa mogućim dimenzijama i proporcijama novih formi, kao i njihovim položajem u odnosu na kompleks dodeljuju im se određeni sadržaji. Prepoznat je potencijal prostora kula većih dimenzija za razvijanje različitih sadržaja i dodeljene su im najistaknutije funkcije, jer su ovi prostori iskorišćeni za muzejske i izložbene postavke. Za većinu funkcija potrebne su dodatne, pomoćne prostorije koje su namenjene samo zaposlenima, a koje se ne smeju zanemariti, one su takođe inkorporirane u kubusne volumene unutar tvrđave ili objekte van bedema. Samim tim se stvara jedan nezavisini kompleks smešten u prirodno-istorijskom okruženju.

**Ukupni rezultat analize:** Nova dinamika i siluta revitalizovane tvrđave izgleda jasno, snažno i odaje utisak sinteze utvrđenja i novoprojektovanih objekata. Postoji određeni poredak, dobra proporcija forme i kolorita prema utvrđenju. Konstrukcija nije nametljiva i istaknuta je težnja da što manje utiče na postojeće stanje. Nove forme dodate su kako bi se ispunio projektni program, te je njihova gradnja opravdana. Takođe, forme koje se javljaju jasan su rezultat prethodnih analiza. One teže uglavnom redukovanoj geometrizaciji, uspešno naglašavaju ostatke utvrđenja kao glavni deo i zapravo predmet revitalizacije i konverzije i koje se kvalitetno integrišu u ovaj istorijski važan kontekst. Pri procesu revitalizacije, tvrđava je posmatrana kao jedinstven koncept gradnje, konstrukcije i funkcije, a novonastali volumen je proizvod jednog složenog procesa koji podrazumeva analizu potreba i svrhe, formulisanje ideje, organizacije volumena i težnja ka stvaranju jedinstvene celine. Pokretanjem inicijative da se izvrši revitalizacija i konverzija, pretpostavlja se da bi zbog svoje sadržajnosti, boljeg očuvanja i samim tim poštovanja tvrđave to poboljšalo nivo posećenosti i zainteresovanosti za ovu veoma značajnu arhitekturu.



### 6 ZAKLJUČAK

Kako tvrđave predstavljaju autentičnu arhitekturu koja je često i zaštićena ne bi trebalo da se zanemare u pogledu očuvanja, ali i u pogledu njihove ponovne aktivacije kroz druge funkcije. Ostaci tvrđava mogu postati forma koja će se vrednovati kroz novu percepciju ukoliko dobije novu namenu, a na taj način posetiocima može doneti autentično iskustvo boravka u prostoru koji prožima različite periode.

Revitalizacijom i konverzijom tvrđava mogu se dobiti prostori koji su namenjeni savremenom društvu i koji bi obezbedili češću posetu ovim kompleksima. Stvaranje novih kreacija, novih formi unutar istorijske celine ne treba da se smatraju nepoštovanjem prema njoj, već je potrebno tumačiti ih kao proces kojim se potencira negovanje kulture sećanja. To takođe može omogućiti novi pravac sagledavanja očuvanja kulturnog nasleđa koristeći kombinaciju transformacije i zaštite. Osvrtom na slučaj tvrđave Koznik i primer njene moguće revitalizacije i konverzije sagledani su i praktično uticaji formiranja novih arhitektonskih volumena, pojave savremenih struktura, materijala na istorijski značajnom arhitektonskom nasleđu i potencijali koje primena ovih metoda aktivne zaštite donosi. Prevashodno, nova forma treba imati značenje, opravdanje, odnosno svrhu zašto je nastala. Inovativna konverzija tvrđave može je funkcionalno i estetski optimizovati. Pristupom projektovanju i sa bioklimatskog aspekta može se učiniti i mnogo više od klasične konzervacije, a svaka tvrđava sa sobom nosi određeni novi pristup i odnos. Ipak, treba zadržati meru između popularizacije ovakvih lokaliteta i poštovanja njegove osobine udaljenosti i na neki način izolacije. Dakle, revitalizacija i adaptivna ponovna upotreba, odnosno konverzija, nose značajne benefite i u arhitektonskom smislu, ali i kroz socijalne, ekonomske i kontekstualne aspekte. Neiskorišćavanjem tvrđave kao postojećeg prostora koji se može aktivirati i neulaganjem u nju nastoji se da se i trajno izgubi potencijal koji tvrđava nudi, pa i sama tvrđava. Arhitektura koja se može uspostaviti pri revitalizaciji tvrđave može biti jedinstvena, a opet ovakav pristup nije još uvek u punoj meri razmatran i njen potencijal nije dovoljno razrađen i iskorišćen. Na to upućuje i nedovoljan broj stručnih radova koji se bave razmatranjem konverzija tvrđava kao vodećom temom.

Tvrđave kao vojna arhitektura pojedinih epoha bila su mesta predodređena za sukobe, dok bi današnja njihova funkcija mogla biti sasvim suprotna. Tvrđave bi metodom aktivne zaštite mogle postati mesta okupljanja i stanovništva i posetilaca čime bi se

socijalnom interakcijom i stvaranjem prijatnog atmosferskog iskustva doprinelo njihovom očuvanju, ali i poboljšanju okruženja u kojem se nalaze. Dakle, revitalizacijom i konverzijom tvrđave koje se mogu okarakterisati kao simbol borbe i istorijski važnih dešavanja mogu se stvoriti inovativni ambijenti koji bi podržali kulturno-istorijski značaj kompleksa, istakli njegove estetske osobine i autentičnost.

### LITERATURA

- [1] Vuković Valentina, Ercegan Srđan, Pihler Vladimir, Lazović Miško: **Tvrđave na Dunavu, Prometej**, Novi Sad 36, 2017.
- [2] <https://web.archive.org/web/20150827000831/http://skriptorium.blogspot.com/2013/09/deroko-srednjovekovni-gradovi.html> (12.1.2023)
- [3] Deroko Aleksandar: **Srednjovekovni gradovi u Srbiji, Crnoj Gori i Makedoniji**, Prosveta, Beograd, 1950.
- [4] Bogdanović Kosta, Burić Bojana: **Teorija forme, Zavod za udžbenike**, Beograd, 2015.
- [5] Ćirković Sima, Ljušić Radoš, Korać Vojislav, Ivić Pavle: **Istorija srpske kulture**, Dečije novine, Gornji Milanovac-Beograd, 48-51, 1996.
- [6] Milojković Aleksandar: **Revitalizacija u arhitekturi, skup prezentacija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu**, Niš, 2005.
- [7] Turnšek A. J. Branko: **Revitalizacija i konverzija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu**, Niš, 2005.
- [8] **Zakon o kulturnim dobrima, Službeni glasnik Republike Srbije**, br. 74/94
- [9] Doroz-Turek Malgorzata: **Revitalization of Small Towns and The Adaptive Reuse of its Cultural Heritage, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 471, issue 5**, Prag, 2019.
- [10] Schittich Christian: **Building in Existing Fabric – Refurbishment, Extensions, New Design**, Birkhäuser, Minhten, 2003.
- [11] Leach Neil: **Rethinking Architecture - A reader in Cultural Theory, Routledge**, London, 1997.
- [12] Kealy Loughlin, Musso Stefano: **Conversion/Transformation, EAAE**, Leuven, 2011.
- [13] [https://www.militarylandscapes.net/wpcontent/uploads/Military\\_Landscapes.pdf](https://www.militarylandscapes.net/wpcontent/uploads/Military_Landscapes.pdf) (10.1.2023)
- [14] <https://a3.geosrbija.rs/> (11.1.2023)
- [15] Đidić Predrag: **Tvrđave i ostaci utvrđenih gradova, Publikacija 5**, Beograd, 2008.
- [16] [https://nasledje.gov.rs/index.cfm/spomenici/pregled\\_spomenika?spomenik\\_id=45965](https://nasledje.gov.rs/index.cfm/spomenici/pregled_spomenika?spomenik_id=45965) (11.1.2023)

primljen: 17.01.2023.  
prihvaćen: 22.02.2023.

izvorni naučni rad

UDK : 69.057.43(497.11)

## EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE VEZA NOSEĆE KONSTRUKCIJE MONTAŽNE HALE HLADNJAČE „LOVOPROMET“ U NIŠU

Dragan Zlatkov<sup>1</sup>, Slobodan Ranković<sup>2</sup>, Biljana Mladenović<sup>3</sup>

**Rezime:** Na osnovu rezultata istraživanja sistema sa polukrutim vezama sprovedenih u okviru naučnog projekta TR 36016 "Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije drugog reda i stabilnosti" finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projektovana je i izgrađena konstrukcija montažne hale hladnjače Lovopromet, na lokaciji Čamurlijski put u Nišu, koja je izvedena u montažnom sistemu Putinženjering, Niš. Primenjena je polumontažna međuspratna konstrukcija Omnia koja se u uobičajenoj inženjerskoj praksi u proračunu tretira kao slobodno oslonjena ploča sa prenošenjem opterećenja u jednom pravcu. Sprovedena eksperimentalna ispitivanja imala su za cilj da na primeru kontinualne ploče sa tri polja izvedene u tom sistemu, pokažu kakva je preraspodela uticaja u polju i nad osloncima za projektovano realno opterećenje. Programom eksperimentalnog ispitivanja predviđeno je i ispitivanje glavnih nosača koji su projektovani i izvedeni kao proste grede i kontinuirani posle montaže, sa ciljem utvrđivanja stepena njihovog kontinuiranja.

**Ključne reči:** polukrute veze, montažni sistem, međuspratna konstrukcija Omnia, kontinualna ploča

## EXPERIMENTAL TESTING OF THE CONNECTIONS OF THE BEARING STRUCTURE OF THE PRECAST COLD STORAGE „LOVOPROMET” IN NIŠ

**Abstract:** Based on the results of the research of systems with semi-rigid connections carried out within the scientific project TR 36016 "Experimental and theoretical research of linear and surface systems with semi-rigid connections from the aspect of second-order theory and stability" financed by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, the structure of the hall of the Lovopromet cold store, at the location Čamurlijski put in Niš was designed and constructed in the precast system Putinženjering, Niš. A semi-precast floor structure Omnia was used, which in the usual engineering practice is treated as a simple supported slab with load transfer in one direction. The purpose of the conducted experimental tests was to show, on the example of a continuous slab with three spans performed in that system, what is the redistribution of influences in the spans and over the supports for the projected real load. The experimental testing program also provides for the testing of the main girders, which are designed and constructed as simple beams that are continued after assembly, with the aim of determining the degree of their continuity.

**Key words:** Semi-Rigid Connections, Precast System, Omnia Floor Structure, Continuous Slab

<sup>1</sup> Dr, dipl.inž.građ., vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, dragan.zlatkov @gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> Dr, dipl.inž.građ., docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, slobodan.rankovic @gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> Dr, dipl.inž.građ., docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, biljana.mladenovic @gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Pri optimalnom dimenzionisanju realnih konstrukcija javlja se potreba da se pri proračunu uzima u obzir elastičnost čvornih veza, tj. realna krutost veza štapova u čvorovima. Uočeno je da je stepen krutosti (uklještenja) veze od posebnog značaja za montažne konstrukcije, jer i mali stepen uklještenja na mestima montažnih veza utiče na preraspodelu statičkih, deformacijskih veličina, veličinu kritičnog opterećenja, dužinu izvijanja štapova i osnovna dinamička svojstva konstrukcije, tako što se povoljno odražava na preraspodelu naprezanja i veličinu kritičnog opterećenja. Isto tako, nedovoljno obezbeđene a pretpostavljene krute veze mogu imati negativne posledice u raspodeli naprezanja u konstrukciji [1].

U konstrukcije sa elastičnim - polukrutim vezama (semi - rigid connections) ubrajaju se sistemi kod kojih međusobne veze štapova nisu apsolutno krute, već dozvoljavaju u opštem slučaju izvestan stepen relativne pomerljivosti u pravcima svih generalisanih pomeranja. Kao ilustracija značaja tretiranja veza kao polukrutih može poslužiti primer proračuna okvira objekata Fresenius, Vršac [2].

I pored velikog broja teorijskih i eksperimentalnih radova u oblasti polukrutih veza, ova koncepcija proračuna još uvek nije našla širu primenu u praksi kod armirano-betonskih konstrukcija, pre svega usled nedostatka odgovarajuće regulative, kako u svetu tako i kod nas. Evidentno je da još uvek nije izvršena klasifikacija veza u kojoj bi i polukrute veze našle svoje mesto, niti su usvojeni računski modeli za njihovu analizu u Evrokodu 2, koji regulišu proračun betonskih i armirano-betonskih konstrukcija.

U montažnom sistemu gradnje grede i ploče se u statičkom smislu najčešće tretiraju kao proste grede, što ima za posledicu predimenzionisane elemente (veći poprečni presek, više armature i betona). Ovaj problem se može rešiti ukoliko se proračunom uzme u obzir kontinuiranje greda i ploča nad osloncima betoniranjem u fazi montaže, čime bi se povećala nosivost elemenata konstrukcije [3]. Međutim, postavlja se pitanje koliki je stepen uklještenja na mestu kontinuiranja, kako bi se proračun sproveo na što realnijem modelu.

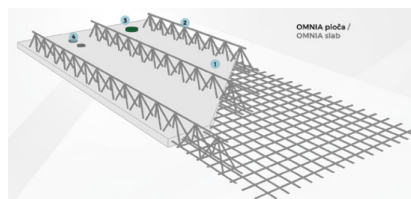
Cilj sprovedenog eksperimentalnog ispitivanja je sagledavanje efekta kontinuiranja Omnia ploča i glavnih grednih nosača na preraspodelu uticaja usled projektovanog realnog opterećenja. Ovo je pogotovo važno za objekte visokogradnje gde se sa povećanjem

spratnosti povećava statička neodređenost sistema i preraspodela uticaja je od većeg značaja. Rezultati istraživanja bi trebalo da doprinesu optimalnom projektovanju greda i Omnia ploča, kao i ekonomičnijoj proizvodnji tih elemenata u fabrikama betonskih elemenata.

## 2 MEĐUSPRATNA KONSTRUKCIJA OMNIA

Omnia ploča je tanka prefabrikovana armiranobetonska ploča. Ona sadrži trouglasti Omnia rešetkasti nosač koji je pričvršćen za donji sloj armature pre nego što se sveži beton izlije da bi se proizvela Omnia ploča, [4]. Rešetkasti nosač se proizvodi korišćenjem čelika visoke čvrstoće, pruža krutost ploči i omogućava da se ploča lako veže sa betonom koji se kasnije izliva na licu mesta. Ovaj rešetkasti nosač takođe pruža podršku za gornju mrežastu armaturu, a koristi se i kao tačka sidrenja prilikom podizanja panela na licu mesta.

Omnia ploče se proizvode u fabričkim uslovima, i potom transportuju i montiraju na gradilištu. One se ređaju jedna do druge, a zatim se postavlja armatura donje zone u poprečnom pravcu. Posle postavljanja armature i u gornjoj zoni, beton se izliva do projektovane visine, a sam proces se naziva monolitizacija. Svi neophodni otvori, električne kutije, ugradni delovi i ostalo je uzeto u obzir pri proizvodnji Omnia tavanica. Opremanje sa elementima različitih instalacija, kablova, sistema za grejanje i hlađenje postala je uobičajena praksa [4].



Slika 1 –Omnia ploča Putinženjeringa [4]



Slika 2 –Postavljanje Omnia ploča [4]

Prednosti korišćenja Omnia ploča istaknute u [4] i [5] su:

- Velike površine se mogu postaviti brzo i bezbedno;
- Ne koristi se oplata na gradilištu;
- Odlikuju se odličnom zvučnom izolacijom i vatrootpornošću;
- Odgovaraju objektima različitih namena;
- Mogu se koristiti kod nepravilnih ili složenih konstrukcija zgrada;
- Integrirani rešetkasti nosač olakšava projektovanje progresivnog kolapsa.
- Projektovane su da izdrže teške uslove opterećenja;
- Projektovane su da izdrže izloženost različitim vremenskim uslovima;
- Glatka ravna donja strana može se direktno dekorisati.

Fleksibilnost u projektovanju armiranobetonskih Omnia ploča je velika, što potvrđuju sledeće činjenice:

- Moguće je projektovanje sa oslanjanjem u jednom ili dva pravca;
- Nepravilni i složeni oblici proizvode se tako da odgovaraju zahtevima investitora;
- Servisni otvori precizno se formiraju tokom proizvodnje;
- Vatrootpornost se može povećati promenom debljine ploča.

### 3 EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE DELOVA KONSTRUKCIJE HLADNJAČE LOVOPROMET

Na osnovu rezultata istraživanja sistema sa polukrutim vezama sprovedenih u prethodnom periodu, projektovana je i izgrađena konstrukcija montažne hale Hladnjače Lovopromet, u Nišu, koja je izvedena u montažnom sistemu Putinženjering, Niš, [6]. Elementi montažne konstrukcije su izrađeni u fabrici montažnih elemenata, a montaža elemenata i monolitizacija veza izvršena je na lokaciji.

Primenjena je polumontažna međuspratna konstrukcija Omnia debljine 5cm koja se izvodi u fabrici kao montažni element, po sistemu skrivene oplata, dok se preostali sloj do projektovane visine međuspratne konstrukcije  $d=20\text{cm}$ , posle njene montaže betonira na licu mesta.

Ovako izvođena međuspratna konstrukcija je u proračunu uglavnom tretirana kao slobodno oslonjena ploča, sa prenošenjem opterećenja u jednom pravcu, što je bio slučaj i kod razmatranog objekta. Na ovom

objektu je izvršeno kontinuiranje međuspratne konstrukcije adekvatnom armaturom u gornjoj zoni na spoju Omnia ploča u podužnom pravcu, slika 4. Sprovedena eksperimentalna ispitivanja imala su za cilj da na primeru kontinualne ploče sa tri polja izvedene u tom sistemu, pokažu kakva je preraspodela uticaja u polju i nad osloncima za projektovano realno opterećenje.



*Slika 3 – Stubovi i međuspratna konstrukcija Omnia u pogonu Putinženjeringa*

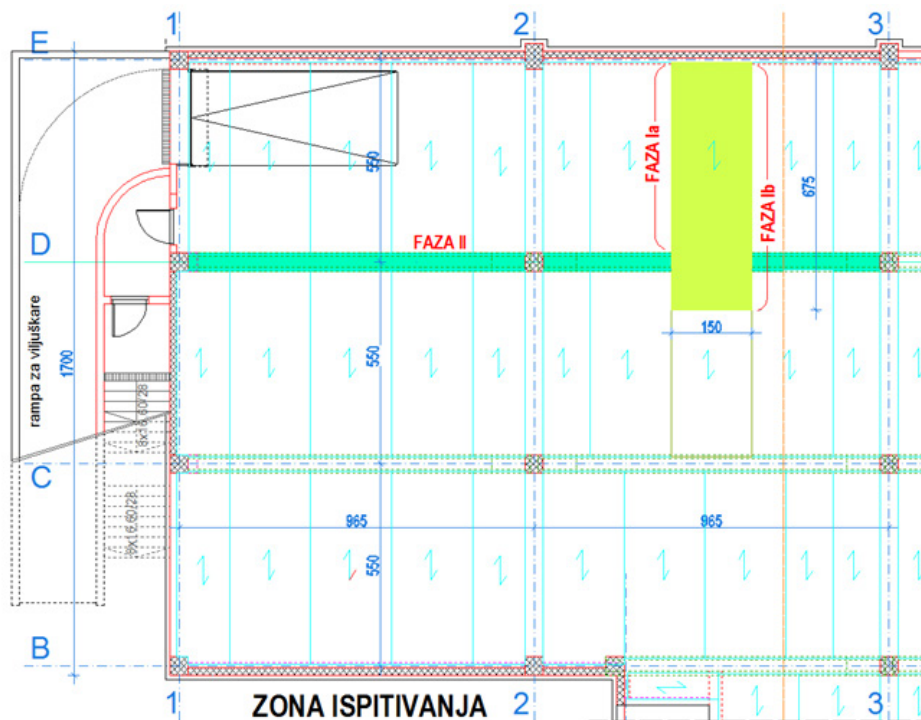


*Slika 4 – Kontinuiranje Omnia ploča i greda na objektu Lovopromet [6]*



Programom eksperimentalnog ispitivanja predviđeno je i ispitivanje glavnih nosača koji su projektovani i izvedeni kao proste grede i kontinuirani posle montaže, slika 4, sa ciljem utvrđivanja stepena njihovog kontinuiranja, kao i određivanja koliko se povećava njihova nosivost posle betoniranja dodatnog sloja u debljini međuspratne konstrukcije  $d=20\text{cm}$ .

Ukoliko se pretpostavke o ostvarivanju potpunog ili delimičnog kontinuiteta potvrde, to bi bitno uticalo na smanjenje armature u polju međuspratnih konstrukcija, kao i na smanjenje pomeranja (ugiba) i povećanje upotrebljivosti i ekonomičnosti ove konstrukcije.



*Slika 5 – Zona konstrukcije koja se ispituje*

### 3.1 TOK EKSPERIMENTA

Osnovni konstruktivni elementi međuspratne konstrukcije (montažna Omnia ploča i podvlake) ispitivani su na uticaj statičkog probnog opterećenja u skladu sa propisima za ovu vrstu radova SRPS U. M1.047. Zona objekta u kojoj je vršeno ispitivanje prikazana je na slici 5. U prvoj fazi izvršeno je opterećenje i rasterećenje kontinualne ploče između osa 2 i 3 (faze opterećenja Ia i Ib) od ose E prema osi D, a zatim opterećenje grede u osi D (faza opterećenja II). Posle svakog koraka očitavani su merni instrumenti na svim mernim mestima.

Ispitivanja su izvedena na konstruktivnim elementima iznad podruma, a opterećenje je nanošeno u komorama prizemlja, slika 6. Merene su opšte deformacije i dilatacije, na osnovu kojih su sračunati naponi u konstruktivnim elementima od uticaja probnog opterećenja.



*Slika 6 – Pogled na praznu komoru u prizemlju hladnjače Lovopromet.*

Kao probno statičko opterećenje korišćene su palete sa smrznutom ribom poznate težine koje reprezentuje stvarno korisno opterećenje objekta u eksploataciji. Opterećenje je nanešeno specijalizovanim viljuškarima postepeno po fazama, slike od 7 do 10.



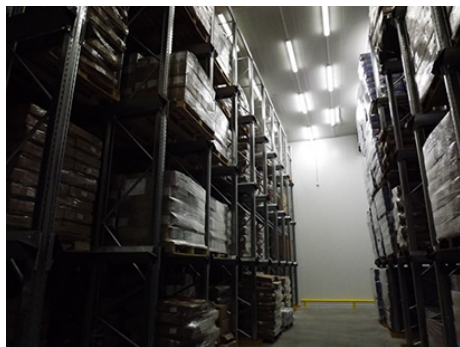
*Slika 7 – Nanošenje opterećenja specijalizovanim viljuškarom*



*Slika 8 – Nanošenje opterećenja Faza- opterećenja Ia*



*Slika 9 – Nanošenje opterećenja - Faza opterećenja Ib*



*Slika 10 – Nanošenje opterećenja - Faza opterećenja II*

Prvo je nanošeno opterećenje i rasterećenje Omnia ploče, (faza opterećenja Ib), a zatim i celokupne međuspratne konstrukcije odnosno podvlaka (faza opterećenja II).

Maksimalno naneto opterećenje je zadržano na konstrukciji 16 sati, nakon čega je izvršeno rasterećenje uz očitavanje vrednosti na instrumentima u narednih 16 sati tokom rasterećenja. Ukupno zamenjujuće opterećenje ima težinu jednaku budućem predviđenom korisnom opterećenju komore. Naneto je ukupno 390 tona tereta.

### 3.2 KORIŠĆENA OPREMA

Raspored mernih instrumenata (slike 15 i 16) izvršen je u skladu sa principom opasaivanja preseka mernim instrumentima. Krišćena je oprema za praćenje deformacija i naprezanja u karakterističnim presecima u kojima se očekuju maksimalni uticaji.

Davači su vezani za mernu stanicu primenom višekanalnog akvizicijskog sistema SPIDER8 proizvodnje HBM (Hottinger Baldwin Mestehnik) i povezani sa personalnim računarom. Obrada podataka izvršena je originalnim HBM softverskim paketom CATMAN V3.1



*Slika 11 – Montaža klinometra K2 i dilatometra D1*



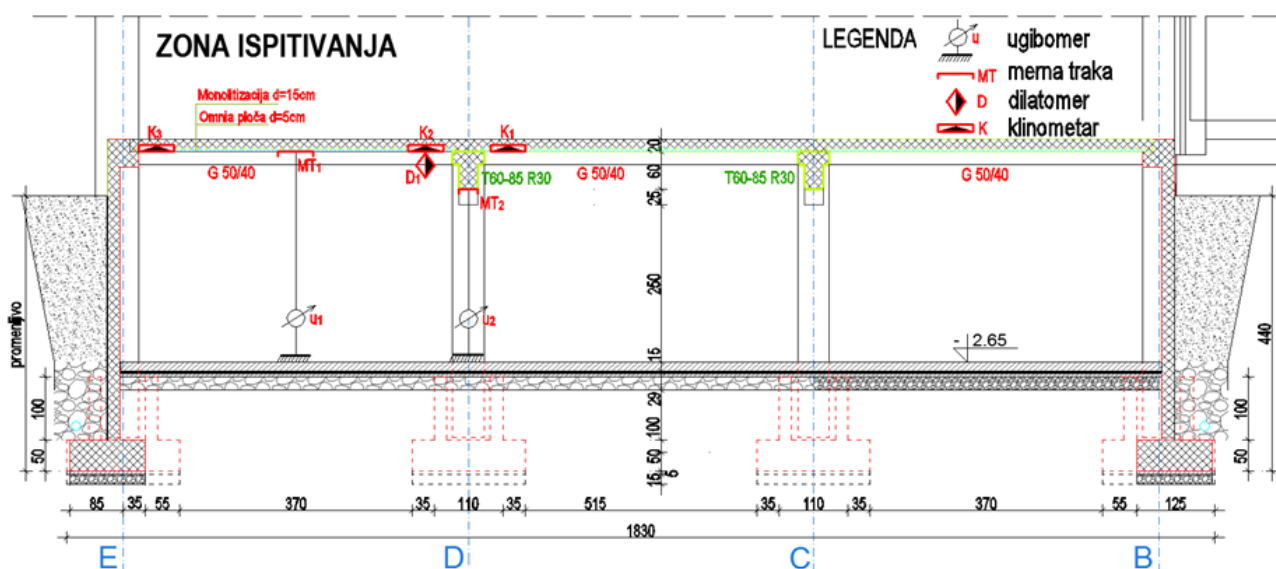
*Slika 12 – Položaj klinometara K4 i K5*



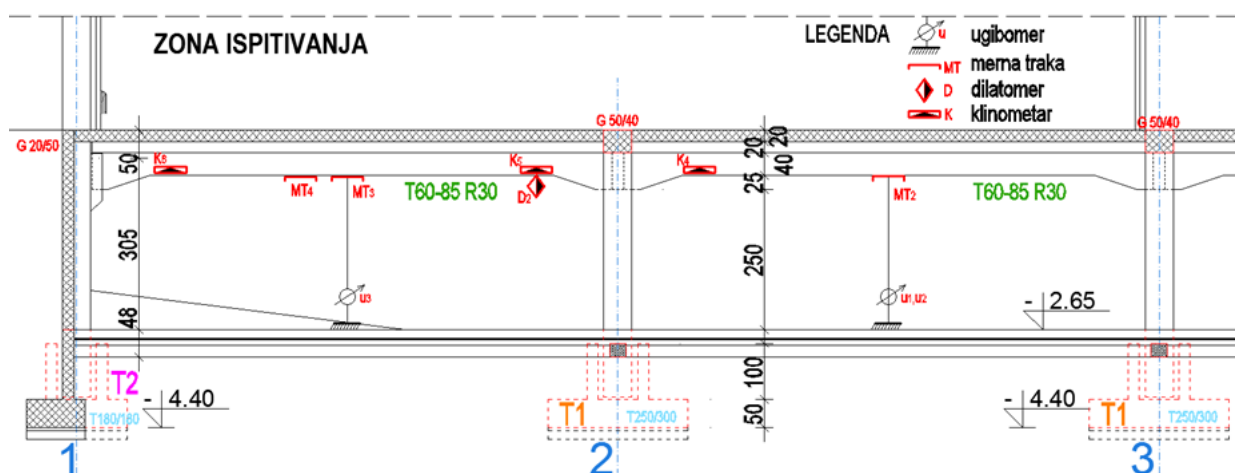
Slika 13 – Montirani instrumenti za prvu fazu-ispitivanja međuspratne konstrukcije



Slika 14 – Položaj mernih traka M3 i M



Slika 15 – Raspored mernih instrumenata za ispitivanje MK



Slika 16 – Raspored mernih instrumenata za ispitivanje kontinualne grede u osi D



### 3.3 REZULTATI MERENJA

U tabeli 1 pregledno su prikazani rezultati merenih vrednosti pomeranja i deformacija, kao i sračunatih napona za sve faze opterećenja. Rezultati praćenja ugiba ugibomer satom U3 nisu zabeleženi.

Kako je cilj eksperimentalnih istraživanja bio određivanje stepena kontinuiranja veza posebna pažnja posvećena je merenju nagiba elastične linije za različite faze opterećenja. Pri fazi opterećenja Ia (opterećenje je naneto samo u prvom polju između osa E i D) nagib elastične linije kontinuirane međuspratne konstrukcije Omnia, prikazan je na slici 17.

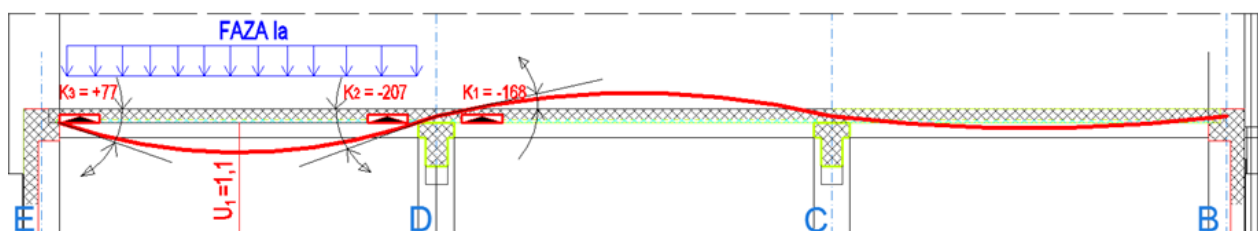
Evidentno je da su dobijeni uglovi obrtanja levo i desno od ose D istog znaka, što nedvosmisleno potvrđuje da je kontinuitet veze ostvaren. Međutim, razlika u izmerenim vrednostima nagiba je dokaz da

nije postignut apsolutni stepen kontinuiteta, odnosno da ovu vezu treba analizirati kao polukrutu, [7].

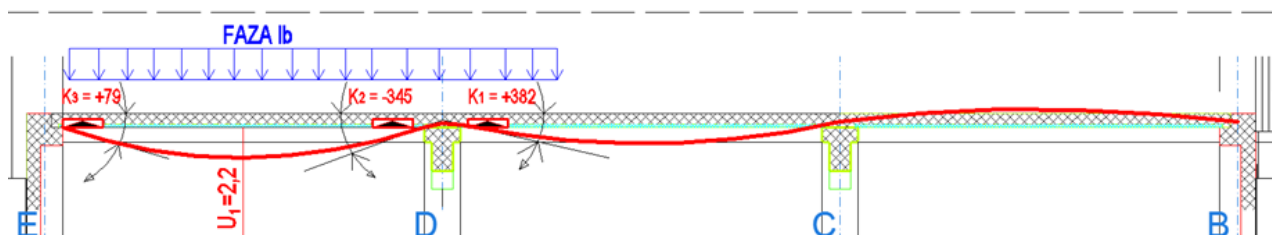
Do istog zaključka može se doći posmatrajući izmerene vrednosti nagiba elastične linije, međuspratne konstrukcije Omnia za fazu opterećenja Ib (opterećenje je naneto u prvom i delimično u drugom polju između osa E i C), što je prikazano na slici 18.

Pri fazi opterećenja II (naneto je kompletno korisno opterećenje komore), kako bi se izmerili nagibi elastične linije kontinuirane grede u osi D. Rezultati su prikazani na slici 19.

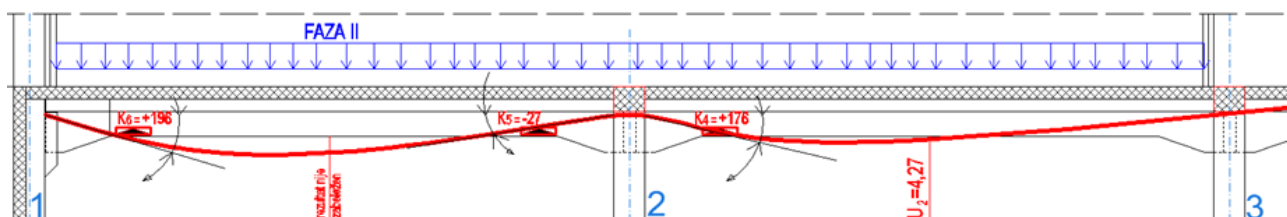
Oblik elastične linije potvrđuje da je kontinuitet veze u osi 2 ostvaren delimično, te da i ovu vezu treba analizirati kao polukrutu.



Slika 17 – Izmerene vrednosti nagiba i ugiba elastične linije za fazu opterećenja Ia



Slika 18 – Izmerene vrednosti nagiba i ugiba elastične linije za fazu opterećenja Ib



Slika 19 – Izmerene vrednosti nagiba i ugiba elastične linije za fazu opterećenja II



Tabela 1 - Rezultati merenih vrednosti pomeranja, deformacija i napona

OZN. INST	PODAT. INSTR. (p)	Modul elastič. E (daN/cm <sup>2</sup> )	O	P <sub>2</sub> I-a Faza (prvo polje)	P <sub>3</sub> I-b Faza (prvo+deo drugog polja)	O <sub>1</sub>	P <sub>4</sub> II Faza	$\Delta_1$ (P <sub>2</sub> -O)	$\Delta_2$ (P <sub>3</sub> -O)	$\Delta_3$ (P <sub>4</sub> -O <sub>1</sub> )	UTICAJI		
											I Faza		II Faza
											I-a	I-b	
M <sub>1</sub>	1'10 <sup>-6</sup>	2,1'10 <sup>6</sup>	0	36	58	2	21	36	58	21	76	122	
M <sub>2</sub>	1'10 <sup>-6</sup>	2,1'10 <sup>6</sup>	0	85	142	8	73	85	142	73	179	298	
M <sub>3</sub>	1'10 <sup>-6</sup>	2,1'10 <sup>6</sup>	0			0	190			190			399 daN/cm <sup>2</sup>
M <sub>4</sub>	1'10 <sup>-6</sup>	2,1'10 <sup>6</sup>	0			0	154			154			323 daN/cm <sup>2</sup>
D <sub>1</sub>	1'10 <sup>-6</sup>	2,1'10 <sup>6</sup>	0	-0	-0.004	0		10	40		21	84	
D <sub>2</sub>	1'10 <sup>-6</sup>	2,1'10 <sup>6</sup>	0			0	-0.01			60			126 daN/cm <sup>2</sup>
K <sub>1</sub>	1.055 s	/	23+235	24+058	24+060	24+122		73	75		77	79	79
K <sub>2</sub>	1.055 s	/	19+065	18+119	17+238	18+152		-196	-327		-207	-345	
K <sub>3</sub>	1.055 s	/	17+180	18+100	19+042	18+131		-80	362		-168	382	
K <sub>4</sub>	1.055 s	/				21+238	22+155			167			176
K <sub>5</sub>	1.055 s	/				17+145	17+119			-26			-27
K <sub>6</sub>	1.055 s	/				17+018	17+204			186			196
U <sub>1</sub>	1/100	/	42,80	43.9	45	43.1	49.5	1,10	2.2	6.4	1,10	2,20	6,40
U <sub>2</sub>	1/100	/	23.3	24.05	24.7	23.4	27.63	0,77	1.4	4.3	0,77	1,42	4,27
U <sub>3</sub>	1/1000	/	?										?

rezultai merenja nisu zabeleženi

## 4 DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja potvrđene su pretpostavke da se polumontažna međuspratna AB konstrukcija koja se izvodi po sistemu Omnia ploče, koja je u dugogodišnjoj inženjerskoj praksi u našoj zemlji i u svetu tretirana kao slobodno oslonjena ploča, može, uz adekvatno armiranje iznad srednjih oslonaca, tretirati kao ploča sa određenim stepenom kontinuiteta. Ovo omogućava da se značajno može smanjiti potrebna armatura u poljima, pogotovu u srednjim poljima, ako se radi o ploči sa više polja, kao i da će granično stanje upotrebljivosti (ugibi i prsline) biti sigurno manje izraženi nego kada se ploča tretira kao slobodno oslonjena.

Evidentno je međutim da potpuni kontinuitet nije ostvaren, te međuspratna konstrukcija treba da se analizira kao konstrukcija sa polukrutim vezama. Za donošenje sigurnijih zaključaka i za povećanje stepena postignutog kontinuiteta neophodna su dodatna ispitivanja modela veze u prirodnoj veličini, [8], [9].

Rezultati eksperimentalnog ispitivanja primarnih AB nosača, koji su projektovani i izvedeni kao proste grede i kontinuirani posle montaže i betoniranja "in situ" zajedno sa međuspratnom konstrukcijom, potvrđuju njihov delimični kontinuitet, što uz pravilno armiranje iznad srednjih oslonaca može bitno uticati na smanjenje armature u poljima greda, kao i na poboljšanje graničnog stanja upotrebljivosti i ekonomičnost ove konstrukcije.

Kao i u slučaju međuspratne konstrukcije, za donošenje pouzdanijih zaključaka i za povećanje stepena postignutog kontinuiteta neophodna su dodatna ispitivanja modela veze u prirodnoj veličini, [8]. Kako bi se detaljnije analizirao i fenomen preraspodele uticaja, potrebno je pored kvazistatičkog ispitivanja modela veze do loma, izvršiti i ispitivanje recimo kontinuiranjem formiranog kontinualnog nosača sa dva polja, slično onako kako je to za ispitivanje kapaciteta nosivosti nosača međuspratne konstrukcije sistema proste grede sprovedeno ispitivanjem eksperimentalnog modela EM-7, a prikazanou [6].

## ZAHVALNOST

Zahvaljujemo se na finansijskoj pomoći Ministarstvu nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za realizaciju ovog istraživanja na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu u okviru projekta iz oblasti tehnološkog razvoja

pod nazivom "Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije drugog reda i stabilnosti" (TR 36016).

## LITERATURA

- [1] Slavko Zdravković, Dragan Zlatkov, Biljana Mladenović: **Statički i dinamički proračun konstrukcija sa polukrutim vezama štapova u čvorovima**, NAUKA+PRAKSA, Časopis instituta za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu, Vol. 13, 160-164, 2010.
- [2] Zlatkov Dragan, Stanojev Milovan, Budić Srđan, Zdravković Slavko: **Uticaj stepena uklještenja veze grede i stuba na promenu vitkosti, pomerljivosti i dinamičkih karakteristika konstrukcije fabrike "Fressenius" u Vršcu, Srbija**, 5. internacionalni naučno-stručni skup građevinarstvo - nauka i praksa, Žabljak, 2014.
- [3] Elliott Kim S.: **Precast Concrete Structures**, second edition, Taylor & Francis Group, Boca Raton- London-New York, 2017.
- [4] [https://putinzenjering.com/\(07.01.2023.\)](https://putinzenjering.com/(07.01.2023.))
- [5] <https://floodprecast.co.uk/precast-concrete-products/precast-concrete-omnia-flooring>
- [6] Zlatkov Dragan: **Teorijska i eksperimentalna analiza armiranobetonskih linijskih nosača sa polukrutim vezama**, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, doktorska disertacija, 2015.
- [7] Dragan Zlatkov, Slavko Zdravković, Marina Mijalković, Biljana Mladenović, Tomislav Igić.: **Redistribution of the influences in systems with semi-rigid joints on elastic foundations**, FACTA UNIVERSITATIS, Series: Architecture and Civil Engineering, University of Niš, Vol.8, No 1, 225-234, 2010.
- [8] Elliott Kim S., Zuhairi Abd. Hamid: **Modernisation, mechanisation and industrialisation of concrete structures**, JohnWiley & Sons Ltd, UK, 2017.
- [9] Hillebrand, M.; Schmidt, M.; Wieneke, K.; Classen, M.; Hegger, J. **Investigations on Interface Shear Fatigue of Semi-Precast Slabs with Lattice Girders**. Appl. Sci., Vol.11, 11196, 2021.
- [10] Shane Newella, Jamie Goggins: **Experimental study of hybrid precast concrete lattice girder floor at construction stage**, Structures, Vol. 20, 866-885, 2019.

primljen: 16.01.2023.  
korigovan: 20.02.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 725.125(497.11:94)

## PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA KOMPLEKSA AMBASADE REPUBLIKE SRBIJE U KANBERI - ARHITEKTONSKO-URBANISTIČKI KONKURS

Aleksandra Cvetanović<sup>1</sup>, Danica Stanković<sup>2</sup>, Aleksandra Rančić<sup>3</sup>

**Rezime:** U radu je dat prikaz i analiza predloga arhitektonsko-urbanističkog rešenja kompleksa diplomatsko-konzularnog predstavništva Republike Srbije u Kanberi u Australiji. Autori prikazanog idejnog rešenja su autori rada. Idejno rešenje je izrađeno u skladu sa konkursnim zadatkom, programskim zahtevima, potencijalima lokacije i trendovima razvoja. Spratnost novoplaniranog objekta je Po+P+1. U funkcionalnom sklopu objekat ambasade sadrži sledeće zone: ambasadu sa konzularnim odeljenjem, stambene jedinice za zaposlene i rezidenciju ambasadora. Poluatrijumska forma objekta omogućila je kreiranje arhitektonski raznolikih ambijenta u središnjoj zoni objekta. Mase su jednostavne, čiste, proistekle iz izohipsa terena u padu. Funkcija prati teren, a forma prati funkciju. Oblikovanje je proisteklo iz ideje i potrebe da se prikaže i slavi tradicija srpske arhitekture, a kao inspiracija poslužio je period moderne 20. veka u Srbiji i Beogradu.

**Ključne reči:** ambasada, diplomatsko-konzularno predstavništvo, tradicija, moderna

## CONCEPTUAL DESIGN OF THE REPUBLIC OF SERBIA EMBASSY COMPLEX IN CANBERRA - ARCHITECTURAL-URBAN COMPETITION

**Abstract:** The paper presents and analyses the design proposal for the architectural-urban complex of the diplomatic and consular representative office of the Republic of Serbia in Canberra, Australia. The authors of the presented conceptual design are the authors of the paper. The conceptual design was created in accordance with the competition assignment, program requirements, the potential of the location, and development trends. The newly planned building has a ground level and one floor. Functionally, the embassy building contains the following zones: the embassy with the consular department, housing units for employees, and the ambassador's residence. The semi-atrium form of the building made it possible to create architecturally diverse environments in the central area of the building. The masses are simple and clean, originating from the contour lines of the sloping terrain. Function follows the terrain and form follows function. The design arose from the idea and need to celebrate the tradition of Serbian architecture, and the period of modernism of the 20<sup>th</sup> century in Serbia and Belgrade was the inspiration.

**Key words:** Embassy, Diplomatic and Consular Representative Office, Tradition, Modernism

---

<sup>1</sup> Mast. inž. arh., istraživač pripravnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [aleksandra.cvetanovic@gaf.ni.ac.rs](mailto:aleksandra.cvetanovic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>2</sup> Dipl. inž. arh., redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs](mailto:danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>3</sup> Dipl. inž. arh., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [aleksandra.rancic@gaf.ni.ac.rs](mailto:aleksandra.rancic@gaf.ni.ac.rs)

## 1 UVOD

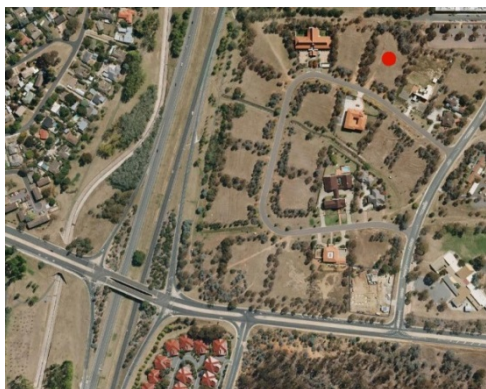
Diplomatski objekti u inostranstvu su više od kancelarija, rezidencija, mesta okupljanja i skloništa. Oni predstavljaju jednu zemlju izvan njenih granica. Ambasade su simboli identiteta, vrednosti i težnji jednog naroda [1].

Arhitektura ambasada se u tom smislu može posmatrati i ispitivati kao kulturni resurs, koji ima moć uticaja na međunarodne odnose i odražava težnje politike kulturne razmene [2].

Motivacija za pisanje ovog rada potiče iz nedovoljne obrađenosti teme arhitekture ambasada i njene važnosti, s obzirom na to da su ambasade lice i prva granica jedne zemlje. U ovom radu će kroz analizu i diskusiju biti prikazano konkursno rešenje autora rada za kompleks diplomatsko-konzularnog predstavnštva Republike Srbije u Kanberi.

## 2 KOMPLEKS AMBASADE REPUBLIKE SRBIJE U KANBERI, AUSTRALIJA

Maja 2018. godine raspisan je arhitektonsko-urbanistički konkurs za izbor idejnog rešenja za izgradnju kompleksa diplomatsko-konzularnog predstavnštva Republike Srbije u Kanberi. Konkurs je bio sproveden kao otvoreni, projektni, jednostepeni, anonimni arhitektonski konkurs sa ciljem da se u skladu sa konkursnim zadatkom, programskim zahtevima, potencijalima lokacije i trendovima razvoja, izabere najadekvatnije rešenje kompleksa diplomatsko-konzularnog predstavnštva Republike Srbije u Australiji. Od novog objekta očekivalo se da bude sprovodljiv, da ponudi kvalitetno rešenje u kontekstu okruženja, da bude funkcionalan i da rešenje bude uverljivo argumentovano [3].



*Slika 1 – Položaj lokacije budućeg kompleksa Ambasade Republike Srbije u četvrti Dikin, konkursna dokumentacija*

### 2.1 ARHITEKTURA AMBASADA

Zgrade ambasada su fizička reprezentacija nacija u inostranstvu, i, još značajnije, njihovih odnosa sa drugim zemljama [4,5]. U najboljem slučaju, ambasade mogu postaviti temelje za izgradnju dobrih odnosa među narodima, dok u najgorem slučaju mogu pogoršati već teške odnose [4].

Objekti ambasada za razliku od drugih tipologija imaju ekstrateritorijalne privilegije, što znači da na parceli u vlasništvu vlade strane zemlje može da se projektuje i gradi akontekstualno [6], međutim to treba učiniti sa poštovanjem prema zemlji domaćinu. Ambasade su fizičko okruženje diplomatije, prezentuju jednu zemlju, one su izlog nacionalne umetnosti, kulture, i političke filozofije [7].

Objekti ambasada u projektantskom smislu su izuzetno kompleksni, naročito u pogledu organizacije i putanja zaposlenih i posetioca. Veoma su značajna pravila u interakciji zaposlenih diplomata i lokalnog osoblja i u povezanosti između različitih odeljenja [6].

### 2.2 LOKACIJA PLANIRANOG KOMPLEKSA AMBASADE

Lokacija planirana za novoprojektovani kompleks ambasade nalazi se u Kanberi, glavnom gradu Australije. Administrativno, Kanbera se sastoji od niza gradskih i prigradskih naselja hijerarhijski organizovanih u distrikte. Postoji sedam stambenih distrikta, od kojih je svaki podeljen na manje četvrti i predgrađa.

Karakter Kanbere suprotan je stereotipima savremenih metropola, posebno glavnih gradova – to je grad zelenila, bez nebodera, društvene vreve i saobraćajnih gužvi, visokog urbanog standarda za sopstvene stanovnike i sa malim brojem turista.

U Kanberi su diplomatska predstavnštava smeštena u tri diplomatska kvarta: Yarralumla, Deakin i O'Malley. Diplomatska četvrt Dikin, u kojoj će se nalaziti i Ambasada Republike Srbije (slika 1), pripada Južnom delu Kanbere Central. Dikin je dominantno stambena četvrt visokog standarda stanovanja - niske spratnosti, male gustine, sa značajnim i vrednim zelenilom, kako javnim tako i u okviru pojedinačnih parcela.

U okviru četvrti Dikin registrovano je i nekoliko zaštićenih objekata istorijskog arhitektonskog nasleđa Australije, između ostalog i Canberra Girls' Grammar School (1928) kao primer međuratne Old English style arhitekture, jedan od samo par u Kanberi, dok su The Lodge i Royal Australian Mint, registrovani kao značajno istorijsko arhitektonsko nasleđe



Komonvelta. Četvrt Dikin je od posebnog značaja za grad i simbol je međunarodne saradnje Australije. Nova izgradnja u Dikinu treba da podržava njegov značaj i karakter kao diplomatskog kvarta.

Blok u okviru koga je predviđena lokacija budućeg kompleksa Ambasade Republike Srbije u ulici Bil Krezent br.6 nalazi se u zapadnom delu četvrti Dikin i ograničen je ulicama Yarra Glen na zapadu, Denison Street na istoku, King Street na severu i Carruthers Street na jugu.

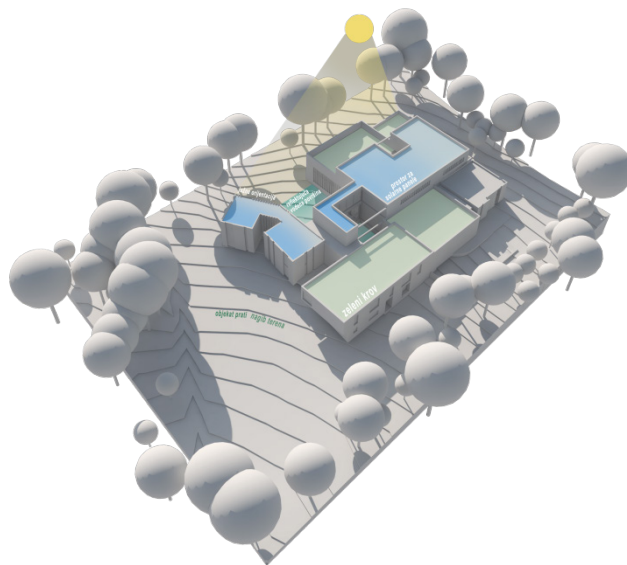
Parcela planirana za izgradnju Komplexa Ambasade Republike Srbije u ulici Bil Krezent br.6, sa pristupom iz iste ulice, je ukupne površine 5.549 m<sup>2</sup>. Namena parcele je isključivo za potrebe izgradnje Komplexa diplomatske misije Republike Srbije, sa službenom rezidencijom akreditovanog predstavnika misije, ili za sve, ili bilo koju od navedenih namena. Pešački i kolski pristup budućem Komplexu Ambasade Republike Srbije je iz ulice Bil Krezent preko koje je, dalje, ulicama Denison Street, Yarra Glen i Adelaide Ave, lokacija povezana sa gradskim centrom. Ulica Bil Krezent je lokalna pristupna kolsko-pešačka saobraćajnica, niske saobraćajne frekvencije, bez prisustva javnog gradskog saobraćaja.

Pretežna vrsta visokog zelenila u okviru parcele su zimzelena stabla eukaliptusa, što je karakteristika i za celu Kanberu dok su, u značajno manjem broju, na lokaciji prisutne i autohtone vrste listopadnog drveća. Na predmetoj lokaciji postoje neke vrste drveća pod zaštitom i zone stabala od značaja koje je bilo obavezno zadržati. Kanbera je projektovana kao vrtni, zeleni grad i značajno prisustvo raznovrsnog zelenila na čitavoj teritoriji predstavlja zaštitni znak grada. Predmetna parcela opremljena je svim potrebnim infrastrukturnim priključcima: vodovod, kanalizacija: kišna i fekalna, elektroenergetski i gas [3].



*Slika 2 – Dikin - pogled preko Canberra Girls' Grammar School ka jezeru Berli Griffin, konkursna dokumentacija*

### 2.3 PROJEKTANTSKI KONCEPT AMBASADE



*Slika 3 – Šematski prikaz objekta na parceli, zelenih krovova i krovova sa solarnim panelima, autorski tim*

Predloženim rešenjem novoprojektovani objekat je smešten u prednjem delu parcele u granicama zadatih građevinskih linija, a svojim gabaritom i položajem oslobađa prostor dvorišta u njenom zadnjem-severnom delu ka granici parcele (slika 3), gde je smeštena sportsko/rekreativno/relksirajuća zona, zeleni vrt sa sportsko-rekreativnim sadržajima: terenom za tenis i terenom za basket. S obzirom na to da je Kanbera projektovana po uzoru na koncept vrtog grada i predstavlja grad bašti i zelenila, predloženo je parterno uređenje parcele i pejzažno uređenje slobodnih i zelenih površina koje naglašava i poštuje pomenutu činjenicu (slika 4). Uređenje partera i slobodnih površina potpuno je u skladu sa ambijentom u kome se objekat nalazi [8].

Konkursnim zadatkom naglašeno je da rešenja moraju da zadovolje i zahteve u pogledu pristupa parceli i pojedinačnim sadržajima kompleksa, funkcionalne povezanosti određenih prostora i sadržaja međusobno, kao i sigurnosno-bezbednosne zahteve kompleksa u celini i pojedinih prostora, što je predloženim rešenjem i postignuto.

Takođe je korišćen ekološki i energetski odgovoran projektanski pristup, afirmativan u odnosu na energiju iz obnovljivih izvora.

Predmetna parcela nalazi se na izuzetnoj lokaciji i zbog toga je posebna pažnja posvećena makro i mikro vizurama i tome kako kompleks izgleda iz različitih pravaca sa kojih je moguće sagledavanje.



*Slika 4 – Situacioni plan, autorski tim*

Kompleks Ambasade Republike Srbije sastoji se od tri funkcionalne celine: Ambasade sa konzularnim odeljenjem, stambenih jedinica za službenike i Rezidencije ambasadora, povezanih uređenim spoljnim površinama različitih namena. Na slici 4 (slika 4) različitim bojama su naznačene različite funkcionalne zone objekta. Sivom bojom označen je prostor Ambasade sa konzularnim odeljenjem, a samo konzularno odeljenje naznačeno je žutom bojom. Plavo su označene stambene jedinice za službenike

ambasade, a crvena je zona rezidencije ambasadora. Centralni plavo naznačeni prostori predstavljaju vodenu površinu - bazen.

Kod prednje južne strane objekta organizovan je reprezentativni pristupni plato sa kontrolom ulaza i pet parking mesta na parceli. Ostatak parkiranja i servisno-tehničke prostorije smešteni su u podrumskoj etaži. Na slici 4 mogu se uočiti naznačeni ulazi: samoj parceli pristupa se jednim kolskim ulazom, a postoje i dva pešačka ulaza.



Slika 5 – Osnova prizemlja, autorski tim



Slika 7 – Osnova prvog sprata, autorski tim



Slika 6 – Osnova međusprata, autorski tim

Sam objekat ima 7 odvojenih ulaza. U stambene jedinice i rezidenciju, iako su integrisane u objekat, može se pristupiti nezavisnim ulazima.

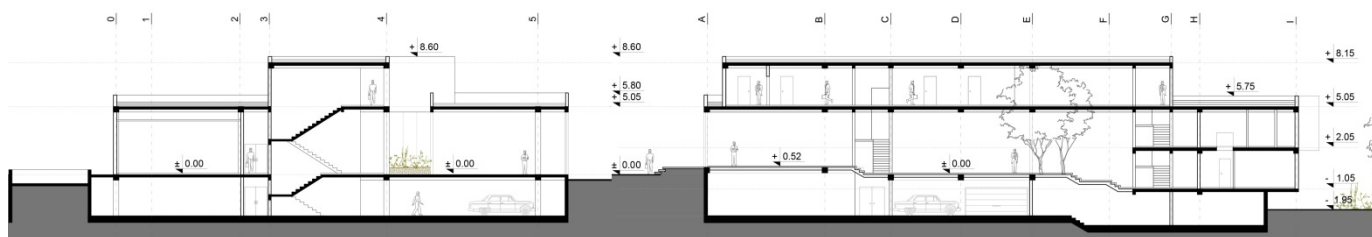
Fizička struktura u okruženju je spratnosti P do P+2, pa je novoprojektovani objekat stoga sastavljen iz podruma, prizemlja i jednog sprata. Zbog nagiba terena, javila se mogućnost za umetanje međusprata u zadnjem delu objekta, pa je objekat konačne spratnosti P+1 (slika 8).

Sadržaji su, u okviru parcele i međusobno, organizovani tako da je prostor Ambasade pozicioniran kao primaran u delu parcele orijentisanom ka ulici. Pešački pristup stanovima za zaposlene je preko kapije za Konzularno odeljenje sa jasno diferenciranim razdvajanjem u okviru kompleksa. Na osnovama prizemlja i međusprata (slika 5 i 6) uočava se dominantan reprezentativni deo ambasade: prijemni prostor sa malim salonom sa leve strane, visinski i atrijumom odvojeni od velikog salona sa trpezarijom. Veliki salon omogućava sve funkcionalne, tehničke i ambijentalne uslove za veće i manje prijeme, kamernе koncerte, izložbe i slično. Pozicioniran je na način da bude neposredno povezan sa reprezentativnim delom vrta namenjenog gostima i ima vizure ka vodenoj površini. Reprezentativni deo



Ambasade je sa poslovno-administrativnim delom Ambasade povezan preko komunikacije koja je istovremeno i jedini pristup poslovno-

administrativnom delu Ambasade na prvom spratu (slika 7). Konzularno odeljenje nalazi se u prizemlju.



*Slika 8 – Preseci kroz objekat i prikaz konstruktivnog rešenja, autorski tim*

## 2.4 OBLIKOVANJE I MATERIJALIZACIJA

U oblikovanju je preovladala težnja da objekat bude jedna celina, ali da njegovi delovi budu očigledno razdvojeni. U središtu objekta nalazi se vodena površina koja razdvaja, ali i integriše sadržaje različitih namena (slika 12). Mostovi na vodenoj površini povezuju različite funkcije. Objekat se sastoji iz nekoliko masa koje se razlikuju, kako po visini tako i po materijalizaciji (slika 9).

Korišćeno je drvo, beton i bele površine. Izbegavan je monovolumen, da bi se pobeglo od utiska predimenzionisanosti u odnosu na okruženje. Mase su jednostavne, čiste, proistekle iz izohipsa terena u padu. Funkcija prati teren, a forma prati funkciju, i na taj način se uspostavlja sinhronizacija. Masa konzularnog odeljenja je jasno odvojena od Ambasade, a na drugoj strani su stambeni prostori, drugačije tretirani, sa manje stakla, ali dovoljno otvora da se iskoriste dobre vizure ka vrtu (slika 10).



*Slika 9 – Pogled na objekat sa pristupne ulice (prednja fasada), autorski tim*



*Slika 11 – Pogled na objekat sa prednje strane- noćni prikaz, autorski tim*



*Slika 10 – Pogled na objekat iz dvorišta (zadnja fasada – stambene jedinice i rezidencija), autorski tim*



*Slika 12 – Pogled na objekat kod vodene površine, autorski tim*



Oblikovanje je proisteklo iz ideje i potrebe da se prikaže i slavi tradicija srpske arhitekture, a kao inspiracija poslužio je period moderne arhitekture 20. veka u Srbiji i Beogradu. Na ovaj način je postignuto savremeno arhitektonsko-urbanističko oblikovanje prostora uz pažljivo uključivanje elemenata i karakteristika tradicionalne arhitekture sa područja Srbije.

U okruženju dominiraju svetli tonovi u završnim obradama fasada, pa je u tom duhu i novoprojektovani objekat svetlih tonova. Deo krovnih površina je ozelenjen, a deo prekriven solarnim panelima [9].

Predloženo je i rešenja za ograđivanje kompleksa i spoljno osvetljenje, u skladu sa kontekstualnim vrednostima lokacije (slika 11).

### 3 ZAKLJUČAK

U ovom radu detaljno je predstavljeno konkursno arhitektonsko-urbanističko rešenje izrađeno 2018. godine za projekat kompleksa diplomatsko-konzularnog predstavništva Republike Srbije u Kanberi. Kompleks Ambasade projektovan je u skladu sa lokacijom na kojoj se nalazi, naglašavajući simbolizam zemlje koju predstavlja u duhu savremene arhitekture. Može se doneti zaključak da, iako su ambasade objekti koji zahtevaju posebne stroge uslove za projektovanje, predstavljaju veoma interesantnu i kreativnu temu - moć simbolizma u arhitekturi ambasada je impresivna i može u velikoj meri uticati na percepciju zemlje koju predstavlja u stranoj državi i svetu. Arhitektura ambasade jedne zemlje zaista predstavlja kulturni resurs koji ima moć uticaja i na bilateralne odnose sa jasnim ciljevima koji odražavaju težnje politike kulturne razmene. Ove tipologija objekata može imati snažan uticaj po više osnova, a prvenstveno na prostornu interakciju i nacionalnu reputaciju i odražava vrednosti i identitet jedne države u određenom vremenskom periodu.

Rad na ovoj temi dovodi do zaključka da je arhitektura diplomatskih objekata nedovoljno obrađena kroz literaturu i nameće niz potencijalnih mogućnosti za dalja istraživanja.

### LITERATURA

- [1] The American Institute of Architects: **Design for Diplomacy. New Embassies for the 21st century**, 2009.
- [2] Filipović Ivan: **Soft Power Architecture: Mechanisms, Manifestations and Spatial Consequences of Embassy Buildings and**

**Exported Ideologies.** *Graduate School of Science and Technology Keio University*, 2021.

- [3] Konkursna dokumentacija: [6 Konkursna dokumentacija.pdf \(dab.rs\)](#) (12.01.2023.)
- [4] Dimitrova Guenova Natasha, **Form follows values Explaining Embassy Architecture.** *The University of Tennessee, Knoxville*, 2012.
- [5] Webster, Craig: **Commonwealth Diplomatic Missions: A comparative empirical investigation of the foreign policy of five commonwealth members.** *The Round Table*, 2001.
- [6] <https://www.gradnja.rs/filipovic-znacaj-ambasada-kao-soft-power-arhitekture/> (15.01.2023.)
- [7] Loeffler, Jane C.: **The Architecture of Diplomacy. Building America's Embassies.** *New York, Princeton Architectural Press*, 1998.
- [8] Jovanović Goran, Stanimirović Mirko: **Pet projektantskih načela.** *Nauka + Praksa*, Vol. 21, 71-76, 2018.
- [9] Milanović Danijela et al.: **Pregled regulative i preporuke za primenu zelenih krovova.** *Nauka + Praksa*, Vol. 22, 12-19, 2019.

primljen: 20.01.2023.  
korigovan: 28.02.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

izvorni naučni rad

UDK : 556.53:551.583(497.11)

## PRIPREMA KLIMATOLOŠKIH PODLOGA ZA OCENU PROSEČNIH PROTOKA U USLOVIMA BUDUĆE KLIME U SLIVU JUŽNE MORAVE

Nikola Đokić<sup>1</sup>, Borislava Blagojević<sup>2</sup>

**Rezime:** Digitalne karte padavina i temperatura vazduha su bitan rezultat simulacije klime za hidrološke analize kroz klimatske modele. U radu se obrađuju rasterski podaci jednog regionalnog klimatskog modela (EBU-POM) i jednog globalnog modela (EC-Earth3-Veg). Cilj rada je formiranje podloga za ispitivanje uticaja klimatskih promena na srednje vode u gornjem i srednjem toku Južne Morave. Istraživanjem je obuhvaćen način prenošenja rasterskih podataka koji predstavljaju vrednosti prosečnih godišnjih padavina i temperatura na područje dvadeset slivova do profila hidroloških stanica u periodu 1970-2100. godina. Korišćene su različite tehnike u GIS okruženju radi razgraničenja slivova i usklađivanja vremenskih i prostornih podloga. Verifikacija podataka dobijenih iz dva klimatska modela izvršena je na osnovu osmotrenih vrednosti na lokacijama klimatoloških stanica. Rezultati ukazuju da globalni klimatski model, zbog bolje prostorne rezolucije, daje nešto bolje rezultate u periodu verifikacije u odnosu na regionalni model, koji pak ima bolju vremensku rezoluciju.

**Ključne reči:** rasterski klimatološki podaci, srednja godišnja temperatura vazduha, godišnja suma padavina, EC-Earth3-Veg, EBU-POM, sliv Južne Morave

## PREPARATION OF RASTER CLIMATE DATA FOR ESTIMATING MEAN FLOWS IN THE FUTURE CLIMATE CONDITIONS IN THE JUŽNA MORAVA RIVER BASIN

**Abstract:** Digital maps of precipitation and air temperature are an important result of climate simulation for hydrological analyses obtained by climate models. The raster data from one regional climate model (EBU-POM) and one global model (EC-Earth3-Veg) are used in this research. The research goal is to create data for investigating the impact of climate change on mean flows in the upper and middle reaches of the Južna Morava river basin. This research includes investigating raster data representing values of average annual precipitation and temperature transfer models to twenty catchments of hydrological stations in the period 1970-2100. Various techniques were used in the GIS environment for catchment delineation, and harmonization of temporal and spatial data sources. The verification of the data obtained from the two climate models was done according to gauged data at climatological stations. The results indicate that the global climate model, due to its better spatial resolution, gives somewhat better results in the verification period compared to the regional model, which in turn has a better temporal resolution.

**Key words:** Raster Climatological Data, Mean Annual Air Temperature, Annual Precipitation Sum, EC-Earth3-Veg, EBU-POM, The Južna Morava River Basin

<sup>1</sup> Student DAS, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, nikolavdjokic995@gmail.com

<sup>2</sup> Doc. dr, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Klimatske promene se sve češće pominju u javnosti s obzirom na njihov sve izraženiji negativan uticaj na prirodu i društvo. Dokazano je da su one najčešće izazvane ljudskom aktivnošću [1]. Posledice promene klime se primarno odnose na povećanje temperature vazduha usled povećanja koncentracija ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferi zbog korišćenja fosilnih goriva, što dalje povećava efekat staklene bašte. Neke od posledica povećanja temperature su topljenje glečera, porast nivoa mora i intenzivnija pojava ekstremnih meteoroloških i hidroloških događaja [2].

Klimatske promene imaju dve komponente: prostornu i vremensku. Obe komponente su nelinearne i prikazuju se preko srednjih vrednosti, ekstrema ili drugih pokazatelja meteoroloških uslova u nekom vremenskom opsegu na određenoj lokaciji ili teritoriji [3]. Prostorna komponenta ima značajnu ulogu u analizi režima rečnog toka na nekom slivu, s obzirom da su uslovi formiranja oticaja promenljivi po površini sliva i zbog drugih činioca, npr. reljefa, pedoloških i geoloških karakteristika tla.

Pređašnje upravljanje vodama bilo je konzervativno jer se oslanjalo isključivo na istorijske podatke, pri čemu se pretpostavljala njihova stacionarnost kroz vreme. Novi pristup uzima u obzir promenljive klimatske podatke u procesu planiranja i projektovanja vodoprivrednih sistema [4], kroz kompleksne modele.

Kompleksni (klimatski) modeli koriste različite izvore i podatke u cilju praćenja klimatskih promena. Svi klimatski modeli (globalni i regionalni) imaju određenu dozu neizvesnosti u proceni promene klime – modeli nisu savršeni. Nesavršenost pre svega proizilazi iz nedovoljne spoznaje ponašanja svih procesa koji utiču na komponente klime. Kako se mnogi parametri modela ne mogu predvideti sa sigurnošću, definisani su različiti scenariji kako bi se približno definisao mogući raspon klimatskih promena [5].

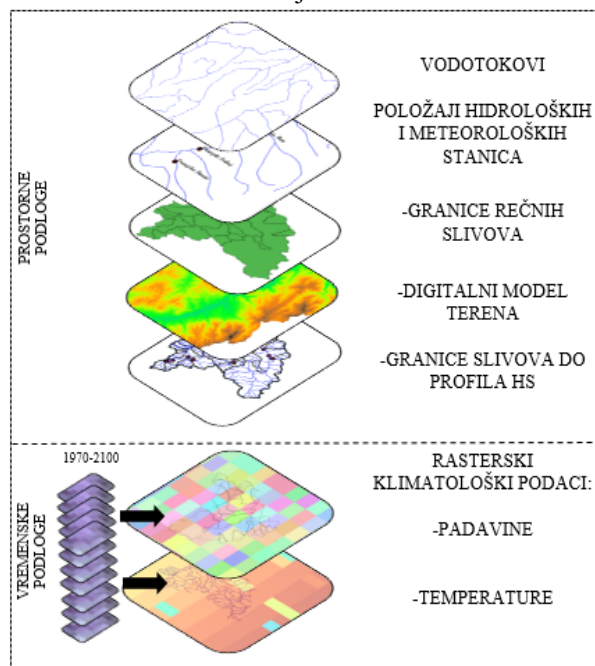
Globalni klimatski modeli (GKM) imaju generalno grubu rezoluciju, zbog čega se kod razmatranja određenih, manjih područja, koriste regionalni klimatski modeli (RKM), koji u osnovi imaju bolju rezoluciju [6]. Prvobitni GKM imali su veliku rezoluciju 150-300 km, čime je bilo onemogućeno vršenje ispitivanja klimatskih promena na regionalnom i lokalnom nivou [7].

U ovom radu razmatrani su rasterski podaci koji predstavljaju vrednosti prosečnih godišnjih padavina i temperatura dobijenih iz jednog GKM i jednog RKM. Prvi model obuhvata podatke iz poslednjeg, šestog, a drugi iz četvrtog izveštaja [1, 19] Međunarodnog panela o klimatskim promenama (IPCC). Prenošenje rasterskih podataka iz ovih klimatskih modela na nivo rečnog sliva, prikazano je za dvadeset slivova u gornjem i srednjem toku Južne Morave, čije se površine kreću u opsegu od 95 do 9396 km<sup>2</sup>. Cilj istraživanja je formiranje podloga i utvrđivanje pogodnosti razmatranih klimatoloških modela za ispitivanje uticaja klimatskih promena na prosečne vode u pogledu pouzdanosti ulaznih podataka – podloga. Istraživanje je urađeno u GIS okruženju, zbog postojanja brojnih GIS aplikacija razvijenih ciljano za primenu u hidrologiji, te je npr. moguće izvršiti ekstrapolaciju podataka dobijenih merenjem u tačkama (profili hidroloških, klimatskih i meteoroloških stanica) na šira područja, primenom odgovarajućih algoritama [8].

## 2 METODOLOGIJA

### 2.1 PREGLED RASPOLOŽIVIH PODLOGA I PODATAKA

Istraživanje je urađeno na podlogama i podacima koji se mogu pronaći u javno dostupnim izvorima. Slika 1 ilustruje prostorne i vremenske podloge korišćene u ovom istraživanju.



Slika 8 – Digitalne podloge korišćene u istraživanju

Podloge koje su korišćene u ovom radu sistematizovane su u tabeli 1.

*Tabela 1 – Pregled podloga korišćenih u istraživanju*

Vrsta podloge	Model podataka	Period	Naziv podloge	Izvor
Prostorna	Vektorski	-	Rečna mreža Republike Srbije	[9]
Prostorna	Vektorski	-	Položaji hidroloških (HS) i klimatoloških stanica (KS)	[9], [10]
Prostorna	Vektorski	-	Granice rečnih slivova	[9]
Prostorna	Rasterski	-	Digitalni model terena	[11]
Vremenska	Rasterski	1970-2100	Višegodišnje padavine i temperature iz baze klimatoloških podataka World Clim, za globalni klimatski model EC-Earth3-Veg	[12]
Vremenska	Rasterski	1970-2100	Mesečne padavine i temperature iz regionalnog klimatskog modela EBU-POM	[13]
Vremenska	Numerički	1970-2000	Osmotrene padavine i temperature za 6 KS	[9]

## 2.2 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je urađeno za područje slivova u gornjem i srednjem delu sliva Južne Morave, oblasti

na teritoriji Republike Srbije koja je najviše izložena klimatskim promenama [14].

U tabeli 2 dat je spisak dvadeset razmatranih slivova do profila hidroloških stanica (HS) obrađenih u ovom istraživanju.

*Tabela 2 – Spisak razmatranih slivova do profila HS*

Redni broj	Hidrološka stanica	Površina sliva A (km <sup>2</sup> )	Reka
1	Magovo	180	Toplica
2	Donja Selova	353	Toplica
3	Pepeljevac	986	Toplica
4	Prokuplje	1774	Toplica
5	Doljevac	2083	Toplica
6	Merćez	112.6	Lukovska
7	Svođe V	350	Vlasina
8	Vlasotince	972	Vlasina
9	Svođe L	318	Lužnica
10	Leskovac	500	Veternica
11	Pečenjevce	891	Jablanica
12	Pukovac	561	Pusta
13	Visoka	370	Kosanica
14	Korvingrad	9396	Južna Morava
15	Sijarinska Banja	95	Banjaska
16	Tupalovce	98.1	Kozarska
17	Vranjska Banja	108.3	Banjaska
18	Vladičin Han	3052	Južna Morava
19	Vranjski Priboj	2775	Južna Morava
20	Grdelica	3782	Južna Morava



### 2.3 RAZGRANIČAVANJE REČNIH SLIVOVA DO PROFILA HIDROLOŠKIH STANICA

Nivo prostorne obrade podataka u istraživanju jeste rečni sliv u profilu HS. Razgraničenje (delineacija) rečnih slivova urađena je u programskom paketu Quantum GIS verzija 3.16 (QGIS) kroz sledeće korake:

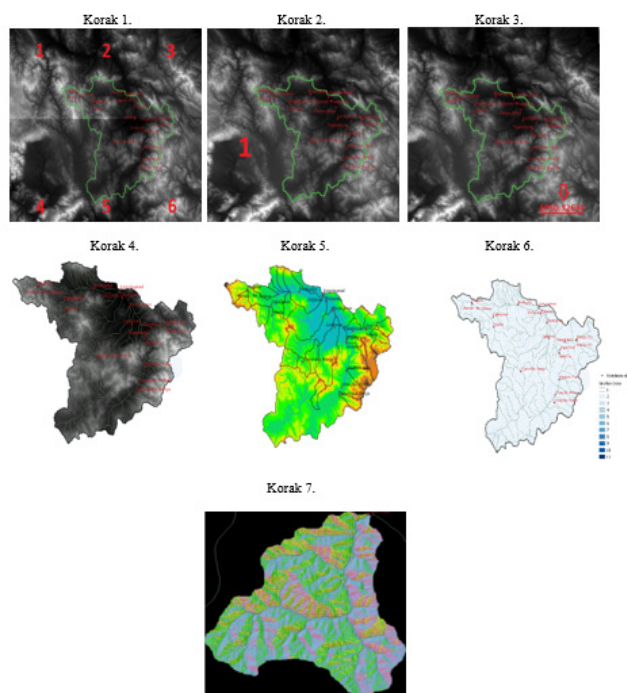
1. Preuzimanje DMT. Podacu su preuzeti iz javno dostupnog izvora [11] preko dodatka za QGIS *SRTM Downloader*;
2. Spajanje preuzetih karata. Korišćena je funkcija *Build Virtual Raster*;
3. Promena projekcije. Preuzeta rasterska slika je preprojektovana preko opcije *Warp*, u ciljnu projekciju WGS 84 / UTM zona 34N (EPSG:32634);
4. Ograničavanje područja na gornji i srednji tok Južne Morave. Korišćena je opcija *Clip raster by mask layer*;
5. Korekcija anomalija DMT. Upotrebljen je alat *Fill Sinks (wang & liu)* [15]. U ovom koraku je adekvatnim izborom boja i klasa stvorena i predstava reljefa terena;
6. Prepoznavanje rečne mreže. Alatom *Strahler Order* (Straleroov rang vodotoka) određeni su pikseli kojima se voda drenira sa slivova – vodotokovi;
7. Određivanje podslivova. Dobijanje podslivova i rečne mreže u vektorskom obliku sprovedeno je funkcijom *Channel Network and Drainage Basins* iz paketa *Saga*;
8. Automatska delineacija sliva. Korišćenjem funkcije *Upslope Area* izvršeno je izdvajanje pripadajućeg sliva do profila HS.

Slika 2 ilustruje primer primene prvih sedam koraka u opisanom postupku automatske delineacije slivova.

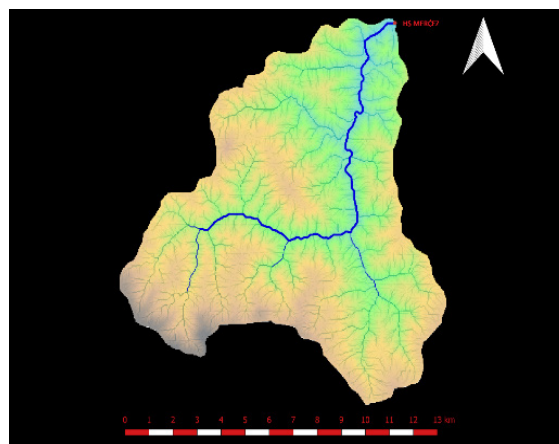
Na slici 3 prikazan je poslednji, osmi korak u procesu automatske delineacije sliva do profila HS, na primeru HS Merčez na Lukovskoj reci.

Automatska delineacija slivova u QGIS-u nije bila moguća za sve razmatrane HS u ovom istraživanju, zbog slabijih karakteristika korišćenog računara u odnosu na konfiguracije koje se koriste za zahtevnije obrade slika. Konkretno, istraživanje je sprovedeno na Lenovo ideapad 300 računaru sa sledećim osnovnim karakteristikama: hard disk (500 GB HDD), procesor (Intel Pentium Quad Core), RAM memorija 4GB (4GB (4GB x 1) DDR3L 1600MHz SDRAM),

grafička kartica (nVidia GeForce 920M sa 1GB DDR3).



Slika 9 - Primer sprovedenog postupka automatskog razgraničenja sliva do profila HS po koracima 1-7



Slika 10 - Automatski razgraničen rečni sliv do profila HS Merčez

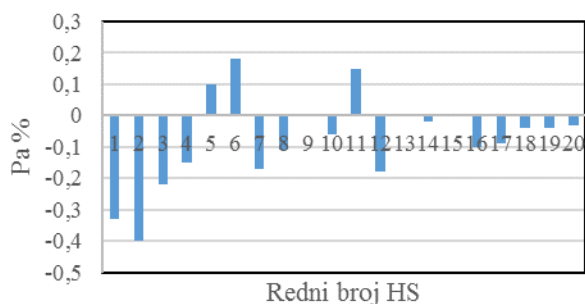
U slučajevima kada nije bilo moguće uraditi automatsko razgraničenje slivova, urađeno je standardno ('ručno') razgraničenje digitalizacijom vododelnice na osnovu DMT. Provera dobijenih granica slivova izvršena je poredjenjem njihovih površina sa podacima iz baze RHMZ-a (Slika 4). Na slici 5 su prikazani svi slivovi HS na izučavanom području. Ručna, pa u nekim slučajevima i

automatska delineacija slivova ponavljana je više puta jer i pored DMT nije lako odrediti granice slivova u zoni oko samih HS. Radi poređenja razlike dobijenih površina korišćena je procentualna razlika površina ( $Pa$ ) dobijena prema sledećoj formuli:

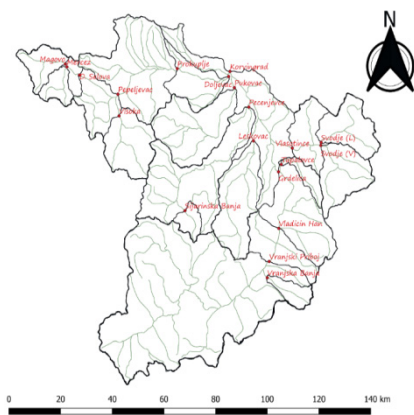
$$Pa = \frac{A_{SRAC} - A_{RHMZ}}{A_{RHMZ}} * 100\% \quad (1)$$

pri čemu je:

- $A_{SRAC}$  površina dobijena razgraničenjem sliva do profila HS,
- $A_{RHMZ}$  površina iz baze RHMZ-a.



Slika 11 – Procentualne razlike dobijenih površina slivova



Slika 12 - Granice slivova do profila HS na izučavanom području gornjeg i srednjeg toka sliva Južne Morave

U slučaju HS Svođe na Lužnici (tabela 2, br. 9), HS Sijarinska Banja na Banjskoj reci (tabela 2, br. 15) i HS Visoka na Kosanici (tabela 2, br.13), dobijene su identične površine kao i one koje su u bazi RHMZ. Višestrukom obradom i površine ostalih stanica svedene su približno na površine iz baze RHMZ. Vrednosti procentualnih razlika površina kreću se u opsegu od 0.18% do -0.4% i ukazuju na zanemarljiva odstupanja koja ne mogu imati uticaj na konačne rezultate istraživanja.

## 2.4 SVOĐENJE KLIMATOLOŠKIH PODATKA NA NIVO SLIVA

### 2.4.1 Globalni klimatski model

WC je baza globalnih klimatskih podataka visoke prostorne rezolucije. U istraživanju je korišćena verzija 2.1, objavljena januara 2020 [12]. Ova baza sadrži podatke 23 GKM i četiri različita scenarija projektovanih socioekonomskih globalnih promena do 2100. godine (*Shared Socio-economic Pathways (SSPs)*): SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0, i SSP5-8.5.

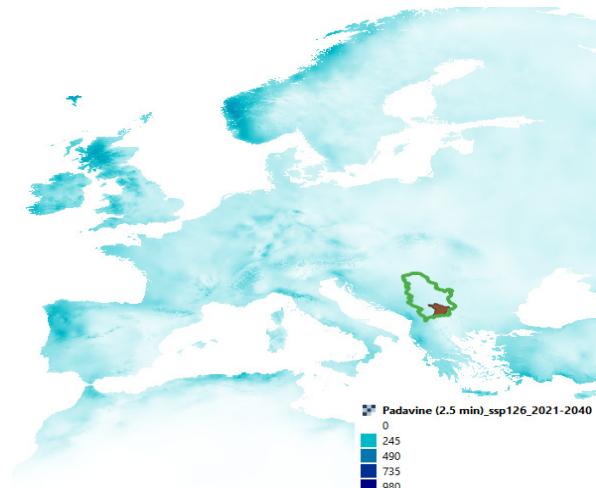
Rasterske podloge koje se mogu preuzeti sa stranice WC, dostupne su u prostornim rezolucijama izraženim u minutima (') i sekundama (") stepena geografske dužine i širine: 10', 5', 2,5', i 30''. Najbolju rezoluciju predstavljaju gridovi od po 30'' (~ 1 km<sup>2</sup>), međutim, ovi fajlovi su veoma obimni (više GB memorije) i zahtevaju bolje performanse računara kako bi se manipuliralo njima. Iz tog razloga, odabrana je nešto slabija, ali zadovoljavajuća rezolucija od 2,5' (~21 km<sup>2</sup>).

Pored podataka o prosečnim mesečnim temperaturama i ukupnim mesečnim padavinama, ova baza sadrži i podatke o 19 bioklimatskih varijabli. Predikcija je izvršena za četiri dvadesetogodišnja perioda:

1. Od 2021. do 2040,
2. Od 2041 do 2060,
3. Od 2061 do 2080,
4. Od 2081 do 2100.

Vrednosti padavina (mm) i temperatura (°C) na nivou sliva za različite periode, dobijene su korišćenjem alata *Zonal Statistics* u QGIS-u, preko čijeg algoritma se vrši proračun različitih statistika za podatke date u rasterskoj formi, preklapljenim sa granicama slivova u vektorskom obliku. Na ovaj način, automatski se dobijaju osrednjene vrednosti analiziranih parametara po slivovima.

WC je podatke o vrednostima klimatskih parametara koje se predviđaju u budućnosti preuzeo na osnovu CMIP6 (*Coupled Modelling Intercomparison project, phase 6*) aktuelnog u poslednjem, šestom Izveštaju IPCC [19], dok je razlaganje podataka (*engl. downscaling*), odnosno dobijanje podataka više iz podataka niže rezolucije, kao i popravka pristrasnosti (*engl. Bias correction*) urađena sa World Clim v2.1. Na slici 6 prikazan je primer rasterskog sloja podataka preuzetih iz WC.



Slika 13 - Grafički prikaz prognoziranih ukupnih godišnjih padavina izraženih u milimetrima za područje Evrope za period 2021-2040 (izvor: [12]). Zelenom bojom je označeno područje Srbije, a braon bojom izučavano područje

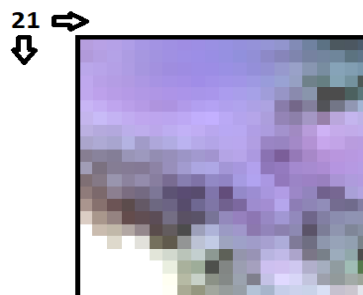
#### 2.4.2 Regionalni klimatski model

Regionalni klimatski model EBU-POM (Eta Belgrade University-Prinstone Ocean Model) [13] u potpunosti obuhvata teritorije Srbije i Crne Gore i deo teritorija okolnih zemalja. Predikcija buduće klime je sprovedena za dva različita klimatska scenarija – A1B i A2, prema četvrtom izveštaju Međunarodnog panela o klimatskim promenama (IPCC) [1]. Klimatski scenario A1B predstavlja umeren, a A2 scenario jačeg intenziteta. Ova podela je sprovedena na osnovu predviđenih koncentracija gasova staklene bašte. Podaci o padavinama i temperaturi su u NetCDF formatu, dostupni za dva perioda – period od 1951 do 2000 godine na osnovu kojih je sproveden eksperiment (referentni period) i period predikcije od 2001. do 2100. godine. Za ove periode moguće je preuzeti dnevne i/ili mesečne vrednosti prosečnih, minimalnih i maksimalnih temperatura, kao i ukupnu visinu padavina.

Za ovo istraživanje, preuzeti su mesečni podaci prosečnih temperatura i visina padavina za referentni period, počevši od 1970. godine, kako bi se napravilo poređenje sa podacima iz WC, i za ceo period predikcije, do 2100. godine. Preuzeti podaci se mogu učitati u rasterskoj formi u vidu grida sastavljenog od 421 polja, odnosno od 21 reda i 21 kolone (slika 7), rezolucije 0.25° x 0.25°.

S obzirom da je potrebno dobiti vrednosti temperatura i padavina po slivovima, potrebno je izvršiti preklapanje polja i slivova koji su dati u vektorskom obliku, kao što je učinjeno sa podacima iz WC. Međutim, u slučaju EBU-POM ovaj postupak

nije bilo moguće sprovesti zbog specifične organizacije podataka u vremenskim opsezima – bendovima (engl. Band).



Slika 14 - Prikaz mesečnih podataka o temperaturi preuzetih iz EBU-POM-a u rasterskoj formi

Za razliku od rešenja primenjenog u radu [16] gde je formirana rasterska maska površine sliva koja se sastoji od vrednosti 0 van sliva i 1 unutar njega, a zatim su dobijani podaci za sliv množenjem rastera temperatura ili padavina sa rasterom sliva, ovde je korišćen dodatak u QGIS-u pod nazivom *Value Tool*. Odabirom određenog piksela, dobija se tabelarni prikaz svih bendova, odnosno svih podataka o mesečnim vrednostima padavina i temperatura. Podaci su zatim izvoženi u Excel i dalje obrađivani u njemu - sračunate su prosečne vrednosti za različite periode koje poseduje svaki od piksela. Svođenje podataka za sliv urađeno je precizno: GIS funkcijom *Overlap Analysis*, određen je procenat učešća svakog piksela u odgovarajućoj površini sliva, a zatim su u Excelu prosečne vrednosti padavina i temperatura svakog piksela množene njegovim učešćem u površini sliva i sumirane za konačni rezultat.

#### 2.5 VERIFIKACIJA KLIMATOLOŠKIH PODATKA

Verifikacija podataka o temperaturi i padavinama dobijenim iz WC i klimatskog modela EBU-POM sprovedena je poređenjem osmotrenih vrednosti u tačkama klimatoloških stanica (KS) sa vrednostima u ćelijama gridova u okviru kojih se nalaze KS.

U pogledu padavina, analizirani su osmotreni podaci i podaci iz klimatoloških modela na 6 KS za period od 1980 do 1982 godine (Prokuplje, Babušnica, Bujanovac, Kukavica, Vlasotince i Predejane). U istom periodu, analizirane su i osmotrene temperature vazduha i one dobijene iz klimatskog modela EBU-POM. Verifikaciju podataka o temperaturama vazduha za slučaj GKM (WC), nije bilo moguće sprovesti za ovaj period, s obzirom da je iz WC moguće jedino preuzeti srednju vrednost za

period 1970-2000 po kalendarskim mesecima (januar, februar...). Zbog toga je verifikacija za WC sprovedena sumarno za period 1970-2000 i upoređena sa odgovarajućim vrednostima iz klimatskog modela EBU-POM.

### 3 REZULTATI

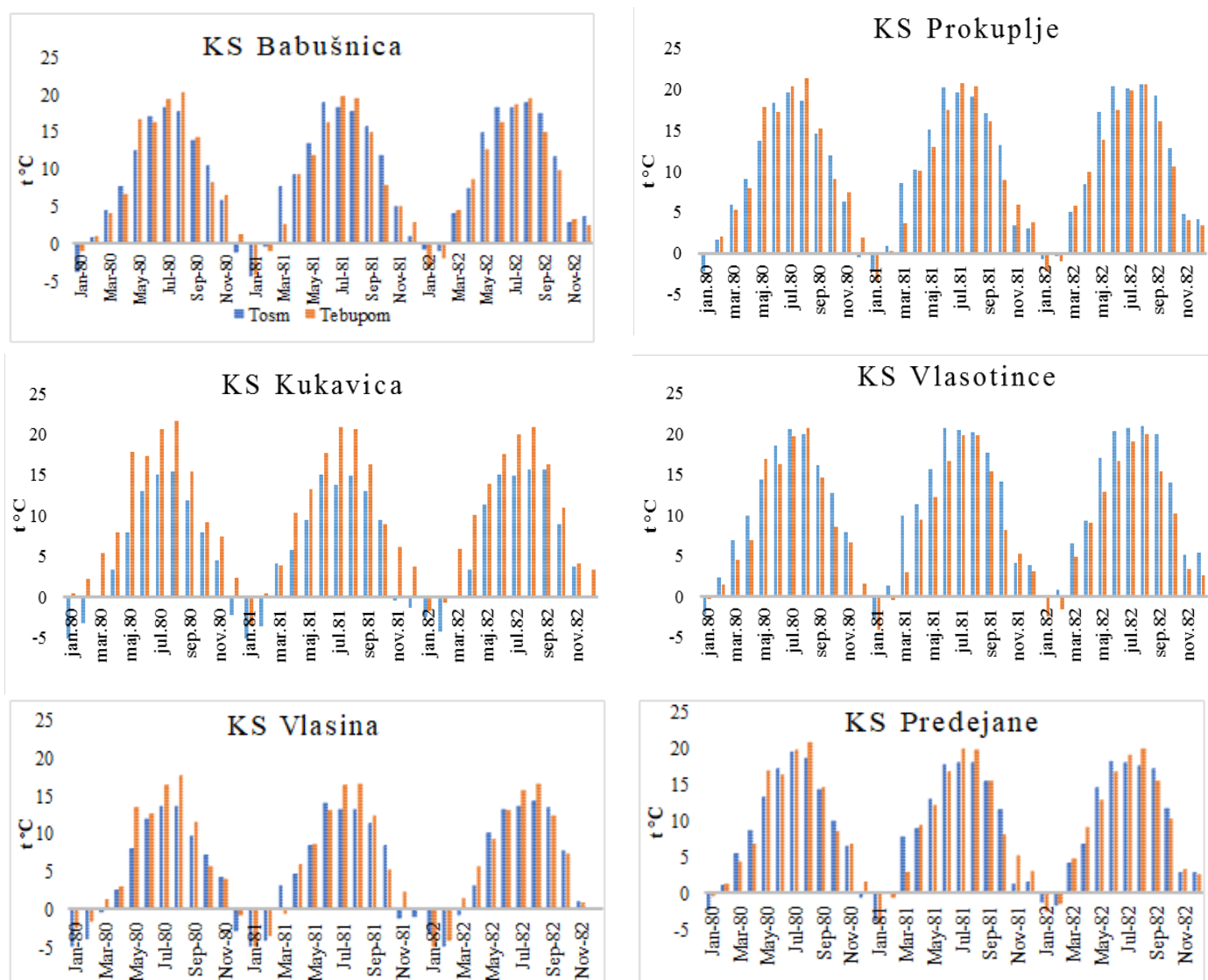
### 3.1 KLIMATOLOŠKI PODACI NA LOKACIJAMA KLIMATOLOŠKIH STANICA

Rezultati verifikacije podataka o padavinama na 6 KS za period od 1980 do 1982 godine prikazani su na slici 8. U istom periodu, uporedni prikaz osmotrenih temperatura vazduha i onih dobijenih iz klimatskog modela EBU-POM, dat je na slici 9.



Slika 15 - Mesečne padavine za period 1980-1982 na osnovu tri različita izvora podataka

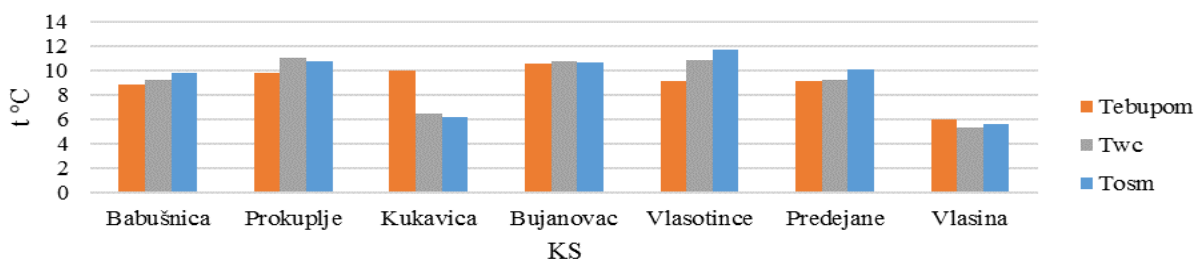




Slika 16 - Vrednosti mesečnih temperatura za period 1980-1982 na osnovu dva različita izvora podataka

Rezultati verifikacije temperature vazduha u periodu 1970-2000 prikazani su na slici 10 za GKM iz

WC baze, uz vrednosti dobijene iz RKM EBU-POM, radi poređenja rezultata .

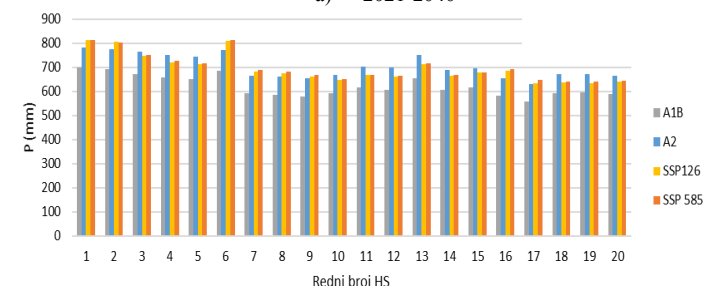


Slika 17 - Vrednosti srednjih višegodišnjih temperatura na kontrolnim KS za period 1970-2000 dobijenih iz tri različita izvora podataka

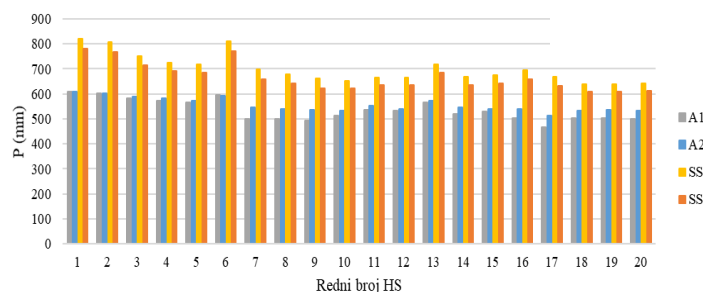
### 3.2 PADAVINE I TEMPERATURE U BUDUĆIM USLOVIMA NA REČNIM SLIVOVIMA

Vrednosti srednjih višegodišnjih padavina i temperatura dobijenih u istraživanju na osnovu podataka iz EBU-POM-a i podataka iz WC za 20 HS

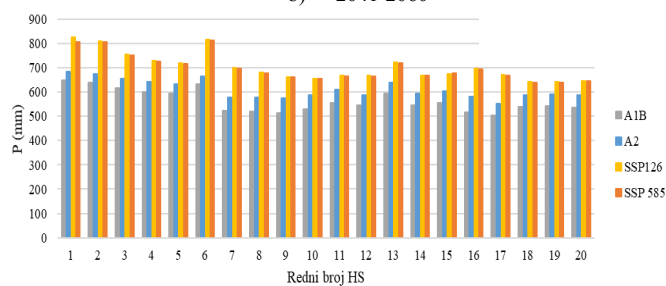
a) 2021-2040



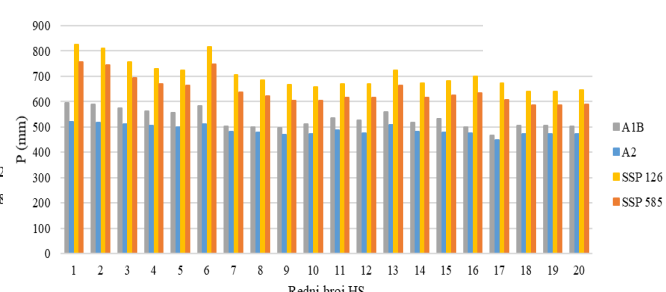
c) 2061-2080



b) 2041-2060

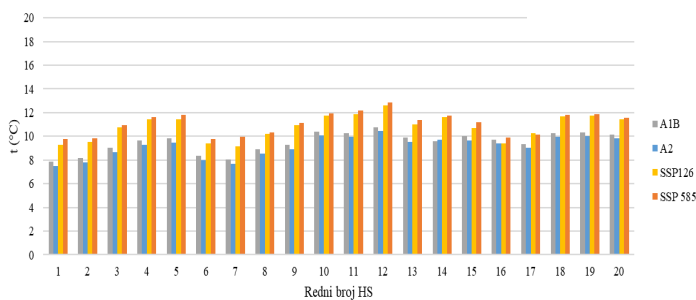


d) 2081-2100

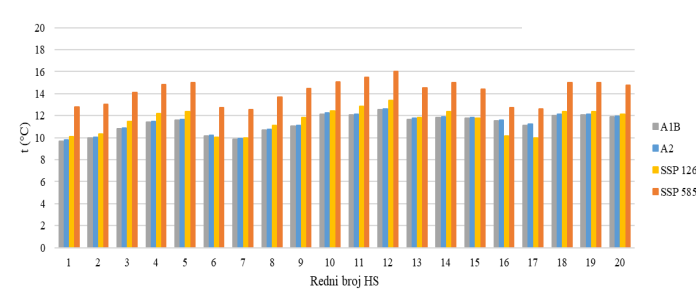


Slika 18 – Vrednosti padavina na slivovima HS dobijenih na osnovu podataka iz EBU-POM-a i WC za četiri perioda predikcije

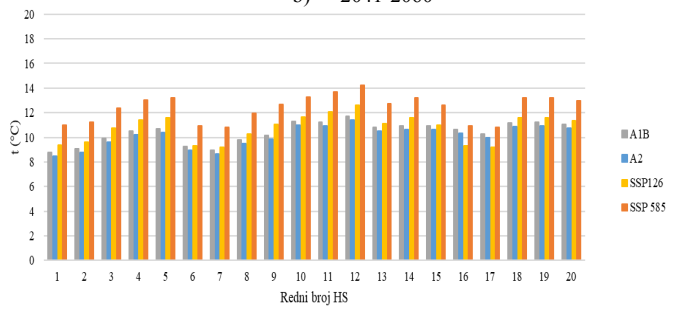
a) 2021-2040



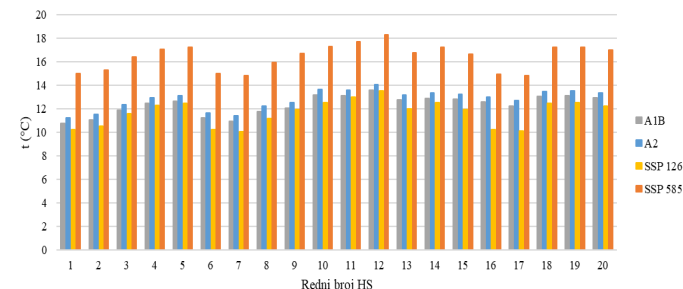
c) 2061-2080



b) 2041-2060



d) 2081-2100



Slika 19– Vrednosti temperaura na slivovima HS dobijenih na osnovu podataka iz EBU-POM-a i WC za četiri perioda predikcije

#### 4 DISKUSIJA

Svođenje podataka o višegodišnjim padavinama i temperaturi vazduha na nivo sliva na osnovu digitalnih karata padavina i temperature, zahtevalo je opsežnu obradu podataka u GIS okruženju. U okviru GIS-a moguće je koristiti vektorske i rasterske modele podataka. Svaki od modela ima svoje prednosti i nedostatke zbog čega je često najbolje rešenje kombinovati ova dva modela. Sistematizacija prednosti i mana korišćenja vektorskih i rasterskih podataka u QGIS-u u ovom istraživanju, data je u tabeli 3 a odgovara zaključcima iz literature, npr. [17] (str. 113).

U postupku verifikacije podatka, rezultati istraživanja ukazali su na bolju saglasnost podataka iz WC sa osmotrenim vrednostima, što dolazi do izražaja kada se porede vrednosti padavina (slika 8). Razlike u temperaturama uglavnom nisu bile značajne u odnosu na osmotrene vrednosti (slika 9), osim za KS Kukavica kod EBU-POM-a (slika 10), a razlog tome može biti to što se ova stanica nalazi relativno blizu mesta sučeljavanja četiri različita piksela, te zbog njihove velike površine ova stanica ne dobija preciznu dodelu vrednosti temperatura. Razlike osmotrenih

vrednosti i onih iz klimatskih modela su prihvatljive, zato što vrednosti piksela koje se nalaze na lokacijama KS, predstavljaju vrednost za šire područje, tako da je očekivano da podloga finije prostorne rezolucije (WC) daje bolje rezultate tokom verifikacije.

Vrednosti padavina na razmatranim slivovima (slika 11 **Error! Reference source not found.**) za prvi period predikcije (2021-2040) su slične i nema scenarija koji sistematski daje manje ili veće vrednosti. Uočava se i da scenariji SSP 126 i SSP 585 iz WC daju međusobno gotovo identične vrednosti, tj. slične prognoze daju optimistički i pesimistički scenariji. Sistematske razlike među scenarijima dva klimatska modela rastu kako se ide u budućnost, tako da su razlike u četvrtom, poslednjem periodu predikcije najveće (slika 11 d)

Kod temperatura vazduha, u prvom periodu predikcije su najizraženije razlike u temperaturi među samim klimatskim modelima, dok se u preostala tri perioda predikcije (slika 12 b, c i d), vrednosti temperatura tri scenarija približavaju, tako da su u trećem i četvrtom periodu predikcije, izrazite razlike u temperaturi na slivovima dobijene jedino za pesimistički scenario (SSP126) u odnosu na ostala tri.

Tabela 3 - Prednosti i nedostaci vektorskih i rasterskih modela podataka uočeni u radu

Model	Prednosti	Nedostaci
Vektorski	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mali hardverski zahtevi</li> <li>- laka manipulacija i izmena podataka</li> <li>- jednostavna prostorna analiza</li> <li>- mogućnost korišćenja velikog broja raznih operacija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- potrebno je dosta vremena za unos podataka, odnosno formiranje sloja</li> <li>- neke prostorne analize su teške za prikaz</li> </ul>
Rasterski	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mogućnost korišćenja različitih prostornih analiza i filtriranje podataka</li> <li>- lako čitanje vrednosti parametara (padavina, temperatura...) neke ćelije</li> <li>- jednostavna struktura podataka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mnogi modeli imaju slabu prostornu rezoluciju - ćelije velikih dimenzija</li> <li>- mogu se javiti problemi kada se koristi vreme kao nezavisna promenljiva                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- zauzima veću memoriju</li> <li>- veći hardverski zahtevi</li> </ul> </li> </ul>

#### 5 ZAKLJUČAK

Prikazano istraživanje je imalo za cilj da se utvrdi pogodnost dva klimatska modela za ispitivanje uticaja klimatskih promena na prosečne protoke u pogledu pouzdanosti ulaznih podataka – podloga. Radom je obuhvaćen veliki broj podataka, verifikovanih i sistematizovanih na način koji omogućava njihovu

dalju obradu u svetlu ispitivanja uticaja klimatskih promena na delu sliva Južne Morave. Istraživanje je obuhvatilo dva klimatska modela, jedan globalni (EC-Earth3-Veg) i jedan regionalni (EBU-POM) i po dva scenarija u okviru svakog modela. Razmatranje je urađeno za pet razdoblja od kojih je prvo, referentni period u kome su na raspolaganju osmotreni podaci padavina i temperatura vazduha, a četiri dvadesetogodišnja perioda daju projekcije buduće klime do 2100. godine. Razmatrane su očekivane

vrednosti temperatura i padavina za 20 slivova razgraničenih do profila HS.

Verifikacija podataka o padavinama i temperaturi vazduha urađena je da bi se stekao uvid u razlike koje se mogu pojaviti kada se ovi podaci koriste za ocenu višegodišnjeg protoka u uslovima buduće klime. Rezultati su ukazali da u periodu verifikacije nema značajnih razlika u razmatranim parametrima dobijenim iz oba modela.

Postoji ipak izvesna prednost klimatskog modela EC-Earth3-Veg u odnosu na EBU-POM, pored nešto bolje uskladenosti podataka sa osmotrenim vrednostima:

- Značajno je bolja prostorna rezolucija podataka, čime je omogućena preciznija raspodela i dodela vrednosti klimatskih parametara određenim područjima (slivovima),

- Vremenski podaci su procesuirani kroz jedan bend, što omogućuje lakše i brže osrednjavanje vrednosti parametara po slivovima – poligonima.

Prednost EBU-POM modela, sa druge strane je bolja vremenska rezolucija - iz njega se mogu dobiti dnevne vrednosti padavina i temperatura kako za referentni period tako i za periode predikcije. Iz toga proizilazi da je istraživanja i predikcije moguće raditi za periode po izboru, dok se WC vezuje fiksno za četiri dvadesetogodišnja perioda predikcije. Druga prednost je značajno manja memorija koju sadrže podaci ovog modela, što proizilazi iz manje prostorne rezolucije podataka. Konačno, opšte je poznato da prednost treba dati RKM u odnosu na GKM, ukoliko postoji takva mogućost.

Posmatrajući isključivo pripremu ulaznih podataka, čini se da je prostorna rezolucija, odnosno veličina piksela jedan od najbitnijih faktora kod ovakvih istraživanja, te prilikom izbora klimatskog modela treba prvo uzeti u obzir ovaj parametar.

U okviru ovog istraživanja, formirana je baza podataka koja će omogućiti ispitivanje promene prosečnih protoka, tj. srednjih voda u uslovima buduće klime na području gornjeg i srednjem toka Južne Morave. U postupku verifikacije osmotrenih protoka i onih koji se dobijaju na osnovu ulaznih podataka iz dva razmatrana modela, moći će da se da konačna ocena pogodnosti dobijenih podloga.

Nastavak istraživanja u pravcu korišćenja globalnih klimatoloških modela mogao bi da obuhvati i različite tehnike regionalizacije pomoću kojih se donose zaključci o klimi manjeg područja na osnovu astmosferske cirkulacije koju na velikim razmerama predviđa GKM [18].

## IZJAVA

Rad je delom finansiran iz sredstava Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR37005.

Autori se zahvaljuju anonimnim recenzentima na korisnim komentarima.

## LITERATURA

- [1] IPCC: Intergovernmental Panel on **Climate Change 2007: The Scientific Basis**. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)] *Cambridge University Press*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2007.
- [2] <https://klimal01.rs/sta-su-klimatske-promene/> (01.06.2022.)
- [3] <https://rhmrzrs.com/meteorologija/klimatologija/klimate-matski-modeli/> (25.05.2022.)
- [4] [http://gf94.gaf.ni.ac.rs/pluginfile.php/1384/mod\\_resource/content/1/02%20Upravljanje%20vodama%20i%20adaptacija%20na%20klimatske%20promene.pdf](http://gf94.gaf.ni.ac.rs/pluginfile.php/1384/mod_resource/content/1/02%20Upravljanje%20vodama%20i%20adaptacija%20na%20klimatske%20promene.pdf) (17.04.2022.)
- [5] Čedo Branković, Ivan Guettler, Lidija Srnc, Tomislav Stilinović, Josip Čorić: **Rezultati klimatskog modeliranja na sustavu HPC Velebit za potrebe izrade nacrtu Strategije prilagodbe klimatskim promjenama Republike Hrvatske do 2040. s pogledom na 2070. i Akcijskog plana (Podaktivnost 2.2.1.)**. Središnja agencija za financiranje i ugovaranje programa i projekata Europske unije (SAFU), Zagreb, 2017.
- [6] [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_modeli&param=klima\\_promjene](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli&param=klima_promjene): (01.06.2022.)
- [7] Marija Sudarić: **Uticaj klimatskih promena na pojavu plamenjače vinove loze u Srbiji**. Master rad. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 2015.
- [8] D. Pumo, F. Lo Conti, F. Viola, L. V. Noto: **An automatic tool for reconstructing monthly time-series of hydroclimatic variables at ungauged basins**. *Environmental Modelling & Software*. 95 (2017) 381-400.
- [9] [https://www.hidmet.gov.rs/latin/hidrologija/povrsinske\\_godisnjaci.php](https://www.hidmet.gov.rs/latin/hidrologija/povrsinske_godisnjaci.php) (30.05.2022.)
- [10] <https://geosrbija.rs/> (30.05.2022.)
- [11] <https://srtm.csi.cgiar.org/> (02.06.2022.)
- [12] [https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6\\_clim\\_2.5m.html](https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6_clim_2.5m.html) (20.05.2022.)
- [13] <http://haos.ff.bg.ac.rs/climatedb-srb/model.html> (20.05.2022.)



- [14] Branislav Đorđević, Tina Dasšić, Jasna Plavšić: **Uticaj klimatskih promena na vodoprivredu Srbije i mere koje treba preduzimati u cilju zaštite od negativnih uticaja.** *VODOPRIVREDA* 0350-0519, Vol. 52 (2020) No. 303-305 p. 39-68.
- [15] [https://saga-gis.sourceforge.io/saga\\_tool\\_doc/2.2.3/ta\\_preprocesor\\_4.html](https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.2.3/ta_preprocesor_4.html) (25.05.2022.)
- [16] Jovan Blagojević, Jasna Plavšić, Samir Čatović, Andrijana Todorović: **Analiza srednjih voda u Srbiji na osnovu digitalnih karata padavina i temperatura.** *VODOPRIVREDA* 0350-0519, Vol. 50 (2018) No. 294-296 p. 177-187
- [17] Shahab Fazal: **GIS basics.** *New age international publishers.* New Delhi, 2008.
- [18] Milena Jančić: **Uticaj klimatskih promena na biljnu proizvodnju.** Doktorska disertacija. *Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.* Novi Sad, 2015.
- [19] Stockhause, M., Matthews, R., Pirani, A., Treguier, A. M., and Yelekci, O.: **CMIP6 data documentation and citation in IPCC's Sixth Assessment Report (AR6),** EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-2886, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-2886>, 2021.

primljen: 16.01.2023.  
 korigovan: 01.03.2023.  
 prihvaćen: 11.03.2023.

pregledni rad

UDK : 725.24(497.11)

## PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA BANKE NA UGLU ULICE OBILIĆEV VENAC I ULICE JUG BOGDANA U NIŠU

**Durdina Rančić<sup>1</sup>, Danica Stanković<sup>2</sup>, Miomir Vasov<sup>3</sup>, Milan Tanić<sup>4</sup>**

**Rezime:** U radu je dat prikaz završnog master rada „Idejno rešenja banke na uglu ulice Obilićev venac i ulice Jug Bogdana u Nišu“. Usled nedostatka banaka u neposrednom okruženju, velike cirkulacije ljudi i povoljne ugaone pozicije nametnuo se odabir ove lokacije.

Idejnim rešenjem predlaže se objekat koji svojim oblikovanjem značajno unapređuje ovaj deo grada. Istovremeno se postiže i revitalizacija formiranjem javnog prostora za okupljanje. Kako se radi o specifičnoj vrsti administrativno-upravnih zgrada, pozicija bančanog trezora je od presudnog značaja, obzirom da se u njemu čuvaju velike sume novca, hartije ili pak neke druge stvari od izuzetne vrednosti. Upravo iz tog razloga najveći zahtev, u funkcionalnom smislu, jeste obezbediti zaštitu trezora od bilo koje vrste provala i omogućiti korisnicima što kraći i sigurniji put.

**Ključne reči:** administrativno-upravne zgrade, banka, arhitektura, arhitektonsko projektovanje.

## PRESENTATION OF CONCEPTUAL DESIGN OF THE BANK AT THE CORNER OF OBILIĆEV VENAC AND JUG BOGDANOVA STREETS IN NIŠ

**Abstract:** The paper shows an overview of the final master's paper „Conceptual design of the bank at corner of Obilićev venac and Jug Bogdanova streets in Niš“. The location is in a busy part of the city; for reasons of the lack of banks in the immediate environment, the high circulation of people, and the favorable position, this is an exceptional place to build them.

The conceptual design proposes a structure of modern spaces, which significantly improves this part of the city with its design. At the same time, revitalization is achieved by creating a public gathering space. As it is a specific type of administrative building, the position of the bank vault is of crucial importance, considering that it stores large sums of money, securities or some other things of exceptional value. It is for this reason that the greatest requirement, in a functional sense, is to ensure the protection of the vault against any type of breach and to enable users to have the shortest and safest path possible.

**Key words:** Administrative Buildings, Bank, Architecture, Architectural Design

<sup>1</sup> Marh, s.d.s., stipendista MPTR, GAF Niš, Aleksandra Medvedeva 14, djinarancic996@gmail.com

<sup>2</sup> Dr, redovni profesor, GAF Niš, Aleksandra Medvedeva 14, danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> Dr, vanredni profesor, GAF Niš, Aleksandra Medvedeva 14, miomir.vasov@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Dr, redovni profesor, GAF Niš, Aleksandra Medvedeva 14, milan.tanic@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Objekat banke, kao vrsta administrativno-poslovne zgrade, pored toga što mora da zadovolji potrebe korisnika u funkcionalnom smislu, svojim estetskim, socijalnim, kulturnim i moralnim vrednostima mora odgovarati društvu u kome se gradi [1]. Usluge koje banka pruža podrazumeva primanje depozita novca, davanje novca iz depozita, procesovanje novčanih transakcija i druge usluge [2]. Njihov zadatak je da organizuju štednju novca, kreditno-monitarne poslove, razvoj novčanog prometa, da kontrolišu efekte trgovinsko-privrednog poslovanja, i sl. [3] S tim u vezi, objekti banke se organizuju na onim mestima gde se može obezbediti njihova potpuna zaštita od bilo koje vrste provala.

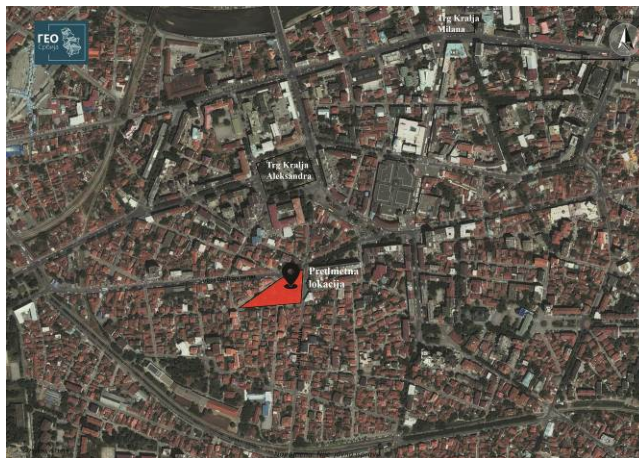
Pre nego što je započet proces projektovanja izvršene su određene analize u pogledu lokacije, konteksta sa neposrednim okruženjem, funkcionalna dispozicija sadržaja kao i analiza materijalizacije i oblikovanja, a nakon toga je napravljen koncept rada. Analiza podrazumeva prikupljanje, sagledavanje kao i analiziranje svih relevantnih uticajnih faktora. To se odnosi i na studiju zakona, propisa i aktova vezanih za ovu vrstu objekata a to se radi kako bi se na što bolji način upoznali sa problemom i na najdosledniji način postigli zadati cilj, odnosno dobili projekat banke [4]. Naredni korak, koncepcija, podrazumeva razradu projekta u vidu skica. U toj fazi nastaju više alternativnih rešenja gde se na osnovu procene vrši odabir jednog, najlogičnijeg rešenja.

Sinteza analize i koncepcije dovela je do izrade idejnog rešenja banke. To obuhvata izradu crteža situacionog plana, osnove svih etaža, karakterističnih preseka, fasadnih izgleda i trodimenzionalnih prikaza koji će predstaviti izgled budućeg objekta. Tu su objedinjene sve polazne činjenice i na taj način se došlo do rešenja početnog problema [5].

## 2 LOKACIJA

Princip odabira lokacije za zgradu banke, bilo da se radi o široj ili užoj, je isti ili sličan. Kao i kod drugih poslovnih zgrada, u obzir dolaze poslovna, privredna, tržišna, kulturna središta urbanih aglomeracija itd. Nije redak slučaj da u centru ima više različitih bankarskih institucija, koje formiraju bankarsku četvrt. Međutim, praksa pokazuje da je najbolja tzv. „ugaona“ lokacija koja je uočljiva iz više pravaca – ukrštanje prometnih ulica, trgova i sl. [6]. Odabrani prostor za izgradnju banke nalazi se u jugozapadnom delu opštine Medijana u Nišu, na uglu

ulice Obilićev venac i ulice Jug Bogdana. Kroz makro (slika 1) i mikro analizu (slika 2) dat je pregled neposrednog okruženja, a sve to u cilju što boljeg sagledavanja prednosti i ograničenja date lokacije.



Slika 1 - Prikaz makolokacije, <https://a3.geosrbija.rs/>

Lokacija se nalazi u blizini gradskog centra, a u širem okruženju predmetne lokacije nalaze se različiti objekti javnog karaktera poput fakulteta, škole, pošte, muzeja, ali i trg koji služi za okupljanje građana. U neposrednom okruženju pretežno se nalaze stambeni objekti, što je pogodno za odabir lokacije jer su stanovnici potencijalni budući korisnici.

Granicu predmetnog područja, sa severne strane, čini ulica Obilićev venac koja je ranga sabirne ulice, sa istočne strane nalazi se ulica Jug Bogdana, ranga stambene ulice, sa južne strane ulica Stevana Nemanje takođe ranga stambene, dok se sa severozapadne strane nalazi Rešićeva ulica koja predstavlja kolsko-pešački prilaz (slika 2).

U predmetnom bloku svi objekti su stambenog karaktera, a većina njih je sa trgovinsko-uslužnim delatnostima u prizemlju. Površina, koju zauzima ovaj blok, iznosi 0,63 ha.



Slika 2 - Prikaz mikrolokacije, <https://a3.geosrbija.rs/>

Parcela za izgradnju banke zauzima 33,17 ara od 63 ara, koliko zauzima ukupna površina bloka. Svi postojeći objekti se ruše i projektuje se novi, koji prema pravilima oblikovanja objekata za ovu lokaciju, može biti spratnosti do P+4 [7]. Teren je relativno ravan.

Sa severozapadne i istočne strane građevinska linija novoplaniranog objekta pomerena je 3,0 m od u odnosu na regulacionu liniju, dok je u odnosu na južnu regulacionu liniju udaljena 26 m i 28,6 m, a sa zapadne strane je udaljena 10,2 m (slika 3). Ostvareni indeks zauzetosti iznosi 39,02%.

Objekat je najlogičnije pozicionirati u severnom delu, što bliže najprometnijem uličnom frontu, koji će pratiti liniju parcele (slika 3). Kako se radi o objektu „na uglu“ dveju ulica, očekivano je da glavni ulaz bude upravo sa te strane gde je najveće kretanje budućih korisnika, a sa druge strane, to je pravac kretanja iz centa grada. Pošto se radi o javnom objektu u stambenom delu grada, gde neminovno nedostaje zelenilo i prostor za okupljanje, javila se ideja o formiranju dvorišta u južnom delu parcele. Usled pozicije objekta prema raskrsnici i veće frekvencije saobraćaja, taj prostor je dobio mesto u zaleđini.

Glavni ulaz u objekat formiran je na uglu severozapadne i istočne strane, ispred kojeg se nalazi proširenje koje korisnicima pruža nesmetano kretanje. Dvorište koje je smešteno u južnom delu parcele zelenilom, vodenim površinama, klupama za sedenje i drugim sadržajima dodatno oplemenjuje prostor (slika 3). Pored toga, planiraju se 4 parking mesta, od kojih su dva za invalide, kao i parking prostor za bicikle. Ostatak parkiranja se predviđa u podzemnu garažu kojoj je omogućen pristup sa južne strane, iz ulice Stevana Nemanje, koja je manjeg intenziteta saobraćaja [8].



Slika 3 - Prikaz situacionog plana

### 3 PROGRAMSKA ANALIZA

Programskom analizom nije tačno definisan tip banke, odnosno kojim se poslom pretežno bavi (štedionice, žirocentrale, kreditne banke, hipotekarne banke itd.) već se predviđa opšti projektni program.

Projektom zadatkom se definiše formiranje šalter dvorane i kancelarije sa većim brojem radnih mesta sa mogućnošću pružanja različitih bankarskih usluga. Takođe definisan je sektor dinarske i sektor inostrane vrednosti sa svim pratećim prostorijama. Kako bi se privukla pažnja kako postojećih tako i novih klijenata predloženo je formiranje restoranskog dela. Pored izazovnog zadatka u vidu objekta u kome se čuvaju vrednosne stvari očekivani su i estetski dometi savremene arhitekture. Takođe, od novog objekta očekuje se održivo rešenje u svim aspektima predloga, što podrazumeva energetski racionalan koncept i osmišljenu ekološki prihvatljivu realizaciju.

Arhitektonsko projektovanje je sveobuhvatni misaoni, etički, kreativni proces, koji treba da rezultira konstantnim poboljšanjem i unapređenjem kvaliteta izgrađene sredine [9].

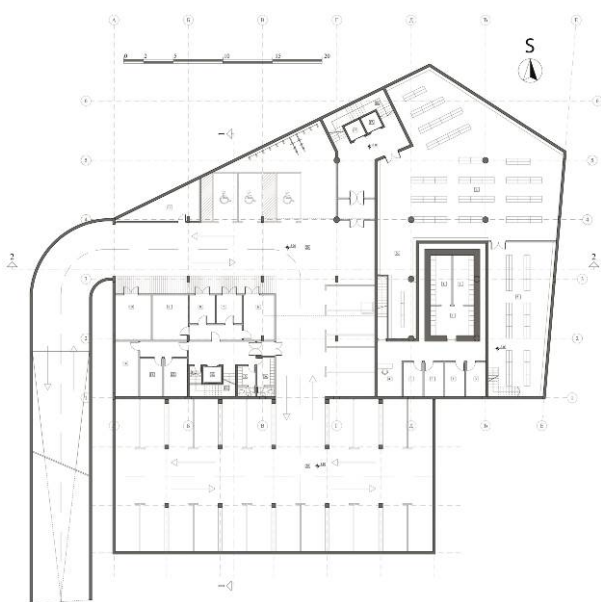
### 4 PROJEKAT I SPECIFIČNA OBLIKOVNA REŠENJA

Dispozicijom sadržaja na različitim spratovima i grupisanjem prostorija sličnog karaktera, predloženo je najracionalnije rešenje. Time se postiže jednostavno i što kraće kretanje kao i komfor budućih korisnika i zaposlenih. Na osnovu oblikovanja, funkcionalnosti i bogatih sadržaja treba postići revitalizaciju i urbanizaciju datog prostora.

#### 4.1 Funkcija

U pogledu zoniranja prostorija objekat je podeljen po etažama. U podzemni deo (Slika 4) predviđa se trezorski prostor sa različitim sefovima. Kako mora biti dobro obezbeđen i zaštićen od provale, formiran je kontrolni prolaz male širine, pult za radnike obezbeđenja kao i boksevi za brojanje novca. Do trezora se dolazi isključivo iz prostora šalterske sale koja se nalazi u prizemlju i odvojen je od ostatka prostorija. Pored trezora, u podrumu se planira arhiva koja se oslanja na trezor, zatim tehničke, pogonske i magacinske prostorije kao i parking prostor za 26 parking mesta i 3 parking mesta za osobe sa invaliditetom. U podzemnu garažu se pristupa rampom koja ima nagib 12%, dok se do ostalih spratova se dolazi stepeništima i liftovima.

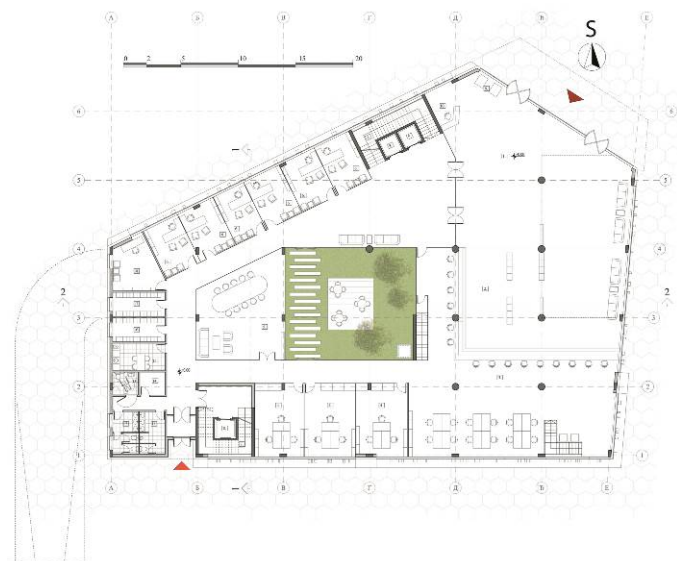




Slika 4 – Osnova podruma

U prizemlju se preko glavnog ulaza pristupa velikom holu, odnosno šalter sali (Slika 5). Ona predstavlja neku vrstu čekaonice sa prostorom za sedenje i pultovima za pisanje. Tu se nalazi i pult za informacije, kao i različiti bankomati, automati za sitnjene novca i sl. Šalter sala predstavlja ulaznu partiju i na neki način je odvojena od ostalih prostorija. Salu svakako čine razni šalteri, poput onih za uplate, isplate, transakcije i sl., iza kojih se nalaze radna mesta računovodstva i knjigovodstva na kojima se ispituje opravdanost i vrši knjiženje primljenih naloga [8]. Zbog boljeg kontrolisanja kretanja ali i što kraće komunikacije, stepenice koje isključivo vode do trezora, smeštene su neposredno iza šaltere.

Atrijum koji se nalazi u središnjem delu dodatno oplemenjuje prostor. Na njega se oslanja sala za sastanke koja dobija osvetljenje upravo preko atrijuma. Kancelarije za rad sa klijentima smeštene se u severnom delu osnove, gde imaju vizure ka jednoj od prometnijih ulica. Vertikalne komunikacije našle su svoje mesto odmah uz šalter salu, a na početku niza kancelarija za rad sa strankama. U južnom delu osnove smeštene su kancelarije administracije koje imaju vizure ka dvorištu. Kako ne bi došlo do ukrštanja puta klijenata i službenika i što jednostavnijeg kretanja, službenici imaju svoju vertikalnu komunikaciju koja je previđena blizu službenog ulaza. U zapadnom delu osnove smeštene su pomoćne prostorije poput garderobe, sanitarije, čajne kuhinje, video nadzora i sl.



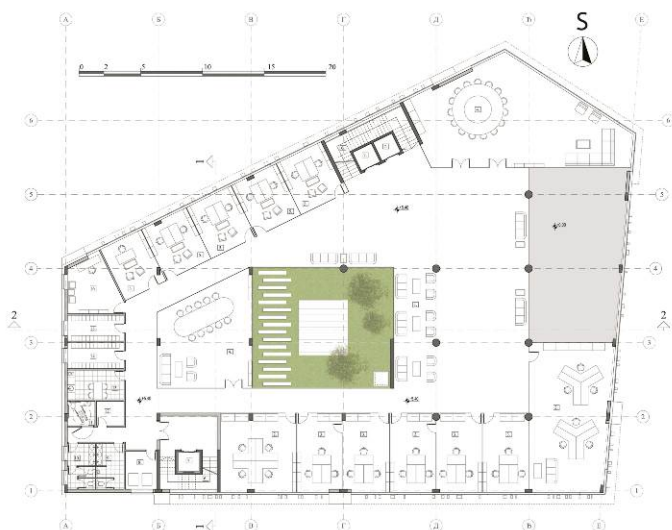
Slika 5 – Osnova prizemlja

Osnove prvog i drugog sprata u funkcionalnom smislu su tipske. Razlika je u tome što je na prvom spratu predviđen sektor dinarske vrednosti, dok je na drugom spratu predviđen sektor inostrane vrednosti.

Kada se vertikalnim komunikacijama dođe na drugi sprat nailazi se na prostrani hol i čekaonicu sa prostorom za sedenje (Slika 6). On se oslanja na galerijski prostor koji se nalazi iznad čekaonice u prizemlju objekta. Prema tome već nakon ulaska u banku galerijski prostor glavnog hola, koji se proteže do trećeg sprata, doprinosi boljem doživljaju i sagledavanju unutrašnjosti. Iz hola, na spratu, pristupa se sali za sastanke koja je smeštena u severoistočnom delu osnove. Kako se nalazi na uglu objekta, ova prostorija ima izuzetne vizure na okolni deo grada.

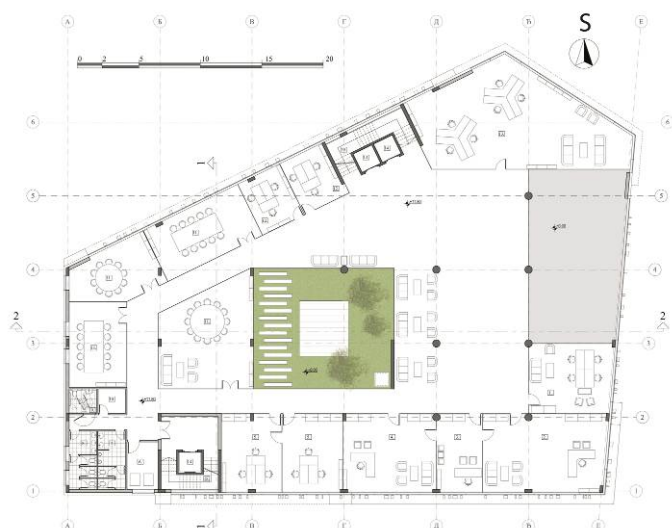
Hodničkim komunikacijama, koje naležu na atrijum, pristupa se kancelarijama za rad sa strankama, koje su grupisane u severnom delu. U južnom delu osnove raspoređene su prostorije administracije, kao i kancelarija za rad u većim grupama. Ostale prostorije čine pomoćne prostorije namenjene službenicima.

Prostorije u objektu grupisane su na način kako bi kretanje bilo što jednostavnije i put do željene kancelarije što kraći. Takođe, vodilo se računa da ne dolazi do ukrštanja hodničkih komunikacija službenih lica i klijenata jer se ipak radi o objektu u kome se čuvaju velike sume novca, papiri ali i vrednosne stvari. Poverenje i sigurnost klijenata su veoma bitni, pa se može reći da je to najbitnija stvar o kojoj se razmišljalo i kojom se vodilo prilikom projektovanja, pored ispunjenja svih uslova komfora.



*Slika 6 – Osnova tipskog sprata*

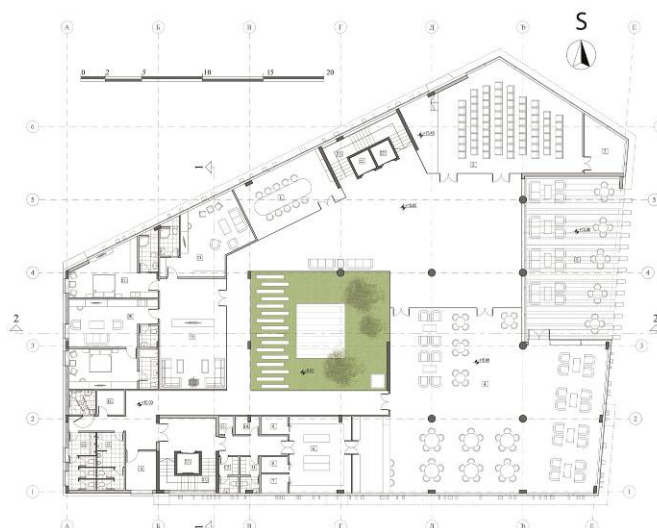
Na trećem spratu (slika 7) se planira menadžment banke. To podrazumeva kancelariju direktora, zamenjenika, zatim kancelariju pomoćnika direktora, tehničkog sektora, kancelarije za nadzorni odbor i sale za sastanke. Funkcionalna dispozicija svih kancelarija je logično raspoređena, po principu prethodnih etaža.



*Slika 7 – Osnova trećeg sprata*

Na poslednjem, četvrtom spratu (slika 8), trebalo je naći mesta za predah. Predviđen je restoran koji je smešten u jugoistočnom delu osnove, sa pogledom na dvorište banke. Terasa, koja je u sklopu restorana, ima pogled na jednu od prometnijih ulica i centar grada. Prateće prostorije restorana, poput kuhinje i skladišta hrane, nalaze se neposredno iza.

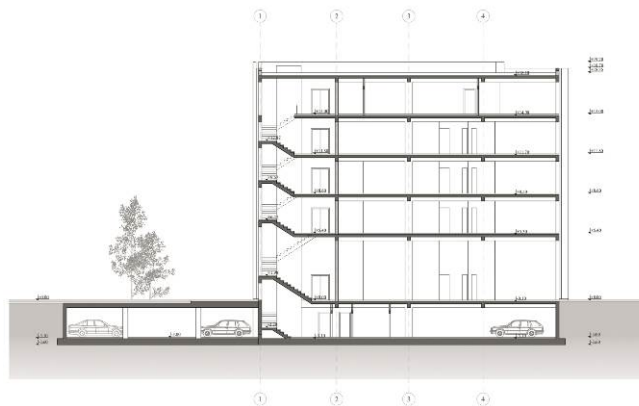
Sala za prezentaciju naleže na glavni hodnik i kapaciteta je 75 mesta. Na ovoj etaži predviđen je apartman i dve smeštajne jedinice koji su namenjeni direktoru i upošljenim radnicima.



*Slika 8 – Osnova četvrtog sprata*

## 4.2 Konstrukcija

Koncept funkcionalnog rešenja ima za cilj da omogući što jednostavnije korišćenje unutrašnjeg prostora kao i postizanje komfora korisnika, kako upošljenika tako i klijenata. Sa druge strane, koncept konstrukcije i forme ima drugi cilj, a to je privlačenje pažnje prolaznicima i potencijalnih budućih korisnika. Konstrukcija objekta je u skeletnom sistemu od armiranog betona (slika 9), što omogućava efikasnost i fleksibilnost prostorija. To znači da u svakom trenutku, u skladu sa potrebama, može doći do promene rasporeda prostorija. Jedino se kod vertikalnih komunikacija, liftova i stepeništa, predviđa armirano-betonsko platno. Kod svih kancelarija i sala predviđene su staklene pregrade dok kod ostalih prostorija to su lake pregrade širine 12 cm.



*Slika 9 – Poprečni presek kroz objekat*

### 4.3 Oblikovanje i materijalizacija

Kako se radi o objektu javne namene, prilikom projektovanja, pored izazova u rešavanju funkcionalne dispozicije sadržaja, podjednako važno je bilo razmotriti i treću dimenziju kroz formu, odnosno oblikovanje i materijalizaciju. Na pristup razvijanja konceptata spoljašnjeg oblikovanja umnogome su uticali lokacijski uslovi, neposredno okruženje ali i zahtevi savremenog načina života. S tim u vezi, uticaj spoljašnje sredine imao je veliki uticaj na oblikovanje.

Projekat banke prati savremene trendove u arhitekturi u smislu koncepta, fasade i materijalizacije. Arhitektonsko rešenje zasniva se na jednostavnoj i čistoj formi unutar koje je formiran atrijum. Velike staklene površine prostiru se celom visinom objekta u svim delovima gde se nalaze kancelarijski prostori (slika 10). Ta ideja proistekla je iz težnje da se omogući dovoljno prirodne svetlosti, ali i da se ostvari veoma prijatna atmosfera u unutrašnjosti prostora. Na fasadi još dominira kamen kao i elementi u beloj i tamnoj boji. Kako je veći deo fasade od stakla objekat treba osigurati različitim bezbedonosnim sistemima od obijanja i pljačke. Takođe, treba voditi računa o pregrevanju unutrašnjeg prostora u letnjem periodu. To je rešeno seletktivnim postavljanjem brisoleja kako bi se uspostavila korelacija sa kretanjem sunca u toku dana u letnjem periodu. Na južnoj i istočnoj strani oni su znatno gušće raspoređeni u odnosu na brisoleje na severnoj strani. Samim tim kontroliše se temperatura u unutrašnjosti i smanjuje se potreba za energetski intenzivnim veštačkim hlađenjem.

Plato ispred glavnog ulaza, trotoari kao i staze dvorišta popločani su betonskim pločama. Dvorište banke zelenim i vodenim površinama kao i prostorom za sedenje i okupljanje dodatno oživljava neposredno okruženje.



*Slika 10 – Trodimenzionalni prikazi banke*

## 5 ZAKLJUČAK

Projekat banke je u potpunosti odgovorio na projektni zadatak i definisane zahteve na samom početku rada. Ispoštovani su svi propisani uslovi lokacije kao i prirodni i stvoreni uticaji neposrednog okruženja. Funkcionalnom dispozicijom i zoniranjem prostorija sličnog karaktera postignuto je oblikovno rešenje koje u potpunosti prati oblik parcele. Skeletna konstrukcija i lake pregrade omogućavaju veliku fleksibilnost prostora i veliki broj varijacija u skladu sa potrebama. Shodno tome, veliki broj otvaranja prozora omogućuje dovoljno provetravanja i dovoljno svetlosti u unutrašnjosti prostora.

Oslobađanjem južnog dela parcele i formiranjem dvorišta značajno se doprinelo poboljšanju prostornog doživljaja. Forma objekta, nastala kao direktna posledica funkcije, je jednostavnog geometrijskog oblika. Brisoleji u vertikalnom smislu prelaze punu visinu zgrade pružajući zasenčenje zgradi i unutrašnjem prostoru ali i doprinose sprečavanju pregrevanja u letnjem periodu.



## LITERATURA

- [1] Jovanović Goran: **Uvod u arhitektonsko projektovanje.** *AGM knjiga, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, Niš, 2015.
- [2] Đukić Đorđe: **Bankarstvo i kriza.** *Ekonomski fakultet u Beogradu*, Beograd, 2003.
- [3] Hadid Mirosljub: **Bankart.** *Univerzitet Singidunum u Beogradu*, Beograd, 2007.
- [4] Miletić Dejan: **Administrativni objekti – Razvoj i osnovni principi projektovanja.** *Arhitektonski fakultet u Beogradu*, Beograd, 2017.
- [5] Ivan Petrović: **O problemima i metodama projektovanja.** *Arhitektonski fakultet u Beogradu*, Beograd, 1977.
- [6] Putnik Nikola: **Autobuske i autostanice.** *Saobraćajni fakultet u Beogradu*, Beograd, 2007.
- [7] Prve izmene i dopune plana generalne regulacije područja gradske opštine Medijana, Niš, 2015.
- [8] Rančić Đurđina, Stanković Danica, Vasov Miomir, Tanić Milan: **Idejno rešenje banke na uglu ulice Obilićev venac i ulice Jug Bogdana u Nišu.** *Master rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, Niš, 2020.
- [9] Jovanović Goran, Stanimirović Mirko: **Pet projektantskih načela.** *Nauka + Praksa, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, br. 21/2018, 71-76



primljen: 06.02.2023.  
korigovan: 01.03.2023.  
prihvaćen: 11.03.2023.

pregledni rad

UDK : 624.152  
624-15

## OBEZBEĐENJE ISKOPA TEMELJNE JAME I SUSEDNIH OBJEKATA

Predrag Blagojević<sup>1</sup>, Darko Živković<sup>2</sup>, Aleksandar Šutanovac<sup>3</sup>

**Rezime:** U radu se navode specifičnosti konstrukcijskog rešenja za obezbeđenje iskopa temeljne jame i susednih objekata stambeno-poslovnog objekta u Jagodini. Ukupna bruto površina objekta je 20.731 m<sup>2</sup>. Spratnost objekta je 2Po+Pr+11+Ps. Razmatra se uticaj susednih objekata na iskop temeljne jame za podzemnu garažu na dva nivoa kao i temeljna konstrukcija objekta. Prikazuje se tehnologija i faze izvođenja radova. Ukazuje se na kritične faze građenja, analizira fazna gradnja i njeni uticaji na konstrukcijski sistem. Predmet ovog rada je racionalizacija uobičajenih konstrukcijskih rešenja za ovaj način temeljenja. Predloženim rešenjem je izvršena značajna ušteta i jednostavnije izvođenje radova. Opisi usvojenog konstrukcijskog rešenja temeljne konstrukcije su ilustrovani osnovama, presecima i proračunskim modelima.

**Cljučne reči:** armirani beton, konstrukcija, fundiranje

## PROVISION OF THE FOUNDATION PIT EXCAVATION AND ADJACENT BUILDINGS

**Abstract:** The paper describes the structural design specifics for ensuring the excavation of the foundation pit and adjacent buildings of the residential and commercial building in the city of Jagodina. The total gross area of the building is 20.731 m<sup>2</sup>. The number of stores is 15. The influence of neighboring buildings on the excavation of the foundation pit for the two-level underground garage as well as the foundation structure of the building is considered. The technology and phases of the works are shown. Critical stages of construction are pointed out, phased construction and its effects on the structural system are analyzed. The paper subject is the rationalization of common structural designs for this type of foundation. The proposed design resulted in significant savings and simplified execution of works. Descriptions of the adopted structural design of the basic structure are illustrated with foundations, sections and calculation models.

**Key words:** Steel Reinforced Concrete , Structure, Funding

---

<sup>1</sup> dr docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, predrag.blagojevic@gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> dr asistent sa doktoratom, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, aleksandar.sutanovac@gaf.ni.ac.rs

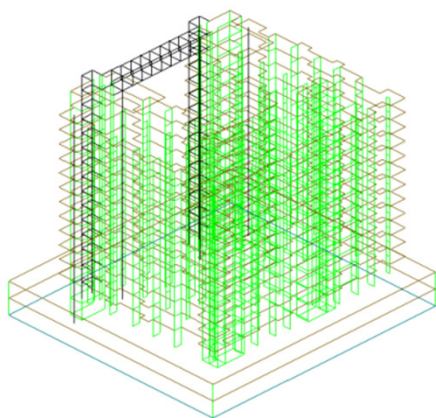
## 1 UVOD

Stambeno poslovni objekat se nalazi u Jagodini na parceli 3839/5, KO Jagodina. Objekat se fundira na temeljnoj ploči i ima dva nivoa garaža ispod nivoa terena. Novoprojektovani objekat se nalazi u užem centru grada okružen je postojećim objektima u neposrednoj blizini. Dubina fundiranja novoprojektovanog objekta je 7.5m u odnosu na kotu terena. Blizina postojećih objekata i saobraćajnice je zahtevala izradu posebnog elaborata za obezbeđenje iskopa i susednih objekata. Obezbeđenje temeljne jame i susednih objekata je projektovano šipovina prečnika 600 mm. Elaborat o geotehničkim i geomehaničkim karakteristikama tla i uslovima za fundiranje objekta urađen je od strane preduzeća za geološka istraživanja „GEOPROJEKTING“ iz Niša (zavodni broj 14-05/21) [1].

Na slici 1 je prikazan budući izgled objekta a na slici 2 proračunski model konstrukcije.



Slika 1 – Budući izgled



Slika 2 – Proračunski model konstrukcije

### 1.1 PODLOGE ZA IZRADU ELABORATA

Korišćena je sledeća tehnička dokumentacija :

- Katastarsko-topografski plan;
- Arhitektonski projekat – PGD;
- Projekat konstrukcije objekta – PGD;
- Elaborat o geotehničkim i geomehaničkim karakteristikama tla;
- Postojeća projektna dokumentacija susednih objekata;
- Podaci preuzeti prilikom obilaska lokacije.

#### 1.1.1 Karakteristike tla

Mikrolokacija predviđena za izgradnju objekta obuhvata prostor u ulici Narodnog fronta. Nalazi se u području urbane sredine koja je infrastrukturno uređena. Pristup do mikrolokacije je povoljan duž postojećih saobraćajnica.

Teren je ravan na približnoj koti od 117.50 do 118.00 mNV. Karakteristike terena u području gabarita objekta su prikazane u inženjerskogeološkim preseccima terena.

#### 1.1.2 Hidrogeološke karakteristike terena

Hidrogeološke prilike koje vladaju na konkretnom terenu uslovljene su hidrogeološkim funkcijama postojećih stenskih masa, reljefom terena, kao i režimom površinskih voda, a takođe i atmosferskog taloga. Sa hidrogeološkog aspekta, a po svojoj funkcionalnosti, ispitivani teren izgrađuju hidrogeološki izolatori predstavljeni glinama.

#### 1.1.3 Fizičko-mehanički parametri tla

Elementi unutrašnjeg otpora tla – ugao unutrašnjeg trenja i kohezija tla, određeni su metodom direktnog smicanja sa sprečenim bočnim širenjem po SRPS-u U.B1.028 [1] a dobijeni rezultati prikazani na skici 3 (dijagram direktnog smicanja) [3].

Vrednost dobijenih rezultata je:

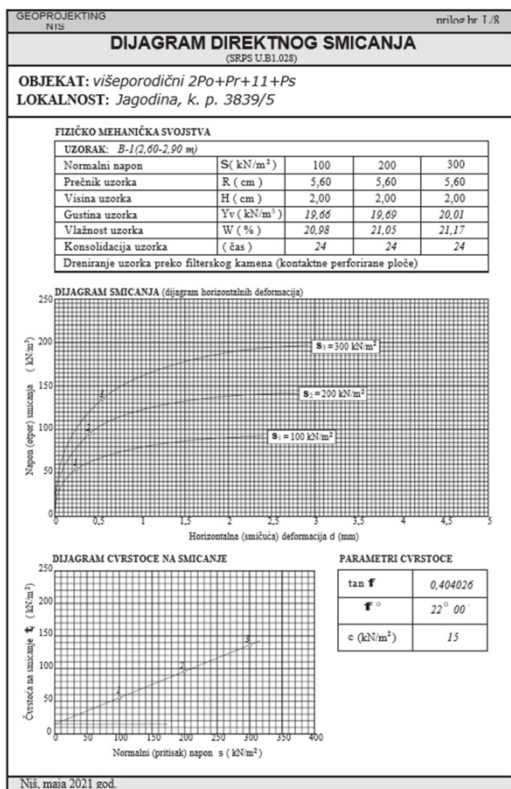
$$c = 14 - 16 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi = 20^{\circ} 00' - 22^{\circ} 35'$$

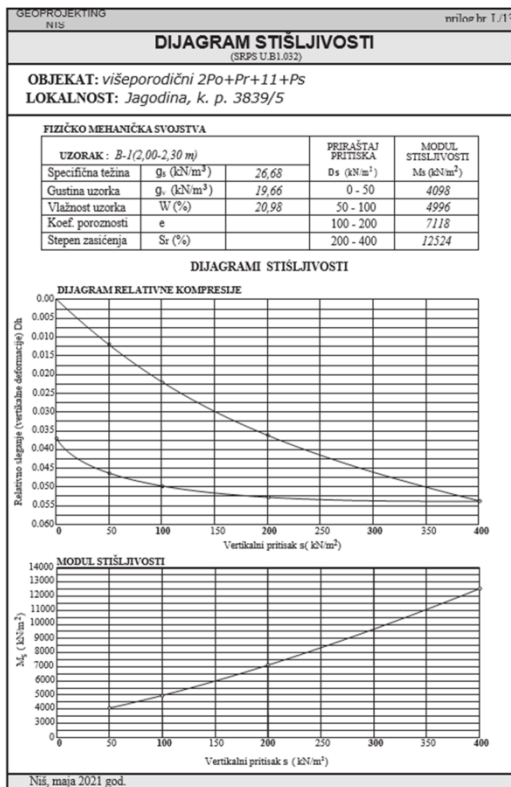
Moduli stišljivosti je određen po SRPS-u U.B1.032 [2] metodom edometra sa vertikalnim opterećenjem od 100, 200 i 400 kN/m<sup>2</sup>

Dobijena vrednost prikazana je na slici 4 (dijagram stišljivosti) [3].

Prema vrednostima dobijenih rezultata ispitivana tla se svrstavaju u grupu srednje stišljivih tla a po normama naših propisa za fundiranje.



Slika 3 – Dijagram direktnog smicanja [3]



Slika 4 – Dijagram stišljivosti [3]

### 1.1.4 Opšti geotehnički uslovi

Makroskopskim kartiranjem nabušenog jezgra i upoređivanjem sa rezultatima dobijenih laboratorijskim putem, utvrđen je litološki sastav terena ilustrovan priložima br. T/2-T/6 (istražne bušotine) i inženjersko-geološkim presekom terena (pr. Br. T/7) [3].

Litološki članovi koji ušestvuju u geološkoj građi terena su sledeći:

- nasip,
- prašinasta glina braon boje,
- peskovita glina braon boje i
- laporovita glina sivo-plave boje.

Ispitivani teren predstavlja laporovita glina sivo-plave boje i prašinasta glina braon boje. Nasip je antropogenog porekla.

Navedeni litološki članovi predstavljaju aluvijalne sedimente reke Velike Morave i njenih pritoka Belice i Lugomira.

Konstatovani litološki članovi pripadaju grupi poluvezanih sedimentnih tvorevina.

Prema kategorizaciji zemljišta (GN-200) registrovane litološke članove svstatavmo u II i II kategoriju u kojoj se iskop može obavljati i manuelano.

Najinteresantniji je sloj peskovite gline u kome se izvodi fundiranje budućeg objekta. Isti je dobrih geotehničkih karakteristika.

Sa inženjersko-geološkog aspekta ispitivani teren predstavlja stabilnu i povoljnu sredinu za građenje jer nema pojava inženjersko-geoloških nestabilnosti.

Litološki članovi koji učestvuju u geološkoj građi terena prikazani su priložima br. T/2-T/6 [3], sa nazivom, opisom, simbolom i apsolutnim kotama pojavljivanja, kao i debljinom prostiranja.

## 2 OPIS KONSTRUKCIJSKOG REŠENJA ZA OBEZBEĐENJE TEMELJNE JAME

Obezbeđenje iskopa temeljne jame za novoprojektovani objekat zavisi pre svega od visine vertikalnog zaseka i geotehničkih karakteristika slojeva koji se tom prilikom zasecaju. Zaštita iskopa je na većem delu rešena uz pomoć bušenih šipova prečnika 600mm i na manjem delu podbijanjem postojećih temelja do kote fundiranja novog objekta.

Obezbeđenje se izvodi u fazama. Prvo se izvode bušeni šipovi sa AB naglavnom gredom. Posle završetka radova na šipovima i naglavnoj gredi izvodi se centralni deo temeljne ploče na nivou -2 i međuspratna tavanica na nivou -1 iznad temeljne ploče.

Posle toga se kreće sa iskopom od objekta prema šipovima i na mestima gde se postavljaju čelični kosnici koji pridrđavaju šipove po visini. Kada su kosnici postavljeni i fiksirani moguće je ukloniti preostalu zemlju do šipova i izvesti zid između šipova.

Pre početka radova na iskopu temeljne jame neophodno je izvesti istražne jame do susjednih objekata kako bi se ustanovila tačna dubina i dimenzije postojećih temelja. Kada se ustanovi dubina fundiranja izvodi se iskop do nivoa gornje ivice postojećeg temelja.

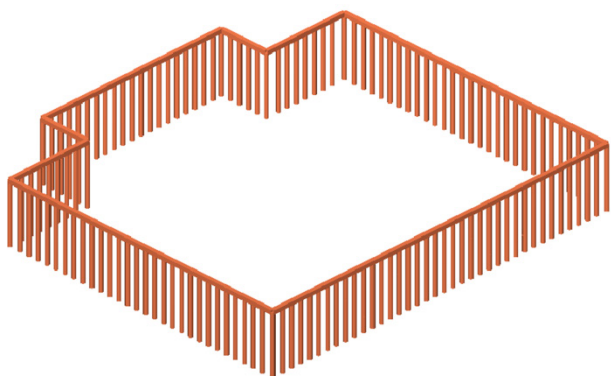
Kota terena na lokaciji je od 117.5 mNV do 118 mNV. Vršni se široki iskop na celoj lokaciji do kote 116.8 mNV. Ovo je kota koja je za 20 cm viša od projektovane donje ivice naglavne grede (116.6 mNV). Šipovi se betoniraju do kote 116.8 mNV a zatim krajcuju (štemuju) 20cm do kote 116.6 mNV što je donja ivica naglavne grede.

Zaštita uz pomoć bušenih šipova se odvija u više faza:

Faza 1:

Izvode se bušeni šipovi prečnika 600mm do kote 116.8 mNV. Posle betoniranja šipova vrši se krajcovanje šipova do nivoa donje ivice naglavne grede (116.6 mNV). Šipovi se u vrhu povezuju naglavnom gredom od armiranog betona dimenzija  $b/d=60/60$  cm (slika 5).

Šip je računat da radi kao kontinualna greda koja ima više oslonaca sa kosnicima. Vrh šipa privremeno je pridrđan kosnicima dok se ne izvede konstrukcija objekta.

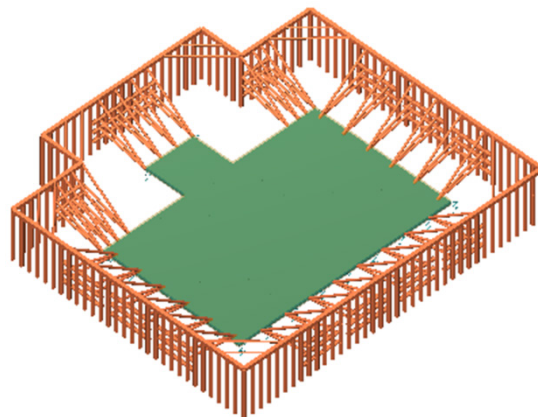


*Slika 5 – Šipovi sa naglavnom gredom.*

Faza 2:

Izvodi se iskop na većoj površini placa u centralnom delu (slika 6,10), centralni deo temeljne ploče na nivou -2 i međuspratna tavanica na nivou -1 iznad temeljne ploče.

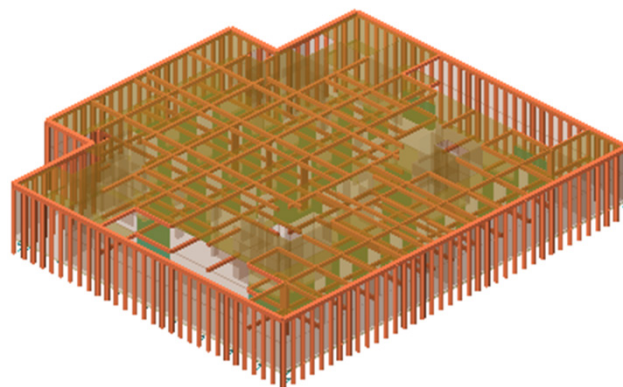
Na slici 10 je ucrtan potreban gabarit objekta gde će se postavljati čelični kosnici od cevastih profila koji će pridrđavati naglavnu gredu i šipove (prema detaljima u okviru grafičke dokumentacije).



*Slika 6 – Deo temeljne ploče sa razupiračima.*

Faza 3:

Na mestima postavljanja čeličnih kosnika od cevastih profila iskopava se zemlja do šipova. Čelične ploče se ankerišu u naglavnu gredu i temeljnu ploču sa HILTI čeličnim ankerima HSL-3-G M24/30 (ili na drugi sličan način). Čelični cevni profili se vare za čelične ploče i čelične grede u svemu prema detaljima u grafičkoj dokumentaciji. Posle postavljanja kosnika na propisanim mestima iskopava se ostatak zemlje između izbetoniranog dela ploče i šipova.



*Slika 7 – Završena AB konstrukcija do kote 0.00 (nulta faza).*

Faza 4:

Izvodi se betonski zid debljine 15 cm između bušenih šipova.

Faza 5:

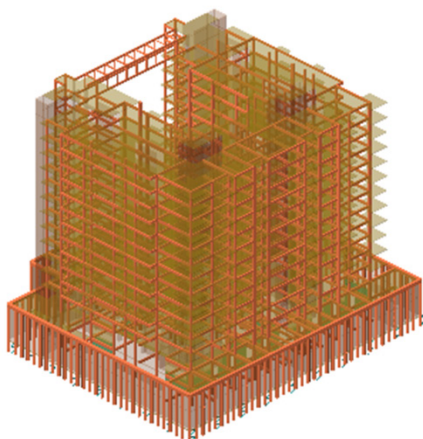


Izvodi se preostali deo temeljne ploče i zidovi. U zidu od objekta koji se izvodi pored šipova, predviđeni su prodori (niše) za čelične cevaste profile – kosnike. Niše se popunjavaju tek nakon uklanjanja kosnika (slika 7).

Faza 6:

Kosnici se uklanjaju tek kada se izvede betonska konstrukcija novoprojektovanog objekta na nivou gde je kosnik oslonjen na šipove.

Obezbeđenje temeljne jame izvodi se u više faza. Faze se izvode u dužini od oko 10m. Količina čelika se određuje prema tehnologiji izvođača.



*Slika 8 – Konstrukcijski sistem celog objekta.*

Elementi konstrukcije su proračunati na dejstva prema analizi opterećenja datoj u okviru proračuna elemenata konstrukcije.

Proračun konstrukcije je urađen uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija "Tower 8"© „Radimpex,, - Beograd na nekoliko prostornih proračunskih modela (slika 8, 9).

Proračunski modeli su prikazani u okviru proračuna konstrukcije a kompletni podaci (ulazno-izlazni) su dostupni i nalaze se kod projektanta konstrukcije i investitora. Zbog obimnosti ulazno-izlaznih podataka u okviru ovog teksta su opisani samo reprezentativni rezultati.

Uticaji u poprečnim presecima su dobijeni simulacijom vertikalnog i horizontalnog opterećenja u skladu sa trenutno važećom regulativom za ovu vrstu objekata i za lokaciju na kojoj se objekat nalazi.

Svi radovi izvode se u kontinuitetu, bez prekidanja i zadržavanja kako bi se izbegao rizik od predugo otvorene temeljne jame i izlaganja samoniklog neporemećenog materijala ispod temelja postojećih objekata degradaciji od atmosferskih uticaja.

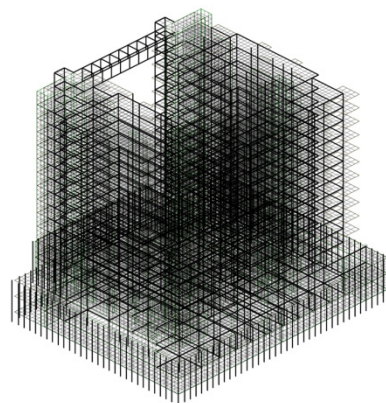
Pre početka radova na obezbeđenju iskopa temeljne jame vrši se snimanje susednih objekata od strane ovlašćenog lica za tu vrstu radova uz obezbeđenje dokaza u slučaju oštećenja susednih objekata.

### 3 KONSTRUKCIJSKI SISTEM OBJEKTA

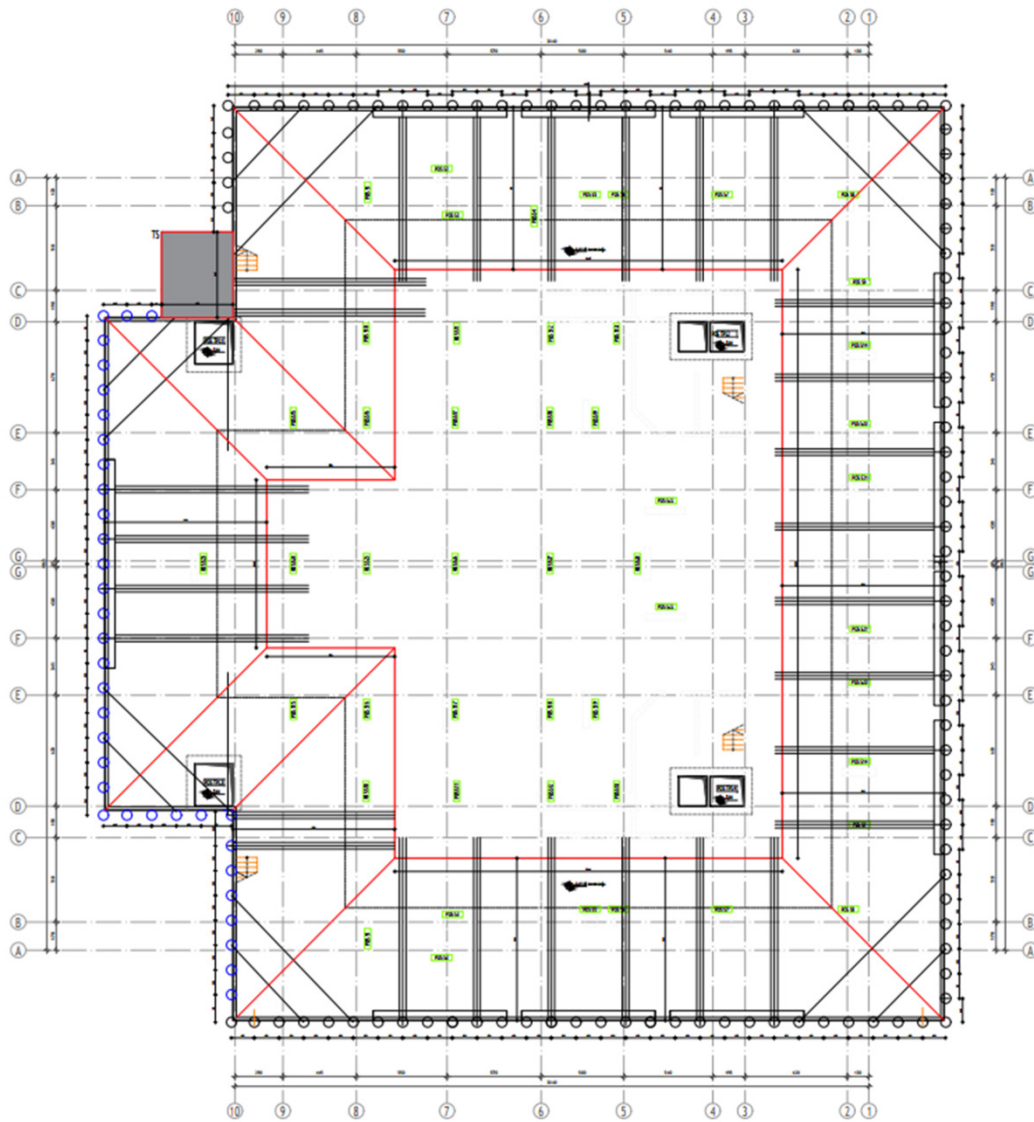
Potporna konstrukcija je sastavni deo konstrukcijskog sistema objekta pa je kao takva i analizirana kroz sve faze građenja i eksploatacije (potporna konstrukcija, spoljašnji podrumski zid).

Konstrukcijski sistem je podređen arhitektonskom rešenju i uslovima eksploatacije. U konstrukcijskom smislu objekat predstavlja prostornu okvirnu-skeletnu armiranobetonsku (AB) konstrukciju.

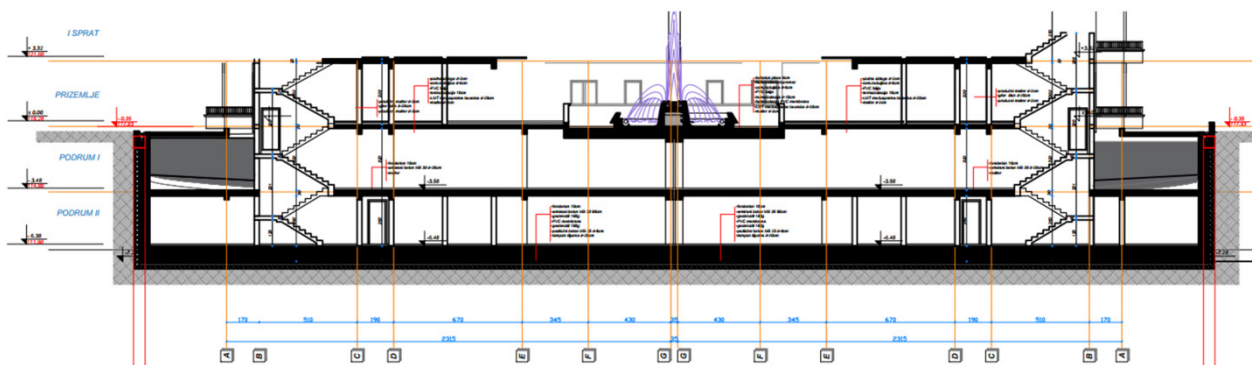
Međuspratna konstrukcija je projektovana kao monolitna AB kontinualna krstasto armirana ploča koja se oslanja na AB zidove i gredne nosače. Međuspratne konstrukcije su debljine 20 cm. Izbor tehnologije građenja je omogućio da ivične grede dobiju visinu veću od same debljine ploče čime je znatno povećana njihova krutost. Ova činjenica bitno utiče na vremenske deformacije površinskih međuspratnih nosača.



*Slika 9 – Proračunski model – mreža konačnih elemenata.*



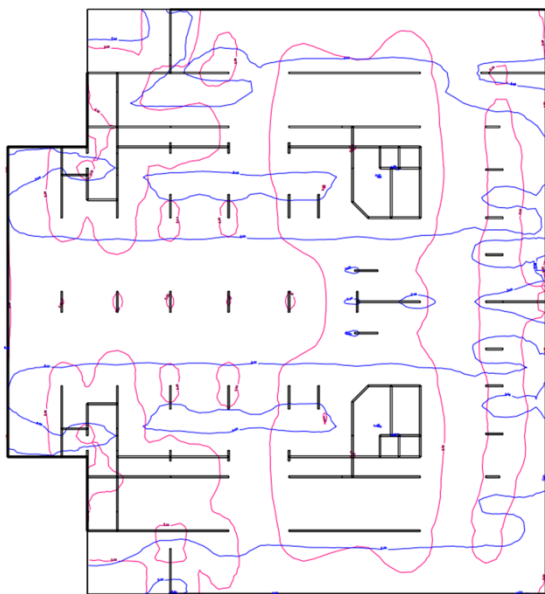
Slika 10 – Temeljna konstrukcija (prva faza), šipovi, razupirači.



Slika 11 – Poprečni presek (prizemlje, -1 garaža, -2 garaža)

Za armiranje svih konstrukcijskih elemenata je usvojen čelik B500B i beton kvaliteta C30/37.

Svi propisani uslovi o vertikalnim i horizontalnim pomeranjima su ispoštovani.



Slika 12 – Prikaz nultih momentnih linija u temeljnoj ploči ( $M_x$ -crveno,  $M_y$ -plavo)

Granično stanje upotrebljivosti (prsline i deformacije) je obuhvaćeno korišćenim programom za proračun. Načinom armiranja su ispoštovani uslovi graničnih otvora prslina i vremenskih deformacija. Vertikalno opterećenje je simulirano preko sledećih intenziteta:

- Svi završni slojevi u podovima 1.5 kN/m<sup>2</sup>
- Pregradni zidovi su simulirani odgovarajućim linijskim opterećenjem kao i alternativno jednako raspodeljenim opterećenjem intenziteta 1.5 kN/m<sup>2</sup>
- Fasadni zidovi su takođe simulirani odgovarajućim linijskim opterećenjem 10.0 kN/m<sup>2</sup>
- Pokretno opterećenje je usvojeno kao jednako raspodeljeno intenziteta 2.0 kN/m<sup>2</sup>, 3.0 kN/m<sup>2</sup>, 5.0 kN/m<sup>2</sup>.
- Opterećenje od urušavanja objekta na ploču iznad podruma 10.0 kN/m<sup>2</sup>

Navedeni intenziteti su uslovljeni delimično i činjenicom da je u toku građenja moguća i promena vrste podova i razmeštaja pregradnih zidova.

Namena prostora u fazi projektovanja je definisana od strane investitora. Ukoliko dođe do promene namene prostora čiji su intenziteti

opterećenja veći od projektovanih postoji mogućnost korekcije pre izvođenja radova.

## 4 ZAKLJUČAK

Kompletna dokumentacija za ovaj objekat je urađena pre stupanja na snagu trenutno važećeg Pravilnika za građevinske konstrukcije („Službeni glasnik RS“, br.89 od 18. decembra 2019, 52 od 7. aprila 2020, 122 od 9. oktobra 2020.).

Proračunskim modelom su simulirane sve faze građenja u okviru jednog modela (fazna gradnja) i praćene su preraspodele uticaja i rezidualni naponi.

Faze građenja i prekidi betoniranja su usaglašeni sa uticajima u konstrukcijskim elementima. Na slici 12 su prikazane nulte linije momenata savijanja na osnovu kojih su definisani prekidi betoniranja u temeljnoj ploči.

Ovaj način modeliranja daje realnu sliku uticaja u karakterističnim presecima za razliku od standardnih pristupa proračunima. Potporna konstrukcija je projektovana tako da nakon završetka objekta bude sastavni deo celog konstrukcijskog sklopa za razliku od pristupa kada šipovi i „zid zavesa“ služe samo kao zaštita. Ovim pristupom je ostvarena ušteda od 168.500 evra i skraćeno vreme građenja.

## LITERATURA

- [1] SRPS-u U.B1.028
- [2] SRPS-u U.B1.032
- [3] Vojičić Ratomir: **Geotehnički uslovi fundiranja višeporodičnog stambenog objekta 2Po+Pr+11+Ps na K.P. 3839/5 K.O. Jagodina u ulici Narodnog fronta u Jagodini.** Preduzeće za geološka istraživanja GeoProjekting iz Niša, broj 14-05/21.
- [4] Predrag Blagojević, Darko Živković, Aleksandar Šutanovac: **PGD – projekat za građevinsku dozvolu stambeno-poslovnog objekta 2Po+Pr+11+Ps na K.P. 3839/5, K.O. Jagodina.** „ARHITEKTpro“ d.o.o. Vrnjačka br.11, Vrnjci-Vrnjačka Banja, broj 50-001/21-2/1, 2021.
- [5] Predrag Blagojević, Darko Živković, Aleksandar Šutanovac: **PZI – projekat za izvođenje stambeno-poslovnog objekta 2Po+Pr+11+Ps na K.P. 3839/5, K.O. Jagodina.** „ARHITEKTpro“ d.o.o. Vrnjačka br.11, Vrnjci-Vrnjačka Banja, broj 50-001/21-2/1, 2021.

primljen: 23.01.2023.  
korigovan: 28.02.2023.  
prihvaćen: 11.03.2023.

pregledni rad

UDK : 727.8(497.11)

## PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA BIBLIOTEKE U ULICI BLAGOJA PAROVIĆA U NIŠU

Nevena Pavlović<sup>1</sup>, Danica Stanković<sup>2</sup>, Miomir Vasov<sup>3</sup>, Milan Tanić<sup>4</sup>

**Rezime:** U radu je dat prikaz master rada pod nazivom „Idejno rešenje biblioteke u ulici Blagoja Parovića u Nišu“. Predmetna lokacija pripada centralnom jezgru grada Niša.

Rešenjem se predlaže savremeni objekat otvorenog tipa skladištenja bibliotečkog materijala. Kako savremene biblioteke objedinjuju funkciju biblioteke sa drugim funkcijama, izvršena je analiza lokacije kroz kontrolu makrolokacijskih i mikrolokacijskih faktora, a sve to sa ciljem upoznavanja svih prednosti, ograničenja i potreba predmetne lokacije. Pored osnovne funkcije, objekat biblioteke objedinjuje i kulturne, obrazovne i komercijalne usluge. U radu dat je prikaz funkcionalnog rešenja, kao i svih tehničkih crteža i trodimenzionalnog prikaza idejnog rešenja biblioteke.

**Ključne reči:** arhitektura, oblikovanje, biblioteka, lokacija

## DESCRIPTION OF THE CONCEPTUAL DESIGN OF THE LIBRARY IN BLAGOJA PAROVIĆA STREET IN NIŠ

**Abstract:** This paper presents an overview of the master's thesis entitled "The conceptual design of the library in Blagoja Parovića street in Niš". The location in question belongs to the central core of the city of Niš.

The proposed design suggests a modern, open-type facility for accommodating library materials. Since modern libraries combine the function of a library with other functions, an analysis of the location was carried out through the control of macro-location and micro-location factors, all with the aim of understanding all the advantages, limitations, and needs of the subject location. In addition to its primary function, the library facility combines cultural, educational, and commercial services. The paper presents the functional solution, as well as all technical drawings and a three-dimensional representation of the conceptual design of the library.

**Key words:** Architecture, Design, Library, Location

<sup>1</sup> Master inženjer arhitekture, doktorand, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [nevena25696@gmail.com](mailto:nevena25696@gmail.com)

<sup>2</sup> Doktor nauka, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs](mailto:danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>3</sup> Doktor nauka, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [miomir.vasov@gaf.ni.ac.rs](mailto:miomir.vasov@gaf.ni.ac.rs)

<sup>4</sup> Doktor nauka, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [milan.tanic@gaf.ni.ac.rs](mailto:milan.tanic@gaf.ni.ac.rs)



### 1 UVOD

U ovom radu dat je prikaz idejnog rešenja biblioteke za parcelu koja se nalazi na Bulevaru Nemanjića u Nišu. [1] Predloženo rešenje savremene biblioteke pod istim krovom objedinjuje funkciju biblioteke sa drugim kulturnim, zabavnim, obrazovnim i komercijalnim funkcijama. [2]

U radu je primenjena sledeća metodologija: izvršena je analiza uslova lokacije, predstavljen sadržaj i priroda postavljenih funkcionalnih zahteva, zatim prikazan je koncept predloženog rešenja, obrazloženi organizacija predviđenih prostora, ukupan arhitektonski izraz, kao i način materijalizacije.

### 2 BIBLIOTEKA U ULICI BLAGOJA PAROVIĆA U NIŠU

Na datoj lokaciji, u ulici Blagoja Parovića u Nišu, planira se zgrada biblioteke spratnosti P<sub>0</sub>+P+1, na relativno ravnom terenu i sa sadržajima prema sledećem programu.

Unutar gabarita objekta predviđen je prostor za bibliotečki materijal sa slobodnim pristupom za decu i odrasle. Izvršena je podela na:

- Pozajmno odeljenje i čitaonicu za decu;
- Pozajmno odeljenje i čitaonicu za studente;
- Pozajmno odeljenje i čitaonicu za odrasle.

Predviđen je odgovarajući broj korisničkih mesta u čitaonicama, kao i mesta opremljena savremenom tehnologijom i internetom. Obezbeđene su prostorije za čuvanje i obradu bibliotečkog materijala uz primenu savremenih sistema za distribuciju. Pored tipičnih bibliotečkih funkcija objekat objedinjuje i druge, kulturne, zabavne, obrazovne i komercijalne usluge.

#### 2.1 ANALIZA LOKACIJE

Analiza lokacije i postojećeg stanja na terenu sprovedena je kroz kontrolu makrolokacijskih i mikrolokacijskih faktora, a sve to sa ciljem upoznavanja svih prednosti, nedostataka kao i ograničenja date lokacije.

##### 2.1.1 Analiza makrolokacije

Objekat se nalazi u opštini Medijana. Lokaciju okružuju javni objekti (koncertna dvorana i šoping centar Delta Planet Niš) kao i stambeni kompleks. U neposrednoj blizini predmetne lokacije nalaze se

dečiji vrtić, Osnovne škole „Njegoš“, „Sveti Sava“ i „Vožd Karađorđe“, zgrada Opštine Medijana, Dom Zdravlja, Gimnazije „Bora Stanković“ i „Stevan Sremac“ kao i Filozofski fakultet Univerziteta u Nišu. Veoma značajna je i blizina parka Svetog Save, koji predstavlja značajan rekreativni prostor za stanovnike okolnog stambenog naselja (Slika 1).

Kod lokacije biblioteka veoma je bitno da se ona nalazi u centralnom urbanom gradskom jezgru, u neposrednoj blizini gradskih funkcija i mesta stanovanja budućih korisnika. [3]

Povoljna strana lokacije jeste i njena dobra saobraćajna povezanost. Odmah ispred lokacije, na Bulevaru Nemanjića, staju autobuske linije 6, 11 kao i 13, a u neposrednoj blizini i linije 2 i 34, koje povezuju lokaciju sa železničkom stanicom i aerodromom. [1]



#### LEGENDA:

Predmetna lokacija

1. Šoping centar Delta Planet Niš
2. Koncertna dvorana
3. Dom Zdravlja
4. Opština Medijana
5. Osnovna škola „Njegoš“
6. Osnovna škola „Sveti Sava“

7. Osnovna škola „Vožd Karađorđe“
8. Gimnazija „Bora Stanković“
9. Filozofski Fakultet
10. Dečiji vrtić
11. Šoping centar Zona III
12. Park Svetog Save

Slika 1 – Analiza makrolokacije, izvor <https://geosrbija.rs/>

##### 2.1.2 Analiza mikrolokacije

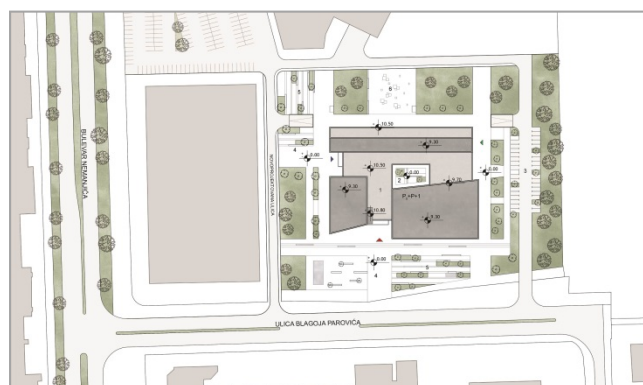
Granice predmetne lokacije su: ulica Blagoja Parovića na istoku, na jugu koncertna dvorana, šoping centar Delta Planet Niš na zapadu, dok je granica na severu Gradska toplana Niš.

Predmetnu lokaciju karakteriše nekoliko značajnih parametara. Prostor predviđen za izgradnju zauzima ugaonu poziciju. Sa prilazne strane parcela naleže na vrlo prometnu saobraćajnicu, dok se bočno nalazi ulica nižeg reda.

Lokacija pripada centralnom, urbanom jezgru grada, dovoljno blizu svih glavnih zona grada u gusto naseljenom stambenom delu, što ga čini veoma pristupačnim i za pešake. [4] Pristupni put do parcele već postoji i to je ulica Blagoja Parovića, sa istočne strane parcele.

Pad terena je manji od 2% pa samim tim ne predstavlja dominantan faktor pri projektovanju. Osunčanost je veoma bitan faktor kada su biblioteke u pitanju. U idejnom rešenju predviđene su mere ublažavanja negativnih posledica ovog faktora. Celokupan bibliotekski fond kao i prostorije za skladištenje bibliotekskog materijala zaštićene su od direktnog izlaganja sunčevim zracima. Dominantni vetrovi na predmetnoj lokaciji su istočni i jugozapadni. U letnjem periodu dominantni vetrovi povoljno utiču na provetranje i ventilaciju samog objekta, što dalje dovodi i do uštede energije potrebne za klimatizaciju i ventilaciju objekta. Kao zaštita od vetrova i predviđeno je i visoko zelenilo.

Analizom lokacije došlo se do zaključka da glavni ulaz u objekat treba biti sa istočne strane, sa postojećeg pristupnog puta (Slika 2). U zoni glavnog ulaza predviđen je pristupni plato sa prostorima za odmor. Još jedan ulaz za posetioce, predviđa se sa južne strane, uz multifunkcionalnu salu. Službeni ulaz uz administraciju predviđen je sa severne strane objekta odakle se planira i pristupna rampa za vozila za transport bibliotekskog materijala. Snabdevanje se vrši teretnim liftovima iz podruma. [1]



LEGENDA:

- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Biblioteka            | ▶ GLAVNI ULAZ U OBJEKAT |
| 2. Atrijum               | ▶ ULAZ ZA POSETIOCE     |
| 3. Parking prostor       | ▶ ADMINISTRATIVNI ULAZ  |
| 4. Pristupni plato       |                         |
| 5. Prostor za okupljanje |                         |
| 6. Prostor za igru dece  |                         |

Slika 2 – Situacioni plan, izvor: autor

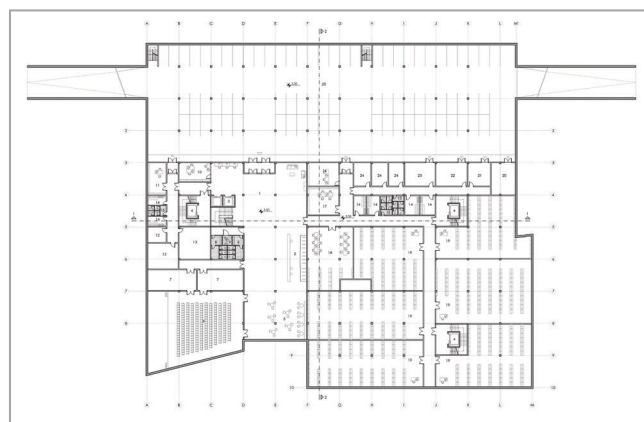
## 2.2 FUNKCIONALNI KONCEPT OBJEKTA

Objekat se sastoji od tri etaže: podrum, prizemlje i sprat. Na slici 3 dat je prikaz zoniranja po etažama.



Slika 3 – Zoniranje po etažama, izvor: autor

Podrumska etaža se sastoji od podzemne garaže, tehničkih i pogonskih prostorija, magacinskih prostorija, prostorija za skladištenje bibliotekskog materijala, kao i prostora za posetioce sa salom za filmske projekcije sa 236 mesta (Slika 4). Podzemna garaža ima 80 mesta za parkiranje, a ulaz u garažu i dopremanje materijala omogućeno je preko dve rampe sa dve vozne trake. Dopremanje knjižnog materijala iz podruma do viših etaža vrši se pomoću dve stepenišno-liftovske vertikale.



LEGENDA PROSTORIJA:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Ulazni hol                           | 14. Garderoba za zaposlene                |
| 2. Garderoba                            | 15. Sanitarije za zaposlene               |
| 3. Vertikalne komunikacije za posetioce | 16. Kontrola ulaza                        |
| 4. Ekonomske vertikalne komunikacije    | 17. Prijem knjiga                         |
| 5. Klub                                 | 18. Raspodela knjiga                      |
| 6. Sala za filmske projekcije           | 19. Skladištenje bibliotekskog materijala |
| 7. Pomoćna prostorija                   | 20. Trafostanica                          |
| 8. Sanitarije za posetioce              | 21. Dizel agregat                         |
| 9. Sanitarije za osobe sa invaliditetom | 22. Toplana                               |
| 10. Video nadzor                        | 23. Hidrofor                              |
| 11. Prijem namirnice                    | 24. Klima komore                          |
| 12. Ambalaža                            | 25. Podzemna garaža                       |
| 13. Magacin                             |   |

Slika 4 – Osnova podruma, izvor: autor

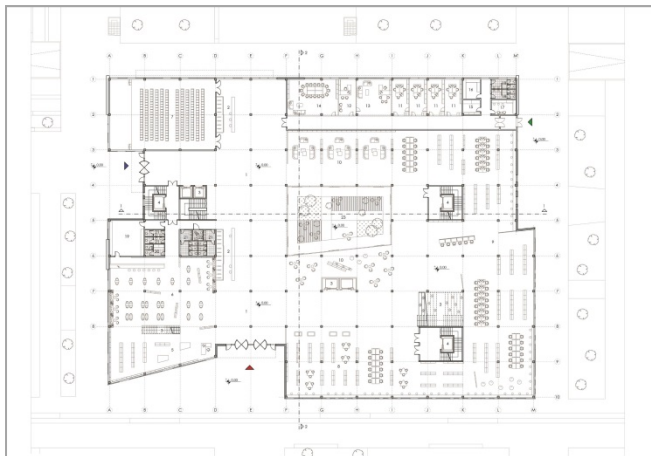
Pristup objektu omogućen je preko tri ulaza, od čega je jedan glavni ulaz u objekat, jedan za zaposlene, a jedan kao veza sa multifunkcionalnom salom.

U ulaznom delu objekta planira se knjižara i kafe. Na zapadnoj strani predviđa se multifunkcionalna sala sa 240 mesta za korisnike, za održavanje seminara i književnih skupova. Uz multifunkcionalnu salu obezbeđen je poseban ulaz u objekat.

Administracija se planira u severozapadnom delu objekta uz izdvajanje posebnog ulaza za zaposlene. Predviđene su kancelarije sa mestima za grupni i individualni rad, salom za sastanke, kancelarijom za sekretaricu, kao i upravnika biblioteke. Zaposlenima je obezbeđena čajna kuhinja, kopirnica, ekonomat kancelarijskog materijala i potrošnih sredstava, kao i sanitarni čvor za žene i muškarce.

U prizemlju je predviđena literatura kao i prostor za čitanje za decu i studente.

U prostoru atrijuma predviđene su zelene površine kao i prostori za sedenje, čitanje i odmor u prijatnom ambijentu (Slika 5).



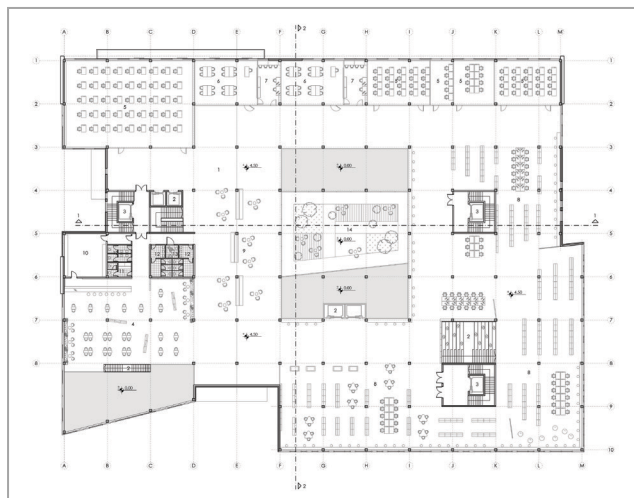
LEGENDA PROSTORIJA:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Ulazni hol                                 | 13. Kancelarija direktora                |
| 2. Garderoba                                  | 14. Sala za sastanke                     |
| 3. Vertikalne komunikacije za posetioce       | 15. Kopirnica                            |
| 4. Ekonomske vertikalne komunikacije          | 16. Ekonomat potrošnog materijala        |
| 5. Knjižara                                   | 17. Čajna kuhinja                        |
| 6. Kafe knjižara                              | 18. Sanitarije za zaposlene              |
| 7. Multifunkcionalna sala                     | 19. Priručni magacin                     |
| 8. Pozajmno odeljenje i čitaonica za decu     | 20. Garderoba za zaposlene               |
| 9. Pozajmno odeljenje i čitaonica za studente | 21. Sanitarije za posetioce              |
| 10. Prostor za čitanje                        | 22. Sanitarije za osobe sa invaliditetom |
| 11. Kancelarija                               | 23. Atrijum                              |
| 12. Kancelarija sekretarice                   |  |

*Slika 5 – Osnova prizemlja, izvor: autor*

Prvom spratu moguće je pristupiti pomoću preko dve stepenišno-liftovske vertikale za posetioce kao i tri ekonomske stepenišno-liftovske vertikale (Slika 6). U zapadnom delu objekta predviđene su odvojene učionice za održavanje raznih kurseva i radionica

posvećenih knjizi, kao i čitaonice. Na prvom spratu smešteni su literatura kao i prostor za čitanje za odrasle. U južnoj zoni planira se kafe knjižara za posetioce.



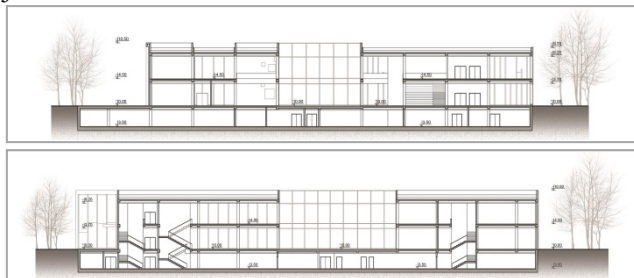
LEGENDA PROSTORIJA:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Hol                                  | 8. Pozajmno odeljenje i čitaonica za odrasle |
| 2. Vertikalne komunikacije za posetioce | 9. Prostor za čitanje                        |
| 3. Ekonomske vertikalne komunikacije    | 10. Priručni magacin                         |
| 4. Kafe knjižara                        | 11. Garderoba za zaposlene                   |
| 5. Čitaonica                            | 12. Sanitarije za posetioce                  |
| 6. Učionica                             | 13. Sanitarije za osobe sa invaliditetom     |
| 7. Prostorija za pripremu nastave       | 14. Atrijum                                  |

*Slika 6 – Osnova sprata, izvor: autor*

### 2.3 KONSTRUKCIJA OBJEKTA

Objekat je koncipiran u skeletnom armiranobetonskom sistemu sa nosećim armiranobetonskim stubovima dimenzija 40x40cm postavljenim na rasteru od 7.2m u podužnom i u poprečnom pravcu. Podna ploča na tlu je armirano betonska debljine 60cm. Međuspratna konstrukcija iznad prizemne etaže i sprata jeste armiranobetonska ploča debljine 20cm. Stepenište je monolitno armirano betonsko. Fasadni zidovi objekta su zidovi ispune – od termo opekarskog bloka. Spratna visina podrumске etaže je 350cm, dok je u nadzmenom delu objekta spratna visina 450cm. Ukupna visina objekta jeste 10.50m.



*Slika 7 – Preseci kroz objekat i prikaz konstrukcije, izvor: autor*



## 2.4 OBLIKOVANJE I MATERIJALIZACIJA OBJEKTA

U prostorno-oblikovnom pogledu ideja autora se bazira na pravilnoj formi objekta atrijumskog tipa.

Od primenjenih materijala ističu se beton i velike staklene površine. Upotrebom velikih staklenih površina na ulaznoj fasadi objekta gubi se granica između spoljašnjeg i unutrašnjeg prostora. [5]

Velike staklene površine su prekrivene betonskim vertikalnim lamelama različitih dimenzija koje mogu služiti kao zaštita od prekomernog osunčanja objekta.

Fasadni omotač objekta planiran je na način da zadovolji potrebe termičke i fizičke zaštite. Potrošnja energije je smanjena upotrebom termoizolacionog niskoemisionog dvostrukog stakla punjenog argonom sa višekomornim profilima sa termoprekidom, i slojem termoizolacije u celovitom omotaču objekta. Optimizacija energetske bilansa objekta ostvarena je i kroz kompaktnu formu objekta.

Koncept unutrašnjeg prostora sa galerijama na višoj etaži, takođe je baziran na želji da se ostvare mnogostruki interaktivni odnosi.



*Slika 8 – Prikaz objekta , izvor: autor*



### 3 ZAKLJUČAK

U radu je dat prikaz idejnog rešenja objekta biblioteke u ulici Blagoja Parovića u Nišu. Novoprojektovani objekat nalazi se u centralnom gradskom jezgru sa ugaonom pozicijom. Glavna uporišta u koncipiranju predloga rešenja su:

Formiranje centralnog atrijuma sa prostorima za sedenje i odmor u spoljašnjem ambijentu kao poseban kvalitet oblikovnog i funkcionalnog rešenja. Takođe, prostor atrijuma doprinosi i boljim bioklimatskim performansama zgrade.

Pored tradicionalnih bibliotečkih funkcija, uvođenje i drugih, kulturnih, zabavnih, obrazovnih i komercijalnih funkcija što odgovara današnjim potrebama moderne biblioteke.

Formiranje vazdušnih prostora kako bi se ostvarili mnogostruki interaktivni odnosi.

Primena velikih staklenih površina koje u potpunosti zamagljuje granicu između spoljašnjeg i unutrašnjeg prostora.

### LITERATURA

- [1] Pavlović Nevena: **Idejno rešenje biblioteke u ulici Blagoja Parovića u Nišu**, *Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu*, Niš, 2020.
- [2] Jakovlevas-Mateckis Konstantinas, Kostinaitė Lina, Pupelienė Janina: **Conceptual Principles of the Planning of Modern Public Libraries**, *12th Seminar of the LIBER Architecture Group*, Italy, 2004.
- [3] Cekić Nikola: **Projektovanje društvenih zgrada, Biblioteke**, *Građevinsko-arhitektonski fakultet*, Niš, 1994.
- [4] Edwards Brian, Fisher Bidy: **Libraries and Learning Resource Centres**, *Architectural Press*, Oxford, 2002.
- [5] Galvin Hoyt R., Van Buren Martin: **The Small Public Library Building**, *Unesco*, Holandija, 1959.

primljen: 16.01.2023.  
korigovan: 05.02.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 551.578.1:004.4

## PREGLED OBLASTI PRIMENE MODELA SWMM KOD IMPLEMENTACIJE LID TEHNOLOGIJA

Jelena Dimitrijević<sup>1</sup>, Dragan Milićević<sup>2</sup>, Zlatko Zafirovski<sup>3</sup>

**Rezime:** Potreba za elementima Zelene gradnje se javlja usled prekomerne urbanizacije i globalnog zagađenja. Elementi LID (Low Impact Development) tehnologija, kao jedno od rešenja ovih problema nastoje da upravljanjem atmosferskim vodama imitiraju prirodne hidrološke cikluse odgovarajućeg područja. Ova rešenja su dala izuzetne rezultate što se može potvrditi kroz mnogo radova studija slučaja. Kod ovakvih tehnologija predviđanje samih rešenja i simulacije rada istih je moguće samo putem odgovarajućeg softvera. Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Američkih Država je 1971. godine razvila javno dostupan softver SWMM (Storm Water Management Model), za potrebe simuliranja kvantiteta i kvaliteta oticaja u urbanim područjima. Od svog nastanka pa do danas, SWMM je doživeo nekoliko transformacija čija je verifikacija izvršena kroz konkretne studije slučaja. Rad prikazuje područja primene SWMM modela kroz implementaciju LID tehnologija. Pregled je izvršen ne samo prema oblastima primene, tipu LID tehnike već i kroz istorijski razvoj samog softvera i sve njegove modifikacije.

**Ključne reči :** SWMM, LID, upravljanje atmosferskim vodama

## OVERVIEW OF THE SWMM MODEL'S APPLICATION IN THE IMPLEMENTATION OF LID TECHNOLOGY

**Abstract:** The demand for Green Infrastructure elements is being driven by rapid urbanization and global pollution. The elements of LID (Low Impact Development) technologies, as one of the solutions to these problems, try to simulate the natural hydrological cycles of the corresponding area by managing storm water. These solutions have produced exceptional results, as evidenced by numerous case studies. With these technologies, the prediction of the solutions themselves and the simulation of their operation is possible only through appropriate software. For the purpose of simulating the quantity and quality of runoff in urban areas, the United States Environmental Protection Agency created the publically available software SWMM (Storm Water Management Model) in 1971. SWMM has undergone a number of changes since it was first developed, and particular case studies were used to verify these changes. This paper demonstrates the SWMM model's applications through the use of LID technologies. The review was conducted not only in accordance with the application areas and the LID technique type, but also with regard to the software's historical evolution and all of its alterations.

**Keywords:** SWMM, LID, Storm Water Management

<sup>1</sup> Saradnik u nastavi, dipl.inž.građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, [jelena.dimitrijevic@gaf.ni.ac.rs](mailto:jelena.dimitrijevic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>2</sup> Vanredni profesor, dr, dipl.inž.građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, [drgara@gaf.ni.ac.rs](mailto:drgara@gaf.ni.ac.rs)

<sup>3</sup> Vanredni profesor, dr, dipl.inž.građ., Građevinski fakultet u Skopju, [zafirovski@gf.ukim.edu.mk](mailto:zafirovski@gf.ukim.edu.mk)

## **1 UVOD**

Sve je češća upotreba elemenata LID (Low Impact Development) tehnologija u cilju smanjenja posledica klimatskih promena i globalnog zagađenja [1-3]. LID tehnologije imaju za cilj upravljanje atmosferskim vodama u blizini izvora i njihovo odvodnjavanje na održiv način, što nije slučaj kod klasičnih sistema za odvodnjavanje [4]. Pažljivo isplanirani i upotrebljeni elementi zelene gradnje mogu pomoći uspostavljanju prirodnog hidrološkog režima u urbanim sredinama [5,6]. Optimalni dizajn LID tehnologija nije opšti model, već predstavlja skup pojedinačnih elemenata raspoređenih u skladu sa lokacijskim uslovima objekta, odnosno površine. To praktično znači da predlaganjem upotrebe određenih LID elemenata i proverom funkcionalnosti istih, u više varijacionih rešenja se može doći do optimalnog modela za konkretni slučaj tačno određene lokacije i vremenskih prilika karakterističnih za posmatrano područje [7,8]. Osnovni ciljevi optimizacije su smanjenje zapremine oticanja, vršni protok i kontrola zagađenja [9,10].

SWMM se primenjuje na slivovima za prihvatanje atmosferskih voda, kombinovanim kanalizacionim sistemima, sanitarnim kanalizacionim sistemima i drugim urbanim drenažnim mrežama [11]. SWMM model se, između ostalog, koristi za pronalaženje adekvatnog rešenja odvodnjavanja pomoću elemenata LID tehnologija. Na taj način nije obavezno najpre primeniti predlog na terenu a zatim posmatrati njegovu manifestaciju, već je moguće pomoću SWMM izvršiti predviđanja ponašanja predloženih rešenja, pa prema tome doneti konačnu odluku. Najčešće karakteristike za proveru su upravo gore navedeni ciljevi za optimizaciju kontrola zapremine oticaja, smanjenje vršnog oticaja i uklanjanje zagađivača [12-14], ali u novije vreme uzimaju se u obzir i uticaj na podzemne vode i opravdanost troškova [12,15-17].

Simulacija može da se radi i kod postojećeg sistema za proveru pomenutih karakteristika ne samo kod predviđanja, već i radi provere funkcionalnosti usled intenzivnog povećanja padavina zbog klimatskih promena [18]. Provera se vrši kod klasičnih sistema, kombinovanih sistema (klasični kanalizacioni sistemi sa elementima LID tehnologija) i pojedinačnih ili kombinovanih jedinica LID tehnologija. Najviše smisla ima kada se SWMM koristi za pojedinačnu evaluaciju elemenata zelene gradnje, kao i za ocenu funkcionalnosti kombinovanih kanalizacionih sistema kod planiranja i dizajna novih

predloženih rešenja [12]. Česta su upoređivanja hidroloških i hidauličkih osobina pre i posle upotrebe elemenata zelene gradnje. Na taj način se vrše upoređenja i predviđa učinkovitost predloženih rešenja kako bi se preduzele mere za planiranje i gradnju.

SWMM je model koji se može prilagoditi pojavama pojedinačnih padavina ili dugoročnim višeciklusnim padavinama. U svrhu posmatranja i anlike ukupnog oticaja, sagledavaju se svi podslivovi [19]. Kod modelovanja se za referentne padavine uzimaju u obzir padavine sa odgovarajućim povratnim periodom [20].

Uz pomoć SWMM se mogu modelirati bioretenzione jedinice, infiltracioni rovovi, porozne (propusne) površine (staze, trotoari, parking), kišna burad, zatravljeni kanali, zeleni krovovi, ulični zasadi i mnogi drugi LID elementi [21,22]. U radu je izvršen pregled najzastupljenijih jedinica LID tehnologija radi jasnijeg sagledavanja simuliranih karakteristika (zapremina oticaja, vršni oticaj, kvalitet oticaja, uticaj na podzemne vode i troškovi). Pregledom su obuhvaćeni radovi objavljeni u poslednje tri godine sa par izuzetaka. Prikaz obuhvata radove koji sadrže primenu pojedinačnih i kombinovanih LID elemenata i kombinovane kanalizacione sisteme. Pre svega prikazan je kratak istorijski pregled radi sagledavanja puta razvoja modela i početka njegove primene za potrebe modelovanja LID elemenata.

## **2 KRATAK PREGLED ISTORIJSKOG RAZVOJA MODELA SWMM**

Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Američkih Država (U.S. Environmental Protection Agency) je 1971. godine razvila javno dostupan softver SWMM za potrebe izvođenja simulacija kvantiteta i kvaliteta atmosferskih voda koje se slivaju sa površina urbanih jedinica [21]. Koristi se širom sveta za planiranje, analizu i dizajn svih objekata i postrojenja koji se tiču odvodnjavanja atmosferskih voda [19]. SWMM je desktop program zasnovan na Windows-u. To je javni softver otvorenog koda i besplatan je za upotrebu širom sveta [22].

Softver je od svog nastanka do danas prošao nekoliko faza razvoja [21]. Prva varijanta je bila napisana na FORTRAN-u i sastojala se od niza blokova: izvršni, oticaj, transport, skladištenje i prijem vode. Ovde je bilo nekoliko računskih ograničenja za SWMM i primena je bila namenjena slivovima sa površinom u rasponu od 4 do oko 2000 ha. Druga po

redu verzija SWMM-a se nadograđuje tako da je moguće obuhvatiti veću slivnu površinu i predviđanje erozije. Tada se po prvi put, zahvaljujući nadogradnji programa, javila mogućnost modeliranja materija okarakterisanih kao zagađivači. Ova verzija se javila kao nadogradnja prvobitne, 1975. godine. Sa trećom serijom poboljšanja, 1981. godine, model se mogao koristiti za planiranje i dizajn. Obraduje se mogućnost infiltracije površinskih voda, Dodate su procedure čišćenja i taloženja. Ograničenja se javljaju u pogledu broja elemenata za modelovanje. Četvrta verzija, SWMM 4 je objavljena 1988. godine. U odnosu na prethodne tri, napravljen je značajan pomak u pogledu dodavanja blokova za bliže definisanje parametara koji se tiču kiše, temperature, podzemnih voda, kanala nestandardnih dimenzija. Sa objavljivanjem verzije SWMM 5, 2005. godine model je formiran na C jeziku. Nema više ograničenja u pogledu broja elemenata koji su uključeni u model. Funkcije modeliranja LID tehnika su dodate u verziju SWMM 5 iz 2010 godine [22].

Nezavisno od varijante softvera, jedan od najvažnijih uslova uspešne simulacije je kalibracija modela i korišćenje procedura koje nastoje da minimiziraju razlike između zapažanja zabeleženih na terenu i odgovarajućih predviđanja izmerenih na osnovu modela. Ručna kalibracija metodom pokušaja i greške je uobičajena, ali subjektivna procedura koja se oslanja na iskustvo praktičara i prosuđivanje stručnjaka za odabir vrednosti parametara koji najviše odgovaraju za posmatrani problem [23]. Automatska kalibracija je objektivna i ponovljiva procedura za identifikaciju najboljih (optimalnih) vrednosti parametara modela [24]. Primera radi, SWMM integrisan sa OSTRICH (Optimization Software Tool for Research Involving Computational Heuristics) pruža dobar alat za automatsku kalibraciju radi smanjenja greške u simulaciji vršnog oticaja i kompletne zapremine oticaja [11]. Ovim radom i daljim tekstom nije detaljnije razmatrana kalibracija, već se samo napominje da je presudan faktor za adekvatnu primenu SWMM modela i verodostojnost rezultata.

Najbolja potvrda pouzdanosti rezultata koji se dobijaju modelovanjem u SWMM-u jesu uporedna laboratorijska ispitivanja kod kojih nema velikih odsupanja u rezultatima, odnosno odstupanja su prihvatljiva ili u granicama očekivanog [25]. Kod izučavanja problema u laboratorijskim uslovima radi upoređivanja sa simulacijama je presudno eksperiment što više približiti realnim uslovima na terenu, kako ne bi bilo značajnih odstupanja [26]. Pregled rezultata dobijenih modelom SWMM je

moguć u različitim formatima (označavanje bojom oblast drenaže i mape transportnog sistema, grafikoni, tabele, dijagrami, statističke analize učestalosti itd.) [22].

### 3 OBLASTI PRIMENE SWMM

Uopšteno gledano, oblast primene SWMM-a čine sistemi za odvodnjavanje atmosferskih padavina. Primena programa SWMM za potrebe predviđanja kod upotrebe LID tehnologija se može podeliti u dve grupe i to: primena kod kombinovanih kanalizacionih sistema i kod predviđanja efikasnosti samih LID tehnologija, prevashodno u svrhu kontrole zapremine oticaja, smanjenja vršnog oticaja i uklanjanja zagađivača [21]. Upotreba SWMM modela za predviđanje i proveru funkcionalnosti klasičnih kanalizacionih sistema se neće posebno razmatrati u ovom radu, iako se deo radova odnosi na proveru funkcionalnosti sistema za odvodnjavanje pre i nakon upotrebe LID elemenata [20].

#### 3.1 KOMBINOVANI KANALIZACIONI SISTEMI (COMBINED SEWER SYSTEM OVERFLOWS- CSO<sub>s</sub>)

Kombinovani kanalizacioni sistemi predstavljaju najrasprostranjeniju vrstu sistema za odvodnjavanje. Kada se u kombinovanim kanalizacionim sistemima pojavi višak oticaja, dolazi do preliivanja pa se mešaju sanitarna i atmosferska kanalizacija, te se tako ulivaju u najbliži recipijent. SWMM se u ovom slučaju koristi za modeliranje kombinovanih kanalizacionih sistema sa elementima LID tehnologije kao dela kombinovanih sistema [21]. U svom radu Macro et al. [27] prikazuje analizu kombinovanja kišnih buradi sa klasičnim kanalizacionim sistemom sa sagledavanjem troškova implementacije. Važno je napomenuti da model SWMM sam nije u mogućnosti da izvrši ovu vrstu analize ali u sprezi sa odgovarajućim softverom, u ovom slučaju softverom za optimizaciju OSTRICH, utvrđena je veza između kontrole zapremine oticaja i optimalnih troškova implementacije kišnih buradi. Primena SWMM-a na kombinovanim kanalizacionim sistemima nije tema rada, već su to LID elementi kao deo kombinovanih kanalizacionih sistema. O primeni na istim se detaljnije raspravlja u sledećem odeljku.



### 3.2 PRIMENA SWMM KOD PROVERE EFIKASNOSTI LID TEHNOLOGIJA

Provera efikasnosti se vrši za pojedinačne elemente LID tehnologija i njihove kombinacije. Pregledom dostupne literature gde su opisani postupci modelovanja u SWMM i rezultati simulacija, dolazi se do saznanja da je većina LID elemenata zastupljena (bioretenzione jedinice, propusne površine, kišne bašte, kišna burad, infiltracioni rovovi, zatravljeni kanali, zeleni krovovi).

Većina analiziranih radova bavi se **kontrolom zapremine oticaja** (*runoff volume*, [ $m^3$ ]). Zapremina oticaja je presudni faktor kod pojave poplava i preliivanja kobinovanih sistema. Primećuje se da su skoro svi LID elementi zastupljeni u pregledanim radovima. Analizirajući simulacije u svrhu kontrole zapremine oticaja, utvrđeno je da ima najviše radova vezanih za modelovanje bioretenzionih jedinica [8, 12, 16, 28-34], propusnih površina [12, 16, 25, 30-32, 34, 35] i zelenih krovova [12, 16, 25, 30, 31, 35-39]. Nešto ređa je upotreba SWMM za analizu kišnih buradi [16, 27, 32, 35, 39, 40], mada se njihova upotreba uočava često kod kombinovanih sistema. Manje su zastupljene kišne bašte [16, 31, 33], infiltracioni kanali [33] i zatravljeni kanali [12]. Svakako je zapremina oticaja karakteristika za koju ima najviše interesovanja. De-Ville je čak uradio proveru hidrauličkih mogućnosti bioretenzija sastavljenih od recikliranih materijala uz pomoć modela SWMM [41].

Kao jedna od veoma važnih pojava pri obilnim i iznenadnim padavinama je **vršni oticaj** (*pick flow*, [ $m^3/s$ ]) koji u mnogome određuje dalji tok manifestacije oticaja. U trenutku vršnog oticaja postoji najveća opasnost od preliivanja sistema za prihvatanje atmosferskih voda. Iako je tako, smanjenje vršnog oticaja ostaje u senci ukupne zapremine oticaja sa tek par radova koji obrađuju bioretenzione jedinice [12, 30, 31], propusne površine [12, 30, 31] i zelene krovove [12, 30, 31]. Osim nabrojanih tu su i kišne bašte [31], zatravljeni kanali [12] i kišna burad [13]. U cilju smanjenja vršnog oticaja, izvršena je pojedinačna provera bioretenzija i propusnih površina, kao i njihova kombinacija [34].

**Kvalitet voda** (*runoff quality*) je sve interesantnija tema kada su u pitanju atmosferske padavine i koje to zagađujuće materije mogu nositi sa sobom. SWMM pruža mogućnost procene proizvodnje zagađujućih materija povezanih sa oticanjem atmosferskih voda. Parametri od značaja za kvalitet oticaja, obrađeni u ovim radovima, su količina fosfora (TP-total phosphorous), azota (TN- total nitrogen), ukupnih

suspendovanih čvrstih materija (TSS- total suspended solids), amonijak ( $NH_3 - N$ ) i parametar koji definiše organsko zagađenje vode COD (Chemical Oxygen Demand). Radovima su obuhvaćene bioretenzije [12, 33], kišne bašte [17, 42], zeleni pojasevi [42], kišna burad [13, 42], zeleni krovovi [12, 42], propusne površine [12, 17], infiltracioni kanali [33] i zatravljeni kanali [12].

**Tabela 1 – Prikaz literature prema svrsi primenjivanja modela SWMM.**

LITERATURA	RV	PF	RQ	G	C
[29]	x			x	
[6]	x			x	
[30]	x	x			
[36]	x				
[18]	x				
[31]	x	x			
[32]	x				
[27]	x				
[15]	x		x		x
[42]			x		
[16]	x				x
[17]			x		x
[37]	x				
[38]	x		x		
[40]	x				
[41]	x				
[14]			x		
[34]	x	x			
[33]	x				
[39]	x				
[35]	x				
[43]	x	x	x		
[20]	x	x			
[44]				x	
[25]	x				
[12]	x	x	x		x
[13]	x	x	x		
[28]	x				

\* **RV** (*runoff volume*)- kontrola zapremine oticaja, **PF** (*pick flow*)- vršni oticaj, **RQ** (*runoff quality*)- kvalitet oticaja, **G** (*groundwater*)- podzemne vode, **C** (*cost effect*)- troškovi

U svom radu [15], Shojaizadeh čak analizira kombinovane LID sisteme u pogledu eliminacije zagađujućih materija paralelno sa smanjenjem zapremine oticaja i cenom koštanja. Još jedan rad [14] prikazuje rezultate analiza performansi pojedinačnih i kobinovanih elemenata bioretenzija, propusnih površina i infiltracionih rovova.

Postoje analize gde su uključeni svi indikatori (zapremina oticaja, vršni oticaj i kvaliteta oticaja) za nekoliko LID elemenata. Takav slučaj prikazuje

Zhang et al. [43] gde su simulacijama obuhvaćeni infiltracioni kanali, zatravljeni kanali, bioretenzije, propusne površine i kišne bašte. Slična je situacija sa Yang et al. [20] samo bez indikatora kvaliteta oticaja.

Osim kontrole zapremine oticaja, smanjenja vršnog oticaja i uklanjanja zagađivača, u par radova se uzima u obzir međusobni uticaj elemenata LID tehnologija i **podzemnih voda** i to kod: bioretenzionih jedinica [8, 29, 44] i propusnih površina [44].

Uticaj cene koštanja implementacije LID elemenata nije zanemarljiv, na šta ukazuje i smer razvoja studija, gde se osim zapremine i kvaliteta oticaja sve više cena koštanja javlja kao podjednako važan faktor [15, 16]. Odgovarajućim alatima i softverima (TOPSIS) udruženim sa modelom SWMM, moguće je ukazati na to kako težina troškova može imati značajan uticaj kod višekriterijumskog ocenjivanja, kada sagledavamo zapreminu oticaja, vršni oticaj, kvalitet i troškove [12]. Analiza troškova se može vršiti i prema tome koliko upotreba LID elemenata smanjuje troškove uklanjanja nutrijenata sa površina urbanih sredina [17]

**Tabela 2- Klasifikacija literature prema obrađenoj vrsti LID elementa**

LID element (LID facility)	PREGLED LITERATURE
Kišne bašte (Rain garden)	[15-17, 25, 31, 42, 43]
Propusne (porozne) površine (Permeable (porous) pavement)	[12, 14-17, 25, 30-32, 34, 35, 43]
Zeleni krovovi (Green roof)	[12, 16, 25, 30, 31, 35-39, 42]
Zatravljeni kanali (Grass (vegetated) swale)	[12, 15, 16, 43]
Bioretenzije (Bioretention)	[13-16, 18, 28-34, 41, 43]
Infiltracioni kanali (Infiltration trenches)	[14-16, 33, 43]
Kišna burad (Rainwater harvesting system, rainwater tank, rain barrel)	[13, 16, 27, 32, 35, 40, 42]
Močvarno zemljište (Wetland)	[15]

Osim analize i simulacije ponašanja postojećih sistema ili onih tek planiranih, postoji mogućnost predviđanja funkcionalnosti LID elemenata nakon određenog perioda eksploatacije [17]. Na taj način se može predvideti period zadovoljavajuće upotrebljivosti posmatranog dela sistema za odvodnjavanje kako bi se predvidele pravovremene

intervencije na ponovnom uspostavljanju zahtevanog kapaciteta elemenata sistema.

## 4 ZAKLJUČAK

Sa povećanjem upotrebe elemenata LID tehnologija usled sve većeg globalnog zagađenja i klimatskih promena, javlja se i potreba za novim pristupom u njihovom odabiru i dizajnu. SWMM model je za potrebe simulacije funkcionalnosti LID elemenata uz adekvatnu kalibraciju pokazao izuzetne performanse. Uspešno modelovanje se ogleda u kompatibilnosti rezultata dobijenih simulacijama i rezultata dobijenih na terenu ili u laboratorijskim uslovima.

U ovom radu je dat kratak pregled radova novijeg datuma, klasifikovanih najpre prema svrsi izrade simulacija i tu je podela napravljena u pogledu pet ciljeva: kontrola zapremine oticaja, kontrola vršnog oticaja, smanjenje zagađenja, uticaj podzemnih voda i troškovi. Osim toga dat je prikaz literature prema odgovarajućem LID elementu. Od LID elemenata se izdvajaju kišne bašte, propusne površine, kišna burad, bioretenzije, zatravljeni kanali, infiltracioni rovovi i zeleni krovovi. Svakako da nabrojani LID elementi nisu konačni kada govorimo o upotrebi SWMM za potrebe njihovog modelovanja, već su rezultat analize sadržaja proučene literature.

Rad pre svega ima za cilj da posluži kao smernica svima koji bi u svoja istraživanja želeli da uključe izradu simulacija pomoću SWMM modela radi lakšeg pronalaženja odgovarajućeg elementa i usmeravanje na terminologiju i potencijalnu literaturu, kao i na sisteme za kalibraciju.

## LITERATURA

- [1] Pour Sahar Hadi, Wahab Ahmad Khairi Abd, Shahid Shamsuddin, Asaduzzaman Md, Dewan Ashraf: **Low impact development techniques to mitigate the impacts of climate-change-induced urban floods: Current trends, issues and challenges**, *Sustainable Cities and Society*, Vol.62, 102373, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102373>
- [2] Milanović Danijela, Bogdanović Veliborka, Vasov Miomir, Đurić Mijović Danijela, Savić Jelena, **Pregled regulative i preporuke za primenu zelenih krovova**: *Nauka + Praksa*, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Vol.22,12-19, 2019.
- [3] Vasilevska Magdalena, Vasilevska Ljiljana: **Višestruke koristi primene savremenih pristupa**

- kanalisanja atmosferskih voda na primeru stambenog naselja Augustenborg, Malmo, *Nauka + Praksa*, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Vol.20,13-19, 2017.
- [4] Trajković Slaviša, Milićević Dragan B., Milanović Mladen, Gocić Milan: **Application of Different LID Technologies for the Drainage of Urban Areas: A Case Study-Pek Settlement, Serbia**, *In book: New Prospects in Environmental Geosciences and Hydrogeosciences*, 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-72543-3\\_111](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72543-3_111)
- [5] Milićević Dragan, Anđelković Ljiljana, Mitić Marjan: **Nužnost integralnog pristupa planiranju i upravljanju atmosferskim vodama na primeru grada Pirota**, *Tehnika*, Vol.70, br.6, 1065-1072, 2015. doi:10.5937/tehnika1506065M
- [6] Zhang Kun, Chui Ting Fong May: **Assessing the impact of spatial allocation of bioretention cells on shallow groundwater- An integrated surface-subsurface catchment-scale analysis with SWMM-MODFLOW**, *Journal of Hydrology*, Vol.586, 124910, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124910>
- [7] Milićević Dragan, Mitić Marjan, Bjeletić Antić Dragana: **Methodology of Sensitive Planning and Design of Stormwater Drainage System on Urban Watersheds**, *TEHNIKA*, Br.. 2, 303-308, 2017. doi:10.5937/tehnika1702303M
- [8] Trajković Slaviša., Milićević Dragan, Milanovic Mladen: **Comparative study of different LID technologies for drainage and protection of atmospheric stormwater quality in urban areas**. *Arabian Journal of Geosciences*, Vol.13(20) , 2020. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06093-0>
- [9] Eckart Kyle, McPhee Zach, Bolisetti Tirupati: **Performance and implementation of low impact development –A review**, *Science of the Total Environment*, Vol. 607-608,413-432, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>
- [10] Islam Arpita, Hassini Sonia, El-Dakhakhni Wael: **A systematic bibliometric review of optimization and resilience within low impact development stormwater management practices**, *Journal of Hydrology*, Vol.599, 126457, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126457>
- [11] Behrouz Mina Shahed, Zhu Zhenduo, Matott L.Shawn, Rabideau Alan J.: **A new tool for automatic calibration of the Storm Water Management Model (SWMM)**, *Journal of Hydrology*, Vol.581, 124436, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124436>
- [12] Luan Bo, Yin Ruixue, Xu Peng, Wang Xin, Yang Xiaomin, Zhang Lan, Tang Xiaoyan: **Evaluating Green Stormwater Infrastructure strategies efficiencies in a rapidly urbanizing catchment using SWMM-based TOPSIS**, *Journal of Cleaner Production*, Vol.223, 680-691, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.028>
- [13] van der Sterren Marlène, Rahman Ataur, Rayan Garry: **Modeling of a lot scale rainwater tank system in XP-SWMM: A case study in Western Sydney, Australia**, *Journal of Environmental Management*, Vol.141, 177-189, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.02.013>
- [14] Taghizadeh Soudabeh, Khani Salar, Rajaei Taher: **Hybrid SWMM and particle swarm optimization model for urban runoff water quality control by using green infrastructures (LID-BMPs)**, *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol.60, 127032, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127032>
- [15] Stojazadeh Ali, Geza Mengistu, Hogue Terri S.: **GIP-SWMM: A new Green Infrastructure Placement Tool coupled with SWMM**, *Journal of Environmental Management*, Vol.277, 111409, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111409>
- [16] Wang Zhaoli, Li Shanshan, Wu Xiaoqing, Lin Guangsi, Li Chengguang: **Impact of spatial discretization resolution on the hydrological performance of layout optimization of LID practices**, *Journal of Hydrology*, Vol.612, 128113, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128113>
- [17] Heidari Bardia, Schmidt Arthur R., Minsker Barbara: **Cost/benefit assessment of green infrastructure: Spatial scale effects on uncertainty and sensitivity**, *Journal of Environmental Management*, Vol.302, 114009, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114009>
- [18] Weathers Matthew, Hathaway Jon M., Tirpak R. Andrew, Khojandi Anahita: **Evaluating the impact of climate change on future bioretention performance across the contiguous United States**, *Journal of Hydrology*, Vol.616, 128771, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128771>
- [19] Rossman Lewis A.: **Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1**, *United States Environmental Protection Agency*, 2015
- [20] Yang Yuanyuan, Li Jing, Huang Qiang, Xia Jun, Li Jiake, Liu Denfeng, Tan Qintao: **Performance assessment of sponge city infrastructure on stormwater outflows using isochrone and SWMM models**, *Journal of Hydrology*, Vol.597, 126151, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126151>
- [21] Niazi Mehran, Nietch Chris, Maghrebi Mahdi, Jackson Nicole, Bennett Brittany R., Tryby Michael, Massoudieh Arash: **Storm Water Management Model: Performance Review and Gap Analysis**, *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 2017. doi:10.1061/jswbay.0000817
- [22] *U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Low Impact Development (LID) A Literature review*, 2000

- [23] Shamzi Uzair, Koran Joe: **Continuous Calibration**, *Journal of Water Management Modeling*, 2017. <https://doi.org/10.14796/JWMM.C414>
- [24] Alamdari Nasrin: **Development of a Robust Automated Tool for Calibrating a SWMM Watershed Model**, *World Environmental and Water Resources Congress*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784479841.025>
- [25] Randall Mark, Sun Fubao, Zhang Yongyong, Bergen Jensen Marina: **Evaluating Sponge City volume capture ratio at the catchment scale using SWMM**, *Journal of Environmental Management*, Vol.246, 745-757, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.134>
- [26] Sañudo-Fontaneda Luis A., Jato-Espino Daniel, Lashford Craig, Coupe Stephen J.: **Simulation of the hydraulic performance of Highway Filter Drains through Laboratory Models and Stormwater Management Tools**, *Environmental Science and Pollution Research*, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9170-7>
- [27] Macro Kristina, Matott L.Shawn, Rabideau Alan, Ghodsi Seyed Hamed, Zhu Zhenduo: **OSTRICH-SWMM: A new multi-objective optimization tool for green infrastructure planning with SWMM**, *Environmental Modelling & Software*, Vol.113, 42-47, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.12.004>
- [28] Lisenbee Whitney, Hathaway J.M., Winston Rayan J.: **Modeling bioretention hydrology: Quantifying the performance of DRAINMOD-Urban and the SWMM LID module**, *Journal of Hydrology*, Vol.612, 128179, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128179>
- [29] Kim Hwansuk, Mallari Kristine Joy B., Baek Jongrak, Pak Gijung, Choi Hayan II, Yoon Jaeyoung: **Considering the effect of groundwater on bioretention using the Storm Water Management Model**, *Journal of Environmental Management*, Vol.231, 1270-1276, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.032>
- [30] Yang Yuanyuan, Li Yabin, Huang Qiang, Xia Jun, Li Jiake: **Surrogate-based multiobjective optimization to rapidly size low impact development practices for outflow capture**, *Journal of Hydrology*, Vol.616, 128848, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128848>
- [31] Yu Yang, Zhou Yongchao, Guo Zhiyong, van Duin Bert, Zhang Wenming: **A new LID spatial allocation optimization system at neighborhood scale: Integrated SWMM with PICEA-g using MATLAB as the platform**, *Science of the Total Environment*, Vol.831, 154843, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154843>
- [32] Chuang Wen-Kai, Lin Zih-Ee, Lin Tzu-Chi, Lo Shang-Lien, Chang Chia-Lin, Chiueh Pei-Te: **Spatial allocation of LID practices with a water footprint approach**, *Science of the Total Environment*, Vol.859, 160201, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160201>
- [33] Baek SangSoo, Ligaray Mayzonee, Pyo Jongcheol, Park Jong-Pyo, Kank Joo-Hyon, Pachepsky Yakov, Chun Jong Ahn, Cho Kyung Hwa: **A novel water quality module of the SWMM model for assessing low impact development (LID) in urban watersheds**, *Journal of Hydrology*, Vol.586, 124886, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124886>
- [34] Bibi Takele Sambeto: **Modeling urban stormwater management in the town of Dodola based on landuse and climate change using SWMM 5.1**, *Journal of Hidrology: Regional Studies*, Vol.44, 101267, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101267>
- [35] Li Shanshan, Wang Zhaoli, Wu Xushu, Zeng Zhaoyang, Shen Ping, Lai Chengguang: **A novel spatial optimization approach for the cost-effectiveness improvement of LID practices based on SWMM-FTC**, *Journal of Environmental Management*, Vol.307, 114574, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114574>
- [36] Mantilla Ivan, Flanagan Kelsey, Muthanna Tone Merete, Blecken Godecke-Tobias, Viklander Maria: **Variability of green infrastructures performance due to climatic regimes across Sweden**, *Journal of Environmental Management*, Vol.326, 116354, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116354>
- [37] Cipolla Sara Simona, Maglionico Marco, Stojkov Irena: **A long-term hydrological modeling of an extensive green roof by means of SWMM**, *Ecological Engineering*, Vol.95, 876-887, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.009>
- [38] Baek SangSoo, Ligaray Mayzonee, Pachepsky Yakov, Chun Jong Ahn, Yoon Kwang-Sik, Park Yongeun, Cho Kyung Hwa: **Assessment of a green roof practice using the coupled SWMM and Hydrus models**, *Journal of Environmental Management*, Vol.261, 109920, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109920>
- [39] Hamouz Vladimír, Muthanna Tone Merete: **Hydrological modeling of green and grey roofs in cold climate with the SWMM model**, *Journal of Environmental Management*, Vol.249, 109350, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109350>
- [40] Akter Ayasha, Tanim Ahad Hasan, Islam Md.Kumrul: **Possibilities of urban flood reduction through distributed-scale rainwater harvesting**, *Water Science and Engineering*, Vol.13(2), 95-105, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2020.06.001>
- [41] De-Ville Simon, Green Daniel, Edmondson Jill, Stirling Ross, Dawson Richard, Stovin Virginia:



**Evaluating the Potential Hydrological Performance of a Bioretention Media with 100% Recycled Waste Components**, *Water*, 2021.  
<https://doi.org/10.3390/w13152014>

- [42] Tang Sijie, Jiang Jiping, Zheng Yi, Hong Yi, Chung Eun-Sung, Shamseldin Asaad Y., Wei Yan, Wang Xiuheng, **Robustness analysis of storm water quality modeling with LID infrastructures from natural event-based field monitoring**, *Science of the Total Environment*, Vol.753, 142007, 2021,  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142007>
- [43] Zhang Zhiming, Hu Wenhan, Wang Wenliang, Zhou Jincheng, Liu Di, Qi Xiaotian, Zhao Xin: **The hydrological effect and uncertainty assessment by runoff indicators based on SWMM for various LID facilities**, *Journal of Hydrology*, Vol.613, 128418, 2022.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128418>
- [44] Zhang Kun, Chui Ting Fong May, Yang Yang: **Simulating the hydrological performance of low impact development in shallow groundwater via a modified SWMM**, *Journal of Hydrology*, Vol.566, 313-331, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.006>

primljen: 12.01.2023.  
korigovan: 31.01.2023.  
prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 624.012.45.042.8

## DIJAGNOSTIKA STANJA AB SITNOREBRASTE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE - STUDIJA SLUČAJA

### DEO 2 – DINAMIČKE ANALIZE

Slobodan Ranković<sup>1</sup>, Žarko Petrović<sup>2</sup>, Radovan Cvetković<sup>3</sup>, Todor Vacev<sup>4</sup>

**Rezime:** U radu je prikazana dijagnostika dinamičkih karakteristika armiranobetonske sitnorebraste međuspratne konstrukcije višedecenijske starosti, na primeru konstrukcije osnovne škole "Josif Kostić" u Leskovcu. Izvršena je analiza odgovora konstrukcije izložene dejstvu dinamičkog probnog opterećenja. Na osnovu snimljenih signala odziva konstrukcije u pogledu dinamičkog ugiba i dilatacija u armaturi i betonu određeni su dinamički parametri (frekvencija i prigušenje) i izvršena njihova analiza. Rezultati dinamičke analize iskorišćeni su za ocenu stanja konstrukcije i predlog mera konstruktivne i reparaturne sanacije. Dati su zaključci o trenutnom stanju konstrukcije, na osnovu kojih je moguće definisati adekvatne mere sanacije i ojačanja.

**Ključne reči:** dijagnostika, ispitivanje, armiranobetonska konstrukcija, međuspratna sitnorebrasta konstrukcija, dinamičko probno opterećenje

## DIAGNOSTICS OF RC RIBED FLOOR STRUCTURES - CASE STUDY

### PART 2 – DYNAMIC ANALYSIS

**Abstract:** The paper presents diagnostics of the dynamic condition of a reinforced concrete ribbed floor which is several decades old, taking as an example elementary school building "Josif Kostić" in Leskovac. The analysis of the response of the structure exposed to the dynamic test load was carried out. Based on the recorded signals of the structure's response in terms of dynamic deflection and strain in the reinforcement and concrete, the dynamic parameters (frequency and damping) were determined and their analysis was presented. The results of the dynamic analysis were used to assess the condition of the structure and propose constructive and reparative rehabilitation. Conclusions are given on the current state of the structure, on the basis of which it is possible to define adequate rehabilitation and strengthening measures.

**Key words:** Diagnostics, Testing, Concrete Structure, Reinforced Concrete Ribbed Floor, Dynamic Test Load

<sup>1</sup> dr, docent, građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, rankovics@gmail.com

<sup>2</sup> dr, van. prof, građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, zarko.petrovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> dr, docent, građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, radovan.cvetkovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> dr, red. prof, građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, todor.vacev@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Na objektu osnovne škole "Josif Kostić" u Leskovcu vršeni su radovi na adaptaciji i sanaciji uz poboljšanje energetske efikasnosti. Tokom radova na izmeni podne podloge i plafona primećena su oštećenja na elementima međuspratne konstrukcije i pojava pojačanih vibracija. Međuspratna konstrukcija je armiranobetonska sitnorebrasta, ukupne površine približno 700 m<sup>2</sup>. Škola je spratnosti P+1 i prema dostupnim saznanjima izgrađena pedesetih godina prošlog veka. Nema podataka o eventualnim konstruktivnim intervencijama tokom eksploatacionog perioda.

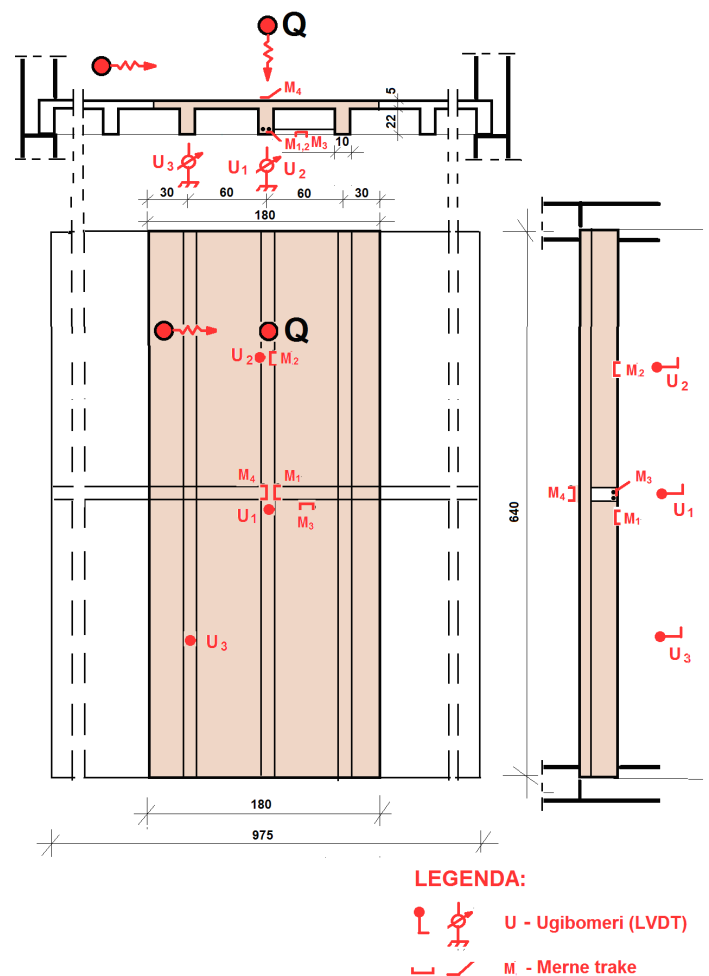
Radi dijagnostikovanja stanja međuspratne konstrukcije, odnosno utvrđivanja njenih statičkih i dinamičkih karakteristika izvršeno je ispitivanje na uticaj probnog opterećenja u skladu sa važećim standardom SRPS U.M1.047. [1]. Detaljan prikaz rezultata ispitivanja na uticaj statičkog i dinamičkog probnog opterećenja dat je u [2]. Statičke analize prikazane su u [3]. Snimanje i obrada dobijenih podataka dinamičkog odziva konstrukcije vršeno je primenom savremene merne opreme (SPIDER 8) i odgovarajućih softverskih paketa (CATMAN). Analiza dinamičkih karakteristika konstrukcije izvršena je na osnovu dobijenih zapisa rezultata merenja globalnih i lokalnih deformacija u funkciji vremena. Određeni su dinamički parametri i urađene računске analize.

## 2 KRATAK OPIS KONSTRUKCIJE

S obzirom da nije bila dostupna dokumentacija o izgradnji objekta, tehničke karakteristike (dimenzije) određene su merenjem na licu mesta.

Predmetna konstrukcija je armiranobetonska, sitnorebrasta, livena na licu mesta. Statički raspon nosača (rebara) je 6,5 m. Razmak rebara iznosi 60 cm, širina im je 10 cm, a visina rebra 22 cm. Debljina ploče je 5 cm. U polovini raspona postoji poprečni nosač visine takođe 22 cm. Rebra su armirana sa GA 2Ø16 mm, uzengije Ø6 mm su na 25 cm, a u ploči je mreža Ø5/20 cm. Dimenzije prostorije u kojoj su sprovedena ispitivanja su 6,4 x 9,75 m, a nalazi se na prvom spratu objekta u delu objekta prema ulici Učitelja Josifa. Detalji konstrukcije dati su u grafičkom prilogu.

Beton od koga je izrađena konstrukcija je slabog kvaliteta [2] i mestimično je došlo do njegovog odvajanja i oštećenja, uz pojavu segrtegacije i lošu ugradnju, tako da je armatura mestimično ogoljena. Primećene su vibracije međuspratne konstrukcije u nivou između prizemlja i sprata koje izazivaju nelagodnost kod korisnika. Podna konstrukcija je uklonjena do nivoa betonske ploče, nakon čega su se dinamičke karakteristike dodatno pogoršale zbog promena u masi i krutosti konstrukcije koje direktno utiču na promenu sopstvene frekvencije.



Slika 1 - Osnova i presek sitnorebraste međuspratne konstrukcije pod probnim dinamičkim opterećenjem i raspored instrumenata

### 3 PROGRAM ISPITIVANJA

#### 3.1 ODABIR KONSTRUKCIJE ZA ISPITIVANJE

Za ispitivanje na uticaj probnog (zamenjujućeg) opterećenja odabrana je međuspratna konstrukcija koja je vizuelnim pregledom imala najlošije karakteristike. Radi sagledavanja dinamičkih karakteristika konstrukcije, izazvana je dinamička pobuda kretanjem jedne osobe po podu (ploči) međuspratne konstrukciji i dejstvom udarnog opterećenja koje je simulirano skokom više osoba (tri čoveka) u polovini raspona konstrukcije.

#### 3.2 STANJE KONSTRUKCIJE PRE ISPITIVANJA

Makroskopskim pregledom ustanovljeno je da je površina betona na ploči i naročito nosačima (rebrima) delimično oštećena, uz pojavu segregacije, a da je na pojedinim delovima konstrukcije armatura potpuno ogoljena (foto 1). Uočeno je i vibriranje međuspratne konstrukcije pri kretanju, koje izaziva nelagodnost kod korisnika.

#### 3.3 TOK EKSPERIMENTA

Ispitivanje na uticaj zamenjujućeg (probnog) opterećenja sprovedeno je u skladu sa propisima za ovu vrstu radova SRPS U. M1. 047. Merenja su sprovedena za uticaje usled statičkog opterećenja (po fazama) [3] i dinamičkog opterećenja, a u ovom radu dat je prikaz dinamičkih uticaja.

#### 3.4 KORIŠĆENA OPREMA

Oprema koja je korišćena prilagođena je praćenju globalnih (opštih) i lokalnih deformacija i naprezanja u karakterističnim preseccima u kojima se očekuju maksimalni uticaji. Raspored instrumenata, položaj opterećenja i geometrijske karakteristike dati su na slici 1.

Globalne deformacije (ugibi), praćene su elektronskim meračima pomeranja (LVDT-merač puta) W50 sa hodom od  $\pm 50$  mm (foto 2). Dilatacije u armaturi i betonu prećene su elektrooptpornim tenzometrima (mernim trakama) firme Hottinger LY 41 sa podatkom  $1 \times 10^{-6}$  i bazom od 6 mm (foto 2) odnosno sa bazom od 50 mm na betonskoj ploči u zoni pritiska. Davači su vezani za mernu stanicu primenom višekanalnih merno-akvizicijskih sistema SPIDER8 proizvodnje HBM (Hottinger Baldwin

Mestehnik) i povezani sa personalnim računarom (foto 3). Obrada podataka izvršena je originalnim HBM softverskim paketom CATMAN.

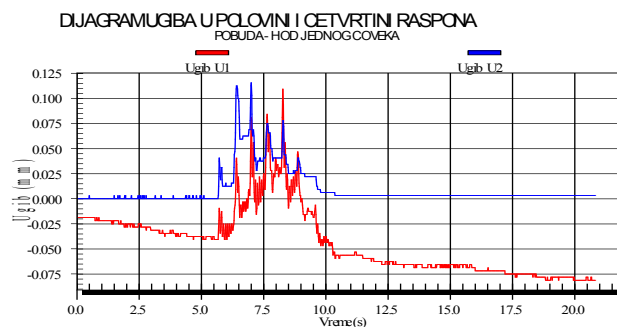
#### 3.5 FAZE DINAMIČKOG OPTEREĆENJA

Za analizu dinamičkih karakteristika međuspratne konstrukcije iskorišćene su dve konstalacije opterećenja (dinamičke pobude): 1) Kretanje (hod) jedne osobe po površini ploče i 2) Udar (skok) tri osobe po površini ploče u polovini raspona.

### 4 REZULTATI DINAMIČKIH ISPITIVANJA

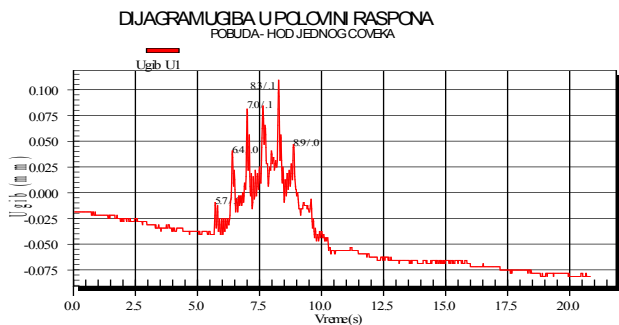
Dinamičke karakteristike međuspratne konstrukcije određene su putem mernih senzora postavljenih u preseccima na polovini i četvrtini raspona. Na osnovu vertikalnih pomeranja (oscilacija) dinamičkom FFT (*Fast Fourier Transformation*) analizom vibracija određeni su svojstveni oblici, tj. sopstvena frekvencija oscilovanja za prvih nekoliko tonova i prigušenje. Kao pobuđujuće opterećenje korišćeno je kretanje ljudi i skok na sredini raspona ploče. U nastavku su dati karakteristični dijagrami zapisa snimljenih vibracija i analiza signala.

#### 4.1 DIJAGRAMI DINAMIČKOG ODGOVORA KONSTRUKCIJE PRI PRELAZU (HODU)

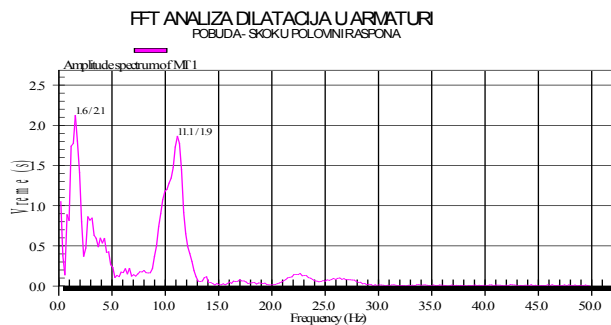


Slika 2 - Dijagram ugiba u polovini i četvrtini raspona izazvan prelazom (hodom) jednog čoveka.





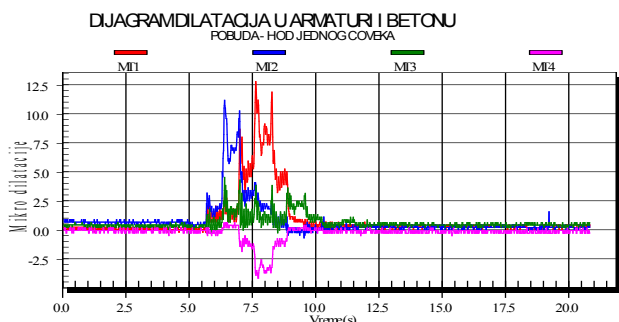
Slika 3 - Dijagram ugiba u polovini raspona izazvan prelazom (hodom) jednog čoveka.



Slika 6 - FFT analiza signala iz dilatacija.

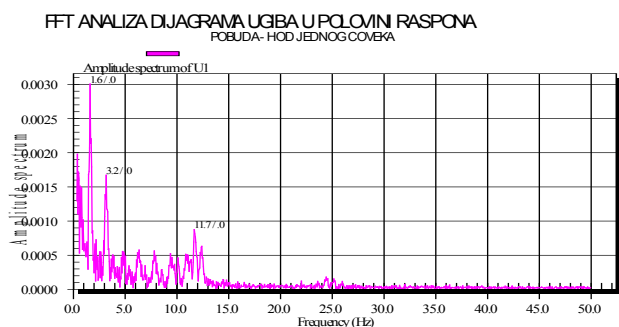
- Karakteristične frekvencije oscilovanja iz dijagrama dilatacija u armaturi – MT1

$$f=1.6 \text{ Hz i } f=11,1 \text{ Hz}$$



Slika 4 - Dijagram dilatacija u armaturi i betonu izazvan prelazom (hodom) jednog čoveka.

#### 4.2 ANALIZA REZULTATA DINAMIČKOG ODGOVORA KONSTRUKCIJE PRI PRELAZU (HODU)

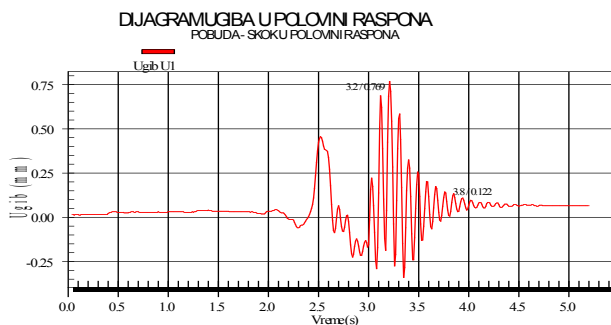


Slika 5 - FFT analiza signala iz ugiba.

- Karakteristične frekvencije oscilovanja iz dijagrama ugiba u polovini raspona – U1

$$f=1.6 \text{ Hz ; } f=3.2 \text{ Hz i } f=11,7 \text{ Hz}$$

#### 4.3 DIJAGRAMI DINAMIČKOG ODGOVORA KONSTRUKCIJE PRI DEJSTVU UDARA (SKOK 3 OSOBE U POLOVINI RASPONA)



Slika 7 - Dijagram ugiba u polovini raspona izazvan udarnim dejstvom (skok).

- Prigušenje konstrukcije iz ugiba u polovini raspona – U1

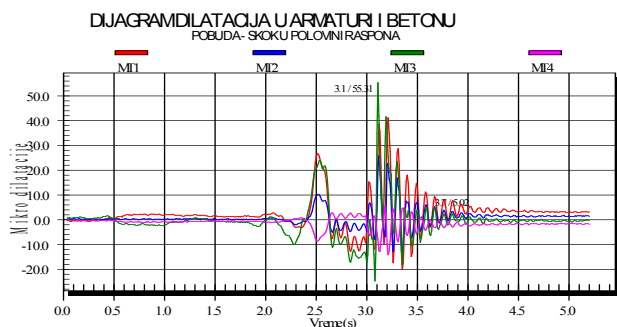
$$\delta = \frac{1}{n} \cdot \ln \frac{A_0}{A_n} = \frac{1}{7} \cdot \ln \frac{0,769}{0,122} = 0,263$$



Slika 8 - Dijagram ugiba u četvrtini raspona izazvan udarnim dejstvom (skok).

- Prigušenje konstrukcije iz ugiba u četvrtini raspona – U2

$$\delta = \frac{1}{n} \cdot \ln \frac{A_0}{A_n} = \frac{1}{7} \cdot \ln \frac{0,559}{0,078} = 0,281$$

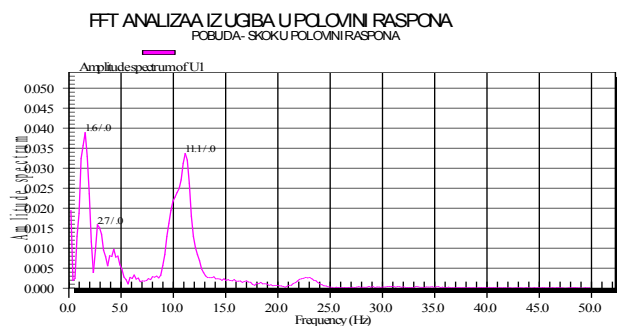


Slika 9 - Dijagram dilatacija u armaturi i betonu izazvan udarom (skok).

- Prigušenje konstrukcije iz dilatacija u armaturi – MT3

$$\delta = \frac{1}{n} \cdot \ln \frac{A_0}{A_n} = \frac{1}{7} \cdot \ln \frac{55,31}{5,02} = 0,343$$

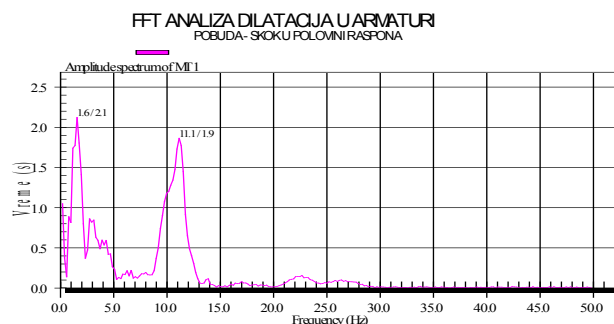
#### 4.4 ANALIZA REZULTATA DINAMIČKOG ODGOVORA KONSTRUKCIJE PRI UDARNOM DEJSTVU (SKOK)



Slika 10 - FFT analiza signala iz ugiba.

- Karakteristične frekvencije oscilovanja iz dijagrama ugiba u polovini raspona – U1

$$f=1,6 \text{ Hz i } f=11,1 \text{ Hz}$$



Slika 11 - FFT analiza signala iz dilatacija.

- Karakteristične frekvencije oscilovanja iz dijagrama dilatacija u armaturi – MT1

$$f=1,6 \text{ Hz i } f=11,1 \text{ Hz}$$

### 5 OCENA REZULTATA – ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih istražnih radova, i ispitivanja na uticaje od probnog dinamičkog opterećenja međuspratne armiranobetonske sitnorebraste konstrukcije objekta O.Š. "Josif Kostić" u Leskovcu zaključuje se:

1) Uočena su delimična oštećenja betona njegovim odvajanjem i ogoljavanjem armature. Takođe, uočava se pojava segregacije zbog loše ugradnje u trenutku livenja betona. Ovo za posledicu ima smanjenje mase i naročito krutosti konstrukcije, što direktno utiče na njene dinamičke karakteristike, a naročito vrednost sopstvene frekvencije.

2) Na pojedinim mestima došlo je do pojave prslina u ploči konstrukcije, ali one nisu konstruktivnog karaktera jer su raspoređene podužno, tako da ne predstavljaju opasnost po nosivost. Do pojave novih prslina tokom probnog opterećenja nije došlo.

3) Izmereni dinamički parametri (sopstvena frekvencija i prigušenje) dobijani kretanjem ljudi (hod i skok) po konstrukciji pokazuju potrebu za konstruktivnim ojačanjem i to promenom krutosti konstrukcije. Merena frekvencija iznosi  $f=11,1 \text{ Hz}$ , a logaritamski dekrement  $\delta=0,263 \div 0,343$ .

4) S obzirom na potrebu promene podne obloge u učionicama u kojima je u upotrebi predmetna međuspratna konstrukcija (prvi sprat), približne površine 700 m<sup>2</sup>, predloženo je njeno konstruktivno ojačanje radi povećanja krutosti i poboljšanja dinamičkih karakteristika, što bi bilo izvedeno sprežanjem sa novim slojem betonske ploče, uz reparaturnu sanaciju armature i oštećenog betona sa donje strane. U tom cilju investitoru je dat predlog mera mera sanacije, što nije predmet ovog rada.

## 6 FOTO DOKUMENTACIJA



*Foto 1 – Karakterističan izgled konstrukcije (rebra i ploča) i karakteristična oštećenja (segregacija betona i ogoljenost armature nosača-rebara zbog oštećenja betona). Raspored mernih instrumenata u polovinio raspona (LVDT i merne trake).*



*Foto 2 – Položaj LVDT – ugibomera u L/2 (U1) i merne trake na armaturi (MT1)*



*Foto 3 – Merna stanica (akvizicijski sistem SPIDER 8 povezan na PC)*

## LITERATURA

- [1] SRPS U.M1.047, 1984: **Ispitivanje objekata visokogradnje probnim opterećenjem.**
- [2] **Ekspertiza stanja međuspratne konstrukcije objekta škole "Josif Kostić" u Leskovcu.** Centar za građevinarstvo i arhitekturu GAF Niš.
- [3] Ranković S., Petrović Ž., Cvetković R., Vacev T.: **Dijagnostika stanja AB sitnorebraste međuspratne konstrukcije – Studija slučaja (Deo 1 – statičke analize).** Nauka+praksa 20/2017 (str. 66-74).
- [4] Radojković M.: **Ispitivanje konstrukcija,** Građevinski fakultet, Beograd, 1979.

## UPUTSTVO ZA FORMATIRANJE RADA (STYLE TITLE)

Ime Prezime<sup>1</sup>, Ime Prezime<sup>2</sup> (Style Authors)

**Rezime (Style Rezime+Bold+Italic):** Dati rezime rada na srpskom jeziku, obima 100-150 reči. Nakon toga dati 4-6 ključnih reči, formatiranih na isti način kao i rezime. Same reči „Rezime:“ i „Ključne reči:“ treba da budu formatirane kao bold+italic, kao što je u ovom primeru i dato. Rezime i ključne reči date na engleskom jeziku ne smeju da pređu na narednu stranu, već ona treba da započne naslovom prvog poglavlja. (Style Rezime)

**Ključne reči (Style Rezime+Bold+Italic):** Ključna reč1, ključna reč2, ključna reč3, ključna reč4, ključna reč5, ključna reč6 (Style Rezime)

## PAPER TITLE IN ENGLISH (STYLE TITLE ENGLISH)

**Abstract (Style Rezime+Bold+Italic):** Abstract text in English. (Style Rezime)

**Key words (Style Rezime+Bold+Italic):** Key Word1, Key Word2, Key Word3, Key Word4, Key Word5, Key Word6 (Style Rezime)

---

<sup>1</sup> Titula, zvanje, afilijacija, imejl adresa (Style Footnote)

<sup>2</sup> Titula, zvanje, afilijacija, imejl adresa (Style Footnote)



## **1 NASLOV PRVOG REDA (STYLE HEADING 1)**

Tekst (Style Text)

Hvala Vam što ste se odlučili da svoje istraživanje publikujete u časopisu Nauka+Praksa.

Rukopis rada tehnički obraditi korišćenjem programskog paketa "Microsoft Word". Rad formatirati prema ovom uputstvu. Najlakši način za formatiranje Vašeg rada je korišćenjem ovog uputstva i upotrebom predefinisanih stilova (Style). Za svaki deo rada pripremljen je stil, koji treba aplicirati prilikom pisanja ili nakon kopiranja teksta rada u ovaj fajl. Apliciranje se vrši selekcijom teksta i odabirom jednog od stilova iz Home/Styles toolbar-a. Stilovi za sve formate teksta dati su u ovom uputstvu u malim zagradama.

Najpre dati naslov rada na srpskom jeziku. U sledećem redu napisati ime ili imena autora, takođe centralno postavljena, a ukoliko postoji više autora ispisati ih jedno do drugog, bez titula. U fusnoti upisati njihove titule, zvanja, afilijacije i imejl adrese.

Nakon toga sledi UDK broj koji će biti dodeljen nakon prihvatanja konačne verzije rada i upisan od strane urednika. Potom sledi rezime. Za rezime koristiti prostor širine 15 cm centralno postavljen u odnosu na margine stranice, sa levim i desnim poravnanjem. Dati rezime rada na srpskom jeziku, obima 100-150 reči. Nakon toga dati 4-6 ključnih reči, formatiranih na isti način kao i rezime. Same reči „Rezime:“ i „Ključne reči:“ treba da budu formatirane kao bold+italic, kao što je u ovom primeru i dato.

Sledi naslov rada na engleskom jeziku. U narednom redu dati rezime rada na engleskom jeziku. Nakon njega dati ključne reči na engleskom jeziku. Rezime i ključne reči na engleskom jeziku treba da budu formatirani po istom principu kao i na srpskom jeziku. Rezime i ključne reči date na engleskom jeziku ne smeju da pređu na narednu stranu, već ona treba da započne naslovom prvog poglavlja.

Minimalan broj strana rada je 6, a maksimalan 12, uključujući i stranu sa naslovom i apstraktom, kao i poslednju stranu na kojoj su date zahvalnosti i citirana literatura. Strane rada ne treba numerisati.

Savetuje se korišćenje sledeće metodologije imenovanja naslova prvog reda: 1 Uvod, 2 Metodologija, 3 Rezultati, 4 Diskusija, 5 Zaključak. Predloženu metodologiju moguće je modifikovati u skladu sa tematikom i problemom koji rad obrađuje.

Ukoliko postoje nabravanja, ona treba da izgledaju ovako:

- prvo nabravanje,
- drugo nabravanje,...

Formule formatirati na sledeći način:

$$k_c = k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 + \lambda_{rel,z}^2}} \quad (1)$$

Formule se uvlače kao i paragrafi za 0,5 cm. Funkcije, promenljive i grčka slova su italic, brojevi i ostali simboli su normal, veličina osnovnog fonta je 11 pt, indeksi 7 pt.

Slike se mogu postaviti u okviru jednog stupca, kao na primer slika 1, ili u okviru oba stupca, kao slika 2. Nazivi slika se u oba slučaja pišu ispod slika. Slika treba da bude postavljena centralno. Naziv slike takođe postaviti centralno. Slike treba da budu dobrog kvaliteta sa minimum 300 dpi. Autori su dužni da obezbede prava na prikazivanje slike.



*Slika 1 – Naziv slike, izvor (Style Figure Title)*

Tabele se postavljaju centralno, a nakon tabele ostaviti jedan prazan red. Tabele je, kao i slike, moguće dati u okviru jednog ili dva stupca. Nazive tabela dati iznad tabele.

*Tabela 1- Naziv tabele (Style Table Title)*

(Style Table)			

Tekst.

### **1.1 NASLOV DRUGOG REDA (STYLE HEADING 2)**

Tekst.

#### **1.1.1 Naslov trećeg reda (Style Heading 3)**

Tekst.

## 2 NASLOV PRVOG REDA (STYLE HEADING 1)

Citiranje publikacija se vrši korišćenjem uglastih zagrada, prema redosledu navedenih dela. Literaturu na kraju rada dati istim redosledom kojim je i citirana. Formatiranje literature izvršiti prema datom uputstvu i primerima datim na kraju rada. Svako delo dato u popisu literature mora biti citirano u tekstu. Radovi bez citirane literature ne mogu biti objavljeni u ovom časopisu kao naučni radovi.

Data su uputstva za citiranje četiri najčešća tipa referenci: radovi u časopisima, radovi u zbornicima sa konferencija, knjige i internet.

Za radove u časopisima [1]: Prezime Ime, Prezime Ime: **Naslov rada (Bold)**. *Naziv časopisa (Italic)*, Vol. XX, No. XX, strana-strana, godina.

Za radove u zbornicima sa konferencija [2]: Prezime Ime, Prezime Ime: **Naslov rada (Bold)**. *Naziv konferencije (Italic)*, mesto održavanja, strana-strana, godina.

Za knjige/monografije/disertacije [3]: Prezime Ime, Prezime Ime: **Naslov (Bold)**. *Naziv izdavača (Italic)*, mesto izdavanja, godina.

Za internet izvore [4]: link (*datum posete*)



Slika 2 – Naziv slike, izvor (Style Figure Title)

## 3 ZAKLJUČAK (STYLE HEADING 1)

Rad obavezno mora da sadrži zaključak koji logično sledi na osnovu prethodno iznete diskusije o predmetu istraživanja. Radovi poslani za objavljivanje u časopisu Nauka+Praksa će najpre biti pregledani od strane uredništva, a nakon toga će radovi koji

zadovoljavaju formalne kriterijume za objavljivanje biti recenzirani. Radove slati na imejl adresu nauka+praksa@gaf.ni.ac.rs. Radove veće od 15 MB slati putem online servisa (recimo wetransfer). Autori su odgovorni za tačnost podataka, obezbeđivanje autorskih prava citiranih i korišćenih dela, kao i za formatiranje rada prema ovom uputstvu.

## ZAHVALNOST (STYLE HEADING 1)

Autori mogu izraziti zahvalnost za pomoć ili finansiranje istraživanja u ovom delu, u suprotnom, ovaj podnaslov treba obrisati. Ovaj podnaslov i podnaslov „Literatura“ ne treba numerisati.

## LITERATURA (STYLE HEADING 1)

- [1] Živković Lazar, Matejević Nikolić Biljana, Grdić Zoran, Ristić Nenad: **Mehaničke karakteristike 3D štampanih betona na bazi portland cementa.** *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu*, Vol. 36, 47-58, 2021.
- [2] Vasov Miomir, Randelović Dušan, Bogdanović Veliborka, Ignjatović Marko, Stevanović Jelena: **Improving Thermal Stability and Reduction of Energy Consumption in Serbia by Implementing Trombe Wall Construction.** *18th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia*, Sokobanja, 59-68, 2017.
- [3] Kostić Dragan: **Konstruktivni sistemi u arhitekturi, knjiga II.** *Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, Niš, 2018.
- [4] <https://my.matterport.com/show/?m=6cMTGpBPZ>  
[Dh](#) (15.12.2022.)





**LISTA RECENZENATA ČASOPISA NAUKA+PRAKSA ZA BROJ 25/2022.**

- dr Aleksandra Đorđević, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu  
dr Aleksandra Ilić, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Aleksandra Marinković, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš  
dr Aleksandra Milovanović, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu  
dr Aleksandra Mirić, Institut de recherche sur l architecture antique  
dr Bojan Milošević, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu Univerziteta u Kragujevcu  
dr Borislava Blagojević, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Danica Stanković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Danijela Đurić Mijović, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Dušan Randelović, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Goran Jeftenić, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu  
dr Igor Džolev, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu  
dr Iva Despotović, Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd  
dr Jasmina Tamburić, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Jasna Guzijan, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci  
dr Jefto Terzović, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu  
dr Jelena Bijeljić, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš  
dr Jelena Milošević, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu  
dr Marija Spasojević Šurdilović, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Marija Stamenković, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici  
dr Marjan Mitić, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici  
dr Marko Todorov, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu  
dr Milica Marković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Nataša Petković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Nenad Stojković, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš  
dr Nikola Velimirović, Državni univerzitet u Novom Pazaru  
dr Svetlana Brzev, University of British Columbia  
dr Vladana Petrović, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu  
dr Žana Topalović, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

624+72

[Nauka plus praksa]

**NAUKA + praksa** / glavni i odgovorni  
urednik Miomir Vasov. - 1993, br. 1- . - Niš :  
Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta  
u Nišu, 1993- (Niš : Grafika Galeb). - 29 cm

Godišnje.

ISSN 1451-8341 = Nauka + praksa (Niš. 1993)

COBISS.SR-ID 48721676