



nauka + praksa

Centar za građevinarstvo i arhitekturu Niš

28 | 2025



nauka + praksa

Centar za građevinarstvo i arhitekturu Niš

28 | 2025

Nauka+Praksa
Broj 28/2025.
www.naukaipraksa.org
casopisiGAF@gmail.com
+381 18 588 200

Izdavač

Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija
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

Izvršni urednik

Dr Vuk Milošević, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Tehnički urednik

Dr Milica Igić, asistent sa doktoratom, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Urednički odbor

Dr Emina Hadžić, redovni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Dr Milorad Jovanovski, redovni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta Sveti Ćirilo i Metodije u Skoplju
Dr Bojan Milošević, vanredni profesor, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, Univerziteta u Kragujevcu
Dr Bojana Grujić, vanredni profesor, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
Dr Dušan Randelović, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
Dr Jelena Milošević, docent, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu
Dr Igor Bjelić, naučni saradnik, Arheološki institut u Beogradu
Dr Marija Jevrić, docent, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore

Tehnička podrška

Dejan Stanojević, diplomirani inženjer elektronike

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

NTP Beograd, Ulica Veljka Dugoševića, Beograd

autori | Teking architecture: Slaviša Kondić, Milan Tanić, Vojislav Nikolić, Nemanja Randelović, Nevena Pavlović, Mirko Stanimirović, godina projektovanja | 2023.

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

ISSN 3009-4682 (Online)

UDK 624+72

Učestalost objavljivanja: jednom godišnje

Štampa: Donat Graf DOO Beograd

Tiraž: 100

UVODNA REČ

Poštovani čitaoci, pred vama je novo izdanje časopisa Nauka+Praksa, publikacije koja već više od tri decenije neguje spoj teorije i prakse u oblastima arhitekture i građevinarstva. U vremenu brzih promena i tehnološkog razvoja, Nauka+Praksa ostaje posvećena svom osnovnom cilju – da kroz objavljivanje naučnih i stručnih dostignuća doprinosi unapređenju graditeljske struke i prenošenju znanja u praksu. Izdanje koje vam sada predstavljamo još jednom potvrđuje našu težnju ka povezivanju naučnih i stručnih ostvarenja.

U periodu od objavljivanja prethodnog broja časopisa, aktivno je rađeno na njegovom unapređenju. Najznačajnija novost je ponovno kategorisanje časopisa od strane nadležnog ministarstva i dodeljivanje kategorije M54 za 2024. godinu. Najvidljivija promena odnosi se na novu internet stranicu časopisa. Na internet adresi www.naukaipraksa.org nalazi se naš novi dom. Od sada će se proces podnošenja radova, njihove recenzije, ali i publikovanja, odvijati isključivo preko platforme na ovoj internet stranici. Ovo otvara vrata za mnoge mogućnosti, pre svega za povećanje vidljivosti časopisa i njegovog uticaja.

Trenutno se radi na uključivanju časopisa u druge citatne baze, osim baze CrossRef čiji je već član. Paralelno, digitalizuju se i stari brojevi časopisa sa ciljem da svi postanu dostupni na novoj internet stranici. Ojačan je i sastav uređivačkog odbora časopisa i sada se sastoji od naučnih radnika iz četiri države i osam institucija. Recenzenti u ovom broju su velikom većinom van Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, a osim iz Srbije dolaze iz Crne Gore, Severne Makedonije, Bosne i Hercegovine i Bugarske.

U ovom broju publikovano je 10 recenziranih radova, po 5 iz oblasti građevinarstva i arhitekture. Predstavljani su rezultati studentskih radionica koje istražuju papir kao medijum u arhitekturi i ulogu crteža u savremenom projektovanju. Istražena je primena rezidualne metode za procenu tržišne vrednosti zemljišta u postupcima eksproprijacije, kao i analiza kružnih formi u osnovi savremenih sakralnih objekata kroz studiju crkve u selu Bogojevce. Doprinos efikasnom upravljanju održavanjem prikazan je analizom spregnutih sistema drvo-beton. Jedan rad se bavi uticajem kontekstualnih promena na arhitektonsko projektovanje kroz studiju slučaja višeporodičnog stambenog objekta, dok drugi analizira konstrukciju spojeva glavnih nosača mostova. Razvoj arhitektonske forme istražen je kroz analizu projekata biroa Bjarke Ingels Group. Na polju građevinske statike, predstavljeni su rezultati modeliranja veza u armiranobetonskim montažnim halama pri nelinearnoj dinamičkoj seizmičkoj analizi, kao i numerička analiza ponašanja greda T-preseka ojačanih karbonskim trakama.

Zahvaljujemo svim autorima i recenzentima na poverenju i njihovom doprinosu kvalitetu časopisa. Posebno podstičemo istraživače u ranim fazama karijere, kao i stručnjake koji razvijaju svoja istraživanja u privrednom sektoru, da nam dostave svoje radove. Takođe, pozivamo sve zainteresovane sponzore i donatore da podrže dalji razvoj časopisa. Hvala što nas pratite. Obećavamo da ćemo i dalje težiti objavljivanju kvalitetnih i praktično primenljivih istraživanja, doprinosu naučnoj zajednici i razvoju graditeljske prakse.

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

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

SADRŽAJ*Nataša Kopitović Vuković, Nikola Baša, Radomir Zejak*

NUMERIČKA ANALIZA PONAŠANJA GREDA T-PRESJEKA OJAČANIH KARBONSKIM TRAKAMA 1-9

Marko Nikolić, Milan Brzaković, Jelena Đekić

UTICAJ KONTEKSTUALNIH PROMENA NA PROCES ARHITEKTONSKOG PROJEKTOVANJA: STUDIJA SLUČAJA VIŠEPORODIČNOG STAMBENOG OBJEKTA U ULICI SESTRE BAKOVIĆ 11-21

Biljana Mladenović, Dragan Zlatkov, Marina Mijalković

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE VEZA AB MONTAŽNE HALE U SEIZMIČKIM USLOVIMA 23-34

Isidora Mitrović, Marko Nikolić, Sonja Krasić

ANALIZA ARHITEKTONSKE FORME NA ODABRANIM PRIMERIMA PROJEKATA BJARKE INGELS GROUP ARHITEKATA 35-44

Nikola Velimirović

ANALIZA SPREGNUTIH SISTEMA TIPRA DRVO-BETON U SVRHU EFIKASNOG UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM 45-53

Milica Živković, Nemanja Randelović, Vladana Petrović, Boris Rančev, Mirko Stanimirović

PAPIR KAO MEDIJUM: STUDENTSKA RADIONICA „15X100“ 55-63

Dragan Kostić, Milorad Zlatanović, Srđan Aleksić, Kostić Natalija

PRIMENA REZIDUALNE METODE ZA PROCENU TRŽIŠNE VREDNOSTI ZEMLJIŠTA U POSTUPKU EKSPROPRIJACIJE 65-75

Vukašin Stefanović

PRIKAZ KONKURSNOG REŠENJA PRAVOSLAVNE CRKVE U SELU BOGOJEVCE – ANALIZA KRUŽNE FORME U OSNOVI SAKRALNIH OBJEKATA 77-84

Milan Gligorijević

KONSTRUKCIJE SPOJA GLAVNIH NOSAČA SUSEDNIH POLJA MOSTOVA 85-91

Mirko Stanimirović

INOVATIVNI PRISTUP OBRAZOVANJU : STUDENTSKA RADIONICA 93-99

Uputstvo za formatiranje rada 101-103

Lista recenzenata časopisa Nauka+Praksa za broj 28/2025. 105

primljen: 03.01.2025.

Izvorni naučni rad

korigovan: 04.03.2025.

UDK : 624.072.2

prihvaćen: 04.04.2025.

<https://doi.org/10.62683/NiP28.1>

NUMERIČKA ANALIZA PONAŠANJA GREDA T-PRESJEKA OJAČANIH KARBONSKIM TRAKAMA

Nataša Kopitović Vuković¹, Nikola Baša², Radomir Zejak³

Rezime: Ovaj rad proučava efikasnost spoljašnjeg sistema ojačanja prostih greda, kroz numeričku analizu sprovedenu pomoću softvera ANSYS. Ojačanje je izvedeno u vidu traka postavljenih na rebro T-presjeka. Primijenjene su različite šeme ojačanja i vrste opterećenja, kako bi se utvrdio uticaj ovih parametara na ukupno ponašanje uzoraka za ispitivanje. Odgovor ovakvog sistema ojačanja analiziran je kroz njegovo naponsko-deformacijsko stanje, te kroz poređenje s neojačanim kontrolnim uzorcima.

U cilju verifikacije dobijenih rezultata, sprovedeno je eksperimentalno istraživanje na prostim AB gredama u punoj veličini, koje su bile u eksploataciji više od 10 godina. Utvrđeno je zadovoljavajuće slaganje sa numerički dobijenim vrijednostima, budući da je u računarskom modeliranju neophodno uvoditi određena pojednostavljenja, pa su i razlike u vrijednostima karakteristika kojima se opisuje naponsko-deformacijsko stanje posmatranog elementa očekivane.

Ključne riječi: T-grede, CFRP trake, numerička analiza, ponašanje pri savijanju, eksperiment

NUMERICAL BEHAVIOR ANALYSIS OF THE T-SECTION BEAMS STRENGTHENED WITH CARBON STRIPS

Nataša Kopitović Vuković¹, Nikola Baša², Radomir Zejak³

Abstract: This paper studies the effectiveness of the external strengthening system of simple beams, through the numerical analysis conducted using the ANSYS software. The strengthening is carried out in the form of carbon strips, placed on the T-section rib. Strengthening schemes and load types were varied to determine the influence of these parameters on the testing specimens overall behaviour. The response of such systems was analysed through basic stress-strain effects and through their comparison with the unstrengthened control samples.

In order to verify the obtained results, an experimental research was conducted on simple full size RC beams, which were in use for more than 10 years. Satisfactory agreement with the numerically obtained values was found, since certain simplifications need to be introduced into the computer modeling, and therefore differences in the characteristics values describing the observed element stress-strain state are expected.

Key words: T-beams, CFRP strips, Numerical analysis, Flexural behaviour, Experiment

¹ Dr, docent, Građevinski fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, nataly@ucg.ac.me, ORCID 0000-0002-6152-4073

² Dr, docent, Građevinski fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, nikola.basa@ucg.ac.me, ORCID 0000-0003-0151-6888

³ Dr, profesor, Građevinski fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, rzejak@ucg.ac.me, ORCID N/A

1. UVOD

Rekonstrukcija objekta je kompleksan zadatak i za projektante i za izvođače, u nekim slučajevima čak i zahtjevniji od izgradnje nove konstrukcije. Jedan od problema je izbor materijala za rekonstrukciju. Takođe i način na koji će oni biti upotrijebljeni ne smije uticati na eksploataciju konstrukcije koja se ojačava. Upotreba kompozitnog materijala (CFRP) kao spoljašnjeg ojačanja dala je više nego zadovoljavajuće rezultate i dobra rješenja za navedene probleme.

CFRP se pojavio u građevinskoj industriji kao kompozitni materijal visokih performansi. Njegova izuzetna svojstva, među kojima su visoke vrijednosti čvrstoće na zatezanje i modula elastičnosti, kao i visok odnos čvrstoće i težine, čine ga superiornim u odnosu na tradicionalne materijale, kao i na ostale FRP kompozite, a samim tim i vrlo poželjnim za razne konstruktivne primjene [1],[2],[3]. Efikasna primjena ove tehnike kod armirano-betonskih greda se vidi kroz veliki broj sprovedenih eksperimenata [4],[5].

Obimna numerička i eksperimentalna istraživanja sprovedena su tokom posljednje dvije decenije, u cilju utvrđivanja ključnih karakteristika betonskih greda ojačanih FRP materijalom [6],[7]. Pri tom su varirane kombinacije brojnih parametara koji utiču na ponašanje uzoraka.

Ranijim numeričkim istraživanjima je utvrđen doprinos CFRP ojačanja povećanju granične nosivosti AB grede od 10 do 160% [8], dok su ojačane stvarne veličine imale najmanje 99% veći granični moment nosivosti u odnosu na neojačane [9]. Do sličnih zaključaka su došli i autori u radu [10], istražujući ojačanje AB greda s CFRP lamelama. Osim toga, prethodne numeričke studije pokazale su izuzetne karakteristike veze beton-CFRP, u slučaju kratkotrajnih opterećenja [11].

Dužina ojačanja je parametar koji igra značajnu ulogu u čvrstoći ove veze, a samim tim i u mehanizmu loma ojačanih greda [12],[13]. Rezultati istraživačkog rada [14] pokazuju da povećanje dužine CFRP traka i lamela, bilo da se radi o ojačanju na smicanje ili savijanje, povećava nosivost grede. Efikasnost ove tehnike na savijanje u gredama varirala je u zavisnosti od ovog parametra, s obzirom na to da je glavni način loma u tim gredama odvajanje ojačanja [15],[16],[17], [18].

U radu je dat kratak osvrt na sam tok eksperimenta i eksperimentalne rezultate, kako bi se mogla

adekvatno razumjeti sprovedena uporedna analiza sa rezultatima numeričke analize.

2. METODOLOGIJA

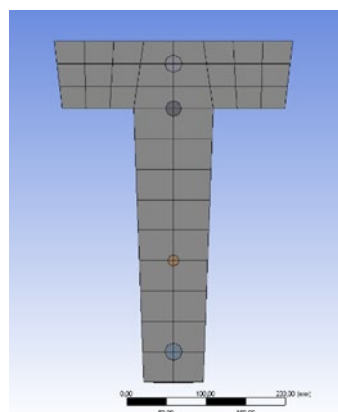
2.1. NUMERIČKA ANALIZA

Prilikom planiranja i izvođenja bilo kog eksperimenta logično je izvršiti odgovarajuće modeliranje, kako bi se definisali glavni uticajni parametri. ANSYS predstavlja najrasprostranjenije softversko rješenje u raznim industrijskim oblastima. Korišćen je kod ispitivanja armirano-betonskih konstrukcija ojačanih FRP lamelama, uglavnom za analizu strukturnog ponašanja greda i mostova [19].

Metodologija zastupljena u ovom radu je ujedno i najčešće primjenjivana [7], i u njoj se za modeliranje betona, armature i FRP lamele koriste elementi SOLID65, LINK180 i SOLID46, respektivno.

Modeliranje je izvršeno korišćenjem linearne i nelinearne analize. Nelinearni model uključuje znatno veći broj elemenata. Nelinearne deformacije određene su na osnovu σ - ϵ dijagrama dobijenog na kontrolnim tijelima materijala korišćenih u eksperimentu.

Za definisanje geometrije korišćen je program Design Modeler u sklopu ANSYS programskog paketa. Ovaj program je pogodan zbog mogućnosti definisanja parametara i zavisnosti pojedinih geometrijskih veličina. Sa druge strane, alternativa je moguća u primjeni modula SpaceClaim ili bilo kog 3D orijentisanog CAD softvera, pri čemu se importovanje geometrije uglavnom sprovodi korišćenjem STEP, ACIS ili PARASOLID formata.



Slika 1 - Izgled poprečnog presjeka nosača

U cilju omogućavanja numeričke konvergencije, materijalne karakteristike čelika se uglavnom modeliraju u vidu bilinearne zavisnosti napona i dilatacija. U predmetnom radu, podužne šipke grede

modelirane su korišćenjem diskretnog jednoaksijalnog 2-čvornog elementa LINK180. Uzengije su modelirane kao razmazana armatura, koja se definiše kao dio betonskog elementa SOLID65. S obzirom na pretpostavku da ne postoji proklizavanje čelika unutar betonskog presjeka, primijenjena je permanentna veza čelika sa betonom. Diskretizacija armature sprovedena je u pojednostavljenom obliku, koncentrisanjem armature ekvivalentne površine u osovini poprečnog presjeka betonskog elementa. Ovo je sprovedeno iz razloga omogućavanja kompatibilnosti deformacija, jer pravilna proračunska procedura podrazumijeva definisanje mreže konačnih elemenata armature i betonskog presjeka sa zajedničkim čvorovima. Kao što je poznato, element SOLID65 ne pojeđuje unutrašnje čvorove (slika 1), pa bi pravilno definisanje mreže konačnih elemenata bilo prilično otežano. U slučaju predmetne geometrije, broj konačnih elemenata bi eksponencijalno rastao ukoliko bi se stvarni položaj armature modelirao unutar presjeka. Sa druge strane, za probleme čistog savijanja, ovakav pristup ne utiče značajno na ponašanje grednog elementa, a u velikoj mjeri pozitivno utiče na proračunske performanse. Ne treba zaboraviti da se u ovom slučaju radi o iterativnom postupku sa definisanom materijalnom nelinearnošću betona i mogućnošću pojave prslina i loma, a ove osobine same po sebi zahtijevaju izuzetno ekstenzivnu proračunsku proceduru. Stoga je svako inženjerski razumno pojednostavljenje opravdano.

U pogledu modeliranja FRP trake, u radu je primijenjena diskretizacija putem elementa SOLID46 uz definisanje slijepljenog spoja sa betonskim presjekom primjenom MPC (*Multi-Point Constraint*) formulacije. Vezano za pristup modeliranju ovih elemenata, uočava se i alternativna metodologija koja podrazumijeva primjenu konačnih elemenata tipa ljuske [20], [21]. Ovaj pristup donekle pojednostavljuje numeričku formulaciju, dok sa druge strane realistično predviđa koncentraciju napona u betonu na krajevima FRP traka.

ANSYS se nije pokazao kao najbolji odabir programa za modelovanje betona. Glavni razlog kod donošenja ovog zaključka je što se proračun zasniva na vrlo „primitivnom“ modelu William-Warnkea, koji podrazumijeva potpuni gubitak nosivosti ispucalog elementa. U cilju dostizanja konvergencije moguće je aktivirati fiktivnu krutost elementa. Pri tom se primjenjuje faktor koji inženjer sam mora da odredi, tj. da definiše koliko nosi „ispucali element“, kako bi se u koracima, tj. iterativno riješio problem. U radu je ovaj koeficijent variran u iznosu od 0.1 do 0.3. Međutim, u jednom trenutku, pri većim

opterećenjima, ova opcija ne može da nadomijesti pojavu prslina i lom u većoj zoni. Čak i dodavanje sile malog reda veličine dovodi do eksponencijalnog rasta ugiba.

Koeficijenti transfera smicanja za otvorene i zatvorene prsline (β_c i β_t) imaju vrijednost između nule i jedan, gdje nula definiše glatku pukotinu sa potpunim gubitkom prenosa smicanja, a vrijednost jedan znači da gubici u prenosu smicanja ne postoje (aggregate effect). Iako ovi parametri igraju važnu ulogu u samom ponašanju materijala, ne postoji univerzalno pravilo kako bi se isti mogli usvojiti, već samo preporuka [23]. Ova preporuka je usvojena u radu, tako da je koeficijent transfera smicanja za otvorenu pukotinu usvojen u iznosu 0.3, a za zatvorenu prslinu 0.9. Uočava se da i ovdje postoji potencijal za dalje istraživanje u cilju kalibracije numeričkih modela.

Budući da je u računarskom modeliranju neophodno uvoditi određena pojednostavljenja, očekivane su razlike u vrijednostima karakteristika kojima se opisuje naponsko-deformacijsko stanje posmatranog elementa. Nesavršenost numeričkog postupka, približne vrijednosti svojstava upotrijebljenih materijala i veliki broj pretpostavki ima uticaja na dobijeni naponsko-deformacijski odgovor. Primijenjeni nelinearni modeli armirano-betonskih ojačanih elemenata, u zavisnosti od određenog problema, uvode odgovarajuće empirijske parametre, koji moraju biti sračunati za specifične proračunske situacije [22].

Moguće imperfekcije od geometrijskih idealizovanih veličina modela, čak iako su napravljeni u strogo kontrolisanim laboratorijskim uslovima, mogu imati efekta na adekvatnu simulaciju. Određena odstupanja koja se javljaju nisu za zabrinutost, s obzirom da se konstruktivni elementi projektuju sa koeficijentima sigurnosti.

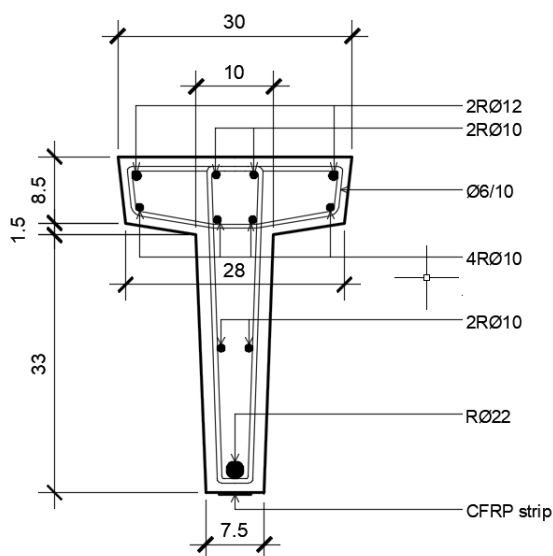
2.2. EKSPERIMENTALNA ANALIZA

2.2.1. Plan eksperimentalnog istraživanja

Pregledom literature utvrđeno je da su podaci o eksperimentalnom ispitivanju ojačanih uzoraka realnih dimenzija veoma oskudni. Najveći broj radova na ovu temu odnosi se na ispitivanja na modelima, tj. uzorcima malih dimenzija [24], [25]. Imajući u vidu principe modeliranja, ispitivanja na takvim uzorcima nisu uvijek dovoljno reprezentativna i primjenljiva na elemente realnih dimenzija [26]. Takođe je najveći broj ispitivanja izvršen na gredama pravougaonog poprečnog presjeka, i to uglavnom na novim

modelima. Ispitivanja na ojačavanju uzoraka T – poprečnog presjeka su veoma rijetka.

Zbog toga je prije više od 10 godina za ovu namjenu napravljeno deset armirano-betonskih uzoraka sistema proste grede, raspona 7.5 m. Grede su T-presjeka, visine 43 cm, izrađene od betona klase C25/30. Za armiranje uzoraka upotrijebljena je rebrasta čelična armatura B500B, i to podužna prečnika 22 mm u zategnutoj zoni i 12 mm u pritiskutoj zoni, dok su uzengije bile prečnika 6 mm, postavljene na rastojanju od 100 mm (slika 2). Zatim su uzorci skladišteni vani, opterećeni sopstvenom težinom, do ispitivanja.



Slika 2 - Poprečni presjek ispitivanih uzoraka (u cm)

Dvije od ovih ostarjelih greda korištene su kao neojačane – kontrolne grede. Ostale grede su sa spoljašnje strane ojačane CFRP trakama kako bi prihvatile moment savijanja na zategnutoj strani poprečnog presjeka. Zatim su četiri grede ispitane na dejstvo kratkotrajnog opterećenja, dok su preostale četiri ispitivane na dejstvo dugotrajnog opterećenja, što nije predmet ovog rada.

Priprema površine greda za postavljenje traka izvršena je u skladu sa uputstvima proizvođača. Geometrijske i mehaničke karakteristike karbonske trake date su u tabeli 1.

Tabela 1 - Karakteristike CFRP trake

debljina / širina (mm)	1.4 / 50
dužina (m)	4 or 6
čvrstoća na zatezanje (MPa)	3300
modul elastičnosti (GPa)	165
sadržaj vlakana (%)	65-70

CFRP trake su postavljane na rebro T-presjeka, sa donje strane, i to u središnjem rasponu, na dužini od 4 m, odnosno 6 m, bez upotrebe poprečnog ukrucenja. Ovo je zona sa koncentracijom najvećih napona i u njoj su uočene najveće prsline pri ispitivanju kontrolnog, neojačanog uzorka. Svi uzorci su njegovani najmanje 3 dana da bi se ostvarilo odgovarajuće prijanjanje. Obezbeđivanje veze između betona i FRP trake je neophodno za uspješno ojačanje [27].

Cjelokupno eksperimentalno istraživanja sprovedeno je u laboratoriji Građevinskog fakulteta u Podgorici, na postojećoj opremi, uz potrebne modifikacije.

2.2.2. Postupak ispitivanja

Uzorci su postavljeni na betonske oslonce, na rasponu od 7.5 metara, a zatim opremljeni instrumentima za mjerenje ugiba u sredini i četvrtinama raspona. Opterećenje je nanošeno na dva načina: kao koncentrisano, preko hidraulične prese (slika 3) i kao ravnomjerno raspoređeno, preko čeličnih tegova težine 5 kN (slika 4).



Slika 3 - Ispitivanje greda opterećenih koncentrisanom silom



Slika 4 - Ispitivanje greda pod dejstvom ravnomjernog opterećenja

Tabela 2 - Karakteristike ispitivanih greda

Oznaka grede	Tip ojačanja	Vrsta opterećenja	Granična nosivost P (kN) / q (kN/m')	Granični moment savijanja M_u (kNm)	^c Porast graničnog momenta savijanja (%)	Ugib u (cm)	^a Dilatacija u zategnutom betonu ϵ_{max} (‰)	Dilatacija u pritisnutom betonu ϵ_{max} (‰)	Dilatacija karbonske trake ϵ_{max} (‰)	Širina prslina α_{max} (mm)	Tip loma
G1a	neojačana	koncentrisano	35.0	65.6	/	7.96	13.46	6.79	/	3.00	lom po betonu na savijanje
G2	CFRP ($l=4m$)	koncentrisano	67.0	125.5	91.3	6.80	6.53	7.59	6.59	0.75	kritična dijagonalna prslina + lom po betonu na savijanje
G3	CFRP ($l=6m$)	koncentrisano	74.0	138.7	111.4	7.80	8.17	7.96	7.45	0.55	kritična dijagonalna prslina + lom po betonu na savijanje
G1b	neojačana	^b ravnomjerno	9.2	76.9	/	9.40	11.88	5.11	/	2.50	lom po betonu na savijanje
G4	CFRP ($l=4m$)	^b ravnomjerno	13.5	119.4	55.3	9.00	6.29	1.17	6.15	0.90	lom po zaštitnom sloju betona, a djelimično duž trake
G5	CFRP ($l=6m$)	^b ravnomjerno	14.1	128.8	67.5	11.10	7.88	1.41	7.20	0.80	lom po betonu na savijanje
^a izmjerene vrijednosti date su za presjek sa prslinom											
^b pretežno ravnomjerno opterećenje											
^c porast je dat u odnosu na kontrolne grede G1a i G1b											

Mjerenje dilatacija u betonu izvršeno je na 2 načina, pomoću mjernih traka i mehaničkog deformetra. Napravljena je šema mjernih mjesta, na međusobnom rastojanju od 100 mm, čime je postignuto tzv. „opasivanje presjeka“, a kao merodavni usvojeni su prosječni rezultati mjerenja sa obje strane grede.

Praćenje pojave i razvoja prslina vršeno je vizuelnim putem, dok je za njihovo mjerenje u kritičnim presjecima korišćena lupa, sa tačnošću od 0.025 mm.

2.2.3. Eksperimentalni rezultati

Analiza parametara koji utiču na ponašanje greda ojačanih CFRP trakama usmjerena je na uticaje položaja spoljašnjeg ojačanja i vrste kratkotrajnog opterećenja.

U tabeli 2. date su maksimalne vrijednosti karakterističnih parametara za šest ispitanih greda. Dimenzije svih greda bile su iste, dok su se dužina ojačanja i način opterećenja razlikovali.

Kao rezultat toga, pojavile su se značajne razlike u krajnjim nosivostima, ugibima, deformacijama i

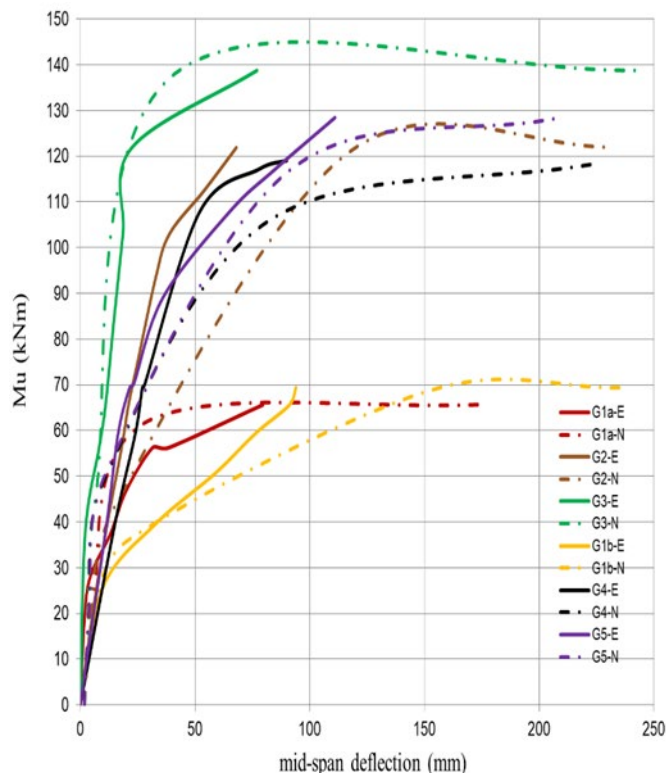
vrstama loma. Te su razlike bile posebno izražene u odnosu na kontrolne grede, ali i između samih greda. Pojedinačni rezultati prikazani su dijagramima i detaljno analizirani u radu [28].

3. UPOREDNA ANALIZA REZULTATA

3.1. ANALIZA UGIBA

Na osnovu dobijenih rezultata analizirani su ugibi iz ova dva modela. Opšti zaključak je da numerički model sa nelinearnim ponašanjem relativno tačno predviđa odgovor ispitivanih armirano-betonskih greda (slika 5). Istovremeno su na ovim dijagramima prikazane eksperimentalno dobijene vrijednosti ugiba, radi preglednije komparacije, odnosno uporedne analize. Korišćene su oznake: E – za eksperimentalno dobijene veličine ugiba i N – za rezultate dobijene nelinearnom analizom.

Sa prikazanih dijagrama se može uočiti da je poklapanje eksperimentalnih i numeričkih rezultata u prihvatljivim granicama, naročito kod greda opterećenih ravnomjernim opterećenjem.

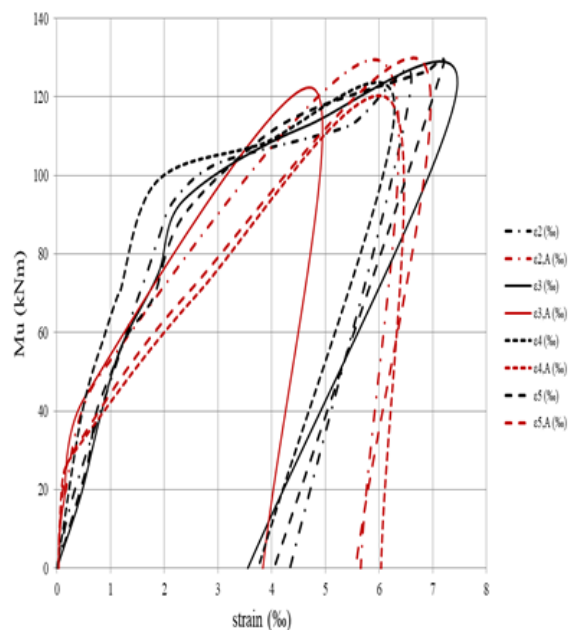


Slika 5 - Dijagrami ugiba ispitivanih greda

Eksperimentalno dobijene veličine dilatacija prikazane su crnom bojom, dok su rezultati dobijeni pomoću programskog paketa ANSYS prikazani crvenom bojom. Dobijene vrijednosti plastičnih deformacija iz simuliranog modela su značajno veće u odnosu na rezultate eksperimenta.

3.2. ANALIZA DILATACIJA U KARBONSKOJ TRACI

Uniformni rezultati dobijeni ispitivanjem dilatacija u karbonskim trakama ukazuju na njihov elasto-plastični karakter (slika 6).

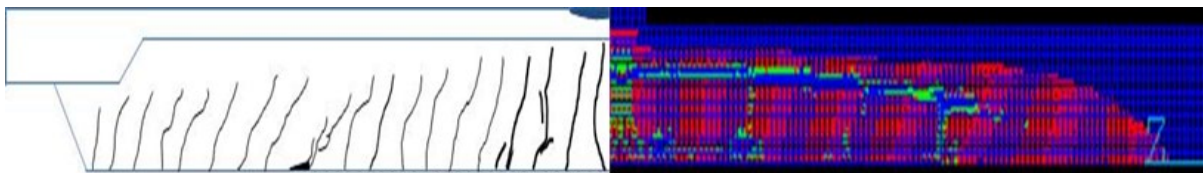


Slika 6 - Dijagrami dilatacija karbons

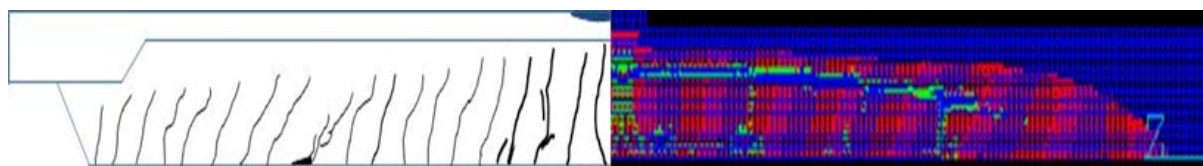
3.3. ANALIZA SLIKE PRSLINA

Na slikama 7 i 8 prikazani su modeli neojačane grede G1a i grede G2, ojačane na dužini od 4 metra. Na lijevoj polovini slike vidi se raspored prslina i pukotina pri lomu dobijen eksperimentom, a na drugoj, desnoj polovini prikazana je slika prslina i pukotina dobijena numeričkom simulacijom. Crvenom bojom označene su prsline, a lom je označen zelenom/plavom bojom.

Evidentno je dobro poklapanje eksperimentalnih i numeričkih rezultata. To poklapanje je bolje kod neojačanih nego kod ojačanih greda. Korektno poklapanje je prisutno kod analize stanja prslina na krajevima traka, gdje je prisutna velika koncentracija napona.



Slika 7 - Šema prslina za gredu G1a



Slika 8 - Šema prslina za gredu G1a

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ojačanje armirano-betonskih elemenata karbonskim materijalima ima brojne prednosti u odnosu na tradicionalne sisteme sanacije konstrukcija, bez obzira na primijenjeni sistem i ekonomski aspekt.

Ispitivanje prikazano u ovom radu potvrdilo je zaključke prethodnih istraživanja [29],[30],[31] da primijenjeni tip ojačanja značajno povećava nosivost greda, istovremeno vršeći redukciju veličine ugiba i širine prslina. Takođe utiče na ponašanje ovih elemenata pod opterećenjem i na njihov mehanizam loma, shodno zaključku iz rada [32].

U okviru predmetne analize, utvrđeni su uticaji različitih šema ojačanja i dva tipa opterećenja, koncentrisanog i jednako podijeljenog kratkotrajnog opterećenja, kako bi se ocijenila efikasnost CFRP sistema ojačanja primijenjenog na ove grede. Izvedeni su sljedeći zaključci:

- Spoljašnje ojačanje AB greda dovelo je do značajnog povećanja čvrstoće na savijanje u poređenju sa kontrolnim gredama, posebno za one ojačane dužim trakama i izložene koncentrisanom opterećenju.
- Ovakvim načinom ojačanja greda smanjena je veličina ugiba u odnosu na kontrolne grede. Veći konačni ugibi zabilježeni su kod greda ojačanih dužim trakama i izloženih jednako podijeljenom opterećenju, u skladu sa povećanjem nosivosti.
- Deformacije u karbonskim trakama bile su vrlo slične za sve grede, gotovo nezavisne od uticaja dva ispitivana parametra.
- U ojačanim gredama uočen je veći broj prslina, ali manje širine u odnosu na kontrolne grede.
- Vidljiva je pojava dijagonalnih pukotina na krajevima kraćih traka, koje su s povećanjem opterećenja postale glavni uzroci loma ojačanih prostih greda.

Dobijeni eksperimentalni rezultati su djelimično u saglasnosti sa rezultatima i zaključcima drugih autora. Razlike postoje, uglavnom zbog toga što su u ovom slučaju ispitivanja sprovedena na uzorcima realnih dimenzija.

Rezultati eksperimentalog istraživanja pokazuju zadovoljavajuću saglasnost sa podacima dobijenim iz numeričke analize primjenom programskog paketa Ansys. Nešto slabije poklapanje je uočeno kod plastičnih dilatacija u karbonskim trakama.

Glavni razlozi zbog kojih se javljaju određena odstupanja u rezultatima su sljedeći:

- Geometrija presjeka T-elementa je nepovoljna za modeliranje zbog projektovanih odstupanja od

horizontalnih i vertikalnih ravni, koja su neophodna pri skidanju oplate;

- Geometrijska pojednostavljenja koja su uvedena kod modeliranja armature;
- Parametri nelinearnosti betona koji se usvajaju iskustveno;
- Materijalne karakteristike koje su stohastičke prirode;
- Imperfekcije koje su neizbježne kod modela realnih dimenzija.

Naznačeni razlozi neminovno će dovesti do pomenutih odstupanja. Ovo je posebno izraženo ako se imaju na umu brojni uticajni parametri razmatranog multikompozitnog sistema.

LITERATURA

- [1] Folić Radomir, Malešev Mirjana: **Održavanje i sanacija konstrukcija**. *Materijali i konstrukcije*, Vol.48, No.4, 62-80, 2005.
- [2] Hag-Elsafi Osman, Alampalli Sreenivas, Kunin Jonathan: **Applications of FRP laminates for strengthening of a reinforced-concrete T-beam bridge structure**. *Journal of Composite Structures*, Vol.52, No.3-4, 453-466, 2001.
- [3] Dhanasingh Sivalinga Vijayan, Arvindan Sivasuriyan, Parthiban Devarajan, Anna Stefańska, Łukasz Wodzyński, Eugeniusz Koda: **Carbon Fibre-Reinforced Polymer (CFRP) Composites in Civil Engineering Application - A Comprehensive Review**. *Buildings*, Vol.13, No.6, 1509, 2023.
- [4] Grace Nabil F., Sayed, G.A., Soliman, A.K., Saleh K.R: **Strengthening reinforced concrete beams using fiber reinforced polymer (FRP) laminates**. *ACI Structural Journal*, Vol.96, No.5, 865-875, 1999.
- [5] Sobuz Rahman Habibur, Ahmed Ehsan, Hasan Noor, Uddin Alhaz: **Use of carbon fiber laminates for strengthening reinforced concrete beams in bending**. *International Journal of Civil & Structural Engineering*, Vol.2, No.1, 67-84, 2012.
- [6] Hawileh Rami, Musto Hazem, Abdalla Jamal, Naser Mohannad: **Finite element modeling of reinforced concrete beams externally strengthened in flexure with side-bonded FRP laminates**. *Composites Part B Engineering*, Vol.173, 106952, 2019.
- [7] Naser Mohannad, Hawileh Rami, Abdalla Jamal: **Modeling Strategies of Finite**

- Element Simulation of Reinforced Concrete Beams Strengthened with FRP: A Review.** *Journal of composite science*, Vol.5, No.19, 2021.
- [8] Khaloo Ali R., Gharachorlou Ali: **Numerical analysis of RC beams flexurally strengthened by CFRP laminates.** *Iranian Journal of Civil Engineering*, Vol.3, No.1, 1-9, 2005.
- [9] Kachlakev Damian, Mc Curry D.D.: **Behavior of full-scale reinforced concrete beams retrofitted for shear and flexural with FRP laminates.** *Composites Part B: Engineering*, Vol.31, No.6, 445-452, 2000.
- [10] Obaidat Yasmeen: **Structural retrofitting of reinforced concrete beams using carbon fibre reinforced polymer.** Licentiate Dissertation, *Lund University*, Sweden, 2010.
- [11] Holmer Nathan Peter: **Parametric Study of the Bond Between Fiber Reinforced Polymers and Concrete using Finite Element Analysis.** Master's thesis, *Marquette University*, Wisconsin, USA, 2010.
- [12] Karbhari Vistasp: **Durability of FRP composites for civil infrastructure myth, mystery or reality.** *Advances in Structural Engineering*, Vol.6, No.3, 243-255, 2003.
- [13] Thomsen Henrik, Spacone Enrico, Limkatanyu Suchart, Camata Guido: **Failure Mode Analyses of Reinforced Concrete Beams Strengthened in Flexure with Externally Bonded Fiber-Reinforced Polymers.** *Journal of Composites for Construction*, Vol.8, No.2, 123-131, 2004.
- [14] Malek Amir, Saadatmanesh Hamid, Ehsani Mohammad: **Prediction of failure load of RC beams strengthened with FRP plate due to stress concentration at the plate end.** *ACI Structural Journal*, Vol.95, No.2, 142-152, 1998.
- [15] Casas Joan, Pascual Jordi: **Debonding of FRP in bending: Simplified model and experimental validation.** *Construction and Building Materials*, Vol.21, No.10, 1940-1949, 2007.
- [16] Yao Jinxuan, Teng J.G.: **Plate end debonding in FRP-plated RC beams - I: Experiments.** *Engineering Structures*, Vol.29, No.10, 2457-2471, 2007.
- [17] Da Silva Duarte Pedro Colaco Franjoso: **Reinforced concrete beams strengthened with CFRP laminates: an experimental study on the effect of crack repair.** Licentiate Dissertation, *Instituto Superior Tecnico, Universidade Tecnica di Lisboa*, Lisbon, 2011.
- [18] Obaidat Yasmeen Taleb, Heyden Susanne, Dahlblom Ola, Abu-Farsakh Ghazi, Abdel-Jawad Yahia: **Retrofitting of reinforced concrete beams using composite laminates.** *Construction and Building Materials*, Vol.25, No.2, 591-597, 2011.
- [19] Kachlakev Damian, Miller Thomas, Yim Solomon, Chansawat Kasidit, Potisuk Tanarat: **Finite element modeling of reinforced concrete structures strengthened with FRP laminates.** Final Report SPR 316, *Oregon department of transportation*, USA, 2001.
- [20] Hawileh Rami, Naser Mohannad, Abdalla Jamal: **Finite element simulation of reinforced concrete beams externally strengthened with short-length CFRP plates.** *Composites Part B Engineering*, Vol.45, No.1, 1722-1730, 2009.
- [21] Mirmiran Amir, Zagers Kenneth, Yuan Wenqing: **Nonlinear finite element modeling of concrete confined by fiber composites.** *Finite Elements in Analysis and Design*, Vol.35, No.1, 79-96, 2000.
- [22] Džolev Igor, Rašeta Andrija, Ladinović Đorđe, Radujković Aleksandra and Starčević Anka.: **Influence of tensile stress softening in nonlinear concrete modelling.** *18th International Symposium of MASE at Ohrid*, North Macedonia, 1234-1242, 2019.
- [23] Luo Ru-deng: **Values of shear transfer coefficients of concrete element Solid 65 in Ansys.** *Journal of Jiangsu University*, Vol.29, No.2, 169-172, 2008.
- [24] Lee Stephen, Moy S.S.J.: **Prediction of flexural strength of RC beams strengthened with carbon fibre reinforced polymer.** *Science and Engineering of Composite Materials*, Vol.14, No. 3, 169-180, 2007.
- [25] Sim Jongsung, Park Cheolwoo, Moon Do-Young: **Structural performance of concrete T-beam bridge strengthened with fiber reinforced plastics, CFS, GFRP and AFS.** *Science and Engineering of Composite Materials*, Vol.13, No.1, 1-11, 2006.
- [26] Ramos Gonzalo, Casas Joan, Alarcón A.: **Normalized Test for Prediction of Debonding Failure in Concrete Elements Strengthened with CFRP.** *Journal of Composites for Construction*, Vol.10, No.6, 509-519, 2006.

- [27] Sen Rajan, Shahawy Mohsen, Mullins Gray, Spain John: **Durability of carbon fiber-reinforced polymer/epoxy/concrete bond in marine environment.** *ACI Structural Journal*, Vol.96, No.6, 906-914, 1999.
- [28] Kopitović-Vuković Nataša, Jevrić Marija, Zejak Radomir: **Experimental analysis of RC elements strengthened with CFRP strips.** *Mechanics of Composite Materials*, Vol.56, No.1, 75-84, 2020.
- [29] Smith Scott Thomas, Teng, J.G.: **FRP strengthened RC beams. I: Review of debonding strength models.** *Engineering Structures*, Vol.24, No.4, 385-395, 2002.
- [30] Chami Ghfran, Theriault, M., Neale, K.W.: **Creep behaviour of CFRP-strengthened reinforced concrete beams.** *Construction and Building Materials*, Vol.23, No.4, 1640–1652, 2009.
- [31] Valivonis Juozas, Skuturna Tomas, Daugevičius Mykolas: **The load-carrying capacity of reinforced concrete beams strengthened with carbon fibre composite in the tension zone subjected to temporary or sustained loading.** *The 10th International Conference "Modern building materials, structures and techniques"*, Vilnius, Lithuania, 818-825, 2010.
- [32] Gao Bo, Leung Christopher K.Y., Kim Jang-Kyo: **Failure diagrams of FRP strengthened RC beams.** *Composite Structures*, Vol.77, No.4, 493–508, 2007.

*primljen: 13.11.2024.**Pregledni rad**korigovan: 31.12.2024.**prihvaćen: 09.01.2025.*

UDK : 72.012; 728.2

<https://doi.org/10.62683/NiP28.2>

UTICAJ KONTEKSTUALNIH PROMENA NA PROCES ARHITEKTONSKOG PROJEKTOVANJA: STUDIJA SLUČAJA VIŠEPORODIČNOG STAMBENOG OBJEKTA U ULICI SESTRE BAKOVIĆ

Marko Nikolić¹, Milan Brzaković², Jelena Đekić³

Rezime: Pravilno tumačenje procesa arhitektonskog projektovanja temeljna je potreba svakog ozbiljnijeg proučavanja ove tematike i bavljenja projektovanjem uopšte. Većina teorijskih modela opisuje slične radne aktivnosti, razvrstane po fazama na različite načine ali, kod najvećeg broja modela, analiza uticaja predstavlja prvu fazu procesa arhitektonskog projektovanja. Arhitektonski koncept mora biti zasnovan na analizi uticaja, pri čemu uticajni faktori koji proizilaze iz konteksta igraju važnu ulogu. Tema rada je odnos procesa arhitektonskog projektovanja i konteksta u kojem se odvija. U radu je ukazano na značaj analize uticaja za proces arhitektonskog projektovanja i njegov ishod, kao i na koje sve načine promene konteksta mogu uticati na konačno arhitektonsko rešenje. Kroz studiju slučaja, idejno rešenje višeporodičnog stambenog objekta u ulici Sestre Baković u Nišu, dat je prikaz uticaja određenih kontekstualnih promena na proces arhitektonskog projektovanja i kvalitet finalnog rešenja.

Ključne reči: proces arhitektonskog projektovanja, kontekst, analiza uticaja, kontekstualne promene, idejno arhitektonsko rešenje

THE INFLUENCE OF CONTEXTUAL CHANGES ON THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS: A CASE STUDY OF A MULTI-FAMILY RESIDENTIAL BUILDING IN SESTRE BAKOVIĆ STREET

Abstract: Providing the correct interpretation of the process of architectural design is a fundamental necessity of any serious study of this topic and dealing with design in general. Majority of theoretical models describe similar work activities, classified by phases in different ways, but in most of the models, the impact analysis represents the first phase of the architectural design process. The architectural concept must be based on an impact analysis, where the impact factors arising from the context play an important role. The topic of this paper is the relationship between the process of architectural design and the context in which it takes place. The paper indicates the importance of an impact analysis for the process of architectural design and its outcome, as well as the ways in which the context changes can affect the final architectural design. The impact of certain contextual changes on the architectural design process and the quality of the final solution is presented through a case study - the conceptual design of a multi-family residential building in Sestre Baković Street in Niš.

Key words: Architectural Design Process, Context, Impact Analysis, Contextual Changes, Preliminary Architectural Design

¹ Dr, vanredni profesor, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, marko.nikolic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0003-2953-4607

² Mater inženjer arhitekture, asistent, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, milan.brzakovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0009-0001-9915-1719

³ Dr, docent, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, jelena.djekic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0009-0007-8408-4297

1 UVOD

Pravilno tumačenje i razumevanje arhitekture i procesa arhitektonskog projektovanja temeljna je potreba svakog ozbiljnijeg proučavanja ove tematike i bavljenja projektovanjem uopšte. Prema jednoj od savremenih definicija, arhitektonska delatnost se posmatra kao umeće izgradnje građevina sa ciljem stvaranja unutrašnjih organizovanih prostora namenjenih najrazličitijim potrebama čovekovog života i aktivnostima [1]. Druge definicije označavaju arhitekturu kao proces koji se sastoji iz tri osnovna nivoa: kreiranja arhitektonske forme, specifičnog prostorno-površinskog sklopa; definisanja unutrašnjeg prostora, u skladu sa željama naručioca i postojećim uslovima; i uspostavljanja idealnog odnosa između unutrašnjeg prostora i njegovog okruženja [2].

Arhitektonsko projektovanje se, međutim, kao i svako drugo, može tumačiti i kao svesno delovanje projektanta, sačinjeno od niza svrshodnih, promišljenih postupaka, u nastojanju da se ispune određeni ciljevi, pa se može reći da je projektovanje proces prevashodno teleološke prirode [3]. Ovi ciljevi ogledaju se u težnji da se ostvare takve promene u čovekovom okruženju koje će u što većoj meri odgovoriti na njegove želje i potrebe, pri čemu se promene postižu izgradnjom novih ili intervencijama na postojećim sistemima. Govoreći o sistemu, Ivan Petrović konkretno misli na građevinski objekat, pri čemu navodi da je „svaki deo sistema takođe sistem, odnosno, svaki sistem je deo sistema na 'višem' nivou“ [4]. Ovim se ukazuje na slojevitost strukturu, kako objekta, tako i viših nivoa sistema, neposrednog izgrađenog okruženja, naselja itd. Izgrađeni objekat je, dakle, sistem nižeg reda – sredstvo kojim se ostvaruje promena u izgrađenom okruženju – sistemu višeg reda.

Brojna teorijska razmatranja o projektovanju kao misaonom procesu ukazuju na to da se stvaranje arhitektonskog dela ne odvija nezavisno od okruženja, samo za sebe, već da se ono odigrava u domenu objektiviteta, definisanog spoljašnjim, objektivnim faktorima (prirodnim, društvenim i drugim), ali i u domenu subjektiviteta, unutrašnjeg, individualnog sveta autora, sazdanog iz njegovih misli, znanja, osećanja, afiniteta i ambicija [5]. Shodno tome, svaka promena u okviru ova dva domena nužno će uticati na finalno arhitektonsko delo kao rezultat procesa.

U radu je dat teorijski pregled procesa arhitektonskog projektovanja. Ukazano je na značaj analize uticaja na njegov tok i ishod, u kojoj meri je

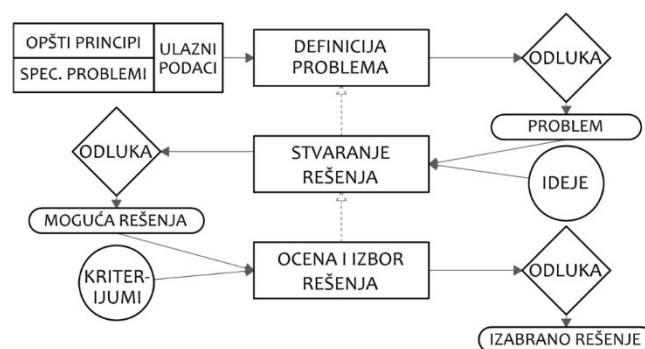
pouzdanost ulaznih podataka važna, kao i na koje sve načine njihove promene mogu uticati na konačni projekat. Kroz studiju slučaja, idejno rešenje višeporodičnog stambenog objekta u ulici Sestre Baković u Nišu, dat je prikaz uticaja određenih elemenata konteksta i kontekstualnih promena, konkretno, promene izgrađenog okruženja i promene važeće regulative, na proces arhitektonskog projektovanja i kvalitet finalnog rešenja.

2 PROJEKTOVANJE KAO PROCES

Arhitektonsko projektovanje je proces u kome projektant, pod uticajem subjektivnih i objektivnih faktora, rešava postavljeni problem – projektni zadatak [3]. I dok subjektivni faktori proizilaze iz skupa ličnih osobina arhitekta, objektivni faktori proističu iz potrebe za novim prostorom i konteksta u kome će objekat biti projektovan, građen i potom eksploatisan. Zarad lakšeg sagledavanja procesa, istraživanja o arhitektonskom projektovanju baziraju se na pokušajima da se njegov tok podeli na očigledno čitljive delove – faze.

Ako je projektovanje aktivnost koja vodi opisu željene promene sistema, onda se njen tok može podeliti na prikupljanje i analizu ulaznih podataka, definisanje problema, razmatranje načina na koje se promena može postići (izradu varijantnih rešenja), da bi se potom, na osnovu selekcije relevantnih parametara i prethodno uspostavljenih kriterijuma, odabrao optimalan.

U teoriji se, kao najčešća, ističu dva modela projektantskog postupka. Prvi model karakteriše pravolinijska projektna sekvenca i zasniva se na naučnom metodi, a pogodniji je za rešavanje problema tehničke prirode (slika 1).

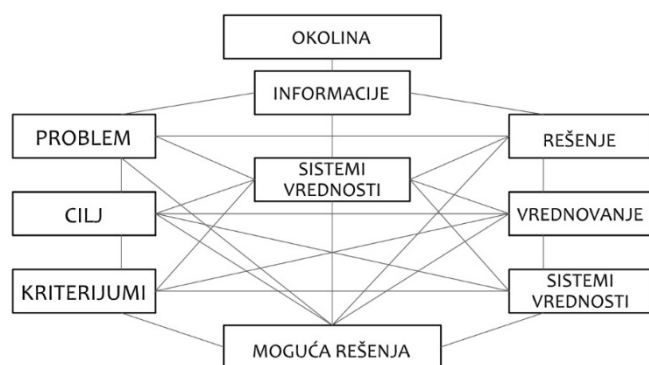


Slika 1 – Pravolinijska projektna sekvenca [3, 4]

Prema Petroviću, ovako posmatran proces projektovanja sastoji se iz tri faze: definicije problema, stvaranja rešenja i ocene i izbora jednog

rešenja [4]. Projektant na osnovu ulaznih podataka definiše, potom rešava problem tako što najpre kreira veći broj rešenja, a zatim kroz njihovu valorizaciju, na osnovu uspostavljenih kriterijuma, bira najbolje rešenje. Ulazni podaci su opšti principi koji se odnose na određenu arhitektonsku tipologiju, a potom i specifični problemi u vezi sa konkretnim objektom koji se projektuje [3].

Drugi model projektantskog delovanja karakteriše kružna projektna sekvenca (slika 2). Ovaj model mnogo realnije oslikava proces projektovanja, koji se u savremenim okolnostima odvija na daleko dinamičniji i nesređeniji način nego što to opisuje prvi model. Arhitektonsko projektovanje se posmatra kao proces donošenja jedne kompleksne odluke, koji je sastavljen iz sekvencijalnog, ali i istovremenog donošenja najraznovrsnijih tipova više ili manje kompleksnih odluka, čije razmatranje i usklađivanje treba da dovedu do rešenja – projekta. Ponekad u ovom složenom algoritmu rezultati pojedinih odluka isključuju rezultate ili donošenje drugih. Donošenje mnogih odluka unutar procesa se odvija bez nekog ustaljenog redosleda i često se mora ponoviti zbog novih saznanja i informacija koje prethodno nisu bile poznate.



Slika 2 – Kružna projektna sekvenca [3, 6]

2.1 ANALIZA UTICAJA

Da bi se na adekvatan način pristupilo izradi projekta, neophodno je obaviti određene preprojektne radnje, odnosno prikupiti relevantne ulazne podatke i sprovesti analizu svih faktora pod čijim će se uticajem projektovanje odvijati. Rezultati profesionalnog delovanja biće u onoj meri dobri koliko su i podaci na kojima je rad baziran potpuni, kvalitetni i pouzdani, a njihova analiza podrobno sprovedena. Većina teorijskih modela opisuje slične radne aktivnosti, razvrstane po fazama na različite načine ali, bez obzira na vreme i mesto nastanka, kod najvećeg broja

modela analiza uticaja predstavlja prvu fazu procesa arhitektonskog projektovanja [7].

Ulazni podaci su brojni i pokrivaju široko polje interesovanja: nedostajuće informacije o konkretnom zadatku, iskustva iz predmetne oblasti, uslove pod kojima će se projekat implementirati itd. Takođe moraju biti sagledani i prirodni i stvoreni uslovi – kulturni, socijalni, ekonomski, tehničko-tehnološki i mnogi drugi. Prikupljanje podataka odvija se na više mesta i nivoa: studijom projektnog zadatka, proučavanjem karakterističnih primera, analizom lokacije predviđene za izgradnju i šireg okruženja, u nadležnim institucijama itd. Prikupljanje prati njihova obrada i sistematizacija, uočavanje bitnih elemenata i analiza njihovog uticaja na razvoj projekta.

Proučavanje konteksta, kao jedinstva dva slojevitog uticajna faktora – mesta i vremena izgradnje [2], veoma je složena i značajna tema. Mnogi od ovih činioaca mogu biti ograničavajući faktori ali takođe mogu predstavljati i izvor inspiracije za projektanta. Pojedini elementi konteksta su nepromenljivi, to jest nije ih moguće projektom sagledati i menjati (oblik i granice parcele, klima, regulativa i sl.), dok su neki promenljivi i mogu se prilagođavati kroz projekat (nagib terena, količina i tip zelenila i sl.).

Što je analiza ovih podataka detaljnija, smislenija i sveobuhvatnija, to će koncipiranje ideje o povezivanju, obliku, materijalizaciji, uređenju parcele, jednom rečju – o kontekstualizaciji, biti lakše i kvalitetnije. Temeljna analiza omogućava pravovremeno prepoznavanje postojećih problema ili potencijala mesta izgradnje, donošenje niza različitih odluka i kreiranje rešenja utemeljenih na stečenim saznanjima. Bez obzira na to da li je projektovan objekat koji uvažava svoje okruženje i utkan je u postojeće tkivo, ili objekat koji negira kontekst kako bi se neutralisali neki negativni faktori, važno je da je projekat zasnovan na analizi uticaja. U oba slučaja, rešenje je građevina po meri parcele. Ovo u konačnom znači da u zasnivanju valjanog arhitektonskog koncepta, i u oblikovnom i u funkcionalnom smislu, uticajni faktori koji proizilaze iz konteksta igraju važnu ulogu.

Opisani postupci se ne odvijaju po principu linearne progresije, već se međusobno preklapaju i prožimaju, u zavisnosti od usvojenog metoda rada, pri čemu su analitičke sposobnosti projektanta i metodičnost od presudnog značaja [3].

2.2 UTICAJ KONTEKSTUALNIH PROMENA

Kada govorimo o arhitekturi, kontekst između ostalog predstavlja interpretaciju lokalnog društvenog i kulturnog miljea. Način na koji u ovom radu pominjemo kontekst, međutim, više je vezan za proces donošenja odluka, za interakciju sa mestom tokom procesa projektovanja, za prepoznavanje i uvažavanje osobina mesta i njihovo inkorporiranje u finalno arhitektonsko rešenje. Prilikom arhitektonske intervencije u gradskom okruženju, dominiraju stvoreni uslovi: urbani sklop je geometričan, regulacija je definisana, morfologija terena je podređena blokovskoj matrici grada, urbanitet je visokog intenziteta, uočljiva je introvertnost funkcije – isključivanje iz okruženja gradske ulice [8]. Sveobuhvatna regulativa, pre svega važeća planska dokumentacija, je vrlo precizna i stroga.

Imajući sve ovo u vidu, jasno je da će i objekat koji se projektuje u ovakvim uslovima u velikoj meri biti (p)određen navedenim uslovima. S druge strane, izrada projekta je dug proces koji usled mnoštva predvidivih i nepredvidivih uticajnih faktora može trajati i više godina. U ovakvim slučajevima neretko dolazi i do promena uslova u kojima se objekat projektuje, a koje mogu biti najrazličitije prirode: izmene projektnog zadatka, promene u izgrađenom okruženju, izmene važeće regulative itd. Kako proističu iz sveukupnog konteksta, ove promene često se nazivaju kontekstualnim promenama.

Projektant najčešće nema mogućnost da svojim delovanjem utiče na pojavu i tok kontekstualnih promena, ali je neophodno da ih sagleda i implementira njihov uticaj na razvoj projekta. Bez obzira na to da li su pozitivne ili negativne, unapređuju ili degradiraju uslove za izgradnju, predstavljaju novi izvor inspiracije ili uvode nova ograničenja, kontekstualne promene u znatnoj meri utiču na proces arhitektonskog projektovanja pa samim tim i na izgled finalnog arhitektonskog rešenja. U zavisnosti od tipa i stepena promene, njihov uticaj može biti zanemarljiv, ali nekada mogu i potpuno promeniti dalji tok rada i osnovne funkcionalne i oblikovne karakteristike arhitektonskog koncepta.

U narednom poglavlju je kroz studiju slučaja na konkretnom primeru iz prakse prikazano na koje sve načine pojedine kontekstualne promene mogu uticati na proces arhitektonskog projektovanja tokom višegodišnjeg rada na izradi idejnog rešenja za izgradnju višeporodičnog stambenog objekta u urbanom gradskom području.

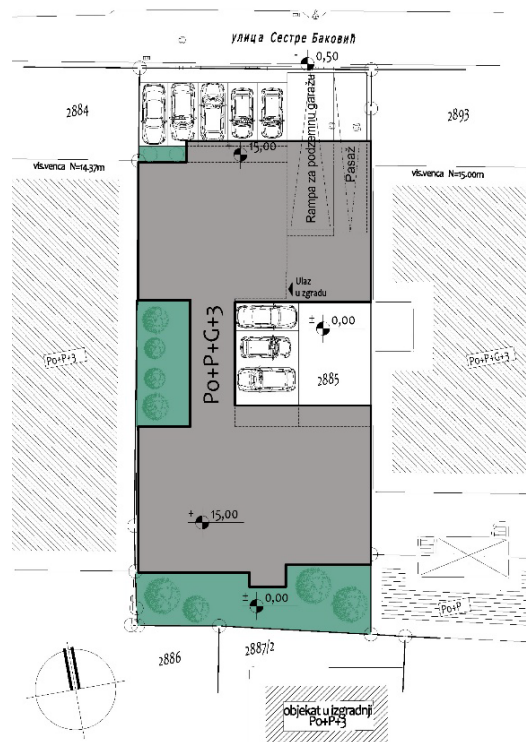
3 STUDIJA SLUČAJA VIŠEPORODIČNOG STAMBENOG OBJEKTA U ULICI SESTRE BAKOVIĆ

Na osnovu zahteva investitora i projektnog zadatka, 2019. godine je izrađeno idejno rešenje za potrebe izgradnje višeporodičnog stambenog objekta spratnosti Po+P+G+3, u ulici Sestre Baković u Nišu.

3.1 PRIKAZ IDEJNOG REŠENJA (2019)

Parcela sa severne strane izlazi na javnu površinu – kolsko-pešački prilaz, dok se sa ostale tri strane graniči sa susednim parcelama (slika 3):

- sa istočne i zapadne strane sa parcelama na kojima su izgrađeni po jedan višeporodični stambeni objekat novijeg datuma, spratnosti Po+P+3 i Po+P+G+3, i to kao objekti u neprekinutom nizu,
- u jugozapadnom delu sa parcelom na kojoj nema značajnih objekata izgrađenih u neposrednoj blizini zahvata,
- u jugoistočnom delu sa parcelom na kojoj je u vreme početka rada na ovom projektu počela izgradnja slobodnostojećeg višeporodičnog stambenog objekta spratnosti Po+P+3, postavljenog na propisanom udaljenju od zajedničke međe, u skladu sa izdatom građevinskom dozvolom.

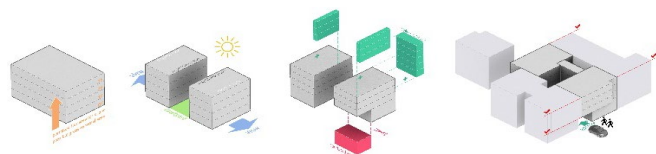


Slika 3 – Situacioni plan, 2019, izvor: arhiva autora

Iako se parcela nalazi u granicama zahvata Prvih izmena i dopuna Plana generalne regulacije područja gradske opštine Medijana u Nišu [9], na površini planiranoj za stanovanje srednjih gustina u gradskom području, sa maksimalnom spratnošću P+4 i indeksom izgrađenosti građevinske parcele do 3,2, Planom je definisano da se „na parcelama koje izlaze na kolsko-pešački prilaz, bez obzira na predviđenu namenu i propisanu spratnost, ograničava maksimalna spratnost na P+3“, uz mogućnost da se prizemlje projektuje sa povećanom visinom tako da se formira galerijski prostor.

Predmetna lokacija, smeštena u neposrednoj blizini najvećeg gradskog parka Čair, u stambenom području grada Niša, gde artefaktno okruženje karakteriše heterogenost tipologije, kvaliteta, stila i perioda izgradnje, ima dvojaki karakter. Naizgled optimalne urbanističke uslove za projektovanje višeporodičnog stambenog objekta (pravilan oblik, velika širina parcele, pristup sa severne strane i slobodna južna orijentacija), prati učestali problem u savremenoj arhitektonskoj praksi: parcela koja prodire duboko u gradski blok za koji je predviđen poluzatvoren sistem izgradnje i formiranje neprekinutog niza.

Ovakav sklop urbanističkih uslova je u značajnoj meri odredio arhitektonski koncept. Gabarit projektovanog objekta upotpunjuje novoformirani niz, a čine ga dva volumena pravilnih oblika, smeštenih u severnom i južnom delu parcele, međusobno povezanih traktom u kome su predviđene horizontalne i vertikalne komunikacije (slika 4). Primenom ovakvog prostornog koncepta formirana su dva dvorišta, unutrašnje (intimno) i zadnje (južno), omogućena je dvostrana orijentacija većine stanova, uz istovremeno zadovoljenje stalno prisutnog tržišnog zahteva za što boljim iskorišćenjem definisanog indeksa izgrađenosti [10].



Slika 4 – Šematski prikaz formiranja arhitektonskog koncepta, izvor: arhiva autora

U pogledu funkcionalne organizacije, stambene jedinice na tipskoj etaži odlikuje optimalan odnos strukture i kvadrature (slika 5b), dok krunu projekta čine ekskluzivni duplekisi u prizemlju (slika 5a). Razvijanjem kroz treću dimenziju i formiranjem dvovisinskih prostora dnevnih boravaka kreiran je jedinstven ambijentalni kvalitet ovih životnih prostora [10]. Dodatnu vrednost predstavlja mogućnost povezivanja sa otvorenim – zelenim površinama na

parceli, što povećava stepen individualizacije ovih stambenih jedinica.



Slika 5 – a. Osnova prizemlja, b. Osnova tipskog sprata, 2019, izvor: arhiva autora

U oblikovnom smislu, ulična (severna) fasada je tretirana na specifičan način (slika 6). Istovremeno svedena i upečatljiva, forma sledi strogu urbanističku regulaciju [10]. Venac prati visinu postojećeg objekta na koji se direktno vezuje sa istočne strane, dok se dinamičnost arhitektonske kompozicije postiže ukidanjem prepusta u severozapadnom delu, čime se odvaja od susednog, nešto nižeg objekta, potom nepravilnim rasporedom otvora na osnovnom korpusu objekta, kao i upotrebom savremenih kvalitetnih materijala u obradi dominantnog erkera.



Slika 6 – Trodimenzionalni prikaz objekta, 2019, izvor: arhiva autora

3.2 IZMENE REŠENJA USLED IZMENA I DOPUNA PLANSKE REGULATIVE (2021)

Važeća planska regulativa obilovala je nedostacima, što se ogledalo u neusaglašenosti između planova višeg i nižeg reda, a pre svega u insistiranju na istovremenom ograničavanju i spratnosti i visine objekta. Ovako formulisana ograničenja su bila u suprotnosti i sa određenim odredbama Zakona o planiranju i izgradnji, kojim je definisano da pravila građenja (planova) sadrže „najveću dozvoljenu visinu ili spratnost objekata“ [11].

Sa ciljem da se planska regulativa unapredi, nadležni organi grada Niša tokom 2021. godine usvajaju Treće izmene i dopune Generalnog urbanističkog plana Niša 2010-2025 (GUP) i Treće izmene i dopune Plana generalne regulacije područja gradske opštine Medijana u Nišu. Kroz izmene GUP-a se definiše da se „...kao relevantan parametar na celom području obuhvata Plana koristiti visina umesto spratnosti“ [12] dok se izmenama i dopunama PGR-a GO Medijana „brišu sve odrednice koje se odnose na maksimalnu dozvoljenu spratnost objekata. Odrednice koje se odnose na maksimalnu visinu objekata ostaju na snazi, a sve u skladu sa članom 31. Zakona o planiranju i izgradnji“ [13].

Navedena unapređenja planske regulative predstavljala su značajne kontekstualne promene u smislu tehničko-tehnoloških uslova izgradnje i omogućile su unapređenja projektno-tehničke dokumentacije, pre svega u pogledu iskorišćenja stepena izgrađenosti građevinskih parcela. Kao i za mnoge druge lokacije u gradu, i za predmetnu parcelu je bilo moguće ostvariti veću izgrađenost, ukidanjem galerije prizemlja i promenom spratnosti iz Po+P+G+3 u Po+P+4, uz zadržavanje maksimalne visine objekta od 15 m. Ovo je dovelo do značajnih izmena idejnog rešenja koje je već bilo u potpunosti završeno, pre svega u funkcionalnoj organizaciji. Umesto duplexa, u prizemlju i na prvom spratu se predviđaju stanovi u jednom nivou (slika 7), čime se povećava ukupan broj stanova pa time i broj parking mesta. Organizacija stanova na višim etažama nije pretrpela velike izmene, izuzev usaglašavanja sa inoviranim konstruktivnim rešenjem i korigovanim pozicijama instalacionih vodova. Kako su regulacija i tipologija izgradnje zadržane, urbanistička postavka objekta se nije promenila ali je, usled promene funkcionalnog rešenja, broja, dimenzija i pozicija prozora, portala i otvorenih površina, kao i novih zahteva investitora u pogledu primenjenih fasadnih materijala i formiranja ekera u širini čitavog uličnog

fronta, došlo do znatnih izmena projekta i u oblikovnom smislu (slika 8).



Slika 7 – a. Osnova prizemlja, b. Osnova prvog sprata, 2021, izvor: arhiva autora



Slika 8 – Trodimenzionalni prikaz objekta, 2021, izvor: arhiva autora

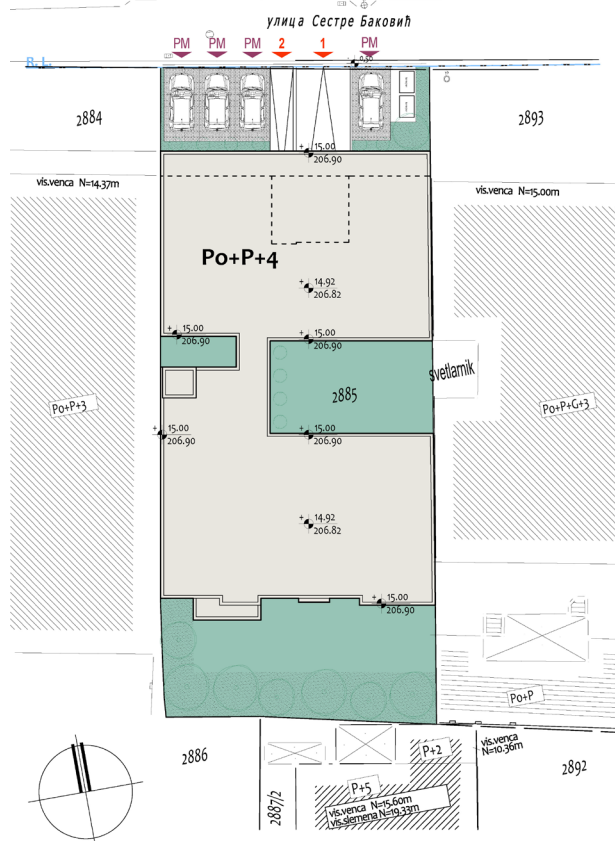
3.3 IZMENE REŠENJA USLED IZMENA U IZGRAĐENOM OKRUŽENJU (2022)

Iako planom nije predviđena građevinska linija ka unutrašnjosti bloka, i u originalnom i u idejnom

rešenju iz 2021. godine objekat je sa zadnje strane postavljen u ravni sa južnom fasadom postojećeg objekta sa zapadne strane (slika 6), sa kojim formira neprekinuti niz i ka ulici, kako bi se formirala skladna urbana kompozicija i ka prostoru unutrašnjih dvorišta. Ovakvom urbanističkom postavkom objekta ka unutrašnjem delu parcele su bili zadovoljeni uslovi propisani planom u pogledu položaja objekta u odnosu na granice građevinske parcele i minimalne međusobne udaljenosti objekata. Rastojanje između unutrašnjih fasada prednjeg (severnog) i zadnjeg (južnog) dela objekta je iznosilo 10,0 m, što je znatno više od minimalno propisanih 6,0 m, čime se obezbeđivao visok kvalitet životnog prostora i unutrašnjeg dvorišta.

Prilikom izvođenja radova na objektu na susjednoj parceli sa jugoistočne strane, tokom 2022. godine dolazi do odstupanja od izgradnje po građevinskoj dozvoli i to kako u pogledu horizontalne, tako i vertikalne regulacije. Umesto slobodnostojećeg objekta spratnosti P+3, udaljenog propisanih 7,5 m (h/2 višeg objekta), nakon višestrukih odstupanja od građevinske dozvole, u konačnom su izgrađeni jedan objekat spratnosti P+5 i jednim delom P+2, kao i dva pomoćna objekta u severnom delu parcele, i to sve kao objekti na zajedničkoj međi (slika 9).

Imajući u vidu da je, prilikom potvrđivanja urbanističkih projekata i izdavanja lokacijskih uslova, uobičajena praksa nadležnih organa grada Niša i Komisije za planove da, u pogledu ostvarenih minimalnih udaljenosti objekata tretira faktičko stanje na terenu, bez obzira na to da li se radi o legalno ili nelegalno izgrađenim objektima, postalo je jasno da koncept iz 2021. godine nije više održiv i da neće biti moguće potvrditi urbanistički projekat i pribaviti lokacijske uslove. Stoga je bilo neophodno pristupiti (novoj) izmeni idejnog rešenja, u smislu promene gabarita objekta i povlačenja južnog dela ka severu, u cilju ostvarivanja minimalne udaljenosti od 7,5 m ($h/2$) od objekta na susednoj parceli sa jugoistočne strane. Ova iznuđena intervencija je proizvela niz drugih izmena, pre svega u funkcionalnoj organizaciji i konstruktivnom sistemu i poziciji i organizaciji vertikalnih komunikacija (slika 10).



Slika 9 – Situacioni plan, 2022, izvor: arhiva autora



Slika 10 – a. Osnova prizemlja, b. Osnova drugog sprata, 2022, izvor: arhiva autora

Nepovoljni aspekti novog rešenja su gubitak zapadnog unutrašnjeg dvorišta i smanjenje rastojanja između severnog i južnog dela objekta na minimum od 6,0 m, dok se povoljni ogledaju u ukidanju parkiranja u unutrašnjem istočnom dvorištu i uvođenju zelene površine u tom delu, kao i u

povećanju površine zadnjeg, južnog dvorišta. Naravno, usled promena funkcionalnog, nužno je bilo ponovno promišljanje i oblikovnog rešenja, uspostavljenog ritma na fasadi, primenjenih fasadnih materijala i arhitektonske kompozicije uopšte (slika 11).



Slika 11 – Trodimenzionalni prikaz objekta, 2022, izvor: arhiva autora

3.4 IZMENE REŠENJA USLED NOVIH TUMAČENJA PLANSKE REGULATIVE (2023-2024)

Neposredno nakon promena u izgrađenom okruženju i smanjenja gabarita objekta, Komisija za planove grada Niša podnosi Izveštaj sa stručnim mišljenjem u vezi sa ograničenom spratnošću za građevinske parcele koje imaju pristup javnoj kolsko-pešačkoj površini i zaključuje da se „odrednice koje se odnose na dozvoljenu spratnost objekata brišu samo u poglavlju *Pojedinačna pravila građenja*“ [14] važećeg Plana GO Medijana. Kako se odredba o ograničavanju maksimalne spratnosti na P+3 za parcele koje izlaze na javnu kolsko-pešačku površinu nalazi u okviru poglavlja *Opšta pravila građenja* [9], i kako predmetna parcela izlazi na kolsko-pešački prilaz, to je značilo da se izmene i dopune PGR GO Medijana u Nišu iz 2021. godine o brisanju odrednica koje se odnose na maksimalnu dozvoljenu spratnost objekata ne važe za predmetnu lokaciju, već da ograničenje maksimalne spratnosti na P+3 ostaje na snazi.

Usled mnogih nedoslednosti, podnet je novi zahtev za davanje stručnog mišljenja Komisije za planove grada Niša, jer su protiv aktuelnog tumačenja postojali brojni argumenti, zasnovani na zakonskoj, planskoj i drugoj stručnoj regulativi:

- odredbe Zakona o planiranju i izgradnji,

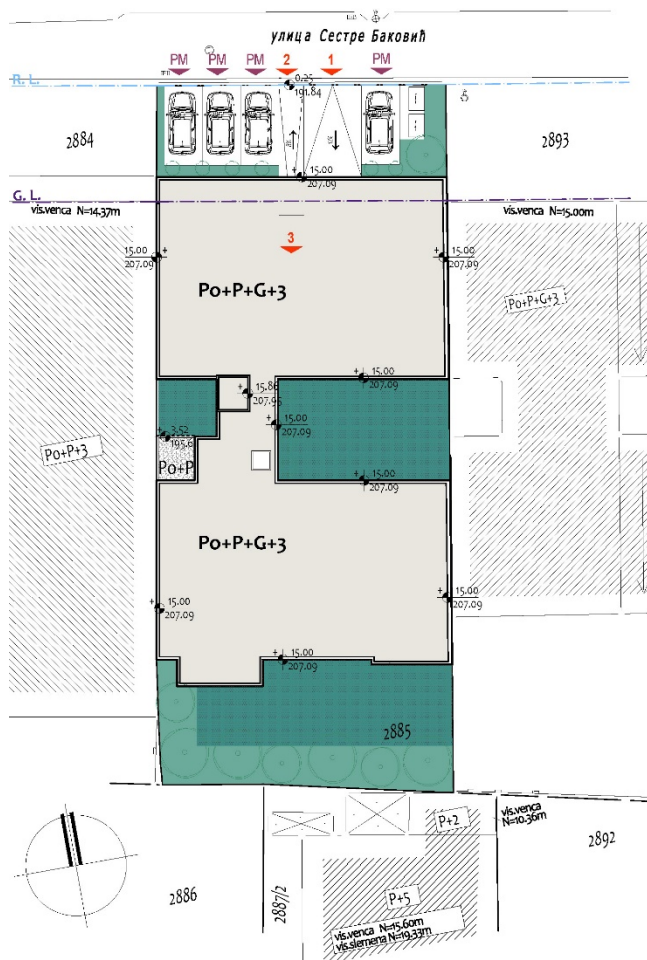
- izmene i dopune GUP-a, kao krovnog planskog dokumenta za teritoriju grada Niša i plana višeg reda u odnosu na PGR GO Medijana,
- pribavljeno novo mišljenje obrađivača plana da je „za pomenutu predmetnu lokaciju“, „JP Zavod za urbanizam Niš, kao obrađivač predmetnih planskih dokumenata, stava da važi definisana maksimalna visina objekta od 15,0 m“ [15] (a ne maksimalna spratnost od P+3).

Pribavljeno mišljenje obrađivača plana je predstavljalo osnov da Komisija za planove donese novo, drugačije stručno mišljenje, kojim bi se ukinulo ograničenje u pogledu maksimalne spratnosti na P+3. Pored ovoga, u prilog ukidanja problematičnog ograničavanja spratnosti, a u korist rešenja sa spratnošću P+4 i maksimalnom visinom do 15,0 m, ide i sledeća argumentacija:

- ne bi bili premašeni urbanistički parametri predviđeni PGR-om (indeksi zauzetosti i izgrađenosti građevinske parcele itd.),
- prostorno bi, i u horizontalom i vertikalnom planu, novi objekat bio u potpunosti na identičan način postavljen kao susedni, na istočnoj parceli, spratnosti P+G+3,
- bio bi postignut potpun sklad u pogledu urbanističkog i arhitektonskog oblikovanja,
- na prizemlju i na prvom spratu bi se dobili stanovi znatno većeg kvaliteta u pogledu prostorno-funkcionalne organizacije,
- kako u prizemlju stanove najčešće kupuju osobe sa otežanim kretanjem ili porodice sa malom decom, insistiranje da se u prizemlju projektuju duplex stanovi sa galerijom i unutrašnjim stepeništem čini takve stanove gotovo neupotrebljivim za ovu grupu korisnika.

Uprkos svemu navedenom, nadležna uprava grada Niša nije pribavila novo stručno mišljenje Komisije za planove i insistirala je da se prilikom izrade novog idejnog rešenja projektant pridržava postojećeg mišljenja iz 2023. godine. Na osnovu toga, a nakon višemesečnih bezuspešnih pokušaja da se omogući izgradnja objekta spratnosti P+4 i visine 15,0 m, pristupilo se ponovnoj izmeni idejnog rešenja. U pogledu urbanističke postavke i osnovne geometrije, projekat nije pretrpeo značajne izmene u odnosu na onaj iz 2022. godine, izuzev sitnih usaglašavanja sa novim funkcionalnim rešenjem (slike 12 i 13). Zadržana je regulacija sa severne i južne strane, južno i unutrašnje istočno dvorište su zadržani, a zbog nove

pozicije vertikalnih komunikacija, dobilo se i malo, pre svega utilitarno unutrašnje zapadno dvorište.



Slika 12 – Situacioni plan, 2024, izvor: arhiva autora



Slika 13 – Podužni presek, 2024, izvor: arhiva autora

Najveće izmene bile su neophodne u nižim etažama gde se, umesto prizemlja i prvog sprata, ponovo uvodi prizemlje sa galerijom. Za razliku od inicijalnog rešenja iz 2019. godine, sada zahtev investitora nije bio ekskluzivnost duplexa, već što veći broj stambenih jedinica. Tako je dobijeno čak devet stanova, relativno male širine, uglavnom sa dnevnim zonom u prizemlju i po jednom spavaćom sobom na galeriji (slika 14). Nov oblikovni koncept, pre svega u pogledu primenjenih

fasadnih materijala, umnogome se vratio na početni (slika 15). Na osnovu ovog idejnog rešenja, četvrtog po redu i nakon pet godina rada, konačno su izdati lokacijski uslovi.



Slika 14 – a. Osnova prizemlja, b. Osnova galerije prizemlja, 2024, izvor: arhiva autora



Slika 15 – Trodimenzionalni prikaz objekta, 2024, izvor: arhiva autora

4 DISKUSIJA

Iako možda deluje ekstremno, proces projektovanja i brojne kontekstualne promene opisane u studiji slučaja ne predstavljaju redak slučaj u arhitektonskoj praksi, iz više razloga. Grad Niš, kao i većinu većih gradova na teritoriji Republike Srbije karakteriše veoma intenzivna izgradnja tokom poslednjih deset godina, dominantno višeporodičnih stambenih i stambeno-poslovnih objekata. U poznatom društvenom kontekstu, koji može biti tema posebnog istraživanja, građevinske intervencije koje odstupaju od važeće regulative i izdatih građevinskih dozvola svakodnevna su pojava. Nažalost, društveni ambijent je takav da ovakve intervencije gotovo bez izuzetka ostaju nesankcionisane, a ne postoji zabeležen slučaj u skorijoj praksi, bar na teritoriji grada Niša, da je došlo do rušenja nelegalno izrađenih objekata ili delova objekata i vraćanja u gabarite za koje je građevinska dozvola izdata. Ovaj tip izgradnje, sa potpunim odstupanjem od građevinske dozvole od samog početka izvođenja radova, ili sa naknadnim, nelegalnim građevinskim intervencijama (dogradnje i nadgradnje) na objektima koji su izgrađeni u skladu sa dozvolom, veoma je učestao u našem prostornom okruženju i nosi brojne nesagledive negativne posledice. Ne samo što dovodi do preizgrađenosti i trajne devastacije urbane sredine, već u značajnoj meri otežava legalnu građevinsku delatnost i izvođenje objekata projektovanih u skladu sa pravilima struke i važećom regulativom.

S druge strane, praksa izrade planske dokumentacije nižeg reda, planova generalne i detaljne regulacije, relativno je mlada u našem okruženju. Ako imamo u vidu da je od usvajanja prvih planova generalne regulacije za područja gradskih opština grada Niša prošlo tek nešto više od deset godina, jasno je da planski dokumenti nisu savršeni. Potrebno je još mnogo vremena, znanja i učenja na sopstvenim i tuđim iskustvima kako bi se ova akta, ključna za pravilan razvoj i izgradnju našeg grada, dovela do zadovoljavajućeg nivoa kvaliteta. Ovo nedvosmisleno znači da su u narednom periodu izvesne učestale izmene i dopune planske regulative i da će to uvek, u manjoj ili većoj meri, uticati na proces arhitektonskog projektovanja i izmene u toku izrade projekata, bili oni kratki ili dugi, kao u slučaju prikazanom u ovom radu.

Neusklađenost, nedorečenost i nedoslednost planske regulative uzrok je još jednog, možda i najvećeg problema u svakodnevnoj projektantskoj praksi, a to je podložnost važećih propisa različitim stručnim tumačenjima. Pravila projektovanja i

građenja, bila ona dobra ili loša, moraju biti jednaka za sve učesnike u procesu, što često nije slučaj. Nadležni gradski organi, uprave pa i Komisija za planove izloženi su različitim vrstama pritisaka pa, u skladu sa tim, i tumačenja koja donose neretko budu različita za iste probleme u različitim predmetima. Stoga je jedan od najvažnijih prioriteta u narednom periodu da se, nakon usvajanja novog Generalnog urbanističkog plana Niša, pristupi temeljnim izmenama planova generalne regulacije, kako bi se svi zapaženi nedostaci eliminisali a broj odredbi planova koje su podložne individualnim tumačenjima sveo na minimum.

U ovakvim, najblaže rečeno dinamičnim uslovima rada, uloga projekatara nije nimalo zavidna. Radeći na projektima na osnovu kojih se grade objekti koji bi trebalo da unapređuju naše životno okruženje, arhitekt i urbanista preuzimaju veliku odgovornost pred čitavim društvom, ali i pred investitorom koji ih angažuje. Bez obzira na to što gotovo da nemaju nikakvu moć da utiču na kontekstualne promene koje se dešavaju tokom izrade projektne dokumentacije, arhitekt i urbanista često budu proglašavani odgovornim i nestručnim od strane nekompetentne i nedovoljno upućene javnosti kada kontekstualne promene dovedu do toga da izrađena dokumentacija ne bude valjan osnov za izdavanje potrebnih dozvola za izgradnju. Zbog toga je važno da projektanti blagovremeno sagledavaju sve kontekstualne promene, implementiraju ih kao relevantne činioce u proces projektovanja i da, uz maksimalno zalaganje i angažman, zasnovane na stručnim kompetencijama i profesionalnim iskustvima, eliminišu negativne i akcentuju pozitivne posledice na konačni ishod projektovanja, ma koliko da ove promene imaju negativnu konotaciju.

5 ZAKLJUČAK

U radu je dat teorijski pregled procesa arhitektonskog projektovanja, ukazano je na značaj ulaznih podataka, konteksta i analize uticaja na njegov tok, kao i na koje sve načine kontekstualne promene mogu uticati na projekat kao konačni ishod procesa. Kroz studiju slučaja je dat prikaz uticaja određenih kontekstualnih promena na proces arhitektonskog projektovanja i kvalitet finalnog rešenja. Na osnovu svega izloženog, može se izvesti set opštih i specifičnih zaključaka.

- Imajući u vidu društvene okolnosti i vremenski period potreban za izradu projektne dokumentacije, promene uticajnih faktora

tokom izrade projekta su neizbežne i čine sastavni deo gotovo svakog procesa arhitektonskog projektovanja.

- Kontekstualne promene utiču i na promene u projektantskoj radnoj proceduri i na kvalitet konačnog rezultata rada.
- One promene čiji je uticaj na finalno rešenje od značaja, moraju biti blagovremeno sagledane i uključene u proces donošenja odluka iz tri ključna razloga: postizanja visokog stepena uvažavanja osobina mesta, adekvatnog inkorporiranja arhitektonskog rešenja u izgrađeno okruženje i omogućavanja efikasnijeg postupka pribavljanja potrebnih dozvola za izgradnju od nadležnih organa.
- Kako bi se stalo na put ekspanziji protivzakonite izgradnje, a podstaklo poštovanje procedura, uvažavanje struke i legalna izgradnja, neophodno je da nadležni organi, a pre svega odeljenja nadležnih inspekcija, mnogo odlučnije sprovedu postojeće propise iz predmetne oblasti i izriču odgovarajuće sankcije za nelegalnu izgradnju. Samo na ovaj način je moguće obezbediti bolje uslove za pravilan razvoj gradova i unapređenje izgrađenog urbanog okruženja.
- U vezi sa prethodnim zaključkom, a takođe u cilju kreiranja što boljeg ambijenta za pospešivanje legalne izgradnje pa samim tim i povećanja kvaliteta sveukupnog životnog prostora u gradskim sredinama, neophodno je značajno poboljšanje važeće regulative. Unapređenje planske dokumentacije će ujedno umanjiti mogućnosti za individualna tumačenja koja predstavljaju potencijalne izvore problema, i time doprineti i pojednostavljenju procesa arhitektonskog projektovanja i stvaranju boljih arhitektonskih dela.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je realizovan uz finansijsku podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, prema ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu u 2024. godini evidencioni broj 451-03-66/2024-03 od 26. 01. 2024. godine.

LITERATURA

- [1] Likovna enciklopedija Jugoslavije 1. *Jugoslavenski leksikografski zavod*, Zagreb, 1984.
- [2] Jovanović Goran: **Uvod u arhitektonsko projektovanje**. *Građevinsko-arhitektonski fakultet*, Niš, 2013.
- [3] Nikolić Marko, Brzaković Milan: **Metodologija projektovanja: praktikum sa izvodima iz teorije**. *AGM knjiga*, Beograd, *Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, Niš, 2021.
- [4] Petrović Ivan: **O problemima i metodama projektovanja**. *Arhitektonski fakultet*, Beograd, 1977.
- [5] Martinović Uroš: **Fragmenti jednog viđenja arhitekture**. *Institut za arhitekturu i urbanizam*, Beograd, 1983.
- [6] Lojanica Milan: **Proces projektovanja, I sveska**, *Arhitektonski fakultet*, Beograd, 2001.
- [7] Krupinska, Jadwiga: **What an Architecture Student Should Know**, *Taylor & Francis*, New York, 2014.
- [8] Jovanović Goran., Stanimirović Mirko: **Pet projektantskih načela**, *Nauka i praksa*, Vol. 21, 71-76, *Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, 2018.
- [9] **Prve izmene i dopune Plana generalne regulacije područja gradske opštine Medijana u Nišu**. *Sl. list Grada Niša*, br. 105/2015, 2015.
- [10] Marko Nikolić, Milan Brzaković, Maja Janićijević: **SB3. 3. Međunarodna izložba savremenog stanovanja – HOUSING 19**, 156-157, 2019.
- [11] **Zakon o planiranju i izgradnji**. *Sl. glasnik RS*, br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon, 9/2020, 52/2021 i 62/2023), 2019.
- [12] **Treće izmene i dopune Generalnog urbanističkog plana Niša 2010-2025**. *Službeni list Grada Niša* br. 129/2021, 2021.
- [13] **Treće izmene i dopune Plana generalne regulacije područja gradske opštine Medijana u Nišu**. *Sl. list Grada Niša*, br. 129/2021, 2021.
- [14] Komisija za planove grada Niša: **Izveštaj**. br. 353-2048/2022-06, Niš, 23. 03. 2023.
- [15] JP Zavod za urbanizam Niš: **Odgovor na zahtev za izjašnjenje GU za građevinarstvo**. br. 381/2, Niš, 01. 03. 2024.

primljen: 05.12.2024.

Izvorni naučni rad

korigovan: 26.12.2024.

prihvaćen: 27.12.2024.

UDK : 624.012.45.042.7

<https://doi.org/10.62683/NiP28.3>

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE VEZA AB MONTAŽNE HALE U SEIZMIČKIM USLOVIMA

Biljana Mladenović¹, Dragan Zlatkov², Marina Mijalković³

Rezime: Mnogobrojna istraživanja ukazuju da se veliki broj veza štapova u čvorovima montažnih armiranobetonskih (AB) konstrukcija ne može svrstati ni u idealno zglobove ni u apsolutno krute, već u polukrute veze. Stoga, analizu konstrukcije u fazi projektovanja treba sprovedi uzimajući u obzir realnu krutost veza. Kako su ove veze veoma kompleksne, određivanje njihove realne krutosti moguće je jedino eksperimentalno, što poskupljuje projektovanje, ali opravdano je kada su u pitanju velike serije tipskih objekata ove vrste, s obzirom na mnoge njihove specifičnosti. U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih ispitivanja veza montažne hale "Elektrotehna" u Nišu dobijeni na uzorcima u pravoj veličini pri dejstvu cikličnih opterećenja do loma. Rezultati pokazuju nelinearne karakteristike ponašanja veza, što je neophodno uzeti u obzir pri formiranju realnog matematičkog modela za dinamičku seizmičku analizu.

Ključne reči: armiranobetonska montažna konstrukcija, polukruta veza, eksperiment u pravoj veličini, seizmička analiza.

EXPERIMENTAL TESTING OF THE CONNECTIONS OF A PRECAST RC HALL IN SEISMIC CONDITIONS

Abstract: Numerous researches indicate that a large number of member connections in the nodes of precast structures cannot be classified as ideally hinged or absolutely rigid, but as semi-rigid connections. So, structural analysis should be performed taking into account the real rigidity of connections. As these connections are very complex, determining their real rigidity is only possible experimentally, which increases the cost of designing, but is justified when it comes to large series of structures of this type, given their many specificities. The paper presents the results of experimental tests of the connections of the precast hall "Elektrotehna" in Niš, obtained on full-size samples under cyclic loading to the failure, which show nonlinear characteristics of connection behaviour, that is necessary to implement in creating a realistic mathematical model for seismic dynamic analysis.

Key words: Reinforced concrete precast structure, Semi-rigid connections, Full scale test, Seismic analysis.

¹ Dr, dipl.inž.građ, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, biljana.mladenovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0002-8942-8788

² Dr, dipl.inž.građ, vanredni profesor u penziji, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, dragan.zlatkov@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0002-3464-2816

³ Dr, dipl.inž.građ, redovni profesor u penziji, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, marina.mijalkovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0003-1346-5467

1 UVOD

Industrijalizacija pojedinih regiona u svetu usloвила je porast izgradnje industrijskih hala u seizmički aktivnim područjima, pri čemu su zbog poznatih prednosti najzastupljenije montažne konstrukcije, i to sve većih dimenzija. Zbog nedovoljnog poznavanja dinamičkog ponašanja takvih objekata pri dejstvu jakih zemljotresa, izuzetno je visok i nedovoljno kontrolisan seizmički rizik.

U mnogim slučajevima pri dejstvu jakih zemljotresa u prošlosti nastala su teška oštećenja ili



Slika 1 – Karakteristični primeri oštećenja i rušenja za vreme zemljotresa u severnoj Italiji 2012. (<https://www.republicain-lorrain.fr/fil-info/2012/05/29/italie-un-nouveau-seisme-dans-le-nord-est-fait-au-moins-dix-morts>)

Među najosetljivijim delovima montažnih industrijskih hala su konstruktivne veze. Skoro u svim slučajevima jakih zemljotresa došlo je do oštećenja ili loma konstruktivnih veza, a usled ovih strogo lokalnih pojava i do značajnih oštećenja ili potpunog rušenja objekata. Mnogobrojna istraživanja zasnovana na eksperimentalnim rezultatima i numeričkim simulacijama ukazuju na to da se veliki broj veza štapova u čvorovima montažnih konstrukcija ne može svrstati ni u idealno zglobne ni u apsolutno krute, već u polukrute veze, što je neophodno uzeti u obzir pri analizi ovakvih konstrukcija.

U radovima [7] i [8] dokazano je da stepen ukleštenja konstruktivnih elemenata u čvorovima igra značajnu ulogu u ponašanju AB montažnog objekta za vreme zemljotresa, ali se ne razmatra kako odrediti stepen ukleštenja na mestu polukrute veze, dok se u [9] daje predlog za proračun jednog tipa polukrute veze. Rezultati naših ranijih istraživanja su pokazali da ponašanje veza mora biti uzeto u proračun prilikom najranije faze projektovanja konstrukcije, jer i mali stepen ukleštenja na mestima montažnih veza utiče na

rušenja montažnih AB industrijskih hala, slika 1. Ovo se dešavalo i u najrazvijenijim zemljama sveta, gde se posvećuje posebna pažnja razvoju zemljotresnog inženjerstva i unapređenju propisa za građenje seizmički otpornih objekata, kao što su Amerika [1], Japan [2], Kina [3], Turska [4], [5], Italija [6]. Dolazilo je i do totalnog uništavanja mašina i opreme, koja je često mnogo skuplja od same konstrukcije objekta. Ojačanje oštećenih objekata je takođe veoma skup i težak proces i može izazvati zaustavljanje proizvodnje izazivajući dugoročne ekonomske posledice.



osnovna dinamička svojstva konstrukcije, pa samim tim i na njen seizmički odgovor [10].

Imajući sve gore navedeno u vidu, evidentno je da postoji potreba istraživanja realnih seizmičkih performansi veza montažnih AB industrijskih hala sa ciljem formulisanja poboljšanih inovativnih rešenja, koja ne izazivaju značajno poskupljenje objekta, a doprinose višestrukom smanjenju seizmičkog rizika.

U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih ispitivanja veza prototipa postojeće montažne AB hale u Nišu dobijeni na uzorcima u pravoj veličini do stadijuma loma. Na osnovu analize rezultata dat je predlog za unapređenje pojedinih veza radi poboljšanja seizmičke otpornosti ove vrste objekata. Eksperimentalno određene karakteristike veza elemenata noseće konstrukcije će biti korišćene u našem daljem istraživanju za formiranje realnog nelinearnog matematičkog modela za dinamičku seizmičku analizu ove tipske montažne AB industrijske hale.

2 O SEIZMIČKOJ ANALIZI AB MONTAŽNIH INDUSTRIJSKIH HALA

Konstruktivni sistemi industrijskih hala se razlikuju od konstrukcija zgrada jer su spratne visine znatno veće nego spratne visine zgrada (od 5 m do 15 m), dok su rasponi glavnih krovnih nosača veliki i iznose do 30 m, a rasponi greda međuspratnih konstrukcija su od 10 m do 15 m, pa i više. Zbog velikih dimenzija industrijskih hala, skoro svi montažni elementi su velikih dimenzija i težina. Neke hale, posebno dvospratne i višespratne, mogu biti namenjene i za velika korisna opterećenja, tako da u slučaju zemljotresa zbog velike mase mogu biti generisane seizmičke sile znatnog intenziteta, što može izazvati oštećenje ili totalno rušenje objekata.

U praksi se pokazalo da je dolazilo do oštećenja i otkazivanja veza iz sledećih razloga:

- Intenzitet seizmičkih sila često je bio potcenjen, a kako su dinamičke sile imale ekstremne vrednosti koje nisu uzete u obzir, dolazilo je do loma;
- Konstruktivne veze su bile projektovane za dejstvo statičkih sila, jer se seizmičke sile često sračunavaju po modelu ekvivalentnog statičkog opterećenja, što nije realno u dinamičkim uslovima;
- Konstruktivne veze najčešće nisu eksperimentalno verifikovane za dejstvo cikličnih uticaja koje podrazumevaju seizmička dejstva. Međutim, naročito dvoznačnost dejstva može izazivati rušenje konstruktivnih veza ako nisu projektovane za takve uticaje.

Seizmička dejstva imaju karakter slučajnih i kratkotrajnih dejstava i mogu se, ali i ne moraju, javiti za vreme uobičajenog veka trajanja objekta. Ukoliko bi konstrukcija bila projektovana tako da i za najjača predviđena zemljotresna dejstva ostane u linearnom području rada materijala, to bi bilo neracionalno kako u ekonomskom, tako i u estetskom i funkcionalnom pogledu. To je neprihvatljivo i u konstruktivnom pogledu, jer se kod krutih konstrukcija može javiti kruti lom, što je nepovoljno sa aspekta željenog seizmičkog odgovora. Prihvatljivo je da se i pri umereno jakim seizmičkim dejstvima naprezanja konstruktivnih elemenata približe njihovoj graničnoj nosivosti, a kod nekih elemenata ona može biti i dostignuta. To znači da se očekuje da će odgovor nekih elemenata konstrukcije sigurno biti nelinearan, što podrazumeva da se na nekim konstruktivnim elementima mogu

pojaviti i izvesna oštećenja, pa je neophodno sprovesti nelinearnu analizu konstrukcije.

Za praktične primene nelinearna analiza se još uvek razvija, a ima mnogo područja gde su detalji primene otvoreni za prosuđivanje i alternativna tumačenja [11].

3 STUDIJA SLUČAJA – OBJEKAT "ELEKTROTEHNA" U NIŠU

Za istraživanje seizmičkog ponašanja AB montažnih industrijskih hala sa polukrutim vezama korišćen je objekat izveden u sistemu AMONT, Krušce, za potrebe "Elektrotehne" u Nišu, slika 2 [12].



Slika 2 – Objekat stovarišta u Nišu [www.portal-srbija.com/elektrotehna-nis]

Hala je projektovana kao prostorna dvospratna okvirna konstrukcija, a namenjena je za skladiranje elektromaterijala i bele tehnike. Objekat je izgrađen osamdesetih godina prošlog veka. Projektovan je prema propisima [15] za VIII seizmičku zonu prema MCS skali, što približno može odgovarati pik akceleraciji od $PGA = 0,20$ g, ali pri tome nisu vršene direktne dinamičke analize. Izvršene su jedino standardne statičke analize dejstva definisanih seizmičkih sila za poprečni i podužni pravac objekta. Veze stubova u temeljnim čašicama su usvojene kao idealno krute, dok su sve ostale veze u proračunu tretirane kao zglobove.

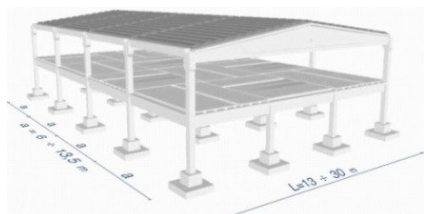
Konstruktivni elementi su na krajevima redukovanih dimenzija sa specifičnim konstruktivnim detaljima koji su namenski projektovani za ostvarenje konkretnih veza elemenata sistema, što povećava kompleksnost proračuna karakteristika, kako elemenata, tako i veza. Konstruktivne veze imaju specifično nelinearno ponašanje i zbog primene različitih tehnoloških rešenja, što je teško računski opisati. Na primer, karakteristike veze "zalivanjem" na licu mesta jedino se mogu eksperimentalno odrediti. Smanjenje modela za ovakva istraživanja se ne preporučuje s obzirom da principi modelske sličnosti u armiranom betonu prestaju da važe, jer su

Eksperimentalno ispitivanje veza AB montažne hale

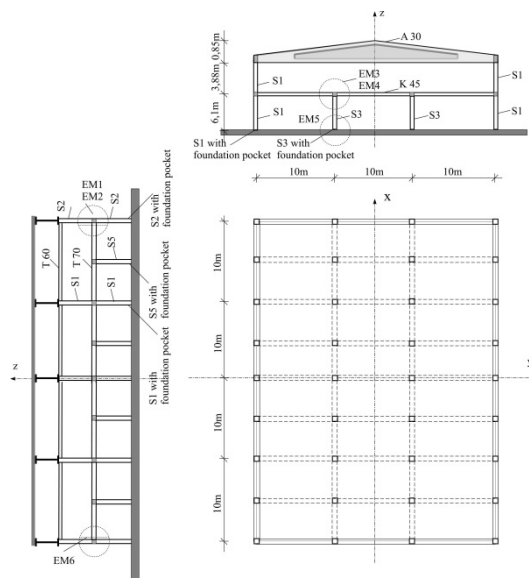
geometrijski odnosi veličine najkrupnije frakcije agregata, zaštitnog sloja, razmaka uzengija i utegnuto delu betonskog preseka značajno promenjeni u odnosu na uzorak u realnoj veličini.

Zbog svega navedenog, sa ciljem određivanja realnih karakteristika veza za formulaciju pouzdanih analitičkih modela za potrebe definisanja nelinearnog matematičkog modela konstrukcije izvršena su eksperimentalna ispitivanja uzoraka veza u pravoj veličini do loma.

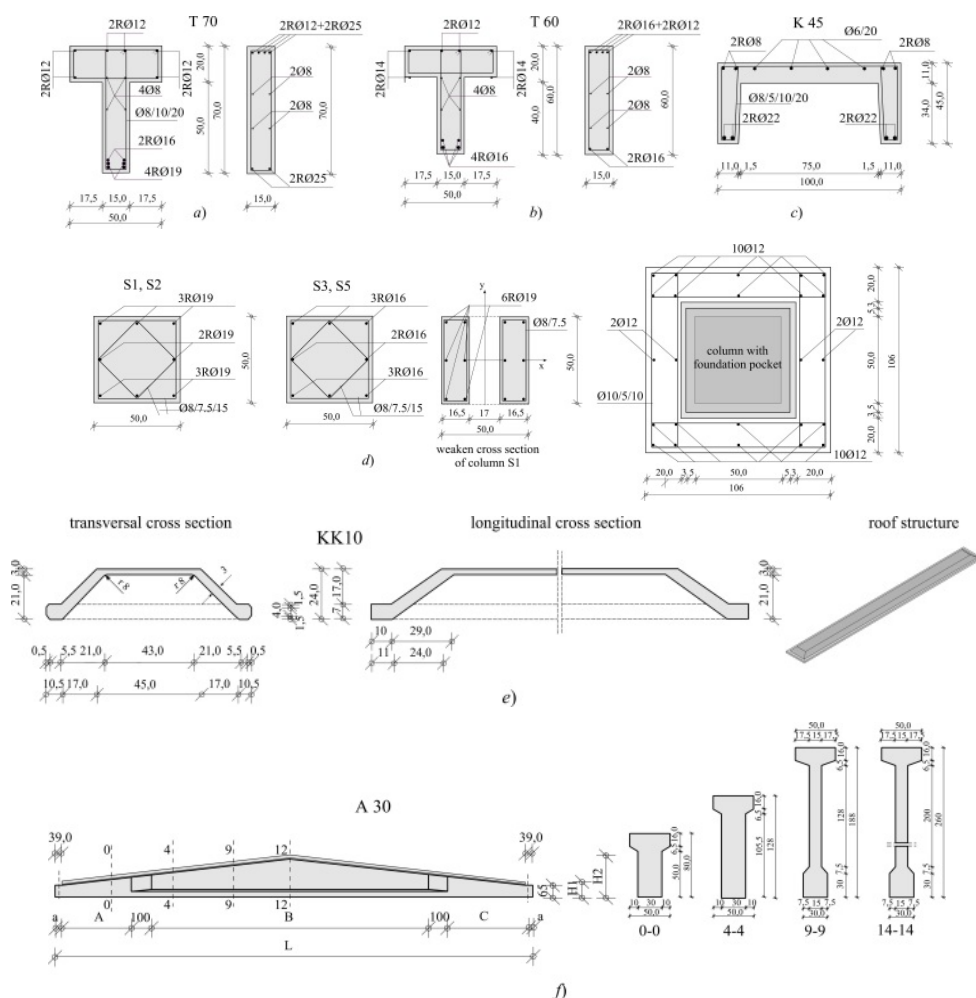
3.1 OPIS KONSTRUKCIJE



Slika 3 – Konstruktivni sistem objekta



Slika 4 – Osnova prizemlja, podužni i poprečni presek konstrukcije hale sa oznakama montažnih elemenata i veza koje su ispitivane



Slika 5 – Elementi montažne industrijske hale: a),b) grede međuspratne konstrukcije, c) međuspratna koritnica K 45, d) stubovi i stub sa temeljnom čašicom, e) krovn koritnica, f) krovn greda

Konstruktivni sistem objekta, slika 3, čija je osnova prikazana na slici 4, čine montažni prefabrikovani konstruktivni elementi prikazani na slici 5.

Glavni nosač A-30 je adhezivno prethodno napregnut element raspona 30 m I porečnog preseka i promenljive visine, od betona C40. Na mestu oslanjanja postupno prelazi u oblik T preseka visine 80 cm, dok u sredini raspona njegova visina iznosi 260 cm. Pored kablovske armature od 7 redova po 7 kablova, $7\phi 3$, koja je raspoređena u donjoj zoni nosača, armiran je i nekonstruktivnom armaturom $6R\phi 16$ u flanši nosača, $4R\phi 16$ u donjoj flanši nosača i $22R\phi 16$ po visini rebra.

Element K45 je od betona C40. Svi ostali elementi su od betona C30, armirani kao na slici 5.

Objekat je u celosti fundiran na temeljima samcima. Obodni parapetni zidovi su izvedeni na temeljnim gredama koje su projektovane za tu namenu. Objekt je na fasadi zatvoren montažnim fasadnim rebrastim elementima.

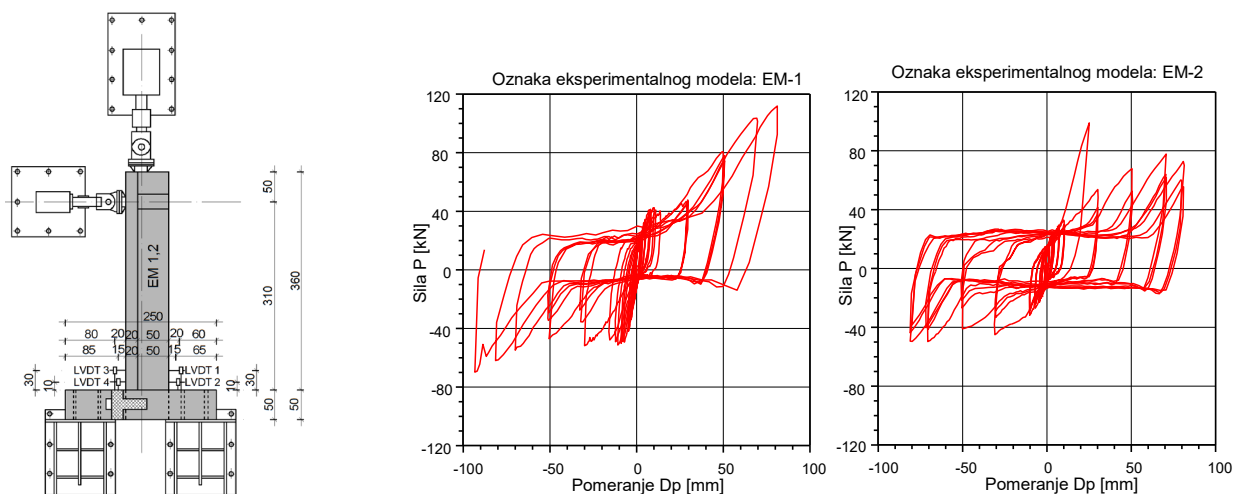
3.2 EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE MODELA VEZA U PRAVOJ VELIČINI DO LOMA

Eksperimentalno ispitivanje veza je realizovano u Institutu za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju (IZIIS) u Skoplju, u Makedoniji [14].

Program realizovanih eksperimenata obuhvatio je pet karakterističnih konstruktivnih veza i nekonstruktivnih segmenata:

- vezu međuspratne grede sa ugaonim stubom, slika 6,
- oslanac međuspratne koritnice, slika 8,
- vezu stuba sa čašicom temeljne stope, slika 10,
- vezu oslabljenog stuba na mestu oslanjanja međuspratnih nosača, slika 12,
- vezu i kontinuitet za prijem negativnog momenta na mestu oslanjanja koritnica iz dva polja, slika 14.

U nastavku je dat opis modela svih ispitivanih veza, rezultati u obliku dijagrama sila-pomeranje, kao i diskusija rezultata.



Slika 6 – Dispozicija uzoraka EM-1, EM-2 veze međuspratne grede sa ugaonim stubom. Eksperimentalna zavisnost sila-pomeranje



Slika 7 – Lom veze grednog nosača sa stubom: Model EM-1 (levo); Model EM-2 (desno).

3.2.1 Modeli EM-1 i EM-2

Veza međuspratne grede sa ugaonim stubom ispitivana je pomoću dva identična uzorka koji su označeni kao EM-1 i EM-2, slika 6, što je omogućilo utvrđivanje stvarnog nivoa potencijalne varijacije kvaliteta građenja montažne polukrute veze. Deo montažnog stuba dimenzija 50 x 50 cm oslonjen je na dva metalna oporca i pričvršćen zavrtnjevima koji obezbeđuju potpuno uklještenje. U postojeća dva ortogonalna otvora ugrađene su dve međuspratne grede, jedna kraća (za simulaciju) i jedna duža. Cilj eksperimenta je bio da se utvrdi efektivni stepen uklještenja duže standardne grede T-70 koja poseduje "pero" uvučeno u otvor ugaonog stuba. Monolitizacija ove veze je izvršena standardnim postupkom zalivanja cementnim malterom koji primenjuje izvođač.

Ispitivanje stepena uklještenja grede T-70 realizovano je pod simultanim dejstvom konstantne aksijalne sile i ciklične transverzalne sile aplicirane putem ciklične istorije pomeranja sa različitim amplitudama do loma, slika 7. Na ovaj način je registrovan intenzitet sile za svaku vrednost pomeranja i dobijena je histerezisna zavisnost sila-pomeranje. Primenjenom instrumentacijom za kritičan poprečni pravac omogućeno je registrovanje rotacija pri svakom iznosu sile. Na ovoj način, koristeći poznatu silu, dobijena je vrednost momenta savijanja, a samim tim i generisane realne histerezisne zavisnosti moment-rotacija ($M-\phi$), koje imaju veliki značaj pri formulisanju modela za simulaciju realnog ponašanja polukrutih veza. Oblik ovih zavisnosti je veoma sličan dobijenim histerezisnim zavisnostima sila-pomeranje [12].

Zaključci izvedeni na osnovu ispitivanja modela EM-1 i EM-2 su:

- Oblik histerezisnih dijagrama za oba modela je veoma sličan;
- U prvoj fazi rada veze (za manje ciklične deformacije) konstruktivna veza prima manju silu, a zatim se javlja faza "tečenja" koju karakteriše zadržavanje konstantne sile za opseg značajnih deformacija u intervalu $\pm 30 - 40\text{mm}$;
- Za veće zadate deformacije u završnoj fazi konstruktivna veza pokazuje tendenciju očvršćavanja, što se manifestuje prijemom povećanih poprečnih sila i porastom deformacija;
- Konstruktivna veza je ispitivana zadavanjem relativno male aksijalne sile pritiska i

registrovana histerezisna zavisnost je validna za takve uslove u praksi;

- Pri dejstvu zemljotresa, u dinamičkim uslovima, realne aksijalne sile u određenom trenutku mogu izazvati zatezanje elementa. To stanje mora biti obezbeđeno tako što će veza biti unapređena dodatnim uređajem koji će sprečiti izvlačenje "pera" iz predviđenog ležišta;
- Da bi se postigla sigurnost ove veze i za dejstvo najjačih zemljotresa, neophodno je unaprediti postojeću tehnologiju formiranja veze glavnog nosača i ugaonog stuba;
- Realno, za ovu vezu nije dovoljno da se zadovolje propisani i definisani uslovi samo prema postojećim propisima koji se odnose na okvirne AB sisteme. Za sisteme industrijskih hala sa montažnim vezama, ova značajna konstruktivna veza treba da bude unapređena i projektovana za sva moguća kompleksna dinamička dejstva sa "kritičnim ekscesnim uslovima i kombinacijama opterećenja".

3.2.2 Modeli EM-3 i EM-4

Eksperimentalno ispitivanje karakteristika nelinearnog ponašanja veze za kontinuitet za ciklično dejstvo negativnog momenta na mestu oslanjanja koritnica iz dva susedna polja je izvršeno na dva fizička modela označena kao EM-3 i EM-4. Kod modela EM-3 AB sloj za kontinuitet je armiran jednim slojem mrežaste armature, dok je kod modela EM-4, AB sloj armiran sa dva sloja mrežaste armature. Dispozicija ispitivanih modela EM-3 i EM-4 sa instrumentima za akviziciju eksperimentalnih rezultata prikazana je na slici 8.

Montažne koritnice iz dva polja oslanjaju se na T-nosač, a zatim je preko njih betoniran na licu mesta armiranobetonski sloj za ostvarivanje potrebnog kontinuiteta. Pri tome je primenjena odgovarajuća ankerna armatura (mestimični ankeri) za ostvarivanje veze između starog betona montažnih koritnica i novog betona upotrebljenog na licu mesta za AB ploču kojom se ostvaruje monolitizacija i kontinuitet.

Obe armiranobetonске koritnice su na svojim krajevima oslonjene na dva metalna oslonca sa fizičkom simulacijom pokretnih ležišta koja se linijski oslanjaju na armaturu većeg prečnika.

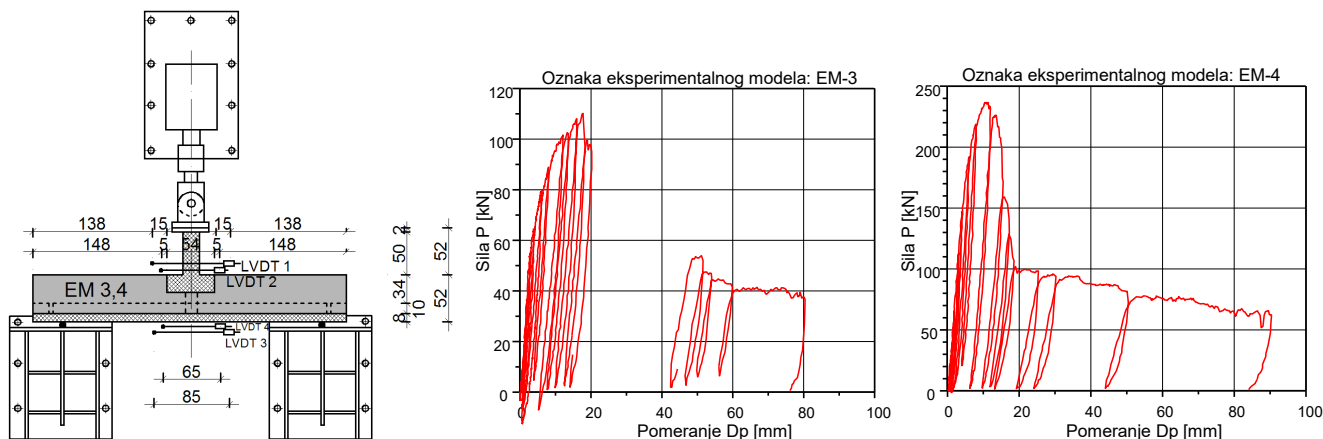
U sredini raspona, gde se koritnice oslanjaju na montažni T-nosač, iskorišćeno je rebro T-nosača za zadavanje ciklične sile pritiska kojom se izaziva

pojava negativnog momenta sa postepenim uvećanjem do loma, što je i cilj eksperimentalnog ispitivanja.

Eksperimentalno ispitivanje realizovano je zadavanjem ciklične sile pritiska do određenog iznosa u datom ciklusu, a odmah zatim je sledilo rasterećenje do veoma male sile pritiska, odnosno skoro do nule.

Tokom celog eksperimenta korišćena je propisana istorija pomeranja sa rastućim amplitudama

deformacija. U prvom ciklusu je zadata veoma mala deformacija posle koje se pri rasterećenju ne javlja zaostala deformacija. Porastom deformacija u narednim ciklusima javljaju se plastične deformacije, čija vrednost postepeno raste.



Slika 8 – Dispozicija uzoraka EM-3 i EM-4 veze na mestu oslanjanja koritnica iz dva susedna polja. Eksperimentalna zavisnost sila-pomeranje.



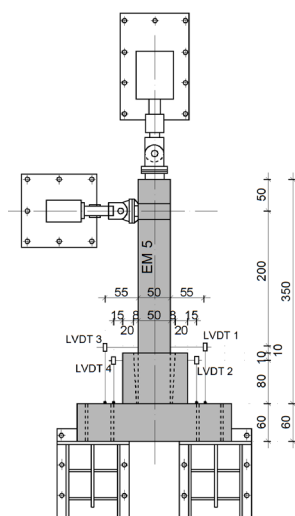
Slika 9 – Model EM-3: Velike deformacije veze na mestu oslanjanja (levo); Model EM-4: Velike pukotine u ploči za kontinuitet.

Zaključci u vezi modela EM-3 i EM-4 koji su geometrijski bili identični, a sa različitom armaturom za kontinuitet u AB ploči:

- Ispitivana konstruktivna veza za kontinuitet koritnica iz dva susedna polja pokazuje ujednačen kvalitet građenja pošto su dobijene histerezisne zavisnosti za dva nezavisna ispitivanja po obliku skoro identične, a razlika u iznosu sila granične nosivosti adekvatno odražava razliku u armiranju AB sloja za kontinuitet;

- U prvoj fazi rada veze, do dostizanja granične sile nosivosti, javlja se blaga nelinearnost anvelopne krive za sve ponovljene cikluse;
- Posle dostizanja granične sile nosivosti, za svaki naredni ciklus opterećenja i rasterećenja dolazi do naglog pada sile nosivosti. Granična sila nosivosti ove veze posle pada ostaje na nivou od oko 1/3 maksimalne registrovane granične sile nosivosti, odnosno do pojave krtoq loma, slika 9;

- Uvećan procenat armiranja značajno i direktno povećava graničnu silu nosivosti;
- Ovaj eksperiment ukazuje na realno ciklično ponašanje veze samo za dejstvo cikličnog negativnog momenta kada su krak unutrašnjih sila pritiska u betonu i zatezanje u armaturi najveći.
- U slučaju zemljotresnog dinamičkog dejstva bi krak sila bio veoma mali za pozitivne momente savijanja, a zategnuta armatura čak nebi ni postojala. Granična sila nosivosti u tom slučaju bi bila veoma mala, što je nepovoljno.
- Za dinamička dejstva u slučaju jakih zemljotresa, neophodno se nameće potreba da se postojeća konstruktivna veza ovog tipa na mestu gde se oslanjaju koritnice iz dva susedna polja, tehnološki unapredi. Posle toga, karakteristike inovirane veze bi trebalo u celini da budu eksperimentalno verifikovane.



Slika 10 – Dispozicija uzorka EM-5 veze AB stuba u čašici. Eksperimentalna zavisnost sila-pomeranje(F-D).

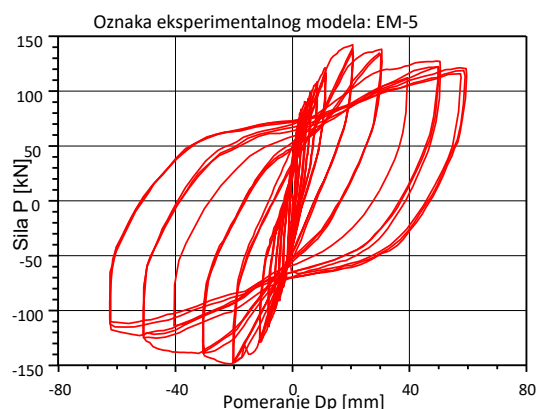


Slika 11 – Model EM-5: Prikaz pukotina u modelu i dela slomljenog zaštitnog sloja

3.2.3 Model EM-5

Eksperimentalno ispitivanje karakteristika nelinearnog ponašanja veze montažnog armiranobetonskog stuba sa čašicom temeljne stope izvršeno je na modelu EM-5. Dispozicija ispitivanog modela EM-5 sa instrumentima za akviziciju eksperimentalnih rezultata prikazana je na slici 8. Fizički model ove veze u osnovi poseduje AB temeljnu stopu na kojoj je u prirodnoj veličini i sa potrebnom armaturom izvedena armiranobetonska čašica sa otvorom u kome se montira montažni armiranobetonski stub. Eksperimentalni model čini deo AB stuba potrebne dužine sa realnom armaturom. Posle montaže, AB stub je adekvatno zaliven u formiranu čašicu, primenjujući proceduru kao u praksi. Na drugom kraju stuba formirane su odgovarajuće veze za aplikaciju konstantne aksijalne sile i poprečne ciklične sile u toku realizacije eksperimenta.

Za izvođenje kompletnog eksperimenta korišćena je propisana ciklična istorija pomeranja sa rastućim amplitudama.



Sumirajući rezultate na osnovu kojih su sagledane realne karakteristike ponašanja veze montažnog AB stuba sa čašicom temeljne stope konstatovano je:

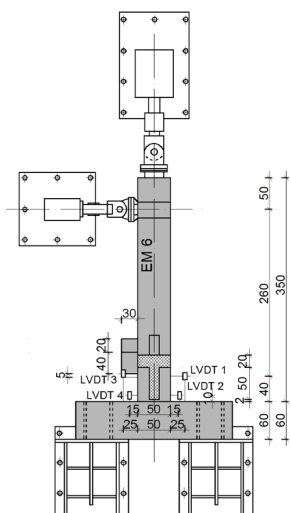
- U toku realizacije kompletnog eksperimentalnog ispitivanja, uključujući i dostizanje maksimalne sile nosivosti, nisu uočena nikakva oštećenja čašice;
- Forma i način armiranja čašice obezbeđuju uspešno i pouzdano tehnološko rešenje;
- Razvoj pukotina u stubu pravilno propagira sve do dostizanja maksimalne sile nosivosti, što rezultira pravilnom anvelopnom krivom

kojom se manifestuje realna nelinearnost stuba za ciklično dejstvo opterećenja;

- Granična sila nosivosti smanjuje se postepeno pri većim deformacijama;
- Montažni armiranobetonski stub u toku celog eksperimentalnog ispitivanja pokazuje veoma stabilno nelinearno histerezisno ponašanje, što je veoma pozitivno;
- Duktilnost kritičnog poprečnog preseka AB stuba je sasvim zadovoljavajuća, što ukazuje na to da je tehnologija projektovanja i građenja montažnih stubova sa ovakvom vezom sa čašicom temelja sasvim korektna i da nisu potrebne nikakve korekcije.

3.2.4 Model EM-6

Eksperimentalno ispitivanje karakteristika nelinearnog ponašanja veze oslabljenog stuba na mestu veze sa međuspratnim nosačima izvršeno je na fizičkom modelu u prirodnoj veličini označenom kao

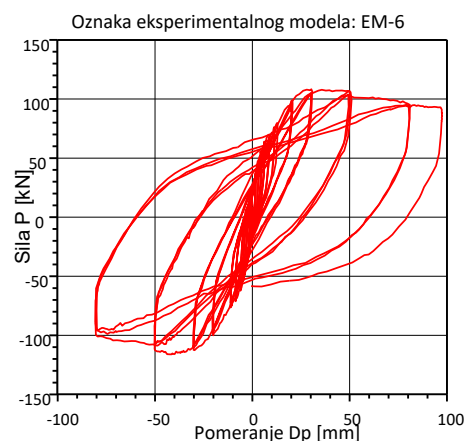


Slika 12 – Dispozicija uzorka EM-6 oslabljenog AB stuba na mestu veze sa međuspratnim gredama. Eksperimentalna zavisnost sila-pomeranje.

EM-6. Dispozicija ispitivanog modela sa predviđenim instrumentima za akviziciju eksperimentalnih rezultata prikazana je na slici 9. Fizički model ove veze formiran je tako što je ispod oslabljenog preseka stuba betonirana kruta baza u koju je uklešten stub sa delom oslabljenog preseka. Pri tome, kruta baza je iskorišćena u laboratoriji za njeno fiksiranje za dva metalna oporca simulirajući potpuno uklještenje. Na delu oslabljenog stuba umetnuti su segmenti montažnih horizontalnih greda zaliveni cementnim malterom. Na taj način je realno simulirana veza oslabljenog stuba sa međuspratnim nosačima.

Na drugom kraju stuba formirane su odgovarajuće veze za aplikaciju konstantne aksijalne sile i poprečne ciklične sile u toku realizacije kvazi-statičkog ispitivanja do stadijuma loma.

Za ovo ispitivanje korišćena je ciklična istorija pomeranja sa rastućim amplitudama u svakom narednom ciklusu.



Slika 13 – Model EM-6: Prikaz propagacije pukotina u modelu

Imajući u vidu nelinearne karakteristike ponašanja veze oslabljenog stuba na mestu veze sa međuspratnim nosačima, mogu se izvući sledeći zaključci:

- Eksperimentalni rezultati ukazuju da je nelinearno ponašanje veze oslabljenog stuba na mestu veze sa međuspratnim nosačima veoma stabilno;
- Ova konstruktivna veza pokazuje punu stabilnost nelinearnosti, od početka do loma i to za dejstvo simulirane (obostrane) sile opterećenja;

- Razvijanje pukotina i njihova propagacija u stubu je pravilno distribuirana sve do dostizanja maksimalne sile nosivosti;
- Anvelopna kriva nelinearnog histerezisnog dijagrama je stabilna i simetrična za oba pravca opterećenja do loma;
- Granična sila se postepeno smanjuje za veće deformacije, što ukazuje da veza na oslabljenom delu stuba poseduje veoma dobru duktilnost;
- Sve pozitivne nelinearne karakteristike ukazuju da je veza oslabljenog stuba sa međuspratnim gredama korektno projektovana i izvedena;
- Kako u slučaju jakih zemljotresa međuspratni nosači mogu biti opterećeni i zatežućim silama, pozitivno ponašanje ove veze može biti dovedeno u pitanje. Preporučuje se da se tehnologija izvođenja veze unapredi dodatnim sigurnosnim elementima koji bi obezbedili

prijem zatežućih sila i povoljno nelinearno ponašanje veze.

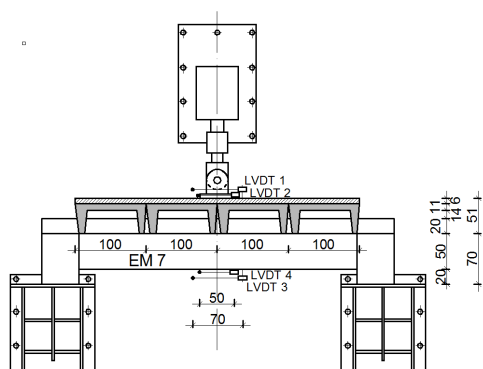
3.2.5 Model EM-7

Eksperimentalno ispitivanje kapaciteta nosivosti nosača međuspratne konstrukcije, zajedno sa delovima oslonjene međuspratne koritnice, izvršeno je na fizičkom modelu EM-7, slika 10.

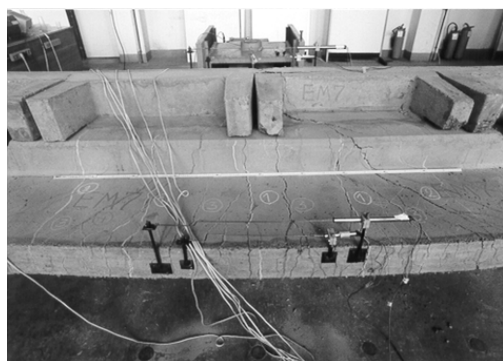
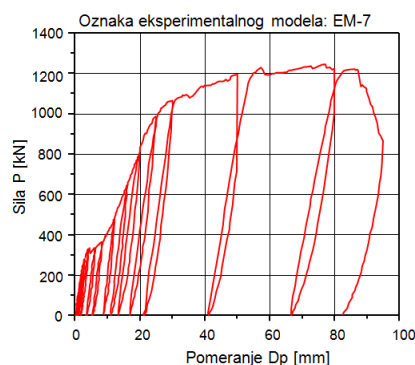
Fizički model ispitivanog nosača je formiran u saglasnosti sa realnim uslovima. Najpre je projektovan deo nosača sa realnim osloncima na oba kraja, koji su poslužili da obezbede adekvatno pričvršćavanje istih za dva oporca koji obezbeđuju uslove veoma krutog oslonca.

Na nosač su oslonjene montažne koritnice, a zatim je betoniran sloj betona za izravnanje i povezivanje. Tako je formiran nosač međuspratne konstrukcije koji uključuje delove međuspratne konstrukcije.

Na sredini nosača izvedena je adekvatna veza za nanošenje ciklične sile pritiska hidrauličkim pistonom.



Slika 14 – Dispozicija uzorka EM-7 sredine montažnog AB međuspratnog nosača. Eksperimentalna zavisnost sila-pomeranje (F-D).



Slika 15 – Model EM-7: Prikaz širokih pukotina u modelu u zoni kritičnog poprečnog preseka

Eksperimentalno ispitivanje veze realizovano je aplikacijom ciklične sile za opterećenje i rasterećenje. Sila pritiska se najpre povećava do određenog iznosa i odmah zatim sledi rasterećenje do približno nulte vrednosti sile pritiska.

Za realizaciju eksperimenta korišćena je propisana istorija pomeranja sa rastućim amplitudama deformacija. Porastom deformacije u svakom narednom ciklusu, pri rasterećenju modela dobijaju se sve veće plastične deformacije.

Sumiranjem uočenih fenomena realnog nelinearnog ponašanja i uvidom u ostvareni kapacitet nosivosti nosača međuspratnih konstrukcija, zajedno sa međuspratnim koritnicama, izvedeni su sledeći zaključci:

- Početno stanje nelinearnog ponašanja modela je neočekivano, i to za zadata pomeranja $D \leq 10\text{mm}$. Evidentno je da početna krutost nije poremećena do vrednosti sile od 300kN, a zatim nastaje uvećanje deformacija bez značajnog porasta sile, tj. dolazi do promene krutosti. Na slici 15 je dat prikaz širokih pukotina u modelu u zoni kritičnog poprečnog preseka;
- Ovaj fenomen nije iznenađujući i rezultat je formiranja preseka od dva montažna elementa i njihove naknadne monolitizacije. Prvi element je greda, drugi element su koritnice. Zajednički rad kompletnog preseka zavisi od načina monolitizacije;
- Posle dostizanja pomeranja od 10-15mm nastaje novi značajan porast. Maksimalna registrovana sila dostiže izuzetno veliku vrednost, veću od 1200 kN. Time se potvrđuje da spregnuti presek pokazuje veliki kapacitet nosivosti zbog prisustva koritnica, koje primaju unutrašnje sile pritiska i povećavaju krak unutrašnjih sila;
- Duktilnost preseka za ovaj slučaj opterećenja je sasvim zadovoljavajuća. Ako bi se konstruktivno obezbedilo da međuspratne grede sa koritnicama ne primaju negativne momente, ovo konstruktivno rešenje je sasvim prihvatljivo uz neznatno poboljšanje uslova sprezanja.

4 ZAKLJUČAK

Rezultati sprovedenog eksperimentalnog ispitivanja veza montažne AB noseće konstrukcije industrijske hale na modelima u pravoj veličini pri dejstvu cikličnih opterećenja do loma poslužili su za izvođenje zaključaka o ponašanju i otpornosti tih veza u seizmičkim uslovima.

Sve ispitivane veze su pokazale karakteristike nelinearnog ponašanja za sve karakteristične poprečne preseke. Ovo ukazuje na potrebu definisanja realnih nelinearnih histerezisnih modela moment-rotacija za različite poprečne preseke eksperimentalnim putem, ispitivanjem uzoraka u prirodnoj veličini do loma, kako bi se u matematičkom modelu omogućilo simuliranje stvarne nelinearnosti.

Konstatovano je da treba unaprediti tehnologiju formiranja veze glavnog nosača i ugaonog stuba, veze na mestu oslanjanja koritnica iz dva susedna polja, kao i veze oslabljenog stuba sa međuspratnim

nosačima, kako bi se postigla sigurnost u slučaju jakih zemljotresa.

Imajući u vidu posledice neadekvatnog projektovanja montažnih industrijskih hala u seizmički aktivnim područjima, nameće se potreba da se unapredi koncept projektovanja i proračuna objekata ovog tipa, posebno kada se planira serijska proizvodnja. U slučaju tipskih montažnih AB konstrukcija hala neophodno je u fazi projektovanja kombinovati rezultate eksperimentalnog ispitivanja veza i analitička rešenja u cilju realnog modeliranja njihovih karakteristika, a zatim sprovesti nelinearnu dinamičku seizmičku analizu konstrukcije. Na taj način se dobija najrealnija slika seizmičkog ponašanja objekta, što je glavni preduslov za projektovanje seizmički otporne konstrukcije kod koje će biti izbegnuta velika oštećenja i rušenja kakva su se događala u prošlosti na montažnim industrijskim objektima. Ovo je opravdan projektantski pristup koji obezbeđuje izradu pouzdanog industrijskog proizvoda i značajnu redukciju seizmičkog rizika, pri čemu se definisana pouzdana konstruktivna rešenja mogu kasnije široko primeniti za različite vrste objekata.

ZAHVALNOST

Zahvaljujemo se Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije za finansijsku podršku pri realizaciji ovog istraživanja. (Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2024. godini, evidencioni broj: 451-03-65/2024-03/200095).

LITERATURA

- [1] Blakeborough, A., Merriman, P.A., Williams M.S. (Eds.): **The Northridge California Earthquake of 17 January 1994, a Field Report by EEFIT**, Institution of Structural Engineers, London, 1994. <https://www.eeri.org/1994/01/northridge-california/>
- [2] Muguruma Hiroshi, Nishiyama Minehiro, Watanabe Fumio: **Lessons learned from the Kobe earthquake, A Japanese perspective**. *PCI Journal*, 40 (4), 28-42, 1995. <https://doi.org/10.15554/pci.07011995.28.42>
- [3] Zhao Bin, Taucer Fabio, Rossetto Tiziana: **Field investigation on the performance of building structures during the 12 May 2008 Wenchuan earthquake in China**. *Engineering Structures*, 31(8), 1707–1723, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.02.039>
- [4] Posada Mauricio, Wood L. Sharon: **Seismic performance of precast industrial buildings in**

- Turkey. *Seventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, Boston, MA, USA, July 21-25, 2002.
- [5] Senel Sevket Mural, Kayhan Ali Haydar: **Fragility based damage assessment in existing precast industrial buildings: A case study for Turkey.** *Structural Engineering and Mechanics*, 34(1), 39-60, 2010. <http://dx.doi.org/10.12989/sem>.
- [6] Marzo Anna, Marghella Giuseppe, Indirli Maurizio: **The Emilia-Romagna earthquake: Damages to precast /prestressed reinforced concrete factories.** *Ingegneria Sismica*, XXIX (2-3), 132-147, 2012.
<https://www.researchgate.net/publication/259911421>
- [7] Akkose Mehmet, Sunca Fezayil, Turkay Alperen: **Pushover analysis of prefabricated structures with various partial fixity rates.** *Earthquakes and Structures*, 14(1), 21-32, 2018.
<https://doi.org/10.12989/eas.2018.14.1.021>
- [8] Guerrero Hector, Rodriguez Vladimir, Escobar J. Alberto, Alcocer M. Sergio, Bennetts Felipe, Suarezc Manuel: **Experimental tests of precast reinforced concrete beam-column connections.** *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 125, 1-14, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105743>
- [9] Elliott Kim **Precast concrete structures (2nd ed.).** *Taylor & Francis Group, CRC Press*, 2017. ISBN 978-1-4987-2399-2
- [10] Zdravković Slavko, Zlatkov Dragan, Mladenović Biljana, Mijalković Marina: **Seismic analysis of plane linear systems with semi-rigid connections.** *Earthquake Resistant Engineering Structures VII*, WITpress, 105-115, 2009. ISBN: 978-1-84564-180-1
- [11] Fardis Michael, Carvalho Eduardo, Fajfar Peter, Pecker Alain: **Seismic Design of Concrete Buildings to Eurocode 8.** *Taylor & Francis Group, CRC Press*, 2015. ISBN-13: 978-1-4822-8253-5
- [12] Zlatkov Dragan: **Teorijska i eksperimentalna analiza armiranobetonskih linijskih nosaca sa polukrutim vezama.** Doktorska disertacija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, 2015.
<http://eteze.ni.ac.rs/?generalSearchCriterion=Dragan+Zlatkov>
- [13] **Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima,** *Službeni glasnik SFRJ*, 29/83. Beograd, 1983.
- [14] Ristić D., Zisi N., Micov V., Sesov N., Zdravković Slavko, Zlatkov Dragan: **Attesting of Static and Seismic Stability of Typified Modules of Hall Programme of Precast RC Structural System**
- AMONT, Krusce, Vol. I-V. *Reports 98(36-40)*, IZIIS, Skopje, 1998.

primljen: 15.11.2024.

Pregledni rad

korigovan: 18.02.2025.

UDK : 72.01

prihvaćen: 19.02.2025.

<https://doi.org/10.62683/NiP28.4>

ANALIZA ARHITEKTONSKE FORME NA ODABRANIM PRIMERIMA PROJEKATA BJARKE INGELS GROUP ARHITEKATA

Isidora Mitrović¹, Marko Nikolić², Sonja Krsić³

Rezime: BIG (Bjarke Ingels Group) je danski arhitektonski studio poznat po svojim inovativnim projektima koji pomeraju granice konvencionalne arhitekture. Ono što izdvaja arhitekta iz BIG studija je poseban fokus na oblikovanje arhitektonske forme objekta. Bilo da su u pitanju monumentalne strukture koje ostavljaju snažan utisak, ili simbolična arhitektura koja odražava vrednosti održivosti, arhitektura studija BIG je narativnog karaktera i vezuje se za "pričanje priče". Na osnovu knjige i izložbe "Formgiving" napravljena je tipologija i izdvojeno je šest primera projekata. Cilj rada je da kroz analizu nastanka arhitektonske forme pokaže kako izdvojeni projekti predstavljaju reprezentativne primere koji tipološki odgovaraju klasifikaciji forme Francisa D.K. Chinga. Metode primenjene u radu su analiza, izrada 3D modela, sinteza i klasifikacija. Kao rezultat istraživanja naglašava se doprinos rada u vidu sistematičnog pregleda primenjenih tipoloških formi - subtraktivne (oduzimanje) i aditivne (dodavanje) koja se dalje razvrstava na centralizovanu, linearnu, radijalnu, grupisanu i mrežastu formu - na odabranim projektima arhitektonskog studija BIG.

Ključne reči: BIG studio, forma u arhitekturi, konstruisanje 3D modela, izložba Formgiving, tipologija forme

ANALYSIS OF ARCHITECTURAL FORM IN SELECTED DESIGNS BY BJARKE INGELS GROUP ARCHITECTS

Abstract: BIG (Bjarke Ingels Group) is a Danish architectural studio known for its innovative designs that push the boundaries of conventional architecture. What distinguishes architects from BIG studio is their particular focus on shaping the architectural form of buildings. Whether those are monumental structures that leave a strong impression or symbolic architecture that reflects values of sustainability, the architecture of the BIG studio has a narrative character and is tied to "storytelling." Based on the book and exhibition "Formgiving," a typology was created, and six designs were selected as examples. The goal of this study is to show, through the analysis of the development of architectural form, how the selected designs serve as representative examples that typologically correspond to the classification of form by Francis D.K. Ching. The methods applied in the study are analysis, 3D modeling, synthesis, and classification. As a result of the research, the contribution of the work is emphasized in the form of a systematic review of the applied typological forms – subtractive and additive, which are further categorized into centralized, linear, radial, clustered, and grid forms – in the selected designs of the BIG architectural studio.

Key words: BIG studio, Form in architecture, 3D models construction, Exhibition Formgiving, Form typology

1 MSc, saradnik u nastavi – doktorand stipendista, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija, isidoramitrovic00@gmail.com, ORCID 0009-0007-5734-2289

2 Dr, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, marko.nikolic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0003-2953-4607

3 Dr, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, krsic.sonja@gmail.com, ORCID 0000-0002-3003-1022

1 UVOD

Forma je pojam koji je čovek pokušavao da definiše još od vremena antičke Grčke. Jedno od prvih tumačenja ovog pojma dao je Aristotel, prema kojem forma, zajedno sa materijom, predstavlja osnovni element svega u svetu. Dok materija predstavlja ono od čega je nešto napravljeno, forma je ta koja materiji daje oblik i identitet, čineći objekat onim što jeste [1]. Ova definicija sugerise da forma nije samo oblik nečega u prostoru, već označava suštinu i identitet objekta.

U savremenom kontekstu, pojam forme je vrlo širok i može se definisati na mnogo različitih načina. Predmet ovog rada tiče se forme u arhitektonskom smislu koja označava oblik, strukturu, raspored i organizaciju elemenata u prostoru, koji zajedno definišu aktivnosti, funkcionalnost, estetiku i značenje [2]. Arhitektonska forma je u direktno proporcionalnom odnosu sa prostorom, ali se ne može vezati samo za fizičke karakteristike prostora već direktno zavisi i od percepcije posmatrača kao korisnika prostora [3], te joj se zbog toga pripisuju prethodno navedene dodatne karakteristike.

U okviru ovog rada primenjena su dva pristupa analizi arhitektonske forme: prvi se zasniva na analizi literature koja istražuje teorijske aspekte forme, dok drugi obuhvata analizu konkretnih tipološki izdvojenih primera arhitektonske prakse studia BIG. Prikazani su različiti pristupi arhitektonskoj formi prilikom projektovanja, na taj način stvarajući širi uvid o tome šta forma predstavlja u arhitektonskom stvaralaštvu. Izdvaja se klasifikacija forme autora Francisa D.K Chinga koja razvrstava arhitektonsku formu prema prirodi odnosa između elemenata [4]. Na osnovu ove klasifikacije forme i na osnovu knjige i izložbe „Formgiving“ studija BIG, odabrano je šest reprezentativnih projekata. Na studiji izdvojenih slučajeva kroz proces kreiranja trodimenzionalnog modela u programskom softveru Rhinoceros, prikazan je proces stvaranja arhitektonske forme.

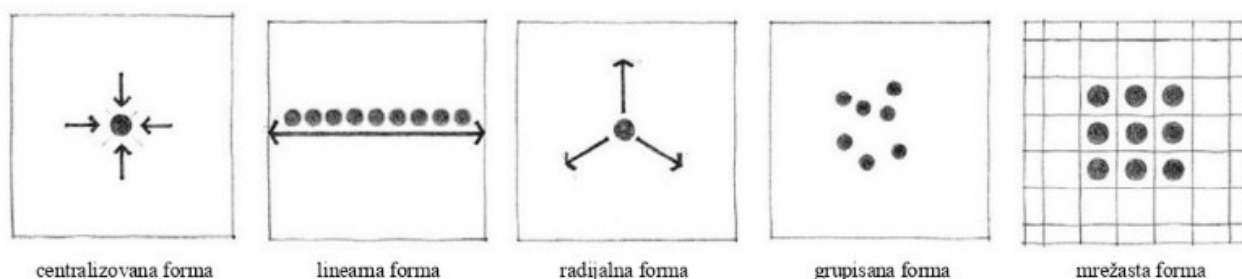
Metode primenjene u okviru rada su prikupljanje podataka, različite vrste analiza, istorijsko-komparativna metoda, dedukcija, sinteza prikupljenih podataka, klasifikacija i metoda kreiranja 3D modela. Primenjujući navedene metode, ovaj naučno-istraživački rad ima za cilj da prikaže proces kreiranja arhitektonske forme od inicijalne ideje, preko koncepta do konačnog arhitektonskog rešenja. Pored toga, cilj rada je izrada sistematičnog pregleda koji ima ulogu da predstavi po jedno arhitektonsko rešenje za svaki od karakterističnih tipova forme prema Chingu.

Projekti studija BIG odabrani su zbog važnosti koje arhitekti pridaju formi prilikom projektovanja. Njihova rešenja su jedinstvena i originalna, forma je narativnog karaktera i podržava koncept „pričanja priče“ nastao kao odgovor na savremene izazove u arhitekturi.

2 POJAM, ISTORIJA I KLASIFIKACIJA FORME

Forma je osnovni element arhitekture koji se odnosi na oblikovanje, strukturu, raspored i organizaciju u prostoru. Formu određuju njene karakteristike kao što su: oblik, veličina, boja, tekstura, ali i pozicija, orijentacija i vizuelna inercija [4]. Pojam prostora usko je povezan s formom; bez forme prostor ne bi mogao biti percipiran, dok bi, s druge strane, bez prostora bilo nemoguće sagledati formu [3]. Forma se može posmatrati kao integralni deo prostora ili kao njegova odrednica. U prvom slučaju, forma se posmatra kao deo veće celine, celine prostora koji se sastoji od dva elementa: forme i praznine; dok se u drugom slučaju forma i prostor posmatraju kao interaktivni koncepti koji se međusobno dopunjuju, nalik na „puno i prazno“ [5] [6]. Arhitektonsku formu nije moguće odvojiti od čoveka kao posmatrača, budući da njeno postojanje zavisi od njegove percepcije. Interakcija forme sa čovekom pridaje joj dodatne osobine, uključujući funkciju, aktivnost, značenje i estetiku [7].

Tokom istorijskog razvoja arhitekture, pristupi u oblikovanju objekata su se menjali u zavisnosti od konteksta i u zavisnosti od različitih shvatanja arhitekata. Oblikovanje objekata je tokom vekova u istoriji započinjalo formom kojoj je tek naknadno dodeljivana funkcija, bez previše razmišljanja o korišćenju prostora. Ovaj pristup dominirao je sve do trenutka kada je Louis Sullivan postavio čuveni princip "forma prati funkciju," naglašavajući da zgrada treba da bude oblikovana tako da odgovara svojoj svrsi [8]. Njegovu ideju dodatno je razvio Louis Kahn, uvođenjem principa "forma izaziva funkciju," koji govori da forma ne samo da treba da sledi funkciju, već treba da evocira suštinu, svrhu i značenje objekta [9]. Jedan od značajnijih principa projektovanja koji je direktno uticao na arhitektonsku formu bio je modernistički pristup "manje je više", koji je proslavio Ludwig Mies van der Rohe, a koji je isticao minimalizam i funkcionalnost kao osnovne karakteristike arhitekture. Kao odgovor na ovu strogu jednostavnost, Robert Venturi je, kao predstavnik postmodernizma, postavio suprotan princip "manje je dosadno", čime je podsticao složenost i igru u dizajnu, odbacujući ograničenja modernizma [10] [11].



Slika 1 – Vrste aditivnih formi prema Francisu D.K. Chingu: centralizovana, linearna, radijalna, grupisana i mrežasta forma, izvor [4]

Za razliku od nekadašnjih principa projektovanja, pored forme, današnja arhitektura teži da ispoštuje različite kriterijume kao što su kontekst, funkcija, održivost, estetika, identitet i značenje. Arhitektonska forma, iako često proističe iz ovih kriterijuma, ona ih istovremeno oblikuje i određuje [12]. Danas se pristupi oblikovanju forme značajno razlikuju između arhitektonskih studija. Zbog raznovrsnosti pristupa potrebno je, radi boljeg sagledavanja, sistematizovati arhitektonske forme i klasifikovati ih u određene kategorije.

Autor Francis D.K. Ching u svom delu „Architecture: Form, Space, and Order“ [4] uvodi klasifikaciju formi, pri čemu ih deli na subtraktivne i aditivne. Subtraktivne forme nastaju uklanjanjem tj. oduzimanjem delova iz geometrijski jedinstvene celine; a aditivne forme dodavanjem ili kombinovanjem pojedinačnih jednostavnih elemenata. Aditivne forme su dalje razvrstane u pet podkategorija (Slika 1) prema prirodi odnosa između elemenata koji sačinjavaju formu, kao i prema njihovoj organizaciji: centralizovane, linearne, radijalne, grupisane i mrežaste forme [4].

Centralizovane forme imaju jedan dominantan centralni element koji služi kao glavni fokus kompozicije oko kog se raspoređuju ostali, sekundarni elementi. Linearne forme imaju izraženu jednu od dimenzija, dužinu ili visinu. Sastoje se iz nizova elemenata raspoređenih u određenom pravcu. Radijalne forme podrazumevaju takve strukture u kojima se od centralne tačke prema spolja prostiru linearni elementi. Grupisane forme sastoje se iz više manjih volumena sličnih vizuelnih karakteristika koji su povezani u jednu celinu pritom zadržavajući svoj individualni izgled. Mrežaste forme sastoje se od većeg broja elemenata raspoređenih unutar pravilnog rastera, pri čemu se svaki element uklapa u definisanu mrežnu strukturu. Pri kreiranju finalne forme objekata moguće je kombinovati različite vrste formi.

3 “FORMGIVING” KNJIGA I IZLOŽBA

Knjiga i istoimena izložba “Formgiving” prikazuju koncept oblikovanja u arhitekturi, naglašavajući proces koji vodi od ideje do stvaranja finalnih arhitektonskih formi objekata. Knjiga predstavlja treći deo trilogije koja istražuje proces projektovanja arhitektonskog studija BIG. “Yes is More” predstavlja prvu knjigu trilogije koja naglašava fleksibilnost i inovativnost, druga knjiga “Hot to Cold” istražuje klimatske i ekološke uslove i izazove, dok “Formgiving” kao treći i finalni deo trilogije upotpunjuje celinu govoreći o formi i procesu oblikovanja. Knjiga je struktuirana tako da se sastoji iz tri dela: Past, Present i Future koji prikazuju arhitektonska rešenja studija BIG, od istorijskih osnova i savremenih projekata do vizionarskih rešenja za život na Zemlji i u svemiru [14].

Knjigu prati istoimena izložba u Arhitektonskom centru u Kopenhagenu u Danskoj [15]. Nalik na knjigu, izložba pruža pregled evolucije arhitektonske forme kroz tri vremenska okvira: prošlost, sadašnjost i budućnost. Izložbu čine fotografije, makete i različiti interaktivni elementi; sve u cilju približavanja pojma, koncepta i razvoja arhitektonske forme posetiocima izložbe.

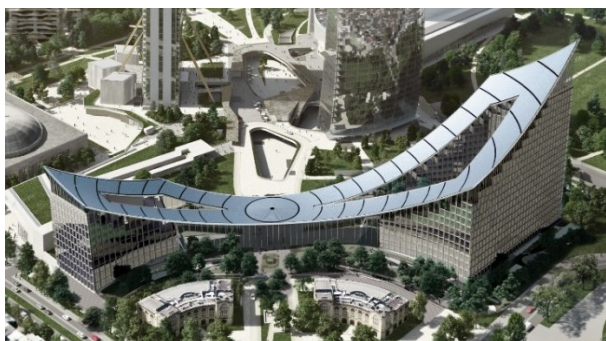
4 ANALIZA ARHITEKTONSKE FORME NA ODABRANIM PRIMERIMA PREMA KLASIFIKACIJI FRANCIS-A CHING-A

Na osnovu knjige i izložbe “Formgiving” odabrano je šest projekata studija BIG koji ujedino predstavljaju reprezentativne primere svakog od tipova forme prema klasifikaciji Francis-a D.K. Chinga. Projekat CityWave (Slika 2) predstavlja primer subtraktivne forme, dok su za aditivnu formu odabrani sledeći objekti, svaki karakterističan za jedan od odgovarajućih tipova: centralizovana forma – Musée

Atelier Audemars Piguet (Slika 4), linearna forma – The Twist (Slika 6), radijalna forma – The Plus (Slika 8), grupisana forma – LEGO Brand House (Slika 10) i mrežasta forma – Biosphere (Slika 13). U daljem tekstu prikazana je analiza formi odabranih primera projekata uz kratak generalan opis svakog objekta sa fokusom na razvoj njihove arhitektonske forme i procese koji su doveli do stvaranja njihovog finalnog izgleda.

4.1 SUBTRAKTIVNA FORMA: CITYWAVE

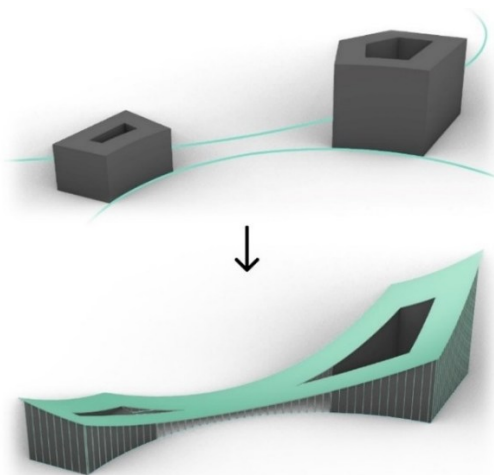
CityWave, poznat i kao The Portico, predstavlja projekat studija BIG koji je trenutno u fazi izgradnje (Slika 2), a deo je šireg urbanističkog projekta CityLife u Milanu, u Italiji. CityLife čine tri impozantne kule, a iako se prema međunarodnom arhitektonskom konkursu tražio projekat za još jednu, četvrtu kulu, arhitekti iz studija BIG su ponudili alternativno rešenje i time pobedili na konkursu. Umesto da se nadmeće s ostalim visokim objektima u neposrednom okruženju, forma CityWave-a harmonično se integriše u postojeći ambijent i upotpunjuje celinu, doprinoseći koheziji prostora [16] [17].



Slika 2 – Citywave, izvor: [17]

Za izgradnju objekta predviđene su dve odvojene parcele različitih oblika i dimenzija. Na osnovu oblika ovih parcela, kreirane su dve nepravilne prizme. Prizma u okviru manje parcele je četvorougaoone osnove, dok je prizma u okviru veće parcele petougaoone osnove. Povlačenjem spoljašnjih ivica za jednako rastojanje prema unutra, odnosno opcijom offset, formiran je atrijumski prostor za oba segmenta posebno, pri čemu je kreirana dubina fronta 9m kod dela namenjenog hotelu, a 18m kod poslovnog dela objekta. Ključni deo razvoja forme objekta CityWave zasniva se na povezivanju ova dva segmenta u jedinstvenu celinu kreiranjem forme koja podseća na talas. Da bi se ostvarila povezanost, prvenstveno su u osnovi konstruisane dve krive od kružnih lukova tako

da su dve stranice petougla i jedna stranica četvorougla zamenjene ovim krivama. Mase objekta su zatim prilagođene izmenjenoj osnovi. (Slika 3). Najkarakterističnije za formu objekta CityWave je geometrija krova nastala u sledećem koraku odsecanjem masa delova objekta sferom. Na ovaj način kreirana je nadstrešnica između segmenata koja prati sferički oblik krova. Natkriveni javni prostor nalik na trem, naglašen je kolonadom koja se vizuelno nastavlja vertikalnim podelama na fasadi objekta (Slika 3). Kako bi se dodatno naglasila forma krova, u okviru oba dela objekta uklanjanjem delova poslednjih etaža formirane su prostrane terase orijentisane jedna prema drugoj. Fluidna struktura objekta naglašava povezanost arhitektonskih masa u jedinstvenu celinu stvarajući utisak jednostavnosti i lakoće forme.



Slika 3 – Citywave, proces nastajanja forme objekta, gore: početna forma, dole: finalna forma, izvor: autor

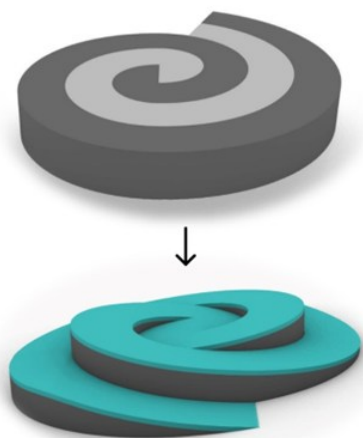
4.2 ADITIVNA CENTRALIZOVANA FORMA: MUSÉE ATELIER AUDEMARS PIGUET

Musée Atelier Audemars Piguet u Le Brassusu, u Švajcarskoj (Slika 4), izgrađen 2020. godine, posvećen je istoriji i majstorstvu švajcarskog brenda luksuznih satova Audemars Piguet [17]. Paviljon muzeja ima spiralni oblik koji podseća na oprugu u mehanizmu časovnika, ističući povezanost objekta sa njegovom namenom. Objekat je izgrađen pored originalne radionice u kojoj je priča o Audemars Piguetu započela, a sama radionica je pažljivo obnovljena u skladu s vernakularnom arhitekturom, zadržavajući svoj autentični izgled. Nasuprot tome, savremeni spiralni paviljon stvara kontrast koji spaja tradiciju i inovaciju omogućavajući posetiocima da istraže bogatu istoriju časovničarstva i otkriju proces izrade prestižnih satova ovog brenda [16].



Slika 4 – Musée Atelier Audemars Piguet, izvor: [17]

Kako bi se dugi niz različitih sadržaja smestio na parcelu približno kvadratnog oblika, bilo je potrebno napraviti kompaktnu formu objekta. Studio BIG je kao rešenje za ovaj problem, osmislio objekat oblika duple spirale u osnovi koji simbolično podseća na oblik sata. Bez obzira na linearno kretanje po spirali u okviru objekta, njegova forma je centralizovana jer je čitava struktura fokusirana prema centru objekta. U centralnom delu nalazi se glavni i najveći izložbeni prostor do kojeg se dolazi kretanjem po jednoj od spirala, a izlazi kretanjem po drugoj od spirala (Slika 5). Krovne ravni su oblikovane izdizanjem i spuštanjem, stvarajući dinamičnu i fluidnu strukturu (Slika 5), a forma je uklopljena tako da prati pad terena u pojedinim delovima objekta.



Slika 5 – Musée Atelier Audemars Piguet, proces nastajanja forme objekta, gore: početna forma, dole: finalna forma, izvor: autor

Forma objekta muzeja Atelier Audemars Piguet zajedno sa odustvom stubova i primenom prozirnih zidova ostavlja utisak elegantne i nepretenciozne prirodne jednostavnosti.

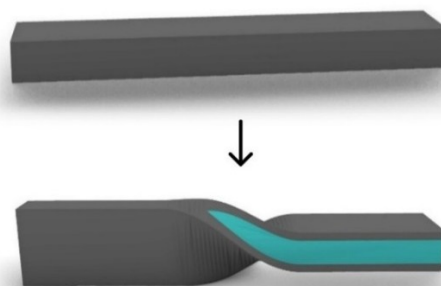
4.3 ADITIVNA LINEARNA FORMA: THE TWIST

The Twist (Slika 6) je muzej umetnosti izgrađen 2019. godine, smešten u norveškom parku skulptura Kistefos u Jevnakeru [18]. Park se prostire sa obe strane reke Randselv i sadrži skulpture mnogih poznatih umetnika. Kako bi stvorili prirodnu cirkulaciju kroz park arhitekti iz studija BIG su dizajnirali The Twist. Ovaj projekat zbog svoje forme u obliku grede koja je savijena pod uglom od 90° istovremeno predstavlja muzej, most i skulpturu koja povezuje dve obale reke. The Twist je primer inovativnog arhitektonskog pristupa koji integriše umetnost, funkcionalnost i prirodu, stvarajući jedinstveno iskustvo za posetioce [16].



Slika 6 – The Twist, izvor: [18]

Forma od koje je nastao objekat ima oblik zatvorene izdužene prizme sa naglašenom linearnošću, odnosno dominantim pružanjem objekta u jednom pravcu (Slika 7).



Slika 7 – The Twist, proces nastajanja forme objekta, gore: početna forma, dole: finalna forma, izvor: autor

U sledećem koraku na osnovu kog je ovaj objekat prepoznatljiv i na osnovu kog je dobio naziv, prizmatična forma je uvrnuta u odnosu na podužnu osu objekta. Pravougaoni poprečni presek izdužene prizme se u središnjem delu objekta rotira za 90

stepeni, prelazeći iz horizontalnog u vertikalni položaj, na taj način stvarajući tri segmenta: deo u kojem je pravougaoni presek veće širine i manje visine, deo u kojem je pravougaoni presek veće visine i manje širine i središnji deo uvrtnja objekta. Finalna forma dobila je svoj izgled dodavanjem zastakljenih delova na fasadi dominantno horizontalnog dela objekta koji se delimično proširuju na središnji deo prateći formu nastalu uvrtnjem (Slika 7).

Namena objekta imala je veliki uticaj na formu: funkcija muzeja dovela je do skulpturalnog i monumentalnog izraza u njegovoj formi, dok je funkcija povezivanja dve obale reke rezultirala izduženom linearnom formom objekta.

4.4. ADITIVNA RADIJALNA FORMA: THE PLUS

Projekat The Plus (Slika 8), koji je izgrađen 2022. godine za proizvođača nameštaja Vestre, predstavlja fabriku nameštaja koja se nalazi u Mangoru u Norveškoj i predstavlja inovativni pristup održivoj industrijskoj arhitekturi. Ovaj objekat je zeleni industrijski centar, jer osim fabričkog dela, sadrži centar za posetioce i park od 300 hektara koji služi za pešačenje i kampovanje. Prilikom izgradnje su korišćeni ekološki prihvatljivi materijali uključujući lokalno masivno drvo, beton sa niskim sadržajem ugljenika i reciklirani čelik [16]. Objekat je dobio naziv "The Plus" na osnovu svoje forme koja podseća na matematički simbol plus (+). Ovaj naziv ne samo da odražava njegov oblik, već i filozofiju projekta koja se fokusira na stvaranje pozitivnog doprinosa zajednici i životnoj sredini [17].

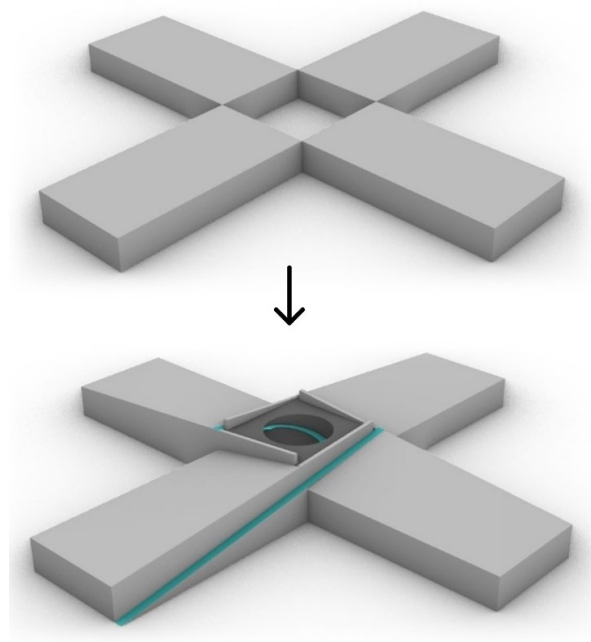


Slika 8 – The Plus, izvor: [16]

Prvi korak u kreiranju forme odnosi se na radijalno postavljanje četiri prave prizme jednakih dimenzija oko centralnog praznog prostora – atrijuma. Svaka od prizmi namenjena je različitoj proizvodnji i u osnovi ima odnos duže i kraće stranice 1:2. Prizme su postavljene tako da u osnovi imaju po dve dodirne

tačke, koje predstavljaju po dve dodirne ivice u prostoru. Na ovaj način formiran je oblik simbola plus (+) koji predstavlja glavni koncept oblikovanja ovog objekta (Slika 9). Krovne ravni kreirane su podizanjem jedne od tačaka krova na veću visinu time stvarajući dvostuko zakrivljenu površ (Slika 9). U centru spoja prizmatičnih proizvodnih hala formirana je kružna komunikacija oko unutrašnjeg dvorišta u prizemlju koja međusobno povezuje svaki od delova proizvodnje. Na ovaj način, unutrašnje dvorište dobilo je kružni oblik u osnovi odnosno cilindrični oblik u prostoru, dok je deo objekta u centru dobio ravni krov.

Poslednji korak nastanka forme objekta The Plus odnosi se na kreiranje vertikalnih komunikacija. Unutar atrijumskog prostora postavljeno je zavojno-helikoidno stepenište, dok su još dve vertikalne komunikacije ostvarene u obliku dva stepeništa koja spajaju spoljašnjost sa ravnim krovom centralnog dela objekta. Ova dva stepeništa pozicionirana su centralno simetrično u odnosu na objekat i to tako da se njihova dužina pruža po dužoj stranici jedne prizme i po jednoj kraćoj stranici susedne prizme (Slika 9). Centralna simetrija primenjena u okviru objekta u potpunosti podržava radijalnu formu.



Slika 9 – The Plus, , proces nastajanja forme objekta, gore: početna forma, dole: finalna forma, izvor: autor

4.5 ADITIVNA GRUPISANA FORMA: LEGO BRAND HOUSE

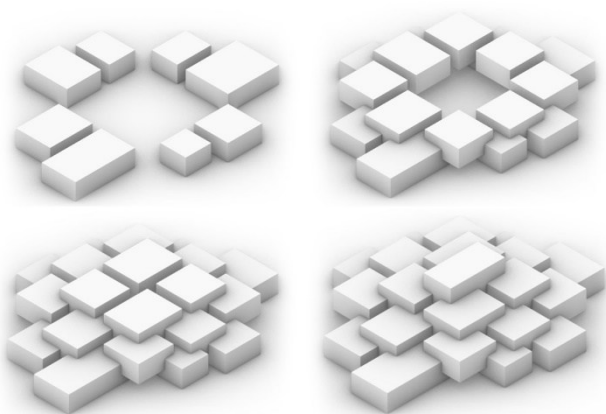
Kuća brenda LEGO (Slika 10), izgrađena 2017. godine u Billundu u Danskoj, predstavlja arhitektonsku interpretaciju poznatih LEGO kockica, s

moduliranim kubičnim oblicima koji evociraju izgled i proporcije kulturne igračke. Ovaj objekat funkcioniše kao interaktivni muzej, namenjen posetiocima da kroz kreativne aktivnosti istražuju svet mašte, ističući vrednosti inovacije i stvaralaštva koje LEGO brend simbolizuje.



Slika 10 – LEGO Brand House, izvor: [19]

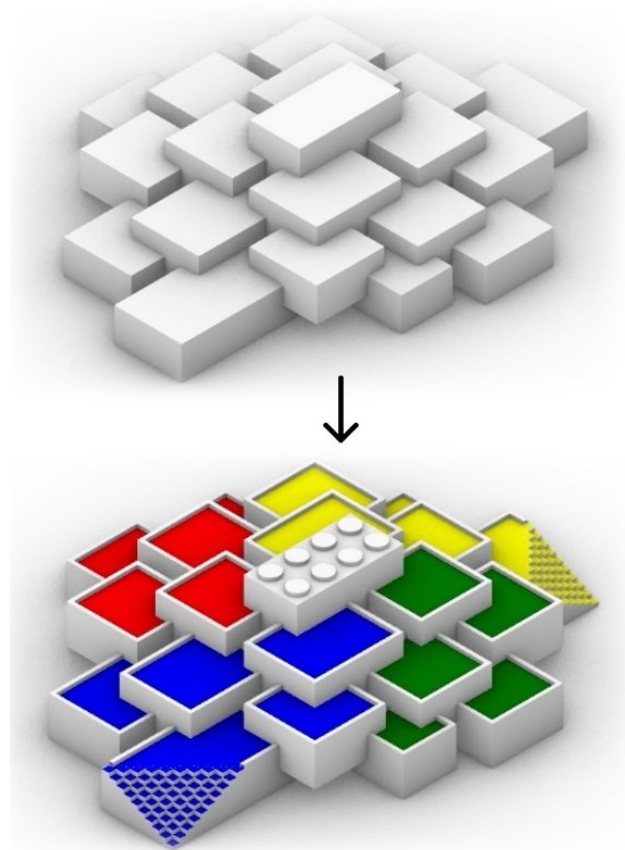
Početna ideja bila je grupacija prizmatičnih oblika, poređanih u nekoliko nivoa. U nivou prizemlja pozicionirano je osam pravih prizmi. Druga etaža se sastoji od osam pravih prizmi, postavljenih tako da delimično prekrivaju dve susedne prizme iz prizemlja, prelazeći preko njihovih ivica. Treća etaža formirana je od četiri prave prizme, tako da delimično prekrivaju tri susedne prizme iz druge etaže, takođe prelazeći preko po jedne od njihovih ivica. Na samom vrhu, iznad treće etaže pozicionirana je još jedna prava prizmatična forma (Slika 11).



Slika 11 – LEGO Brand House, početak nastajanja forme objekta, izvor: autor

Poslednja etaža prizmatičnog oblika obrađena je tako da svojim karakteristikama najviše podseća na LEGO kockicu, dok osam polukružnih otvora za zenitalno osvetljenje na njoj dodatno naglašavaju ovu asocijaciju. Sve vertikalne površine imaju belu boju, a plavom, crvenom, žutom i zelenom bojom naglašava

se forma koja odmah asocira na LEGO brend. Dva prizmatična volumena u prizemlju su, putem pikselizacije forme, oblikovana tako da služe kao prostori za sedenje, takođe u obliku prizmi (Slika 12).



Slika 12 – LEGO Brand House, proces nastajanja forme objekta, gore: početna forma, dole: finalna forma, izvor: autor

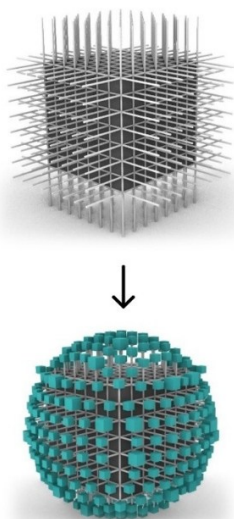
4.6 ADITIVNA MREŽASTA FORMA: BIOSPHERE

Biosphere (Slika 13) predstavlja deo projekta Treehouse koji sadrži raznolike hotelske smeštajne jedinice u okviru Laponijske šume u mestu Harads u Švedskoj [17]. Projekat je izgrađen 2022. godine, dizajniran kao kombinacija kocke i sfere, okružen sa 350 kućica za ptice. Pozicioniranjem hotelske sobe unutar ekološkog staništa, posetiocima se omogućava da izbliza upoznaju svet ptica i da provedu vreme u prirodnom ambijentu. Projekat je nazvan po svojoj sferičnoj formi i bio-funkcionalnosti, naglašavajući njegovu povezanost s prirodom i održivim pristupom turizmu [16] [17].



Slika 13 – Biosphere, izvor: [17]

U početnoj fazi nastajanja forme objekta Biosphere na oblik kocke postavljena je fasadna rešetkasta mrežasta konstrukcija koja se pruža u tri različita, međusobno upravna pravca. Svaka stranica kocke je pomoću 16 šipki – elemenata mrežaste konstrukcije, podeljena na 7x7 jednakih kvadratnih delova. Iz svakog od temena kvadrata pruža se element rešetkaste konstrukcije ka spolja (Slika 14). Nakon toga postavljeno je 350 kućica za ptice na fasadnu konstrukciju što vizuelno transformiše prvobitnu kockastu formu u sferičnu. Iako su kućice geometrijski kockaste forme, njihov raspored na fasadi evocira oblik sfere (Slika 14). Prvobitna kocka i rešetkasta struktura svojom crnom bojom neprimetno se uklapaju u okruženje, dok kućice za ptice svetle boje drveta dodatno naglašavaju sferični oblik.



Slika 14 – Biosphere, proces nastajanja forme objekta, gore: početna forma, dole: finalna forma, izvor: autor

5 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Većina objekata koje su projektovale arhitekta iz studija BIG može se svrstati u jedan od tipova prema

tipologiji Francisa D.K. Chinga. Veći broj formi projekata može se klasifikovati kao objekat aditivne forme dok manji broj objekata ima subtraktivnu formu.

Objekti subtraktivne forme nastali su odsecanjem delova volumena prvobitne forme, nekim drugim volumenom. Na ovaj način su osim objekta CityWave obrađenog u okviru rada, nastale forme sledećih objekata studija BIG: Education Esbjerg Campus, Via 57 West, Sluishuis i CopenHill. Aditivne forme, klasifikovane prema prirodi odnosa između elemenata u pet podkategorija (centralizovane, linearne, radijalne, grupisane i mrežaste), mogu se prepoznati u okviru projekata studija BIG, pri čemu se za svaku podkategoriju mogu pronaći odgovarajući primeri.

Reprezentativni primeri centralizovane forme su projekti Musée Atelier Audemars Piguet, Danish Pavilion, Vila Gug i Dymac HQ. Bez obzira na linearni način kretanja unutar objekta, svaki od primera svojom formom orijentisan je prema centru, te se zbog toga svrstava u objekte centralizovane forme. Linearne forme kod projekata studija BIG mogu se razvrstati na objekte koji imaju izraženu ili dužinu ili visinu. Objekti studija BIG koji imaju linijski izraženo pružanje po vertikali su Vancouver House, Biophilic Skyscraper i The Spiral, dok su objekti koji imaju linijski izraženo pružanje po horizontali 8 House, Audemars Piguet Hotel i The Twist. Najkarakterističniji primeri radijalne forme objekata koje su isprojektovale arhitekta studija BIG su: The Plus, Tirpitz Museum i Ellsinore Psychiatric Hospital, dok se kod objekta Kaktus Tower radijalna forma prepoznaje u osnovi objekta. Neki od projekata studija BIG koji imaju grupisanu formu su: LEGO Brand House, The Mountain, King Toronto Residences, Johns Hopkins Student Center i Vejlevej 11. Svaki od ovih objekata sadrži prizmatične elemente koji su grupisani na određeni način i time čine formu objekta. Mrežaste forme se kod projekata studija BIG najčešće odnose na mrežasto grupisanje fasadnih elemenata. Najkarakterističniji primer je Biosphere, dok su primeri Dorteavej Residence i Vancouver House primeri u okviru kojih je mrežasta forma primenjena na manje očigledan način.

Proces dolaženja do forme je često složen i obuhvata različite procese, što dovodi do zaključka da forme objekata mogu istovremeno pripadati različitim tipovima. Najčešće jedna tipološka forma preovladava, dok se druge suptilno uklapaju u strukturu. Primer ovakvog objekta je Biosphere koji ima dominantnu mrežastu formu zbog svoje mrežaste konstrukcije na koju su oslonjeni i poređani pojedinačni elementi, ali se takođe može klasifikovati

i u centralizovanu formu zbog postojanja jedne centralne dominantne forme u odnosu na koju su postavljeni ostali sekundarni elementi.

6 ZAKLJUČAK

Forma u arhitekturi studija BIG predstavlja ključni element njihovog pristupa arhitektonskom projektovanju. Svaka forma objekta projektovana od strane studija BIG odlikuje se lakoćom i jednostavnošću do koje je bilo potrebno doći kompleksnim promišljanjem.

Kroz analizu teorijskih aspekata forme i zatim kroz analizu izdvojenih primera iz arhitektonske prakse studija BIG kroz proces kreiranja 3D modela prikazan je proces stvaranja arhitektonske forme. Kroz analizu razvoja arhitektonske forme objekata deduktivnim pristupom utvrđeno je da se klasifikacija forme prema Francisu D.K. Chingu može primeniti na izdvojenim primerima objekata studija BIG: projekat CityWave izdvojen je kao primer subtraktivne forme, dok je za aditivnu formu odabrano pet objekata razvrstanih u pet podkategorija: Musée Atelier Audemars Piguet kao primer centralizovane forme, The Twist kao primer linearne forme, The Plus kao primer radijalne forme, LEGO Brand House kao primer grupisane forme, i Biosphere kao primer mrežaste forme. Izbor projekata doveo je do zaključka da se ovi tipovi formi primenjuju u savremenoj arhitekturi i da arhitekti iz studija BIG koriste ove forme kao ključne elemente u stvaranju svojih arhitektonskih dela. Forma svakog od odabranih projekata nosi specifičan narativ i ostavlja jedinstven vizuelni utisak, koji ne samo da doprinosi estetskoj vrednosti objekta, već i oblikuje doživljaj prostora, funkcionalnosti i interakcije sa okruženjem.

Ovaj naučno-istraživački rad predstavlja osnovu za dalja istraživanja arhitektonske forme koja mogu uključivati širu analizu formi drugih arhitektonskih studija. Osim što omogućava bolje razumevanje postojećih arhitektonskih formi objekata, klasifikacija prema Francisu D.K. Chingu ima potencijal da se primeni kao osnov za induktivni pristup u stvaranju novih modela zasnovanih na identifikovanim principima oblikovanja.

LITERATURA

- [1] Devin Henry: **Aristotle on Matter, Form, and Moving Causes**. Cambridge University Press, United Kingdom, 80-82, 2020.
- [2] Stanković Danica, Kostić Aleksandra, Nikolić Vojislav, Cvetanović Aleksandra: **Form in**

- Architecture and Principles of Design**. Architecture Construction Education, Magnitogorsk state technical University, Novosibirsk, Russia, 2018.
- [3] Joedicke Jürgen: **Space and Form in Architecture**. Orion Art, Beograd, Srbija, 23-24, 2009.
- [4] Ching D.K. Francis, **Architecture: Form, Space, and Order, Third Edition**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 36-95, 2007.
- [5] Aghayeva Narmin, Bogenç Çiğdem: **Art of Architectural Form Making**. İksad Publications, Karabuk University, Karabuk, Turkey, 12-41, 2023.
- [6] Kuloğlu Nilgün, Şamlıoğlu Tülay: **Perceptual and Visual Void on the Architectural Form**. Transparency and Permeability, Architectoni.ca, Journal of Canadian Centre of Academic Art and Science, Canada 2012.
- [7] Nejdert Erzen Jale: **Form and Meaning in Architectural Theory**. Serbian Architecture Journal, Beograd, Srbija, 2015.
- [8] Buse Bakis İlayda: **The Paradigm of The Relationship Between Form and Function in Architecture**. Vienna University of Technology, Wien, Austria, 2019.
- [9] Merrill Michael: **Louis I. Kahn and the Dominican Motherhouse: Problems of Space**. Faculty of Architecture – KIT, Karlsruhe, Germany, pp. 80, 2008.
- [10] Venturi Robert: **Complexity and Contradiction in Architecture**. The Museum of Modern Art Papers on Architecture, New York, USA, 17,50, 1977.
- [11] Michl Jan: **Form Follows What? The modernist notion of function as a carte blanche**. Magazine of the Faculty of Architecture & Town Planning, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 1995.
- [12] <https://archademia.com/blog/architectural-design-principles-form-function-and-the-curriculum/?srsltid=AfmBOorabIeyRa8ILOgmngv-cPU2BmQh6s3OWZ7-xNsJIUC0MmrMtKC> (09.10.2024)
- [13] <https://www.world-architects.com/en/events/formgiving-an-architectural-future-history-from-the-big-bang-to-singularity> (09.10.2024)
- [14] Bjarke Ingels Group: **Formgiving. An Architectural Future History**. Taschen, Copenhagen, Denmark, 2019.
- [15] <https://dac.dk/en/exhibitions/formgiving-big/> (09.10.2024)
- [16] <https://big.dk/> (02.11.2024)
- [17] <https://www.archdaily.com/> (22.10.2024)
- [18] <https://www.kistefosmuseum.no/aktuelt/museenes-oscar-til-the-twist> (22.10.2024)
- [19] <https://iwan.com/portfolio/lego-house-big-bjarke-ingels-group/>
- [20] Krasić Sonja: **Geometrijske površi u arhitekturi**. Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2012.

*primljen: 04.08.2024.**Izvorni naučni rad**korigovan: 09.04.2025.*

UDK:624.016

prihvaćen: 14.04.2025.<https://doi.org/10.62683/NiP28.5>

ANALIZA SPREGNUTIH SISTEMA TIPRA DRVO-BETON U SVRHU EFIKASNOG UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM

Nikola Velimirović¹

Rezime: Predviđanje deterioracije igra važnu ulogu u efikasnom upravljanju građevinskim konstrukcijama u smislu njihovog održavanja i eventualne popravke. Spregnuti sistem tipa drvo-beton se formira tako što se drvena greda povezuje sa betonskom pločom koristeći različite tipove spojnih sredstava. Na ovaj način se postiže iskorišćenje najboljih mehaničkih karakteristika oba materijala. Predviđanje eksploatacionog veka spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton zahteva procenu različitih faktora koji mogu uticati na njihovu trajnost i promenu karakteristika tokom vremena. Izbor vrsta materijala je ključan za postizanje trajnosti konstrukcije. U ovom radu, posebna pažnja je posvećena dugotrajnom ponašanju ovog spregnutog sistema, što je kompleksan problem jer drvo i beton imaju različito reološko ponašanje i različito reaguju na spoljašnje uticaje. Zbog toga je sprovedena parametarska analiza kako bi se bolje sagledalo njegovo ponašanje tokom eksploatacionog veka i identifikovala najuticajnija svojstva materijala koja utiču na promenu maksimalnog ugiba nosača, koji je glavni kriterijum za ocenu graničnog stanja upotrebljivosti.

Ključne reči: spregnuti sistem tipa drvo-beton, deterioracija, upravljanje održavanja, eksploatacioni vek, parametarska analiza

ANALYSIS OF TIMBER-CONCRETE COMPOSITE SYSTEMS FOR EFFICIENT MAINTENANCE MANAGEMENT

Abstract: Deterioration prediction plays an important role in the efficient management of structures in terms of their maintenance and potential repairs. A timber-concrete composite system is formed by connecting a timber beam with a concrete slab using various types of fasteners. This method utilizes the best mechanical characteristics of both materials. Predicting the service life of timber-concrete composite structures requires assessing various factors that can affect their durability and changes in characteristics over time. The choice of materials is crucial for achieving durability of the structure. This paper focuses on the long-term behavior of this composite system, which is a complex problem because timber and concrete have different rheological behaviors and react differently to environmental influences. Therefore, a parametric analysis was conducted to better understand its behavior over its service life and to identify the most influential material properties affecting the change in the maximum deflection of the beam, which is the main criterion for assessing the serviceability limit state.

Key words: Timber-concrete Composite System, Deterioration, Maintenance Management, Service Life, Parametric Analysis

¹ Dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, nikola.velimirovic@gaf.ni.ac.rs
ORCID 0000-0002-6298-8216

1 UVOD

Sve izvedene konstrukcije moraju biti sigurne za upotrebu tokom njihovog eksploatacionog veka. Predviđanje deterioracije ima glavnu ulogu u efikasnom upravljanju građevinskim konstrukcijama u smislu potrebnog održavanja, popravke ili eventualne zamene pojedinih elemenata konstrukcije. Tokom proteklih decenija urađeno je značajno istraživanje u domenu predviđanja vremenski zavisnih karakteristika konstrukcija koje deterioriraju. Većina njih je imala za cilj poboljšanje tačnosti modela koji mogu predvideti stanje konstrukcije tokom vremena. Proces predviđanja performansi konstrukcija može se posmatrati kao najznačajniji deo upravljanja eksploatacionim ciklusom konstrukcija i infrastrukture. Kratak pregled nedavnih dostignuća u oblasti upravljanja eksploatacionim ciklusom infrastrukturnih sistema prikazan je u [1].

Spregnuti konstruktivni sistem tipa drvo-beton formira se na taj način što se drvena greda povezuje sa betonskom pločom na njoj, koristeći različite tipove spojnih sredstava. Ovakvom vrstom sprežavanja ova dva materijala postiže se iskorišćenje njihovih najboljih mehaničkih karakteristika, jer je poznato da drvo ima relativno veliku čvrstoću na zatezanje, dok beton ima veliku čvrstoću na pritisak. Ova vrsta konstruktivnog sistema se uspešno primenjuje kod izgradnje konstrukcije mostova, kao i kod izvođenja stambenih, poslovnih i drugih objekata [2]. Takođe, često se koriste i kod sanacije i ojačanja starih međuspratnih drvenih konstrukcija. Na ovaj način se otvaraju vrata novog tržišta za drvene konstrukcije i samim tim se povećava njihov ukupan udeo u građevinskoj industriji [3]. Prednost ovako formiranog spregnutog sistema u odnosu na klasičnu betonsku ploču kod izgradnje međuspratnih konstrukcija je u tome da ima manju sopstvenu težinu, samim tim i ukupna težina ovako izvedene konstrukcije je smanjena, što za posledicu ima povoljnije ponašanje u seizmičkim uslovima. Takođe, ako bismo ih uporedili sa klasičnim drvenim međuspratnim konstrukcijama, imaju značajno povećanu krutost, unapređena termička i akustična svojstva, smanjene vibracije kao i veću vatrootpornost.

Predviđanje eksploatacionog veka spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton zahteva procenu različitih faktora koji mogu uticati na njihovu trajnost i promenu karakteristika tokom vremena. Izbor samih vrsta materijala ključan je za ostvarivanje trajnosti konstrukcije. Drvo je veoma osetljivo na uticaj vlage,

što može izazvati truljenje i propadanje lignina, koji voda ispire. Da bi se sprečilo prodiranje vode i očuvalo drvo, neophodno je sprovesti mere zaštite od vlage kao što su impregnacija, vodootporne membrane i adekvatna ventilacija. Sa druge strane, betonska ploča može postati izdržljivija primenom zaštitnih premaza. Redovni pregledi i održavanje su od vitalnog značaja za identifikaciju i rešavanje potencijalnih problema u ranoj fazi. Uticaji spoljašnje sredine poput temperature, vlažnosti i izloženosti UV zracima takođe mogu uticati na trajnost ovakve vrste konstrukcija. Održavanje ovih uslova u prihvatljivim granicama može pomoći u produženju eksploatacionog veka konstrukcije. Dakle, trajnost ove vrste spregnutog sistema značajno varira u zavisnosti od specifičnih uslova, uključujući upotrebu, održavanje i faktore spoljašnje sredine.

Analitički modeli za sračunavanje naprezanja i deformacija spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton razvijeni su najpre za spregnute konstrukcije sa delimičnim sprežanjem između dva spregnuta drvena elementa i kao takvi zatim primenjeni na spregnuti sistem drvo-beton. Danas je opšte prihvaćen proračunski model γ -metod, dat u Aneksu B - Evrokoda 5 [4], kojim se zasad vrši dimenzionisanje ovih spregnutih sistema. Osnovna zamerka ovog proračunskog modela je ta da nisu svi relevantni činitelji uzeti u obzir, pre svega oni nastali usled dugotrajnog opterećenja i promene uticaja spoljašnje sredine. Poslednjih godina su sprovedena značajna istraživanja na ovu temu i neka od njih su izložena u dostupnim preglednim radovima [5,6].

2 PONAŠANJE SPREGNUTIH SISTEMA TIP A DRVO-BETON USLED DUGOTRAJNOG OPTEREĆENJA

Ponašanje spregnutih sistema tipa drvo-beton usled dugotrajnog opterećenja predstavlja veoma složen problem. Ono ne zavisi samo od dugotrajnog opterećenja, već i od reološkog ponašanja konstitutivnih materijala ovog spregnutog sistema. Varijacija uticaja spoljašnje sredine, tj. temperature i relativne vlažnosti vazduha, značajno utiče na ponašanje drveta, betona i spojnih sredstava. Reološka svojstva materijala kao što su tečenje, odnosno neprekidno povećanje deformacija uzorka izloženog dugotrajnom konstantnom opterećenju, skupljanje, bubrenje i ostala reološka svojstva karakteristišu i komponentalne materijale spregnutog sistema tipa drvo-beton. Posledica toga je i promenljivost raspodele napona i dilatacija unutar sistema što

uzrokuje povećanje deformacija tokom vremena. Važno je napomenuti da drvo i beton imaju različito ponašanje tokom vremena i da različito deluju na promenljive uticaje spoljašnje sredine tako da to u mnogome otežava opisivanje ponašanja spregnutog sistema usled dugotrajnog opterećenja. Karakteristična reološka svojstva betona su tečenje, skupljanje i termičke dilatacije. Pored viskoelastičnog tečenja, za drvo je karakteristično i mehano-sorpciono tečenje, tj. tečenje pod stalnim opterećenjem usled promene sadržaja vlage u drvetu, zatim skupljanje, odnosno bubrenje kao i termičke dilatacije, dok je za sistem spojnih sredstava karakteristično viskoelastično tečenje i mehano-sorpciono tečenje. Kao posledica mehaničke veze između drvene grede i betonske ploče imamo to da se dilatacije u komponentalnim elementima ne mogu slobodno odvijati i da su one na neki način ograničene fleksibilnošću sistema veze [7].

Najupotrebljivanija metoda za proračun dugotrajnog ponašanja spregnutih konstrukcija tipa drvo beton je metoda efektivnog modula (Effective Modulus Method) koju je predložio Ceccotti [8]. Analiza efekata uticaja dugotrajnog opterećenja, kao i uticaja tečenja materijala uzeta je u obzir zamenjujući module elastičnosti drveta i betona, kao i modul popustljivost spojnog sredstva sa efektivnim modulom elastičnosti betona $E_{c,eff}$, efektivnim modulom elastičnosti drveta $E_{t,eff}$ i efektivnim modulom popustljivosti spojnog sredstva K_{eff} :

$$\begin{aligned} E_{c,eff}(t) &= \frac{E_c(t_0)}{1 + \varphi_c(t, t_0)}, \\ E_{t,eff}(t) &= \frac{E_t}{1 + \varphi_t(t, t_0)}, \\ K_{eff}(t) &= \frac{K}{1 + \varphi_f(t, t_0)}, \end{aligned} \quad (1)$$

gde je t trenutno vreme, t_0 vreme nanošenja opterećenja, a $\varphi_c(t, t_0)$, $\varphi_t(t, t_0)$ i $\varphi_f(t, t_0)$ su koeficijenti tečenja za beton, drvo i spojno sredstvo.

2.1 TEČENJE BETONA

Određivanje koeficijenta tečenja betona vršeno je na osnovu CEB/FIP Model Code koji je uvršten u Evrokod 2 [9]. Koeficijent tečenja betona ima sledeći oblik:

$$\varphi_c(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0) \quad (2)$$

gde je t sadašnji trenutak u danima, a t_0 vreme nanošenja opterećenja, gde se obično pretpostavlja da je opterećenje naneto nakon 28 dana. U prethodnom izrazu egzistira nominalni koeficijent tečenja φ_0 :

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0). \quad (3)$$

Parametar φ_{RH} prikazuje uticaj relativne vlažnosti na nominalni koeficijent tečenja i ima sledeći oblik u zavisnosti da li je f_{cm} manje ili veće od 35 MPa:

$$\begin{aligned} \varphi_{RH} &= 1 + \frac{1 - RH / 100}{0,1 \sqrt[3]{h_0}} \\ \varphi_{RH} &= \left[1 + \frac{1 - RH / 100}{0,1 \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \end{aligned} \quad (4)$$

gde je f_{cm} čvrstoća betona na pritisak nakon 28 dana od betoniranja.

Parametar $\beta(f_{cm})$ pokazuje uticaj čvrstoće betona na nominalni koeficijent tečenja i dat je na sledeći način:

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} \quad (5)$$

Takođe, parametar $\beta(t_0)$ pokazuje uticaj starenja betona pod opterećenjem na nominalni koeficijent tečenja:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,20})} \quad (6)$$

Koeficijent β_H zavisi od relativne vlažnosti i nominalne veličine betonskog dela i ima sledeći oblik u zavisnosti da li je f_{cm} manje ili veće od 35 MPa:

$$\begin{aligned} \beta_H &= 1,5 \cdot [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 \\ &+ 250 \leq 1500, \\ \beta_H &= 1,5 \cdot [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 \\ &+ 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3. \end{aligned} \quad (7)$$

Pored nominalnog koeficijenta tečenja φ_0 , koeficijent tečenja betona zavisi i od koeficijenta $\beta_c(t - t_0)$ koji opisuje razvoj tečenja u toku vremena nakon nanošenja opterećenja:

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3} \quad (8)$$

2.2 TEČENJE DRVETA

Prema metodi efektivnog modula, tečenje drveta se uzima u obzir koristeći koeficijent deformacije za drvo k_{def} koji je tabelarno dat u Evrokodu 5 [4] za različite eksploatacione klase. Međutim, za kompleksnije opisivanje reološkog ponašanja drveta postoje više različitih modela [10,11,12,13], među kojima je Torattiev reološki model najprihvaćeniji i biće primenjen u ovom radu.

Na osnovu Torattievog modela, koeficijent tečenja drveta je dat na sledeći način:

$$\varphi_t(t, t_0) = \varphi_{tc}(t, t_0) + \varphi_{tms}(t, t_0) \quad (9)$$

gde su $\varphi_{tc}(t, t_0)$ i $\varphi_{tms}(t, t_0)$ delovi koeficijenta tečenja drveta koji opisuju viskoelastično tečenje i mehano-sorpciono tečenje, dok je t_i trenutak nanošenja opterećenja, a t sadašnji trenutak

$$\varphi_{tc}(t, t_i) = \left(\frac{t - t_i}{t_d} \right)^m, \quad (10)$$

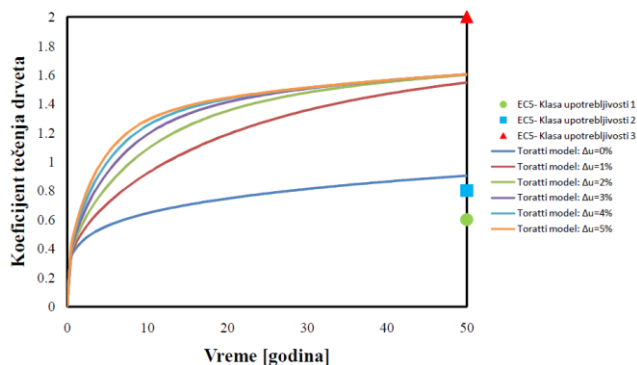
$$\varphi_{tms}(t, t_i) = j_t^\infty \left[1 - e^{-c_t \frac{2\Delta u}{\Delta t} (t - t_i)} \right].$$

Pošto vlažnost drveta nije ista u svim tačkama poprečnog preseka, obično se posmatra prosečna vlažnost drvenog preseka u_{aver} , odnosno efektivna vrednost prosečne vlažnosti drveta Δu tokom posmatranog perioda Δt . To zapravo predstavlja razliku između njene maksimalne i minimalne vrednosti, $\Delta u = u_{aver, max} - u_{aver, min}$. Ostali parametri prisutni u ovim izrazima predstavljaju parametre materijala. U konkretnom slučaju vrednosti parametara materijala su: $j_t^\infty = 0.7$, $c_t = 2.5$, $m = 0.21$, $t_d = 29500$ dana. Sadržaj vlage u drvetu je u ravnoteži sa relativnom vlažnošću spoljašnje sredine [11] i može se aproksimirati sledećim izrazom:

$$u_{eq} = 0.01 \cdot RH$$

$$/(-0.00084823 \cdot RH^2 + 0.11665 \cdot RH + 0.38522). \quad (11)$$

Na slici 1 je prikazana uporedna analiza koeficijenta tečenja drveta na osnovu Torattievog modela i korekcionog koeficijenta za drvo k_{def} kojim se uzima u obzir efekat tečenja drveta, a koji se primenjuje u metodi efektivnog modula.



Slika 1 – Dijagram razvoja koeficijenta tečenja drveta tokom vremena

Sa prikazanog dijagrama se može videti, a na osnovu primenjenog Torattievog reološkog modela,

da varijacija sadržaja vlage u drvetu utiče na povećanje koeficijenta tečenja drveta, ali i da je njegova konačna vrednost na kraju pretpostavljenog eksploatacionog veka od 50 godina nezavisna od efektivne vrednosti prosečne vlažnosti drveta Δu veće od 2%. Eksperimentalna istraživanja su utvrdila da Torattiev model daje vrednosti koeficijenta tečenja drveta približnije eksperimentalnim tako da se one uglavnom koriste kao merodavne.

2.3 TEČENJE SPOJNIH SREDSTAVA

U nedostatku eksperimentalnih podataka, koeficijent tečenja spojnih sredstava može biti dobijen dupliranjem koeficijenta tečenja drveta dobijenog na osnovu Evrokoda 5 [4]

$$\varphi_f(t, t_0) = 2 \cdot \varphi_t(t, t_0). \quad (12)$$

Međutim, na osnovu sprovedenih eksperimentalnih istraživanja [7,14] na spregnutim nosačima sa sličnom vrstom spojnog sredstva kao što mi posmatramo, preporučeno je da vrednost koeficijenta tečenja spojnog sredstva bude jednak koeficijentu tečenja drveta

$$\varphi_f(t, t_0) = \varphi_t(t, t_0). \quad (13)$$

2.4 REOLOŠKE POJAVE ZANEMARENE METODOM EFEKTIVNOG MODULA

Na osnovu različitih eksperimentalnih i numeričkih istraživanja koja su sprovedena poslednjih godina, uvidelo se da najzastupljeniji pristup za proračun dugotrajnog ponašanja spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton, metoda efektivnog modula, ima određene nedostatke što je i predstavljeno od strane različitih autora [15,7,16,17]. Ovaj pristup zanemaruje efekte reoloških pojava kao što su skupljanje betona i neelastične dilatacije betona i drveta usled varijacije temperature i relativne vlažnosti vazduha spoljašnje sredine. Stoga se preporučuje uračunavanje svih dugotrajnih reoloških efekata koji se javljaju u konstitutivnim materijalima kada se zahteva kompleksnija analiza dugotrajnog ponašanja ovog spregnutog sistema. U okviru ovog rada, za uračunavanje ovih reoloških pojava primenjen je pristup predložen u radu [17]. Shodno različitim eksperimentalnim i numeričkim ispitivanjima ustanovljena je podela na tri različita uticaja koja utiču na raspodelu napona i dilatacija u spregnutom nosaču tipa drvo-beton:

- stalno i korisno opterećenje
- skupljanje betona
- varijacija uticaja spoljašnje sredine

Predloženi pristup superponira efekte dugotrajnog ponašanja spregnutog sistema tipa drvo-beton usled ovih različitih uticaja:

$$S = S(q) + S(\varepsilon_{cs}) + S(\varepsilon_u) + S(\varepsilon_T) \quad (14)$$

gde veličina S predstavlja generisani efekat (ugib, klizanje, smičuću silu ili napone u drvetu ili betonu), q - stalno i korisno opterećenje, ε_{cs} - dilatacije skupljanja betona, ε_u - neelastične dilatacije usled varijacije relativne vlažnosti vazduha i ε_T - neelastične dilatacije usled varijacije spoljašnje temperature.

2.4.1 Uticaj skupljanja betona

Skupljanje betona predstavlja reološku pojavu smanjenja zapremine betona tokom očvršćavanja, a donekle i nakon toga. Proračun dilatacija skupljanja betona data je na osnovu CEB-FIP Model Code i uvršćen je u Evrokod 2 [9]. Na osnovu ovog modela, dilatacija skupljanja betona (ε_{cs}) sastoji se od dve komponentalne dilatacije: dilatacija skupljanja usled sušenja (ε_{cd}) i sopstvena (autogena) dilatacija skupljanja (ε_{ca})

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} \quad (15)$$

Dilatacija skupljanja usled sušenja se odvija sporo, jer je funkcija migracije vode kroz očvršli beton. Sa druge strane, sopstvena dilatacija skupljanja betona se odvija u toku očvršćavanja betona, pa se njen najveći deo obavi prvih dana nakon betoniranja.

Razvijanje dilatacija skupljanja betona usled sušenja (ε_{cd}) dato je sledećim izrazom:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} \quad (16)$$

Prilikom proračuna koeficijenta $\beta_{ds}(t, t_s)$ pretpostavljeno je da je vreme nege betona (t_s) jednako vremenu nanošenja spoljašnjeg opterećenja (t_0)

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}} \quad (17)$$

Nominalna neredukovana vrednost dilatacija ($\varepsilon_{cd,0}$) skupljanja betona usled sušenja data je sledećim izrazom:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} \quad (18)$$

gde je $f_{cm0} = 10$ MPa, $RH_0 = 100\%$,

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] \quad (19)$$

Sa druge strane, sopstvena dilatacija skupljanja betona (ε_{ca}) data je na sledeći način:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty), \quad (20)$$

gde je :

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}, \quad (21)$$

odnosno:

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 \cdot t^{0,5}). \quad (22)$$

Uticaj dilatacija skupljanja betona na ugib u sredini raspona spregnutog nosača tipa drvo beton uzet je u obzir na osnovu sledećeg izraza:

$$\delta_{cs} = \frac{\gamma_{t-c} \cdot \varepsilon_{cs} \cdot E_c \cdot A_c \cdot a_c}{(EI)_{eff}} \cdot \frac{l^2}{8}. \quad (23)$$

2.4.2 Varijacija uticaja spoljašnje sredine

Komponentalni materijali spregnutog sistema tipa drvo-beton deterioriraju različitim tempom tokom eksploatacionog veka konstrukcije. Različiti reološki efekti komponentalnih materijala razvijaju se u različitim periodima eksploatacionog veka.

Uticaj neelastičnih dilatacija usled promene sadržaja vlage u drvetu na ugib u sredini raspona spregnutog nosača dat je izrazom:

$$\delta_u = \frac{\alpha_{t,u} \cdot \Delta u \cdot E_t \cdot A_t \cdot a_t}{(EI)_{eff}} \cdot \frac{l^2}{8}. \quad (24)$$

Uticaj neelastičnih dilatacija usled varijacije spoljašnje temperature na na ugib u sredini raspona spregnutog nosača dat je izrazom:

$$\delta_T = \frac{\gamma_{t-c} \cdot (\alpha_{c,T} - \alpha_{t,T}) \cdot \Delta T \cdot E_c \cdot A_c \cdot a_c}{(EI)_{eff}} \cdot \frac{l^2}{8}, \quad (25)$$

gde je ΔT efektivna vrednost spoljašnje temperature.

3 PARAMETARSKA ANALIZA

U cilju što boljeg sagledavanja ponašanja spregnutog nosača tipa drvo-beton pod konstantnim eksploatacionim opterećenjem, izvršena je sveobuhvatna parametarska analiza kako bi se identifikovala najuticajnija svojstva konstitutivnih materijala koja utiču na promenu maksimalnog ugiba spregnutog nosača, što predstavlja glavni kriterijum za ocenu graničnog stanja upotrebljivosti. Ova analiza je sprovedena za slučaj spregnutog nosača drvo-beton raspona 4,2 m, a za korisno opterećenje od 3 kN/m². Drvene grede izrađene su od monolitnog drveta dimenzija 100/200 mm. Betonska ploča je visine 60 mm i širine 800 mm. Sprezanje drveta i betona je ostvareno pomoću trnova od čelične glatke armature $\phi 20/150$ mm, ugrađenih u prethodno izbušene rupe u drvetu i premazane epoksi smolom.

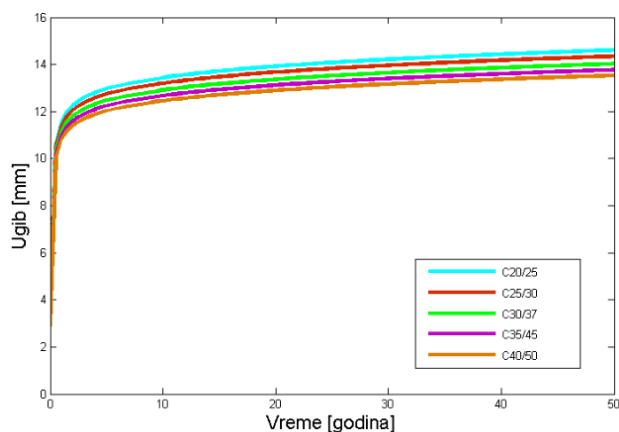
3.1 UTICAJ ČVRSTOĆE BETONA

Uticaj čvrstoće betona na promenu maksimalnog ugiba spregnutog nosača tipa drvo-beton ispitan je pod konstantnim spoljašnjim uticajima, pri čemu je pretpostavljeno da je drvena greda izrađena od drveta klase C27.

Tabela 1- Uticaj čvrstoće betona na ugib u sredini spregnutog nosača na kraju eksploatacionog veka

	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
E_{cm} [GPa]	30	31	33	34	35
f_{cm} [MPa]	28	33	38	43	48
Ugib [mm]	14,60	14,35	14,03	13,77	13,53

Na osnovu rezultata sprovedene parametarske analize prikazane u tabeli 1, može se zaključiti da koristeći beton klase C40/50 dolazi do smanjenja maksimalnog ugiba spregnutog nosača na kraju pretpostavljenog eksploatacionog veka od 50 god. za 7,4% u odnosu slučaj primene betona klase C20/25. To ne predstavlja neko značajno umanjeno, tako da se kod ovakvih spregnutih elemenata slobodno može koristiti beton niže klase čvrstoće. Na slici 2 prikazan je trend priraštaja ugiba spregnutog nosača tokom vremena za različite klase betona.



Slika 2 – Uticaj čvrstoće betona na promenu ugiba spregnutog nosača

3.2 UTICAJ ČVRSTOĆE DRVETA

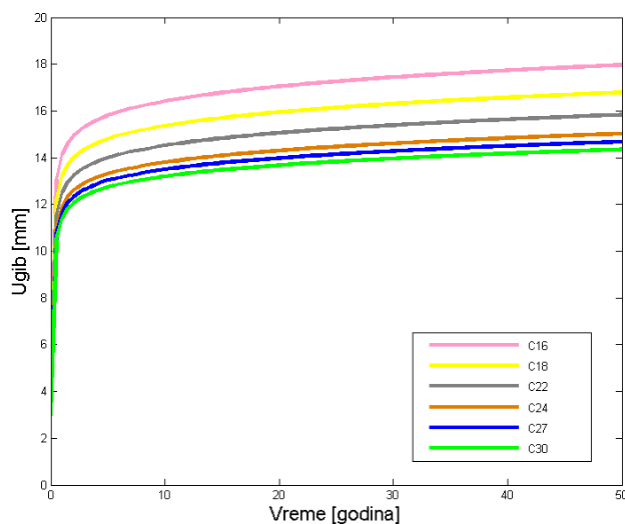
Uticaj čvrstoće drveta na maksimalni ugib spregnutog nosača drvo-beton ispitan je pod konstantnim spoljašnjim uticajima za različite klase čvrstoće drveta, pri čemu je pretpostavljeno da je beton klase C25/30. Analizirajući rezultate prikazane

u tabeli 2, možemo da vidimo da se sa povećanjem čvrstoće drveta od klase C16 do klase C30, maksimalni ugib posmatranog spregnutog nosača na kraju eksploatacionog veka smanjio za 20,1%, što pokazuje da čvrstoća drveta ima veći uticaj na maksimalni ugib spregnutog nosača drvo-beton u odnosu na čvrstoću betona.

Tabela 2- Uticaj čvrstoće drveta na ugib u sredini spregnutog nosača na kraju eksploatacionog veka

	C16	C18	C22	C24	C27	C30
$E_{0,mean}$ [GPa]	8	9	10	11	11.5	12
ρ [kN/m ³]	3,7	3,8	4,1	4,2	4,5	4,6
Ugib [mm]	17,97	16,79	15,83	15,02	14,68	14,35

Na slici 3 je prikazan dijagram očekivanog ugiba u sredini spregnutog nosača tokom vremena za različite klase čvrstoće drveta.

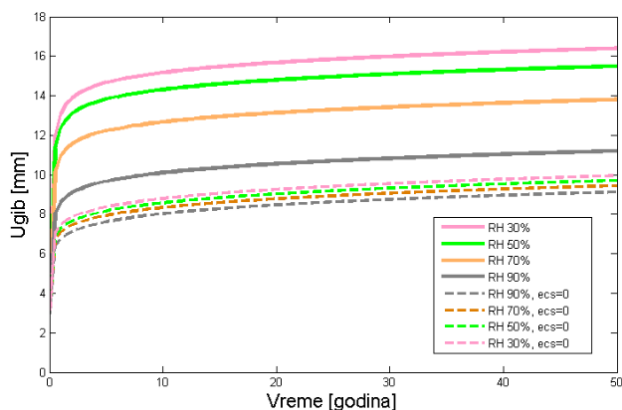


Slika 3 – Uticaj čvrstoće drveta na promenu ugiba spregnutog nosača

3.3 UTICAJ SKUPLJANJA BETONA

Usled sprežavanja drvenog i betonskog elementa, slobodno odvijanje reološkog procesa skupljanja betona je sprečeno što dovodi do povećanja ukupnih deformacija u spregnutom nosaču drvo-beton. Na skupljanje betona najveći efekat ima relativna vlažnost vazduha spoljašnje sredine. U ovoj analizi je izvršen proračun ugiba u sredini raspona spregnutog nosača tokom vremena za različite vrednosti relativne vlažnosti vazduha. Pri tome je urađena uporedna

analiza kada se u proračun ugiba uzima u obzir skupljanje betona i kada je ono zanemareno (slika 4).



Slika 4 – Uticaj skupljanja betona na promenu ugiba spregnutog nosača

Iz sprovedene analize čiji su rezultati prikazani u tabeli 3, može se videti da usled niže relativne vlažnosti vazduha nastaju veće deformacije usled skupljanja betona što prouzrokuje i povećanje ugiba spregnutog nosača. Može se zaključiti da se uticaj skupljanja betona nikako ne sme zanemariti, kao što je to slučaj u proračunu na osnovu metode efektivnog modula, jer je njegov doprinos ukupnom ugibu u nekim slučajevima skoro 40%.

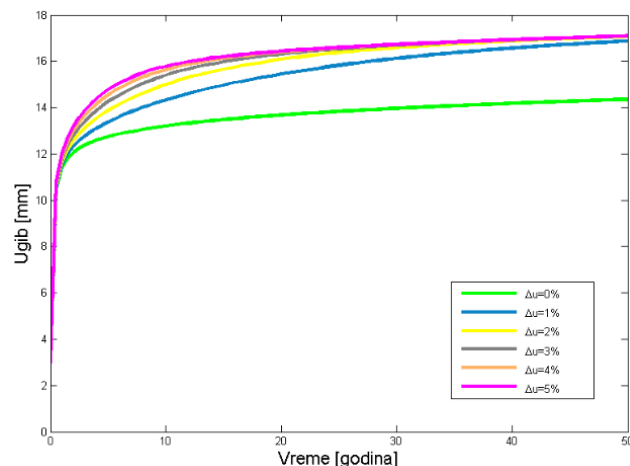
Tabela 3- Uticaj skupljanja betona na ugib spregnutog nosača na kraju eksploatacionog veka

RH [%]	30		50		70		90	
	$\epsilon_{cs}=0$		$\epsilon_{cs}=0$		$\epsilon_{cs}=0$		$\epsilon_{cs}=0$	
Ugib [mm]	16,4	9,95	15,5	9,71	13,8	9,44	11,2	9,13

3.4 UTICAJ MEHANO-SORPCIONOG TEČENJA

Tečenje drveta je reološka pojava koja nije najjasnije definisana u važećem standardu Evrokod 5. Na osnovu metode efektivnog modula, prilikom opisivanja dugotrajnog ponašanja spregnutog sistema drvo-beton, efekat tečenja drveta se uzima u obzir pomoću konačnog korekcionog koeficijenta modula elastičnosti drveta na kraju eksploatacionog veka k_{def} . Međutim, na ovaj način se zanemaruje uticaj mehano-sorpcionog tečenja koje često uzrokuje veće

deformacije nego viskoelastično tečenje. Sa druge strane Torattiev reološki model daje vremenski zavistan koeficijent tečenja koji jasno uzima u obzir uticaj mehano-sorpcionog tečenja jer postoji direktna zavisnost koeficijenta tečenja od efektivne vrednosti prosečne vlažnosti drveta Δu . Sprovedena parametarska analiza pokazuje uticaj mehano-sorpcionog tečenja na promenu maksimalnog ugiba spregnutog nosača tokom vremena, što je i prikazano na slici 5.



Slika 5 – Uticaj mehano-sorpcionog tečenja na promenu ugiba spregnutog nosača

Analizirajući rezultate ove parametarske analize prikazane u tabeli 4, može se zaključiti da se uračunavanjem uticaja mehano-sorpcionog tečenja maksimalni ugib spregnutog nosača povećava do 16% u odnosu na slučaj kada je on zanemaren. Takođe, uočljivo je da bez obzira na različiti tempo povećanja ugiba tokom vremena, maksimalni ugib na kraju pretpostavljenog eksploatacionog veka je isti za sve slučajeve gde je efektivna vrednost prosečne vlažnosti drveta Δu veća od 2%.

Tabela 4- Uticaj mehano-sorpcionog tečenja na ugib u sredini spregnutog nosača na kraju eksploatacionog veka

Δu	0%	1%	2%	3%	4%	5%
Ugib [mm]	14,35	16,87	17,07	17,09	17,09	17,09

4 ZAKLJUČAK

U cilju efikasnog upravljanja održavanjem spregnutih sistema tipa drvo-beton od izuzetne važnosti je predvideti njihovo ponašanje tokom eksploatacionog veka. Najupotrebljivija metoda za proračun ove vrste spregnutih sistema usled

dugotrajnog opterećenja jeste metoda efektivnog modula. Međutim, ovaj pristup ima određena ograničenja, jer zanemaruje efekte reoloških pojava kao što su skupljanje betona i neelastične dilatacije betona i drveta usled varijacije temperature i relativne vlažnosti vazduha spoljašnje sredine. U cilju što boljeg sagledavanja ponašanja spregnutog nosača drvo-beton pod konstantnim eksploatacionim opterećenjem, u okviru ovog rada je izvršena sveobuhvatna parametarska analiza kako bi se identifikovala najuticajnija svojstva konstitutivnih materijala koja utiču na promenu maksimalnog ugiba spregnutog nosača, što predstavlja glavni kriterijuma za ocenu graničnog stanja upotrebljivosti. Na osnovu sprovedene analize, može se zaključiti da se kod ovakvih spregnutih sistema slobodno može koristiti beton niže klase čvrstoće. Sa druge strane, čvrstoća drveta ima veći uticaj na maksimalni ugib spregnutog nosača drvo-beton u odnosu na čvrstoću betona. Takođe, iz rezultata sprovedene analize može se videti da usled niže relativne vlažnosti vazduha nastaju veće deformacije usled skupljanja betona što prouzrokuje i povećanje ugiba spregnutog nosača. Može se zaključiti da se uticaj skupljanja betona nikako ne sme zanemariti. Tečenje drveta je reološka pojava koja nije najjasnije definisana u važećem standardu Evrokod 5, jer se tečenje drveta uzima u obzir pomoću konačnog redukcionog koeficijenta modula elastičnosti drveta na kraju eksploatacionog veka i na ovaj način se zanemaruje uticaj mehano-sorpcionog tečenja koje često uzrokuje veće deformacije nego viskoelastično tečenje. Analizirajući rezultate sprovedene parametarske analize, može se zaključiti da se uračunavanjem uticaja mehano-sorpcionog tečenja, maksimalni ugib spregnutog nosača povećava do 16% u odnosu na slučaj kada je on zanemaren.

ZAHVALNOST

Ovo istraživanje je podržalo Ministarstvo za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije, Ugovorom o finansiranju naučnoistraživačkog rada zaposlenih u nastavi na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu, Univerziteta u Nišu - Evidencioni broj: 451-03-137/2025-03/ 200095 od 04.02.2025. god.

LITERATURA

- [1] Frangopol M. Dan, Soliman Mohamed: **Life-cycle of structural systems: recent achievements and future directions.** *Struct. Infrastruct. Eng.*, Vol. 12 (1), 1-20, 2016.
- [2] Dias A., Skinner J., Crews Keith, Tannert, Thomas: **Timber-concrete-composites increasing the use of timber in construction.** *European Journal of Wood and Wood Products*. Vol. 74(3), 443–451, 2016.
- [3] Knauf Marcus: **Market potentials for timber-concrete composites in Germany's building construction sector.** *European Journal of Wood and Wood Products*, Vol. 75(4), 639– 649, 2017.
- [4] CEN: **Eurocode 5 - Design of timber structures - part 1-1: General rules and rules for buildings.** Brussels, Belgium, 2004.
- [5] Khorsandnia Nima, Valipour R. Hamid, Shrestha Rijun, Crews Keith: **Review on Long-term Behaviour of Timber-Concrete Composite Floors.** *Materials to Structures: Advancement through Innovation –Samali, Attard & Song (Eds), Taylor & Francis Group*, London, 2013.
- [6] Stepinac Mislav, Rajčić Vlatka, Barbalić Jure: **Influence of long term load on timber-concrete composite systems.** *Građevinar*, Vol. 67(3), 235–246, 2015.
- [7] Fragiaco Massimo: **Long-Term Behavior of Timber-Concrete Composite Beams. II: Numerical Analysis and Simplified Evaluation.** *Journal of Structural Engineering*, Vol. 132(1), 23–33, 2006.
- [8] Ceccotti Ario: **Composite concrete-timber structures.** *Prog. Struct. Eng. Mater.*, Vol. 4(3), 264–275, 2002.
- [9] CEN: **Eurocode 2 - Design of concrete structures - part 1-1: General rules and rules for buildings.** Brussels, Belgium, 2004.
- [10] Hanhijarvi A.: **Modelling of creep deformation mechanisms in wood, Ph.D. thesis.** *Technical Research Centre of Finland, VTT Publications, Espoo (SF): Helsinki University of Technology*, 1995.
- [11] Toratti T.: **Creep of timber beams in variable environment, Ph.D. thesis.** *Laboratory of Structural Engineering and Building Physics: Helsinki University of Technology, Finland*, 1992.
- [12] Becker P.: **Modellierung des zeit- und feuchteabhängigen Materialverhaltens zur Untersuchung des Langzeitverhaltens von Druckstaben aus Holz, Ph.D. thesis.** *Bauhaus-Universität Weimar*, 2002.
- [13] Martensson Annika: **Mechanical behaviour of wood exposed to humidity variations, Ph.D thesis.** *Lunds Universitet, Sweden*, 1992.
- [14] Bonamini G., Ceccotti A., Uzielli L.: **Short- and long-term experimental tests on antique larch and oak wood-concrete composite elements.** *Proceedings of C.T.E. Conference, Bologna, Italy*, 241-251, 1990.
- [15] Fragiaco Massimo, Ceccotti Ario: **A simplified approach for long-term evaluation of timberconcrete composite beams.** *Proceedings of*

The 8th World Conference on Timber engineering, Lahti, Finland, Vol. 2, 537-542, 2004.

- [16] Carvalho Jorge, Luís Filipe, Schanzlin Jörg, Lopes Sérgio Manuel Rodrigues, Cruz Helena, Kuhlmann, Ulrike: **Time-dependent behaviour of timber lightweight concrete composite floors.** *Engineering Structures*, Vol. 32(12), 3966–3973, 2010.
- [17] Kanócz Jan, Bajzecerova Viktoria, Šteller, Štefan: **Timber – concrete composite elements with various composite connections Part 1 : Screwed connection.** *Wood research*, Vol. 58(4), 555–570, 2013.

primljen: 14.02.2024.

Pregledni rad

korigovan: 06.06.2024.

UDK : 72:7.022.82

prihvaćen: 07.06.2024.

<https://doi.org/10.62683/NiP28.6>

PAPIR KAO MEDIJUM: STUDENTSKA RADIONICA „15X100“

Milica Živković¹, Nemanja Randelović², Vladana Petrović³, Boris Rančev⁴, Mirko Stanimirović⁵

Rezime: Arhitektonska radionica „15x100“ u organizaciji Društva arhitekata Niša, Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu i Klastera urbanog planiranja održana je u periodu od 6. marta do 7. aprila 2023. godine u prostorijama Društva arhitekata Niša. Radionica namenjena studentima I godine Fakulteta studijskog programa Arhitektura nastala je sa idejom da se kroz praktičan rad u neformalnom ambijentu podstakne kreativnost i razviju crtačke i stvaralačke veštine kod polaznika u odabranoj profesiji. Radionica je realizovana kroz pet tematskih sesija koje su vodili nastavnici i saradnici Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, sagledavajući istu temu iz različitih uglova, kroz odabrane predmetne oblasti. Papir je korišćen kao osnovni medijum u kreiranju autentičnih projektantskih rešenja interpretiranih kroz crteže, trodimenzionalne modele i scenografske slike. Studenti usmereni na otvorenu komunikaciju i timski rad iskazali su izuzetne sposobnosti u rešavanju problema van ustaljenih okvira učenja. Rad predstavlja prikaz radionice kroz opis primenjene metodologije, prezentaciju programa i aktivnosti, rezimiranje utisaka, stečenih iskustava i ostvarenih rezultata.

Ključne reči: arhitektura, studentska radionica, papir, praktičan rad, vannastavne aktivnosti

PAPER AS MEDIUM: STUDENT WORKSHOP „15X100“

Abstract: The architectural workshop "15x100," organized by the Association of Architects of Niš, the Faculty of Civil Engineering and Architecture at the University of Niš, and the Cluster of Urban Planning, took place from March 6 to April 7, 2023, at the premises of the Association of Architects of Niš. The workshop, intended for first-year students of the Architecture study program, was conceived to foster creativity and develop drawing and creative skills among participants through hands-on work in an informal environment. Conducted through five thematic sessions led by professors and associates of the Faculty of Civil Engineering and Architecture, the workshop examined the same topic from various perspectives through relevant subject areas. Paper was utilized as the primary medium in creating authentic design solutions, expressed through drawings, three-dimensional models, and scenographic images. Encouraged towards open communication and teamwork, students demonstrated exceptional problem-solving abilities beyond the established learning framework. This paper provides an overview of the workshop, including a description of the applied methodology, a presentation of the program and activities, and a summary of impressions, acquired experiences, and achieved results.

Key words: Architecture, Student workshop, Paper, Hands-on work, Extracurricular activities

¹ Dr, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, milica.zivkovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0003-4081-6947

² Mast. inž. arh., saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, nemanjarandjelovic@gmail.com, ORCID 0009-0001-7116-1405

³ Dr, asistent sa doktoratom, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, vladana.petrovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0002-3775-0978

⁴ Mast. inž. arh., saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, boris.rancev777@gmail.com, ORCID 0009-0004-7624-034X

⁵ Dr, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, mirko.stanimirovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0001-6201-5855

1 UVOD

U izložbenom prostoru Društva arhitekata Niša od 6. marta do 7. aprila 2023. godine održana je studentska radionica pod nazivom „15x100” namenjena studentima prve godine studijskog programa Arhitektura na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu. Studentska radionica u organizaciji Društva arhitekata Niša, Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu i Klastera urbanog planiranja realizovana je uz učešće nastavnika, saradnika i studenata Fakulteta. Ono što je okupilo učesnike je ambicija za sticanjem novih znanja i iskustava: studente kao polaznike u arhitekturi i edukatore kao večite početnike u otkrivanju onoga što je potrebno mladima u vremenu u kome istražuju i izgrađuju svet oko sebe.

Pored primarnog, formalnog obrazovanja sticanje iskustava kroz praksu i studentske radionice igra veoma važnu ulogu u kreativnom usmeravanju i izgradnji ličnosti jednog arhitekta. Dodatno usavršavanje i neformalna edukacija kroz vannastavne aktivnosti omogućava studentima da prošire svoja znanja i vidike i praktično ih primene otkrivajući suštinu i smisao profesije za koju su se opredelili. U radu se ukazuje na značaj i ulogu neformalne edukacije u profesionalnom i intelektualnom razvoju studenata kroz primer realizovane studentske radionice koja je koncipirana kao vannastavna aktivnost i nezavisni medijum arhitektonskog stvaralaštva. Studentska radionica „15x100” sagledana je kroz ciljeve i motive njene organizacije, primenjenu metodologiju, opis programa i pratećih aktivnosti, rezimiranje ostvarenih rezultata i stečenih iskustava u radu sa studentima.

2 RADIONICA KAO METOD UČENJA

Evolutivni i progresivni napredak društva i nauke postavlja nove zadatke na polju učenja arhitekture. Obrazovanje u sferi arhitektonskog projektovanja suočava se sa brojnim izazovima koji zahtevaju fleksibilnost i polivalentnost, jer je savremeno tržište postalo kompleksno, otvoreno za nove raznovrsne mogućnosti [1]. Tradicionalne metode izvođenja nastave dominantno se zasnivaju na usvajanju apstraktnih veština i pojedinačnih znanja, često ignorišući kontekstualne komponente sredine u kojoj arhitektura nastaje [2]. Obrazovanje, formalno i apstraktno, ne može u potpunosti da odgovori na zahteve tržišta, budući da se diplomirani studenti

moraju brzo prilagoditi i infiltrirati u arhitektonsku zajednicu koja se progresivno razvija i menja. Tradicionalni obrazovni sistem pruža ograničene obrazovne mogućnosti, kako zbog i dalje dominantnog koncepta rada „iz klupe”, tako i zbog suženih mogućnosti komunikacije i saradnje studenata i nastavnika. Arhitektonsko obrazovanje primarno ima za cilj širenje vidika struke i jačanje sposobnosti kreativnog promišljanja, što zahteva uključivanje nezavisnog medijuma izražavanja [1]. Neformalno obrazovanje kroz vannastavne aktivnosti studenata dopunjuje znanja stečena kroz formalno obrazovanje upravo u delu koji se odnosi na primenu tog znanja u praksi, uz razvoj veština komunikacije i timske kulture. Kako bi se razvile neophodne veštine, studenti moraju biti ohrabreni da se uključe i u programe neformalnog učenja kroz različite radionice, seminare, kongrese, konferencije, takmičenja, letnje škole arhitekture itd.

Radionica je, dakle, primenjena metoda učenja koja stimuliše rad, razmišljanje, učenje, uz generisanje ideja i donošenje odluka na disciplinovan, ali neformalan način. U akademskom okruženju koristi se kao metod profesionalnog učenja gde se „transfer informacija” vrši dodeljivanjem odgovornosti i kompetencija studentima. Radionica kao metod učenja izostrava percepciju i podstiče kreativnost u okruženju koje prevazilazi sistemsku ograničenja i formalne procese [2]. Zadatak obrazovanja je da podrži ove procese, zbog čega bi rad u atmosferi u kojoj studenti stiču iskustva na neformalan i fleksibilan način trebalo da se realizuje paralelno sa programom akademskih studija na fakultetu.

3 CILJEVI I MOTIVI RADIONICE

Robert Venturi, jedan od najznačajnijih arhitekata i teoretičara arhitekture XX veka, u knjizi „Složenosti i protivurečnosti u arhitekturi” opisuje tok stvaralaštva kao proces koji se odvija od spolja ka unutra i iznutra ka spolja. Pošto je unutrašnjost različita od spoljašnjosti, zid – tačka te promene postaje arhitektonski događaj, prostorni zapis razrešenja ove drame [3]. Arhitektura, prema tome, nastaje pri susretu unutrašnjih i spoljašnjih sila koje su zapravo u sadejstvu generičke.

Dosadašnja iskustva u nastavnom i pedagoškom radu na fakultetu pokazuju da u ranim fazama učenja studenti arhitekture teško razumeju kako stvari funkcionišu na širem planu. Fragmentirane slike problema mogu za njih delovati krajnje nepovezano, pa je teže razaznati kako tokovi stvaralaštva utiču

jedan na drugi, kako se međusobno sinhronizuju i u kom trenutku dolazi do unutrašnjeg pomirenja misli, ideja i ciljeva u kreativnom činu. Česta je pojava da studenti na početku školovanja projektuju neovisno od konteksta, zanemarujući time veći deo perceptivnog sadržaja koji može biti presudan u kreativnom procesu. Zato je od posebne važnosti ukazati na značaj percepcije celovitosti arhitektonskog dela u kontekstu njegovog okruženja [4]. Ideja za organizovanje radionice nastala je upravo iz želje da se polaznicima u arhitekturi pomogne u razumevanju sila koje koordinišu tok kreativnih misli, metodoloških i psiholoških procesa koji utiču na percepciju arhitekture i njeno stvaranje u određenom prostoru i vremenu, čime se razvija arhitektonska pismenost.

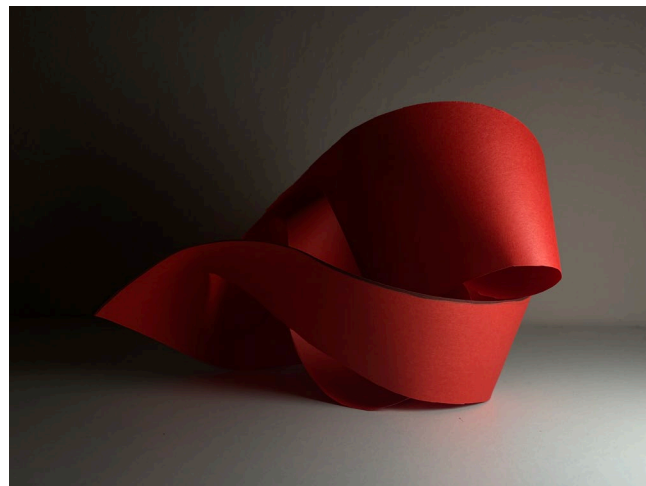
Radni naslov radionice glasio je „Papir kao medijum“. Alvar Alto, finski arhitekta i jedan od pionira moderne arhitekture, poznat je, između ostalog, po rečenici: „Bog je stvorio papir da bi se po njemu crtala arhitektura. Sve ostalo je, barem za mene, zloupotreba papira“ [5]. Svedoci smo da u arhitekturi, kao i u ostalim sferama života i stvaranja, digitalizacija potiskuje papir kao medijum, kao projektantski aparat, kao i sve ostale fizičke medijume koji su nepravedno u savremenom svetu zanemareni. Uprkos brojnim tehnološkim i paradigmatiskim promenama u oblasti arhitektonske teorije i prakse, papir i dalje ostaje osnovno sredstvo komunikacije i prezentacije ključnih ideja i koncepata u arhitekturi [6]. Specijalizovani programi za crtanje, modelovanje, vizuelizaciju pružaju brojne mogućnosti, ali mogu da budu i ograničavajući za one koji tek uče da rade u njima. I najpoznatije arhitekta, koliko god iskustva imali iza sebe, kreću od slobodručnih skica i vrlo često za prezentaciju svojih rešenja koriste fizičke modele objekata. Upravo zbog toga, cilj radionice je da dočara značaj fizičke komponente stvaralaštva – kroz crtanje, izradu trodimenzionalnog modela ili kreiranje scenografske postavke.

4 METODOLOGIJA I PROGRAM RADA

Arhitektura u kreativnom procesu prolazi kroz nekoliko različitih medijuma, sprovodeći stvaralački tok iz medijuma u medijum [7]. Radionica „15x100“, iza čijeg naziva se kriju dimenzije papira, je eksperiment koji istražuje instrumente koordinacije stvaralačkog procesa u osetljivoj zoni između arhitekture, likovne, vajarske umetnosti i fotografije. Osnovna zamisao bila je da se jedan zadatak obradi kroz nekoliko tematskih sesija koje bi oslikavale

stvaralački proces – način na koji se kristališe neka ideja i razvija u prostoru i vremenu. Kako bi se napravila spona između nastave na fakultetu i ove nenastavne aktivnosti, sesije su bile definisane u skladu sa predmetima koji se prema planu i programu realizuju na prvoj godini studijskog programa Arhitektura Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu. Tako je nastalo pet tematskih sesija opisanih kroz koncept, formu, crtež, eksperiment i prezentaciju. Za svaku tematsku sesiju su bili zaduženi nastavnici i saradnici koji vode predmete srodne zadatoj temi na Fakultetu. Svaka sesija u okviru radionice predstavlja jasan deo celine, ali je i tema za sebe. U realizaciji radionice učestvovalo je 5 nastavnika, 12 saradnika i 33 studenta Fakulteta.

Prilikom prijave studenti su imali zadatak da naprave slobodnu formu od papira, po svojoj želji i zamisli. Studenti su, ne znajući u datom trenutku koja je tema radionice, dali vrlo kreativne odgovore koji ukazuju na već razvijen osećaj za estetiku, za kadriranje i detalje, sa vrlo jasnim vizuelnim narativom (slika 1).



Slika 1 – Prijavni model od papira, iz arhive autora

Studenti koji su nakon pregleda prijava odabrani za učešće u radionici podeljeni su u 11 timova od po tri člana. Članovi timova su nasumično birani izvlačenjem imena iz kutije. Do trenutka održavanja radionice članovi timova se uglavnom međusobno nisu poznavali jer su praktičnu nastavu na fakultetu pratili u različitim grupama.

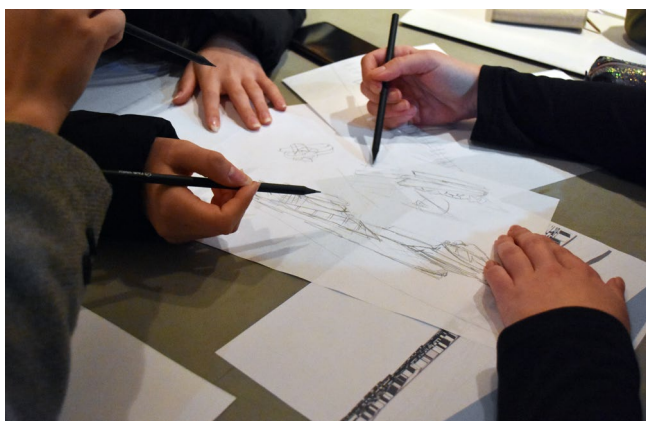
Kao osnovni materijal za rad korišćen je beli papir dimenzija 15x100cm koji će biti povezujući fizički element svih aktivnosti predviđenih programom radionice. Papir tako, pored fizičkog medijuma, simbolički postaje i medijum inkubacije ideja, spoznaje i stvaralaštva, međusobne saradnje, umrežavanja i komunikacije.

4.1 KONCEPT

Radionica je započela tematskom sesijom pod nazivom „Koncept“. Koncept predstavlja srž projekta, suštinu dizajna, zbog čega je predviđen u prvoj tematskoj sesiji. Koncept predstavlja arhitektonske reči koje na jednostavan način opisuju ideje, afinitete, namere projektanta. Ideja jeste deo koncepta, ali samo njegov početak, početak jedne priče, jer koncept je priča. Vrsta priče zavisi od naratora, projektanta. Ideje su razne, vrlo nestalne i promenljive, ali kada arhitekta krene ozbiljnije da razmišlja o nekoj ideji, da je razrađuje i ispituje, tada nastaje koncept koji zapravo ideju kao apstraktnu kategoriju materijalizuje.

Arhitektonski koncept može se objasniti na različite načine – kroz skice, slike, model itd. Kako se projekat razvija, tako su ovi delovi koherentniji i skladniji. Koncept nije statičan ili potpun – on raste i menja se kako se projekat razvija, vraćajući se stalno na prethodne slojeve. Koncept, dakle, ima slojeve koji zajedno opisuju pravac kreativnog delovanja, ličnost projektanta, njegove vrednosti i iskustvo, pristup dizajnu.

Program radionice započinje inicijacijom ideje kroz zadatak i apstraktnu sliku lokacije. Lokacija se nalazi u poznatom okruženju u Nišu, na desnoj obali reke Nišave. U pitanju je slobodna površina koja gleda ka reci i po čijem se obodu nalazi stambeno naselje. Prilikom razvoja koncepta bilo je neophodno uzeti u obzir postojeće urbano okruženje, ambijent i sadržaje u neposrednoj i široj okolini koji karakterišu predmetno mesto. Na osnovu dobijene podloge lokacije i trake bristol 15x100cm koja će kasnije biti korišćena za kreiranje trodimenzionalnog modela, trebalo je ponuditi prostorni koncept koji odgovara datom kontekstu. Ispitujući mogućnosti razvoja koncepta na krajnje uprošćen način – iscertavanjem linija i pravaca, nastale su različite forme koje prikazuju mogućnosti savijanja papira (slika 2).



Slika 2 – Razvoj koncepta, iz arhive autora

Studenti su istraživali istovremeno funkciju i geometriju arhitektonske strukture koja bi se po njima na najbolji način uklopila u odabrani urbani ambijent. Dakle, bilo je neophodno sinhronizovati misli na dva plana – na nivou koncepta i na nivou građenja trodimenzionalne forme, uzimajući u obzir fizička svojstva papira. Papir je vrlo savitljiv i fleksibilan, pa su i mogućnosti za razvoj koncepta raznovrsne. Pred studentima nije bio lak zadatak, jer usklađivanje toka misli na ova dva plana traži određeno iskustvo koje oni na početku studija ne poseduju. To ih je navelo da kreiraju minijature radne modele kako bi dobili usmerenje za mogući tok razvoja koncepta (slika 3). Ovo dokazuje da su faze u nastajanju arhitektonskog dela isprepletene i međusobno uvezane i da je teško odvojiti proces na nezavisne celine. Na kraju prve sesije studenti su kroz skice, tekst i radni model uobličili preliminarni koncept koji je u različitim timovima podrazumevao objekte različite namene: izložbeni paviljon, muzej, sklonište, sportski, stambeni objekat itd., prema slobodnoj proceni koji bi sadržaj na datoj lokaciji bio najadekvatniji. Koncept je spontano evoluirao kroz sesije koje su usledile.



Slika 3 – Kreiranje radnog modela, iz arhive autora

4.2 FORMA

Druga nedelja obeležena je tematskom sesijom „Forma“. Nakon istraživanja potencijala za razvoj koncepta, usledio je praktični deo gde su studenti nadovezujući se na koncept kreirali autentičnu prostornu formu. Ideju je, prema tome, sada trebalo materijalizovati. Apstraktna linijska struktura je sada transformisana u prostorni model, reflektujući početni impuls na arhitektoničnu formu.

U ovoj sesiji je korišćena traka bristol dimenzija 15x100cm, kao i lepenka dimenzija 50x50 cm koja je služila kao podloga za fiksiranje forme. Gužvanje, savijanje papira, predstavlja kreativan deo oslobađanja

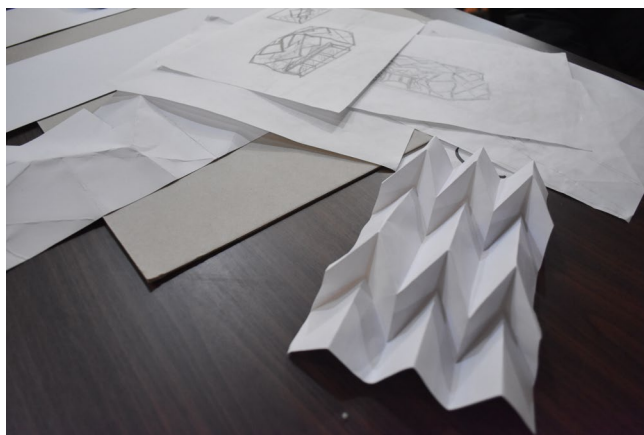
misli, odgovor na izazov koji papir i misli u vezi sa njim zadaju. Papir je ovde samo izražajno sredstvo – prava suština imaginacije leži u načinu na koji arhitekta koristi datu formu i uobličava svoj rad u okviru zadatih kriterijuma.

Već prvog dana aktuelne sesije bili su vidljivi rezultati prethodne sesije i većina timova je već imala vrlo jasan cilj pred sobom. Trebalo je savladati papir izduženog formata, ali i savladati razlike u mišljenjima i idejama, one koji se dolazile od mentora i saradnika, ali i one između članova tima (slika 4).



Slika 4 – 3d model od papira 15x100cm, iz arhive autora

Primena savijenih struktura u arhitekturi je prilično široka: prekrivanje hala, kreiranje transformabilnih kuća, nameštaja ili elemenata izložbene opreme [8]. Modularni origami, japanska veština izrade modela od presavijenog papira, omogućava da se primenom geometrijskih zakonitosti formiraju ponavljajuće strukture koje su vrlo fleksibilne i aktivno se slažu ili razlažu, prema želji i potrebi autora. Značajan deo trodimenzionalnih modela od papira nastao je upravo uz primenu ove tehnike, budući da se mnoge savremene arhitektonične forme zasnivaju na ovoj zakonitosti (slika 5).



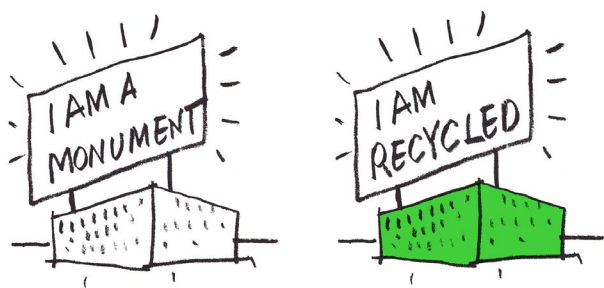
Slika 5 – Modularni origami, iz arhive autora

4.3 CRTEŽ

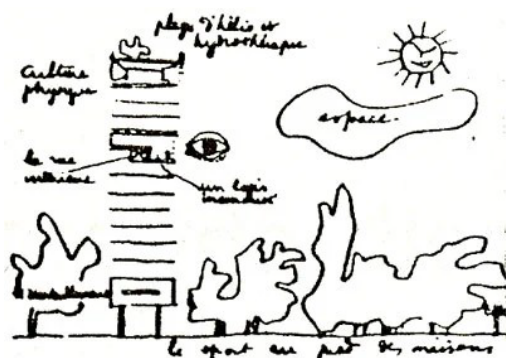
Ulogu i značaj crtanja u interpretaciji subjektivne stvarnosti najbolje dočarava jedan dečiji crtež. Na papir dete projektuje svoje raspoloženje, emocije, potrebe, želje, strahove, namere i očekivanja. Ono zapravo crta kako bi izrazilo mnoštvo različitih emocija koje ne ume da iskaže rečima. Sa crtežom dete razvija svest o sebi, svom postojanju i svom neposrednom okruženju [9]. Papir tako postaje medijum, a crtanje način komunikacije, baš kao i igra. Dečji crtež je zapravo igra na papiru, a poznato je da igra predstavlja specifičan način učenja koju naučnici čak porede sa naučnim istraživanjem. Kroz igru dečije iskustvo prerasta u sređeno znanje, razvijajući posebne veštine.

Po analogiji sa dečijim crtežom, arhitektonske skice su, dakle, imaginacije na papiru koje na svojevrsan način testiraju papir kao medijum. Stvaranje crteža predstavlja uzvišen čin grafičkog oživljavanja svih onih kreativnih misli koje je arhitekta u projektantskom procesu pokrenuo [10]. Arhitekta, dakle, na papir prenosi svoje misli, spoznaje sebe kao projektanta, uči i stvara kroz igru i istraživanje.

U knjizi „Arhitektura i disjunkcija“ Bernard Čumi objašnjava da razvoj koncepta kroz crtež znači da arhitektonski crteži predstavljaju metod i medijum za interpretaciju razmišljanja o arhitekturi [11]. Poznavanje crteža i načina na koji će nešto biti saopšteno kroz crtež od presudnog je značaja za arhitektu. Pritom se ne radi o veštini arhitekta da napravi vizuelno dopadljiv crtež, već o prisustvu saznanja o neophodnim vizuelnim komponentama koje će omogućiti ispravno dekodiranje poruke [10]. Ilustracija Roberta Venturija priložena u njegovoj knjizi „Učenje iz Las Vegasa“ [12] prikazuje jednu jednostavnu kutiju sa otvorima i velikim natpisom „Ja sam spomenik“ („I am a Monument“) i zracima koje simbolizuju neonsko treperenje. Ovaj jednostavan i upečatljiv crtež je zapravo kritika grandioznosti arhitekture vremena u kome je ovaj arhitekta stvarao. Na slici 6 je uz pomenuti crtež (slika levo) data i savremena reinterpretacija iste skice sa porukom koja promovise recikliranu arhitekturu (slika desno). Le Korbizije je takođe koristio autentične skice kako bi opisao svoje projekte, a što je još važnije, svoju arhitektonsku filozofiju. Skica iz knjige „Ka pravoj arhitekturi“ [13] prikazuje presek kroz poznatu višespratnicu sa jasnom porukom arhitektonske vizije života u gradu (slika 7). Crtež je, dakle, odraz ideja, afiniteta i težnji jednog stvaraoaca, svojevrsna poruka koju arhitekta upućuje javnosti i svetu u kome stvara.



Slika 6 – Skica „I am a Monument“ (Robert Venturi, Denise Scott Brown, 1972.) i skica „I am Recycled“ (PKMN Architectures, 2014.), [14]



Slika 7 – Le Korbizijeova skica iz knjige „Ka pravnoj arhitekturi“, [13]

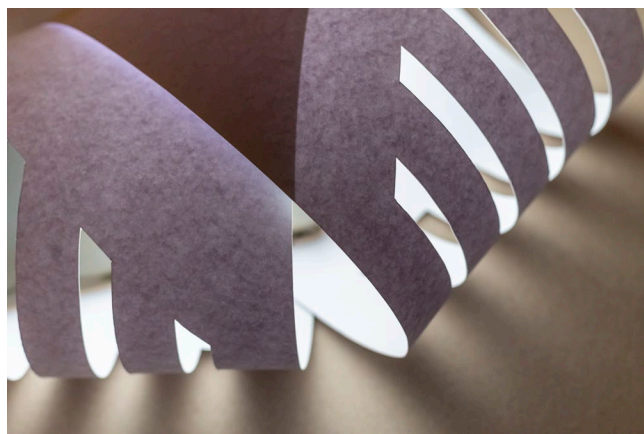
Kreativne imaginacije na papiru su novi nivo doživljaja date forme, datog ambijenta. U okviru treće sesije „Crtež“ ispituju se oblikovne karakteristike dobijenog modela, varijacije forme i koncepta primenom likovnih tehnika kroz koje rešenje dalje evoluira. Bilo da se radi o apstrakciji ili o jednostavnom crtežu, perspektivnom prikazu forme ili crtačkoj razradi detalja, crtež reflektuje autentični izraz obojen senzibilitetom i kreativnom energijom tima. Sesija „Crtež“ je zapravo spoj prve i druge sesije koji je pomogao studentima da izoluju osnovni motiv, spoznaju genezu sopstvenog koncepta (slika 8).



Slika 8 – Razvoj koncepta kroz crtež, iz arhive autora

4.4 EKSPERIMENT

Sledeća sesija nazvana „Eksperiment“ odnosi se na vizuelna istraživanja uticaja svetlosti, boja i senki na pojavnost i percepciju trodimenzionalne forme od papira. Poznato je da najizraženiji uticaj na percepciju oblika imaju svetlosne senzacije i senka. Svetlost i senka nerazdvojne su pojave, većito isprepletane. Krećući se kroz prostor i površinu, kroz teksturu, senka poprima specifičan oblik uz pomoć izvora svetlosti. Svetlost, s druge strane, naglašava materijal i daje snagu arhitekturi (slika 9).



Slika 9 – Detalj osvetljene forme, dokumentacija autora

U četvrtoj sesiji sproveden je mali eksperiment, tačnije studija forme koja je realizovana u 4 faze ispitujući različite uticaje svetla na modele smeštene u dva različita prostorna okvira, tj. u tzv. crnu i belu kutiju (slika 10). U ovako definisanim eksperimentalnim uslovima, promenom pozadine i vrste svetlosti, izmenom i premeštanjem izvora, dobijene su različite kompozicije, tj. vizuelne manifestacije forme.



Slika 10 – Vizuelni eksperiment, iz arhive autora

U ovoj fazi projekta su rezultati prethodnog rada bili očigledni i vrlo reprezentativni, što dovodi do zaključka da je eksperiment zaista uspeo, kako na nivou tematske sesije, tako i na nivou celokupnog projekta – eksperimenta stimulacije kreativne energije koja je čekala svoje vreme i svoj trenutak. Konačne fotografije modela koje su deo prezentacije su pretežno u crno-beloj obradi, gde su različitim tonovima sive boje, u rasponu od bele do crne, dobijeni upečatljivi scenografski efekti (slika 11).

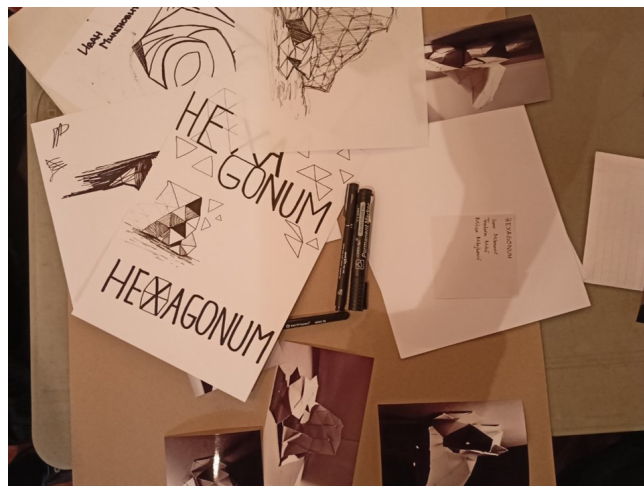


Slika 11 – Fotografija modela, iz arhive autora

4.5 PREZENTACIJA

Završni deo radionice predstavlja sesija „Prezentacija“. Arhitektonska prezentacija je poseban okvir kreativnog izražavanja i prikazivanja arhitektonskog znanja u javnosti, ali je isto tako i eksperimentalni oblik javnog delovanja. Prezentovanje takođe podrazumeva sposobnost izlaganja - pokazivanje, prikazivanje i demonstriranje radi objašnjenja, ali i radi provokacije, izazivanja oduševljenja, emotivnog uticaja i ubeđivanja [15].

Pored sadržaja i kvaliteta rada, veoma je važno na koji način će rešenje biti prezentovano i prikazano javnosti. I veoma uspešna rešenja mogu izgledati prosečno ukoliko su loše prezentovana. Kroz prezentaciju treba jasno predstaviti projektantsku ideju, koncept, glavne aspekte i komponente projektovanja. Prezentacija je svedena na suštinu koja jasno ukazuje na to kako je rešenje evoluiralo kroz sesije. Studentima je prepušteno da prema svojoj želji rasporede materijal na vertikalnim panoima dimenzija 50x100cm. Studenti su koristili različite tehnike u interpretaciji svog rada, različite formate crteža i skica, uz kratak tekstualni opis koncepta (slika 12). Na nekim panelima su se našli i mali trodimenzionalni radni modeli koji su korišćeni u inicijalnoj fazi razvoja koncepta.



Slika 12 – Priprema materijala za prezentacioni pano, iz arhive autora

Autentični nazivi projekata „Groundwave“, „Ring Vortex“, „Egisse“, „Feravertu“, „Vilina bašta“, „Gelidus“, „Oziris“, „Nautilus“, „Hexagonum“, „The Wave of the Future“ i „Nero“ simbolički oslikavaju suštinu jedne ideje, percepciju istog problema koji je sagledan iz jedanaest različitih uglova.

5 DISKUSIJA

Na osnovu stečenog iskustva u radu sa studentima tokom realizacije studentske radionice mogu se sumirati određena zapažanja koja se odnose na ulogu i značaj studentske radionice kao metode neformalnog obrazovanja studenata arhitekture.

Usvajanje informacija kroz praktičan rad je brže i efikasnije u odnosu na klasične metode učenja. Praktičan rad na fakultetu uglavnom podrazumeva nekritičko usvajanje metodoloških obrazaca prema određenom uputstvu datom od strane nastavnika i saradnika. Neposredni rad u angažovanoj grupi aktivira istovremeno više funkcija u mozgu. Leva hemisfera mozga obrađuje analitičke i logičke procese, dok desna hemisfera kontroliše prostorno-vizuelne i kreativne procese. Praktično učenje kroz vizuelno-senzornu stimulaciju i taktilno upoznavanje materijala omogućava angažovanje oba dela mozga, čime se stvaranju jače veze i skladišti više relevantnih informacija dugoročno.

Prema istraživanjima, u tradicionalnom okruženju, audio-vizuelnim metodama učenja (video, zvuk, grafikoni, slike itd.) samo 20 % informacija se usvaja i zadržava u memoriji [16]. Kod praktičnog rada se taj procenat značajno povećava. Čitanje udžbenika, slušanje predavanja, pa i rad na projektu na fakultetu ne daje studentu dovoljno prostora da se igra i

istražuje. Praktična nastava na fakultetu realizuje se u grupama sa velikim brojem studenata, u krajnje ograničenim prostornim i vremenskim uslovima. Radionice sa praktičnim radom omogućavaju studentima da interaguju i aktivno učestvuju u procesu usvajanja gradiva. Studenti su više stimulisani i imaju veću želju za učenjem i istraživanjem kada su aktivno angažovani i kada se od njih očekuju konkretni, praktični rezultati.

Radionice razvijaju okruženje koje podstiče veštine kritičkog mišljenja, simulirajući situacije iz realnog života. Angažovano učešće pomaže da se informacije zadrže kroz sećanja o kreativnim druženjima i okupljanjima. Određeni rituali poput postavljanja fotografija zabeleženih trenutaka i ostavljanje poruka sa utiscima ostaju u pozitivnom sećanju kao životno iskustvo koje daje novi pogled na svet arhitekture (slika 13).



Slika 13 – Paneli sa utiscima sa radionice, iz arhive autora

Po završetku sudija, kroz rad u praksi od arhitekta se očekuje da vodi tim stručnjaka koji je sastavljen od različitih profila inženjera i drugih učesnika. Komunikacija između svih strana mora da bude jasna i nedvosmislena kako bi se projekat realizovao na najbolji mogući način, što se teško može naučiti isključivo komunikacijom „iz klupe“. Radionice omogućavaju da se kroz prezentaciju projekta i razgovor sa mentorima i kolegama unaprede veštine komunikacije i javnog nastupa.

Profil arhitekta zahteva da on aktivno reaguje i na pravi način odgovori na realne situacije sa kojima će se sutra susretati u praksi. Arhitekta mora da bude spreman da razume i odgovori na ljudske nesavršenosti – pogrešno predstavljeni podaci, nedoslednosti u izradi projekta i razni drugi izazovi koji se ne mogu opisati u udžbenicima i knjigama.

Simuliranje problema izazvanih ljudskim faktorom razvija socijalnu inteligenciju i podstiče um da razmišlja izvan ustaljenih okvira.

Arhitekta je, pre svega, istraživač i pronalazač. Radionice omogućavaju kreativnim umovima da eksperimentišu i razvijaju veštine razmišljanja pomeranjem granica ka nesevakidašnjem i inovativnom. Stvaralački čin, finalno, dovodi do osećaja zadovoljstva i pozitivno utiče na samopouzdanje. Kreiranje nečega sopstvenim rukama donosi satisfakciju koja motiviše studenta da stvara više i bolje i stalno pomera granice sopstvenih uspeha.

U interakciji sa mentorima, ukrštanjem i uključivanjem različitih disciplina, studenti arhitekture mogu značajno proširiti svoja znanja. Radionice pružaju priliku studentima da komuniciraju sa ljudima iz struke i iz drugih srodnih oblasti kroz promociju i popularizaciju arhitektonskog sadržaja. Prihvatanje saveta i ideja pristiglih od stručnih lica mogu značajno da oblikuju nečiju ideologiju, da pomognu u izgradnji veza unutar profesionalne zajednice i trajnih odnosa među kolegama.

Rezultati daljeg rada u uslovima formalnog obrazovanja sa studentima koji su bili angažovani na radionici „15x100“ pokazali su izuzetan kreativan napredak, sa drugačijim pogledom na projektantske probleme koji su usledili. Konačan ishod istraživačko-stručnog rada bio je uočljivo kvalitetniji kod učesnika radionice u odnosu na onaj koji su ostvarili ostali studenti, posebno u segmentima konceptualizacije i prezentacije rešenja.

6 ZAKLJUČAK

Konvencionalno visokoškolsko obrazovanje uglavnom podrazumeva realizaciju većeg dela nastavnog programa u ambijentu koji sa sobom donosi određena ograničenja. Iako formalni okviri učenja mogu ponuditi studentima vrlo kvalitetne teorijske osnove, realan svet arhitekture zahteva mnogo kompleksniji pristup, veću autonomiju i slobodniji vid izražavanja kroz umrežavanje teorije i prakse, stvaralački, kreativni i timski rad. Iskustva stečena tokom realizacije prikazane arhitektonske radionice ukazuju na brojne kvalitete ovakvog modela neformalne edukacije studenata. Kroz praktičan rad i tematske sesije, studenti su imali priliku da istraže različite pristupe i tehnike koje se koriste u savremenom arhitektonskom stvaralaštvu. Time im je omogućeno ne samo bolje razumevanje projektantskih principa, već i da razviju kritičko mišljenje i kreativne veštine koje su neophodne za uspešan rad u struci.

Dodatno, radionica je vrlo demonstrativno pružila uvid u realne izazove i probleme sa kojima se arhitekta suočavaju, što studentima pomaže da se pripreme za profesionalne zadatke i projekte koje će sretati u svojoj karijeri.

Studentske radionice na kreativan način aktiviraju različite impulse u sferi učenja. U aktivnoj interakciji sa kolegama, mentorima i drugim stručnim licima studenti mogu proširiti svoje vidike ukrštanjem i povezivanjem znanja i iskustava iz različitih disciplina i oblasti. Radionice pružaju priliku studentima da neposredno uspostave kontakt sa strukom pomeranjem granica u razmišljanju izvan konvencionalnih okvira učenja. Rad na konkretnom problemu u uslovima koji simuliraju realne okolnosti iz profesionalnog života, uz izazove koje donosi komunikacija sa različitim stranama, jača socijalnu inteligenciju i druge društvene veštine. Ohrabrivanjem studenata da iskažu svoju kreativnost i osnaživanjem odnosa među njima unapređuje se kvalitet kadra koji će sutra biti deo zdrave profesionalne zajednice.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (evidencioni broj: 451-03-65/2024-03/200095; Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet).

LITERATURA

- [1] Melike Orhan: **The Role and Importance of Workshops in the Architectural Design Education; Case of "Self Made Architecture I-II"**. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, Issue 3, 131-136, 2017.
<https://doi.org/10.18844/prosoc.v3i3.1545>
- [2] Nikezić Ana, Janković Nataša: **Ka društveno odgovornom arhitektonskom obrazovanju**. *Sociologija i prostor*, Vol. 52 (3), 279-292, 2014.
<http://dx.doi.org/10.5673/sip.52.3.3>
- [3] Venturi Robert: **Složenosti i protivurečnosti u arhitekturi**. *Građevinska knjiga*, Beograd, 2008.
- [4] Kovač Vladimir: **Percepcija i recepcija arhitektonskog dela**. *Nauka+Praksa*, Institut za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Vol. 13, 45-48, 2010.
- [5] Aalto Alvar: **In lieu of an article**. *Arkkitehti*, no. 1-2, 1958.
- [6] Meseldžija Hristina: **From Invariance to Difference: Architectural Drawing in the Digital Age between Structuralism and Post-structuralism**. *Facta universitatis-series Architecture and Civil Engineering*, Vol. 20 (1), 101-114, 2022.
<https://doi.org/10.2298/FUACE220515009M>
- [7] Milic-Aleksic Maja, Radulj Marina: **Architectural notation and design process**. *Facta universitatis - series Architecture and Civil Engineering*, Vol. 15 (2), 189-197, 2017.
- [8] Zeier Franz: **Papier: Versuche zwischen Geometrie und Spiel**. *Haupt*, Germany, 2009.
- [9] Karlavari Bogomil, Kelbli Jovanka, Stanojević-Kastori Miroslava, Kamenov Emil: **Metodika likovnog vaspitanja predškolske dece: za IV godinu pedagoške akademije**. *Zavod za udžbenike i nastavna sredstva*, Beograd, 1986.
- [10] Kovač Vladimir, **Opažanje arhitektonskog crteža**. *Nauka+Praksa*, Institut za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Vol. 13, 41-44, 2010.
- [11] Tschumi Bernard, **Arhitektura i disjunkcija**, *AGM*, Zagreb, 2004.
- [12] Venturi Robert, Izenour Steven, Scott Brown, Denise: **Learning from Las Vegas: The Forgotten Symbolism of Architectural Form**. *The MIT Press*, Cambridge, Massachusetts, 1972.
- [13] https://www.archdaily.com/519078/i-am-recycled-pkmn-architectures?ad_medium=gallery (1.2.2023.)
- [14] Le Korbizije: **Ka pravoj arhitekturi**. *Građevinska knjiga*, Beograd, 2006.
- [15] Yaneva Albena: **The Architectural Presentation: Techniques and Politics**. *Networks of Design: Proceedings of the 2008 Annual International Conference of the Design History Society (UK)*, University College Falmouth, 3-6 September, 212-217, 2008.
- [16] Ben-Jacob G. Marion, Glazerman H. Allan: **Technology and Education: A Merger with the Past, Present, and Future**. *Open Journal of Social Sciences*, Vol. 9, 39-42, 2021.

primljen: 14.04.2024.

Pregledni rad

korigovan: 12.10.2024.

prihvaćen: 13.10.2024.

UDK: 332.64/.74; 349.412.28

<https://doi.org/10.62683/NiP28.7>

PRIMENA REZIDUALNE METODE ZA PROCENU TRŽIŠNE VREDNOSTI ZEMLJIŠTA U POSTUPKU EKSPROPRIJACIJE

Dragan Kostić¹, Milorad Zlatanović², Srđan Aleksić³, Kostić Natalija⁴

Rezime: Otkup zemljišta za realizaciju infrastrukturnih projekata za pozajmišta građevinarskog šljunčanog materijala za izradu donjeg stroja kolovozne konstrukcije, nailazi na teškoće zbog metodologije za određivanje tržišne vrednosti parcela i isplate prethodnog vlasnika, koja vrlo često traje i nakon završetka koridora. U registrima RGZ prometovanog zemljišta, nisu uočljive transakcije parcela koje su sa potencijalom šljunčanog materijala, pa je samim tim Komparativni pristup neprimeren. Potrebno je u takvim slučajevima primeniti High And Best Use analizu, kojom će se dokazati komercijalna namena radi stvaranja profita i Rezidualni pristup kojim treba proceniti visinu profita koji će ostavari korisnik eksproprijacije. Dat je model utvrđivanja udela prava svojine klijenta u potencijalnom profitu kao ravnopravni ugovorni učesnik.

Ključne reči: tržišna vrednost zemljišta, high-and-best-use, prinosni pristup, procena vrednosti zemljišta u eksproprijaciji

APPLICATION OF THE RESIDUAL METHOD FOR ASSESSMENT OF THE LAND MARKET VALUE IN THE EXPROPRIATION PROCESS

Abstract: The buyout of land used as gravel borrow pits for the implementation of infrastructure projects for the construction of the undercarriage of the roadway structure, encounters difficulties due to the methodology for determining the market value of the plots and the payment to the previous owner, which very often continues even after the completion of the corridor. In the Republic Geodetic Institute registers of traded land, there are not noticeable transactions of plots with the potential of gravel material, therefore the Comparative Approach is inappropriate. In such cases, it is necessary to apply the High And Best Use analysis, which will prove the commercial purpose for the purpose of generating profit, and the Residual Approach, which should evaluate the amount of profit that the user of the expropriation will make. A model is provided for determining the share of the client's property rights in potential profit as an equal contractual participant)

Key words: Market value of land, High-And-Best-Use, Yield approach, Appraisal of land value in expropriation

¹ Dr tehničkih nauka, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, dragan.s.kostic@gmail.com, ORCID 0000-0001-6927-4155

² Dr tehničkih nauka, redovni profesor u penziji, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, milorad.zlatanovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID N/A

³ Dr pravnih nauka, advokat, office@alekcic.rs, ORCID N/A

⁴ DIA, Saradnik van radnog odnosa, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, kosticdnatalija@gmail.com, ORCID N/A

UVOD

Eksproprijacija zemljišta za realizaciju infrastrukturnih projekata auto puta ili brzih saobraćajnica, nailazi na teškoće prilikom otkupa zemljišta za realizaciju projekta, usled prenisko ponuđenih cena u upravnom postupku. Zbog toga vlasnici parcela u sudskim postupcima pokušavaju da ostvare pravičnu naknadu za zemljište koje se eksproprije pod specifičnim uslovima. Postojeća zakonska regulativa nedovoljno je precizna u pogledu definisanja metodologije za određivanje tržišne vrednosti takvih parcela. Procenu tržišne vrednosti u upravnom postupku radi Poreska uprava bez izlaska na teren, a na osnovu dva realizovana prometa za koje je izdato rešenje za prenos apsolutnih prava, tzv. kancelarijska procena. Kada sopstvenik ne prihvati ponuđenu cenu, propisana je mogućnost pokretanja vanparničnog/parničnog sudskog postupka. Pri tome tzv. tržišnu cenu (pojam određen Zakonom o eksproprijaciji [1]), utvrđuju veštak za građevinarstvo i poljoprivredu. Ovi postupci vode se u opštinskim sudovima, angažovanjem lokalnih sudskih veštaka. Izveštaji o tržišnoj vrednosti zemljišta se zasnivaju na primeni tzv. Komparativnog pristupa [1, 2, 3, 4], koji se inače primenjuje za procenu tržišne vrednosti zemljišta, koje će biti u identičnoj nameni i nakon kuporodaje. Za ovakav pristup proceni podrazumeva se identična namena i upotreba parcele kao i pre kupoprodaje i da parcele imaju identičan urbanističko-investicioni potencijal. U slučaju kada je svrha eksproprijacije “pozajmište šljunčanog materijala”, razumljivo je nezadovoljstvo niskim ponuđenim iznosima za otkup, jer je očigledna namera kokrisnika eksproprijacije da izvrši pritisak na klijenta radi kupovine i ulaskom u posed ostvari pravo na eksploataciju šljunčanog materijala. Ulaganjem rada, povećava se vrednost iskopanog materijala, a korišćenjem za sopstvene potrebe ugradnjom u infrastrukturne koridore, eliminišu se troškovi nabavke sličnog materijala na tržištu. Na taj način se ostvaruje profit. Primenom High-And-Best-Use analize dolazi se do najisplativije namene parcele, koja će dovesti do zaključka da se način korišćenja parcele menja iz građevinskog/poljoprivrednog zemljišta u eksploataciono polje sa mineralnim sirovinama čija eksploatacija donosi značajnu dobit. Podaci o prometu takvih parcela pod tržišnim uslovima, primenjujući definiciju tržišne vrednosti, nisu uočljivi u bazama registra prometa RGZ.

Ovaj rad se bavi analizom tehnologije za eksploataciju šljunčanog materijala, novčanim tokovima prihoda/rashoda u procesu eksploatacije šljunka/peska i proizvodnje finalnog proizvoda sa aspekta mogućeg profita. Posebno se bavi analizom podataka koji su od značaja za procenu eksploatacionih količina i odnosa cena eksploatacije osnovnog materijala koji bi sam klijent mogao da ostvari u odnosu na cenu finalnog proizvoda. Na taj način doći će se do učešća prava svojine klijenta u odnosu na ostvarenu dobit nosioca eksproprijacije koji služi kao osnov za utvrđivanje tržišne vrednosti zemljišta sa potencijalom za eksploataciju šljunčanog materijala.

2 PRAVNI OKVIR PROCENE NEPOKRETNOSTI ZA POTREBE EKSPROPRIJACIJE

2.1 PRAVNA REGULATIVA ODREĐIVANJA TRŽIŠNE VREDNOSTI U SRBIJI

“Tržišna vrednost je procenjeni iznos za koji bi nepokretnost mogla da se razmeni na datum procene vrednosti između voljnog kupca i voljnog prodavca, u transakciji između nezavisnih i nepovezanih strana, uz odgovarajući marketing, pri čemu su obe strane posedovale dovoljno saznanja, postupale razumno i nisu bile pod prinudom” [5]. Onaj ko daje procenu vrednosti (Poreska uprava u upravnom postupku/Veštaci u sudskom postupku) mora osim stručnosti i da je nezavisan od uticaja zainteresovanih strana u postupku. Obzirom da je korisnik eksproprijacije državno preduzeće, a Poreska uprava deo vladinog izvršnog aparata, jasno je da procena u upravnom postupku nije naklonjena prodavacu.

Definicija i načela stalno se usavršavaju i dopunjuju novim stavovima, vodeći računa o tipu nepokretnosti (zgrade, zemljište, posebni delovi objekata i sl.) i ugrađuju u International Valuation Standards (IVS) koje uzdaje Međunarodno udruženje procenitelja (Tegova [3, 6]) na svakih par godina i sveobuhvatna je u pogledu definicija različitih osnova vrednosti (tržišna, fer, investiciona, građevinska, sinergetska...), metoda koje treba primeniti i u kojim slučajevima sa detaljnim opisima za primenu propisanih metoda, sadržinu izveštaja o proceni, analizu tržišta, analizu lokacije, High And Best Use (HABU), pretpostavke koje treba uvesti prilikom procene [3, 5, 7].

Zakon o proceniteljima [7] primenjuje se za procenu tržišne vrednosti u slučajevima slobodnog tržišnog prometa (kupo-prodaja pod hipotekarnim

uslovima, stečaj i izvršni postupci) podrazumeva primenu prvenstveno domaće regulative namenjene proceniteljima vrednosti nepokretnosti koje licencira Ministarstvo finansija RS, a koja je proistekla iz pomenutih međunarodnih standarda. Međutim, za postupanje Sudova, naročito u postupcima za potrebe eksproprijacije, primenjuje se Zakon o eksproprijaciji [1], koji "naknadu za eksproprijisanu nepokretnost" vrlo kratko objašnjava bitne pojmove (članovima 41 do 55). Naknada za eksproprijisano poljoprivredno zemljište i građevinsko zemljište određuje se u novcu prema tržišnoj ceni takvog zemljišta (član 42). Za oduzeto građevinsko zemljište u državnoj, odnosno javnoj svojini, čak i korisniku tog zemljišta pripada pravo na naknadu.

Sudski veštaci vrlo često stvaraju zabunu kod Suda, koji treba da primene odredbe Zakona o eksproprijaciji, u kome se istovremeno koriste tri različita pojma, "tržišna vrednost", "tržišna cena" i "naknada za eksproprijisanu nepokretnost". Pojmovi iz Zakona nisu identični sa preciznim definicijama iz Pravilnika o nacionalnim standardima za procenitelje [8]. Sudski veštaci, koje licencira Ministarstvo pravde RS, nemaju obavezu kontinuirane edukacije i vrlo često ne prate osavremenjavanju proceniteljsku praksu, a Sudovi zbog racionalizacije postupaka angažuju raspoložive lokalne veštace. Postoji uverenje da se proceniteljska regulativa ne podrazumeva i selektivno primenjuje u sudskim postupcima. Sudski veštaci za građevinarstvo, kojima se poveravaju zadaci procene vrednosti zemljišta u sudskim postupcima, osim Zakona o eksproprijaciji primenjuju i Zakon o planiranju i izgradnji [9] i Uredbu za metodologiju o proceni vrednosti kapitala [10], kao i uputstvo za primenu te uredbe [4]. Obzirom da sudski veštaci nisu obavezni da kroz kontinuiranu edukaciju neprekidno usavršavaju svoja stručna znanja, veštine i etičnost, sudovi dolaze u situaciju da se na nedovoljno profesionalan način pristupa procenama vrednosti nepokretnosti u vrlo osetljivim imovinskim sporovima.

2.2 SVOJINSKO PRAVO NA MINERALNOM I RUDNOM BOGATSTVU

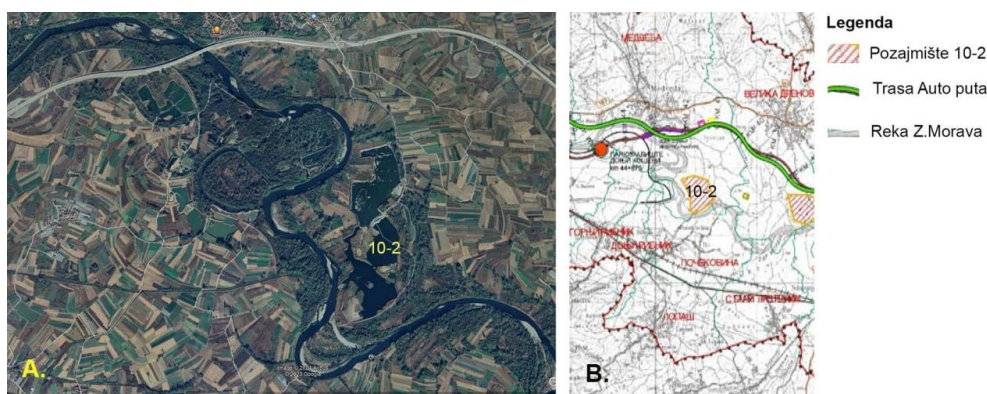
Mineralni resursi, resursi podzemnih voda, geotermalni resursi, kao i drugi geološki resursi su prirodno bogatstvo u svojini Republike Srbije i mogu se koristiti pod uslovima i na način utvrđen Zakonom o rudarstvu i geološkim istraživanjima [11]. Mineralni resursi odnosno mineralne sirovine od strateškog značaja za Republiku Srbiju su: nafta i prirodni gas; uglj; rude bakra i zlata; rude olova i cinka; rude bora

i litijuma; uljni glinci (uljni škriljci, odnosno šejlovi) i druge mineralne sirovine, određene posebnim aktom Vlade (član 4 Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima). Za potrebe privrednog subjekta, u privatnoj ili javnoj svojini, koji je nosilac istraživanja i/ili nosilac eksploatacije mineralnih sirovina, koje su određene kao sirovine od značaja, može se vršiti eksproprijacija nepokretnosti. Privredni subjekt u tom slučaju ima prava i obaveze korisnika eksproprijacije.

Mineralne sirovine su koncentracije mineralnih materija, organskog i neorganskog porekla, koje se pri određenom stepenu razvoja tehnike i tehnologije, mogu ekonomično koristiti, bilo u prirodnom stanju ili nakon odgovarajuće prerade. Obuhvataju gore pomenute i ostale nemetalične mineralne sirovine, uključujući i sirovine za dobijanje građevinskog materijala.

Pravo Republike Srbije zasniva se na postupku izdavanja Odobrenja za istražne i kasnije eksploatacione radove od strane Ministarstva za rudarstvo RS, a na osnovu propisane dokumentacije (Geološko-rudarski elaborat, stvarno pravo na zemljištu na kome se planira eksploataciono polje, planski osnov...) koji može podneti privredno društvo, preduzetnik ili fizičko lice. Odobrenjem za eksploataciju preciziraju se lokacija eksploatacionog polja, količina koju je moguće eksploatirati ukupno za period važenja dozvole od pet godina i za svaku godinu posebno. Naknada za korišćenje mineralnih sirovina propisana je Zakonom o naknadama za korišćenje javnih dobara [12]. Obveznik naknade za eksploataciju je nosilac Odobrenja za eksploataciju u skladu sa propisanim (čl.19 do 26 Zakona). Ove naknade su deo tokova novca i predstavljaju davanja u postupku eksploatacije (tzv. "rudna renta") koja se plaća Republici Srbiji a nosilac Odobrenja ostvaruje profit kao razliku između komercijalne prodaje i troškova eksploatacije.

Međutim, u slučajevima kada su Prostornim planom za područja posebne namene (PPPPN) kao što su putni koridori, određena mesta, tzv. "pozajmišta", koja sadrže potrebne količine mineralnog/kamnog materijala pogodnog za eksploataciju i nasipanje donjeg stroja kolovozne konstrukcije, korisnik eksproprijacije otkupom zemljišta od prethodnog vlasnika ostvaruje pravo na eksploataciju do iscrpljenja rezervi i naslaga tog materijala, najčešće šljunka. Na taj način eliminiše se trošak nabavke ovog materijala od trećih lica na slobodnom tržištu i maksimalno minimizuju troškovi iskopa, transporta i ugradnje.



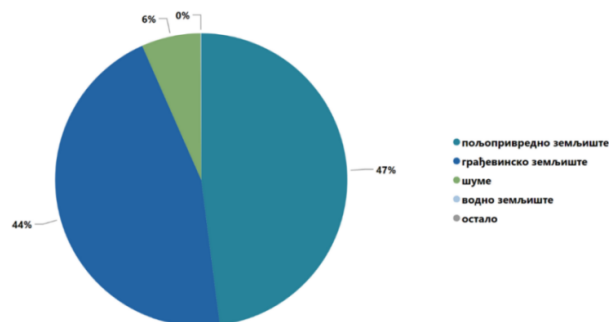
Slika 1 - Mikrolokacija nepokretnosti KP-xxxx KO Velika Drenova koje su zauzete i na kojima je izvršena eksploatacija šljunka: A. Google Earth 02/11/2023, B. Deo trase deonice 2 iz Projekta infrastrukturnog koridora autoputa E-761 ([https://koridorisrbije.rs/site/content/media/img/files/Morava%20SEP%20Rev_10%20\(14_01_2020\)_Serbian_\(1\).pdf](https://koridorisrbije.rs/site/content/media/img/files/Morava%20SEP%20Rev_10%20(14_01_2020)_Serbian_(1).pdf), 05.04.2024.)

3. TRŽIŠTE ZEMLJIŠTA U SRBIJI

Tržište zemljišta u Srbiji je u porastu (Tabela 1) na nivou od oko 21000 ugovora u prvom polugodištu 2023. godine. Pri tome je u oko 69% ugovora prometovana po jedna parcela, u oko 24% ugovora dve i više parcela iste vrste zemljišta, dok su u oko 7% ugovora prometovane parcele različitih vrsta zemljišta (npr. poljoprivredno i građevinsko, poljoprivredno i šumsko, šumsko i ostalo i dr.). Najveći broj ugovora o kupoprodaji zemljišta sa jednom parcelom u prometu je na području grada Beograda 75%. Prikaz udela različitih vrsta zemljišta u kupoprodajama zemljišta u prvom polugodištu 2023. godine predstavljen je na Slici 2. Broj registrovanih kupoprodaja zemljišta prema vrsti nepokretnosti za promete u kojima je učestvovala jedna parcela i promete u kojima su učestvovala dve i više parcela iste vrste zemljišta u prvom polugodištu u poslednje četiri godine, prikazan je u Tabeli 1.

Tabela 1- Broj ugovora o kupoprodaji zemljišta, izvor: RGZ registar nepokretnosti (https://www.rgz.gov.rs/content/docs/000/000/006/ГОДИШЊИ_ИЗВЕШТАЈ-3А_МЕДИЈЕ_2023.pdf, 05.04.2024.)

Land	1st half of 2020	1st half of 2021	1st half of 2022	1st half of 2023
building plot	6130	12469	11228	9323
agricultural land	6890	8941	9209	9845
Forest land	593	1067	1321	1342
other land	189	230	289	496
water land	8	18	10	17
in total	13809	22723	22057	21023



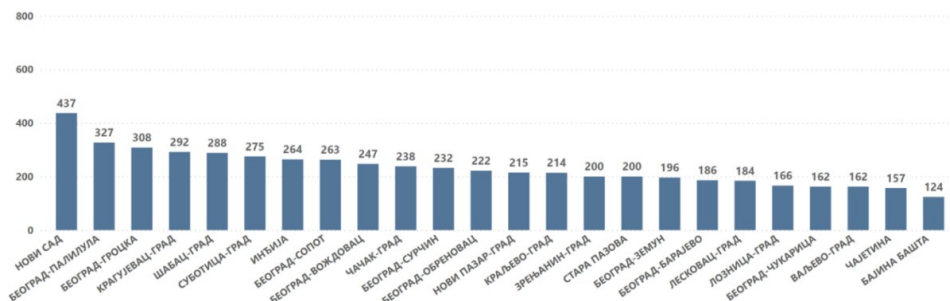
Slika 2 - Udeo prometa različitih vrsta zemljišta u I Polugodištu 2023, izvor: informacija RGZ registar nepokretnosti (https://www.rgz.gov.rs/content/docs/000/000/006/ГОДИШЊИ_ИЗВЕШТАЈ-3А_МЕДИЈЕ_2023.pdf, 05.04.2024.)

Najveće učešće u ugovorima kojim je prometovano zemljište imaju građevinsko i poljoprivredno zemljište. Opštine sa najvećim brojem ugovora o kupoprodaji građevinskog zemljišta u prvom polugodištu 2023. godine, prikazane su na Slici 3. Ostalo zemljište u prometu zastupljeno je sa 1% do 2,4%.

Karakteristika parcela koje imaju eksploatacioni potencijal, čak ni kao profesionalni korisnik informacionih usluga RGZ SKN, ne može se utvrditi. Prometovano ostalo zemljište koje poseduje eksploatacioni potencijal nije tako registrovano u mega bazama podataka. Realna specijalna pretpostavka je da su sopstvenici takvih parcela neinformisani o mineralnom potencijalu kao ni o profitu koji bi eksploatacijom mineralnih sirovina mogao da ostvari. Stavljanjem u promet takvog zemljišta kao poljoprivredno/gr građevinsko, nije ispunjen uslov iz definicije Tržišne vrednosti ("...dovoljno informisan, bez prinude i pritiska..."). Takvog prometa ima, nalazi se u bazama prometa

zemljišta Registar RGZ, ali ne predstavlja slobodne tržišne promete, odnosno nije adekvatan parametar za upoređivanje jer je promet ostvaren po znatno nižim cenama, baš zbog nedovoljne informisanosti sopstvenika o vrednosti rezervi mineralnih naslaga,

odnosno nije utvrđena najbolja i najisplativija upotreba (HABU) parcele. Zbog toga metoda komparacije nije pogodna za upotrebu u ovakvim slučajevima [1].



Slika 3 - Broj ugovora o kupoprodaji građevinskog zemljišta u I polugodištu 2023

(https://www.rgz.gov.rs/content/docs/000/000/006/ГОДИШЊИ_ИЗВЕШТАЈ-ЗА_МЕДИЈЕ_2023.pdf, 05.04.2024.)

Za utvrđivanje HABU parcele potrebno je izraditi analizu koja bi obuhvatila više parametara od kojih zavisi koja namena bi sopstveniku donela maksimalnu finansijsku dobit. Parametri koji se obavezno analiziraju su: pravni osnov, planski osnov, finansijski efekat od prodaje ili od izdavanja u zakup.

Pravni osnov zasniva se na stvarnom pravu svojine nad zemljištem koje bi se stavilo u promet, a utvrđuje se na osnovu javnih knjiga katastarske evidencije.

Planski osnov zasniva se na prostornom planu posebne namene za područje na kome se planira eksploatacija mineralnih sirovina, a koji je u obavezi da izradi korisnik eksproprijacije.

Za potrebe infrastrukturnih koridora, samim PPPPN preciziraju se prostorni zahvati na kojima se eksploatacija mineralnih naslaga dozvoljava, a eksproprijacija i izuzimanje parcela od prethodnih vlasnika se vrši sa svrhom "za potrebe pozajmišta".

Tokovi novca se u postupku eksproprijacije ne projektuju kroz biznis plan, već se na osnovu proglašenja javnog interesa, finansijski efekti prenose na korisnika eksproprijacije. Na taj način ostavlja se korisniku eksproprijacije ili izvođaču radova da planira organizaciju rada na realizaciji infrastrukturnog koridora bez obaveze da izradi rudarsko-geološkog elaborat niti da apliciranja za eksploatacionu dozvolu. Svi stvarni proizvodni i režijski troškovi eksploatacije, transporta i ugradnje i benefit od uštede na račun planiranog troška za šljunčani materijal jesu interni finansijski efekat koji je u trenutku naplate situacije za izgrađenu deonicu u velikom dobitnom saldu.

Sopstvenik zemljišta da bi bio informisan o tipu mineralnog bogatstva, planskim osnovom i finansijskim efektom eksploatacije, treba da angažuje

stručna lica koja se bave prometom nekretnina (pravnik-specijalista za imovinsko pravo, veštak za građevinarstvo ili procenitelj vrednosti nepokretnosti ili agencija za promet nepokretnosti). Angažovanje stručnih lica treba da usledi odmah nakon prvih javno objavljenih informacija o planu Ministarstva za infrastrukturu RS da planira koridor na poziciji parcela koje mogu u bliskoj budućnosti biti predmet eksproprijacije.

4. METODOLOGIJA PROCENE TRŽIŠNE VREDNOSTI

Procena tržišne vrednosti treba da se bazira na regulativi koja se bavi problemima proceniteljske struke [1,3-13] a izvršavaju je stručna lica u zavisnosti od svrhe i namene procene [2,6,14-18]. Za potrebe kreditiranja su to licencirani procenitelji, dok u sudskim predmetima to su veštaci za oblast građevinarstvo. Regulativa je jedinstvena bez obzira na svrhu procene.

Veštaci i procenitelji prilikom izrade procene vrednosti određene nepokretnosti moraju da poseduju određena stručna znanja i veštine, visoke etičke kvalitete, a poželjno je da imaju i iskustvo na sličnim problemima. U svom radu oslanjaju se na principe i načela koji se pominju u literaturi:

- načelo ponude i tražnje (prvo osnovno pravilo ekonomije);
- načelo ekonomskih promena u državi (procena se daje na određeni rok-maksimum 6 meseci);
- načelo predvidljivosti tj. tendencije na tržištu (tzv. pogled u budućnost);

- načelo konkurentnosti (odnos broja nepokretnosti koji se u datom momentu prodaju na približnoj lokaciji i naša su konkurencija);
- načela prihoda od nepokretnosti (dobit od rente itd.);
- načelo vanekonomskih uticaja (uticaj politike);
- načelo supstitucije (ako u isto vreme na istoj lokaciji postoje dve iste nepokretnosti na prodaji, naravno da će se prva prodati jeftinija);
- optimalnost buduće upotrebe (npr. ako je planirano da pored određene nepokretnosti prođe novi put, napravi se tržišni centar ili nešto što diže vrednost, ili deponija, groblje ili slično što smanjuje vrednost), tzv. High And Best Use (HABU) analiza.

4.1. METODE POGODNE ZA PROCENU TRŽIŠNE VREDNOSTI ZEMLJIŠTA

Kod primene komparativnog pristupa, vrednost nepokretnosti se određuje upoređivanjem karakteristika imovine čija se vrednost procenjuje sa kuporodajnim cenama ostvarenim na tržištu u ograničenom vremenskom periodu koji je kraći od 6 meseci [15]. Pažljivo praćenje tržišta u lokalnom okruženju kao i sredinama slične ekonomske razvijenosti/atraktivnosti je potrebno za primenu ovog metoda [16]. Uglavnom se koristi za slobodne parcele, kao i za stanove, porodične kuće, poslovne prostore. U slučaju izgrađenog zemljišta koje je u privatnoj svojini, pristup direktnog upoređivanja prodajnih cena se koristi za određivanje vrednosti zemljišta i u troškovnom [17] i u prinosnom pristupu.

Kod izbora komparativa bitna je istovetna namena i tip zemljišta, kao i da se HABU analizom dokaže da će budući kupac koristiti na istovetan način (nema eksploatacioni potencijal rudnog ili mineralnog karaktera) [6, 18].

Tržišna vrednost primenom prinosnog pristupa se određuje kapitalizacijom neto prihoda koji se očekuje u periodu posle datuma procene, ili koji je postignut u prethodnom periodu uz adekvatnu kamatnu stopu i u skladu sa očekivanim preostalim ekonomskim životnim vekom nepokretnosti. Ukoliko se ispostavi kroz HABU analizu da postoje eksploatacioni uslovi mineralnih rezervi, posebno se analiziraju tokovi novca u pogledu prihoda od eksploatacije mineralnog bogatstva i troškova eksploatacije za procenjenu količinu sirovina, uzimajući vreme do potpunog iscrpljenja ili za pet godina kao period za koji se dobija eksploataciona dozvola. Razlika između ostvarenog prihoda i rashoda za planirani kapacitet eksploatacije za utvrđeni period, predstavlja ukupnu

dobit nosioca eksploatacije. Pri tome je nosilac eksploatacije savremenom proizvodnjom stvorio novu-uvećanu vrednost poluproizvoda (kada su šljunkare u pitanju to je separisani šljunak po frakcijama, pesak) koji transportuje i ugrađuje u donji stroj koridora. Sopstvenik parcele bi savesnom eksploatacijom na svojoj parceli ostvarivao samo prihod od iskopa osnovne sirovine (bez transporta i ugradnje) koja u odnosu na cenu separisanih frakcija/peska ima mnogo manju vrednost. Prema dosadašnjim iskustvima osnovna sirovina u odnosu na finalni poluproizvod je u odnosu 1:(3 do 4) ili 25% do 33%.

Ova metoda se uobičajeno obavezno koristi za stambene, poslovne i komercijalne objekte koje se iznajmljuju, kao i za nepokretnosti za mešovitu upotrebu (hoteli, turističke nepokretnosti, itd.). Osnova za prihodovnu metodu je sigurna trajna zarada u okviru preostalog ekonomskog veka trajanja objekta, određenog na datum procene.

U slučaju eksploatacije na pozajmištima uz infrastrukturne koridore, eksploatacioni potencijal je na ograničenoj površini do dubine koja je do vodonepropunog sloja sa vremenskim tokom do godinu dana. U tako kratkom periodu nema efekata diskontovanja uloženi finansijskih sredstava u eksploataciju, zbog toga se analiza novčanih tokova kao deo prinosne metode koristi u tzv. Rezidualnoj metodi za utvrđivanje ukupnog profita i načina negove podele između korisnika eksproprijacije (nosilac eksploatacije) i klijenta (sopstvenika parcele).

4.2. SUDSKI SPOROVI I PROCENITELJSKA PRAKSA

Vrednost neizgrađenog zemljišta za svrhu eksproprijacije za pozajmišta, u sudskim sporovima veštaci za oblast građevinarstvo primenjuju isključivo komparativni pristup. Pri tome u najvećem broju slučajeva njihovi izveštaji ne sadrže analizu lokalnog i regionalnog tržišta parcela iste namene, niti sprovode HABU analizu.

Kod primene komparativne metode teže izboru komparativa u neposrednoj blizini, bez obzira na vreme kada je transakcija izvršena, pri čemu su komparativi vrlo često iz perioda pre više godina. Kao rezultat je najčešće srednja vrednost izabranih komparativa ili paušalna korekcija svakog od komparativa ne vodeći računa o elementima tržišne vrednosti koji se prilagođavaju u zavisnosti od podudaranja sa parcelom koja se procenjuje (lokacija, infrastrukturna opremljenost, tržište, SWOT analiza).

4.3. PROCENITELJSKE GREŠKE PRILIKOM PRIMENE KOMPARATIVNOG PRISTUPA

Na osnovu pouzdanih podataka potrebno je pažljivo praćenje tržišta za primenu ovog pristupa.

Prilikom procene zemljišta koje poseduje eksploatacioni kapacitet mineralnih ili rudnih sirovina javljaju se teškoće i u praćenju tržišta i u pouzdanosti prikupljenih podataka, kao i u verodostojnost rezultata procene, primenom ove metode

Profesionalni korisnici koji imaju puni pristup bazama podataka Registra RGZ prometovanih parcela, uključujući i sklopljene kupoprodajne ugovore mogu da prate tržište. Međutim, podaci u ugovorima koji nisu kompletni i ne poseduju informacije o potencijalu prometovanih parcela sa eksploatacionim kapacitetom.

Veštaci iz takvih baza prikupljaju podatke o građevinskom/poljoprivrednom zemljištu i u najvećem broju slučajeva, prema približnoj mikrolokaciji. Opšta pretpostavka veštaka je da će parcela nastaviti da se koristi u istoj nameni, što je netačno jer se eksproprije za namenu koja donosi profit.

Kretanje cena zemljišta u lokalnoj sredini nastalo je na osnovu prometa poljoprivrednog, odnosno građevinskog zemljišta. Ne može se tvrditi da odražava vrednost zemljišta čija je HABU: eksploatacija mineralnih-nemetallnih sirovina. Pravilnom primenom metode uporedne prodaje (komparativna), dobijeni rezultat bi se u mnogome razlikovali od početnih komparativa, što se prema proceniteljskoj praksi ne smatra pouzdanim podatkom o tržišnoj vrednosti.

Bitne greške sudskih veštaka su pogrešan izbor komparativa, pogrešna primena metodologije komparativne metode. Zbog toga se u ovakvim slučajevima preporučuje primena rezidualne metode, kao što je dato u sledećem poglavlju.

5. REZULTATI PRIMENE REZIDUALNOG PRISTUPA PROCENI ZEMLJIŠTA-CASE STUDY POZAJMIŠTE ŠLJUNKA ZA DONJI STROJ KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE I TRŽIŠNA VREDNOST PARCELA POD EKSPLOATACIONIM POLJEM

Predmetne nepokretnosti su katastarske parcele koje su zbog izgradnje auto puta zauzete i uveliko se sprovodi eksploatacija peska i šljunka. Parcele nisu u pojasu trase auto puta, ali je proglašen javni interes nad njima.

Uvidom na licu mesta utvrđeno je da je površinski sloj plodne zemlje sa predmetnih parcela uklonjen sa parcela i deponovan u neposrednom okruženju. Slojevi šljunka i peska se eksploatišu iskopavanjem bagerima, odvozom do 5km kiperima zapremine 12m³ na trasu auto puta i služe za nasipanje nosećih zemljanih slojeva donjeg stroja. Dubina do koje se vrši eksploatacija je 9m, odnosno do vodonepropusnog glinenog sloja.

Parcele koje su izuzete i na njima se vrši eksploatacija kamenog materijala su date na Slici 4, po vrsti-Poljoprivredno zemljište, a po načinu korišćenja -Njiva I klase, Njiva II klase, Njiva III klase i Šuma V klase. Pre zauzimanja odnosno eksploatacije od strane "Koridora Srbije" bile su zasađene poljoprivrednim kulturama.

Trenutna namena ovih nepokretnosti je eksploatacija šljunka za potrebe izgradnje Auto puta i izrada infrastrukturnog prilaza do eksploatacionog polja, Pozajmište 10-2 u skladu sa detaljnom razradom Projekta infrastrukturnog koridora autoputa E-761, deonica Pojate-Preljina („Sl.gl.RS”, 98/13) (Inženjersko geološki i geotehnički uslovi, Projekat eksproprijacije, Projekat organizacije i tehnologije građenja).

Materijal koji se eksploatišu ima svoju tržišnu vrednost kao deo materijala koji bi morao da se nabavi na tržištu u procesu izgradnje Auto puta, odnosno predstavljao bi trošak koji bi izvođač radova morao da plati sopstveniku nalazišta mineralnog-kamenog materijala. Sa druge strane, izvođač, kroz naplatu izvršenih radova od Investitora, vraća uložena sredstva za izvršene radove i ostvaruje dobit (profit).

Za primenu prinosnog pristupa treba pronaći slične nepokretnosti koje se izdaju u zakup i utvrditi uslove pod kojima se one rentiraju. Na prvi pogled i ova metoda se može učiniti neupotrebljivom, jer nema podataka o mogućoj zakupnini. Međutim, analizom neto novčanih tokova na poslovima eksploatacije kamenog materijala sa svim prihodovnim i odbitnim stavkama može se doći do Operativnog profita za nosioca eksploatacije, odnosno korisnika eksproprijacije.



Slika 4 - Mikrolokacija nepokretnosti KO Velika Drenova koje su izuzete i na kojima se vrši eksploatacija šljunka-kamenog materijala (Pozajmište 10-2) (<https://a3.geosrbija.rs/katastar>, 05.04.2024.)



Slika 5 - Eksploataciono polje grupacije parcela.

Dubina iskopa 9m do sloja gline

Ovaj pristup u proceni vrednosti nekretnina se bazira na pretpostavci da vrednost imovine zavisi od njene mogućnosti da generiše profit za vlasnika. U praksi se najčešće koriste dve metode ovog pristupa: Metod direktne kapitalizacije i Metod diskontovanja novčanih tokova.

U konkretnom slučaju potrebno je primeniti deo metodologije prinosnog pristupa kroz analizu dobitnih/odbitnih stavki (novčani tokovi). Potpuna Metoda diskontovanja novčanih tokova, nije primenjiva, jer nema pada vrednosti uložених sredstava u eksploataciju koja je već naplaćena od Investitora kroz privremene situacije, odnosno diskontovanja



6 - Eksploataciono polje grupacije parcela. Dubina

iskopa 9m do sloja gline

nema, jer se obračun radi na realne vrednosti u sadašnjem trenutku, za kratak vremenski period eksploatacije i naplate izvršenih radova (6 meseci do godinu dana).

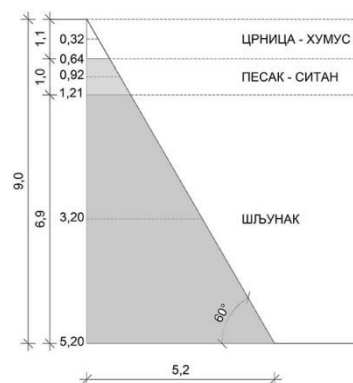
Kod primene Rezidualne metode u ovom slučaju, izvršena je kapitalizacija potencijalnih prihoda od eksploatacije kamenog agregata (neto novčani tok) - šljunka i peska koji je pogodan za nasipanje donjih slojeva (donji stroj) iznad posteljice. Procena je urađena na osnovu podataka koji su odraz na tržištu usluga transportnih i građevinskih radova u trenutku izrade izveštaja (oktobar 2022) bez diskontovanja vrednosti. Prilikom vrednovanja, korišćeni su sledeći parametri:

Eksploatacija materijala na predmetnim parcelama u KO Velika Drenova ima potencijal do dubine od 9m, odnosno do vodonepropusnog sloja gline

Prema uvidu na licu mesta predmetne parcele su većim delom bile u otkopu od oko 9m u dubinu sa prosečnim humusnim slojem od oko 1,1m na površini i zauzećem parcela od oko 100%. Predviđa se količina materijala koja je na 100% iskorišćenosti predmetnih parcela koja u slučaju rastresitog materijala mora biti u obliku kaskada i kosina (Slika 7).

Prihodovna količina za eksploatacioni period do iscrpljenja sračunata je na osnovu površina parcela i obima za dve grupacije parcela (Tabela 2), maksimalnu dubinu eksploatacije, nagiba kaskada i kosina u toku i nakon eksploatacije. Rashodovne količine rekultivacije obuhvataju celokupnu iskapanu količinu peska i šljunka uvećanu za deponovani humus otkrivke (debljina oko 1,1m).

Filtriranjem kroz propusne slojeve iz rečnog toka Zapadne Morave u otkopu je nivo vodenog ogledala bio na oko polovine dubine otkopa.



Slika 7 - Profil iskopa sa debljinama slojeva otkrivke i slojeva koji se eksploatišu

Tabela 2 - Površina, obim i redukovana količina eksploatacije grupacije parcela

Grupacija	Površina m ²	Obim grupacije m	Otkrivka m ³	Pesak m ³	Šljunak m ³	Eksploataciona količina (šljunak i pesak) m ³
A	15791	607	15.287,5	13.533,6	83.832,2	97.365,8
B	8695	370	8.348,6	7.367,6	45.015,6	52.383,2
UKUPNO	24486	977	23.636,1	20.901,2	128.847,8	149.749,0

- Naknada za promenu namene iz poljoprivrednog u gradsko građevinsko zemljište u skladu sa Zakonom o korišćenju javnih dobara iznosi 50% od cene adekvatnog zemljišta (građevinskog) koja je utvđena Odlukom grada za utvrđivanje poreske osnovice i iznosi 85 RSD/m² * 50% = 42,5 RSD/m² (odbitna stavka)
- Prihod od eksploatacije kalkuliše se sa tržišnom cenom šljunčanog materijala koja trenutno iznosi oko 1800 RSD/m³ i peskovitog materijala 3000 RSD/m³ (bruto prihod od eksploatacije)
- Troškovi iskopa, utovara i prevoza šljunka 615 din/m³
- Rekultivacija, nasipanje i humusiranje u skladu sa čl.5 s.3 Zakona o eksproprijaciji, 500 RSD/m³
- Rudna renta u skladu sa Zakonom o naknadama za korišćenje javnih dobara za eksploataciju kamenog materijala u iznosu od 80 RSD/m³ [12]
- Eksploatacija materijala na predmetnim parcelama u KO Velika Drenova ima potencijal za vlasnika parcele do dubine od 4,5m, odnosno

do vodenog ogledala u širokom otkopu jer je ispod površine vode nemoguće izvršiti otkop ekstenzivnom eksploatacijom (ručno). Procenjena količina materijala u odnosu na Izvođača radova je 50%

- Iskop, utovar i prevoz humusnog površinskog sloja na daljinu do 50m uz samu ivicu širokog otkopa 384,00 RSD/m³. Po istoj ceni se kalkulišu troškovi vlasnika na iskopu i utovaru u traktorsku prikolicu
- Prihod vlasnika od ekstenzivne eksploatacije do nivoa podzemne vode ručnim utovarom prodajom na licu mesta po ceni od 750 RSD/m³

Elementi rashoda analizirani su i preuzeti iz javno dostupnih cena na tržištu roba i usluga u Trsteniku i okolini.

Primena rezidualne metode za procenu tržišne vrednosti zemljišta

Tabela 3 - Neto novčani tokovi i podela ostvarenog profita primenom Rezidualne metode

(1)	Korisnik eksploatacije- Izvođač radova		Neto novčani tokovi	m3	cena RSD/m3	RSD
(2)	Prihod od eksploatacije	Tab.1 d.	Iskopani šljunkoviti materijal	128,847.80	1,800.00	231,926,040
		Tab.1 d.	Iskopani peskoviti materijal	20,901.20	3,000.00	62,703,600
(3)=(2)	UKUPNO PRIHOD					294,629,640
(4)	Rashod u eksploataciji	c	promena namene iz poljoprivrednog u građevinsko zemljište	24,486.00	42.50	1,040,655
		e	Troškovi iskopa, utovara i prevoza šljunka i peska	149,749.00	615.00	92,095,635
		i	Troškovi iskopa, utovara i prevoza humusnog površinskog sloja	23,636.10	384.00	9,076,262
		f	Rekultivacija, nasipanje i humusiranje	173,385.10	500.00	86,692,550
		g	Rudna renta	149,749.00	80.00	11,979,920
(5)=(4)	UKUPNO RASHOD					200,885,022
(6)=(5)-(3)	NETO OPERATIVNI PRIHOD - PROFIT Izvođača radova					93,744,618

(7)	Iskop i utovar - vlasnik	i	Troškovi iskopa, utovara do nivoa podzemne vode	74,874.50	384	28,751,808
(8)	Prihod vlasnika	j	Prodaje na licu mesta	74,874.50	750	56,155,875
(9)=(8)-(7)	Potencijalna dobit vlasnika					27,404,067
(10)=(9)/(6)	Udeo dobiti vlasnika od sopstvene eksploatacije u odnosu na dobit Izvođača radova - PODELA OSTVARENOG PROFITA u korist Vlasnika					29%
(11)= 100%-(10)	PODELA OSTVARENOG PROFITA u korist Izvođača radova					71%

Procenjena vrednost profita nosioca eksploatacije je u srazmeri sa vrednošću materijala koji se eksploatacijom i dodatnom obradom uvećava. U ovom slučaju udeo od 29% u profitu je tržišna vrednost parcele na kojoj se vrši eksploatacija i obrada iskopanog materijala. U ovoj studiji slučaja profit Izvođača radova iznosi 93.744.618 RSD, a potencijalna dobit vlasnika 27.404.067 RSD ili 29% od profita izvođača radova. Preračunato na jedinicu površine eksproprisane parcele, njena tržišna vrednost

bi bila 1119 din/m², što je u odnosu na prosečnu cenu poljoprivrednog zemljišta na toj lokaciji, primenom komparativne metode (oko 1E/m²) 10 puta više.

6. ZAKLJUČAK

Poznato je da u registrima prometovanih parcela RGZ nisu uočljive transakcije parcela koje su sa potencijalom šljunčanog materijala, pa je samim tim

Komparativni pristup neprimeren za procenu zemljišta sa naslagama mineralnih šljunčanih naslaga. Potrebno je u takvim slučajevima primeniti Rezidualni pristup kojim treba proceniti visinu profita koji će ostvariti nosilac eksploatacije/izvođač radova i utvrditi udeo prava svojine vlasnika u potencijalnom profitu kao ravnopravni ugovorni učesnik. Nakon detaljnih analiza novčanih tokova za eksploataciju osnovnog bazičnog materijala, odnosno materijala kojem se uvećava vrednost dodatnom obradom eventualnim separisanjem, transportom i ugradnjom u donji stroj kolovozne konstrukcije, stavljanjem u odnos ovih vrednosti utvrđuje se učešće u dobiti sopstvenika parcele sa eksploatacionim potencijalom mineralnog-nemetalnog materijala u odnosu 1:(3 do 4) ili 25% do 33%.

Sopstvenik zemljišta treba da angažuje stručna lica odmah nakon prvih javno objavljenih informacija o planu Ministarstva za infrastrukturu RS za gradnju koridora na poziciji parcela koje mogu u bliskoj budućnosti biti predmet eksproprijacije.

LITERATURA

- [1] **Zakon o eksproprijaciji.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 53/1995, 23/2001 - sus, 20/2009, 55/2013 - us, 106/2016 - Autentično tumačenje
- [2] Đurić Zoran: **Metode procene vrednosti nepokternosti**, Beograd 2009, ISBN 978-86-913011-0-1
- [3] **International Valuation Standards 2013** www.ivsc.org/products
- [4] **Uputstvo o načinu primene metoda za procenu vrednosti kapitala i imovine i načinu iskazivanja procenjene vrednosti kapitala.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 57/01
- [5] **European Valuation Standards** www.tegova.org/en/p4912ae3909e49 The European Group of Valuers Assotiation, 2016, 2020, 2023
- [6] Kostić Dragan, Zlatanović Milorad, Vasov Miomir, Nedeljković Miloš, Aleksić Srđan: **Market Value Assessment of Cadastral Parcels Using High-And-Best-Use Analysis And Yield Approach.** JFCE-45 ISSN 3009-3813 (rad prihvaćen za objavljivanje)
- [7] **Zakon o proceniteljima.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 108/16
- [8] **Pravilnik o nacionalnim standardima Pravilnik o nacionalnim standardima, kodeksu etike i pravilima profesionalnog ponašanja licenciranog procenitelja.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 37/23
- [9] **Zakon o planiranju i izgradnji.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 - US, 24/11, 121/12, 42/13 - US, 50/13 - US, 98/13 - US, 132/14, 145/14, 8/18, 31/19, 37/19 - dr.zakon, 9/20, 52/21, 62/23
- [10] **Uredba o metodologiji za procenu vrednosti kapitala i imovine.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 45/01 i 45/02
- [11] **Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 101/15, 95/18 - dr. zakon i 40/21
- [12] **Zakon o naknadama za korišćenje javnih dobara.** Službeni glasnik Republike Srbije, broj 95/18, 49/19, 92/23
- [13] RICS Red Book
www.rics.org/uk/knowledge/professional-guidance/red-book
- [14] Zec Miodrag, Begović B, Mijatović B, Hiber D: **Privatizacija državnog zemljišta u Srbiji, Centar za liberalno-demokratske studije**, Beograd 2006
- [15] Kuburić Miroslav: **Model for determing the average cost of property territorial units in Serbia, Geonauka** Vol.1, No.1 2013, p.1-12
- [16] Novković Uroš, Lipovac Miloš: **Aktuelni problemi procena nekretnina i tržište nekretnina u Srbiji-Regulatorni, stručni naučni aspekti razvoja profesije, Nauka+Praksa, ISSN 1451-8341, GAF Niš** Vol.24, 2021, p.1-9
- [17] Kostić Dragan, Vasov Miomir, Petković Nebojša: **Procena vrednosti nepokretnosti industrijskih kompleksa u stečaju, Nauka+Praksa, ISSN 1451-8341, GAF Niš** Vol.24, 2021, p.54-66
- [18] Šoškić Mladen, Mihajlović Rajica, Višnjevac Nenad, Marošćan Stevan: **Metodologija procene zemljišta u procesu urbane komasacije, Nauka+Praksa, ISSN 1451-8341, GAF Niš** Vol.24, 2021, p.20-29

primljen: 09.07.2024.*Pregledni rad**korigovan:* 21.01.2025.*prihvaćen:* 22.01.2025.

UDK:726.1(497.11)

<https://doi.org/10.62683/NiP28.8>

PRIKAZ KONKURSNOG REŠENJA PRAVOSLAVNE CRKVE U SELU BOGOJEVCE – ANALIZA KRUŽNE FORME U OSNOVI SAKRALNIH OBJEKATA

Vukašin Stefanović¹

Rezime: Cilj ovog rada je prikaz konkursnog rešenja crkve u selu Bogojevce nedaleko od Leskovca. Projekat je nastao u okviru predmeta Sakralna arhitektura (VII semestar, IV godina IAS, GAF Niš, 2022./2023.), nagrađenog II nagradom od strane stručnog žirija. Pored izlaganja procesa projektovanja rešenja, ovaj rad daje prikaz analize kružne forme u praksi projektovanja sakralnih objekata kroz prikaz jednog očuvanog antičkog spomenika u Solunu i dva realizovana savremena projekta u Srbiji. Sakralni objekti su od velike važnosti za sagledavanje razvoja srpske arhitekture, kako predstavljaju dominantnu tipologiju razvijanu sve do 20. veka. Današnja arhitektonska praksa ne uspeva lako da unese novine u oblikovanje crkava zbog visokog autoriteta Srpske pravoslavne crkve, međutim postoje izvedeni objekti koji dokazuju da je moguće napraviti kompromis između naizgled sukobljenih stavova i ostvariti originalna dela autorske arhitekture. Netipična za savremene sakralne objekte, rotunda je praktični odgovor na orijentaciju, geometriju i poziciju parcele u slučaju ovog rešenja.

Ključne reči: rotunda, Srbija, konkursno rešenje, pravoslavni hram

PRESENTATION OF THE COMPETITION PROJECT FOR ORTHODOX CHURCH IN THE VILLAGE OF BOGOJEVCE – ANALYSIS OF THE CIRCULAR FORM OF THE FLOOR PLAN OF RELIGIOUS BUILDINGS

Abstract: The aim of this paper is to present the competition project of the church in the village of Bogojevce, near from city of Leskovac. The project represents a solution created within the course Sacred Architecture (VII semester, IV year IAS, GAF Nis, 2022./2023.), awarded with the II prize by the expert jury. In addition to presenting the project design process, this paper presents an analysis of the circular form in the practice of designing sacred buildings by presenting one conserved ancient monument in Thessaloniki and two built contemporary projects in Serbia. Sacral buildings are of great importance for understanding the development of Serbian architecture, as they represent the dominant typology developed until the 20th century. Today's architectural practice does not easily manage to introduce novelties in the design of churches due to the high authority of the Serbian Orthodox Church, however, there are constructed buildings that prove that it is possible to compromise between seemingly conflicting views and create original works of author's architecture. Atypical for sacral objects, the rotunda is a practical answer to the orientation, geometry and position of the plot in the case of this project.

Key words: Rotunda, Serbia, Competition project, Orthodox church

¹ Master inženjer arhitekture., saradnik u nastavi, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, vukasinarhitekt@gmail.com, ORCID 0009-0002-7852-0439

1 UVOD

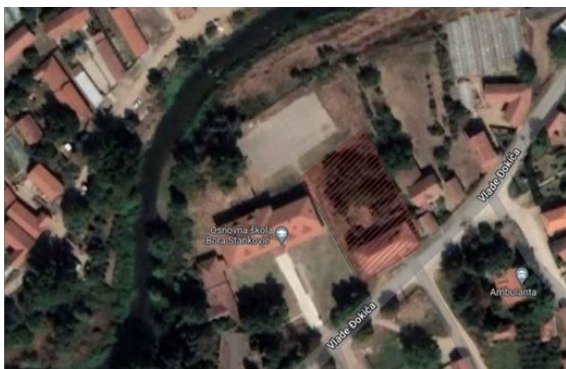
Konkurs za izradu idejnog rešenja pravoslavne crkve u selu Bogojevce raspisan je nakon pokretanja inicijative meštana za izgradnju pravoslavnog hrama koju je podržala i Srpska pravoslavna crkva. SPC u saradnji sa Građevinsko-arhitektonskim fakultetom u Nišu već par godina unazad organizuje konkurs u okviru predmeta Sakralna arhitektura kako bi se studenti upoznali sa tematikom projektovanja sakralnih objekata. Prikazano rešenje crkve predstavlja jedan od odgovora pristiglih na konkurs.

Parcela na kojoj je predviđena izgradnja pravoslavnog hrama nalazi se u selu Bogojevce, koje pripada opštini Leskovac, dok novoprojektovani pravoslavni hram pripada crkvenoj opštini „Sveta Petka Kumarevo“. Oslonjena na ulicu Vlade Đokića, parcela je dobro povezana sa ostatkom sela, a neposredno u njenoj blizini je Osnovna škola „Bora Stanković“. Relativno pravilna pravougaona forma parcele definisana je dužom stranom u pravcu severozapad – jugoistok. Širina uličnog fronta parcele iznosi približno 34m, duža strana 58m dok je ukupan kapacitet parcele 2200m². Nakon prvog sastanka sa predstavnikom SPC, protojerejem Bobanom Stojkovićem, definisane su potrebe i zahtevi koje projekat mora da ispuni :

1. površina hrama mora da iznosi približno 100m²;
2. rešenjem predvideti parohijski dom, kancelariju sveštenika i prostor za okupljanje gostiju;
3. rešenjem predvideti plato za okupljanje vernika na otvorenom za vreme velikih praznika;
4. rešenjem predvideti zvonik sa prostorijom za uslužne delatnosti.

Ograničenja po pitanju oblikovanja nisu postavljena

ali u svojoj pojavnosti hram mora da asocira vernike na arhitekturu domaćih pravoslavnih hramova.



Slika 1 - Snimak lokacije, izvod iz teksta konkursa

2 ANALIZA OBJEKATA GRAĐENIH NA KRUŽNOJ OSNOVI

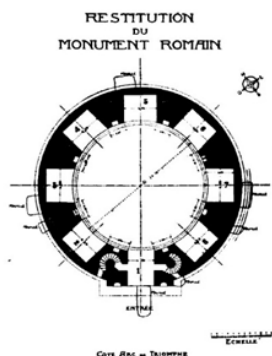
Na samom početku stvaranja, postoji čovekova opčinjenost pojavama koje ne može da objasni i geometrijom koju želi da ponovi. Gledajući u Sunce, Mesec i zvezde čovek spoznaje uzvišenost i savršenost kružne forme koju dele nedostižne pojave na nebu. Prisvojivši takvu formu, počinje da gradi objekte od najvećeg značaja, isprva grobnice velikih vladara a kasnije, sa rađanjem religije i hramova. Prema Karl Gustav Jungu geometrija kruga predstavlja geometrijski arhetip duše pa i ne čudi zašto je krug jedna od dominantnih formi objekata sakralne i memorijalne arhitekture. Pojava objekata na kružnoj osnovi vezuje se za najstarije tipologije stambenih objekata (zemunice sa kupastim krovom) da bi otkrića u Indiji i Grčkoj pokazala da su nad kružnom osnovom građene memorije od kamena u periodu rane antike. Pored jake simbolike vezane za religiju, krug je i sa aspekta konstrukcije omogućavao gradnju monumentalnih objekata uglavnom pokrivenih svodom. Izgradnja ovakvih objekata nastavlja se tokom perioda vladavine Rimskog carstva kada se grade neke od najvažnijih građevina na ovakvoj osnovi.

2.1 HRAM SV. ĐORĐA U SOLUNU

Negde oko 300. godine nove ere, pod naredbom Cara Galerija, započinje gradnja cilindrične građevine u Solunu, čija je prvobitna namena pretpostavlja se, bila mauzolej za cara, međutim danas je poznata kao crkva Svetog Đorđa i sa aspekta arhitektonske struke predstavlja vrlo važan primer građevine građene na kružnoj osnovi sa kupolom na vrhu. Pored pretpostavke da je građena kao mauzolej, postoje i navodi koji tvrde da je sagrađena kao hram posvećen bogu Zevsu. Svakako kroz burne istorijske promene i građevina je menjala namenu pa je kroz 16. vekova postojanja bila paganski hram, hrišćanska crkva i džamija da bi 1988. godine postala muzej pod zaštitom UNESCO-a. Promenu namene, skoro svaki put bi pratila i izmena u izgrađenoj strukturi pa današnja verzija nema puno sličnosti sa prvobitnom.

Zdanje je formirano kao rotonda sa masivnim obodnim zidom koji u najjačem delu ima debljinu negde oko 6m, iz konstruktivnih razloga neophodan zbog oslanjanja kupolnog krova koji se penje na visinu od 29.80m. Jedan od razloga velike važnosti hrama je kupola koja je po tipu gradnje vrlo slična kupoli Panteona u Rimu zbog središnjeg okulusa koji uvodi svetlost i vazduh u unutrašnji prostor. Kupola je

izgrađena od opeke i dostiže prečnik od 24.5m, dok su zidovi građeni od šljunka (beton) sa ivičnim ojačanjima od opeke. Kako bi se olakšala masa zida, graditelj je formirao 8 niša dubine približno 5m i na taj način formirao masivne zidne stubove. Svaki od stubova je imao edikulu, malo svetište posvećeno bogu, koje se često sreće u rimskoj i grčkoj antičkoj kulturi. Zdanje je bilo bogato dekorisano mozaicima i freskama takođe po uzoru na Panteon.



Slika 2 - Prvobitna osnova hrama Svetog Đorđa u Solunu, izvor: Velenis G. : Some observations on the original form of the rotunda in Thessaloniki

Ipak različitost u odnosu na Panteon formira raščlanjenost rotonde na celine po vertikali koju formira središnji pojas otvora. Panteon je rešen skladno upisivanjem kruga što se jasno može zaključiti iz osnove i preseka. Prevođenjem paganskog hrama u hrišćanski, rotonda je pretrpela promenu u vidu dogradnje pravougaonog oltara u osnovi, natkrivenog polukružnom apsidom na istoku. Pored toga, dograđene su i dve kapije uključujući i predvorje. Dodavanje minareta nakon opsade osmanlija značajno je uticalo na statiku konstrukcije oštećenu dodavanjem delova još tokom hrišćanskog perioda korišćenja. Konačno konstrukcija vidno slabi nakon zemljotresa 1978. godine nakon čega se započinju restauratorski radovi kako bi se spomenik očuvao [1,2].



Slika 3 - Izgled hrama nakon dogradnje ulaznog dela, izvor: Velenis G. : Some observations on the original form of the rotunda in Thessaloniki

Primena kružne osnove razvija se u doba Rima, pod pretpostavkom da su znanja o konstruisanju svodova preuzeli iz oblasti Mesopotamije, odnosno sa Bliskog istoka. Tehnike građenja kupole omogućavale su formiranje većih raspona i dostizanje veće visine objekata. Tako građeni objekti vladarima su pružali priliku da pokažu moć i važnost pa su često korišćeni kao mauzoleji. Poznati primeri su Teodorikov mauzolej u Raveni i Agamemnonova grobnica u Mikenima građeni nad ovakvom osnovom.

2.2 HRAM SV. VASILIJIA OSTROŠKOG NA BEŽANIJSKOJ KOSI U BEOGRADU

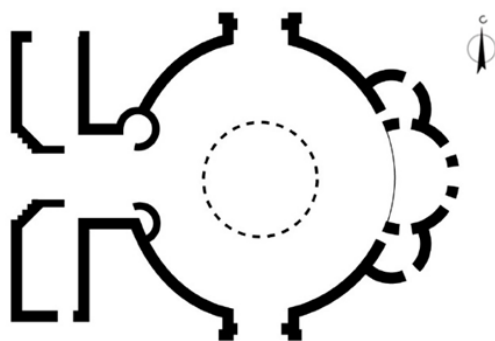
Tokom perioda socijalističkog režima na prostoru bivše Jugoslavije dolazi do stagnacije razvoja sakralne arhitekture. Sa promenom režima otvorila se mogućnost ponovne izgradnje hramova ali osmišljavanje arhitekture pa čak i izgradnju preuzimaju anonimni autori umesto arhitekata. Rezultat takvog rada su loše interpretacije najpoznatijih srpskih hramova.



Slika 4 - Hram Svetog Vasilija Ostroškog, izvor: www.gradnja.rs foto: Miloš Martinović

Jedan od primera autorskog dela prihvaćenog od strane SPC je hram Svetog Vasilija Ostroškog na Bežanijskoj kosi u Beogradu, autora arh. Mihajla Mitrovića započetog 1995. a završenog 2001. godine. Arhitekt Mitrović, kao predstavnik starije generacije arhitekata istupa protiv arhitekture anonimnih autora i kreira originalno rešenje odobreno od strane patrijarha Pavla i Svetog arhijerejskog sinoda SPC. Svesni vizuelnog kopiranja postojećih crkava, SPC odobrava projekat arh. Mitrovića koji je pored originalnosti koncipiran i u skladu sa kanonima Pravoslavne Crkve.

Rešenje hrama Svetog Vasilija Ostroškog od svih dotadašnjih projekata se razlikovalo zbog svoje kružne forme u osnovi, koja je omogućila autoru formiranje jednostavne ali snažne cilindrične forme u prostoru. Iako tipična za memorije i latinske crkve, kružnu formu autor pravda pozivajući se na crkvu Svetog Petra u Rasu u kojoj je po drugi put kršten veliki Stefan Nemanja, što je sinod SPC odobrio [3]. U kompozicijskom smislu rešenje se sastoji od crkve, lučnog trema i zvonika. Rotonda bočno ka istoku prelazi u trolisnu oltarsku apsidu, dok je na zapadu definisan glavni ulaz koji se razvija u trem povezan sa zvonikom. Povezivanje prostornih elemenata tremom postaje obrazac često preuziman u kasnijoj praksi projektovanja pravoslavnih hramova.

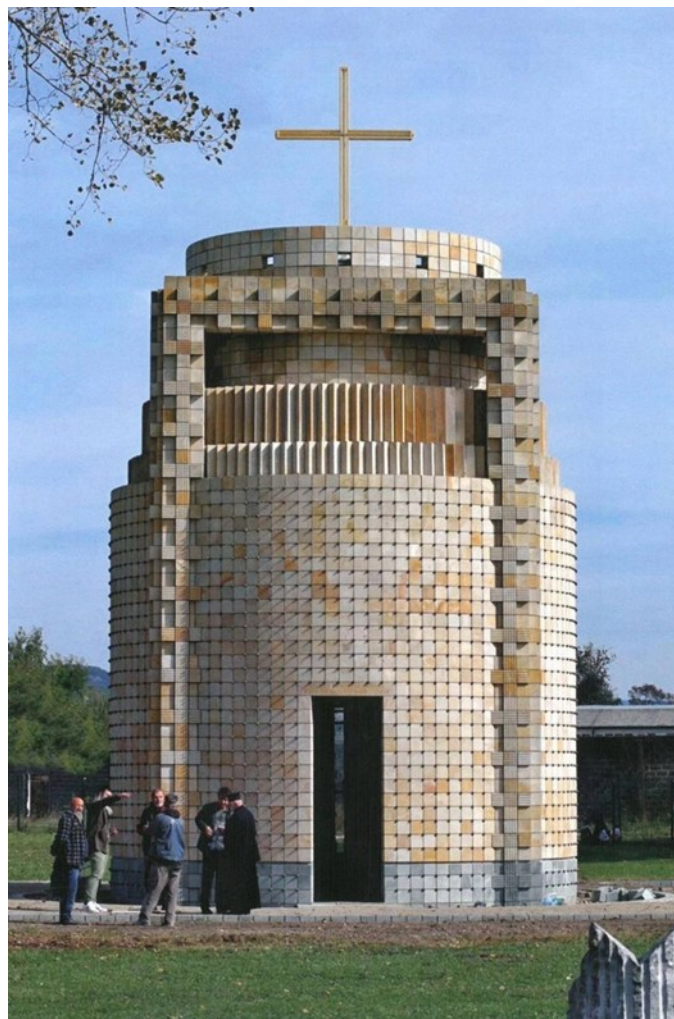


Slika 5 - Osnova hrama Svetog Vasilija Ostroškog, izvor: Kadrijević Aleksandar: Tri novije crkve Beograda – tri podsticaja razvoju srpskog sakralnog graditeljstva

Glavni segment predstavlja rotonda po vertikali razvijena kao snažan valjkasti volumen olakšan stilizovanim otvorima prema nacrtima autora. U nivou krovne ravni definisana je uzana i mala kupola razvijena na kružnom podkupalnom tamburu. Unutrašnji zidovi crkve su definisani osmostrano iako je autor spolja dosledno pratio kružnu osnovu. Arhitektura svih prostornih segmenata formirana je elementima inspirisanim srpsko-vizantijskim stilom koje autor stilizuje na svoj način. To su veliki okulusi i izdužene bifore na glavnom volumenu crkve, rozete i lukovi na položenom lučnom kubusu glavnog ulaza i otvori na zvoniku. Tipično za arh. Mihajla Mitrovića je primena snažnih građevnih materijala kao što su opeka i natur-beton vidljivih i na ovom projektu. Primena opeke jedna je od sličnosti sa hramom Svetog Antuna Padovanskog arh. Jože Plečnika sagrađenog u Beogradu, dok je druga zvonik koji dodatno akcentuje rešenje u oba slučaja. Takođe oba hrama formirana su kao rotunde. Raspored volumena po visini, podrazumeva odvajanje crkve od zvonika kako bi oba entiteta došla do izražaja, ali ipak povezanih horizontalom u vidu ulaza i trema [4].

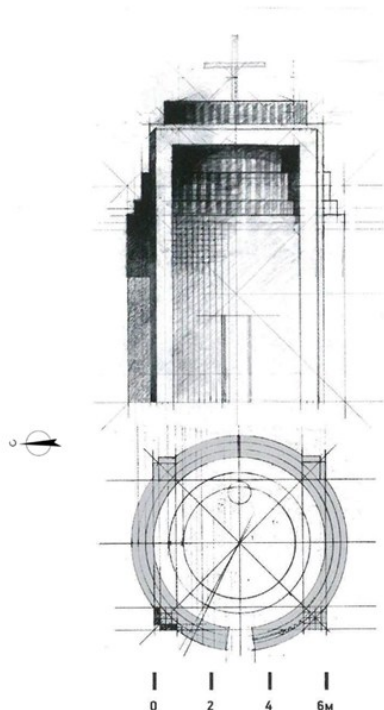
2.3 KAPELA RODOLJUBA U KRALJEVU

Treće prikazano zdanje predstavlja kapela projektovana 2006. godine kako bi se obeležilo mesto pogibije dve i po hiljade Kraljevcana, po inicijativi kraljevačkog Narodnog muzeja. U arhitektonskom smislu, prikazani projekat sa prethodno prikazanim rešenjem deli kružnu formu u osnovi koja uslovljava razvijanje cilindrične forme po vertikali. Arhitektonska kritika u ovom delu vidi Plečnikove uzore koji su takođe primetni i kod arh. Mitrovića i hrama Svetog Vasilija Ostroškog [3]. Građevina podrazumeva stabilnu cilindričnu formu, fino stepenovanu po visini i ugrađenu u pravougaoni ram. Specifičnost rešenja je u zenitalnom osvetljenju unutrašnjeg prostora preko staklene kupole, sakrivene iza prstena od atike, fino perforiranog izuzetim blokovima kamena [3]. Po vertikali kapelu završava elegantan krst.



Slika 6 - Kapela Rodoljuba, izvor: www.gradnja.rs

Pomenuto zenitalno osvetljenje pruža mogućnost formiranja kontinualnog i hermetičnog omotača koji spolja odiše ozbiljnošću i elegancijom, tako da nosi dimenziju opomene ali i mogućnost katarze. Posebnu pažnju autor posvećuje teksturisanoj fasadnoj platni [5].



Slika 7 - Osnova i izgled kapele, izvor: Krunić Spasoje: Prostorne metafore



Slika 8 - Detalj - zenitalno osvetljenje, izvor: Krunić Spasoje: Prostorne metafore

Ono je u svakom smislu slojevito, posmatrajući boje ili načine slaganja fasadnog kamena. Kapela je

ozidana opekom ali spolja obložena bogato nijansiranim belovodskim peščarom dimenzija 20x20x20cm. Upravo primena kamena u završnoj obradi jedna je od prepoznatljivih karakteristika arhitektonskog izraza prof. Krunića. Izuzetno poznavanje ovog materijala prethodno je više puta dokazao, ali izdvajaju se projekat Memorijalnog centra na Ravnoj gori i motel Koral u Arandelovcu. Kamen koji je direktan uzor američkog arhitekta F.L.Rajta, čini kapelu monumentalnom i daje joj dostojanstven izgled. Tome doprinose i elegantne dveri povećane visine [5].

Kapela je u svojoj pojavnosti čiste geometrije, neopterećena ukrasom, formirana u skladu sa naglašenim modernističkim stavom prof. Krunića. Dubinu fasadnom platnu daje ponavljajući motiv krsta kao profilacije kubičnog rama, formiranog prepuštanim blokovima kamena sa zarezima. Projekat je u potpunosti realizovan 2017. godine [5].

3 FORMIRANJE IDEJNOG REŠENJA

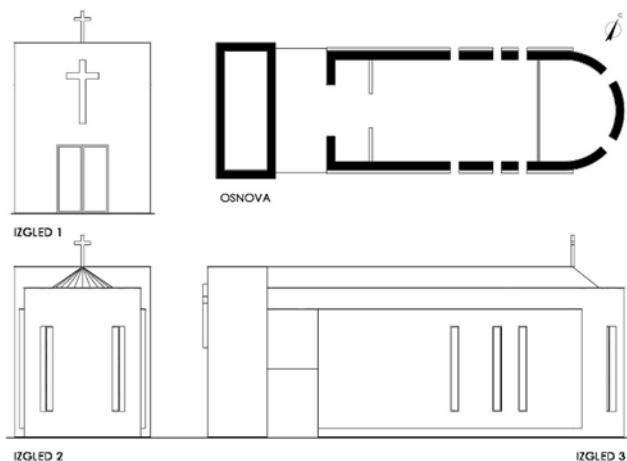
U definisanju koncepta pravoslavnog hrama za selo Bogojevce, polazna tačka bila je analiza liturgijskog procesa, koji je od suštinske važnosti za definisanje funkcionalnih šema hrama, ali i za razumevanje složene estetike, koja ima duboku ukorenjenost u pojedinim arhetipskim arhitektonskim elementima i tradicionalnoj srpskoj arhitekturi. Želja autora (autorski tim: Vukašin Stefanović i Anđela Stevčić) je uspostavljanje nove estetike pojavnosti hrama, koja neće biti tumačena kao radikalni istup od prihvaćenih stilova gradnje zastupljenih u graditeljskoj praksi, već adekvatna povezanost tradicionalnih motiva i savremenog izraza.

Po mišljenju autora, svako interpretiranje motiva sa naših najpoznatijih pravoslavnih hramova, ukoliko je neadekvatno izvedeno, nepoštovanje je prema najznačajnijoj graditeljskoj i duhovnoj baštini koju imamo. Stoga prikazano rešenje je pokušaj prilagođavanja savremenog arhitektonskog izraza tradicionalnom pravoslavnom učenju.

Detaljnija analiza lokacije i bliže izučavanje pravila projektovanja pravoslavnih hramova, definisali su prve ideje o oblikovanju hrama i njegovoj poziciji na parceli. Osnovno pravilo prilikom projektovanja pravoslavnih hramova je orijentacija oltara prema istoku. Prvobitno rešenje crkve podrazumevalo je jednobrodnu građevinu koja je dužom stranom bila postavljena upravno na dužu stranu parcele kako bi se ispoštovalo pravilo o orijentaciji oltara.

Prikaz konkursnog rešenja pravoslavne crkve u selu Bogojevce

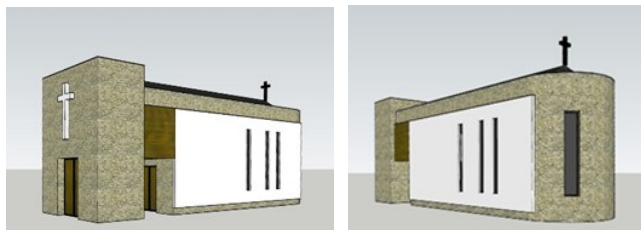
Upravo takva postavka objekta na parceli dovela je do par projektantskih problema koji su usloveli redefinisane koncepta. Ukoliko bi se zadržala pravougaona forma objekta u osnovi sa pozicijom upravnom na dužu stranu parcele u oblikovnom smislu bi se pojavio problem nesagledavanja glavne fasadne ravni.



Slika 9 - Osnova i izgledi prvobitnog predloga rešenja, izvor: arhiva autora

Glavna fasadna ravan je od izuzetne važnosti za hram kako su na njoj uvek definisane glavne dveri kroz koje prolaze vernici kako bi stupili u intiman i sveti prostor crkve. S tim u vezi prve vizure posmatrača u ovom slučaju bi bile usmerene ka sekundarnoj fasadnoj ravni.

Problemi definisanja pristupa i organizacije većeg platoa ispred crkve takođe su pratili ovakvu dispoziciju zbog relativno male širine parcele. Iako parcela pruža mogućnost zadržavanja ovakvog koncepta, zatraženo je novo rešenje koje bi savladalo pomenute prepreke u cilju postizanja kvalitetnijeg rešenja.

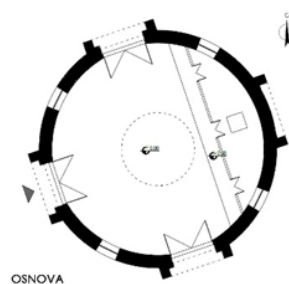


Slike 10 i 11 - Trodimenzionalni prikaz prvobitnog predloga rešenja, izvor: arhiva autora

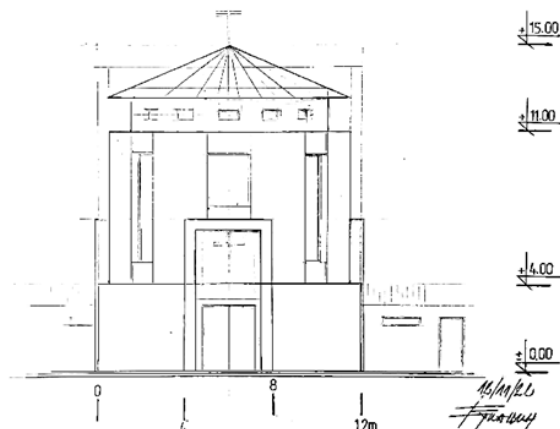
Dalja razrada projektantskog rešenja oslanja se na istraživanje izvedenih projekata savremenih hramova sagrađenih na prostorima bivše Jugoslavije kako bi se ispitala mogućnost uvođenja nove forme, uz istovremeno konsultovanje sa predmetnim

profesorima dr Mirkom Stanimirovićem i dr Hristinom Krstić. Po mišljenju autora najadekvatnija forma objekta u osnovi kao odgovor na zatečene uslove je kružna, kako najefikasnije rešava prethodno pomenute probleme.

Pre svega kružna forma u osnovi (rotonda), u oblikovnom smislu podrazumeva formiranje kontinualnog fasadnog omotača koji u ovom slučaju pruža istovetnost i sagledivost hrama iz različitih pozicija kako postoji samo jedna fasadna ravan. Time je prevaziđen problem sagledavanja sekundarne fasade prilikom prvog vizuelnog kontakta vernika sa hramom. Istovremeno građevina na centralnoj osnovi pruža mogućnost racionalne raspodele dimenzija uz istovremeno obezbeđivanje neophodne površine objekta u osnovi, kako je zahtevano zadatkom.



Slika 12 - Usvajeno rešenje osnove hrama, izvor: arhiva autora



Slika 13 - Crtež hrama, izvor: arhiva autora

Konačno usvajanje rotonde za formu objekta, umnogome je olakšalo rešavanje urbanističkog dela projekta. Rotonda je postavljena u preseku osovina parcele pri čemu je obezbeđeno dovoljno udaljenje crkve od susednih objekata sa mogućnošću formiranja prostranog platoa na zapadu, ispred glavnog ulaza u hram. Ovakvo rešenje crkve u arhitektonskom smislu je traganje za formom koja je u svojim korenima

arhaična i tradicionalna, ali oblikovana u duhu vremena, funkcionalno razrešena tako da obezbedi sve elementarne kvalitete prostora. Vertikalno razvijanje objekta praćeno je stepenovanom tripartitnom podelom, koja metaforički predstavlja antički stub, koji preobraćen u pravoslavlje možemo tumačiti kao “stub vere”.

Iako je tradicionalna crkvena arhitektura naklona dekorativnim detaljima na fasadama, priloženo rešenje se oslanja na modernistička tumačenja arhitekture, pa su fasadne ravni obrađene bez ornamenata i drugih dekorativnih detalja. Još jedna posebnost rešenja je odsustvo krovne kupole. Zamišljena kao “kuća” za sve ljude, crkva je krunisana kupastim krovom koji je oslonjen na kružni podkupolni tambur, dok je sa unutrašnje strane iste ravni definiše svod. Inspiraciju za ovakav postupak autori nalaze u crkvi u selu Štipina kod Knjaževca, autora akademika Branislava Mitrovića, koja predstavlja vredno realizovano delo domaće sakralne arhitekture. Svođenjem rečnika arhitekture na najosnovnije oblikovne poteze, postignuta je jednostavnost i elegancija dostojna jednog pravoslavnog hrama.



Slika 14 - Fasadna ravan hrama, izvor: arhiva autora

Projektnim zadatkom zahtevano je i rešenje kuće za smeštaj sveštenikove porodice i organizacija parohijskog doma koji mora da sadrži kancelariju i salu za agape, zajedno sa pratećim pomoćnim prostorijama. Praćenjem kružne forme u osnovi crkve prilikom rešavanja urbanističke postavke ostalih objekata na parceli, postavljeni su radijalno zakrivljeni gabariti pomenutih objekata kako bi se do kraja zaokružio koncept. Analizom kretanja korisnika na parceli definisane su dve zone različitih karaktera koje je bilo neophodno spojiti u funkcionalnu celinu ali ipak sa jasnom podelom. Prva zona je javnog karaktera i podrazumeva pročelje parcele, odnosno pristup hramu zajedno sa platoom, dok je druga privatnog karaktera i namenjena je stanovanju porodice. Radi jasnog razgraničenja pomenutih zona, u rešenje se uvodi obodni zid oko crkve koji jasno

definiše prostor namenjem vernicima. Zid predstavlja arhitektonski element koji dodatno ističe arhitekturu crkve, čineći je izolovanom od arhitekture okolnih objekata, istovremeno pružajući mogućnost formiranja intimne veze vernika i samog objekta dok se kreću oko nje. Na zid se oslanja parohijski dom sa spoljašnje strane, koji je zajedno sa kućom povučen u intimniji deo parcele. Zid je perforiran portalima kako bi se uspostavila komunikacija između svih krajeva parcele, dok u jednom delu isti zid preuzima ulogu mesta za paljenje sveća, definisanim manjim usecanjem poput niše. Njegova visina je promenljiva sa ciljem da se izbegne formiranje hermetičnog prostora ali i kako bi se sakrili privatni sadržaji, u meri u kojoj je to moguće i opravdano.

Završni entitet celokupnog rešenja je zvonik koji je izmešten podalje od objekta, na samom ulazu u prostor dvorišta hrama. Takva postavka odgovara funkcionalnom zahtevu da se zvonik čuje što dalje kroz selo ali i kako bi vizuelno privukao vernike da posete crkvu. Odvajanje zvonika od crkve pruža mogućnost isticanja njegove lepote iako je arhitektura zvonika svojevrsno ponavljanje arhitekture crkve i tripartitne podela. Krajnji cilj ovakve dispozicije objekata i oblikovanja istih bio je uklapanje većeg broja različitih entiteta u funkcionalnu i estetski skladnu celinu.

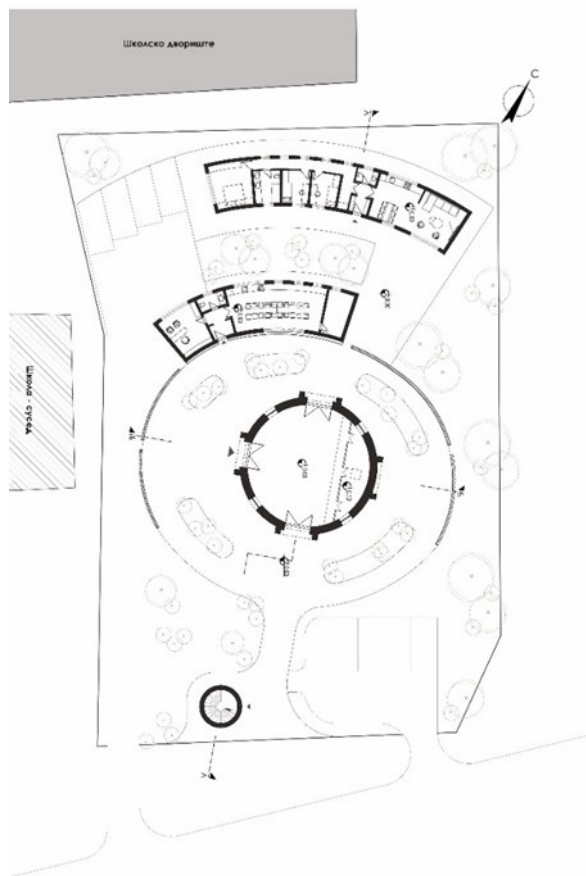


Slika 15 - Trodimenzionalni prikaz rešenja, izvor: arhiva autora



Slika 16 - Trodimenzionalni prikaz rešenja, izvor: arhiva autora

Predstavljeno rešenje u arhitektonskom smislu dobilo je pozitivne komentare dok su od strane SPC stigle sugestije kako bi rešenje moglo biti unapređeno u smislu vizuelnog povezivanja sa postojećim hramovima ponavljanjem nekih od opšte prihvaćenih elemenata u savremenoj graditeljskoj praksi pravoslavne arhitekture, kao i da pojedini elementi mogu biti uklopljeniji u prostorni koncept bez naglašenih modernističkih poteza.



Slika 17 - Situacioni plan sa osnovama prizemlja, izvor: arhiva autora

4 DISKUSIJA

Iz prethodno izložene materije, može se podvući činjenica da je projektovanje sakralnih objekata posebno osetljiv poduhvat koji zahteva dublje poznavanje istorije arhitekture ovakvih zdanja kako bi savremena rešenje bila u skladu sa kanonima Pravoslavne crkve i na estetskom i funkcionalnom nivou koji odgovara savremenoj arhitekturi. Pored razumevanja dogme i kanona, arhitekture mora biti i u duhu vremena i odraz promišljanja autora kako bi bila originalna. U tom smislu, ponavljanje estetike postojećih zgrada nije progres već odsustvo ideja i

kreativnosti. Prezentovano konkursno rešenje je pokušaj postizanja kvalitetne arhitekture koja spaja novo i tradicionalno. Tradicionalne su vrednosti i forma koja asocira na stara zdanja, dok su novi materijali, pojedini načini postavljanja prostornog, funkcionalnog i konstruktivnog rešenja kao i razrada fasadnih ravni koje su odraz modernističkog shvatanja. S tim u vezi krajnji cilj rešenja nije radikalno odstupanje od utemeljenih pravila, već uvođenje novih elemenata u granicama koje Crkva definiše. Upravo analizirani objekti savremene arhitekture dokazuju da je to itekako moguće.

5 ZAKLJUČAK

Na osnovu svega napisanog proističe zaključak da je neophodno autorima prepustiti više slobode u kreiranju svojih rešenja. Svakako da koraci moraju biti sitni, svakako evolutivni a ne revolucionarni. Kod ovako specifične tipologije jedino kompromisi mogu dati kvalitetna rešenja bez oštećivanja ijedne strane. Ukoliko se osvrnemo na rotundu koja je jedna od tema prikazanog rada, svakako možemo zaključiti da je izuzetno zahvalna za primenu kod ovakvih objekata kako zbog svojih oblikovnih i estetskih mogućnosti, tako i zbog relativno lake primene različitih konstruktivnih rešenja koja proističu iz zahvalne geometrije kruga. Savremena praksa nije zatrpata velikim brojem objekata ovakve forme i za autore može biti tlo za različita ispitivanja. Polje rotunde tek treba iscrpeti što različitijim rešenjima.

LITERATURA

- [1] Velenis G. : **Some observations on the original form of the rotunda in Thessaloniki**. Vol. 15 No. 2 (1974)288-297.
- [2] **Rotunda of Thessaloniki**. <https://www.thebyzantinelegacy.com/rotunda-thessaloniki>
- [3] Stojanović Marko: **Kako je arhitekta nadmudrio vladike**. Članak sa portala Gradnja.rs <https://www.gradnja.rs/kako-je-arhitekta-nadmudrio-vladike/>
- [4] Kadijević Aleksandar: **Tri novije crkve Beograda – tri podsticaja razvoju srpskog sakralnog graditeljstva** . Časopis Nasleđe, Zavoda za zaštitu spomenika kulture grada Beograda, broj XI, 2010.
- [5] Krnić Spasoje: **Prostorne metafore**. Monografija, Arhitektonski fakultet – Univerzitet u Beogradu 2017.

primljen: 04.11.2024.

Pregledni rad

korigovan: 20.01.2025.

UDK : 624.21

prihvaćen: 22.01.2025.

<https://doi.org/10.62683/NiP28.9>

KONSTRUKCIJE SPOJA GLAVNIH NOSAČA SUSEDNIH POLJA MOSTOVA

Milan Gligorijević¹

Rezime: Savremeni trend razvoja saobraćaja, iniciran intenzivnim napredkom civilizacije, uslovljava sve veću potrebu za čestim prelaženjem vrlo dugih i dubokih kako prirodnih, tako i veštačkih prepreka. Ostvarenje ovih zahteva, nameće potrebu iznalaženja sve većeg stepena razvoja tehnike projektovanja i građenja mostova. Koristeći obilje najrazličitijih konstrukcijskih formi, danas možemo izabrati tehnički i ekonomski optimalne dispozicije mosta, sa adekvatnom konstrukcijskom koncepcijom, uz primenu odgovarajućih raspoloživih materijala.

U ovom radu, analizom konstrukcijskih problema novijih rešenja dispozicija mosta, a na osnovu sopstvenog višedecenijskog istraživanja problematike spojeva susednih polja, autor daje savremene smernice kojim se uklanjaju glavni nedostaci mostovskih konstrukcija.

Ključne reči: konstrukcije, mostovi, spojevi, rasponi, susedna polja.

CONSTRUCTIONS OF THE JOINT OF THE MAIN SUPPORTS OF ADJACENT FIELDS OF BRIDGES

Abstract: The modern trend of traffic development, initiated by the intensive progress of civilization, conditions the increasing need for frequent crossing of very long and deep both natural and artificial obstacles. Achieving these requirements, imposes the need to find an ever-increasing level of development in bridge design and construction techniques. Using the abundance of various structural forms, today we can choose technically and economically optimal dispositions of the bridge, with an adequate structural concept, with the application of suitable available materials.

In this paper, by analyzing the construction problems of recent solutions of bridge layouts, and on the basis of his own multi-decade research on the problem of joining adjacent fields, the author provides modern guidelines that eliminate the main shortcomings of bridge constructions.

Key words: structures, bridges, joints, spans, adjacent fields.

¹ Dr, Asistent sa doktoratom, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Srbija, milan.gligorijevic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0009-0005-3538-3851

1 UVOD

Spajanjem nosećih mostovskih konstrukcija susednih polja, između njih se formira međuprostor u obliku zazora ili pak veze, kojom na pogodan način ostvarujemo željeni konstrukcijski sistem mosta.

Izuzetna kompleksnost zadatka rešenja problema spojeva, zahteva neprekidno proučavanje niza komponenti koje mogu uticati na racionalno projektovanje i građenje mostova [1]. Različite tehnike spajanja, sa aspekta prijema i prenošenja opterećenja mogu menjati statičke šeme konstrukcijskih sistema mostova, što je još jedan razlog permanentne potrebe njihove detaljne analize. To je osnovni razlog što se najveći broj spojeva danas projektuje sa permanentnim zadatkom da obezbedi, u skladu sa njihovom tehnikom spajanja, jasan tok naprezanja i adekvatan prenos opterećenja. Spojevi susednih polja imaju zadatak da povežu pojedine konstrukcijske elemente u celinu i obezbede jedinstvo mostovskih konstrukcija, a njihov kvalitet direktno određuje konstrukcijsku vrednost jednog mosta kao građevinskog objekta.

Sistem spajanja mostovskih konstrukcija susednih polja ima i posebnu kompleksnost, što se ispoljava kroz obezbeđenje trajnog **kontinuiteta prelaza** u kolovozu, na mestu sastava nosača susednih polja. To nalaže potrebu proučavanja, projektovanja i detaljne analize specifičnih konstrukcija spoja, koje ostvaruju bolje vozne i eksploatacione karakteristike, visoke stepene racionalnosti izrade, kao i veću trajnost i pouzdanost ovakvog oblika dizajniranja mostovskih konstrukcija.

2 VRSTE PRELAZNIH KONSTRUKCIJA

Mostovi konstruisani sa većim brojem polja imaju dosta teškoća prilikom dizajniranja rešenja sastava dva polja iznad srednjih stubova i spoja nosača sa oporcima, zbog permanentne potrebe osiguranja trajnog **kontinuiteta prelaza** u kolovozu na mestu sastava nosača. Takva mesta uslovljavaju specifična rešenja prelaznih konstrukcija [1].

Po funkciji **prelazne konstrukcije** treba da eliminišu ili absorbiraju uticaje od reoloških osobina konstitutivnih materijala, od nejednakog sleganja delova konstrukcije ili popuštanja terena (podloge), od elastičnih deformacija pod opterećenjem, temperature i svih ostalih uticaja koja se mogu javiti u eksploatacionom uslovima. Svaki od ovih uticaja

može nastupiti u jednostavnom, ali i u kombinovanom obliku sa ostalim dejstvima.

Ovi zahtevi, do sada su rešavani primenom mnogih različitih vrsta prelaznih konstrukcija, koje se još uvek na osnovu iskustva usavršavaju i poboljšavaju.

Spojevi između nosača susednih polja mostova, pri oblikovanju podužne dispozicije, mogu biti rešeni:

- jeftinim dilatacionim konstrukcijama od savijenih bakarnih limova koji su zaptiveni bitumenom ili asfalt kitom,
- **dilatacionim spravama** raznih tipova i konstrukcija, izrađenim uglavnom od čeličnih profila i gumenih traka-neoprena,
- izradom **elastičnog kontinuiteta asfaltnog kolovoznog zastora**-(THORMA-JOINT),
- izradom **armiranobetonske prelazne ploče - kontinuitet ploče**,
- naknadnom izradom **kontinuiteta noseće rasponske konstrukcije** (armiranjem klasičnom armaturom ili prethodnim naprežanjem).

Prikladnost određenih rešenja zavisi najviše od mesta, položaja i načina prekida, kao i funkcionisanja prelazne konstrukcije u odnosu na potrebe saobraćaja.

3 KONSTRUKCIJE SPOJA NOSAČA SUSEDNIH POLJA MOSTOVA

3.1 DILATACIONE KONSTRUKCIJE

Sva rešenja ove problematike sastava nosača susednih polja, u početnom periodu karakteriše to, da su prelazne konstrukcije starijeg tipa bile isključivo metalne. Takve konstrukcije danas ne zadovoljavaju zahteve savremenog teškog saobraćajnog opterećenja. Njihova primena uslovljena je stalnim popravkama i permanentnim održavanjem.

Mnogo bolje ne ponaju se ni mesta uz dilatacionu konstrukciju, jer se one tokom vremena teško mogu odupreti destruktivnoj akciji točkova vozila, pa dolazi do oštećenja i dilatacione sprave i kolovoznog zastora.

Sve ove konstrukcije vremenom postaju propusne za vodu, te stoga zahtevaju posebne uređaje za odvodnjavanje i čišćenje. Usled trenja i nakupljenog blata i leda, one često ne funkcionišu ispravno, lako se oštećuju i lupaju pri nailasku vozila, pa ih treba redovno održavati, što je veoma zahtevno i izuzetno neracionalno.

Dilatacione sprave su najosetljivija mesta u kolovozu, podložna različitim vidovima trošenja i razaranja. Dilataciona konstrukcija mosta mora u eksploataciji preuzeti, bez pojave bilo kakve štete i

razaranja, različite deformacije (pomeranja i obrtanja), zavisno od rasporeda dilatacije;

u samoj nosećoj konstrukciji, na prelazu rasponske konstrukcije i obalnog stuba, kao i na predviđenim prekidima konstrukcije iznad stuba ili iznad zgloba.

One moraju da osiguravaju što mirniji prelaz vozila, a gornja površina dilatacione sprave mora biti savršeno u ravni kolovoza, nakon postavljanja i kasnije u upotrebi. Takve zahteve u uslovima savremenog saobraćajnog opterećenja teško je trajno zadovoljiti.

S obzirom na konstrukcijsko oblikovanje mosta i specifične zahteve odvijanja saobraćaja, danas se u praksi primenjuju, (samo kada ih ne možemo izbeći), različite vrste dilatacionih konstrukcija, zavisno od predviđenog rada glavne noseće konstrukcije mosta i uslova vodonepropustljivosti. Broj dilatacija i njihov raspored u dispozicionom rešenju mosta, zavisi u prvom redu od dužine mosta, tehnoloških i konstrukcijskih elemenata nosećeg sklopa konstrukcija mosta, materijala od kojih je građen, kao i klimatskih uslova područja u kome se most nalazi.

Dilatacione konstrukcije se najčešće rade od različitih elemenata, kako po izboru materijala, tako i po konstrukcijskim rešenjima koja omogućavaju predviđene deformacije konstrukcija mosta, pri različitim stanjima naprezanja koja se mogu javiti u eksploatacionim uslovima.

Konstitutivni delovi dilatacionih konstrukcija relativno su komplikovani i skupi, a oteženo je i njihovo održavanje i zahtevaju neminovne popravke. Pored toga, dilatacione sprave su uglavnom propusne za vodu, pa se mora predvideti prikladna zaštita i odvodnjavanje prostora donjih delova mostovskih konstrukcija i mogućnost neophodnog slobodnog pristupa do njih.

Zahtevi da prelazne konstrukcije budu nepropusne za vodu i ostale agresivne i štetne materije, do sada su rešavani upotrebom delova od sintetičke gume i polivinilhloridnih materijala. U novije vreme, pojavilo se na tržištu veliki broj patentiranih dilatacionih spojnica od čelika i neoprena [1]. Uglavnom čelični profili imaju vrlo jaka sidra, tako da je osigurana veza sa armiranobetonskom mostovskom konstrukcijom, a traka elastomera, koja služi kao elastični zaptivač, može se po potrebi lako zameniti ako se ošteti.

Dilatacione konstrukcije znatno utiču i na troškove građenja, ali daleko veći izdaci nastaju zbog popravki, obnavljanja i ograničenja saobraćaja za vreme kasnijih radova. Vek trajanja ovih prelaznih konstrukcija ekvivalentan je sa trajanjem njihovog usidrenja. Neizbežne neravnine između fleksibilnog kolovoza i krute dilatacione konstrukcije, prouzrokuju uvek

ponovo udarce, što opet dovodi do raznovrsnih oblika oštećenja kako same dilatacione konstrukcije, tako i njenog ankerovanja, a stim u vezi i pojedinih konstrukcijskih delova mosta.

Dilatacione sprave predstavljaju iznenadni prekid kontinuiteta kolovoznog zastora, te prema tome ozbiljnu smetnju u odvijanju saobraćaja, čak iako su tehnički vrlo dobro urađene i pravilno ugrađene. Usled različitih deformacija mostovskih konstrukcija, nastalih od temperaturnih promena, saobraćajnog i ostalog opterećenja, dolazi do slabljenja spoja i stvaranja prslina u kolovozu. Nakon nailaska vozila, usled vakuma koji stvaraju pneumatici, postepeno dolazi do krunjenja asfaltnog zastora, a zatim nastaju i veća oštećenja koja dovode do toga da spojnica postane vodopropusna. Ako se blagovremeno ne saniraju oštećenja spoja, tokom vremena može doći do raznovrsnih oblika degradacije mostovskih konstrukcija ispod, jer kroz spoj prolazi prljavština i voda zagađenja agresivnim reagensima, što ugrožava normalan rad ležišta i izaziva znatna oštećenja materijala i same mostovske konstrukcije (korozijska betona, dejstvo mraza i dr.). Osim toga, zbog delovanja vode, soli za otapanje leda, nakupljene prljavštine i dr. često se u eksploataciji događa da dilatacione spojnice ne funkcionišu dobro. To je i razlog da se zahtevaju takvi tipovi konstrukcija mostova koji imaju što manji broj dilatacija, pa makar i sa većim iznosom potrebnog pomeranja, ili da uopšte nemaju dilatacije (integralni mostovi).

Dilatacione sprave zato treba konstruisati tako da budu otporne na delovanje rastućeg saobraćaja, čvrsto povezane sa podlogom, nepropusne za vodu i da zahtevaju što manje troškove održavanja.

Koliko pažljivo bile ugrađene ove naprave, nikad se ne može postići idealna ravnost kolovoza na mestu dilatacije, pa se to odražava i na udobnost vožnje. Čelični elementi dilatacionih spojnica ne troše se podjednako kao asfaltni zastor, pa se i kod pažljivo ugrađenih dilatacionih sprava vremenom pojave skokovi u površini kolovoza, što neizbežno dovodi i do stvaranja komunalne buke i vibracija [2] i [3].

Spojevi nosača susednih polja dilatacionim i drugim spojnica, nisu štetna i bolesna mesta samo za konstrukcije mosta, već i za vozila i odvijanje saobraćaja. Svako takvo mesto izaziva manji ili veći potres vozila pri prelasku preko njega, oštećujući pri tom donji stroj vozila, uključujući točkove, osovine, mehanizam za upravljanje, ogibljenje, transmisiju ... Takva mesta mogu čak i da smanje i propusnu moć samog puta, ako vozači usporavaju da bi manje oštetili svoja vozila.

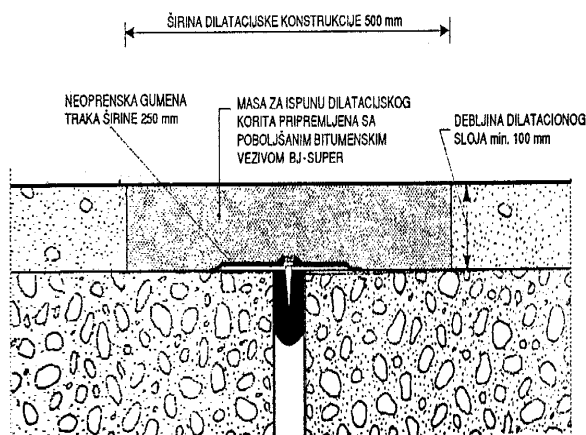
Težeći usavršavanju konstrukcija dilatacionih spojnica u kolovozu mostova, nauka i struka neprestano ulažu napore za iznalaženje novih poboljšanih tehnoloških rešenja.

Novije uspešnije rešenje, kojim se efikasnije rešavaju određeni tehnički nedostaci klasičnih dilatacionih spojnica, potiče iz Velike Britanije, a poznato je pod zaštićenim komercijalnim nazivom "THORMA-JOINT".

Primenom licencnih materijala i propisane tehnologije izrade, postiže se kontinuitet kolovoznog zastora, te odgovarajuće konstrukcijsko premošćenje na delu predviđenih sastava susednih polja mostova.

Predviđeni rad noseće konstrukcije mosta, na području dilatacionog spoja, u celini preuzima prelazni dilatacioni sloj, posebnog patentom zaštićenog sastava²

Poboljšani tip ove elastične kontinuitetne prelazne dilatacione konstrukcije "THORMA-JOINT 90" ima mogućnost preuzimanja većih pomeranja bez pojave prekomernih deformacija i oštećenja (Slika 1).



Slika 1 – "THORMA-JOINT 90"

Dilatacioni spoj "THORMA-JOINT" može se sa velikim uspehom primeniti kako pri izgradnji novoprojektovanih mostova, ali isto tako i pri sanaciji degradiranih drugih tipova dilatacionih konstrukcija postojećih mostova. Najvažnije karakteristike ove vrste konstrukcije spoja su elastičnost, dobra prionjivost za slojeve kolovozne konstrukcije i podlogu, kao i praktično potpuna vodonepropustljivost. Ovakvo tehničko rešenje, otklanja probleme izrade prelaznih dilatacionih konstrukcija u kolovozu mostova, kada su predviđena relativno mala ili srednja ukupna dilatiranja

rasponskih konstrukcija mosta, ponekad i u ekstremno nepovoljnim klimatskim i saobraćajnim uslovima.

3.2 KONTINUITET PRELAZA

Najbolji i najtrajniji **kontinuitet prelaza** u kolovozu na mestu sastava glavnih nosača dva susedna polja, ostvaruje se naknadnom izradom **kontinuiteta noseće rasponske konstrukcije**.

Kontinualni nosači, zbog svojih konstrukcijskih i ekonomskih karakteristika imaju široko polje primene u savremenoj mostogradnji. Oni omogućavaju racionalno korišćenje materijala uz dobijanje optimalnih eksploatacionih karakteristika objekta.

Povezivanje glavnih rasponskih nosača susednih polja, u jednu konstrukcijsku kontinualnu celinu, naziva se kontinuiranje. To pretvaranje pojedinih slobodno oslonjenih polja konstrukcija mostova u **kontinualne** rasponske mostovske konstrukcije, može se izvesti na više načina. Velika raznolikost armiranobetonskih i prethodno napregnutih mostova, koja se odlikuje svojim konstrukcijskim oblicima, tehnološkim rešenjima postupaka izrade mosta i specifičnim zahtevima odvijanja saobraćaja, inicirala je razvoj i primenu različitih načina ostvarivanja kontinuiteta rasponskih konstrukcija mosta.

3.3 NAČINI OSTVARIVANJA KONTINUITETA

Uočavajući velike nedostatke i ogromne troškove pri neophodnom održavanju mostova sa poprečnim diskontinuitetom, poslednjih godina neprestano se radi na iznalaženju adekvatnih konstrukcijskih rešenja za uspostavljanje kontinuiteta rasponskih konstrukcija.

To je rezultiralo pojavu različitih rešenja problema kontinuiranja, što je posledica strukture dotičnih konstrukcija. Sva dosadašnja rešenja mogu se svrstati u dve osnovne grupe:

- mostovske konstrukcije kod kojih je kontinuitet spojeva susednih polja izvršen samo delimično, tj. samo izradom **armiranobetonskih kontinuitetnih ploča**,
- konstrukcije mostova sa ostvarenim **potpunim kontinuitetom noseće rasponske konstrukcije**.

3.3.1 Drumski mostovi kontinuirani izradom armiranobetonskih kontinuitetnih ploča

Pretvaranje niza slobodno oslonjenih rasponskih konstrukcija u kontinualne mostovske nosače, zahteva izvestan dodatni rad, koji može u nekim slučajevima povećati troškove građenja, pa se problem prelaznih

² Nosioc patentnog prava je firma **PRISMO-Limited**, Velika Britanija.

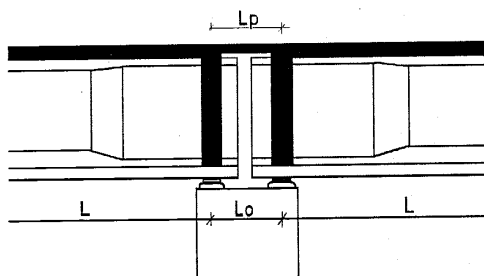
konstrukcija na sastavima nosača susednih polja, koje bi bile i funkcionalne i racionalne, pokušao u praksi rešiti izradom armiranobetonskih kontinuitetnih ploča.

Zavisno od konturnih uslova oslanjanja i položaja zglobova, takve spojne ploče mogu biti:

- elastično uklještene kontinuitetne ploče,
- zglobno oslonjene kontinuitetne ploče,
- kontinuitetne ploče sa zglobom u sredini ploče.

Izbor statičkog sistema kontinuitetne ploče zavisi, uglavnom od veličine naprezanja kao i od vrste kolovoznog zastora na mostu.

Elastično uklještena kontinuitetna ploča, kao spoj konstrukcija kolovoza dva susedna polja, napregnuta je primarno ekstremnim momentima savijanja (slika 2).

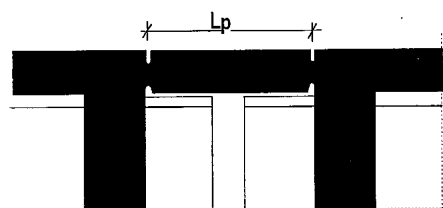


Slika 2 – Elastično uklještena kontinuitetna ploča

Menjajući po volji i raspon spojne ploče i njenu debljinu, može se uticati na veličinu naprezanja u samoj ploči.

Smatra se da je ovo rešenje izrade delimičnog kontinuiteta nastalo i prvi put primenjeno u Pensilvaniji [4]. Pored primene pri izgradnji novih mostova, ovaj oblik realizacije kontinuiteta prelaza nalazio je široku primenu i pri sanaciji na mestu oštećenih dilatacionih sprava. Na taj način konstrukcijsko rešenje podužne dispozicije i njegov statički sistem dobija novi znatno povoljniji oblik.

Zglobno oslonjena kontinuitetna ploča primenjuje se na mostovima sa betonskim kolovozom, kada nemamo mogućnost smeštanja potrebne armature za pokrivanje momenta kontinuiteta, (ili su vrednosti momenta ekstremno veliki pa je to neracionalno) i kada se očekuju veća diferencijalna sleganja stubova (slika 3).



Slika 3 – Zglobno oslonjena kontinuitetna ploča

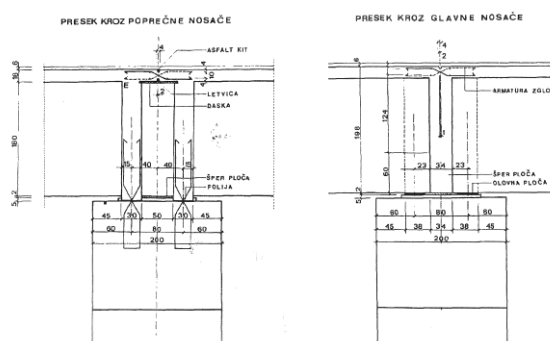
Izradom udubljenja na sastavima kontinuitetne ploče i konstrukcije kolovoza susednih raspona nastaje zglobna veza koja, po teoriji prenosi samo normalnu i transferzalnu silu. Kontinuitetna ploča sa zglobovima na krajevima, najviše je napregnuta usled direktnog opterećenja silama od pokretnog opterećenja.

Određeni broj ovakvih slobodno oslonjenih rasponskih konstrukcija sa kontinuitetnom pločom se uz ivične poprečne nosače iznad stubova međusobno povezuje armaturnim člancima i tako nastaje zglobna veza. Ovako povezane kolovozne ploče susednih polja u niz, formiraju jednu celinu takozvanu **"zakočnu jedinicu"**, koja preuzima horizontalno opterećenje u pravcu mosta (sile kočenja i vuče, skupljanje i tečenje betona, temperatura, seizmika ...). Dužina jedne ovako formirane "zakočne jedinice" prvenstveno zavisi od visine, odnosno krutosti stubova kao i veličine naprezanja i može maksimalno da iznosi 400 m.

Izradom ovakvih zglobno oslonjenih kolovoznih kontinuitetnih ploča, na mestu spojeva susednih polja, izbegava se potreba za skupim dilatacionim spravama, a poboljšavaju se vozne i eksploatacione karakteristike mosta. Dilatacione konstrukcije u podužnom rešenju mosta, ugrađuju se unutar rasponske konstrukcije, samo na onim mestima gde se neposredno dodiruju susedne "zakočne jedinice".

Kontinuitetne ploče sa zglobom u sredini

Svaka zglobna veza u ploči kolovoza prouzrokuje lom linije ugiba rasponske konstrukcije, što se nepovoljno odražava na kolovozni zastor. Zbog toga se problem rešavao i sa jednim zglobom. Primenom ovog rešenja izbegava se pojava prsline na asfaltu iznad porečnih nosača kod srednjih stubova, što je česta pojava kod diskontinualnih dispozicija rasponskih konstrukcija. Detalj jednog takvog rešenja prikazan je na slici 4.



Slika 4 – Kontinuitet ploča sa zglobom u sredini

Za vertikalne uticaje konstrukcija je diskontinualna, a za horizontalne konstrukcija deluje kao okvirna.

Kod sva tri slučaja, izradom armiranobetonskih kontinuitetnih ploča dobijamo jednu kontinuiranu rasponsku konstrukciju, koja se za horizontalne uticaje ponaša znatno povoljnije u odnosu na rasponsku konstrukciju sastavljenu od niza slobodno oslonjenih konstrukcija pojedinih polja.

Veliki nedostatak ovih rešenja je da se prsline u kolovoznoj ploči na mestu ovakvog spoja posle izvesnog vremena "reflektuju" kroz asfalt, što znatno smanjuje trajnost i pouzdanost ovih konstrukcijskih rešenja.

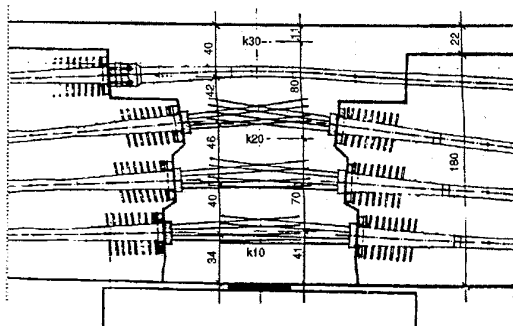
Zato je poslednjih godina njihova primena sve manja, te se više radi potpuni kontinuitet rasponskih konstrukcija, kao i iz razloga smanjenja broja potrebnih ležišta.

3.3.2 Mostovi kontinuirani naknadnom izradom kontinuiteta noseće rasponske konstrukcije

Kontinuitet ostvaren prethodnim naprezanjem

Ovaj način građenja koristi se za veće dužine objekata, sa većim brojem pretežno jednakih raspona (i do 50 m). Nakon postavljanja nosača na njihova mesta u dispoziciji mosta, naknadno se ugrađuju kablovi nad srednjim osloncima, u području delovanja negativnih momenata savijanja. Pojedina polja su slobodno oslonjena za delovanja sopstvene težine do utezanja kontinuitetnih kablova, kada noseća rasponska konstrukcija deluje kao kontinualna, te i za sva opterećenja koja slede nakon obavljanja ovih radova.

Kablovi za prijem ukupnih naprezanja u području srednjih oslonaca, mogu biti postavljeni na razne načine: kablovi iz susednih polja prepuštaju se provlačenjem kroz unapred ostavljene otvore ili se vode (veoma retko) neprekinuti celom dužinom konstrukcije, postavljaju se dodatni kratki pravolinijski ili krivolinijski lokalni kablovi tzv. "Chapeux" kablovi i slično. Primer jednog od mogućih načina postavljanja i vođenja kablova kod ostvarivanja kontinuiteta prethodnim naprezanjem prikazan je na slici 5.



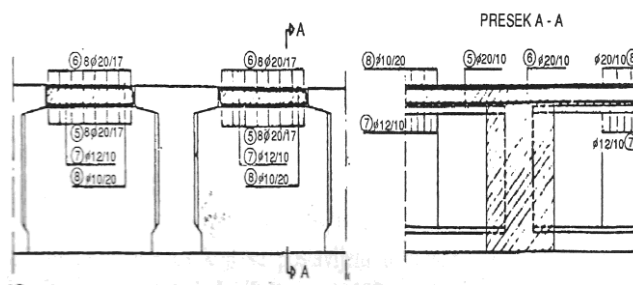
Slika 5 – Realizacija kontinuiteta utezanjem kablova

Kontinuitet ostvaren klasičnom armaturom

U želji da se otežan i "usitnjen" dopunski rad prethodnog naprezanja na gradilištu svede na najmanju moguću meru, došlo se na ideju da se kod objekata koji se grade od prethodno napregnutih betonskih nosača, kontinuitet ostvari upotrebom klasične armature, tj. mekog betonskog gvožđa.

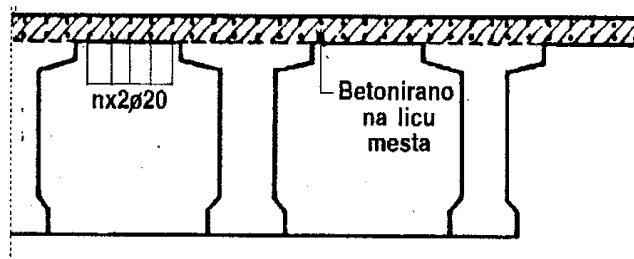
Ovakvo rešenje kontinuiranja susednih polja, ostvaruje se za deo sopstvene težine kolovoza, koji se gradi nakon ostvarivanja kontinuiteta (asfalt, pešačke staze, oprema mosta i dr.), za uticaje od pokretnog opterećenja, reoloških pojava u betonu i armaturi i za sve ostale uticaje koji mogu da nastupe nakon realizacije kontinuiteta. Kako su uticaji samo od ovih delovanja manji nego li uticaji od ukupnog opterećenja, prihvatanje ovih uticaja može se ostvariti sa relativno malom količinom armature.

Armatura za kontinuitet postavlja se u gornju zonu, a može se rasporediti na razne načine, uglavnom u zavisnosti od samog dispozicionog rešenja konstrukcija mosta. Kod malih konstruktivnih visina, kontinuitet armatura se postavlja jednim delom u gornje flanše nosača, tako da se za dužinu sidrenja preklapa sa armaturom iz susednih polja [5] (slika 6).



Slika 6 – Kontinuitet armatura smeštena u gornjem pojasu nosača i u ploči između gornjih flanši nosača

Kada je konstruktivna visina veća, celokupna kontinuitet armatura postavlja se u kolovoznu ploču koja se betonira "in situ" preko gornjih pojaseva namontiranih nosača susednih polja [6] (slika 7).



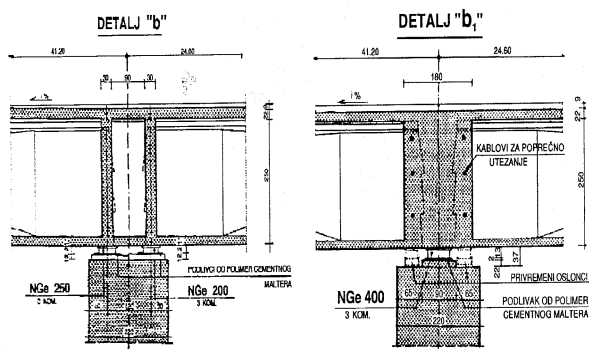
Slika 7 – Armatura za kontinuitet u kolovoznoj ploči

Primena kao moguće rešenje sanacije

Nepravilno dizajnirani mostovi kontinuirani armiranobetonskim pločama, posle izvesnog vremena eksploatacije pokazuju loša mesta sa aspekta upotrebljivosti, trajnosti i pouzdanosti.

Pod delovanjem korisnog opterećenja i vremenskih uticaja, beton kontinuitetne ploče se zamara, što dovodi do njegove destrukcije i devastacije i izaziva pojavu pukotina u zoni spoja. Zbog oštećenosti kontinuitetne ploče, prsline se reflektuju kroz asfalt i na kolovozu se formira dilataciona fuga sa udarnim rupama koje znatno povećavaju dinamičke udare vozila. To predstavlja progresivni mehanizam dalje destrukcije konstrukcija mosta, jer kroz pukotine prodire voda sa agresivnim materijalima, koja izaziva karbonizaciju betona i koroziju armature, što superponirano sa dinamičkim udarima oslabljuje most kao celinu. Iz tih razloga neophodno je sanirati takva mesta.

Najprihvatljivije rešenje sanacije tako devastiranih mesta je izrada potpunog kontinuiteta rasponskih konstrukcija susednih polja mosta klasičnom armaturom. Naravno, pri tome postojeća ležišta treba ukloniti i konstrukciju gornjeg stroja mosta ispod zone spoja osloniti samo na jedan stalni oslonac. Primer jednog takvog rešenja sanacije spojasusednih polja mosta prikazan je na slici 8.



Slika 8 – Sanacija spoja izradom potpunog kontinuiteta

4 ZAVRŠNE NAPOMENE

Savremeni trend razvoja građevinarstva, a mostogradnje posebno, usmeren je ka potpunoj racionalizaciji svih elemenata u složenom procesu projektovanja i građenja. Iz tih razloga, zahteva se konstruisanje mostova i drugih konstrukcija po savremenim tehničko-tehnološkim saznanjima.

Autor ovog rada, na osnovu sopstvenog višedecenijskog istraživanja spojeva susednih polja

mostovskih konstrukcija i iznetih karakteristika pojedinih navedenih rešenja spojeva, prioritet daje različitim mogućnostima obrazovanja kontinuiteta rasponskih konstrukcija susednih polja. Pri tome najveću pažnju treba posvetiti mogućnosti kontinuiranja susednih polja klasičnom armaturom, jer ona obezbeđuje trajni kontinuitet prelaza u kolovozu na mestu sastava nosača, ostvarujući pri tome visoke stepene racionalnosti izrade, bolje vozne i eksploatacione karakteristike, kao i veću trajnost objekta, te omogućava optimalnu primenu u praksi.

Iz svega navedenog, dilatacione sprave kod ovakvih konstrukcija mostova treba primenjivati samo na onim mestima, gde ih, primenom drugih rešenja (integralni mostovi) ne možemo izbeći. Zato njihov broj treba svesti na najmanju moguću meru.

LITERATURA

- [1] Gligorijević Milan: **Modeliranje spojeva susednih polja montažnih grednih mostova**, Magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Nišu, 1996.
- [2] Gligorijević Milan: **Characteristic damages bridge constructions on Nish traffic arteries like specific source of emission communal noise and vibrations**, *Proceedings of XVI Yugoslav Conference with International Participatic "Noise and Vibration"*, pp 53, Niš, Oktobar 1998. godine.
- [3] Gligorijević Milan: **Karakteristična oštećenja dilatacionih konstrukcija mostova kao specifični izvori emisije komunalne buke i vibracija**, UDK 624.21.699.84 (045). *Zbornik radova Građevinskog fakulteta u Nišu*, Vol. 18, str. 111-118, Niš, 1998.
- [4] Hanson N.W: **Precast-Prestressed Bridges, Part 2: Horizontal Shear Connections** pp38-58, PCA, USA
- [5] Čertić Dimitrije: **Drumski mostovi od prethodno napregnutih prefabrikovanih montažnih nosača kontinuirani klasičnom armaturom**, *International Symposium "Progresivemethoden des Aufbaues von Langen Brucknenobjekten"*, Bratislava 1977.
- [6] Čertić Dimitrije, Njagulj Vukan: **Drumski mostovi u Iraku izgrađeni od prefabrikovanih nosača od prednapregnutog betona kontinuirani klasičnom armaturom**, IX Kongres SDGKJ, Cavcat 1991

*primljen: 01.01.2025.**Pregledni rad**korigovan: 29.01.2025.*

UDK:72:37-057.87; 744.43:7.022.82

prihvaćen: 30.01.2025.<https://doi.org/10.62683/NiP28.10>

INOVATIVNI PRISTUP OBRAZOVANJU : STUDENTSKA RADIONICA

Mirko Stanimirović¹

Rezime: Ovaj rad istražuje inovativni pristup obrazovanju mladih arhitekata u okviru studentske radionice "The Hive - Student Edition", realizovane tokom prolećnog semestra 2024. godine kao deo nastavnog predmeta Crtež u arhitekturi II. U saradnji sa udruženjem MedD, radionica je predstavljena kao odgovor na potrebu za promenom u pristupu obrazovanju, nakon što su višegodišnja posmatranja pokazala da tradicionalni metod nastave ne donosi očekivane rezultate. Ključna inovacija ove radionice leži u primeni metoda koji su prilagođeni savremenim generacijama, kombinujući kreativne i tehničke aspekte umetničkog stvaralaštva sa novim tehnologijama i interaktivnim pristupom. Kroz ovaj eksperiment potvrđeno je da, uz inovativan pristup, studenti postižu rezultate koji prevazilaze uobičajene standarde. Rad analizira uticaj ovih promena na kreativni proces i predlaže nove smernice za unapređenje nastave u polju arhitektonske edukacije.

Ključne reči: eksperiment, radionica, crtež, umetnost

INNOVATIVE APPROACH TO EDUCATION: STUDENT WORKSHOP

Abstract: This paper explores an innovative approach to the education of young architects within the framework of a student workshop "The Hive - Student Edition," held during the spring semester of 2024 as part of the course Drawing in Architecture II. In collaboration with the MedD association, the workshop was introduced as a response to the need for a shift in educational approaches, following years of observations that traditional teaching methods fail to deliver the expected results. The key innovation of this workshop lies in the application of methods tailored to contemporary generations, combining creative and technical aspects of artistic creation with new technologies and an interactive approach. Through this experiment, it was confirmed that, with an innovative approach, students achieve results that surpass conventional standards. The paper analyzes the impact of these changes on the creative process and proposes new guidelines for improving teaching in the field of architectural education.

Key words: Experiment, Workshop, Drawing, Art

¹ Dr, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, mirko.stanimirovic@gaf.ni.ac.rs, ORCID 0000-0001-6201-5855

1 UVOD

Tradicionalni pristupi obrazovanju u oblasti arhitekture često se oslanjaju na linearne metode koje favorizuju teorijsku nastavu, tehničko i slobodnoručno crtanje, zanemarujući potencijal eksperimentalnih i interaktivnih metoda. Iako su ove metode tokom godina dale solidne rezultate, savremene generacije studenata, oblikovane brzim razvojem tehnologije i digitalnim okruženjem, sve češće zahtevaju inovativne pristupe kako bi bile motivisane i angažovane.

Savremena dostignuća generativne veštačke inteligencije se uveliko istražuju u okvirima njene primene u arhitektonskom dizajnu [1]. Digitalni alati postaju osnovni elementi arhitektonskog obrazovanja, posebno u post-pandemijskom periodu, gde su olakšali kontinuirano učenje i komunikaciju [2]. Osim standardnih softvera poput AutoCAD-a i SketchUp-a, uvedeni su alati za simulaciju energetske efikasnosti, analizu strukturalnog ponašanja i za razumevanje troškova konstrukcije i analize životnog ciklusa (BIM). Virtuelna i proširena stvarnost (VR i AR) postaju sve značajnije u industriji i obrazovanju, nudeći nove mogućnosti za vizualizaciju i prezentaciju ideja. Na osnovu istraživanja [3] dokazano je da se percepcija prostora (sposobnost da se precizno proceni veličina, proporcija i dimenzije prostora ili objekata na osnovu arhitektonskih crteža i drugih prikaza) može unaprediti pomoću VR tehnologije, posebno kod studenata prve godine arhitekture. VR predstavlja efektivan alat za ubrzavanje razvoja ove veštine, uporediv sa tradicionalnim metodama terenskih istraživanja i merenja. Iako su digitalni alati su neizbežni u savremenom arhitektonskom obrazovanju, jer reflektuju promene u profesiji i omogućavaju napredne formalne i strukturalne geometrije, kao i transparentnije procese dizajna i izgradnje, način na koji se digitalni alati uvode u obrazovanje ima ključnu ulogu u njihovom efektivnom korišćenju [4]. Paralelno sa istraživanjem industrije 4.0 i 5.0 pokazana je potreba za reformisanjem obrazovnih i trening programa u skladu sa savremenim izazovima [5]. Tehnologija ne samo da može promeniti obrazovni proces, već ga može učiniti dinamičnijim i interaktivnijim [6] te se očekuje da fleksibilno obrazovanje omogući učenicima da se prilagode budućim izazovima. Potreba za daljim istraživanjima je neophodna radi dubljeg razumevanja uticaja tehnologije na kreativnost studenata u procesu arhitektonskog dizajna [7]. Autori ove studije su

analizirali faktore koji utiču na kreativnost, u okviru savremenih tehnologija i drugih komponenti kao što su iskustvo, skiciranje, izrada maketa i razni statični i dinamični vizuelni podsticaji. Iako su svi faktori imali pozitivan uticaj na razvoj kreativnosti, iskustvo studenata je imalo najznačajniju ulogu. Iz analize likovnog vaspitanja i višeslojnosti fenomena likovne umetnosti Milutinović [8] ukazuje na značaj razvoja kreativnosti i potrebu za ravnotežom između teorijskog i praktičnog rada, sa naglaskom na razvoj sposobnosti učenika za kritičko mišljenje. Novi kreativni potencijali u okviru tema arhitektonskih crteža i arhitektonske edukacije pronađen je u spajanju tradicionalnih tehnika ručnog crtanja i digitalnih prikaza, odnosno u stvaranju hibridnog modela arhitektonskog crteža [9]. Mesleđžija ovim istraživanjem potvrđuje hipotezu da digitalne tehnologije nisu samo očuvale, već su i unapredile tradicionalne alate za istraživanje, stvaranje i prezentaciju arhitekture. Digitalni alati omogućavaju veću fleksibilnost i prilagodljivost, naročito u oblasti arhitektonske edukacije, gde različiti učesnici mogu učestvovati u istraživanju i stvaranju novih dizajnerskih koncepata.

U ovako definisanom kontekstu, studentska radionica „The Hive - Student Edition“ realizovana je tokom prolećnog semestra 2024. godine na predmetu Crtež u arhitekturi II, sa ciljem istraživanja promene u obrazovanju mladih arhitekata [10]. Radionica je kreirana u saradnji sa udruženjem MedD [11], čime je omogućena integracija savremenih tehnologija i interdisciplinarnih pristupa u nastavni proces. Fokus radionice bio je na kombinovanju kreativnih i tehničkih aspekata umetničkog stvaralaštva, sa ciljem razvijanja novih veština kod studenata i istraživanja potencijala eksperimenta u okviru formalnog obrazovanja.

Cilj ovog rada je da analizira koncept i realizaciju radionice, ispita njen uticaj na kreativni proces i kvalitet studentskih radova, kao i da ponudi smernice za buduća unapređenja u oblasti arhitektonske edukacije. Kroz multidisciplinarni pristup i inkluziju savremenih metoda, radionica se odnosila na redefinisane njene uloge u arhitektonskom obrazovanju, što čini osnovnu temu istraživanja u ovom radu. Sekundarni cilj istraživanja je razvoj ranije iznetih stavova u vezi sa studentskim arhitektonskim radionicama [12].

Metodologija ovog istraživanja oslanja se na analizu performansi studenata, s ciljem upoređivanja rezultata između aktuelne radionice (s studentima prve godine) i prethodne radionice (s studentima četvrte godine). Kriterijumi za ocenu uspešnosti obuhvataju

tehničku pripremljenost, kompoziciju i nivo zainteresovanosti učesnika. Posebno se upoređuje zainteresovanost studenata u okvirima regularne nastave i u okvirima radionica.

2 THE HIVE - STUDENT EDITION

Radionica „The Hive - Student Edition“ bila je osmišljena kao eksperimentalna platforma koja kombinuje tradicionalne metode stvaralaštva sa savremenim tehnologijama i interaktivnim pristupima. Osnovni cilj metodologije bio je da pruži studentima mogućnost da kroz multidisciplinarni rad unaprede svoje veštine i razumevanje umetničkog stvaralaštva kao alata za istraživanje i komunikaciju u okviru arhitektonskog projektovanja.

Povod za organizovanjem eksperimenta leži u analizi rezultata prethodne radionice „Očuvanje graditeljskog nasleđa : Stara čaršija Vlasotinca“ [12]. Plakati, koje su realizovali studenti IV godine studija, imali su nizak nivo grafičkog oblikovanja, te je ranije savladana nastava na predmetima koji se bave vizuelnom pismenošću i primenom određenih softvera postala upitna. Iz ove konstatacije sledi da je nivo zainteresovanosti studenata arhitekture u Nišu za oblasti vizuelnog stvaralaštva i istraživanja nizak, što ne odgovara procesu arhitektonskog obrazovanja. Kompetencije, veštine i znanja budućih arhitekata (u okviru arhitektonskog projektovanja) takođe postaju upitne, jer je arhitektonsko komponovanje zasnovano na vizuelnom mišljenju [13]. Sa ciljem traženja pravog interesovanja studenata osmišljen je eksperiment u formi arhitektonsko-umetničke radionice, u okviru koje je program nastave većim delom promenjen, usled sagledavanja niskog nivoa primene stečenog znanja. Prema prirodi izbornog predmeta „Crtež u arhitekturi II“, koji istražuje boju kao element kompozicije u okviru arhitektonskog projektovanja, za fokus radionice je izabrano savremeno umetničko stvaralaštvo, koje u sebi ima sve primese slobodnih izbora tema i tehnika. Udruženje MedD je godinu dana ranije uključilo u radionicu i kasniju izložbu pojedine studente, koji su slušali ovaj predmet. Sa ciljem unapređenja saradnje niškog fakulteta arhitekture i MedD, 2024. godine je osnovana radionica u okviru veće radionice „The Hive“. Dodatak „Student Edition“ se odnosio na mlade arhitekate, ali i na kontrolu i prezentaciju manjeg događaja, koji se odvijao za vreme spomenute nastave na 2. semestru intergisisanih studija arhitekture. Na ovaj način omogućena je izložba „The Hive – Student Edition“, čiji učesnici su isključivo studenti

koji su pohađali predmet „Crtež u arhitekturi II“. Panoe (plakate) za izložbu na fakultetu realizovali su studenti.



Slika 1 – Izložba u holu GAF

2.1 ORGANIZACIJA RADIONICE

Radionica je realizovana u trajanju od 3 dana i obuhvatala je praktične vežbe u okviru kojih su studenti realizovali svoje pojedinačne projekte (umetničke radove). Trodnevni aktivnostima prethodile su serije predavanja i praktične nastave, organizovane na takav način da se studentima približe različite teme i tehnike umetničkog stvaralaštva. Nakon 3 nedelje nastave, studenti su pozvani da se prijave svoje učešće u radionici, osmišljavanjem radnog naslova projekata i koncepta rada. U organizaciji MedD i GAF realizovana su online gostujuća predavanja prof. dr Jelene Todorović (Fakultet likovne umetnosti u Beogradu, 24.04.2024), prof. dr Svetlane Volić (Flu, 21.03.2024), asistentkinje Dunje Trutin (Flu, 24.04.2024. i 21.03.2024), dok je predavanje koordinatorkinja događaja „The Hive“ i apsolvantkinja GAF-a, Milice i Tamare Petrović (29.02.2024) održano u formi otvorenog časa. U okviru praktičnog dela radionice (26-28.04.2024, Naučno-tehnološki park Niš) studentima su gostujuća predavanja održali prof. dr Marko Lađušić (Fakultet primenjene umetnosti u Beogradu) i asistenti Dunja Trutin i Milanović Branko (Akademija likovnih umetnosti u Trebinju). Izložba „The Hive“ u holu NTP Niš je otvorena 13.05.2024. Izložba „The Hive - Student Edition“ je trajala 24.06-02.07.2024. u holu GAF-a i katalog je u pripremi za recenziranje i katalogizaciju. Sav materijal za praktičan rad, kao i podršku u realizaciji radova, organizovao je MedD, koji je i finansirao sva gostujuća predavanja.



Slika 2 – Učesnici radionice

2.2 KORIŠĆENI ALATI I TEHNIKE

Učesnici su imali priliku da rade sa različitim alatima, uključujući tradicionalne tehnike crtanja i slikanja (olovka, tuš, marker, akrilne i uljane boje), digitalne alate (kamera, fotoaparatus, softver za 3D modelovanje i video montažu) i eksperimentalne tehnike (kombinovanje kolaža, svetlosnih efekata i digitalne manipulacije). Kroz ove alate, studenti su istraživali mogućnosti interpretacije prostora i razvijali nove pristupe predstavljanju arhitektonskih i umetničkih ideja.

Pored redovne nastave, radionica je uključivala konsultacije sa mentorima i gostujućim stručnjacima. Ovi interaktivni elementi omogućili su studentima da dobiju povratne informacije o njihovim zamislima, što je dodatno doprinelo kvalitetu njihovih radova.

3 ANALIZA REZULTATA

3.1 KVANTITATIVNI REZULTATI

U okviru radionice „The Hive – Student Edition“ učestvovalo je 24 studenata. Svi su pohađali izborni predmet „Crtež u arhitekturi 2“. Za razliku od prethodnih radionica (Vlasotince [12] i Luštica [14]), svi radovi su predati u terminima koji su određeni na početku, pre nego što je organizovano prijavljivanje učesnika. Saradnja sa gostujućim predavačima i tehničkom podrškom (video montaža, izrada maketa i instalacija) je značajno uticala na realizaciju umetničkih radova, najpre kroz zainteresovanost studenata da se bave istraživanjem specifičnih tema. Većina (13) radova pripada instalacijama, 5 pripadaju hibridnom konceptu (intervencija na fotografiji), 4 se nalaze u oblasti video rada, a 2 su realizovana tradicionalnom tehnikom slikanja.

U okviru prethodnih radionica, bilo je 24 studenta (podeljenih na 8 timova) angažovanih oko zaštite čaršije u Vlasotincu i 6 studenata koji su učestvovali na koloniji na poluostrvu Luštica u Crnoj Gori.

U okviru nastave, na predmetu Crtež u arhitekturi II, u poslednjih 5 godina, prisutno je u proseku 40 studenata.

3.2 KVALITATIVNI REZULTATI

Svi studentski plakati sa radionice „The Hive – Student Edition“ su za potrebe istraživanja objavljeni na sajtu radionice [15]. Kvalitativna analiza je sprovedena za uspešnost u kompoziciji plakata (A), uspešnost samog rada (B) i poštovanje rokova predaje (C). U prvom slučaju, srednja ocena svih plakata je 8,5; dok su sami radovi ocenjeni sa 9. U A grupi ocena, 4 rada su dobila maksimalnu ocenu (10), a 3 najnižu (7). U drugoj (B) grupi ocena, čak 11 radova je dobilo najvišu ocenu (10), a samo 1 rad najmanju (7). Srednja ocena je 9,2. U oba slučaja, ocene odgovaraju akademskom načinu ocenjivanja. U okviru ove radionice je 23 plakata predato u okviru predviđenog termina, što se ocenjuje ocenom 10.

Najveći uticaj na kreativni proces i tehnički razvoj studenata zabeležen je na samoj radionici. Predavanja, (u formi filmova i diskusija) koja su realizovana sa temama umetničkog stvaralaštva, zaslužna su za početni proces u okviru kojeg su studenti slobodno birali teme i tehnike svojih radova.

U slučaju Vlasotince, kompozicije (A) 8 plakata su veoma niske, ocenjene ocenom 6,5. Njihova srednja uspešnost (B) je malo viša, 7,5. Svi radovi su doradivani više puta, nakon termina prve predaje, tako da je u okviru ovog kriterijuma (C) srednja ocena 5. Kompozicije plakata u okviru kolonije na Luštica su izostavljene iz potpune kvalitativne ocene, s obzirom na to da je mentor radionice direktno uticao i na kompoziciju u na rešenje radova. Ipak, ocena poštovanja rokova je najniža, 5.

U okviru uobičajena nastave, na predmetu Crtež u arhitekturi II, u proteklih 5 godina prosečna uspešnost semestralnih radova je 7,5, a ta vrednost odgovara i prosečnoj uspešnosti kompozicije rada i opštoj zainteresovanosti.

Tabela 1- Kvalitativni rezultati

Naziv projekta	Srednja uspešnost kompozicije	Srednja uspešnost rada	Prosečna ocena poštovanja rokova
Hive Student Edition	8,5	9	10
Vlasotince	6,5	7,5	5
Luštica	/	/	5
Uobičajena nastava	7,5	7,5	7,5

4 DISKUSIJA

Ovaj eksperiment je pokazao da je praktični i slobodni pristup nastavi direktno povezan sa kvalitetom studentskih radova. Za razliku od ranijih radionica, studenti su za vreme održavanja „The Hive -Student Edition“, u predviđenom roku i na veoma uspešan način realizovali radove, koje su kasnije prezentovali na plakatima u okviru zasebne izložbe u holu fakulteta. Iskustvo u timskom radu u okviru radionice, kao i slobodno definisanje okvira umetničkog delovanja uz pomoć nastavnika i gostujućih mentora, najviše su doprineli osvešćivanju studenata, koji su dalje preuzeli inicijativu za finalnu izradu radova.

Studenti 2. semestra su bez uobičajene pripreme samoinicijativno savladali kompjuterske programe za pripremu plakata, a kvalitet njihovih vizuelnih rešenja prevazilazi kompetencije starijih godina. Sa druge strane, odlična uspešnost samih umetničkih radova ilustruje njihovu zainteresovanost za istraživanjem i stvaranjem, kao i uspešnost pedagoškog pristupa u formi slobodne radionice.

Iako je udruženje MedD uspešno da finansira sve resurse koji su potrebni studentima, nakon njihovog dostavljanja opisa umetničkih radova, ograničenja eksperimenta se svakako nalaze u realnim okvirima održavanja radionice. Tako na primer, realizacija skupocenih, kao i instalacija ili skulptura, koje su moguće jedino ukoliko se na njima radi duži vremenski period, nisu sa razlogom prihvaćena od organizatora (GAF i MedD). Ova situacija svakako nije rezultirala stvaranjem bilo kakvog otpora kod studenata ili mentora, jer je sam okvir radionice na početku postavljen tako da umetnički radovi budu usklađeni sa dostupnim tehnološkim rešenjima. Na iznenađujuće pozitivan način, studenti su prihvatili ovu okolnost i upotrebili je kao benefit u svom kreativnom radu. Drugim rečima, mapirali su ograničenja resursa i efikasno su realizovali radove koje su mogli da izvedu uz pomoć tehničke podrške.



Slika 3 – Mentori: M. Lađušić i B. Milanović

Najzanimljivije je što studenti nisu posegli krajnje savremenim tehnologijama umetničkog stvaranja, već su za potrebe realizacije svojih vizija koristili skice i razne vrste opisa u formi teksta. Može se zaključiti da izuzev kraćih filmova, većina radova pripada manipulisanju forme i materijala u skladu sa specifičnim umetničkim narativima. To je u skladu sa mapiranim problemima koji su spomenuti u okviru pregleda literature na početku rada.

Dodatno, ovo istraživanje ukazuje na značaj fleksibilnosti u pedagoškom pristupu. Postavljanje jasnih, ali ne restriktivnih okvira omogućava studentima slobodu istraživanja unutar dostupnih resursa. Uloga nastavnika i mentora u ovom procesu nije bila samo instruktivna već i inspirativna, jer su studenti uz njihovu podršku razvijali individualne strategije rešavanja kreativnih izazova. Ovo potvrđuje potrebu za kontinuiranim eksperimentisanjem u obrazovanju, kako bi se stvorili inovativni modeli nastave koji odgovaraju savremenim zahtevima i izazovima u arhitektonskoj edukaciji.

Ovi rezultati se u velikoj meri podudaraju sa nalazima iz pregleda literature, koji ukazuju na važnost integracije kreativnih i tehničkih aspekata u obrazovnom procesu [2,4,6–9]. Ranija istraživanja naglašavaju kako inovativni pristupi i interaktivne metode mogu poboljšati motivaciju studenata i kvalitet njihovih radova [7]. Konkretno, ovaj eksperiment je dodatno potvrdio da kombinacija tradicionalnih i savremenih metoda, uz aktivno mentorstvo, može unaprediti kreativni potencijal studenata i omogućiti im da razviju kompetencije koje su direktno primenljive u savremenoj praksi arhitektonskog projektovanja. Teme umetničkog i arhitektonskog stvaralaštva su međusobno povezane i čine temelj za razvoj veština i metodologija koje su od ključnog značaja za arhitektonsko projektovanje. Kroz eksperimente i analize u okviru radionice, studenti se pripremaju za izazove u realnoj arhitektonskoj praksi.

5 ZAKLJUČAK

Na osnovu dostupnih informacija, mogu se identifikovati nekoliko mogućih razloga zašto su rezultati na uobičajenoj nastavi, kao i na radionicama u Vlasotincu i na Luštici, slabiji u poređenju sa rezultatima na nekim drugim radionicama. U uobičajenoj nastavi primećeno je da studenti viših godina nisu adekvatno savladali tehničke aspekte prezentacije rada (kompozicija, grafička obrada), što može ukazivati na neefikasnost postojećeg nastavnog modela u tom segmentu. Uočeno je da su studenti

prve godine, kada su pokazali veće interesovanje, uspeali da savladaju i sadržaj namenjen višim godinama. To sugeriše da je motivacija ključni faktor uspeha, a moguće je da u Vlasotincu i na Luštici nije postojala dovoljna motivacija ili izazov koji bi studente podstakao na viši nivo angažovanja. Takođe, lokacija i uslovi rada u Vlasotincu i na Luštici su sigurno uticali na kvalitet rezultata. Te radionice su verovatno bile manje strukturirane ili su postojala ograničenja u resursima (prostorni, vremenski, materijalni), što je negativno uticalo na postignuća. Ako su radionice u Vlasotincu i Luštici sledile tradicionalniji pristup ili nisu bile dovoljno interaktivne i prilagođene eksperimentalnom učenju, to je moglo smanjiti kreativni i tehnički doprinos studenata. Na kraju, kvalitet povratne informacije i mentorstva može značajno oblikovati rezultate. Ukoliko je interakcija sa mentorima bila ograničena ili nije bila dovoljno precizna u smernicama, to je moglo uticati na kvalitet završnih radova.

Analiza performansi studenata u okviru radionice „The Hive - Student Edition“ pokazala je značajne razlike u tehničkoj pripremljenosti i razumevanju arhitektonskog crteža i kompozicije među različitim generacijama. Dok su studenti prve godine pokazali visok nivo prilagodljivosti i interesovanja za kompleksne teme, studenti četvrte godine suočili su se s izazovima u tehničkoj obradi svojih radova. Ovi rezultati ukazuju na potrebu za ranijom integracijom naprednih crtačkih metoda u nastavne programe kako bi se obezbedio postepen razvoj veština kroz godine studija.

Upoređivanjem rezultata aktuelne radionice sa prethodnim iteracijama, primećuje se da su unapređenja u metodologiji predavanja i pristupu zadacima doprinela kvalitetnijim radovima i boljem razumevanju crteža kao sredstva istraživanja u arhitekturi. Ovo istraživanje može poslužiti kao osnova za dalji razvoj nastavnih metoda koje će omogućiti studentima da crtež koriste ne samo kao sredstvo reprezentacije, već i kao alat za kritičko promišljanje i eksperimentisanje u arhitektonskom projektovanju. Ovim se, u kontekstu budućnosti arhitektonskog obrazovanja, ističe potreba za fleksibilnijim, dinamičnijim i interdisciplinarnim nastavnim modelima. Dalja istraživanja treba usmeriti ka razvoju inovativnih obrazovnih formata koji će još preciznije odgovarati zahtevima savremenih studenata i profesionalnim izazovima.

ZAHVALNOST

Ovo istraživanje je podržalo Ministarstvo za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije, Ugovorom o finansiranju naučnoistraživačkog rada zaposlenih u nastavi na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu, Univerziteta u Nišu - Evidencioni broj: 451-03-137/2025-03/ 200095 od 04.02.2025. god.



Slika 4 – Plakat: Nada Stevanović

LITERATURA

- [1] Chengyan Li, Zhang Tianyu, Xusheng Du, Zhang, Ye, Xie Haoran: **Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design: A Literature Review**. *Frontiers of Architectural Research* 2024.
- [2] Ceylan Salih, Şahin Pinar, Seçmen Serengül, Somer Melek Elif, Süher Hasan Kemal: **The Contribution of Digital Tools to Architectural Design Studio: A Case Study**. *Ain Shams Engineering Journal* 2024, 15, 102795.
- [3] Hou Ning, Nishina Daisaku, Sugita So, Jiang Rui, Kindaichi Sayaka, Oishi Hiroshi, Shimizu Akihiro: **Virtual Reality Space in Architectural Design Education: Learning Effect of Scale Feeling**. *Build Environ* 2024, 248, 111060.
- [4] Levent A. Kara: **A Critical Look at the Digital Technologies in Architectural Education: When, Where, and How?** *Procedia Soc Behav Sci* 2015, 176, 526–530.
- [5] Flores Emmanuel, Xu Xun, Lu Yuqian: **A Reference Human-Centric Architecture Model: A Skill-Based Approach for Education of Future Workforce**. *Procedia Manuf* 2020, 48, 1094–1101.
- [6] Mahmoud Mohamed Saleh, Abdelkader Morad, Sadek Hosny Samir: **Architectural Education Challenges and Opportunities in a Post-Pandemic Digital Age**. *Ain Shams Engineering Journal* 2023, 14, 102027.
- [7] Baghaei, Abdollah Daemei, Safari Hossein: **Factors Affecting Creativity in the Architectural Education Process Based on Computer-Aided Design**. *Frontiers of Architectural Research* 2018, 7, 100–106.
- [8] Milutinović Marin: **Aktuelni Problemi Likovnog Vaspitanja Na Osnovu Analize Nastavnih Programa u Srednjim Školama**. *Godišnjak Fakulteta za kulturu i medije* 2015, 7, 579–588.
- [9] Meseldžija Hristina: **Discovering the Hybrid Model of Architectural Drawing at the Beginning of the XXI Century**. *SAJ* 2020, 12.
- [10] Stanimirović Mirko: **Crtež 2**. <https://wireframe22.wixsite.com/crtez2> (01.01.2025).
- [11] **MedD** https://www.instagram.com/ug_medd/?hl=en (01.01.2025).
- [12] Stanimirović Mirko, Momčilović Petronijević Ana, Cvetković Ivana, Stošić Đorđe: **Arhitektonska Radionica - Očuvanje Graditeljskog Nasleđa: Stara Čaršija Vlasotinca**. *Nauka+Praksa* 2024, 27, 77–85.
- [13] Stanimirović Mirko, Nikolić Vojislav, Vasić Milanka, Živković Milica: **The Role of Visual Thinking in Educational Development: Architectural Design**. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 2023, 22, 3244–3252.
- [14] Stanimirović Mirko: **Landscape Painted with Tea: Architectural Colony in Klinči Village (Lustica)**. *Journal of the Faculty of Civil Engineering and Architecture* 2024, 39, 67–78.
- [15] Stanimirović Mirko: **Studentski Radovi** <https://wireframe22.wixsite.com/crtez2/radovi> (01.01. 2025).

primljen: upisuje urednik
 korigovan: upisuje urednik
 prihvaćen: upisuje urednik

upisuje urednik

UDC : upisuje urednik
 DOI : upisuje urednik

NASLOV RADA (STYLE TITLE)

Ime Prezime¹, Ime Prezime² (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)

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 prema uputstvu pažljivo upisati njihove titule, zvanja, afilijacije, zemlje, imejl adrese i ORCID brojeve u formatu ORCID XXXX-XXXX-XXXX-XXXX. Ukoliko autor nema ORCID broj upisati ORCID N/A.

Nakon toga 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. Ključne reči na srpskom pisati malim slovima, osim ako su u pitanju vlastita imena.

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.

¹ Titula, zvanje, afilijacija, zemlja, imejl adresa, ORCID (Style Footnote)

² Titula, zvanje, afilijacija, zemlja, imejl adresa, ORCID (Style Footnote)

Rezime i ključne reči date na engleskom jeziku ne smeju da pređu na narednu stranu, već ona treba da započne naslovom prvog poglavlja. Ključne reči na engleskom pisati velikim prvim slovom, izuzev veznika, predloga i članova. Ne ostavljati prazne redove između pasusa, poglavlja ili pre i posle slika, tabela i grafikona.

Minimalan broj strana rada je 6, uključujući i stranu sa naslovom i apstraktom, kao i poslednju stranu na kojoj su date zahvalnosti i citirana literatura. Dužina rada samo u izuzetnim slučajevima sme da prekorači 15 strana, ukoliko autori dobiju odobrenje uredništva.

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 nabranjanja, ona treba da izgledaju ovako:

- prvo nabranjanje,
- drugo nabranjanje,...

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, a indeksa 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. Uvoziti slike korsiteći style Figure. 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)			

Jedinice mere pišu se nakon brojčane vrednosti, ali između njih treba da postoji razmak. Na primer 14 km, 60 s ili 22 kN. Izuzetak su vrednosti temperature, na primer 18°C, i procenti, na primer 33%. Za označavanje decimalnih vrednosti koristi se zapeta, na primer 28,56 m.

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 uputstva. 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. Citati u tekstu daju se pre znakova interpunkcije. Pre citata u tekstu treba da postoji jedan razmak.

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/standarde [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 28/2025.

Dr Andrija Zorić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija

Dr Anđelko Cumbo, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina

Dr Dimitar Kaloyanov, Univerzitet za arhitekturu, građevinarstvo i geodeziju, Sofija, Bugarska

Dr Igor Maraš, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Dr Jelena Atanacković Jeličić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Dr Jelena Carević, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija

Dr Maja Ilić, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina

Dr Mihajlo Zinoski, Arhitektonski fakultet, Univerzitet Sveti Ćirilo i Metodije u Skoplju, Severna Makedonija

Dr Milivoje Rogač, Građevinski fakultet u Podgorici, Univerziteta Crne Gore, Crna Gora

Dr Miomir Vasov, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija

Dr Nenad Stojković, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija

Dr Nenad Šekularac, Arhitektonski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Dr Petar Knežević, Fakultet tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici, Srbija

Dr Predrag Petronijević, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija

Dr Radomir Kojić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Dr Sandra Kosić-Jeremić, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina

Dr Tijana Vujičić, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina

Dr Višnja Žugić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Dr Vladimir Vukobratović, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija



RALEX

Više od proizvodnje

Godine 1975. napravljena je prva mala radionica za obradu metala, izradu ograda i manjih konstrukcija, koja je radila sve do 1990. kada je osnovano preduzeće Ralex za izradu čeličnih konstrukcija. Ralex je napravljen na porodičnom imanju u Jagodini, 3 kilometra od nacionalnog autoputa E75, gde se na istom prostoru nalaze svi objekti i oprema (kancelarije, radionice, komore, magacini, transportna sredstva, autodizalice itd.).



Primarna delatnost našeg preduzeća su specijalne čelične konstrukcije.

Pored toga, Ralex je danas vodeća firma za izradu proizvoda za marketinško predstavljanje, oslikavanje i dekoraciju enterijera i eksterijera, što uključuje:

- Izradu konstrukcija i brendiranje svih tipova objekata
- Izradu autoperionica i benzinskih stanica
- Izradu totema, pilona i bilborda
- Izradu svetlećih reklama svih dimenzija
- Izradu reklamnih panoa, banera, megabord-a svih dimenzija
- Dekorativno i marketinško oslikavanje enterijera i eksterijera
- Oslikavanje putničkih vozila, autobusa, kamiona, cerada

Naši proizvodi čine kompletan program za reklamu i imidž svakog preduzeća. Realizovane projekte možete videti na više od 10.000 lokacija širom Srbije i Evrope.



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- (Beograd : Donat Graf). - 29 cm

Godišnje. - Drugo izdanje na drugom medijumu:
Nauka + praksa (Niš. Online) = ISSN 3009-4682
ISSN 1451-8341 = Nauka + praksa (Niš. 1993)
COBISS.SR-ID 48721676