



# nauka + praksa

Centar za građevinarstvo i arhitekturu Niš

26 | 2023



# nauka + praksa

Centar za građevinarstvo i arhitekturu Niš

26 | 2023



**Nauka+Praksa**

Broj 26/2023.

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

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

+381 18 588 200

**Izdavač**

Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija

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

**Za izdavača**

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

**Glavni i odgovorni urednik**

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

**Urednici**

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

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

dr Milorad Jovanovski, redovni profesor, Građevinski fakultet Univerziteta Sveti Ćirilo i Metodije u Skoplju

**Lektor za engleski jezik**

Goran Stevanović, diplomirani filolog-anglista

**Saradnik za UDK i CIP**

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

**Tehnička obrada**

dr Milica Igić, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

**Naslovna strana**

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

Otvaranje Međunarodne izložbe savremenog stanovanja Housing 23, Galerija Paviljon Tvrdava, Niš

Autor fotografije: dr Mirko Stanimirović

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

**ISSN 1451-8341**

UDK 624+72

Učestalost objavljivanja: jednom godišnje

Štampa Grafika Galeb Niš

Tiraž: 100



## UVODNA REČ

Dragi čitaoci, predstavljamo vam novi broj časopisa Nauka+Praksa, koji nastavlja svoju tradiciju objavljivanja značajnih naučnih doprinosa iz oblasti arhitekture i građevinskog inženjerstva. Naša publikacija seže unazad 30 godina, i ovaj 26. broj donosi radove koji prikazuju praktičnu primenu naučnih dostignuća u graditeljstvu.

U ovom broju publikovano je 10 odabranih radova. Tematski, radovi su raspoređeni između različitih oblasti građevinarstva i arhitekture. Sa posebnim zadovoljstvom ističemo da su u ovom broju časopisa autori van naše institucije zastupljeni sa preko 40% od ukupnog broja autora, a recenzenti van naše institucije čine više od 55% ukupnog broja recenzenata. Zahvalnost dugujemo i autorima koji prepoznaju ugled, tradiciju i značaj našeg časopisa, kao i recenzentima koji nesebično dele svoje znanje i iskustvo sa autorima kako bi unapredili kvalitet radova, a samim tim i časopisa.

Cilj uredništva je da dalje radi na popularizaciji časopisa, na podizanju kvaliteta radova i na većem uključivanju stručnjaka iz prakse. Zato pozivamo autore da nastave sa istraživanjima, dokumentuju rezultate svojih naučno-istraživačkih radova i njihovih primena u praksi, i publikuju ih u časopisu Nauka+Praksa. Takođe, pozivamo i potencijalne sponzore i donatore koji žele da podrže rad časopisa da nam se obrate.

Publikovani radovi zajedno čine bogato i sadržajno izdanje časopisa Nauka+Praksa, i nadamo se da će doprineti daljoj promociji naučnih saznanja u oblastima arhitekture i građevinskog inženjeringa. Hvala vam što pratite našu publikaciju, i radujemo se vašem daljem interesovanju i doprinosima.

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

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



## SADRŽAJ

<i>Sead Kadrić, Ekrem Bektašević, Kemal Gutić, Denijal Sikira</i> NUMERIČKE ANALIZE STABILNOSTI ISKOPA TUNELA IBARAC I STABILIZACIJA URUŠENOG DIJELA, PARKING NIŠE	1
<i>Ana Momčilović-Petronijević, Ivana Cvetković, Dušan Stajić</i> ESTETSKA DEGRADACIJA OBJEKATA NARODNOG GRADITELJSTVA	11
<i>Marija Janković, Mirjana Prodanović, Danijela Slavnić, Sunčica Vještica</i> USPOSTAVLJANJE ODRŽIVIH VODOVODNIH SISTEMA U RURALNIM SREDINAMA - STUDIJA SLUČAJA GRAD KRALJEVO	19
<i>Ljiljana Jevremović, Ana Stanojević, Isidora Đorđević, Marina Jordanović, Uroš Antić, Đurđina Rančić</i> URBANA OBNOVA PROSTORNO KULTURNO-ISTORIJSKE CELINE “VOJNO-TEHNIČKI ZAVOD” U KRAGUJEVCU - PRIKAZ KONKURSNOG REŠENJA	31
<i>Darko Živković, Predrag Blagojević, Miljan Milenković, Aleksandar Šutanovac</i> SPECIFIČNOSTI PROJEKTOVANJA KONSTRUKCIJSKIH SISTEMA OBJEKATA U SKLOPU POSTROJENJA ZA PIJAČU VODU U GANI, AFRIKA	43
<i>Jelena Đekić, Milena Dinić Branković, Milica Ljubenić, Milica Igić</i> PRIKAZ URBANISTIČKOG PROJEKTA ZA IZGRADNJU KOMPLEKSA ZELENE PIJACE I OBJEKTA DRŽAVNIH I OPŠTINSKIH ORGANA U VLASOTINCU	55
<i>Predrag Lukić, Vanja Lukić</i> BETONI VISOKIH PERFORMANSI	63
<i>Mirko Stanimirović, Nemanja Randelović, Vukašin Vasić, Ana Momčilović-Petronijević</i> TRANSFORMACIJA SEOSKE POJATE U KUĆU ZA POVREMENO STANOVANJE U SELU DOJKINCI KOD PIROTA	69
<i>Jana Novaković, Nebojša Milošević, Predrag Stojanović, Aleksandra Ilić</i> ANALIZA MORFOLOŠKIH PROCESA U REČNOM KORITU PRIMENOM SOFTVERA HEC-RAS	75
<i>Nenad Stojković</i> ASPEKTI OPTIMIZACIJE ŠEME GRADILIŠTA PRIMENOM GENETSKIH ALGORITAMA	85
Uputstvo za formatiranje rada	97
Lista recenzenata časopisa Nauka+Praksa za broj 26/2023.	103





primljen: 21.08.2023.  
korigovan: 02.09.2023.  
prihvaćen: 05.09.2023.

izvorni naučni rad

UDK : 624.19:519.6

## NUMERIČKE ANALIZE STABILNOSTI ISKOPA TUNELA IBARAC I STABILIZACIJA URUŠENOG DIJELA, PARKING NIŠE

Sead Kadrić<sup>1</sup>, Ekrem Bektašević<sup>2</sup>, Kemal Gutić<sup>3</sup>, Denijal Sikira<sup>4</sup>

**Rezime:** Prilikom iskopa tunela u stijenskoj masi dolazi do promjene naponskog stanja, odnosno do pojave koncentracije napona oko konture iskopa. U radu je prikazano naponsko – deformacijsko stanje u stijenskoj masi i analiza zona tunela u kojima je već izveden iskop i primarna podgrada, a na kojima su deformacije znatno uvećane. Proračun, na bazi Metode konačnih elemenata (MKE), proveden je primjenom kompjuterskog programa PLAXIS 2D. Pomoću programa RocLab posebno su definisani ekvivalentni Mohr – Coulombovi parametri čvrstoće za svaku zonu i nastupajuću geološku jedinicu. Postupak/faze stabilizacije urušenog dijela tunela rađen je na primjeru tunela Ibarac. Ove analize stabilnosti ukazuju na područja u kojima se može očekivati lom stijenskog materijala, odnosno na mjesta na kojima treba poduzeti odgovarajuće mjere osiguravanja.

**Glavne riječi:** numerička analiza, stabilnost, iskop, podgrada, tunel

## NUMERICAL ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE IBARAC TUNNEL EXCAVATION AND STABILIZATION OF THE COLLAPSED PART, PARKING NICHE

**Abstract:** When excavating a tunnel in the rock mass, there is a change in the stress notation, that is, the appearance of a concentration of stress notation around the contour of the excavation. The paper presents the stress-deformation state in the rock mass and the analysis of the tunnel zones where the excavation and the primary support have already been completed, and where the deformations are significantly increased. The calculation, based on the Finite Element Method (FEM), was carried out using the PLAXIS 2D computer program. Using the RocLab program, the equivalent Mohr-Coulomb strength parameters were specifically defined for each zone and the following geological unit. The process/phases of stabilization of the collapsed part of the tunnel was done on the example of the Ibarac tunnel. These stability analyzes indicate the areas where rock material failure can be expected, i.e. the places where appropriate securing measures should be taken.

**Key words:** numerical analysis, stability, excavation, subgrade, tunnel

<sup>1</sup> i <sup>4</sup> “FM INŽENJERING” d.o.o. Sarajevo, sead.kadric@gmail.com

<sup>2</sup> Dr.sc. “PPG” d.o.o. Sarajevo, bektasevic.ekrem@gmail.com

<sup>3</sup> Prof.dr.sc.Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzla, kemal.gutic@untz.ba

## **1 UVOD**

Iskop podzemnih prostorija i tunela, kao i stabiliziranje neposredno iskopanog profila jedan je od najizazovnijih i najodgovornijih inženjerskih zadataka.

Svaki iskop u stijeni koji formira prazan prostor u stijenskoj masi narušit će primarno stanje napona u masivu i dovesti do razvoja sekundarnog stanja napona oko tih prostorija. To stanje napona dovodi do deformacija konture prostorije. Ako su deformacije velike izvodi se podgrađivanje te prostorije kako bi se spriječilo njeno deformisanje i zadržala namjena. Polazni uslovi su svakako: strukturno – geološka građa masiva, deformacija konture prostorije, primarni i sekundarni naponi te uticaj pritiska podzemne vode.

Osnovni problem koji treba riješiti kada treba postaviti podgradu je koliko stijeni treba dozvoliti da se deformiše prije nego što podgrada preuzme na sebe opterećenje i onemogućiti daljnje deformacije konture prostorije. To znači da kod podgrađivanja i izbora racionalnog sistema treba uzeti u obzir interaktivnu prirodu karakteristika opterećenje – deformacija, kako stijenske mase, tako i podgrade.

Numeričke metode omogućavaju korištenje naprednih konstitutivnih modela kojima se može realnije predvidjeti odziv sredine u kojoj se tunel izvodi, kao i ponašanje elemenata podgradnog sklopa pri različitim uslovima opterećenja. Numeričke analize kod kojih se parametri materijala mijenjaju u skladu s rezultatima geotehničkih mjerenja i opažanja nazivaju se povratne analize. Princip povratnih analiza je taj da se za pretpostavljene karakteristike materijala izračuna stanje naprezanja i deformacija te da se izračunato stanje komparira sa rezultatima dobivenim mjerenjem stvarnog stanja na terenu.

Shodno tome provedene su numeričke analize naponsko – deformacijskog stanja u stijenskoj masi tunela Ibarac i uticaji u primarnoj podgradi, za sve faze izgradnje tunelskog profila u kojima su provjerene relevantnosti iskopa tunela za različite geološke uslove[1]. Takođe, prezentirana je i kontrolna analiza - numerički model, za već izrađeni dio tunela Ibarac (parkirna niša) na kome je došlo do povećanja deformacija (kolapsa obloge tunela), s cilju definisanja što optimalnijeg rješavanja nestabilnosti stropa tunelskog iskopa i primarne obloge na pomenutom dijelu tunela.

Tunel „Ibarac“ nalazi se na obilaznici Rožaja, i dio je projekta *Izgradnja II faze obilaznice Rožaja*, od

stacionaže km 0+101,40 do km 1+294,50. Tunel je jednocijevni ukupne dužine od 1.193,10m. Uz cestovni tunel, s desne strane na osnom odstojanju od 20m vršena je izrada i evakuacionog tunela. Evakuacioni tunel ukupne je dužine 693,10m. Sa ulazne strane evakuacioni tunel prati glavnu cijev od stacionaže km 0+101,40 do 0+420,00m, dok sa izlazne strane prati glavnu cijev od stacionaže km 0+920,00 do km 1+294,50. Poprečnom vezom na stacionaži km 0+920,00, evakuaciona cijev povezana je sa glavnom cijevi tunela. U središnjem dijelu tunela, na dužini od 500m, nije predviđena evakuaciona cijev.

### **1.1 GEOTEHNIČKI MODEL TLA I STIJENA**

Inženjersko-geološke karakteristike „in-situ“ obuhvataju čvrstoću materijala, elemente pukotina, kontakte između pojedinih stijena i sl.

Nakon utvrđivanja inženjersko – geoloških karakteristika i kontinuiranih geološkog kartiranja definisani su geotehnički modeli tla i stijena za tunel Ibarac[2]. Geotehnički modeli, utvrđeni su za dvije geotehničke sredine, i to:

- a) fluvio-glacijalni sedimenti i
- b) trošni krečnjaci, degradirani i raspucali.

Fluvio-glacijalni sedimenti:

- prirodna zapreminska težina,  $\gamma=24,0$  kN/m<sup>3</sup>,
- ugao unutrašnjeg trenja,  $\phi=25-35^\circ$ ,
- kohezija,  $c=45-55$  kN/m<sup>2</sup>,
- modul deformacije,  $E_v=90-120$  Mpa.

Ovaj materijal, po RMR kategorizaciji, svrstan u V kategoriju stijenske mase, iako se materijal determiniše kao tlo.

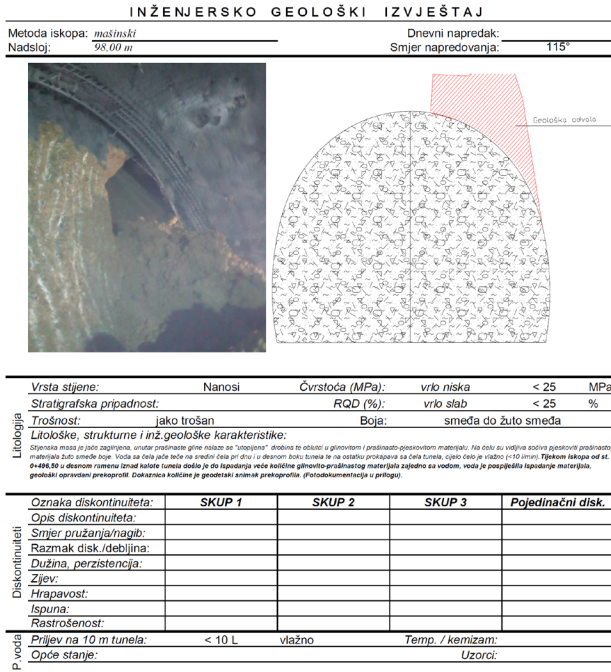
Trošni krečnjaci, degradirani i raspucali:

- prirodna zapreminska težina,  $\gamma=25,0$  kN/m<sup>3</sup>,
- ugao unutrašnjeg trenja,  $\phi=30-40^\circ$ ,
- kohezija,  $c=50-100$  kN/m<sup>2</sup>,
- modul deformacije,  $E_v=150-250$  Mpa.

Ovaj materijal, po RMR kategorizaciji, svrstan u IV kategoriju stijenske mase.

Ukratko, fluvio-glacijalni sedimenti su građeni od žuto-smeđe do smeđe prašinasto-pjeskovite gline, u površinskim dijelovima pjeskovito - prašinski sedimenti sa sitnim šljunkom i valuticama. Dublje su krupnozrni, heterogeni (rjeđe poluzaobljeni) šljunkovi i centimetarsko – decimetarci valutci. Povremeno se javljaju džepovi gline. Materijal u zoni iskopa glavne tunelske cijevi je porozan i stišljiv.

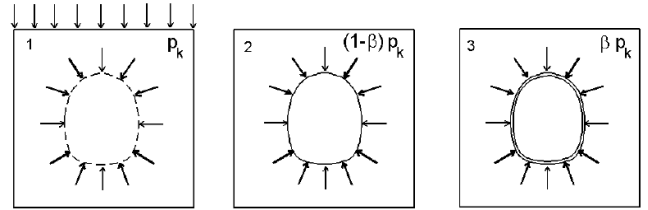
Krečnjaci i dolomiti, značajno tektonizirani, ispucali i sitno blokovski izdijeljeni ili potpuno raspadnuti. U nastavku je prikazan inženjersko-geološki izvještaj sa stacionaže 0+496.50.



Slika 1 - IG obrazac (Tunel „Ibarac“, st.0+496.50)

## 2 NUMERIČKE ANALIZE

Numeričke analize vršene su metodom konačnih elementata pomoću kompjuterskog programa PLAXIS. U numeričkoj analizi primjenjen je postupak simulacije građenja tunela koji se naziva  $(\lambda=1-\beta)$  - metoda. U toku izgradnje tunela, pomjeranja konture rastu sa dužinom napredovanja iskopa odnosno sa odmicanjem čela od posmatranog poprečnog preseka tunela. Nakon ugradnje primarne podgrade kontura tunela se nastavlja deformisati, ali sada zajedno sa podgradom sve dok se ne uspostavi stanje konačne ravnoteže. Kasnija ugradnja podgrade (udaljenije čelo iskopa) implicira manje opterećenje na podgradu i veća pomjeranja stijenske mase. Ranijom ugradnjom podgrade (manje udaljeno čelo iskopa) izbjeći će se veća pomjeranja, ali prepustiti znatno veće opterećenje na podgradu, što nije nužno ekonomski opravdano. Idejni koncept  $(\lambda=1-\beta)$  - metode je da se inicijalni napon na mjestu budućeg tunela podijeli na dio  $(1-\beta)p_k$  koji prenosi stijenska masa nepodgrađenog tunela i dio  $\beta p_k$  koji preuzima podgrađeni tunel (fotografija br.2). Vrijednost  $p_k=p_0$  odgovara početnim naponima za koje se pretpostavlja da su hidrostatični.



Slika 2 Shematski prikaz koncepta  $\beta$ -metode  $(1-\beta=\lambda)$

Koeficijent relaksacije  $\lambda$  je u funkciji više parametara:

- nosivosti stijenske mase,
- faktora stabilnosti tunela,
- koraka iskopa i
- primarne podgradnje (tj. udaljenosti čela iskopa u odnosu na profil u kome se vrši ugradnja primarne podgrade).

Koeficijent relaksacije  $\lambda$  uzima vrijednosti od 1,0 do 0,0 pri čemu 1,0 označava totalnu relaksaciju napona. U numeričkoj analizi potrebno je težiti tome da se usvoji vrijednost  $\lambda$  koja je bliska vrijednosti za  $\lambda_{cr}$  jer to omogućava dimenzionisanje podgradnje koja će zadovoljiti potrebu dominantnog elastičnog odziva stijenske mase, odnosno najbliže slijedi principima NATM. To znači da postoji vrijednost koeficijenta relaksacije  $\lambda = \lambda_{cr}$ , pri kojoj dolazi do plastifikacije:

$$\lambda_{cr} = 1 - \left( \frac{2}{1+k} \right) \left( \frac{N_s - 1}{N_s} \right) \quad (1)$$

gde je  $k=tg^2(45+\phi/2)$ .

Iz toga slijedi da je stijenska masa oko tunela u elastičnom stanju ako je:

$$N_s \leq 1 \quad ili \quad (N_s > 1 \quad i \quad \lambda \leq \lambda_{cr}) \quad (2)$$

u plastičnom stanju ako je:

$$N_s > 1 \quad i \quad \lambda > \lambda_{cr} \quad (3)$$

Gdje je  $N_s$  faktor stabilnosti nepodgrađenog dijela tunela, i definiše se relacijom:

$$N_s = \frac{2p_0}{\sigma_{cm}} \quad (4)$$

gdje je:

- $p_0 = \gamma H$  - pritisak nadstroja i
- $\sigma_{cm}$  - jednoosna čvrstoća stijenske mase na pritisak.

Ukoliko je vrijednost faktora stabilnosti tunela  $N_s < 1,0$  to implicira višu vrijednost za  $\lambda$  jer stijenska masa ima zahtjevanu nosivost tako da samo mali dio opterećenja preuzima primarna podgrada. U skladu s tim će presječne sile u oblozi biti relativno male zbog manjeg nivoa opterećenja koje preuzimaju. Obrnuto, manji  $\lambda$ -faktor znači veće presječne sile i manje

deformacije stijene prije ugradnje podgrade. Vrijednost  $\lambda$ -faktora, koja se koristi kao ulazni podatak za numeričke analize se utvrđuje na bazi teorijskih pretpostavki i ocjene nosivosti odnosno kvaliteta stijenske mase. Svakako, najrealnija ocjena se postiže povratnim statičkim analizama koristeći podatke mjernih profila na terenu.

### 2.1 METODOLOGIJA ODREĐIVANJA ULAZNIH PARAMETARA ZA 2D ANALIZE

Prilikom numeričkog modeliranja u mehanici stijena, osnovni problem predstavlja određivanje ulaznih parametara stijenske mase. Na osnovu opšteg Hoek – Brown kriterijuma loma, razvijen je softverski program „RockLab“ koji na vrlo jednostavan način omogućava dobijanje pouzdane procjene stijenske mase kako za postojeće tako i za vrlo slabe stijenske mase.

Za potrebe provjere stabilnosti tunela, u kategorijama stijenske mase koje nisu bile predviđene korišteni su svi relevantni podaci koji su bili dostupni u fazi izrade Glavnog projekta. Tunel je podjeljen u dvije kvazihomogene zone, i to zona u kojoj je zastupljena V kategorija stijenske mase i zona tunela u kojoj je zastupljena IV kategorija stijenske mase. Zona tunela u kojoj je zastupljena IV kategorija stijenske mase, je podjeljena na dvije podzone, i to na:

- zona tunela u kojoj je vrijednost RMR-a u rasponu od 21 do 30 bodova i
- b) zona tunela u kojoj je vrijednost RMR-a u rasponu od 31 do 40.

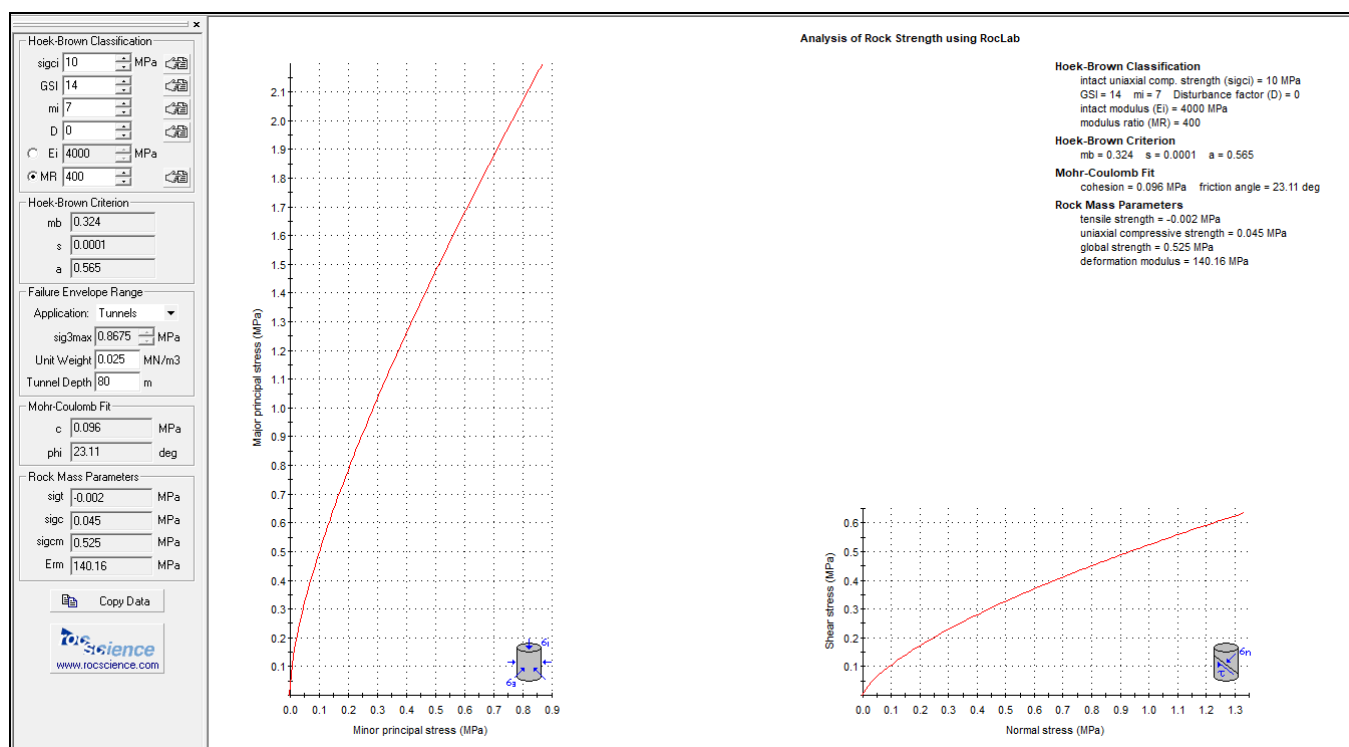
Koristeći se procjenom strukturnih karakteristika stijenske mase navedenim u Izvještaju o inženjersko - geološkim uslovima u tunelu Ibarac, na osnovu geološke GSI klasifikacije i ponašanja primarne podgrade za iskopane i podgrađene sekcije tunela, data je prognoza geomehaničkih parametara za svaku zonu. Za svaku geološku jedinicu izvršena Hoek-Brown-ova i Hoek-Marinos-ova klasifikaciju za stijenske mase, na temelju izmjerenih i interpretiranih jednoosnih čvrstoća na pritisak  $\sigma_{cm}$ , procijenjene

vrijednosti GSI i Hoek-ove konstante  $m_i$ . Pomoću programa RocLab definisani su ekvivalentni Mohr-Coulombovi parametri čvrstoće za svaku zonu i nastupajuću geološku jedinicu posebno, pri čemu je razmotrena i reprezentativna visina nadsloja tunela unutar te zone. Sve stijenske geološke sredine su modelirane upotrebom Hardening Soil (HS) modela[3]. Parametri  $c$ ,  $\varphi$  i  $E_{tm}$  dobiveni su programom RocLab. Model, koji je korišten u studiji za opis ponašanja stijenske mase (HS), omogućava unos različite krutosti za rasterećenje i opterećenje ( $E_{ur}/E_{ref}= 3\div 10$ ), čime se realnije modelira rasterećenje izazvano iskopom tunela, koje je karakteristično za odzivnu putanju napona stijenske mase. U analizama su korišteni tipični odnosi modula  $E_{ur}/E_{ref}=3$ . U praktičnom smislu to znači da su moduli elastičnosti u krajnoj konsekvenci i do 3 puta niži od onih koje su efektivno upotrebljeni u numeričkim analizama o ovoj studiji i koje su rezultat praćenja konvergentnih pomjeranja stijenske mase (glavni oblik ponašanja stijenske mase prilikom iskopa tunela je izazvan rasterećenjem početnih geostatičkih napona).

Numeričke analize tunela izvedene su primjenom metode konačnih elemenata (MKE) kompjuterskim programom PLAXIS 2D. Određena su naponsko-deformacijska stanja u stijenskoj masi te uticaji u primarnoj podgradi, za sve faze izgradnje tunelskog profila. Analize su izvedene prema projektnom pristupu 2 u skladu sa evropskim standardom Evrokod 7 odnosno po pravilniku PBAB87 za betonske konstrukcije.

Dakle, za svaku kvazihomogenu zonu analizirane su slijedeće faze iskopa i podgrađivanja: iskop kalote, poodgrađivanje kalote, iskop stepenice, podgrađivanje stepenice, iskop i podgrađivanje podnožnog svoda. Pri tome su potporne mjere modelirane za svaku zonu.

U nastavku su prikazani ulazni parametri na predmetnom dijelu tunela koji se odnose na parkirnu nišu (kvazihomogena zona 2).



Slika 3 - Odabir ulaznih parametara (Ispis iz RocLab-a)

Za geotehnički model su korišteni sljedeći parametri (tabelarni prikaz).

Tabela 1 Ulazni Parametri

Identification	units	V kategorija – fluvioglacialni sedimenti RMR <20
Hardening soil model		
Drainage type		Drained
$\gamma_{\text{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	24
$\gamma_{\text{sat}}$	kN/m <sup>3</sup>	24
$\epsilon_{\text{init}}$		0,5000
$E_{50}^{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	91,00E3
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	91,00E3
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	273,00E3
power (m)		0,5000
$C_{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	79,0
$\varphi$ (phi)	°	21,25
$\psi$ (psi)	°	0,000

Na području tunela nije bilo provedenih mjerenja početnog naponskog stanja. Zbog toga je prilikom definisanja vrijednosti koeficijenta pritiska u stanju

mirovanja uzeta vrijednost za  $K_0$ , i to vrijednost 1- $\sin\varphi$ . 2D i 3D efekt je, pri izračunima u programu PLAXIS 2D, modeliran prema  $\lambda$ -metodi sa korigiranjem parametra  $\Sigma$ M-Stage. Karakteristična je samo jedna zona.

## 2.2 REZULTATI ANALIZA TUNELA

Pri modeliranju iskopa kalote i stepenice uzet je u obzir 3D efekt, koji je posljedica uticaja čela iskopa. Efekat je obuhvaćen tako da su početni naponi u fazi iskopa djelimično rasterećeni, u fazi podgrađivanja u cjelini. U skladu sa tom metodom je faktor  $\lambda$  zavisen od sljedećih parametara: visine nadsloja, čvrstoće materijala, dimenzija tunela i koraka iskopa, koji je različit za svaku pojedinačnu kategoriju stijenske mase. U programu PLAXIS 2D postupak rasterećenja simuliran je preko parametra  $\Sigma$ M-Stage, koji definiše djelimično rasterećenje inicijalnih napona u pojedinim fazama. Tipične vrijednosti parametra  $\Sigma$ M-Stage u analizama su bile u rasponu od 0,70 do 0,90. U nastavku nisu prikazani rezultati svih ispitivanja odnosno analiza. Prikazani su rezultati za karakterističnu stacionažu, parkirna niša, iako su analize stabilnosti tunela provedene za obje kvazihomogene zone, odnosno kategorije stijenske mase. Također su provedene analize kojima je što

vjerodnostojnije predstavljeno ponašanje primarne podgrade u već izvedenim dijelovima tunela.

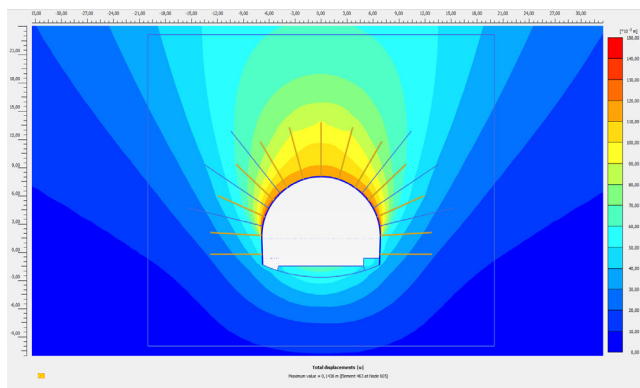
**2.2.1 Analiza u kvazihomogenoj zoni 2 – fluvioglacialni sedimenti – kontrolna analiza za već izvedeni dio tunela-Ibarac ulaz od stacionaže km0+455,00 do km0+515,50, parkirna niša**

Za potrebe što kvalitetnije ocjene ponašanja materijala u kojem vršen iskop tunela u parkirnoj niši izrađen je pouzdan numerički model koji predstavlja realno stanje na terenu.

Model uspješno opisuje ponašanje stijenske mase i tipa podgrade, po svim fazama podgrađivanja obzirom da je izrađen na osnovu mjerenja stvarnih pojava u tunelu (rezultati mjerenja konvergencija i pukotine u mlaznom betonu). Ovaj model je korišten za pouzdano definisanje podgradnih elemenata, za određivanje mjera sanacije na predmetnom dijelu tunela, parkirna niša od km 0+455 do km 0+515,50.

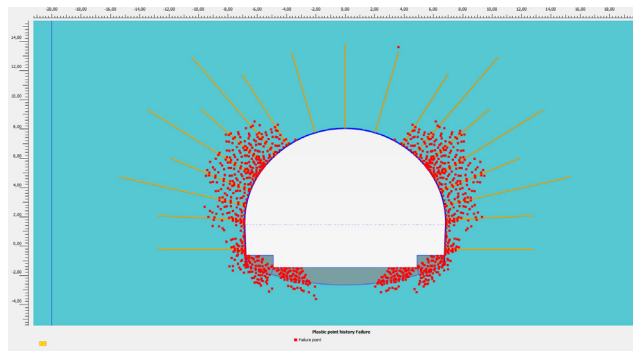
Nakon izrade modela moguće je precizno razmotriti šta se zapravo desilo u stijenskoj masi i podgradi. Veličina deformacija stijenske mase je kompatibilna sa deformacijama izmjerenim na terenu i ukupno iznosi cca 15 cm.

U nastavku su prikazani modeli ponašanja stijenske mase (rezultati statičke analize).



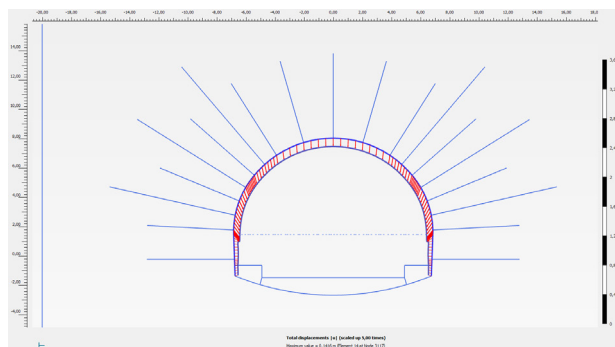
**Slika 4 - Pomjeranje stijenske mase nakon iskopa i sistematske podgradnje – D=15cm**

Stijenska masa oko tunela je dostigla stepen pune plastifikacije, a dubina plastificirane zone iznosi do L=9m.



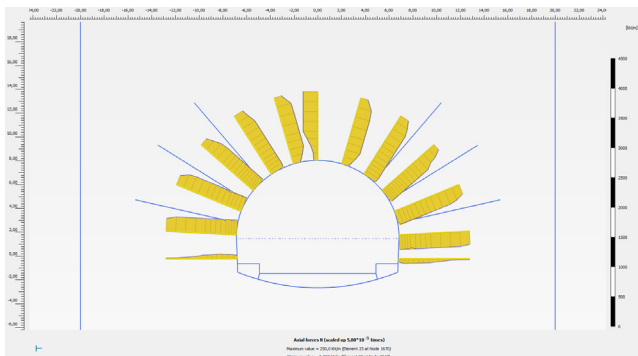
**Slika 5 - Plastifikacija stijenske mase oko tunelske cijevi nakon iskopa i sistematske podgradnje**

Sidra IBO L=6m su potpuno mobilisana, a vrijednost sile od 250kN je jednaka vrijednosti sile pune plastifikacije čelika. Kao što se vidi iz dijagrama momenata, sile u mlaznom betonu su izašle izvan dozvoljenih vrijednosti što se manifestuje pukotinama koje se opažaju na terenu. Na osnovu pouzdanog numeričkog modela, napravljena je statička analiza kojom su simulirani trenutni procesi u tunelu, a sve u cilju definisanja što optimalnijeg rješenja sanacije kolapsa obloge u kaloti.



**Slika 6 - Deformacija i kolaps obloge od mlaznog betona nakon sistematske podgradnje d=15cm**

Rezultati proračuna jasno pokazuju da su elementi podgrade nedovoljno dimenzionirani da bi uspješno osigurali stabilnost tunela. Stanje ravnoteže tunelskog iskopa nije postignuto, a dokaz tome je konstantan prirast pomjeranja na terenu. Tako je izvršena sanacija i reprofilacija oštećene obloge, jer je zbog uvećanih deformacija parkirna niša praktično cijelom svojom dužinom bila u podprofilu.



**Slika 7 - Envelopa normalnih sila u podgradi od mlaznog betona – gubitak integriteta obloge**

Intezitet pomjeranja je najznačajniji u bokovima tunela, te je preporučena sistematska ugradnja dodatnih sidara u bokovima, dužine  $L=9\text{m}$ . Suština rješavanja problema je u ograničavanju deformacija, stoga je predložen i koncept sa ugradnjom lučnog podnožnog svoda od ljevanog betona. Time se stvara kontinuitet obloge u poprečnom profilu i osigurava stabilnost tunela.

Sanacija podprofila u kaloti tunela Ibarac, na stacionaži od km 0+455,00 do km 0+515,50, s izvedbom u sljedećim koracima:

- Prethodno iz dijela tunela koji nije oštećen ili koji je saniran, potrebno instalirati zaštitu stropa u vidu kopalja IBO  $\Phi 51\text{mm}$ ,  $L=3\text{m}$ , sa preklapom od 1,0m.
- Pažljivo ukloniti postojeću oblogu od mlaznog betona koja je u podprofilu, na način da, ni u jednom trenutku duž tunela ne smije biti otvoreno više od jednog metra. Pažljivo ukloniti oblogu da se ne oštete već ugrađena sidra. Sidra reaktivirati nakon ugradnje nove obloge. Na mjestima gdje to ne bude moguće instalirati nova.
- Nakon uklanjanja postojeće obloge ugraditi novu oblogu od mlaznog betona MB30 debljine  $d=30\text{cm}$ , armiranu sa dva sloja armaturnih mreža Q335.
- Sistematska ugradnja dodatnih šest IBO sidara, dužine  $L=9$  u bokovima kalote, po tri sidra na svakom boku.
- Nakon provedenih svih prethodnih koraka izvršiti izradu podnožnog svoda od livenog betona MB30.

Preporučene faze radova prilikom sanacije podprofila u kaloti:

- Instaliranje zaštite stropa IBO kopljima.
- Uklanjanje postojeće obloge betona koja je u podprofilu, korak je 1,0 m tunela.

- Ugradnja prvog sloja armaturne mreže i mlaznog betona.
- Uklanjanje drugog koraka obloge, a na prvom koraku ugradnja drugog sloja armaturne mreže.
- Uklanjanje trećeg koraka obloge, na drugom koraku kompletiranje obloge od mlaznog betona, a na prvom ugradnja dodatnih sidara i reaktivacija postojećih sidara.

Na dijelu tunela Ibarac, na stacionaži km 0+455,50 (parkirna niša) došlo je urušnja stropa tunelskog iskopa i primarne obloge. Urušenje tunela je lokalne prirode u vidu dimnjaka, koji se progresivno proširio do površine terena. Velika količina materijala zatrpala je tunelski iskop i spriječila komunikaciju duž tunela. Materijal u kojem se vršio iskop tunela su fluvio-glacijalni nanosi (pijesak, šljunak mjestimično zaglinjen), koji su skloni osipanju. Na ovom dijelu tunela, nakon iskopa i primarne podgradnje uočen je značajan priliv podzemnih voda, koje su se manifestovale „curenjem“ vode na mjestima ugrađenih sidara.

Zbog kriterijumskih parametara koji nisu uzeti u obzir prilikom ocjene stabilnosti iskopa i ugradnje primarne podgrade pri izradi Glavnog projekta došlo je do kolapsa stropnog dijela tunelskog iskopa zajedno sa primarnom podgradom. Naime, prisustvo podzemne vode, i općenito uticaj podzemnih voda na moguće pojave lokalne nestabilnosti u tunelu naknadno je razmatran, iako je voda u skoro svim slučajevima, direktno ili indirektno povezana s nastankom nestabilnosti. Tada se dodatno povećava gravitacijska smičuća sila nastala zbog povećane težine stijene zasićene vodom. Ostali parametri koji se mogu koristiti kao relevantni za ocjenu stabilnosti iskopa i podgrade su:

- lokalne varijacije u orijentaciji diskontinuiteta u odnosu na pravac napredovanja čela iskopa u odnosu na bokove tunela,
- stanje ispune diskontinuiteta u smislu lokalnog slabljenja na određenom dijelu uslijed lokalnih geoloških varijacija,
- bilo koja vrsta anizotropije stijenske mase,
- predvidljiva promjena geoloških uslova čela iskopa,
- stanje konvergentnih pomjeranja prethodno iskopanog i podgrađenog dijela tunela,
- stepen mobilizacije sidara i stanje integriteta tunelske obloge prethodno podgrađenog dijela tunela.



Obzirom na karakter i veličinu urušenja, sanacione radove na iskopu i ugradnji novih elemenata primarne podgrade potrebno je izvoditi u više faza. Definirane faze sanacije urušenog dijela sekcije tunela su sljedeće:

Faza 1. – iskop i podgrada u minimalnom profilu, profil glavne tunelske cijevi, kao prolaz ispod urušene zone i omogućavanje komunikacije,

Faza 2. – izrada cijevnog štita i injektiranje zone neposredno iznad stropa tunela,

Faza 3. – proširenje i reprofiliacija profila tunela, profil parking niše, sa ponovnom izradom primarne podgrade,

Faza 4. – zapunjavanje i plombiranje „rupe“ (krater) koja se manifestovala na površini.

Sve faze radova moraju biti izvedene sa posebnom pažnjom na sigurnost radnika.

U nastavku je prikazan detaljniji opis svih radova na sanaciji urušenja po fazama. Opis i postupak radova u fazi 1. je sljedeći:

Izrada zaštite stropa, IBO šipke  $\Phi 51\text{mm}$ ,  $L=6\text{m}$ ,  $e=30\text{cm}$ , 27kom, preklap 3m. Korak iskopa i napredovanja od 0.5 m, po potrebi i manje. Rešetkasta remenata PS95/22/32 se postavlja na razmaku od 0.5 m. Obloga od mlaznog betona MB30,  $d=30\text{cm}$  te dva sloja armaturne mreže Q335. Zaštita čela iskopa, mlaznim betonom  $d=10\text{cm}$ , jedan sloj armaturne mreže Q188, kao i IBO sidra  $\Phi 32\text{mm}$ .

Faza 2. se izvodi neposredno nakon završetka faze 1. Faza 2. se sastoji od ugradnje cijevnog štita iz proširenog profila parkirne niše. Cijevni štiti se izvodi od čeličnih cijevi  $\Phi 114\text{mm}$ ,  $L=15\text{m}$ ,  $e=30\text{cm}$ , 45kom. U fazi 3. korak iskopa iznosi 0.5m a po potrebi i manji. Ugrađuje se rešetkasta remenata PS95/22/32 na međusobnom rastojanju od 0,5m. Obloga od mlaznog betona MB30,  $d=30\text{cm}$ . Dva sloja armaturne mreže Q335. Koriste se IBO sidra sa sljedećim rasporedom:

- kalota/strop  $l=6,0\text{m}$  5/6 kom/korak,
- kalota/bokovi  $l=9,0\text{m}$  6 kom/korak,
- stepenica  $l=9,0\text{m}$  4 kom/korak.

Podnožni svod od mlaznog betona MB30 debljine 30cm, armiran sa dva sloja armaturne mreže Q335 treba biti ugrađen odmah nakon iskopa stepenice.

Nakon izvedenih prethodnih faza radova, potrebno je otvor na površini zatrpati i teren dovesti u prvobitno stanje. Prvenstveno je potrebno uraditi betonski čep, odnosno u otvor na površini izliti količinu betona, tako da se formira betonski čep minimalne debljine 1,0m. Nakon toga, otvor zatrpati zemljanim materijalom, te dovesti teren u prvobitno stanje.

### 3 ZAKLJUČAK

U radu prikazana sprovedena metodologija koja obuhvata inženjersko – geološku klasifikaciju sa procjenom parametara čvrstoće i modula deformacija stijenske mase na osnovu Hoek – Brown kriterij loma. Detaljno je opisan numerički model za analizu stabilnosti i uslovi loma, te utvrđeni bitni pokazatelji ponašanja stijenske mase. Odnosno, provedene su numeričke analize stabilnosti iskopa tunela, i to za kategorije stijenske mase koje nisu bile obuhvaćene osnovnim Glavnim projektom. Ukupno je izrađeno šest analiza, u kojima je provjerena relevantnost osiguranja iskopa tunela za različite geološke uslove kroz tunel. Osiguranje iskopa je bilo dimenzionisano tako da su bile deformacije i naponi u dozvoljenim granicama. Pri određivanju koraka iskopa i primarne podgrade je uzeta u obzir tehnološka izvodljivost dužine koraka za date geološke uslove. Definirane su i mjere sanacije urušenja u tunelu, parkirna niša na stacioniži km 0+455,50. Sanacija urušenja izvedena je u fazama. U konačnici može se zaključiti da se pomoću metode konačnih elemenata (MKE) mogu izučavati i analizirati različiti problemi uticaja primarnih napona u tunelogradnji i uticaji promjena karakteristika stijenskog materijala na promjenu napona oko tunela. Takođe, treba napomenuti da u određenim slučajevima kada su pojave podzemnih voda obilne, ili kada je moguća značajna filtracija površinskih i oborinskih voda, treba neizostavno unijeti uticaje vode i analizirati zajedno sa ostalim parametrima (strukturno – teksturni uslovi, diskontinuiteti, inženjersko – geološkim uslovi).

### LITERATURA

- [1] **Glavni projekat Izgradnje II faze obilaznice Rožaja, tunel Ibarac, građevinski dio, knjiga 4.** PUT-INŽENJERING, Podgorica i TEHNO-GRADNJA, Pljevlje, Novembar 2015.
- [2] **Dopuna glavnog projekta Izgradnja II faze obilaznice Rožaja Tunel „Ibarac“.** PUT-INŽENJERING, Podgorica i TEHNO-GRADNJA, Pljevlje.
- [3] Tadić Ljiljana: **Analiza pojave plastičnog loma u stenskoj masi uz tunelski otvor.** Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Subotica, 19 (2010), (63-77).
- [4] Memić Mirza, Folić Radomir, Ibrahimović Adnan: **Metode numeričkog modeliranja i sanacije nestabilne padine u izmjenjenoj serpentinskoj stijenskoj masi.** Originalni naučni rad, Građevinski materijali i konstrukcije 55, (2012), 4 (23-45).

- [5] Tadić Ljiljana: **Analiza pojave plastičnog loma u stijenskoj masi uz tunelski otvor**. *Zbornik radova 19*, (2010).
- [6] Ćosić Mladen.: **Analiza napona i deformacija tunela simulacijom fazne gradnje**. *Jedanaesti nacionalni i peti međunarodni naučni skup*, Novi Sad, novembar (2009).
- [7] Selimović Mustafa.: **Mehanika stijena – treći dio, primjena u inženjerskoj praksi – TOM 1**. *Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Građevinski fakultet*, Mostar (2014).
- [8] Avdić Mevludin: **Fortran programiranje za Windowse**. Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla (2001).
- [9] Vidanović Nebojša, Tokalić Rade Gutić Kemal: **Praktikum iz izrade jamskih prostorija**. *Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet*, Beograd (2011).



## ESTETSKA DEGRADACIJA OBJEKATA NARODNOG GRADITELJSTVA

Ana Momčilović-Petronijević<sup>1</sup>, Ivana Cvetković<sup>2</sup>, Dušan Stajić<sup>3</sup>

**Rezime:** Narodno graditeljstvo predstavlja specifičan vid kulturne baštine. Objekti narodne arhitekture predstavljaju odraz graditeljskog umeća i tehnika građenja naroda, dostupnog građevinskog materijala, ali i tradicije, kulture, i niza socijalno ekonomskih, političkih i društvenih činilaca. Građeni su po pravilu od materijala koji su neotporni na atmosferske uticaje. Zbog toga, često postoji potreba za adaptacijom ili sanacijom delova ili kompletnih objekata. Estetski problemi se manifestuju kao rezultat sprovođenja spomenutih aktivnosti, bez konsultacije stručnih lica, što za posledicu ima, promenu izvorne fizionomije objekta. Time se smanjuje njegova istorijska, ali i funkcionalna vrednost, sam utisak o objektu je negativan, ograničena je mogućnost prezentacije i eventualne turističke eksploatacije. U radu se vrši klasifikacija i analiza vizuelno neadekvatnih intervencija na objektima narodne arhitekture, sa ciljem ukazivanja na ovaj sve češći problem.

**Cljučne reči:** tradicija, narodna arhitektura, vizuelna degradacija, percepcija

## THE DETERIORATION OF THE AESTHETIC QUALITY OF TRADITIONAL BUILDINGS

**Abstract:** Traditional architecture represents a specific type of cultural heritage. The buildings of traditional architecture reflect the people's building skills and techniques, tradition, culture, and a number of socioeconomic and political factors. As a rule, they are built from locally available building materials, not resistant to atmospheric influences. Therefore, there is often a need to adapt or rehabilitate parts or complete buildings. However, due to the implementation of the mentioned activities, without consulting experts, problems arise that negatively affect the identity and integrity of the buildings themselves. They are first reflected in the collapse of the aesthetic category of buildings, which results in a change in their original physiognomy and a reduction in historical and functional values. As a final result, there is a degradation of the authentic micro-location, a limitation of the presentation possibilities, and the potential of possible touristic use of the buildings. This paper conducts a classification and analysis of visually inadequate interventions on buildings of traditional architecture with the aim of drawing attention to this growing problem.

**Key words:** tradition, traditional architecture, visual degradation, perception

<sup>1</sup> Vanredni profesor, [ana.momcilovic.petronijevic@gaf.ni.ac.rs](mailto:ana.momcilovic.petronijevic@gaf.ni.ac.rs), Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> Viši konzervator, [ivanacvetkovicct@gmail.com](mailto:ivanacvetkovicct@gmail.com), Zavod za zaštitu spomenika kulture Niš

<sup>3</sup> D.i.a, student doktorskih studija, [dusanstajicgl@gmail.com](mailto:dusanstajicgl@gmail.com) Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

### 1 UVOD

Narodno graditeljstvo predstavlja veoma važnu, a donekle zapostavljenu, tekovinu jednog društva. Ono što objekte narodnog graditeljstva čini tako posebnim su funkcionalnost, jednostavnost i praktičnost rešenja, usmerenost ka zadovoljavanju ljudskih potreba, kao i oblikovna i estetska raznolikost. Istorijski i kulturni značaj ovakvih objekata je veliki, počev od očuvanja identiteta jednog naroda, njegove kulture i tradicije, kao i svedočenja kontinuiteta njegovog postojanja i razvoja [1].

S obzirom na to da se grade po pravilu od trošnog materijala, i uglavnom nisu monumentalni, objekti narodnog graditeljstva su, bez obzira na svoj značaj, više od ostalih tipova spomenika podložni propadanju. Propadanje i degradacija ovih objekata je u literaturi pre svega sagledavano sa konstruktivnog stanovišta [2]. Vršene su analize oštećenja na objektima, zatim su ista klasifikovana po različitim kriterijumima, ali se veoma malo ili nimalo pažnje nije poklanjalo estetskim degradacijama i vizuelnim narušavanjima bilo pojedinačnih objekata, bilo ambijentalnih celina. Nekada su ove intervencije usamljeni slučajevi, na pojedinačnim objektima, dok nekada obim radova bude toliki da trajno naruši vizuelni dojam čitave celine.

U radu se bavimo analizom upravo ovakvih, u vizuelnom smislu neadekvatnih intervencija na objektima sa elementima narodne arhitekture sa ciljem ukazivanja na ovaj, sve češći problem.

### 2 KARAKTERISTIKE NARODNE ARHITEKTURE

Tip kuća je još od prastarih vremena bio zavisen od načina života, nivoa kulturnog razvoja, načina privređivanja, stepena tehnološkog razvoja i građevinskih materijala, kao i spoljnih i unutarnjih socijalnih, društvenih, političkih i ekonomskih činilaca koji su imali veći ili manji, posredni ili neposredni uticaj [3]. Osnovna karakteristika seoske arhitekture je njeno spontano razvijanje. Ona predstavlja delo seoskih majstora bez ikakve uloge stručnih lica.

Tradicionalna seoska kuća je povezana sa prirodom, integrisana u okruženje i usklađena sa uslovima podneblja i mikroklimom, a time je bliža suštini nego bilo koji drugi vid građevina. [4].

Samouki narodni graditelji su razvili sposobnost da uoče prave vrednosti koje treba da zadovolji prostor u

kome će se živeti. Oni su instinktivno shvatili neophodnost usaglašavanja načina života ljudi sa prirodom i logičnim putem dolazili do izvanrednih arhitektonskih rešenja na kojima im se i danas može pozavideti. Sem funkcionalnosti, i estetskoj dimenziji kuće [5] se takođe poklanjala velika pažnja. Pažljiva dekorativna obrada arkada na tremovima moravske kuće [6], duborez na elementima brvnara [7] svedoče o zanatskom umeću graditelja, ali i želji da se, sem funkcionalnih, zadovolje i estetske potrebe čoveka [8].

Na prostoru Srbije, u zavisnosti od geografskih, klimatskih uslova, dostupnosti građevinskog materijala, razlikujemo tri velika tipa objekata.

Kuće bondružare su karakteristične za južne, istočne i centralne delove Srbije, generalno za one krajeve koji su siromašni gradivnim drvetom. Brvnara je tip karakterističan za planinske, šumovite predele zemlje, pre svega zapadnu Srbiju. Na severu zemlje je dominantan tip kuće bila kuća od naboja, ili kuća zidana ćerpičem, a s obzirom na nedostatak drugih vrsta građevinskog materijala.

Za sve pobrojane tipove je karakteristično da se grade od prirodnih materijala neotpornih na atmosferilije, od materijala relativno kratkog veka trajanja.

Objekti novijeg datuma se grade od čvršćih, otpornijih materijala, poput opeke ili blokova. Oni pozicionirani nadomak gradova na sebi imaju detalje gradskih kuća

### 3 ESTETSKA DEGRADACIJA

Istraživanjem na terenu utvrđeno je da je veliki deo najstarijih kuća urušen, ili sklon padu. Oštećenja koja su na objektima uočena bi se mogla svrstati u dve velike grupe. Tu su najpre ona kojima je ugrožena stabilnost objekata, poput pukotina, izbočavanja zidova, odvajanja delova zidova, a usled lošeg fundiranja, nejednakog sleganja objekata, truljenja konstruktivnih drvenih elemenata i slično. Drugu grupu oštećenja čine strukturalna oštećenja, ona kojima nije ugrožena stabilnost objekata, a odnose se pre svega na otpadanje maltera usled dejstva vlage, biodegradaciju i slično.

Estetski problemi, koji se ne bi mogli podvesti pod devastacije, a u velikoj meri narušavaju vizuelni identitet, često nastaju iz želje da se uz minimalna ulaganja poboljšaju uslovi života u ovakvim objektima. Tako se neki od delova objekata drugih namena sekundarno koriste na objektima narodne arhitekture.

**Implementacija neodgovarajućih elemenata** sitne i krupne plastike, ili čitavih elemenata, naknadno ugrađenih i neusklađenih sa izvornom arhitekturom narušava vizuelni sklad objekata. Neadekvatni “kolaži” elemenata koji pripadaju raznim vremenskim i arhitektonskim instancama su česti i stvaraju utisak vizuelnog i arhitektonskog haosa (Slike 1, 2 i 3).



*Slika 1 – Metalna vrata sa drugog objekta implementirana u seoski privredni objekat (dokumentacija autora)*



*Slika 2 – Intervencije na fasadi i vagon u funkciji pomoćnog objekta (dokumentacija autora)*



*Slika 3 – Improvizovani klima uređaj (dokumentacija autora)*

Drugu grupaciju estetskih odegadacija čine ona nastala **zamenom dotrajalih elemenata novim, svremenim, vizuelno neadekvatnim delovima**. Nekada se stari kameni delovi objekta menjaju betonskim, umesto bondruk ili zidova od brvana pojavljuju se zidovi zidani opekama ili blokovima. Zatim, umesto kamenih podzida grade se novi, betonski. Umesto kamenih, drveni stubovi dobijaju betonske stope (Slike 4 i 5). Ovakvi betonski elementi se u nekim slučajevima oblažu kamenom kako bi imitirali originalnu strukturu, dok u drugim ostaju bez ikakve obrade.



*Slika 4 – Betonska stopa drvenog stuba zamenjuje izvorno kamenu (dokumentacija autora)*



*Slika 5 – Betonski podzid nad kojim se redjaju brvana brvnare (dokumentacija autora)*

Kako bi se poboljšao stambeni komfor u ovakvim objektima, povremeno se vrši sanacija i rekonstrukcija određenih elemenata. Najčešće je reč o poboljšanju toplotnih uslova, postavljanjem termoizolacije [9] i/ili zamenom stolarije, katkad i krovnog pokrivača. Na slici 6 je prikazano postavljanje termoizolacionog materijala na zid brvnare, i kasnije njegove zaštite zidom od opeke (Slika 6). Slika 7 ilustruje zamenu drvene stolarije onom od PVCa, pri čemu su zadržani, i čak naglašeni neki originalni elementi (Slika 7), što dovodi do prethodno spomenutog kolaža najrazličitijih oblikovnih elemenata.



*Slika 6 – Oblaganje brvnare izolacionim materijalom i opekom (dokumentacija autora)*



*Slika 7 – Drveni natprozornik nasuprot PVC stolariji (dokumentacija autora)*

Iako je zamena dotrajalog krovnog pokrivača od kamenih ploča bila neophodna, vlasnik kuće se odlučio za falcovani crep (Slika 8). Imajući u vidu da falcovani crep zahteva određeni nagib krovnih ravni, originalna drvena krovna konstrukcija je ovim izmenama pretrpela izmene kako bi se postavio novi krovni pokrivač. Ironija je što se predmetni objekat nalazi u staroplaninskom selu Gostuši, koje je upravo zbog specifične arhitekture i netaknutih kamenih krovova kuća utvrđeno za prostornu kulturno-istorijsku celinu.



*Slika 8 – Zamena kamenog krovnog pokrivača falcovanim crepom u takozvanom Kamenom selu - Gostuši (dokumentacija autora)*

**Neadekvatne dogradnje** - U nekim slučajevima se javlja potreba za proširenjem stambenog prostora, usled čega se izvode različite dogradnje, podižu se nadstrešnice i slični, privremeni a ipak trajni objekti. Ove dogradnje, po pravilu, odudaraju od originalnog objekta i po formi i po materijalizaciji, uz nepoštovanje osnovnih vrednosti narodnog graditeljstva, kao što su prirodni materijali i tradicionalna obrada građevinskih elemenata. (Slike 9 i 10).



*Slika 9 – Neadekvatna dogradnja (dokumentacija autora)*



*Slika 10 – Neadekvatna dogradnja (dokumentacija autora)*

**Sve je zastupljeniji trend pretvaranja objekata u etno komplekse.** Nije redak slučaj da se objekti sa elementima narodne arhitekture revitalizuju i tom prilikom im najčešće bude dodeljena ugostiteljska funkcija. U ovakvim slučajevima, objekti najpre bivaju obnovljeni, neretko iznova podignuti po ugledu na prethodne, uz upotrebu novih materijala, da bi se nakon toga težilo tome da im se vrati „stari“ izgled. Delovi maltera se namerno uklanjaju kako bi opeka postala vidljiva i objekat delovao staro. Kamene podzide zamenjuju betonski, cepanu i tesanu građu ona rezana (Slika 11). Pojavljuju se oluci i klima uređaji. U enterijerima ovih objekata je prisutno gomilanje upotrebnih predmeta različitih vremenskih perioda, i različite namene. U ovakvim, najčešće ugostiteljskim objektima, mogu se videti verige, kantari, obavezno točkovi volovskih kola, narodna nošnja, kao imperativ seoskog života, ali i stari radio pa i tv aparati, porcelanske šoljice za kafu, kao odraz nekog drugog, kasnijeg vremena, a često i podneblja. Neumerenost u težnji da se istaknu tradicionalni elementi dovode do preterane upotrebe različitih stilova što kao rezultat ima nezgrapnan neprimeren krajnji izgled građevine i ambijenta.

Sve navedeno za pojedinačne građevine poprima daleko veće razmere kada se dešava u **sklopu prostorne kulturno-istorijske urbane ili ruralne celine.**

Svedoci smo nekontrolisane urbanizacije i bespravne gradnje naročito u gradskim sredinama, umanjena kvaliteta građenje sredine tolerisanjem nekvalitetne arhitekture, parcijalnih i neodgovarajućih intervencija, što utiče na graditeljsku kulturu, i umanjene kvaliteta življenja u naseljenim mestima. Vrlo često se dešava da se intervenišne na postojećim

građevinama na način kojim se ne zadovoljavaju osnovni funkcionalni i estetski kriterijumi, a kao rezultat negira se vrednost ambijenta (Slike 12 i 13).



*Slika 11 – Pokušaj da se na objektu po svaku cenu istakne tradicionalni izgled (dokumentacija autora)*



*Slika 12 – Narušavanje ambijenta neodgovarajućom materijalizacijom (dokumentacija autora)*

Iako se Prostornim planom Republike Srbije [10] propisuju smernice za prepoznavanje i uvažavanje arhitektonskog identiteta i specifičnog ruralnog karaktera naselja, a zatim i revitalizaciju tradicionalne



arhitekture i obnovu postojećeg kvalitetnog građevinskog fonda, situacija na terenu najčešće je drugačija. Stihijska i nelegalna gradnja doveli su do degradacije tradicionalnih i autohtonih oblika ruralnog arhitektonskog izraza, a sela su izgubila svoj identitet i prepoznatljivost [11].

S tim u vezi, neophodno je sprovesti prethodna istraživanja i izradu studijske dokumentacije kojom bi se prepoznale tipološke karakteristike područja ili naselja, i dalje novu gradnju sprovesti u skladu sa prepoznatim arhitektonskim izrazom, primenom lokalnih materijal i tehnika građenja.



*Slika 13 – Narušavanje ambijenta neodgovarajućom materijalizacijom (dokumentacija ZZSK Niš [12])*

Nije mnogo drugačija situacija ni što se tiče **gradske arhitekture**. Korisnici zgrada u gradu su, u većoj meri upućeni na službu zaštite, prilikom izvođenja radova na njima. Za pojedinačne građevine koje su evidentirane u službenoj dokumentaciji, utvrđene za nepokretna kulturna dobra, ili se nalaze u zonama zaštite ili zaštićene okoline, neophodno je pribaviti uslove za preduzimanje mera tehničke zaštite nadležnih institucija pre bilo kakve intervencije na njima. Ipak, ni ovaj zakonski okvir nije garancija da će korisnik adekvatno postupiti, te se i u gradskim sredinama mogu videti vizuelne degradacije zgrada i većih celina, degradacije urbanog i kulturnog predela u celini, i gubljenje identiteta urbanih naselja.

U gradskim sredinama poseban problem predstavljaju i agresivne reklame, spoljne jedinice klima uređaja, tende i nadstrešnice, primena neadekvatnog kolorita prilikom krećenja fasada, korišćenje dekorativne rasvete koja pogrešnim akcentovanjem umanjuje estetsku vrednost objekta, parcijalne promene na delovima fasadnih ravni, uklanjanje originalnih dekorativnih elemenata fasadne obrade i slično. (Slike 14-16).



*Slika 14 – Neuspešne intervencije na gradskoj arhitekturi, narušen rutam otvora (dokumentacija autora)*



*Slika 15 – Neadekvatan krovni pokrivač, agresivne reklame (dokumentacija autora)*



*Slika 16 – Razlika u primenjenom materijalu na renoviranom delu objekta (dokumentacija autora)*

## 4 ZAKLJUČAK

U zavisnosti od uslova i položaja oštećenja u arhitektonskoj strukturi, najčešći problem na objektima narodnog graditeljstva se mogu klasifikovati kao: konstruktivni, strukturalni i **estetski**.

Konstruktivni ili problemi statičke prirode su posledica procesa propadanja građevina usled izloženosti negativnim uticajima, protoka vremena, klime, nestručnih intervencija, neodržavanja, kao i primene neadekvatnih materijala kod revitalizacije i sanacije, usled lošeg i neadekvatnog fundiranja, usled propadanja drvenih konstruktivnih delova u masi zida i slično. Nekonstruktivni, strukturalni problemi predstavljaju degradaciju objekata na mikroplanu u smislu nastanka deformacija i oštećenja u vidu: pukotina na malteru, odvajanja delova maltera, ljuaskanja kamena, gubitka materijala i biodegradacije. Estetski problemi se manifestuju kao rezultat svega prethodno navedenog, što za posledicu ima, promenu izvorne fizionomije objekta, čime se smanjuje njegova istorijska, ali i funkcionalna vrednost, sam utisak o objektu je negativan, ograničena je mogućnost prezentacije i eventualne turističke eksploatacije.

Vizuelna degradacija se javlja iz više razloga.

-usled implementacije neodgovarajućih, često prethodno korišćenih elemenata u postojeći objekat;

-usled zamene dotrajalih elemenata novim, neadekvatnim;

-usled neadekvatnih i nestručnih rekonstrukcija, sanacija ili adaptacija objekata;

-iz želje za potenciranjem tradicionalnog odnosno "etno" elementa;

-nepoštovanjem propisanih uslova i mera tehničke zaštite (za zaštićene objekte).

S obzirom na značaj narodne arhitekture za identitet naroda, veoma je važna njena percepcija, i vizuelni utisak koji objekti ostavljaju, i na stručna lica i na korisnike. Neminovno je da objekti narodne arhitekture moraju da trpe određene izmene kako bi se stambeni komfor u njima podigao na viši nivo. Neosporno je da treba vršiti intervencije na njima, ali je neophodno da te intervencije budu vršene uz konsultaciju stručnog lica, uz upotrebu materijala po karakteristikama što približnijih originalnim. Veoma je važno sačuvati originalni izgled ovog tipa arhitektonskih objekata, s obzirom na to da su oni deo našeg identiteta.

## LITERATURA

- [1] Stajić Dušan, Momčilović Petronijević Ana, Cvetković Ivana: **Conversion of buildings of historical importance in order to preserve them – Case study „House of Stambolijski“**, Niš. *XXIII International Scientific Conference VSU 2023. Conference Proceedings Vol I*, June 22-24, Sofia, Bulgaria, 2023.

- [2] Momčilović Petronijević Ana, Petronijević Predrag: **Floods and Their Impact on Cultural Heritage— A Case Study of Southern and Eastern Serbia**, *Sustainability*, 14, 14680, 2022. <https://doi.org/10.3390/su142214680>:
- [3] Momčilović Petronijević Ana: **Razvoj seoske kuće u jugoistočnoj Srbiji krajem XIX i u prvoj polovini XX veka na primeru triju opština. II simpozijum studenata doktorskih studija iz oblasti građevinarstva, arhitekture i zaštite životne sredine PhIDAC2010**, Novi Sad, 2010.
- [4] Momčilović-Petronijević Ana, Vasić Čedomir, Bjelić Igor: **The Present state of the rural architectural heritage and its preservation initiatives**, *12th International Scientific Conference VSU' 2012*, June 2012, Sofia, Bulgaria, 2012.
- [5] Žunić Dragan: **Tradicionalna estetska kultura: estetska dimenzija kuće**. *Univerzitet u Nišu, centar za naučna istraživanja SANU i Univerziteta u Nišu*, pp 11-18, 2006.
- [6] Pešić Maksimović Nadežda: **Moravska kuća Srbije – Bogatstvo oblika**. *Republički zavod za zaštitu spomenika*, Beograd, 2014.
- [7] Findrik Ranko: **Dinarska brvnara**. *Sirogojno*, Sirogojno, 1998.
- [8] Findrik Ranko: **Narodno neimarstvo – Stanovanje**. *Sirogojno*, Sirogojno, 1994.
- [9] Stanimirović Mirko, Vasov Miomir, Mančić Marko, Rančev Boris, Medenica Milena: **Sustainable vernacular architecture: The renovation of a traditional house on Stara Planina mountain in Serbia**. *Buildings*, 13, 1093, 2023. <https://doi.org/10.3390/buildings13041093>
- [10] **Prostorni plan Republike Srbije** <https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/PPRS%20Nacrt.pdf> (12.8.2023.)
- [11] Randelović Maša: **Program activities for sustainable rural development: Case study, village Berbatovo**, Niš. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, 20/2, 2022. <https://doi.org/10.2298/FUACE220918010R>
- [12] **Dokumentacija Zavoda za zaštitu spomenika kulture Niš**



primljen: 21.06.2023.  
korigovan: 07.09.2023.  
prihvaćen: 09.09.2023.

izvorni naučni rad

UDK : 628.1(1-22)(497.11)

## USPOSTAVLJANJE ODRŽIVIH VODOVODNIH SISTEMA U RURALNIM SREDINAMA – STUDIJA SLUČAJA GRAD KRALJEVO

Marija Janković<sup>1</sup>, Mirjana Prodanović<sup>2</sup>, Danijela Slavnić<sup>3</sup>, Sunčica Vještica<sup>4</sup>

**Rezime:** Pristup bezbednoj i održivoj vodi za piće je kritično pitanje u mnogim ruralnim zajednicama širom sveta. Vodosnabdevanje u ruralnim sredinama je tradicionalno u senci urbanog, a kako ciljevi održivog razvoja zahtevaju vodu za sve, ovakav pristup se mora menjati. Cilj rada je da se proceni trenutno stanje i da moguće rešenje ka uspostavljanju održivosti vodovodnih sistema u ruralnim sredinama Srbije. Kroz analizu pravnog okvira u oblasti vodosnabdevanja, u zemlji Srbiji, kao i kroz sagledavanje svih mogućih problema data je šema, odnosno predlog koraka ka uspostavljanju sistema održivog upravljanja vodovodnim sistemima u ruralnim sredinama. U okviru studije slučaja, analiziran je stanje po pitanju seoskih vodovoda u gradu Kraljevu. Na osnovu dostupnih informacija sprovedena je analiza istog i date smernice i moguća tehničko-upravljačka rešenja u seoskim vodovodima. U radu se sugerišu mere od suštinskog značaja za uspostavljanje održivog upravljanja seoskim vodovodnim sistemima.

**Ključne reči:** vodovodna mreža, ruralne sredine, model upravljanja, Kraljevo

## ESTABLISHING SUSTAINABLE WATER SUPPLY SYSTEMS IN RURAL ENVIRONMENTS - CASE STUDY CITY OF KRALJEVO

**Abstract:** Access to safe and sustainable drinking water is a critical issue in many rural communities around the world. Water supply in rural areas is traditionally in the shadow of urban areas, and as the goals of sustainable development require water for all, this approach must change. The aim of the work is to assess the current situation and to provide a possible solution towards establishing the sustainability of water supply systems in rural areas of Serbia. Through the analysis of the legal framework in the field of water supply, in the country of Serbia, as well as through an overview of all possible problems, a scheme was given, that is, a proposal of steps towards the establishment of systems of sustainable management of water supply systems in rural areas. As part of the case study, the situation regarding rural water supply systems in the city of Kraljevo was analyzed. Based on the available information, an analysis of the same was carried out and guidelines and possible technical-management solutions in rural waterworks were given. The paper suggests measures of essential importance for the establishment of sustainable management of rural water supply systems.

**Key words:** Water supply network, rural area, management model, Kraljevo

<sup>1</sup> Diplomirani građevinski inženjer, JKP "Vodovod" Kraljevo, hidrash@yahoo.com

<sup>2</sup> Master analitičar životne sredine, Gradska uprava Grada Kraljeva, mirjana.prodanovic@gmail.com

<sup>3</sup> Doktor nauka, vodeći procesni inženjer "Elixir Engineering", danijela.slavnic@elixirengineering.rs

<sup>4</sup> Doktor nauka, docent na fakultetu za primenjenu ekologiju "Futura", suncica.vjestica@futura.edu.rs

## **1 UVOD**

Zdravstveno ispravna voda za piće jedan je od osnovnih preduslova dobrog zdravlja i jedan od osnovnih pokazatelja zdravstvenog stanja stanovništva, higijensko-epidemiološke situacije, kao i socio-ekonomskog stanja jedne zemlje. Čista pijaća voda je kapitalni resurs svake države. Imajući u vidu da je voda najvitalniji resurs, čija je dostupnost sve više ograničena, ona se mora tretirati kao dobro od opšteg interesa i mora se koristiti racionalno, višekratno i više-namenski. Već danas, oko 1.1 milijardi ljudi nema pristup pijaćoj vodi, 2.5 milijardi ljudi nema obezbeđene elementarne sanitarne uslove života. Prema nalazima izvesnih istraživača, od raspoložive količine vode može se koristiti samo oko 20.000 km<sup>3</sup>, a ta bi količina uz sadašnji tempo rasta stanovništva, proizvodnje i standarda, mogla zadovoljavati potrebe čovečanstva samo do 2030. godine [1].

## **2 PRAVNI OKVIR U OBLASTI VODOSNABDEVANJA**

### **2.1 PREGLED POSTOJEĆE PRAVNE REGULATIVE U EU I REPUBLICI SRBIJI**

U skladu sa politikom EU o zaštiti voda, voda ne predstavlja komercijalni proizvod, već nasleđe koje treba zaštititi i tretirati kao takvo. U oblasti upravljanja vodama u EU je donet sledeći pravni okvir:

Okvirna Direktiva o vodama (WFD – Directive 200/60/EC) - Navedenom Direktivom uspostavljen je okvir za zaštitu površinskih i podzemnih voda i istom se obavezuju države članice da obezbede odgovarajuće administrativne i institucionalne kapacitete, za primenu pravila za upravljanje vodama. U skladu sa navedenim države članice imaju slobodu da razviju različite modele upravljanja.

Direktiva o vodi za piće (Drinking Water Directive 80/778/EEC) - Navedenom Direktivom su definisani standardi kvaliteta vode za piće, kao i način i procedure merenja i kontrole kvaliteta vode za piće. Obavezan monitoring se predviđa na mestu korišćenja, od strane ovlašćenih institucija.

Upravljanje vodosnabdevanjem u Srbiji je definisano Zakonom o vodama, Zakonom o komunalnim delatnostima, Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće i drugim podzakonskim aktima.

Zakonom o vodama (Član 3. tačka 35. i 35.a) definiše "javni vodovod kao skup povezanih objekata koji su u funkciji zahvatanja vode iz uređenog i zaštićenog izvorišta, prečišćavanja, skladištenja i transporta vode za piće distributivnom vodovodnom mrežom do vodomera korisnika, koji korisnicima isporučuje više od 10 m<sup>3</sup>/dan vode za piće ili vodom za piće snabdeva više od 50 stanovnika" [2].

"javno vodosnabdevanje jeste snabdevanje vodom za piće iz javnog vodovoda", dok se pod pojmom seoski vodovod podrazumeva javni vodovod koji vodom za piće snabdeva seosko naselje, a sastoji se najmanje od uređenog i zaštićenog izvorišta i distributivne vodovodne mreže (Član 3. tačka 55.a) [2].

U skladu sa Zakonom o vodama vode i vodno zemljište, predstavljaju vodno dobro. Vode su prirodno bogatstvo u svojini Republike Srbije. Javno vodno dobro je neotuđivo i može se koristiti na način kojim se ne utiče štetno na vode i priobalni ekosistem i ne ograničavaju prava drugih (Član 5. Zakona o vodama). Vodni objekti, u smislu ovog zakona, jesu građevinski i drugi objekti, koji zajedno sa uređajima koji im pripadaju čine tehničku, odnosno tehnološku celinu, a služe za obavljanje vodne delatnosti. Vodni objekti su dobra od opšteg interesa, osim objekata koje su pravna i fizička lica izgradila za svoje potrebe (Član 5. Zakona o vodama) [2].

Snabdevanje vodom za piće predstavlja opšte korišćenje voda, a mesto i način korišćenja vode za vodosnabdevanje određuje organ jedinice lokalne samouprave, po prethodno pribavljenom mišljenju javnog vodoprivrednog preduzeća. Zakon obavezuje da se voda se mora koristiti racionalno i ekonomično, tako da je svaki korisnik dužan da vodu koristi na način kojim se ne uskraćuje pravo korišćenja voda drugim licima i ne ugrožavaju ciljevi životne sredine. Korišćenje voda za snabdevanje stanovništva vodom za piće, sanitarno-higijenske potrebe, napajanje stoke i odbranu zemlje ima prioritet nad korišćenjem voda za ostale namene. Kako voda za vodosnabdevanje mora da ispunjava uslove u pogledu zdravstvene ispravnosti Zakonom o vodama su definisane uslovi zona sanitarne zaštite izvorišta (uža zona zaštite i zona neposredne zaštite). Bliže uslove za koja se izvorišta, s obzirom na kapacitet, određuju zone sanitarne zaštite, kao i način određivanja, održavanja i korišćenja zona sanitarne zaštite i sadržinu elaborata o zonama sanitarne zaštite, propisuju nadležna Ministarstva za životnu sredinu i zdravlje.

Članom 112. Zakona o vodama je propisano da poslove snabdevanja vodom za piće sistemom javnog vodovoda, može obavljati javno preduzeće, odnosno

drugo pravno lice koje je upisano u odgovarajući registar za obavljanje tih poslova i koje poseduje odgovarajuću licencu, odnosno koje ispunjava uslove u pogledu tehničko-tehnološke opremljenosti i organizacione i kadrovske osposobljenosti.

Za izgradnju, odnosno rekonstrukciju vodnih objekata u naseljima, što podrazumeva i javne vodovode u seoskim naseljima, neophodno je pribavljanje vodnih uslova i vodne dozvole kojim se utvrđuje način, uslovi i obim korišćenja voda. Takođe, svaki korisnik javnog vodovoda mora da ima odobrenje za priključenje na javni vodovod, dok pravno lice koje vrši uslugu vodosnabdevanja u obavezi da plaća naknadu za zahvatanje površinskih i podzemnih voda.

Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. list SRJ 42/98, 44/99 i "Sl. glasnik RS", br. 28/2019 ) propisana je higijenska ispravnost vode za piće koja služi za javno snabdevanje stanovništva ili za proizvodnju namirnica namenjenih prodaji. Pravilnik se odnosi na sistem javnog snabdevanja stanovništva vodom za piće, što podrazumeva snabdevanje vodom više od pet domaćinstava, odnosno više od 20 stanovnika, snabdevanje iz sopstvenih objekata preduzeća i drugih pravnih lica i preduzetnika koji proizvode i/ili vrše promet životnih namirnica i snabdevanje javnih objekata. Po pitanju higijenske ispravnosti propisano je praćenje indikatora u odnosu na mikrobiološke osobine, hemijskih supstanci, ostataka koagulacionih i flokulacionih sredstava, ostataka dezinfekcionih sredstava i sporednih proizvoda dezinfekcije, i fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih osobina [3]. Imajući u vidu da vodosnabdevanje predstavlja jednu od komunalnih delatnosti, jedinica lokalne samouprave dužna je da stvori uslove za obezbeđenje odgovarajućeg kvaliteta, obima, dostupnosti i kontinuiteta, kao i nadzor nad njihovim vršenjem. Jedinica lokalne samouprave, obezbeđuje organizacione, materijalne i druge uslove za izgradnju, održavanje i funkcionisanje komunalnih objekata i za tehničko i tehnološko jedinstvo sistema i uređuje i obezbeđuje obavljanje komunalnih delatnosti i njihov razvoj [4].

Zakonom o komunalnim delatnostima je propisano da komunalnu delatnost vodosnabdevanja mogu obavljati isključivo javna preduzeća koje osniva jedinica lokalne samouprave, društvo s ograničenom odgovornošću i akcionarsko društvo čiji je jedini vlasnik javno preduzeće, odnosno čiji je jedini vlasnik jedinica lokalne samouprave, kao i zavisno društvo čiji je jedini vlasnik to društvo kapitala. Ovim Zakonom su definisani izvori sredstava za obavljanje i razvoj delatnosti, način formiranja cena usluge

vodosnabdevanja i mogućnost da lokalne samouprave utvrditi kategorije korisnika komunalne usluge koji plaćaju subvencioniranu cenu komunalne usluge [5].

Protokol o vodi i zdravlju je obavezujući međudržavni ugovor iniciran od strane Evropske ekonomske komisije i Svetske zdravstvene organizacije (SZO). Baziran je na Konvenciji o zaštiti i korišćenju preko-graničnih vodotokova i međunarodnih jezera iz Helsinkija 1992. godine. Nastao je iz potrebe isticanja integralnog pristupa smanjenju zagađenja, održavanju i obnavljanju vodenih resursa što doprinosi zaštiti ljudskog zdravlja. Protokol je donesen i usvojen 1999. godine na Trećoj ministarskoj konferenciji o životnoj sredini i zdravlju u Londonu. To je prvi veći međunarodni pravni pristup o situaciji u vezi sa vodom za piće u regionu. Srbija je jedna od zemalja potpisnica ovog Protokola, koji je ratifikovan u januaru 2013. godine. (Zakon o potvrđivanju Protokola o vodi i zdravlju uz konvenciju o zaštiti i korišćenju prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera i amandmana na čl – 25. i 26. Konvencije o zaštiti korišćenju prekograničnih vodotokova i međunarodnih jezera („Sl. Gl. RS“, br. 01/13).

## 2.2 MEĐUNARODNA ISKUSTVA

Model upravljanja vodovodima na seoskom području podrazumeva uređenje i uspostavljanje institucionalnih, pravnih i finansijskih aspekata za što kvalitetnije upravljanje vodovodima.

Primeri upravljanja seoskim vodovodima u zemljama EU:

Nemačka: U Nemačkoj je vodosnabdevanje uređeno kao javni interes u nadležnosti lokalnih samouprava. Lokalna samouprava je nadležna za donošenje odluka kojim se uređuje cena usluge vodosnabdevanja, način korišćenja, zaštite i kontrole kvaliteta vode. Na teritoriji Nemačke postoji veliki broj malih lokalnih ili regionalnih vodovoda, kojima upravljaju privatne ili javne kompanije po jednom od sledećih modela:

- Odeljenje u okviru opštinske administracije,
- Lokalno preduzeće kojim upravlja vlasnik sa zasebnim računovodstvom,
- Javno preduzeće,
- Privatna kompanija ili regionalno preduzeće u kome je opština deoničar,
- Preduzeće po modelu PJP u kome je upravljanje povereno privatnom partneru, a javni zadaci ostaju u opštini.

Poslove vodosnabdevanja ruralnih područja obavljaju stotine kompanija koje se razlikuju po institucionalnim i pravnim aspektima.

**Hrvatska:** Usluge vodosnabdevanja u Hrvatskoj isključivo obavlja javno preduzeće koje je u vlasništvu organa lokalne samouprave. Vodosnabdevanje nije podeljeno prema veličini naselja, ali se u svim sistemima vodosnabdevanja mora upravljati na način propisan zakonom, bez izuzetka. U skladu sa Zakonom o vodama u Hrvatskoj, dozvoljeno je postojanje malih vodovoda za turistička, vikend naselja ili sezonska naselja, ali oni nisu deo javnog sistema. Pitanja koncesije, održavanja i korišćenja u takvim vodovodima uređuju korisnici međuvlasničkim ugovorom. (Član 23. Zakona o vodama z Hrvatskoj, kaže "Pravna i fizička lica mogu za sopstvene potrebe na vlastitom zemljištu ili na zemljištu na kojem ostvare pravo građenja odnosno pravo službenosti vodova graditi vodne građevine". Prilikom preuzimanja malih vodovoda najpre se pristupa izradi projekta izvedenog stanja i snimanju trase, jer najčešće ne raspolažu potrebnom dokumentacijom i katastarskim planovima instalacija. Takođe, prilikom preuzimanja vodovoda najčešće se sa stanovnicima koji su učestvovali u njihovoj izgradnji dogovaraju određene olakšice (stanovnicima se ne naplaćuje naknada za priključenje, dobijaju besplatne radove na priključenju, odnosno priključne šahte sa vodomerom i slične olakšice) [6].

**Bosna i Hercegovina:** Oko 12% stanovništva Republike Srpske je priključeno na vodovodne sisteme manjih zajednica, dok se 40% snabdeva vodom iz individualnih bunara ili izvora. U Republici Srpskoj svi vodovodi su (propisano zakonom) stavljeni pod nadzor komunalnih preduzeća, međutim u praksi još uvek ima vodovoda kojim upravljaju udruženja građana i građevinski odbori koji deluju kao neformalne grupe. Oko 40% ruralnog stanovništva u FBiH se snabdeva vodom sa individualnih, grupnih ili lokalnih vodovoda. U Federaciji postoji mogućnost da vodovodima upravljaju neformalne grupe građana. Opštine nisu u ostavljenom roku iskoristile priliku da u skladu sa Kantonalnim zakonima o vodama urede ovu oblast, odnosno da seoske vodovode stave pod nadležnost komunalnih preduzeća. Tome ide u prilog i sporna pitanja kompenzacije troškova investitorima tamo gde su investitori bili građani – korisnici vodovoda. Opštine i komunalnih preduzeća nisu imali predlog za kompenzaciju troškova. Takođe, ni JKP nisu bila spremna da preuzmu sve vodovode u čiju rekonstrukciju zbog stare vodovodne infrastrukture je trebalo uložiti značajna sredstva, a opštine nisu bile spremne da planiraju sredstva za ovu namenu. Iz

navedenih razloga pitanje vodosnabdevanja na seoskom području u BiH u većini lokalnih samouprava još uvek nije rešeno [7].

### 3 PREDLOG KORAKA NA USPOSTAVLJANJU ODRŽIVOG SISTEMA UPRAVLJANJA

Model upravljanja vodovodima na seoskom području podrazumeva uređenje i uspostavljanje institucionalnih, pravnih i finansijskih aspekata za što kvalitetnije upravljanje vodovodima.

#### 3.1 IZGRADNJA NOVIH VODOVODNIH SISTEMA

Izgradnja vodovodnog sistema baš kao i izgradnja svakog drugog objekta podrazumeva niz procedura, koje se moraju sprovesti.

- Pokretanje inicijative
- Izrada elaborata o izdašnosti izvora
- Projektna dokumentacija i građevinska dozvola
- Izgradnja vodovoda
- Tehnički prijem objekta
- Upotrebna i vodna dozvola

Prvi korak u izgradnji je prepoznavanje problema. Naime grupa građana jedne ili više mesnih zajednica pokreće inicijativu i formira inicijativni odbor. Inicijativni odbor preko Mesne zajednice podnosi zahtev Gradu, u cilju planiranja i realizacije investicije kroz godišnji program koji se finansira iz budžeta grada, a usvaja ga Skupština grada. Građani, mogu obezbediti sufinansiranje investicije sopstvenim sredstvima. Za realizaciju investicije mogu se obezbediti i dodatna finansijska sredstva iz donatorskih programa ili kredita. Drugi korak podrazumeva sve aktivnosti lokalne samouprave na pripremi potrebne tehničke dokumentacije i pribavljanju potrebnih dozvola i elaborata. Paralelno sa izradom potrebne projektne dokumentacije, potrebno je rešiti imovinsko-pravne odnose na budućoj projektovanoj trasi vodovodnog sistema. Na taj način se obezbeđuje kasnije neometana izgradnja i održavanje sistema. Sledeći korak je predstavljaju aktivnosti na izvođenju radova na izgradnji. Tokom izgradnje potrebno je obezbediti i nadzor nad izgradnjom radova kao i geodetsko snimanje trase i svih objekata sistema. Na osnovu svih pomenutih dokumenata izdaje se upotrebna dozvola, koja u suštini kaže: "Da je objekat izgrađen u skladu sa svim propisima, pogodan je za vodosnabdevanje i može se upisati u registar zemljišnih knjiga." Time se stekao

uslov da lokalna samouprava, u skladu sa Zakonom o komunalnim delatnostima ("Sl. glasnik RS", br. 88/2011) i Zakonom o vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/10) upravljanje izgrađenim vodovodnim sistemom poveri javnom komunalnom preduzeću ili registrovanom pravnom licu koje je kompetentno za ovu vrstu poslova.

### 3.1 OZAKONJENJE POSTOJEĆIH VODOVODNIH SISTEMA

Najveći broj seoskih vodovoda je građen bez ikakve dokumentacije. Takvi sistemi se pred zakonom smatraju nelegalnim i zabranjena je njihova upotreba. Potrebno je sprovesti proceduru ozakonjenja, a sve u skladu sa opisanim koracima u Zakonu o ozakonjenju ("Sl. glasnik RS", br. 96/2015). Za sprovođenje procedure ozakonjenja je zadužena lokalna samouprava, koja će izdati rešenje o ozakonjenju i upotrebnu dozvolu na osnovu:

- Dokaza o vlasništvu nad zemljom na kojoj je napravljen vodovodni sistem (izvor, cevna mreža, rezervoari, pumpne stanice i ostali objekti) i ugovora o pravu službenosti sa vlasnicima parcela na kojima se vodovodni sistem nalazi (rešeni imovinsko-pravni odnosi);
- Elaborat izdašnosti izvora i elaborat zona sanitarnih zaštita;
- Projekat izvedenog stanja sa predlogom mera za sanaciju
- Sprovođenje predloženih mera sanacije
- Pribavljanje vodne dozvole

### 3.3 KLJUČNA PITANJA ODRŽIVOG UPRAVLJANJA VODOVODIMA U RURALNIM SREDINAMA

U cilju utvrđivanja pravnog okvira na lokalnom nivou za upravljanje otpadnim vodama kao najvažnija su se pojavila sledeća pitanja:

#### 1 Pitanje vlasništva vodovodnih sistema na seoskom području

Članom 10. Zakona o javnoj svojini definisano je da se pod dobrima od opšteg interesa u javnoj svojini podrazumevaju, između ostalog voda i vodni objekti. Zakonom o javnoj svojini (član 82.) javnim preduzećima i društvima kapitala se ne dozvoljava opis prava svojine na: prirodnim bogatstvima, dobrima u opštoj upotrebi i mrežama u javnoj svojini.

Prema Zakonu o vodama definisan je vodni objekat - Vodni objekti, u smislu ovog zakona, jesu građevinski i drugi objekti, koji zajedno sa uređajima koji im pripadaju čine tehničku, odnosno tehnološku

celinu, a služe za obavljanje vodne delatnosti. Prema nemeni, u skladu sa zakonom, jedna od grupa vodnih objekata su vodni objekti za korišćenje voda. Vodni objekti za korišćenje voda su objekti: 1) za snabdevanje vodom za piće i sanitarno-higijenske potrebe – vodozahvati (bunari, kaptaze, zahvati iz vodotoka, kanala, jezera i brane sa akumulacijama), postrojenja za pripremu vode za piće, magistralni cevovodi i rezervoari sa uređajima koji im pripadaju.

Zakonom o vodama je definisano da je "javni vodovod skup povezanih objekata koji su u funkciji zahvatanja vode iz uredenog i zaštićenog izvorišta, prečišćavanja, skladištenja i transporta vode za piće distributivnom vodovodnom mrežom do vodomera korisnika, koji korisnicima isporučuje više od 10 m<sup>3</sup>/dan vode za piće ili vodom za piće snabdeva više od 50 stanovnika". Istim zakonom definisano je i "javno vodosnabdevanje jeste snabdevanje vodom za piće iz javnog vodovoda."

Dok je Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće (član 1. i 2.) definisan pojam „javno vodosnabdevanje“ – javno snabdevanje vodom za piće je snabdevanje vodom više od 5 domaćinstava, odnosno više od 20 stanovnika.

Prema navedenom može se zaključiti da ne postoji razlika u zakonskom definisanju između objekata za vodosnabdevanje izgrađenih na gradskom i na seoskom području, što znači da i seoski vodovodi predstavljaju vodni objekat – odnosno dobro od javnog interesa u javnoj svojini. To znači da se celokupna vodovodna mreža i prateća infrastruktura, moraju uknjižiti kao javna svojina, čiji je korisnik jedinica lokalne samouprave. To uključuje i slučajeve kada je finansiranje vršeno delimično ili u potpunosti sredstvima građana. U slučaju da su takvi objekti građeni na privatnim parcelama, zemljište ostaje u privatnoj svojini, a objekti i cevovodi su u javnoj svojini.

Kako su seoski vodovodi uglavnom građeni sredstvima građana, a objekti vodosnabdevanja isključivo predstavljaju javnu svojinu, neophodno je preduzeti mere kako bi se izvršila primopredaja istih i njihovo knjiženje u svojinu grada. Međutim, s obzirom na dotrajalost i tehničku neispravnost postojećih objekata, javlja se potreba dodatnog investiranja u cilju njihove sanacije ili rekonstrukcije, kao i sprovođenja procedura u cilju pribavljanja upotrebne i vodne dozvole, jer je to preduslov zakonitog i bezbednog vodosnabdevanja. Tek nakon ispunjavanja svih tehničkih standarda i pribavljanja potrebnih dozvola seoski vodovodi (kao tehnički ispravni) se mogu predati ovlašćenom pravnom licu na upravljanje.



### 2 *Pitanje kapitalnih investicija*

Ovo pitanje se odnosi na kapitalna ulaganja u cilju proširenja kapaciteta već postojeće infrastrukture, izgradnje novih vodozahvata, vodovodne mreže u funkciji povećanja broja korisnika ili poboljšanja kvaliteta usluge vodosnabdevanja.

Za kapitalna ulaganja u navedenom smislu, u skladu sa Zakonom o finansiranju lokalnih samouprava i Zakonom o komunalnim delatnostima mogu se obezbediti sredstva iz budžeta grada, dela cene komunalne usluge namenjene amortizaciji sredstava za obavljanje komunalne delatnosti, sredstva iz nacionalnih i domaćih donatorskih programa, kreditna sredstva i drugi izvori finansiranja.

U skladu sa članom 20. Zakona o lokalnoj samoupravi, u nadležnost jedinica lokalne samouprave spada uređenje i obezbeđivanje uslova za obavljanje i razvoj komunalnih delatnosti (što podrazumeva i vodosnabdevanje) kao i obezbeđivanje organizacionih, materijalnih i drugih uslova za njihovo obavljanje. Prema navedenom sredstva sa kojima raspolaže lokalna samouprava se mogu koristiti za potrebe finansiranja seoskih vodovoda, obzirom da nema prihoda i sredstava koja su isključivo namenjena u tu svrhu.

Nakon preuzimanja seoskih vodovoda i uspostavljanja upravljanja nad istim, i uspostavljanjem sistema naplate za uslugu vodosnabdevanja, stvorice se uslovi da se sredstva za kapitalno investiranje obezbede i iz dela cene komunalne usluge namenjene amortizaciji sredstava za obavljanje komunalne delatnosti.

### 3 *Pitanje investicionog održavanja*

Pitanje investicionog održavanja se odnosi na obavezu održavanja vodovodnog sistema. Prema tehničkim podacima životni vek vodovodne infrastrukture se procenjuje na 30 godina, tako da je u proseku godišnja stopa amortizacije oko 3%. Obzirom da je u skladu sa Zakonom vlasnik komunalne infrastrukture lokalna samouprava, kroz finansijsko upravljanje na godišnjem nivou treba planirati sredstva za investiciono održavanje. U slučaju da se infrastruktura poveri na upravljanje JKP, obračun amortizacije može vršiti JKP, odnosno trošak amortizacije bi se mogao pokrivati iz cene usluge vodosnabdevanja. S obzirom da seoski vodovodi u Kraljevu nisu uknjiženi, niti su povereni JKP na upravljanje, to se na godišnjem nivou nisu planirala, niti su se obezbeđivala sredstva za investiciono održavanje. Takođe, treba imati u vidu da je većina seoskih vodovoda izgrađena pre više desetina godina i bez adekvatnog održavanja, što utiče na znatno niži kvalitet usluge, sa tendencijom daljeg opadanja.

Imajući u vidu navedeno, u procesu preuzimanja seoskih vodovoda koje su u prethodnom periodu gradili građani sopstvenim sredstvima, obezbeđivanjem sredstava iz budžeta grada za kapitalno investiciono ulaganje na rekonstrukciji i sanaciji istih, može se izvršiti kompenzacija investicionih ulaganja građana.

### 4 *Pitanje operativnog upravljanja*

Pitanje upravljanja je najvažniji problem seoskih vodovoda. Seoskim vodovodima, sada, upravljaju MZ ili udruženja građana koji nemaju potrebne tehničke i stručne kapacitete. Nema adekvatnog održavanja i potrebnih finansijskih sredstava za isto. Nema redovne kontrole kvaliteta. Nema zona sanitarne zaštite.

Ovakav sistem upravljanja je u suprotnosti sa svim zakonima koji regulišu ovu oblast.

Zakonom o vodama (član 112.) definisano je da poslove snabdevanja vodom za piće sistemom javnog vodovoda, može obavljati javno preduzeće, odnosno drugo pravno lice koje mora da ima licencu. Licencu može da dobije javno preduzeće, odnosno drugo pravno lice, koje ispunjava uslove u pogledu tehničko-tehnološke opremljenosti i organizacione i kadrovske osposobljenosti.

Prema Zakonu o komunalnim delatnostima, komunalnu delatnost snabdevanja vodom za piće mogu obavljati isključivo javna preduzeća koje osniva jedinica lokalne samouprave, društvo s ograničenom odgovornošću i akcionarsko društvo čiji je jedini vlasnik javno preduzeće, odnosno čiji je jedini vlasnik jedinica lokalne samouprave, kao i zavisno društvo čiji je jedini vlasnik to društvo kapitala.

Prema prethodno iznetoj važećoj zakonskoj regulativi može se zaključiti da za upravljanje seoskim vodovodima u skladu sa važećim zakonskim okvirom može da se primeni jedan od moguća 3 modela:

1. Poveravanje poslova upravljanja seoskim vodovodima JKP osnovanom za delatnost vodosnabdevanja, kroz formiranje nove organizacione jedinice i jačanje stručnih i tehničkih kapaciteta JKP;
2. Formiranjem novog JKP za seoske vodovode;
3. Formiranjem društva s ograničenom odgovornošću ili akcionarskog društva čiji je jedini vlasnik javno preduzeće, odnosno čiji je jedini vlasnik jedinica lokalne samouprave, ili zavisnog društva čiji je jedini vlasnik to društvo kapitala.

Što se tiče modela upravljanja seoskim sistemima za sakupljanje i prečišćavanje otpadnih voda, ne

postoji ograničenje po pitanju uloge privatnog partnera.

#### 5. Pitanje bezbednog vodosnabdevanja

Pitanje bezbednog vodosnabdevanja podrazumeva primenu standarda u pogledu obezbeđivanja, odnosno ispunjavanja zakonskih standarda definisanih Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće, kao i potrebnih mera na kontroli kvaliteta vode za piće na seoskim vodovodima.

Ustav Republike Srbije implicitno prepoznaje pravo na vodu kao ljudsko pravo. Republika Srbija je razvila zakonodavni okvir, kojim se regulišu sanitarno-higijenski uslovi za vodosnabdevanje i sistem nadzora zdravstvene ispravnosti vode za piće i sanitarnih uslova. Međutim, nivo implementacije regulative na seoskom području je potpuno nezadovoljavajući. Glavne prepreke u sprovođenju kako spoljašnjeg, tako i unutrašnjeg nadzora nad zdravstvenom ispravošću vode predstavljaju pitanja vlasništva i upravljanja seoskim vodovodima.

U cilju bezbednog snabdevanja vodom za piće neophodno je da ovlašćeno pravno lice, koje poseduje potrebne stručne i tehničke kapacitete za upravljanje vodovodom, kao i odgovarajuću licencu obezbedi sledeće uslove:

- Monitoring kvaliteta - sistematsko vršenje osnovnih i periodičnih pregleda sirove vode (u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće),
- Redovnu dezinfekciju vode u skladi sa Pravilnikom o dezinfekciji vode (obavezna dezinfekcija se sprovodi na javnim vodovodima koji snabdevaju više od 100 ekvivalent stanovnika),
- Obezbedi i održava Zone sanitarne zaštite (u skladu sa Pravilnikom o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja),
- Obezbedi ispravnost objekta i mreže vodosnabdevanja, tekuće i kapitalno investiranje,
- Obezbedi redovnu informisanost građana o kvalitetu vode za piće.

#### 6. Pitanje finansijske održivosti

Jedno od najvažnijih pitanja je obezbeđivanje održivosti sistema za vodosnabdevanje. Osnovni princip na kome se zasniva finansijska održivost je princip "potrošač plaća", što podrazumeva da trošak koji je nastao obezbeđivanjem usluge korisniku, snosi korisnik. Međutim, u Srbiji se ovaj princip uglavnom ne poštuje, tako da česti slučajevi primene neekonomске cene vode i pruženih usluga dovode do

nemogućnosti da se proceni isplativost i razvije strategija oporavka pomenutih sistema.

Trenutno situacija je da se na seoskim vodovodima, uglavnom, ne naplaćuje usluga vodosnabdevanja, što je dovelo do nedostatka sredstava za održavanje i kontrolu kvaliteta, a što opet za posledicu ima propadanje celokupnog vodovodnog sistema i nebezbedno vodosnabdevanje.

Prilikom donošenja Odluke o ceni vode na seoskim vodovodima, neophodno je uzeti u izbor sve elemente za određivanje cene usluge definisane zakonom, ali treba sagledati stanje sistema. Takođe, treba imati u vidu da na seoskom području pored snabdevanja ljudi vodom za piće, neophodno je obezbediti i dovoljne količine vode za napajanje stoke. Iz navedenog proističe da će primenom principa "potrošač plaća" utrošak vode u seoskom domaćinstvu značajno prevazići utrošak po domaćinstvu na gradskom području.

S obzirom na podsticajnu poljoprivrednu politiku, a imajući u vidu odredbe člana 29. Zakona o komunalnim delatnostima, grad može doneti odluku o kategorijama korisnika za koje će se subvencionisati cena komunalne usluge.

## 4. POSTOJEĆE STANJE SEOSKIH VODOVODA

### 4.1. SEOSKI VODOVODI U SRBIJI

Jedan od ključnih razvojnih izazova lokalnih samouprava u Srbiji je da na celoj svojoj teritoriji uredi uslugu vodosnabdevanja, posebno u ruralnim područjima u kojima nisu uspostavljeni adekvatni sistemi za operativno upravljanje i kontrolu kvaliteta usluge. [8]

Prema dostupnim podacima Instituta za javno zdravlje, na javni sistem vodosnabdevanja priključak ima 63% stanovništva u Srbiji, lokalnim (seoskim) vodovodima obuhvaćeno još 14 % stanovništva, dok je 23% stanovništva van sistema vodosnabdevanja.

Prema izveštajima lokalnih zavoda/instituta za javno zdravlje seoski vodovodi su često nestručno građeni, bez sanitarnih zona zaštite, hlorinatori uglavnom postoje ali nisu u funkciji. Uočava se i česta degradacija kvaliteta vode zbog blizine septičkih jama i nehigijenskih deponija.

Pitanje vlasništva nad seoskim vodovodima nije uređeno, pa izostaje odgovornost za održavanje i nadzor nad objektima, kao i za kontrolu zdravstvene ispravnosti vode za piće. Kao posledica dugih sušnih

perioda, mnoga izvorišta presušuju, što još više otežava ukupnu situaciju vodosnabdevanja, naročito u letnjem periodu kada je i rizik od izbijanja epidemija najveći.

Do 2006. godine kontrola seoskih vodovoda je bila u nadležnosti higijensko-epidemioloških službi - Zavoda za javno zdravlje. U periodu dok su obavljali nadzor nad seoskim vodovodima, svi kontrolisani seoski vodovodi su bili zavedeni u kartoteci. Međutim, nakon ukidanja higijensko-epidemioloških službi aktivnosti nad kontrolom seoskih vodovoda su značajno smanjene, što se odražava i na kvalitet izveštavanja. U toku evaluacionog perioda srednje vrednosti analiziranih uzoraka seoskih vodovoda sa područja centralne Srbije pokazuju sledeće:

- visok procenat bakteriološki neispravnih uzoraka (19–37%, u pojedinim okruzima čak 63%)
- visok procenat neispravnih uzoraka u fizičko-hemijskom pogledu (15–25%, u pojedinim okruzima i do 50%)

Uočava se da su najčešći uzročnici bakteriološke neispravnosti uzetih uzoraka vode za piće: aerobne mezofilne bakterije, veći broj koliformnih bakterija, i nalaz koliformnih bakterija fekalnog porekla. Uzroci fizičko-hemijske neispravnosti su: mutnoća, povećan utrošak KMnO<sub>4</sub>, povišene koncentracije gvožđa, amonijaka, nitrata, aluminijum, pH [9].

**Tabela 1. Prikaz stanja seoskih vodovoda na teritoriji Republike Srbije [9]**

<b>Seoski vodovodi – Centralni deo Srbije</b>	
<b>Broj naselja</b>	3751
<b>Broj vodovoda</b>	1951
<b>Broj vodovoda uvedenih u kartoteku</b>	1797
<b>Prečišćavanje</b>	Uspostavljeno na 62 seoska vodovoda
<b>Dezinfekcija</b>	Redovno se sprovodi na 250 vodovoda, Povremeno na 254, Ne sprovodi se na 1105
<b>Ispitivanje higijenske ispravnosti</b>	Redovno se sprovodi na 416 vodovoda, Povremeno na 307, Ne sprovodi se na 1079

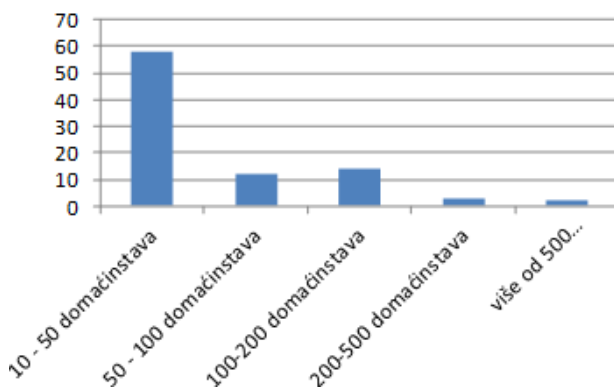
#### **4.2. SEOSKI VODOVODINA PODRUČJU GRADA KRALJEVA**

Sagledavajući prikupljene podatke, u okviru ovog rada, uočava se da na području grada Kraljeva postoji oko 1300 vodovodnih sistema

koji snabdevaju više od 5 domaćinstava, odnosno najmanje 20 korisnika vodom za piće, od čega je oko 300 značajnijeg kapaciteta i obima snabdevanja korisnika [9].

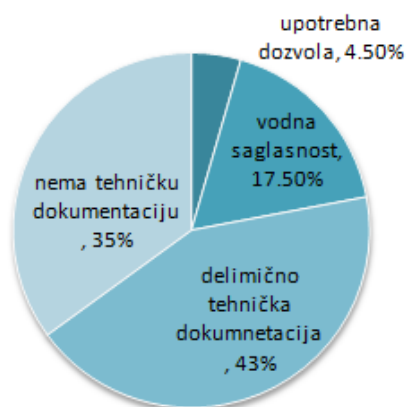
U skladu sa kriterijumima definisanim Zakonom o vodama, javnim vodovodom se smatra vodovod koji snabdeva više od 50 stanovnika ili je kapaciteta većeg od 10m<sup>3</sup> na dan. Prema navedenom kriterijumu na području grada Kraljeva ima oko 100 lokalnih vodovoda van sistema vodosnabdevanja grada Kraljeva. Na osnovu raspoloživih podataka, izvršena je analiza 90 većih seoskih vodovoda u pogledu naselja i broja domaćinstava koja se snabdevaju sa istih, stanju tehničke dokumentacije, vrsti izvorišta i postojanju zona sanitarne zaštite (slika 1). Prema broju priključenih domaćinstava seoske vodovode možemo grupisati na sledeće kategorije:

- 58 seoskih vodovoda snabdeva između 10 i 50 domaćinstava,
- 12 seoskih vodovoda snabdeva između 50 i 100 domaćinstava,
- 14 seoskih vodovoda snabdeva između 100 i 200 domaćinstava,
- seoska vodovoda snabdeva između 200 i 500 domaćinstava,
- 1 seoski vodovod snabdeva oko 800 domaćinstava,
- 1 seoski vodovod snabdeva oko 900 domaćinstava.



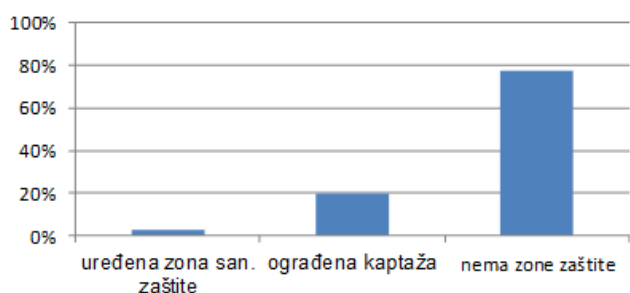
**Slika 1. Prikaz broja domaćinstava koji se snabdevaju sa seoskih vodovoda na teritoriji grada Kraljeva**

Od analiziranih 90 vodovoda (Slika 2.) uočava se da samo 4 vodovoda (4,5%) ima upotrebnu dozvolu, 16 vodovoda (17,5%) ima vodnu saglasnost, a 39 vodovoda (43%) ima neki nivo tehničke dokumentacije (idejni/glavni projekat i sl).



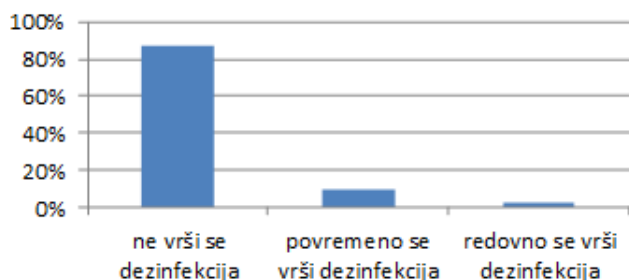
**Slika 2. Seoski vodovodi sa upotrebnom dozvolom na teritoriji grada Kraljeva**

Prema stanju zona sanitarne zaštite uočava se da samo 3 vodovoda (3%) ima uređenu zonu sanitarne zaštite, da 18 vodovoda (20%) ima ogradu oko kaptaze – delimično uređenu zonu sanitarne zaštite, a da 69 vodovoda (77%) nema nikakvu zonu zaštite izvorišta (slika 3).



**Slika 3. Zona zaštite seoskih vodovoda**

Razmatrajući stanje seoskih vodovoda kad je u pitanju dezinfekcija vode, uočava se da se kod 79 vodovoda (87%) bez obzira da li poseduju uređaje za dezinfekciju, ne vrši dezinfekcija, dok se kod 9 seoskih vodovoda dezinfekcija vrši povremeno (uglavnom ručno), a kod 2 vodovoda je uspostavljena redovna dezinfekcija i kontrola (slika 4).



**Slika 4. Stepen sprovođenja mera dezinfekcije seoskih vodovoda**

Grad Kraljevo, je pokrenuo proceduru kako bi se uspostavio pravni okvir kojim se definiše nadležnost JKP „Vodovod“ nad upravljanjem seoskim vodovodima.

Pod tehničko upravljačkim rešenjima upravljanja seoskim vodovodima podrazumeva se skup aktivnosti koje je neophodno uspostaviti kako bi se izvršila primopredaja i obezbedili uslovi za proizvodnju i isporuku zdravstveno ispravne vode za piće krajnjim korisnicima.

**1. korak:** Pripremne aktivnosti podrazumevaju: Aktivnosti na uspostavljanju pravnog okvira:

- Donošenje lokalne Odluke o seoskim vodovodima;
- Izrada plana sanacije, rekonstrukcije i ozakonjenja seoskih vodovoda (definisane prioriteta broju korisnika i drugim parametrima);
- Definisane budžetske linije u Budžetu grada za investiciono uređenje definisanih prioriteta seoskih vodovoda;
- Donošenje lokalne odluke o ceni vode sa seoskih vodovoda.

Aktivnosti na uspostavljanju tehničkih uslova:

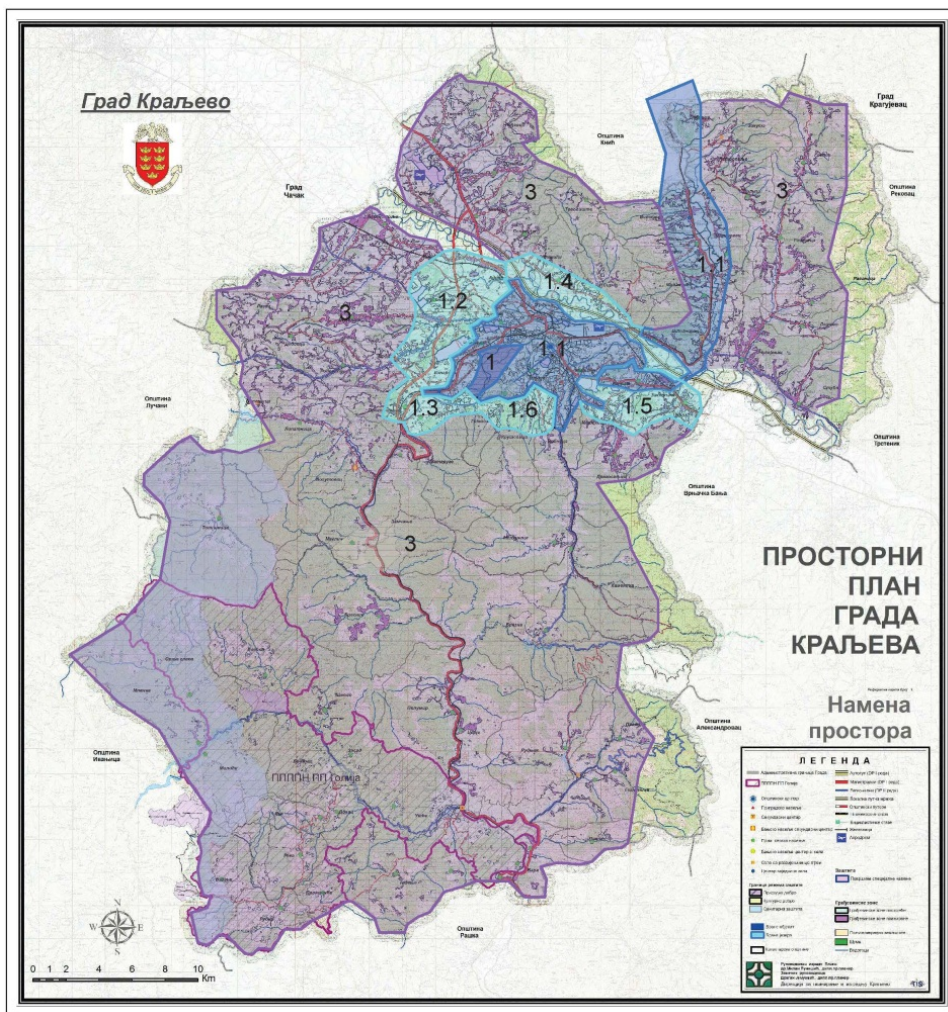
- Geodetski snimak izvedenog stanja;
- Rešavanje imovinsko pravnih odnosa;
- Elaborat dostupnih količina vode izvorišta;
- Elaborat zona sanitarne zaštite;
- Projekat zatečenog stanja (stepen završenosti, potrebne mere u cilju dovođenja sistema u funkcionalno stanje)
- Na osnovu potrebnih mera sanacije, izrada odgovarajuće projektne dokumentacije;
- Sprovođenje mera sanacije i tehnički prijem;
  - Izdavanje upotrebne i vodne dozvole;

**2. korak:** Primopredaja seoskih vodovoda

- Primopredaja i uknjižavanje lokalnih seoskih vodovoda u javnu svojinu grada,
- Dostavljanje dokumentacije o objektu, sa spiskom korisnika JKP „Vodovod“, na dalje upravljanje i održavanje.

**4. korak:** Proizvodnja i isporuka zdravstveno ispravne vode korisnicima sistema.

Na slici 5. je dat grafički prikaz plana vodosnabdevanja područja sa centralnog javnog sistema vodosnabdevanja grada Kraljeva (postojeće i plan proširenja) i područja grada Kraljeva u kome će se vodosnabdevanje vršiti preko seoskih vodovodnih sistema.



Slika 5. Situacioni prikaz proširenja vodovodne mreže i seoskih vodovoda na teritoriji grada Kraljeva (tamno plava boja – sadašnja oblast vodosnabdevanja; svetlo plava – plan proširenja sadašnje mreže; ljubičasta – lokalni seoski vodovodi)

## 5. ZAKLJUČAK

U cilju uspostavljanja uslova održivog upravljanja seoskim vodovodima, prema modelu za koji se grad Kraljevo opredelio (nadležnost nad upravljanjem preuzima JKP Vodovod), neophodno je da se komunalnom preduzeću ojačaju tehnički i ljudski kapaciteti, kako bi se obezbedili uslovi za realizaciju poslova i zadataka vezanih za upravljanje seoskim vodovodima.

Komunalno preduzeće ima obavezu da na svakom izvoru postavi uređaje i obezbedi stalno i sistematsko registrovanje količina vode, nivoa podzemne vode, i ispitivanje kvaliteta vode na vodozhrvatu.

U cilju preuzimanja dodatnih poslova, neophodno je da komunalno preduzeće uradi analizu najekonomičnijeg modela, što podrazumeva ili

formiranje nove organizacione jedinice koja bi se bavila poslovima upravljanja seoskim vodovodima ili da se u već postojećim organizacionim jedinicama sistematizuju radna mesta u čijem opisu poslova bi bili poslovi iz svakog pojedinačnog sektora vezano za seoski vodovod.

U procesu uspostavljanja upravljanja neophodno je obezbediti uslove za sledeće:

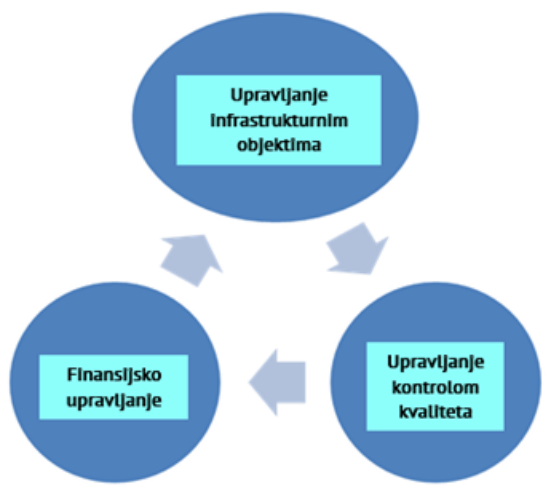
1. Upravljanje infrastrukturom – što podrazumeva organizovanje poslova na redovnom održavanju mreže i priključaka, popravci instalacija i objekata, zameni dotrajalih delova mreže, hitnim intervencijama prilikom pucanja cevi i sl. Prilikom preuzimanja seoskih vodovoda neophodno je izvršiti procenu povećanja potreba za potrebnom mehanizacijom, alatom kao i brojem lica neophodnih za izvršenje ovih poslova.

2. Upravljanje kontrolom kvaliteta – što podrazumeva poslove na dezinfekciji vode, poslove

na praćenju kvaliteta i ispunjenosti uslova u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće, poslove na održavanju zona sanitarne zaštite, poslove na uspostavljanju obezbeđenja i praćenja putem daljinskog nadzora, informisanju građana o kvalitetu vode i sl. Za obavljanje navedenih poslova, prilikom preuzimanja seoskih vodovoda na upravljanje neophodno je da se izvrši procena potrebnih radnika – inženjera i tehničara. Takođe, neophodno je planiranje oprema za uspostavljanje daljinskog nadzora i upravljanja.

3. Finansijsko upravljanje – što podrazumeva poslove na očitavanju vodomera, obračunu naknade za utrošenu vodu, dostavu računa i naplatu. Za obavljanje navedenih poslova, prilikom preuzimanja seoskih vodovoda na upravljanje neophodno je da se izvrši procena potrebnih radnika računovodstvene struke i radnika za rad na terenu.

Na slici 6 data je shema održivog upravljanja vodovodima na seoskom području.



Slika 6. Shema održivog upravljanja vodovodima na seoskom području

## LITERATURA

- [1] Đukić Petar, Pavlovski Mile: **Ekologija i društvo**. Ekocentar, Beograd, 1999, str. 56.
- [2] **Zakon o vodama**. ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012 i 101/2016)
- [3] **Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće**. (Sl. list SRJ 42/98, 44/99), Beograd, 1998
- [4] **Zakon o lokalnoj samoupravi**. ("Sl. glasnik RS", br. 129/2007 i 83/2014)
- [5] **Zakon o komunalnim delatnostima**. ("Sl. glasnik RS", br. 88/2011 i 104/2016)
- [6] Koštro Kerkez Anka: **Naša vode: analiza upravljanja vodnim uslugama u Hrvatskoj. Zelena akcija**, Zagreb, 2014.
- [7] Mišić Mihajlović Snežana: **Vodosnabdijevanje u ruralnim područjima Bosne i Hercegovine**. *Eval* 1/2017 (str. 10-12).
- [8] Mitrović Biserka: **Prilog istraživanju kriterijuma i indikatora razvoja javnih službi u seoskim područjima u Srbiji**. *Nauka i praksa* 14/2011 (str. 51-54).
- [9] Jovanović Ljiljana, Jovanović Dragana, Veljković Nebojša, Savić Aleksandra, Stanojević Dušanka: **Sprovođenje Protokola o vodi i zdravlju u Republici Srbiji – analiza stanja**, *Ministarstvo Zdravlja*, Beograd, 2014.
- [10] **Zapisnici o izvršenom pregledu lokalnih vodovoda**. *LEAP*, Kraljevo, 2015.



primljen: 23.07.2023.  
 korigovan: 07.09.2023.  
 prihvaćen: 10.09.2023.

pregledni rad

UDK : 725.181.025.4(497.11)

## URBANA OBNOVA PROSTORNO KULTURNO-ISTORIJSKE CELINE „VOJNO-TEHNIČKI ZAVOD” U KRAGUJEVCU - PRIKAZ KONKURSNOG REŠENJA

Ljiljana Jevremović<sup>1</sup>, Ana Stanojević<sup>2</sup>, Isidora Đorđević<sup>3</sup>, Marina Jordanović<sup>4</sup>, Uroš Antić<sup>5</sup>, Đurdina Rančić<sup>6</sup>

**Rezime:** U radu je dat prikaz konkursnog urbanističko-arhitektonskog rešenja urbane obnove i rehabilitacije prostorno kulturno-istorijske celine „Vojno-tehnički zavod” u Kragujevcu. Promišljanjem u duhu valorizacije nasleđa koje odlikuje lokaciju, razumevanjem potreba društva i zajednice, i poštovanjem savremenih principa urbanističke i arhitektonske konceptualizacije, kompleks je osmišljen sa idejom da predmetno područje, smešteno u neposrednoj blizini tradicionalnog gradskog jezgra, postane deo jedinstvene matrice urbanog prostora. Predloženo urbanističko rešenje u radu je analizirano sa aspekta povezivanja sa okruženjem, saobraćaja i prostorno-programskog koncepta. Mešoviti karakter namena, prepoznat kroz pet funkcionalnih potcelina, može doprineti revitalizaciji mesta kombinovanjem aktivnosti različitih po dinamici i intenzitetu korišćenja prostora. Novoprojektovanim rešenjem je ostvaren dobar balans između atrakcionih i populacionih namena čime se obezbeđuje dugoročna održivost kroz balansiranu socijalnu diverzifikaciju korisnika.

**Ključne reči:** urbana obnova, industrijsko nasleđe, Vojno-tehnički zavod, Kragujevac, konkurs

## URBAN RENEWAL OF THE SPATIAL CULTURAL AND HISTORICAL UNIT ”MILITARY TECHNICAL INSTITUTE” IN KRAGUJEVAC, SERBIA - PRESENTATION OF THE COMPETITION DESIGN

**Abstract:** The paper presents the urban-architectural design competition proposal for the revitalization and rehabilitation of the spatial cultural-historical complex "Military Technical Institute" in Kragujevac, Serbia. Grounded in a commitment to heritage preservation and valorization, an understanding of social and communal needs, and adherence to contemporary principles of urban planning and architectural conceptualization, the complex was designed with the idea that the subject area, situated in close proximity to the traditional and historic core of the city, becomes a cohesive component of the urban fabric. The proposed urban planning solution is analyzed within the context of its integration with the environmental, traffic, and spatial-programming framework. Distinguished by its mixed-use character, recognized through five functional sub-units, this proposal can contribute to the revitalization of the area by combining activities with different dynamics and intensities of space utilization. The newly designed solution balances between attracting visitors and serving the local population, ensuring long-term sustainability through a balanced social diversification of users.

**Keywords:** urban renewal, industrial heritage, Military Technical Institute, Kragujevac, competition

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

<sup>2</sup> istraživač-saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [ana.stanojevic@gaf.ni.ac.rs](mailto:ana.stanojevic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>3</sup> istraživač-pripravnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [isidora.djordjevic@gaf.ni.ac.rs](mailto:isidora.djordjevic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>4</sup> dipl. inž. arh., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, [marina.jordanovic@gaf.ni.ac.rs](mailto:marina.jordanovic@gaf.ni.ac.rs)

<sup>5</sup> student doktorskih studija, stipendista Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija RS, [anticuros6@gmail.com](mailto:anticuros6@gmail.com)

<sup>6</sup> student doktorskih studija, stipendista Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija RS, [djinarancic996@gmail.com](mailto:djinarancic996@gmail.com)



## 1 UVOD

Značajan deo graditeljskog nasleđa nekog društva čine objekti i kompleksi industrijske arhitekture, izgrađeni u 19. i 20. veku, koji su ispisali deo istorije tehnološkog i privrednog napretka. Pitanje obnove i zaštite objekata industrijskog nasleđa u zapadnoevropskim zemljama postaje aktuelno još 80-tih godina prošlog veka [1], a u bivšim socijalističkim zemljama centralnoistočne i jugoistočne Evrope s početka 21. veka [2]. Osim što je za buduće procese obnove, vrednosti industrijskog graditeljskog nasleđa danas u praksi moguće valorizovati kroz indikatore umetničke, istorijske, društvene i naučne dimenzije koje ih determinišu [3], industrijski objekti neretko vremenom postaju vizuelni reperi urbanih sredina, te učestvuju u kreiranju identiteta grada.

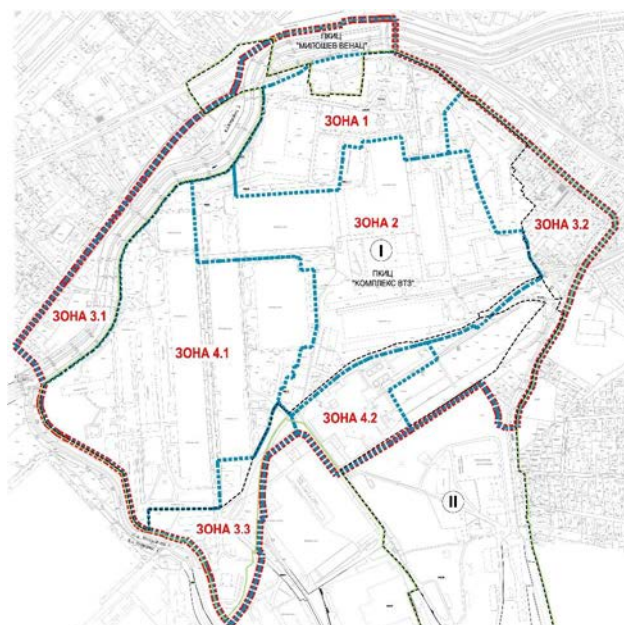
Očuvanje prepoznatih vrednosti industrijske arhitekture primenom principa urbane regeneracije napuštenih područja odnosno revitalizacije i adaptivne prenamene pojedinačnih objekata, dobija na sve većem značaju u domenu održivog urbanog razvoja. Industrijski objekti mogu se uspešno konvertovati u različite namene, zavisno od njihovih morfoloških karakteristika, lokacijskih uslova, ekonomskih i društvenih faktora [4].

Savremena arhitektonska praksa u Srbiji usmerena je poslednjih godina intenzivnije na istraživanje mogućnosti upotrebe napuštenih industrijskih objekata i kompleksa i potencijala koji oni pružaju u pogledu preoblikovanja, te se inovativne i originalne ideje sve više traže kroz raspisivanje međunarodnih urbanističkih i arhitektonskih konkursa namenjenih stručnjacima i/ili studentima. Jedan od najznačajnijih industrijskih kompleksa koji je zbog arhitektonskih, istorijskih i kulturoloških vrednosti godinama unazad predmet interesovanja struke i šire javnosti, jeste ambijentalna celina nekadašnjeg Vojno-tehničkog zavoda u Kragujevcu. Kompleks se sastoji od prizemnih radioničkih hala, upravnih zgrada i obrazovnih objekata niske spratnosti, građenih krajem 19. i početkom 20. veka, i danas ima status prostorne kulturno-istorijske celine od izuzetnog značaja [5, 6]. Industrijsku arhitekturu kompleksa karakterišu visoki industrijski dimnjaci, toranj, korišćenje crvene fasadne opeke i primena šed krovova nad izduženim radioničkim prostorima industrijskih prizemnih hala.

Januara 2022. godine Grad Kragujevac je u sklopu aktivnosti na urbanoj obnovi i regeneraciji područja Vojno-tehničkog zavoda (VTZ) pokrenuo postupak za sprovođenje urbanističko-arhitektonskog konkursa u cilju pokretanja dugoročnog procesa obnove ovog prostora [7]. Primarna ideja bila je da sprovođenjem

konkursa ponuđena rešenja pomognu u procesu utvrđivanja smernica za urbanu regeneraciju područja i postanu osnov za izradu planske i urbanističko-tehničke dokumentacije. Konkurs je sproveden u periodu od 1. februara do 10. maja 2022. godine.

Prostorni obuhvat konkursa determinisan je regulacijom reka Lepenice i Ždraljice, ulicama Kosovskom i Stojana Protića, te industrijskim kolosekom. Zadaci konkursa definisani su zasebno za različite zone područja (Slika 1). Za Zone 1 i 2 konkursom je traženo urbanističko-arhitektonsko rešenje sa predlogom namena svih objekata i otvorenih prostora, odnosno programskim konceptom, kao i predlogom volumetrije novih i transformisanih postojećih objekata, i položaja komunikacija unutar kompleksa. Zona 4 nije bila deo detaljne razrade konkursa, dok je za kontaktnu Zonu 3, traženo adekvatno povezivanje kompleksa sa okruženjem. Usvojeni prostorno-programski koncept trebalo je uskladiti sa zadatim uslovima i merama zaštite za objekte u kompleksu [7]. U okviru težišne Zone 1, zadatkom konkursa je traženo parterno uređenje površina i arhitektonska razrada dva objekata, od kojih je jedan obavezno morao biti objekat Kneževog Arsenala (mašinske radionice).



Slika 1 - Katastarski plan sa granicom konkursnog obuhvata (Izvor: [6])

Rad ima za cilj da prezentuje jedno od ponuđenih idejnih urbanističko-arhitektonskih rešenja, kreiranog ispred autorskog tima koga su u trenutku apliciranja na konkurs činili predmetni saradnici Katedre za projektovanje javnih zgrada Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu (Ljiljana Jevremović,

Ana Stanojević, Isidora Đorđević, Marina Jordanović, Uroš Antić, Đurđina Rančić) i studenti-apsolventi arhitekture (Petar Arandelović, Stevan Tasić, Milan Stojadinović, Dušan Stamenković). Predloženo idejno rešenje biće analizirano sa aspekta odnosa kompleksa prema neposrednom okruženju, saobraćajnog rešenja i prostorno-programskog koncepta područja. Poseban deo rada baviće se analizom arhitektonske razrade dva objekta - Čaurnice i Kneževog Arsenala. Završni deo rada nudi pregled urbanističkih parametara i ostvarenih bruto razvijenih građevinskih površina u kompleksu, sa fokusom na planirane faze transformacije kompleksa. Zbog obima dokumentacije i konkursnog rešenja, te nemogućnosti da se u celosti prikaže u okviru rada, na linku se nalazi dostupno konkursno rešenje i dokumentacija: [https://drive.google.com/drive/folders/11MfbwzzLovMARrtIzQVYugb9tSmq86\\_0?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/11MfbwzzLovMARrtIzQVYugb9tSmq86_0?usp=drive_link)

## 2 ISTORIJSKI RAZVOJ KOMPLEKSA VOJNO-TEHNIČKOG ZAVODA

Nagla urbanizacija uzrokovana osnivanjem industrijskih pogona širom gradova, u Srbiji je započeta sredinom 19. veka. Grad Kragujevac, koji je nakon oslobođenja od Otomanske okupacije do 1841. godine bio prva prestonica moderne srpske države i značajan obrazovno-kulturni i zdravstveni centar, podizanjem Topolivnice 1851. godine, postaje prvi industrijski grad u Srbiji [8]. U tom periodu Topolivnica je predstavljala prvu fabriku oružja na prostoru Balkana, i sagrađena je u neposrednoj blizini Arsenala - radionice za popravku ručnog oružja sa kovačnicom i bravarskom radionicom iz 1836. godine [7]. Godine 1854. sagrađena je laboratorija za proizvodnju topovske i puščana municije, radionica za proizvodnju vojnih kola i osnovana je prva Vojno-zanatlijska škola [5].

Zvanično osnivanje područja Vojno-tehničkog zavoda (VTZ) 1883. godine, razvijeno na temeljima Arsenala i Topolivnice, vezuje se za prosperitet vojne industrije koja je predstavljala osnov ne samo za urbani razvoj grada Kragujevca, već i za konstituisanje nove države [9]. S kraja 19. i početkom 20. veka VTZ je bio najznačajniji i najveći privredni kompleks na području grada Kragujevca.

Za vreme Prvog i Drugog svetskog rata, kompleks je pretrpeo značajna oštećenja, praćena stagnacijom u proizvodnji. Nakon Prvog svetskog rata, na ovom području počinje da se razvija i automobilska industrija. Posle Drugog svetskog rata došlo je do transformisanja i obnove industrijskog kompleksa,

istovremenim objedinjavanjem vojne proizvodnje sa automobilskom. Godine 1962. fabrika menja naziv u „Zavod Crvena Zastava“ [10], a grad Kragujevac postaje jedan od najznačajnijih industrijskih centara. Objekat Stare livnice sagrađen 1882. prestaje sa proizvodnjom 1967. godine [11]. Nakon 2000. godine kompleks dobija naziv fabrika oružja „Zastava“.

Nakon što je 2006. godine grad Kragujevac otkupio deo otvorenih prostora i objekata, kompleks postaje dostupan javnosti [7]. Prošavši kroz intenzivan period tranzicije odnosno privatizacije i tercijarizacije privrede, današnji prostor kompleksa VTZ obuhvata veliki broj objekata koji su napušteni i neaktivni. Jedan deo objekata podlegao je procesu adaptivne prenamene industrijskog graditeljskog nasleđa. Objekat Stare livnice pretvoren je u prvi muzej oružarstva a i prati istorijski razvoj kompleksa VTZ. Plato Kneževog Arsenala se od 2011. koristi za organizaciju muzičkih, od kojih je najznačajniji festival Arsenal fest. Na ovaj način se podstiče promovisanje graditeljskog nasleđa industrijske arhitekture grada Kragujevca i definisano se učitava u kolektivnu svest lokalaca [11]. Područje je korišćeno za snimanje muzičkih spotova i filmova.

Zbog prepoznatih istorijskih, kulturoloških i arhitektonskih vrednosti koje objekti u kompleksu poseduju, VTZ je Odlukom Vlade Republike Srbije od 25. marta 2014. godine proglašen za nepokretno kulturno dobro kao prostorna kulturno-istorijska celina od izuzetnog značaja [6].

## 3 ANALIZA IDEJNOG URBANISTIČKO-ARHITEKTONSKOG REŠENJA URBANE OBNOVE VOJNO-TEHNIČKOG ZAVODA

Promišljanjem u duhu valorizacije istorije i nasleđa kojima se lokacija odlikuje, a kroz razumevanje savremenih potreba društva i zajednice kojoj pripadaju prostori područja, urbana obnova kompleksa osmišljena je sa idejom da kompleks VTZ, pozicioniran u neposrednoj blizini tradicionalnog gradskog jezgra, vremenom postane deo jedinstvene matrice urbanog prostora. Time bi se postigla njegova aktuelizacija, a grad bi dobio prostor koji po svojim oblikovnim i programskim kapacitetima odgovara novom urbanom centru.

### 3.1 PREDMETNA LOKACIJA, OKRUŽENJE I SAOBRAĆAJ

Kompleks VTZ ostvaruje vezu sa postojećim gradskim centrom mostovima preko reke Lepenice

koji podrazumevaju „tačkast“ pristup predmetnoj lokaciji, istovremeno opterećen železničkim kolosekom koji tangira pravac pružanja reke. Iz tog razloga, konceptom idejnog rešenja prepoznata je potreba da se obezbedi izraženije aksijalno povezivanje predmetnog područja i gravitacionog prostora gradskog centra Kragujevca. Povezivanje je novoprojektovanim idejnim rešenjem ostvareno, na nekoliko načina (Slika 2):

- postojeći pešački most odnosno kreirani pravac pešačkog kretanja povezan je sa kompleksom;
- područje Stare Topolivničke crkve integrisano je sa predmetnom lokacijom, trasiranjem novih pešačkih pravaca kojima se diverzifikuju mogućnosti kretanja iz kontaktne zone mostova prema kompleksu;
- predložena je izgradnja novog mosta uzvodno od železničkog mosta, čime bi se saobraćajna pristupačnost područja značajno poboljšala;
- u kontaktnoj zoni predmetne lokacije i pozicije gradskog centra, kreirani su reprezentativni sadržaji kojima se postiže oživljavanje područja istovremeno u pogledu frekvencije i značaja aktivnosti;
- stvorene su nove i podržane stare vizure iz pravca gradskog centra prema predmetnoj lokaciji, predlogom za rušenje manje vrednih objekata kako bi se ostvarila što bolja vizuelna veza prema području izuzetnih karakteristika (Mašinska radionica - Arsenal, Topolivnica - Muzej stara livnica, Čaurnica).

Primarna saobraćajna veza područja i gradskog jezgra ostvaruje se pristupom preko Kosovske ulice, dok se drugi ulazni pravci nalaze na južnom kraju. Uklanjanje određenog broja objekata koji nemaju arhitektonski i/ili istorijski značaj, omogućilo je da se u okviru predmetnog područja (Zone 1 i 2) osmisli nova mreža saobraćajnica uz maksimalno korišćenje postojeće dispozicije saobraćajnih pristupa i veza.

Saobraćajna mreža osmišljena je prvenstveno sa klasičnim ulicama sa kolovozom za automobile, parkingom uz kolovoz i trotoare za pešake uz formiranje pojaseva visokog zelenila. Predviđene pozicije za parkiranje omogućile su ravnomernu prostornu distribuciju parking mesta na celokupnom području, uz formiranje zaštitnog zelenila koje doprinosi stvaranju komfornog mikroklimatskog ambijenta, ali i estetski prijatnog vizuelnog doživljaja prostora. Predloženim rešenjem projektovane su i integrisane ulice sa umirenim saobraćajem, kod kojih ne postoji razgraničenje pešačkog i automobilskog kretanja, ali tretman površina daje prednost kretanju pešaka. Ovi saobraćajni pravci kombinuju manje kapacitete za nadzemno parkiranje i zelene pojaseve. U kompleksu je predviđena izgradnja više podzemnih

garaža koje prate novoprojektovane objekte i rešavaju problem stacionarnog saobraćaja i nedostatka parking mesta u užem gradskom jezgru grada Kragujevca.

Otvoreni prostori i koridori namenjeni kretanju pešaka i biciklista (uz omogućavanje pristupa vozilima hitnih službi i dostave), kreirani su da racionalno povežu funkcionalne i ambijentalne celine predmetnog područja. Njih dodatno oživljavaju veće i manje zelene površine, osmišljene da upotpune celokupnu sliku otvorenog mesta, unaprede spoljašnji toplotni komfor u letnjim mesecima i doprinesu kvalitetu vazduha u okruženju.

Saobraćajna mreža je tendenciozno projektovana sa dosta blagih promena pravaca, tamo gde je postojeća morfološka kompozicija prostora to omogućavala (ili zahtevala), s ciljem da se (Slika 2):

- maksimalno uspori automobilski saobraćaj u skladu sa principima projektovanja saobraćaja u urbanim gradskim jezgrima, ali i
- da sporo pešačko kretanje podstakne korisnika na dublje istraživanje prostora i bude doživljaj sam po sebi - „kretanje i otkrivanje“ novih vizura, mesta i sadržaja, novih prostornih džepova.

### 3.2 KONCEPT PROSTORNO-PROGRAMSKOG REŠENJA

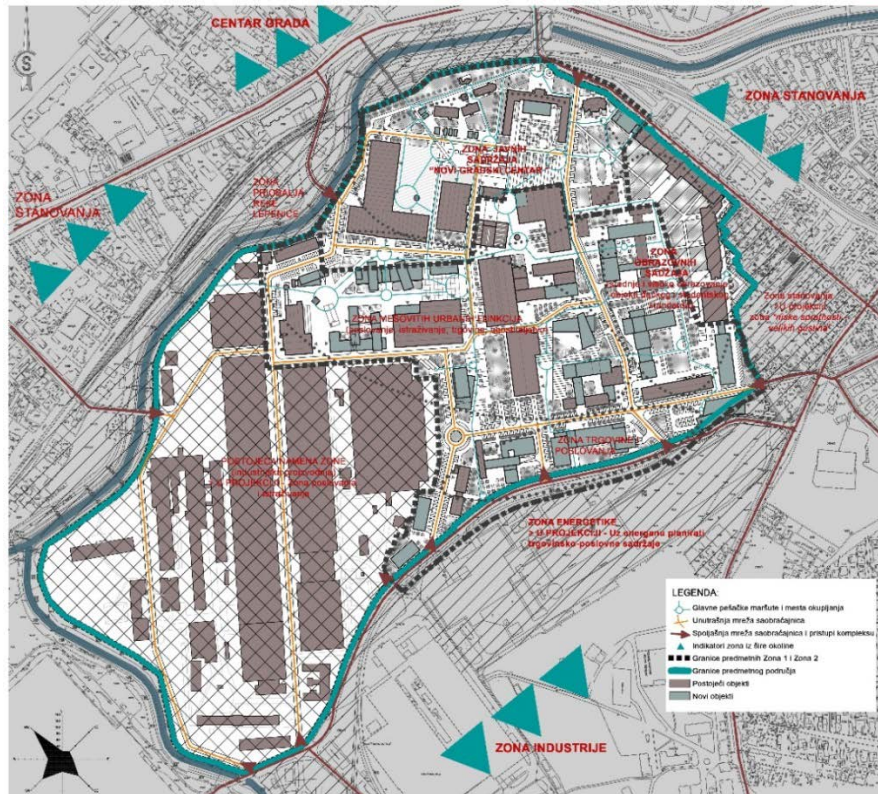
S obzirom na poziciju kompleksa u okviru gradskog prostora i neposredno okruženje, predmetno područje (Zona 1 i 2), koncipirano je kroz četiri osnovne zone (Slika 2): Zonu javnih sadržaja - „Novi gradski centar“; Zonu mešovitih urbanih funkcija (poslovanje, istraživanje, trgovina, ugostiteljstvo); Zonu obrazovnih sadržaja (srednje i visoko obrazovanje, objekti đučkog i studentskog standarda) i Zonu trgovine i poslovanja.

Daljom urbanističkom razradom, predmetni deo lokacije podeljen je u pet funkcionalnih celina (Slika 3): Funkcionalna celina (FC) 1 - Zona ugostiteljstva i rekreacije sa gradskom upravom; FC 2 - Zona kulturno-umetničkih delatnosti i manifestacija; FC 3 - Zona obrazovanja (srednjeg i visokog), stanovanja, sporta i rekreacije; FC 4 - Komercijalna zona - trgovina i poslovanje i FC 5 - Zona start-up kompanija, istraživanja i poslovanja za mlade.

Sve postojeće strukture na posmatranom području vrednovane su na osnovu dispozicije, prostornog koncepta, tipološke forme, materijalizacije i estetskih kvaliteta. Uzimajući u obzir ove kriterijume, analizu neposrednog i posrednog okruženja i percepiranih potreba grada Kragujevca, dati su predlozi namena za svaki pojedinačan objekat (Slika 3 i Tabela 1) uključujući i novoplanirane objekte. Pored

predviđenih namena objekata, važan deo predloženog rešenja čine otvoreni prostori i ambijenti koji su osmišljeni tako da budu nova mesta okupljanja i organizovanih događaja (Slika 3). Mali i veliki trgovi

i pijacete, skejt park i sportski tereni, osunčani platoi i parkovske površine mogu unaprediti sliku grada i pružiti autentičnu, kvalitetnu i atraktivnu dobrodošlicu posetiocima kompleksa.



Slika 2 - Konceptualni plan područja (Izvor: autori)

Prostorna kompozicija predloženog rešenja proistekla je iz koncepta koji podražava dve ideje:

- sačuvati i rekonstruisati arhitektonske strukture koje determinišu identitet prostora (bez obzira na status koji uživaju u pogledu zaštite);
- kreirati nove prostorne strukture koje svojom formom i umetničko-arhitektonskim izrazom stvaraju kontrast sa postojećim strukturama, ali i prostorno i estetski odgovaraju novim programskim sadržajima.

Kreiranjem dinamične kompozicije različitih volumena postignuta je diverzifikacija prostora i ambijenata koji mogu da odgovore različitim funkcionalnim zahtevima. Prostor je visinski formiran tako da ne ugrožava postojeće visinske repere (dimnjake i toranj) i siluete istorijskih objekata, istovremeno poštujući uslov Konkursa i ograničenje od maksimalno 50m visinske regulacije. U procesu projektovanja kreirani su novi visinski reperi, na pozicijama i u vizurama gde nedostaju (po dubini kompleksa) i gde su postojeći ambijenti nedovoljno arhitektonski izražajni. Ovi visinski dominantni objekti uz očuvane dimnjake daju dramatičan,

dinamičan i autentičan pečat predmetnoj lokaciji (Slika 4).

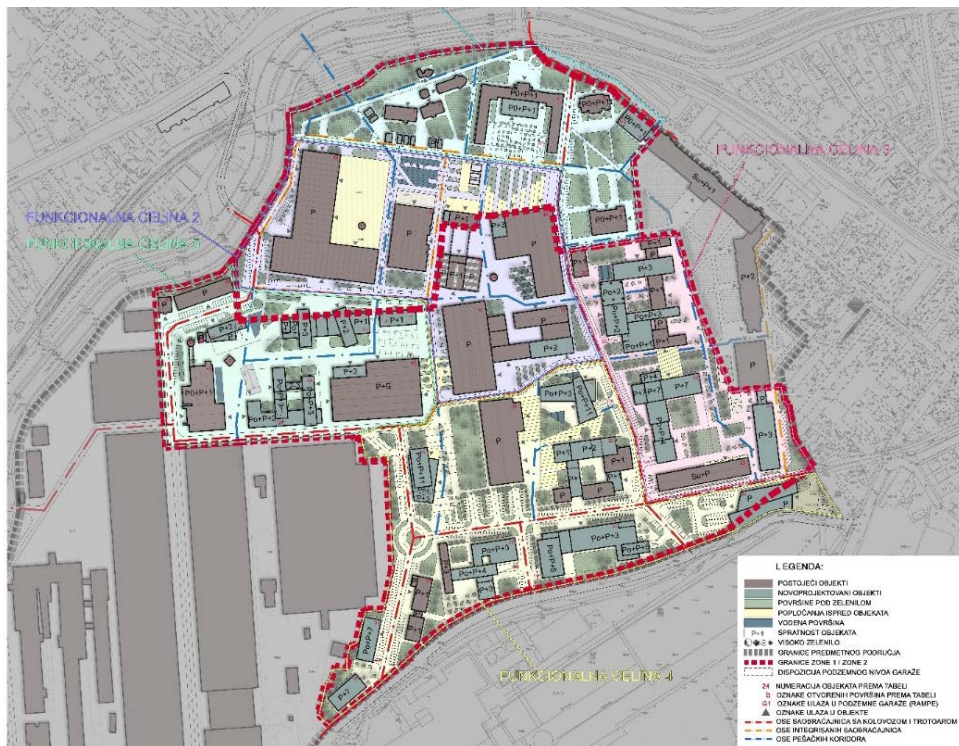
Kompleks karakterišu objekti velikih formata (višebrodne industrijske hale), pa su novi volumeni formirani tako da prate postojeću prostornu matricu čime se neguje industrijski ambijent prostora i industrijsko nasleđe. Svi objekti od značaja (zaštićena kulturna dobra i istorijske celine) sačuvani su uz izmene koje podrazumevaju funkcionalnu adaptaciju datog prostora, rušenje naknadnih i bezvrednih dogradnji i nadogradnji, uz optimalnu remodelaciju osmišljenu mestimičnim dodavanjem (ili oduzimanjem) manjih volumena. Ovi volumeni ne ugrožavaju integritet i karakter postojećih objekata, a doprinose kreiranju novih ambijenata i tačaka okupljanja u prostornoj kompoziciji pojedinačnih objekata i većih celina područja.

### 3.2.1 Analiza koncepta Funkcionalne celine 1

Funkcionalna celina 1 predstavlja zonu javnih sadržaja i oslanja se na gradski centar grada Kragujevca (Slika 5). Uklanjanjem objekta BIC-a kao

i manjih struktura bez spomeničke vrednosti stvorene su mogućnosti za formiranjem većih otvorenih prostora sa zelenilom za rekreaciju (Slika 3). U pogledu novogradnje, pored pop-up kioska predviđena je izgradnja objekta gradske uprave, čija se struktura oslanja na postojeći objekat Politehničke škole. Na taj način zadržana je ideja zatvaranja fronta ka Kosovskoj ulici, otvaranjem većeg unutrašnjeg dvorišta. Sa

aspekta saobraćaja, funkcionalna celina daje prednost pešacima i značajno doprinosi povećanju stepena zelenila, koncentrisanjem stacionarnog saobraćaja u podzemnim garažama. Bivša upravna zgrada, predložena za konvertovanje u hotel, dograđena je staklenim volumenom iste spratnosti kao i izvorna struktura. Aneksni volumen neutralnim oblikovanjem ističe arhitektonske vrednosti ovog zdanja.



Slika 3 - Prostorno-programski koncept područja (Izvor: autori)



Slika 4- Prikaz prostorne kompozicije područja (Izvor: autori)

Tabela 1- Namene i spratnost objekata (postojećih i novoprojektovanih) u okviru Zona 1 i 2 sa karakterom intervencija

		namena		karakter intervencija	spratnost	BRGP (m <sup>2</sup> )
		novoprojektovana/zadržana	izvorna			
CELINA 1	1	Stara Crkva	-	-	P	246.05
	2	Zvonik stare Crkve	-	-	P	55.35
	3	Stara Skupština	-	-	P	354.08
	4	Parohijski dom	-	-	P	220.45
	5	Prodavnica i palionica	-	-	P	75.29
	6	Hotel kategorije V zvezdica	upravna zgrada	dogradnja aneksa	Po+P+1	8,338.36
	7	Pop up prodavnice (8 kom.)	-	novouzgradnja	P	304.00
	8	Prostorije gradske uprave	stan upravnika	prezervacija	Po+P+1	1,225.16
	9	Prostorije gradske uprave	-	novouzgradnja	Po+P+1	2,790.66
	10	Ugostiteljski sadržaj - kafana	tehnička škola	prezervacija	Po+P+1	1,588.46
CELINA 2	11	Industrijski dimnjak		prezervacija	-	
	12	Arsenal	maš.radionica	prezervacija	P	5,849.35
	13	Muzej oružja	stara livnica	prezervacija	P+G	1,979.00
	14	Galerija	čaurnica	dogradnja sprata	P+1	764.00
	15	Kongresni centar	podsklopovi	remodelacija	P do P+1	1,614.10
	16	Radionice za umetnike	karoserija	remodelacija	P do P+3	4,097.95
	17	Radionice za umetnike	karoserija	remodelacija	P do P+2	3,712.07
	18	Koncertna dvorana	preseraj	prezervacija	P	3,143.64
	19	Industrijski dimnjak		prezervacija	-	32.58
CELINA 3	20	Uprava studentskog centra	poslovanje	prezervacija	P+1	658.56
	21	Prostorije fakulteta	poslovanje	dogradnja aneksa	Po+P+1-3	14,838.01
	22	Studentski dom	-	novouzgradnja	Po+P+4-7	17,326.30
	23	Studentski centar	magacin boja	prezervacija	Su+P	2,597.73
	24	Stanovanje učenika	-	novouzgradnja	P do P+3	4,447.68
CELINA 4	25	Hotel kategorije IV zvezdica	-	novouzgradnja	Po+P+3-11	14,943.06
	26	Gastro centar i stari zanati	hala RAP	prezervacija	P	2,052.54
	27	Poslovna zgrada-kula	-	novouzgradnja	Po+P+3-11	11,748.64
	28	Start-up hub	magacini	remodelacija	P do P+2	5,166.84
	29	Poslovanje	-	novouzgradnja	P+7	4,103.10
	30	Poslovanje	-	novouzgradnja	Po+P+7	5,401.84
	31	Hotel Industrial	-	-	P+1 do P+2	1,501.20
	32	Poslovanje i trgovina	proizvodna hala	remodelacija	Po+P+2-3	11,314.45
	33	Tržni centar	-	novouzgradnja	Po+P+3-5	15,604.28
	34	Trgovina na veliko	-	novouzgradnja	P	1,379.22
CELINA 5	35	Omladinsko-sportsko udruženje	zgrada sindikata	prezervacija	P	179.05
	36	Omladinsko-sportsko udruženje	magacin	prezervacija	P	715.15
	37	Omladinsko-sportsko udruženje	-	novouzgradnja	Po+P-2	2,967.47
	38	Omladinsko-sportsko udruženje	kovač. radionica	prezervacija	P	40.13
	39	Dimnjak stare energetike		prezervacija	-	34.33
	40	Omladinski klub - pivnica	stara energetika	prezervacija	Po+P+1	3,496.42
	41	Toranj za tehnološku vodu		prezervacija	-	49.72
	42	Poslovni hub centar	-	novouzgradnja	Po+P+2-3	9,869.17
	43	Poslovni hub centar	-	novouzgradnja	Po+P+1-3	4,769.93
	44	Ugostiteljstvo - internet kafe	-	novouzgradnja	P+1	870.00
	45	Start-up hub	artilj.radionica	remodelacija	P+3	6,926.55
<b>UKUPNO bruto razvijena građevinska površina (BRGP)</b>						<b>179,424.49</b>



Slika 5 - Prikaz celina 1 i 2 - Zona 1 (Izvor: autori)

### 3.2.2 Analiza koncepta Funkcionalne celine 2

Prostorna kompozicija FC 2 oslanja se na FC 1 pri čemu granicu ove dve celine čini glavni pešački koridor područja na koji se oslanjaju raznovrsni sadržaji na otvorenom i platoi istorijski značajnih objekata (Slika 5). Predloženim rešenjem FC 2 prepoznata je kao centralno mesto područja za održavanje kulturnih manifestacija, kulturnu produkciju i promociju, pa idejni koncept daje predlog konvertovanja postojećih industrijskih objekata u sadržaje muzeja, kulturnog haba, umetničke galerije, koncertne dvorane i umetničkih radionica. Neznatan broj pomoćnih objekata koji nemaju spomeničke vrednosti je uklonjen. Pored pešačkih platoa nova mesta okupljanja formirana su remodelacijom postojećih „big-box“ struktura industrijskih hala niske spratnosti.

Objekti Arsenala, Stare livnice, Čaurnice i Preseraja su sačuvali izvornu strukturu, uklanjanjem ili zadržavanjem naknadno sagrađenih aneksnih volumena. Identitet područja očuvan je zadržavanjem dva industrijska dimnjaka, koji determinišu glavne pešačke trgove - plato Arsenala i atrijum umetničkih radionica, formiran oduzimanjem manjih volumena od bivšeg objekta Karoserije. Remodelacijom Karoserije i Lakirnice, uz dogradnju spratnog volumena na uglu kompozicije, nekadašnji veliki format industrijske proizvodnje transformisan je u dve nezavisne strukture manjeg formata, otvaranjem unutrašnjih dvorišta za umetnike. Odvajanjem novoplaniranog kongresnog centra od objekta Čaurnice, formiran je natkriven prostor za održavanje projekcija na otvorenom. Celina je prostorno koncipirana tako da promoviše graditeljsko nasleđe područja i pešačko fluidno - krivudavo kretanje i provlačenje između objekata, u cilju dinamične arhitektonske percepcije i istraživanja prostora. Dograđeni kubični volumeni imaju transparentan karakter, koji istovremeno kreira kontrast sa punim volumenima industrijskih zgrada, ističući likovnost njihovih formi i krovova (Slika 4).

### 3.2.3 Analiza koncepta Funkcionalne celine 3

FC 3 predstavlja zonu obrazovanja, studentskog i đačkog stanovanja, sporta i rekreacije koja se oslanja na kontaktnu Zonu 3.2. Studentski centar smešten je u okviru postojećih očuvanih objekata. Celinu 3 karakteriše značajnija novogradnja, ogledana u strukturama namenjenim prostorijama fakulteta i stanovanju učenika srednjih škola. Objekat doma za učenike nezavisna je novoizgrađena struktura, koja svojom L formom učestvuje u kreiranju ozelenjenog dvorišta studentskog parka. Konceptualno, celina predstavlja kontrastni spoj starih i savremenijih struktura, i učestvuje u kreiranju novog identiteta.

### 3.2.4 Analiza koncepta Funkcionalne celine 4

FC 4 zauzima najveći deo područja, oslanja se na celine 2 i 3, doseže do južne granice obuhvata konkursa, i predstavlja zonu mešovite namene sa akcentom na komercijalne sadržaje poslovanja i trgovine. Celinu karakteriše visok stepen novoizgradnje, pri čemu je nekadašnji identitet područja očuvan kroz prezervaciju proizvodne hale RAP i hotela Industrial. U krajnjem južnom delu celine planirana je izgradnja novih volumena namenjenih poslovanju i trgovini na veliko, uklanjanjem postojećih pratećih i pomoćnih objekata bez spomeničkih vrednosti (Slika 3). Deo bivše proizvodne hale 39, zadržan je i iskorišćen kao struktura integrisana sa aneksnim, novoizgrađenim savremenim volumenima objekta mešovite namene. U okviru celine prepoznata je potreba za kreiranjem novih visinskih repera područja, pa idejno rešenje predviđa izgradnju dve kule spratnosti do P+11 etaža (hotel i poslovni objekat). Bivši magacini, remodelacijom i dogradnjom aneksnih volumena povezani su u novu zatvorenu strukturu star-up haba sa unutrašnjim dvorištem za networking zonu.

### 3.2.5 Analiza koncepta Funkcionalne celine 5

FC 5 zauzima zapadni deo područja, oslanja se na kontaktnu Zonu 3.1. i na objekat Arsenala. Identitet celine prepoznat je kroz očuvanje bivše Artiljerijske radionice, objekta Stare energetike, vodenog tornja i dimnjaka. Postojeći „big-box“ formati prizemnih industrijskih hala uklanjanjem Objekta za tehničku obradu, uz remodelaciju i dogradnju transformisani su u trakaste strukture start-up kompanija, istraživačkih delatnosti i poslovanja za mlade. Bivše Zgrade sindikata, Magacina održavanja i Kovačke radionice su očuvane i konvertovane u prostorije omladinsko-sportskih udruženja, dok je objekat Stare energetike

prenamenjen u prostorije Omladinskog kluba i ugostiteljski sadržaj.



*Slika 6- Prikaz celine 5 (Izvor: autori)*

Novoizgrađeni objekti namenjeni poslovanju prate obod funkcionalne celine formirajući unutrašnje dvorište i šetalište koje celinu povezuje sa kulturnim sadržajima FC 2 (Slika 3). Toranj za tehnološku vodu, kao najviši reper područja, determiniše plato za okupljanje mladih sa skejtparkom (Slika 6). Objekat bivše Artiljerijske radionice zadržan je u zatečenom stanju, nakon devastiranja, tako da deo gde je očuvana samo čelična konstrukcija predstavlja natkriveno novoformirano mesto okupljanja. Pešačka centralna aksijala otvara vizuru ka tornju kao visinskom reperu.

### 3.3 ARHITEKTONSKA RAZRADA OBJEKATA

#### 3.3.1 Objekat 1 - Arsenal

U oblikovnom i konstruktivnom pogledu, objekat Mašinske radionice - Arsenala je ostao autentičan (Slika 7). Izmena u volumenu dogodila se u delu dogradnje, koja je uklonjena i na čije mesto nisu dodavani novi volumeni već je taj prostor urbanistički redefinisano (kreiranjem servisnih pristupa). Objekat je osmišljen kao „kulturni hab“ koji obuhvata muzej automobila sa stalnom i privremenom postavkom, kao svojevrsni omaž industriji koja daje identitet gradu Kragujevcu (Slika 9). Izložbeni prostor muzeja, obuhvata i memorijalni centar Prvoslava Rakovića-osnivača domaće autoindustrije, prostor sa interaktivnom izložbom fotografija i edukativni centar za posetioce. Uz njega su smeštene tehničke prostorije depoa, prostorije za restauraciju i pripremu eksponata, kao i uprava muzeja. Najveći broj ulaza obezbeđen je preko multifunkcionalnog platoa koji pruža mogućnost organizovanja manifestacija na otvorenom. U okviru objekta predviđeni su i: prodavnica muzičkih instrumenata i gramofonskih ploča sa *showroom*-om, kafe-restoran, dve konferencijske sale (po 208 mesta), jedna manja sala

(42 mesta), i škola muzike za decu koja obuhvata dve sale za muzičko vaspitanje i upoznavanje sa klasičnom i rok muzikom.

Prostor je projektovan sa minimalnim intervencijama u okviru postojećeg gabarita, kroz otvoreni funkcionalni plan koji ima za cilj da obezbedi maksimalnu fleksibilnost. Muzejske postavke i postavke *showroom*-a pozicionirane su tako da obezbeđuju fluidno kretanje kroz unutrašnjost objekta i dinamiku koja doprinosi kreiranju jedinstvenog arhitektonskog doživljaja (Slika 9).



*Slika 7- Objekat Stare livnice i Arsenala (Izvor: autori)*

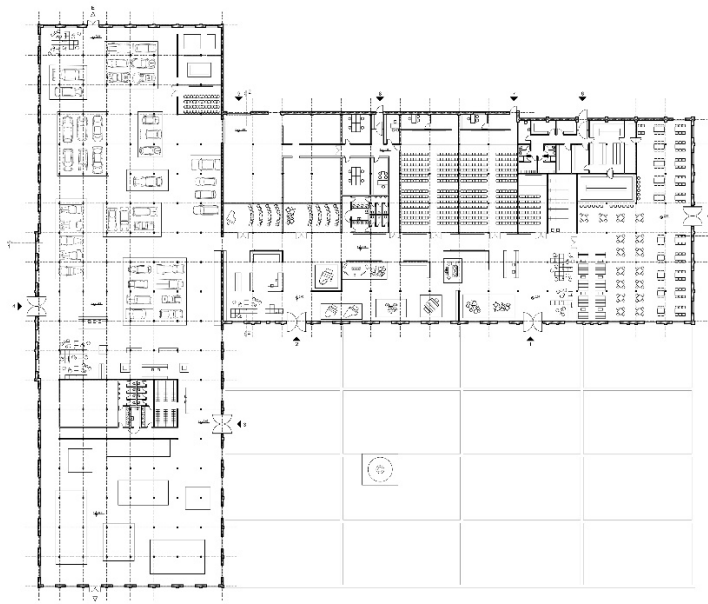
#### 3.3.2 Objekat 2 - Čaurnica

Karakteristična dvospratnica sa prizemnim aneksom koncipirana je kao prostor Umetničke galerije. Prizemni aneksn deo je iskorišćen za ulaznu zonu sa holom i recepcijom, dok je glavni korpus objekta ostavljen za galeriju unutar koje je osmišljeno novo centralno jednokrako stepenište. U cilju vizuelnog povezivanja sprata i prizemlja, centralni deo podeone međuspratne konstrukcije je uklonjen i na taj način je dobijen galerijski prostor po obodu koji vizuelno komunicira sa prizemljem. Iznad prizemnog aneksnog dela, osmišljen je novi volumen, kao nadogradnja, koji oblikom i materijalizacijom stvara kontrapunkt postojećem volumenu dok ga istovremeno dopunjuje. Novi volumen, ima funkciju vidikovca i pruža mogućnost panoramskog razgledanja industrijskog i post-industrijskog pejzaža kompleksa (Slika 8).



*Slika 8- Objekat Čaurnice sa dogradnjom (Izvor: autori)*



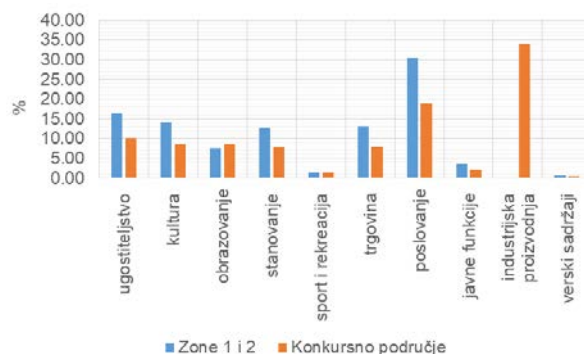


Slika 9- Prikaz osnove prizemlja Arsenala - novog kulturnog haba (Izvor: autori)

### 3.4 ANALIZA OSTVARENIH URBANISTIČKIH PARAMETARA

Novoprojektovanim rešenjem je ostvaren dobar balans između atrakcionih (javni sadržaji, ugostiteljstvo i trgovina) i populacionih namena (poslovanje, nauka, obrazovanje, hotelijerstvo, stanovanje) čime se obezbeđuje dugoročna održivost kroz balansiranu socijalnu diverzifikaciju korisnika prostora. U pogledu kapaciteta najveći bilans bruto razvijenih građevinskih površina (BRGP) u okviru Zona 1 i 2 ostvaren je konkursnim rešenjem za komercijalne funkcije (poslovanje 30.5% i trgovina 13.08%), što može doprineti ekonomskom rastu ove gradske zone, njenoj ekonomskoj samoodrživosti, i ubrzati proces urbane obnove. Istovremeno istorijski identitet područja je očuvan promovisanjem kulture kao jedne od dominantnih urbanih funkcija (14.18%). Ostvareni bilans kapaciteta BRGP za ugostiteljstvo iznosi 16.41%, za funkciju srednjeg i visokog obrazovanja iznosi 7.67%, dok đачko i studentsko stanovanje čini 12.58% ukupne bruto razvijene građevinske površine u okviru Zona 1 i 2 (Slika 10). Posmatrajući celokupno konkursno područje, izuzimajući postojeću industrijsku proizvodnju, razvijenu u okviru prizemnih višebrodnih hala Zona 3 i 4, a koja u budućem periodu ima potencijala za transformisanje u komercijalne funkcije, najveći bilans kapaciteta BRGP ima funkcija poslovanja (18.76%), dok je zastupljenost funkcija trgovine, ugostiteljstva, kulture i obrazovanja balansirana.

U okviru Tabele 2 dati su ostvareni urbanistički parametri za Zone 1 i 2 (težišno i programsko područje kompleksa) kao i celokupno konkursno područje uzimajući u obzir zauzetost objekata i bruto razvijenu građevinsku površinu (BRGP) objekata u okviru Zona 3 i Zona 4. Ostvareni urbanistički parametri ukazuju na visok stepen zauzetosti površina područja zelenilom (17% u okviru Zona 1 i 2, 20.13% u celokupnom konkursnom području). Uzimajući u obzir ograničenje postavljeno uslovima Konkursa o ostvarivanju maksimalne bruto razvijene građevinske površine svih objekata u Zoni 1 i 2 do 200.000m<sup>2</sup>, ostvarena vrednost indeksa izgrađenosti od 0.74 je, uprkos karakteru područja i postojanju velikog broja industrijskih hala velikih formata u osnovi (višebrodne hale) i niske spratnosti (najčešće samo prizemne), značajna u kontekstu daljeg razvijanja i transformisanja područja. Tabelom je dat i broj parking mesta (PM) po celinama.



Slika 10- Grafički prikaz bilansa kapaciteta BRGP po namena izražen u % (Izvor: autori)

Tabela 2- Ostvareni urbanistički parametri u kompleksu VTZ

Ostvareni urbanistički parametri	ZONE 1 i 2						Celo područje
	I	II	III	IV	V	ukupno	
Površina celine (m <sup>2</sup> )	31,167.0	47,641.9	27,974.1	60,747.2	34,170.6	201,700.8	379,268.5
Površina pod objektima (m <sup>2</sup> )	5,092.4	17,990.0	9,230.2	14,811.5	12,940.6	60,064.7	126,352.6
BRGP (m <sup>2</sup> )	8,872.7	21,225.3	33,566.7	61,183.5	24,846.9	149,694.9	243,313.4
Indeks zauzetosti (%)	16.34%	37.76%	33.00%	24.38%	37.87%	29.78%	33.31%
Indeks izgrađenosti	0.29	0.45	1.2	1.007	0.73	0.74	0.64
Zelene površine (m <sup>2</sup> )	11,059	3,409	5,111	11,505	2,342	33,426	76,364
Procenat zelenila (%)	35%	7%	18%	19%	7%	17%	20.13%
Broj nadzemnih PM	33	80	58	310	62	543	543
Broj PM u garažama	272	-	302	562	242	1378	1378

#### 4 ANALIZA PLANIRANIH FAZA TRANSFORMACIJE VTZ-A

Konkursnim rešenjem definisane su dve faze razvoja predmetnog područja koje podrazumevaju više etapa. Faza 1 obuhvata razvoj dela kompleksa definisan Zonom 1, dok Faza 2 obuhvata razvoj dela kompleksa definisan Zonom 2.

Početna Etapa (1.1.) Faze 1 je transformacija Upravne zgrade u hotel kategorije 5 zvezdica, čime bi predmetno područje dobilo novi-stari urbani reper koji bi novom funkcijom podigao kvalitet ali i vrednost prostora i okruženja. Etapom 1.2 usledila bi rekonstrukcija i adaptacija objekta Arsenala u Kulturni hab, čime se započinje transformacija područja u novi gradski centar formiranjem nove „atrakcione“ namene, sa ciljem privlačenja različitih društvenih profilacija. Muzej automobila sa jedne strane i konferencijski prostor sa druge, obezbeđuju održivi spoj trajnog programa Arsenala i dinamične aktivnosti privremenih događaja. Etapa 1.3 podrazumeva transformaciju područja oko zgrada Kuće upravnika zavoda i Politehničke škole u prostor namenjen gradskoj upravi uz razvoj komercijalnog ugostiteljskog sadržaja. Ovom etapom razvoja se obezbeđuju novi korisnici, drugačijeg profila od prethodnih. Etapa 1.4 označava razvoj centralnog područja Zone 1, formiranje glavnog trga i adaptacija Čaurnice u Umetničku galeriju, uz već aktivan Muzej oružja. Ovom etapom se redefiniše i centralni otvoreni prostor u Zoni 1. Finalna Etapa (1.5) Faze 1 bi obuhvatila prilagodavanje i integraciju područja i pristupa oko Stare Topolivničke crkve novoformiranim sadržajima.

Prva Etapa (2.1) Faze 2 obuhvata razvoj područja neposredno južno od objekta Arsenala i Muzeja oružja. Devastiran prostor srušene hale uz vredne objekte Stare artiljerijske radionice, Stare energetike,

dimnjaka i tornja u ovoj etapi razvoja se pridružuju i dopunjuju prethodno razvijeno područje, sadržajima orijentisanim prema mladima, inovacijama i rekreaciji. Etapa 2.2 obuhvata razvoj centralnog područja kompleksa VTZ u okviru Zone 2, adaptaciju objekata Preseraja i Radionice za izradu šrapnela u Kongresni centar sa halom za koncerte, i transformaciju zgrada Lakirnice i Karoserije za prateće sadržaje kongresnog centra i radionice za umetnike. Ovom etapom razvoja, kompleks pored značajnog prostora na otvorenom dobija i značajne kapacitete za organizaciju masovnih manifestacija u zatvorenom prostoru. U okviru Etape 2.3 planirana je izgradnja prostornih kapaciteta za naučno-obrazovnu delatnost Univerziteta u Kragujevcu. Definisan prostor za razvoj je deo Zone 2 na potezu neposredno uz postojeću Srednju tehničku školu i Strukovnu akademiju. Na taj način se na tom prostoru započinje formiranje obrazovnog kampusa koji kombinuje više nivoa obrazovanja, i istovremeno može po potrebi koristiti kapacitete umetničkih radionica i kongresnog prostora. Kroz Etapu 2.4 formira se nova poslovna kula (P+10) koja ima zadatak da u okviru centralnog prostora Zone 2 postane novi urbani reper, dok istovremeno obezbeđuje kapacitete poslovnog prostora visoke klase okružen servisnim sadržajima. U okviru istog bloka, zaštićena proizvodna hala „RAP“ biće transformisana u ugostiteljsko-trgovački objekat. Ovim kapacitetima se obezbeđuje visoka komercijalizacija prostora koji omogućava dalji ekonomski razvoj područja i grada. Etapom 2.5 obezbeđuju se kapaciteti za stanovanje studenata i drugi objekti studentskog standarda kojima se zaokružuje kompleks namenjen obrazovanju. Finalizacija razvoja kompleksa podrazumeva razvoj obodnog područja Zone 2 na jugu (Etapa 2.6), koji je planiran kao prostor intenzivne komercijalizacije izgradnjom potpuno novih kapaciteta za trgovinu i

poslovanje. Poslednja Etapa (2.7) razvoja kompleksa podrazumeva „popunjavanje“ kompleksa objektima komercijalnog karaktera. Planom je predviđena izgradnja visokog objekta (hotel) na platou ispred zapadne strane zgrade RAP-a i dve poslovne zgrade na području naspram trenutno aktuelnog hotela Industrial.

### 5 ZAKLJUČAK

S obzirom na trenutne kapacitete gradskog centra, te nedostatak važnih programskih sadržaja, ovaj kompleks je, u skladu sa arhitektonskim i istorijskim vrednostima koje poseduje, predložen kao optimalno rešenje za smeštaj značajnih urbanih funkcija jednog gradskog centra. Na ovaj način je obezbeđeno da grad Kragujevac dobije važan gradski centar na desnoj obali reke Lepenice, čime se omogućava pravilnija distribucija sadržaja na teritoriji grada, što je uslov za uravnotežen i održivi urbani razvoj koji balansira vrednosti lokacija na čitavoj teritoriji grada. Predloženo rešenje ne poništava postojeće gradsko jezgro, već predstavlja njegovu dopunu u skladu s trajektorijama i projekcijama daljeg razvoja grada. Autentičan prostor kompleksa VTZ osavremenjen inovativnim urbanim mobilijarom i novim popločanjima, uz sadržaje koje nude objekti, može postati značajno težište urbanog života u gradu. Splet kulturnih sadržaja i mesta okupljanja na otvorenom osmišljen je tako da doprinosi turističkoj ponudi grada, privlači posetioce, uz istovremeno stvaranje novih mikroambijenata za sve vrste umetnika.

Mešoviti karakter namena na predmetnom području značajno može doprineti revitalizaciji mesta kroz kombinovanje namena različitih po dinamici i intenzitetu korišćenja prostora. Sadržaji predviđeni u okviru predmetnog područja osmišljeni su na način da unaprede kako kulturnu i turističku, tako i poslovnu ponudu grada Kragujevca.

Novoprojektovani objekti u kompleksu na jednostavan i nenametljiv način aktivno učestvuju u formiranju novog i naglašavanju starog identiteta područja. Predloženim prostornim rešenjem koje kombinuje objekte visoke spratnosti na prostoru s nasleđenim prizemnim industrijskim halama, ostvareni su visoki koeficijenti izgrađenosti uz značajan udeo otvorenog prostora koji je intenzivno ozelenjen uz očuvanje postojećeg fonda zelenila (drveće).

### 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 2023. godini evidencioni broj: 451-03-47/2023-01/ 200095.

### LITERATURA

- [1] Garcia Beatriz: **Cultural Policy and Urban Regeneration in Western European Cities: Lessons from Experience, Prospects for the Future.** *Local Economy*, Vol. 19, No. 4, pp. 312-326, 2004.
- [2] Miletić Radmila, Miljanović Dragana, Todorović Marina: **Industrijski gradovi u tranziciji-problematika područja.** *Glasnik srpskog geografskog društva*, 89 (3), pp. 191-206, 2009.
- [3] Draganić Anica: **Conservation Approach to the Industrial Heritage of Vojvodina.** *Facta Universitatis, series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 17, No 4, pp. 377-386, 2019.
- [4] Stanojević Ana, Keković Aleksandar: **Functional and aesthetic transformation of industrial into housing spaces.** *Facta Universitatis, series: Architecture and Civil Engineering*, Vol. 17, No 4, pp. 401-416, 2019.
- [5] Zavod za zaštitu spomenika kulture grada Kragujevca: **Istorijska i umetnička baština vojnotehničkog zavoda.** *Zavod za zaštitu spomenika kulture, Kragujevac*, 2005.
- [6] Službeni glasnik Republike Srbije, br. 36/2014.
- [7] Grad Kragujevac: **Program za otvoreni, međunarodni, anketni, jednostepeni, anonimni Urbanističko-arhitektonski konkurs za urbanu obnovu i rehabilitaciju prostorne kulturno-istorijske celine „Vojno-tehnički zavod u Kragujevcu“.** *Udruženje urbanista, Grad Kragujevac*, 2022.
- [8] Pašajlić Bojana: **Trgovački objekti sa prelaza XIX u XX vek u Kragujevcu – identitet i uloga medija, Doktorska disertacija.** *FTN, Univerzitet u Novom Sadu*, Novi Sad, 2020.
- [9] Trifunović Veroljub: **Gradenje Kragujevca u Kneževini i Kraljevini.** Kragujevac, 2008.
- [10] Ćirić B., Milošević A.: **„Grad u muzeju“ urbanističko-arhitektonsko rešenje urbane obnove i rehabilitacije prostorno kulturno-istorijske celine „Vojno-tehnički zavod u Kragujevcu“.** *Zb. radova međunarodne konferencije 19. LŠUiOR*, V. Banja, Srbija, pp. 193-198, 2023.
- [11] Pavlović J., Taranović K.: **Prostorne implikacije savremenog koncepta kulturne održivosti na primeru industrijskog nasleđa.** *Zb. radova XI naučno-stručne konferencije „Graditeljsko nasleđe i urbanizam“*, Zavod za zaštitu spomenika kulture grada Beograda, Beograd, pp. 106-117, 2021.

primljen: 28.07.2023.  
korigovan: 09.10.2023.  
prihvaćen: 11.10.2023.

pregledni rad

UDK : 624.04:628.16(667)

## SPECIFIČNOSTI PROJEKTOVANJA KONSTRUKCIJSKIH SISTEMA OBJEKATA U SKLOPU POSTROJENJA ZA PIJAČU VODU U GANI, AFRIKA

**Darko Živković<sup>1</sup>, Predrag Blagojević<sup>2</sup>, Miljan Milenković<sup>3</sup>, Aleksandar Šutanovac<sup>4</sup>,**

**Rezime:** U radu se navode specifičnosti konstrukcijskih rešenja objekata u sklopu postrojenja za pijaću vodu koje se nalazi u Gani – Afrika, čiji je investitor Republika Gana. Kompleks objekata za pijaću vodu se nalazi na obali reke Volta u blizini mesta Agordome. Tokom izrade projektne dokumentacije, kroz saradnju su primenjena iskustva i najbolje prakse za date klimatske i lokacijske uslove više kompanija iz Francuske, Italije, Belgije i Srbije. Specifičnosti u projektovanju konstrukcija su funkcija objekata, klimatski uslovi, blizina reke i nivo podzemne vode. Razmatraju se sva specifična dejstva i uticaji u toku građenja i eksploatacije objekata. Prikazuje se tehnologija i faze izvođenja radova. Ukazuje se na kritične faze građenja, analizira fazna gradnja i njeni uticaji na konstrukcijski sistem. Predmet ovog rada su i specifični detalji koji su bili prilagođeni načinu izvođenja objekata i tehnologiji lokalnih izvođača radova. Predloženim rešenjem je izvršena značajna ušteda i jednostavnije izvođenje radova.

**Cljučne reči:** armirani beton, konstrukcija, fundiranje

## SPECIFIC ASPECTS OF DESIGNING STRUCTURES FOR A DRINKING WATER TREATMENT FACILITY IN GHANA, AFRICA

**Abstract:** This paper outlines the specific design solutions for structures within a water treatment facility located in Ghana – Africa, with the Republic of Ghana as the investor. The drinking water treatment facility complex is situated on the banks of the Volta River near the town of Agordome. During the preparation of the project documentation, collaboration incorporated the experiences and best practices for the given climatic and local conditions from several companies in France, Italy, Belgium, and Serbia. Structural design challenges and the resulting solutions are due to the function of the facilities, climate conditions, proximity to the river, and groundwater levels. The paper presents all load types present during construction and lifetime of the facilities that are considered in the structural design, as well as the various construction phases and the employed construction technology. Critical construction phases are highlighted, phase construction is analyzed, and its impacts on the structural system are examined. This paper also addresses specific details tailored to the local contractors' construction technology. The proposed solution has achieved significant savings and simplified execution of the construction work.

**Key words:** steel reinforced concrete , structure, funding

<sup>1</sup> dr asistent sa doktoratom, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs

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

<sup>3</sup> dipl. građ. ing., „SartE Engineer Consultancy“, Beograd, miljan.milenkovic@gmail.com

<sup>4</sup> asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, aleksandar.sutanovac@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

Predmetni Projekat obuhvata objekte u okviru fabrike za proizvodnju pijaće vode u Gani – Afrika. Kompleks objekata za pijaću vodu se nalazi na obali reke Volta u blizini mesta Agordome (slika 1). U izradi projektne dokumentacije su učestvovala kompanije iz Francuske, Italije, Belgije i Srbije.

Na slici 2 je prikazana lokacija i kompleks objekata. GPS koordinate lokacije su 5.951232N 0625790E

Autori ovog rada su projektovani na nivou glavnog projekta (PGD) i izvođačkog projekta (PZI) tri objekata koji su predmet ovog rada i vršili tehničku kontrolu i konsultantske usluge za ostale objekte u okviru kompleksa.

Zajedničko za većinu objekata je da su fundirani i građeni ispod nivoa podzemne vode. Ovo je opredelilo i tehnologije građenja što je i predmet ovog rada. Projekti konstrukcija svih objekata su zasnovani na EC standardima i relevantnim lokalnim tehničkim standardima, zakonima i pravilnicima.



Slika 1 – Lokacija postrojenja u Gani – Afrika (Izvor: Google Maps)



Slika 2 – Prikaz kompleksa postojećih objekata (Izvor: Google Maps)

## 1.1 PODLOGE ZA IZRADU ELABORATA

Korišćena je sledeća tehnička dokumentacija :

- Katastarsko-topografski plan;
- Tehnološki projekat;
- Elaborat o geotehničkim i geomehaničkim karakteristikama tla [1].

### 1.1.1 Reljef i klima

Lokacija se nalazi u oblasti vlažne poluekvatorijalne i suve ekvatorijalne klimatske zone. Severni deo Distrihta leži u vlažnoj poluekvatorijalnoj zoni dok je južni deo suva ekvatorijalna klimatska zona. Na klimu okruga utiču i jugozapadni monsunski vetrovi dva puta godišnje, što dovodi do režima dvostrukog maksimuma padavina. Kišna sezona je od aprila do jula i septembra do novembra. Prosečna godišnja količina padavina se kreće između 1.168mm i 2.103mm.

### 1.1.2 Karakteristike tla

Geotehnička snimanja su izvršena u avgustu 2021. godine od strane italijanske kompanije LESICO INFRASTRUCTURE S.R.L iz Milana.

U izveštaju su prikazani rezultati istraživanja tla i laboratorijska ispitivanja.

Materijal donjeg sloja se sastoji od peščara, škriljaca i fosilnih krečnjaka.

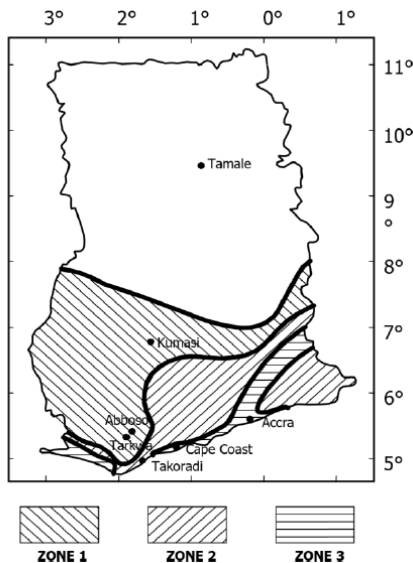
Teren je ravan na približnoj koti od 15 mNV. Karakteristike terena u području gabarita objekta su prikazane u inženjerskogeološkim presecima terena.

### 1.1.3 Hidrogeološke karakteristike terena

S obzirom da je lokacija celog postrojenja u „hidrološkom režimu“ reke Volte preduzeto je praćenje režima podzemnih voda naročito u sušnim i kišnim delovima sezone.

### 1.1.4 Seizmičke karakteristike područja

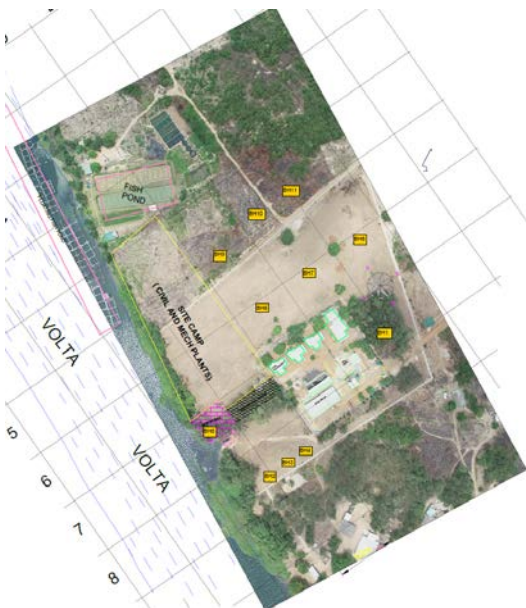
Gana se nalazi u blizini poznatih svetskih aktivnih seizmičkih zona. Iskusiła je značajne zemljotrese, posebno u Akri i okolini. Najviše je ugroženo severoistočno priobalno područje. Oblast u kome se gradi spada u zonu 2 sa ubrzanjem tla od 0.25g. Vrednosti su sledeće: prva zona 0.15g, druga zona 0.25g, treća zona 0.35g (slika 3).



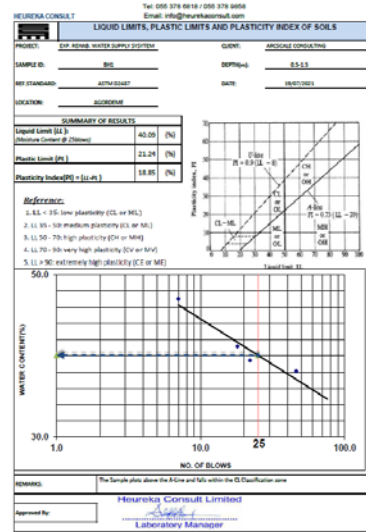
Slika 3 – Karta seizmičkog hazarda Gane po parametru ubrzanja [1]



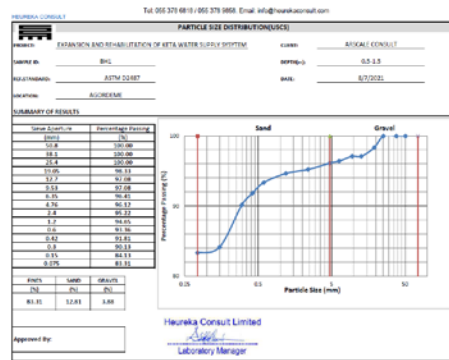
Slika 4 – Terenski istražni radovi [1]



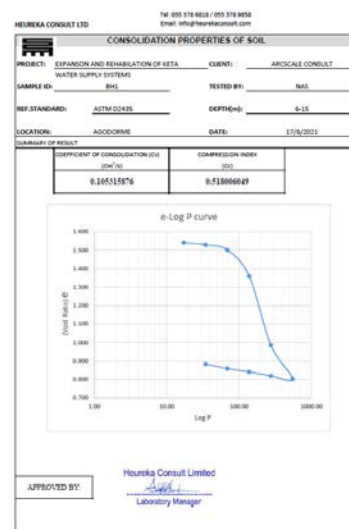
Slika 5 – Raspored istražnih bušotina [1]



Slika 6 – Izvod iz elaborata [1]: granica tečenja, granica plastičnosti, indeks plastičnosti zemljišta na mestu istražne bušotine BH1



Slika 7 – Izvod iz elaborata [1]: distribucija veličina čestica na mestu istražne bušotine BH1



Slika 8 – Izvod iz elaborata [1]: konsolidacijska svojstva tla na mestu istražne bušotine BH1

## 2 OPIS KONSTRUKCIJSKIH REŠENJA

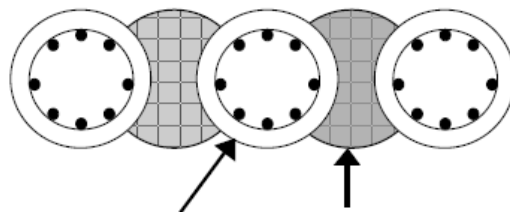
Konstruktivni sistemi projektovanih objekata su prilagođeni tehnološkom procesu eksploatacije i mogućim načinima izvođenja u skladu sa projektom zadatkom koji je bio mnogo strožiji od realnih uslova na lokaciji. Zahtev je bio da se pored svih osnovnih, dopunskih i naročitih dejstava kao što su: skupljanje i tečenje betona, temperaturna razlika i temperaturna promena, faze građenja, izvrši analiza uticaja na objekte u slučaju da budu celi potopljeni vodom zbog blizine reke.

U proračunskim modelima objekti su tretirani kao prostorni sistemi sa površinskim i linijskim elementima kruto ili zglobno povezanim između sebe. Uticaji u poprečnim preseccima su dobijeni simulacijom opterećenja u skladu sa trenutno važećom regulativom za ovu vrstu objekata i lokaciju na kojoj se objekat nalazi. U toku projektovanja su ispoštovani svi zahtevi iz trenutno važeće regulative za ovu vrstu objekata. Za armiranje svih konstruktivskih elemenata je usvojen čelik B500B i beton klase C35/45. Proračun temeljnih konstrukcija je urađen simulacijom tla kao elastične podloge preko modula reakcije tla za vertikalni pravac a u skladu sa elaboratom o geotehničkim uslovima temeljenja koji je sastavni deo projektne dokumentacije. Objekti koji su zatrpani sračunati su i na vertikalno dejstvo nasipa i dejstvo vozila. Detaljno su analizirana dejstva od uzgona podzemne vode, temperature vazduha, temperature tečnosti u objektima tokom eksploatacije. Hidrodinamički pritisak tečnosti na zidove i dno rezervoara (impulsivni i konvektivni) je sračunat u skladu sa tehničkim normativima.

Proračunima su analizirana tri moguća tehnološka procesa prilikom izvođenja radova koji su prilagođeni specifičnim uslovima lokacije. Analizirano je izvođenje tehnologijom „pile walls“, temeljenje na bunarima i tehnologijom Larsen talpama.

Tehnološki postupak proizvodnje bušenih zasečenih šipova („pile walls“) se deli na primarne i sekundarne bušotine. Najpre se izvode primarni šipovi - bez armature, a zatim sekundarni-ojačani armaturnim koševima. Bušotina za sekundarni šip delimično zaseca beton primarnih šipova. Vremenski razmak za zasecanje primarnih šipova odabira se i tačnije određuje na osnovu iskustva, nakon zasecanja prvih primarnih šipova. Pretpostavlja se razmak od 1 do maksimalno 3 dana. Pre početka bušenja moraju biti izvedeni uvodni kanali koji tačno definišu poziciju tačaka bušenja u nivou terena. Primarni šipovi su betonirani do nivoa glave uvodnih kanala tako da prilikom sekundarne bušotine bude obložna cev

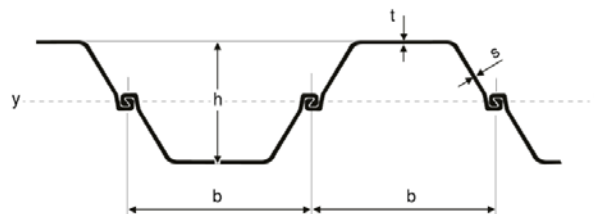
usađena i vođena po celoj dužini u mestu dodira sa primarnim šipovima. Tako se osiguravaju uslovi za ispravno zasecanje primarnih šipova uz poštovanje propisane geometrije.



Slika 9 – Položaj primarnih i sekundarnih šipova (tehnologija „pile walls“). Primarni šipovi su bez armature, sekundarni su sa armaturom

Temeljenje na bunarima je opravdano u relativno kohezivnim materijalima. Izrada bunara zavisi od vrste materijala od kojeg se radi, lokaciji i dubini na koju se bunar spušta, mestu izrade i načinu eventualnog transporta, ili metodi spuštanja. Kada se bunar spusti do projektovane kote započinje ispunjavanje dna bunara da bi se dobio masivni temelj za konstrukciju i vodonepropusni čep. Nakon očvršćavanja podvodnog betona ispumpa se voda iz bunara i radi temeljna ploča.

Metoda sa Larsen talpama predstavlja savremeno rešenje u ovoj oblasti. Sastoji se od većeg broja talpi koje se međusobno utiskuju i povezuju u zemlji. Pobijanje larsen-profila vrši se vibracionom tehnikom. Uzduž svake pregrade postavljene su sa jedne i druge strane simetrične kuke-žlebovi koje se u toku pobijanja u zemlju uzdužno uklapaju i stvaraju spoj sa potpunim zaptivanjem. Larsen talpe formiraju zaštitu sa potpunim zaptivanjem od prodora tečnih materijala (slika 10).

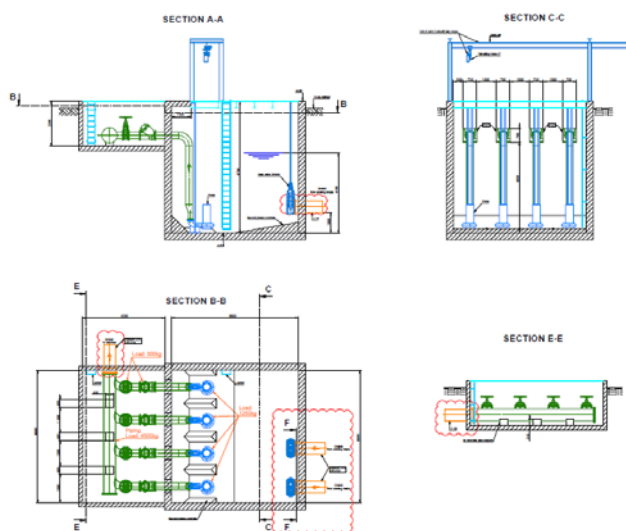


Slika 10 – Larsen talpe

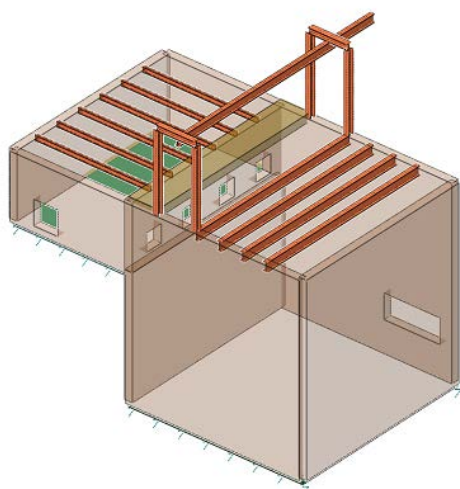
## 2.1. PUMPNA STANICA

Objekat je u osnovi dužine 1160cm i širine 740cm. Sastoji se iz dve komore različitih dubina. Veća komora je dubine 716cm a manja 260cm (slika 11). Ceo objekat je ukopan. Iznad nivoa tla se nalazi čelična konstrukcija sa kranskom stazom koja služi za montažu i demontažu pumpi koje se nalaze u dubljoj komori. Temeljna ploča je debljine 40cm a zidovi 30cm. Objekat je projektovan od betona klase C35/45 i armiran armaturom B500B [2],[3].

Proračunski model je prikazan na slici 12. Proračunom su obuhvaćena sva dejstva koja su pomenuta u opisu konstrukcije a specifičnost je simulacija skupljanja betona i uticaja temperature u fazi eksploatacije i remonta u različitim godišnjim dobima.



Slika 11 – Planovi oplate pumpne stanice

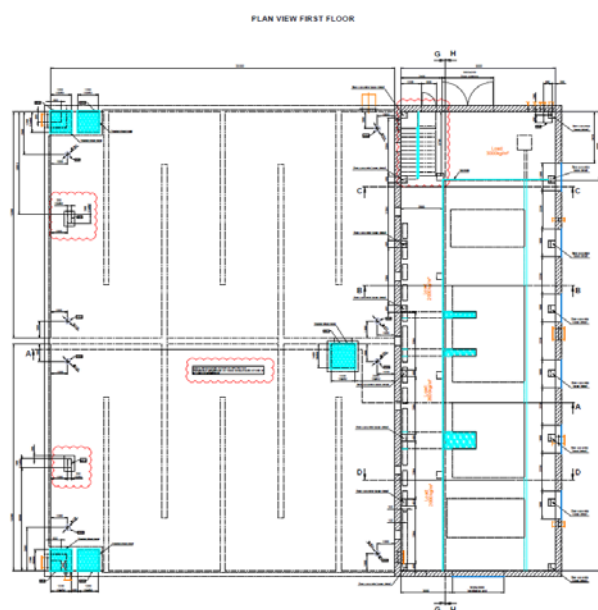


Slika 12 – Proračunski model pumpne stanice

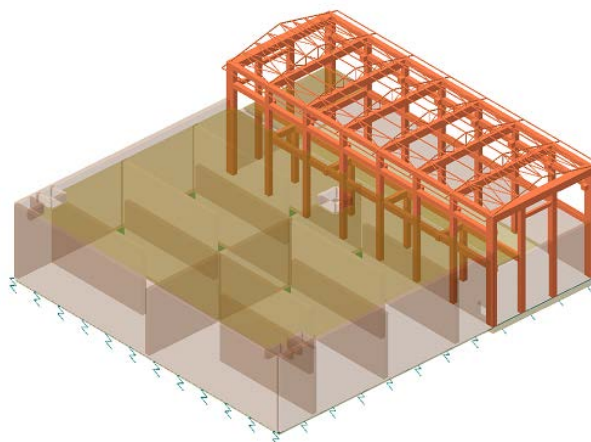
## 2.2. REZERVOAR ZA VODU

Rezervoar za vodu sa zatvaračnicom je dužine 3020cm i širine 2755cm (slika 12). Svetla visina rezervoara je 500cm a maksimalna dubina vode je 480cm. Zapremina bazena je oko 2500 m<sup>3</sup>. Objekat je temeljen na ploči debljine 60cm i 100cm. Spoljašnji zidovi su debljine 40cm a unutrašnji debljine 30-35cm. Zatvaračnica je projektovana na dva nivoa sa galerijom i kranskim stazama za portalni kran. Objekat je delimično ukopan [4],[5].

Na slici 14 je prikazan 3D proračunski model a na slici 15 je prikazan deo proračunskog modela gde se vidi galerija i deo čelične krovne konstrukcije.

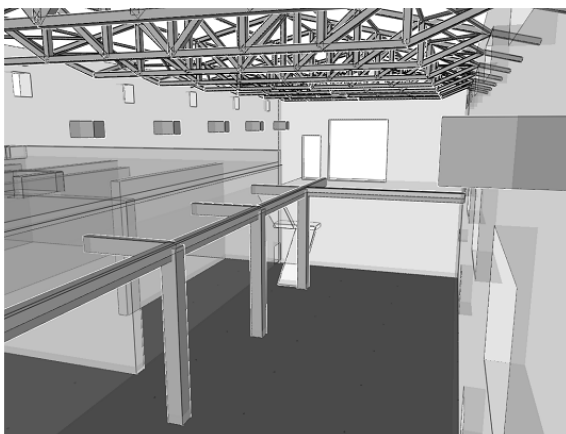


Slika 13 – Osnova rezervoara sa zatvaračnicom i pumpnom stanicom



Slika 14 – Proračunski model rezervoara





Slika 15 – Deo proračunskog modela (3D prikaz unutrašnjosti pumpne stanice)

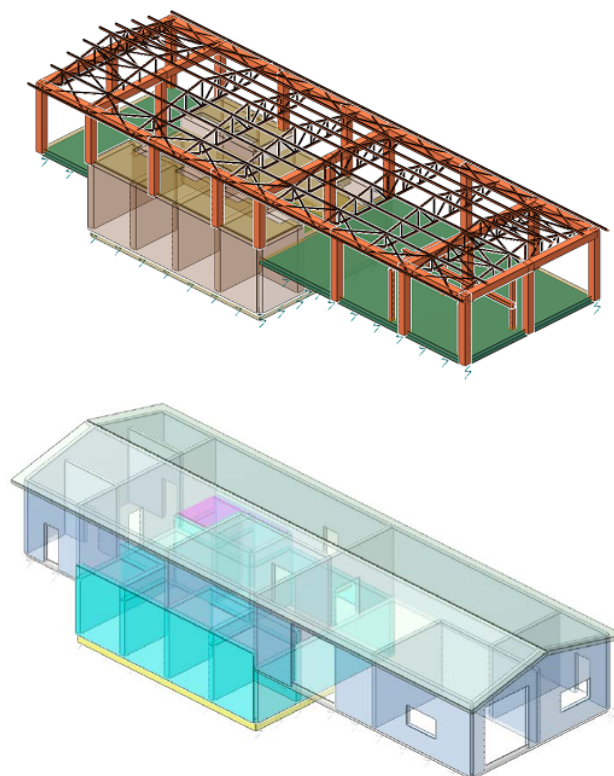
Proračunom su obuhvaćena dejstva kroz sve faze građenja, eksploatacije i remonta. Analizirane su sve kombinacije dejstava od kojih su najzahtevnije bile skupljanje betona, uticaj temperature u svim pomenutim fazama jer je objekat delimično ukopan.

### 2.3. POSTROJENJE SA REAGENSIMA

Objekat je namenjen za skladištenje preparata za tretman pijaće vode. U podzemnom delu se nalazi šest bazena a u prizemnom magacini i laboratorije. Dužina objekta je 3270cm, širina 1055cm. Temeljna ploča ispod bazena je 125cm a zidovi su debljine 40cm. U prizemnom delu objekta se nalazi portalni kran za utovar, istovar, montažu i demontažu opreme. Nadzemni deo objekta je skeletni. Krovna konstrukcija se sastoji od čeličnih rešetki na osovinskom rastojanju od 360cm (slika 16).



Slika 16 – Planovi oplate postrojenja sa reagensima



Slika 17 – Proračunski model postrojenja sa reagensima

Elementi konstrukcije su proračunati na dejstva prema analizi opterećenja datoj u okviru proračuna elemenata konstrukcije.

Proračun konstrukcije je urađen uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu prostornih konstrukcija “Tower 8”© „Radimpex,, - Beograd na nekoliko prostornih proračunskih modela (slika 17).

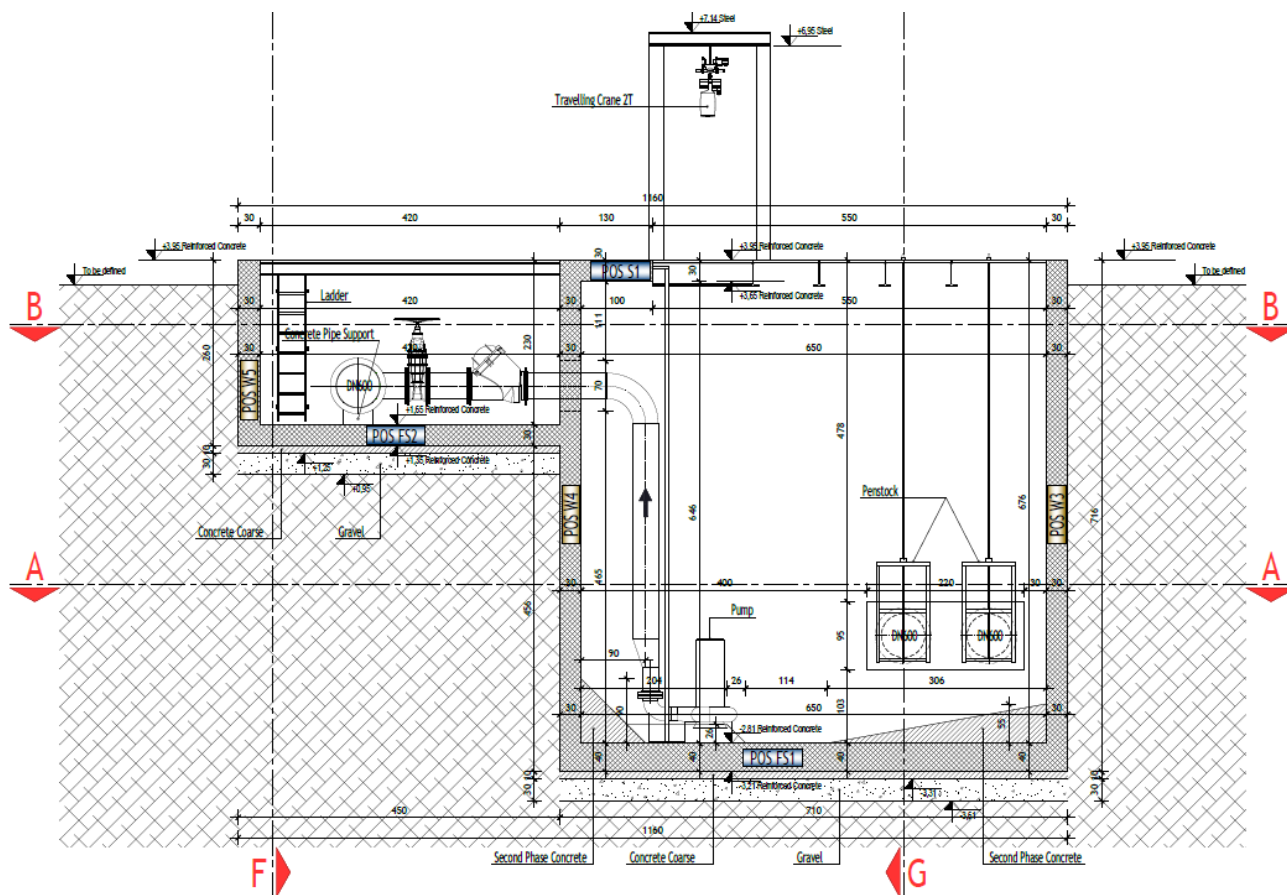
Uticaji u poprečnim presecima su dobijeni simulacijom vertikalnog i horizontalnog opterećenja u skladu sa trenutno važećom regulativom za ovu vrstu objekata i za lokaciju na kojoj se objekat nalazi [6],[7].

### 3 GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

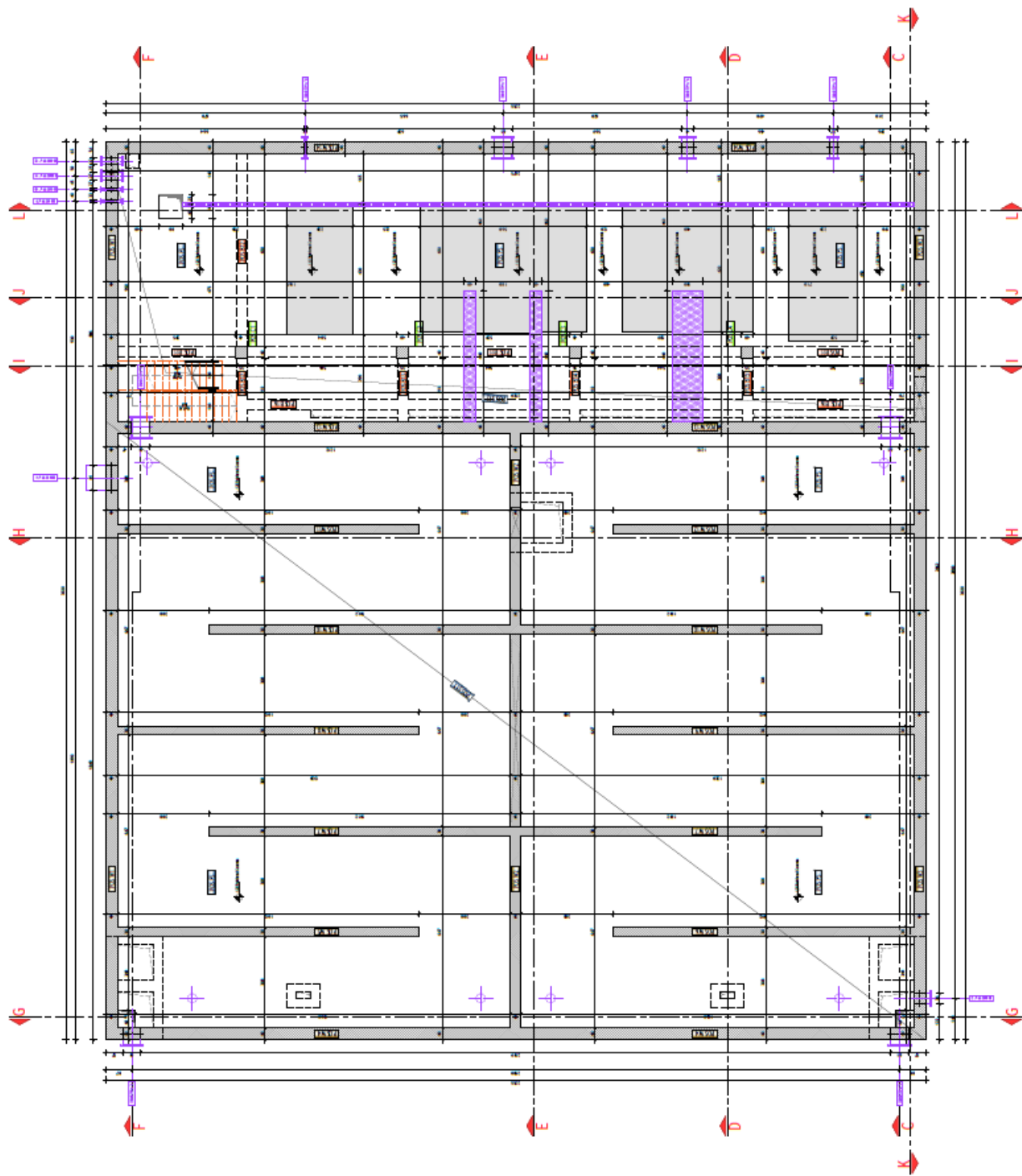
Pored tekstualne i numeričke dokumentacije autori ovog rada su na 99 crteža A0 i A1 formata prikazali dispozicione crteže, planove oplata, planove armiranja i sve detalje neophodne za izvođenje objekta. Grafički prilozi su mnogo sadržajni od uobičajenih zbog stroge tehničke kontrole i slabo tehnički obrazovane radne snage. Nekoliko dispozicionih crteža i detalja je prikazano na slikama od 18 do 24.

Za većinu detalja (spojeva, prodora, ankera, veza) data su varijantna rešenja zbog loše snabdevenosti i

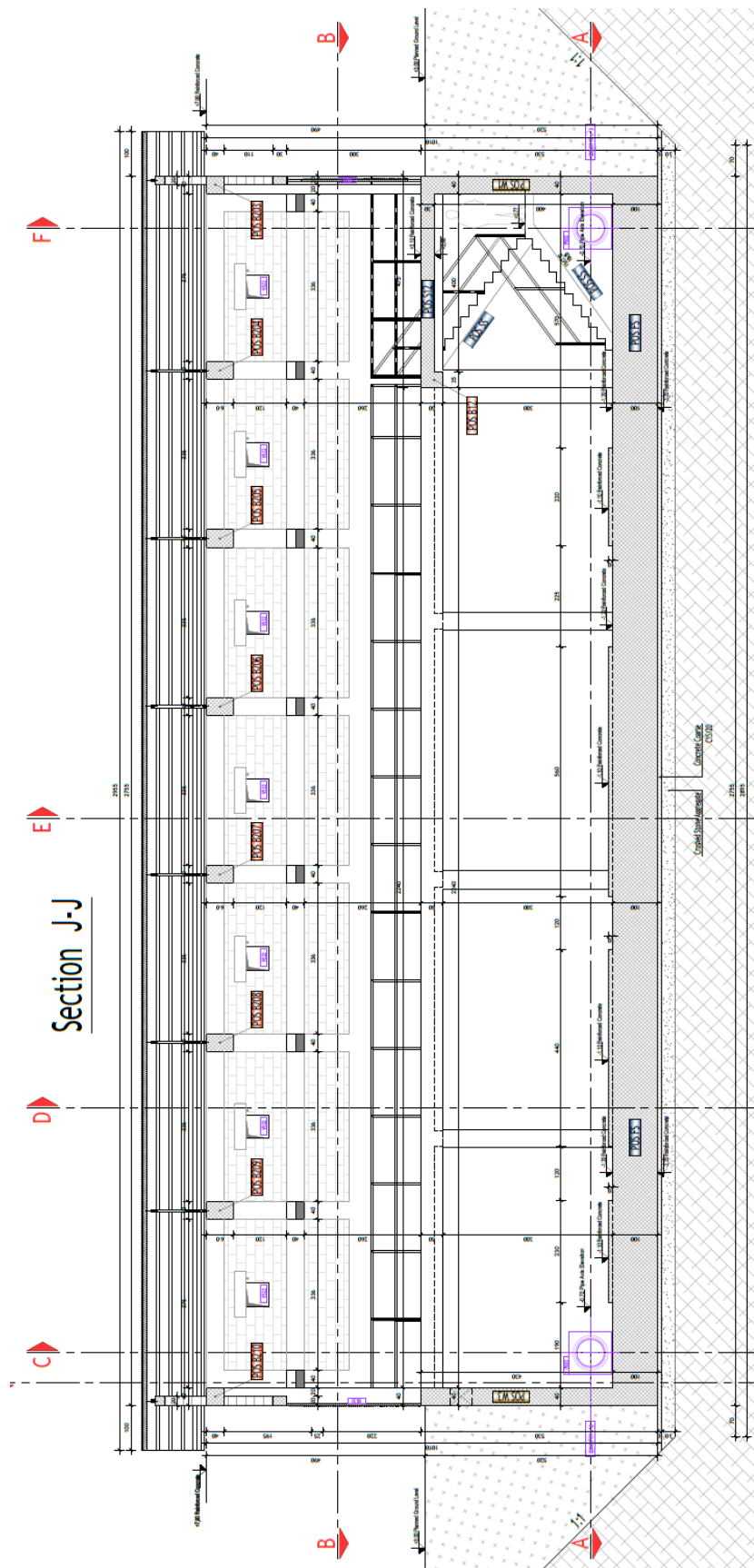
ograničenih tehnoloških kapaciteta. Svi konstrukcijski elementi su maksimalno uprošćeni a neki u toku projektovanja korigovani i usaglašavani sa zahtevima budućih izvođača radova.



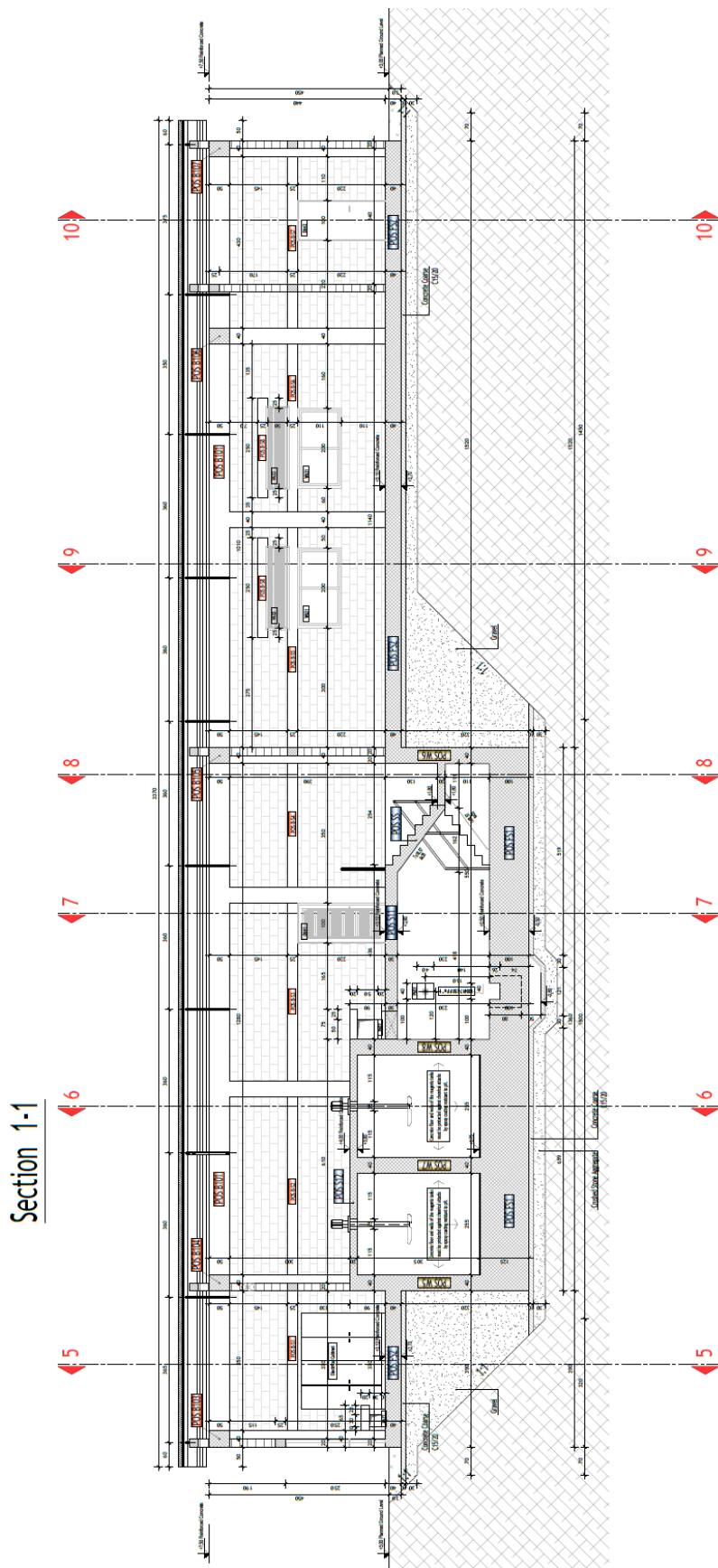
Slika 18 – Pumpna stanica, vertikalni podužni presek



Slika 19 – Dispozicioni crtež rezervoara za pijaću vodu – osnova



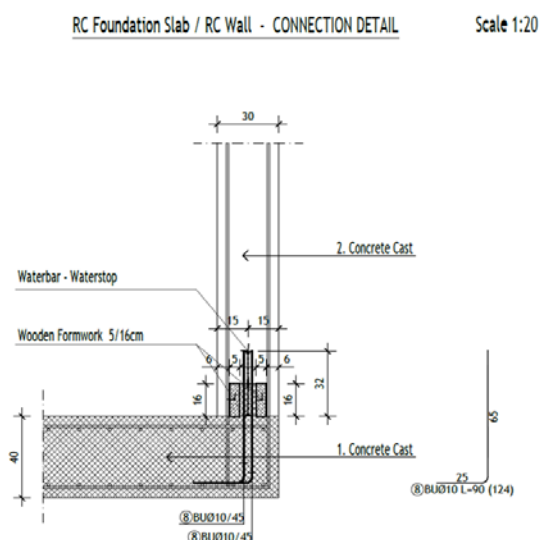
Slika 20 – Dispozicioni crtež rezervoara za pijaću vodu – vertikalni presek



Slika 21 – Dispozicioni crteži postrojenja sa reagensima – vertikalni presek

### 3.1. RADNE SPOJNICE

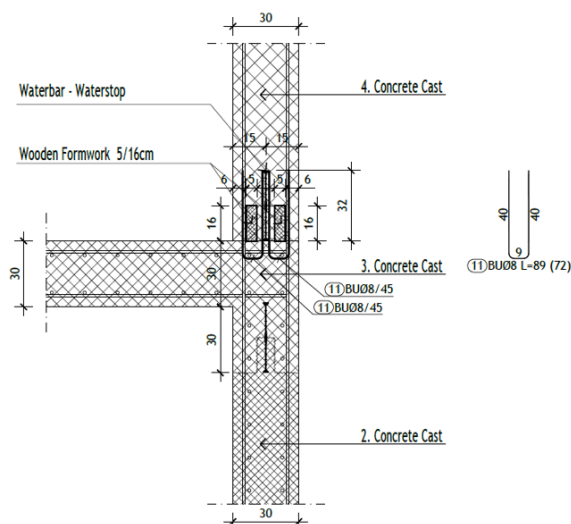
Za izvođenje svih radnih spojnica predložena je Sika Waterbar ili slična traka drugih proizvođača. To su gumene trake koje se koriste za spajanje površina prilikom nastavka betoniranja. Predviđena mesta za nastavljnje betoniranja nisu dilatacije već se na tim mestima ostvaruje kontinuitet konstrukcije u fazi eksploatacije.



Slika 22 – Detalj radne spojnice – prekid betoniranja na spoju temeljne ploče i zida

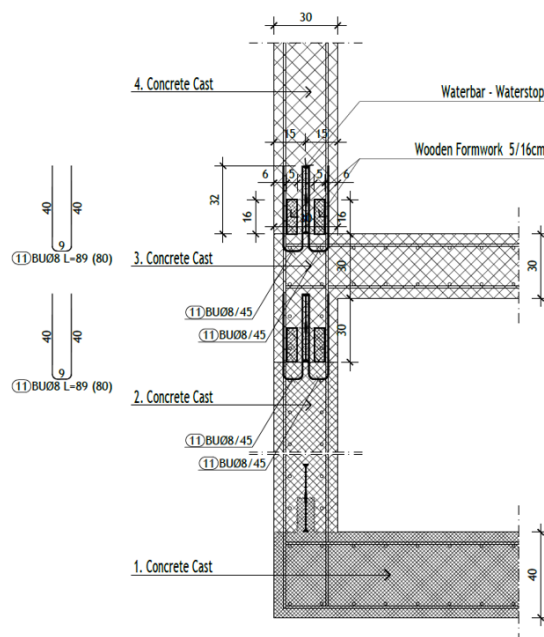
Radne spojnice – prekidi betoniranja su definisani iz tehnoloških razloga zbog geometrije konstrukcije i zbog skupljanja betona i uticaja temperature u fazi izvođenja. Osnovni kriterijum je da ugrađena armatura u konstrukcijskim elementima za fazu eksploatacije može da prihvati uticaje u fazi izvođenja bez pojave prslina. Modeliranje i simulacija dejstava je specifična pri čemu treba pratiti uticaje u presecima kroz sve faze izvođenja i eksploatacije. Korišćeni program (TOWER8) za proračun ovih objekata to omogućava. Na slikama 22, 23, 24 su prikazani detalji radnih spojnica na karakterističnim mestima prekida betoniranja koji su se kroz veliki broj izvedenih objekata pokazali kao jednostavni za izvođenje i sigurni u eksploataciji. Prikazani detalji se mogu primeniti u zidovima za horizontalne i vertikalne prekide betoniranja kao kod ploča. Prikazani detalji mogu da pretrpe male modifikacije u zavisnosti od potreba izvođača radova. Prema ovim detaljima je uspešno izvedeno preko osamdeset objekata gde su projektanti konstrukcija bili autori ovog rada [8],[9],[10],[11].

RC Foundation Slab / RC Wall Concrete Casts - CONNECTION DETAIL Scale 1:20



Slika 23 – Detalj radne spojnice-prekid betoniranja na spoju ploče i zida

RC Wall Concrete Casts - CONNECTION DETAIL Scale 1:20



Slika 24 – Detalj horizontalne radne spojnice u zidu

## 4 ZAKLJUČAK

Kompletan proračun konstrukcija sa specifičnim dejstvima i zahtevima investitora i tehničke kontrole sproveden je u programu „Tower 8“ [12].

Dokumentacija za ove objekte je urađena u skladu sa EC standardima [13], [14], [15], [16], [17], i relevantnim lokalnim tehničkim standardima, zakonima i pravilnicima.

Kod ove vrste objekata, gde se skladište tečnosti, i gde je merodavno granično stanje upotrebljivosti (otvori prslina) neophodno je da se proračunskim modelima simuliraju sve faze građenja. Obavezno je praćenje preraspodele uticaja i rezidualnih napona.

Faze građenja i prekide betoniranja usaglasiti sa uticajima u konstrukcijskim elementima.

Ovakav način modeliranja daje realnu sliku uticaja u karakterističnim preseccima za razliku od standardnih pristupa proračunima. Preporuka je da površine taktova betoniranja ploča i zidova treba definisati iz uslova graničnog stanja upotrebljivosti pri dejstvu od skupljanja betona. Neophodno je voditi računa o vrednosti referentne temperature, koja često nije poznata ili je orijentaciono procenjena zbog nepoznavanja precizne dinamike građenja. Ovaj podatak direktno utiče na količinu armature u preseccima, odnosno, na cenu koštanja objekta. Referentnu temperaturu nije moguće definisati tehničkom regulativom, tako da bi izvođači radova trebalo da primene ovo važno uputstvo projektanta izvođačima radova.

## LITERATURA

- [1] **Geotechnical investigation report for the expansion and rehabilitation of Keta water supply system project.** *Final report for the WTP, Intake and Lagoon areas.* Engineers, Architects & Dev. Consultants, P.O.Box CT1543 Cantonment, Accra, August 2021
- [2] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar, Milenković Miljan: **PGD – projekat za građevinsku dozvolu pumpne stanice postrojenja za pijaću vodu u Agordome, Gana, 2022.**
- [3] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar: **PZI – projekat za izvođenje pumpne stanice postrojenja za pijaću vodu u Agordome, Gana, 2022.**
- [4] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar, Milenković Miljan: **PGD – projekat za građevinsku dozvolu rezervoara za pijaću vodu u Agordome, Gana, 2022.**
- [5] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar: **PZI – projekat za izvođenje rezervoara za pijaću vodu u Agordome, Gana, 2022.**
- [6] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar, Milenković Miljan: **PGD – projekat za građevinsku dozvolu postrojenja sa reagensima za pijaću vodu u Agordome, Gana, 2022.**
- [7] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar: **PZI – projekat za izvođenje postrojenja sa reagensima za pijaću vodu u Agordome, Gana, 2022.**
- [8] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar: **Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda u Leskovcu-Iskustva i preporuke u toku projektovanja konstrukcijskih sistema.** *Simpozijum DGKS, Zlatibor, 635-644, 2016.*
- [9] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar: **Redesign and reconstruction of partially collapsed waste water treatment plant.** *1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future – CoMS2017, Zadar, Croatia, 706-711, 2017.*
- [10] Blagojević Predrag, Živković Darko, Šutanovac Aleksandar, Miličević Dragan: **Hidrotehnički objekti u sklopu sistema za odvođenje otpadnih voda za naselja hercegovačke i bokokotorske rivijere.** *Nauka i Praksa, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Vol 21, 83-90, 2018.*
- [11] Šutanovac Aleksandar, Blagojević Predrag, Živković Darko: **Glavni projekat postrojenja za preradu vode „Berilovac“ u Pirotu – iskustva u toku projektovanja konstrukcijskih sistema.** *Nauka i Praksa, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Vol 21, 77-82, 2018.*
- [12] Program za proračun konstrukcija „Tower“, Radimpex Software, [www.radimpex.rs](http://www.radimpex.rs)
- [13] EN 1991 Eurokod 1: Dejstva na konstrukcije
- [14] EN 1992 Eurokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija
- [15] EN 1993 Eurokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija
- [16] EN 1997 Eurokod 7: Geotehničko projektovanje
- [17] EN 1998 Eurokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija

primljen: 14.07.2023.  
korigovan: 09.09.2023.  
prihvaćen: 11.09.2023.

pregledni rad

UDK : 725.27(497.11)  
725.13(497.11)

## PRIKAZ URBANISTIČKOG PROJEKTA ZA IZGRADNJU KOMPLEKSA ZELENE PIJACE I OBJEKTA DRŽAVNIH I OPŠTINSKIH ORGANA U VLASOTINCU

Jelena Đekić<sup>1</sup>, Milena Dinić Branković<sup>2</sup>, Milica Ljubenović<sup>3</sup>, Milica Igić<sup>4</sup>

**Rezime:** U radu je dat sažeti prikaz Urbanističkog projekta za izgradnju kompleksa zelene pijace i objekta državnih i opštinskih organa u Konopničkoj ulici u Vlasotincu. Lokacija je obuhvaćena Planom generalne regulacije Vlasotinca i nalazi se u urbanističkoj celini I – Vlasotince centar. Na predmetnoj lokaciji nalaze se zelena i robna pijaca. Urbanističkim projektom, na novoformiranim građevinskim parcelama, predviđa se izgradnja: 1) kompleksa zelene pijace i 2) objekta državnih i opštinskih organa. Urbanističko-arhitektonsko rešenje rezultat je pažljive analize karakteristika predmetne lokacije, uz uvažavanje pravila uređenja i građenja zadatih važećim planskim dokumentom i uslova imalaca javnih ovlašćenja. Realizacija sadržaja prema urbanističkom projektu doprineće unapređenju osnovne funkcije – pijačne prodaje, ali i unapređenju estetskih i ekoloških karakteristika predmetnog prostora.

**Ključne reči :** urbanističko projektovanje, urbanistički parametri, objekti javne namene, zelena pijaca

## SUMMARY OF THE URBAN DESIGN PROJECT FOR THE GREEN MARKET AND THE BUILDING OF STATE AND MUNICIPAL AUTHORITIES IN VLASOTINCE

**Abstract:** The paper presents a summary of the Urban Design Project for the construction of the green market and the building of state and municipal authorities in Konopnička Street in Vlasotince. The location is included in the General Regulation Plan of Vlasotince, within the urban unit I - Vlasotince Center and it is currently in use as a green and goods market. According to the Urban Design Project, the subject area is divided in two plots intended for the construction of: 1) the green market complex and 2) building of state and municipal authorities. The urban-architectural concept is a result of a careful analysis of the subject area, while respecting the requirements of the public authorities and the rules of arrangement and construction set by the valid planning document. The implementation of the urban design project will contribute the improvement of the basic function - market sales, but also the improvement of the aesthetic and ecological characteristics of the subject area.

**Key words:** urban design, urban planning parameters, facilities for public purposes, green market

<sup>1</sup> Dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, jelena.djuric@gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> Dr, vanr. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, milena.dinic@gaf.ni.ac.rs

<sup>3</sup> Dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, milica.ljubenovica@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Mast. inž. arh., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, milica.igic@gaf.ni.ac.rs



## 1 UVOD

Pijace su organizovana mesta za snabdevanje stanovništva svežim životnim namirnicama i drugim prehrambenim i neprehranjenim proizvodima, i kao takve predstavljaju sastavni deo komunalne infrastrukture u urbanim sredinama [1]. Istraživanje sprovedeno u gradovima Srbije pokazalo je da postoji pozitivni imidž lokalno proizvedene hrane i hrane proizvedene u domaćoj radinosti, koja se plasira na pijacama [2]. S druge strane, pijace, kao vrsta trga i mesta socijalizacije, predstavljaju svakodnevnu potrebu stanovništva i imaju značajno mesto u gradskoj celini [3].

Imajući u vidu tradiciju snabdevanja životnim namirnicama na pijacama, ali i njihov društveni značaj, planiranju i projektovanju pijaca je potrebno posvetiti značajnu pažnju.

Gradsko naselje Vlasotince se nalazi u jugoistočnom delu Srbije u dolini reke Vlasine, udaljeno oko 10 km od Leskovca. Prostorni razvoj naselja se odvijao u skladu sa planskom dokumentacijom, ali ga nije pratila odgovarajuća komunalna opremljenost. Kao posledica ovakvog razvoja, naselje se suočava sa brojnim problemima u funkcionisanju komunalne infrastrukture, uključujući i probleme odvođenja otpadnih voda i vodosnabdevanja [4]. Demografska kretanja poslednjih decenija karakteriše: smanjenje ukupnog broja stanovnika, pad nataliteta, porast mortaliteta, koncentracija stanovništva u urbanim sredinama, pražnjenje ruralnih područja i izrazito demografsko starenje stanovništva [4].

Planom generalne regulacije (PGR) Vlasotinca („Službeni glasnik grada Leskovca“ br. 8/15), definisani su ciljevi razvoja naselja, uključujući i razvoj kapaciteta objekata za javno korišćenje, koji treba da prate potrebe stanovništva. Područje obuhvaćeno Planom generalne regulacije podeljeno je na sedam prostornih celina. Prostorna celina „Vlasotince – centar“ obuhvata jezgro gradskog naselja i u njoj su skoncentrisani najvažniji objekti javnih namena – objekti državne i lokalne uprave, obrazovanja, kulture, kao i brojne komercijalne i uslužne delatnosti [4]. U okviru ove prostorne celine predviđeno je formiranje nove zelene pijace.

Za potrebe izgradnje kompleksa zelene pijace i objekta državnih i opštinskih organa, Opština Vlasotince je naručila izradu urbanističkog projekta. Procenjeno je da je za planirane namene potrebna i opravdana izrada urbanističkog projekta kako bi se definisali svi elementi za izgradnju.

## 2 POSTUPAK IZRADE URBANISTIČKOG PROJEKTA

Procedura izrade i usvajanja urbanističkog projekta definisana je Zakonom o planiranju i izgradnji [5] i Pravilnikom o sadržini, načinu i postupku izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja [6].

Urbanistički projekat predstavlja urbanističko-tehnički dokument za sprovođenje urbanističkih planova i izrađuje se kada je to predviđeno planskim dokumentom ili na zahtev investitora, za potrebe urbanističko-arhitektonskog oblikovanja površina javne namene i urbanističko-arhitektonske razrade lokacija [5].

Prema Pravilniku, urbanistički projekat sadrži tekstualni i grafički deo. Tekstualni deo urbanističkog projekta sadrži: pravni i planski osnov; obuhvat urbanističkog projekta; uslove izgradnje (namena, regulacija i nivelacija, pristup lokaciji, način rešenja parkiranja i dr.); numeričke pokazatelje; način uređenja slobodnih i zelenih površina; način priključenja na infrastrukturnu mrežu; inženjersko-geološke uslove; mere zaštite životne sredine; mere zaštite nepokretnih kulturnih i prirodnih dobara; tehnički opis objekta i dr. [6] Grafički deo urbanističkog projekta sadrži: regulaciono-nivelaciono rešenje lokacije; prikaz saobraćajne i komunalne infrastrukture sa priključcima na spoljnu mrežu; idejna arhitektonska rešenja objekata i po potrebi, planiranu parcelaciju [6].

Nakon izrade urbanističkog projekta organizuje se javna prezentacija u trajanju od sedam dana, u toku koje zainteresovana lica mogu podneti primedbe na urbanistički projekat. Po završetku javne prezentacije, razmatraju se urbanistički projekat i pristigle primedbe, vrši se stručna kontrola i daje predlog o prihvatanju ili odbijanju urbanističkog projekta.

## 3 CILJ I USLOVI IZRADE URBANISTIČKOG PROJEKTA

Urbanističkim projektom se određuju pravila uređenja i građenja i omogućava komunalno i infrastrukturno opremanje predmetne lokacije. Cilj izrade urbanističkog projekta je stvaranje uslova za izgradnju funkcionalnog kompleksa zelene pijace i zgrade opštinskih organa, odnosno razvoj novih i unapređenje postojećih centralnih sadržaja. Na ovaj način, prostor u centralnoj gradskoj zoni, koji se trenutno koristi za pijačnu i vanpijačnu prodaju, privodi se nameni, uz uvažavanje potreba stanovništva, planskih rešenja i lokalnih uslova.

### 3.1 OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Urbanističkim projektom razrađena je lokacija u centralnoj zoni Vlasotinca, na kojoj se trenutno nalaze zelena i robna pijaca (slika 1). Lokacija obuhvata uzak pojas između reke Vlasine i Konopničke ulice, izdužen u pravcu jugoistok-severozapad, koji čine tri katastarske parcele (k.p.br. 586, 587, 588 K.O. Vlasotince varoš). Površina na kojoj se trenutno odvija pijačna prodaja je u celosti asfaltirana. Kroz južni deo lokacije prolazi vodni kanal - Crnobarski potok. Pristup katastarskim parcelama je sa severoistočne strane preko Konopničke ulice. Lokacija za izgradnju je na relativno ravnom terenu, infrastrukturalno opremljena, a ulica je planski regulisana. Na predmetnoj lokaciji nalazi se objekat mlečne pijace, koji se zadržava u celosti i integriše u novoproyektovano rešenje.



Slika 1 – Prikaz postojećeg stanja, izvor: Geosrbija, <https://a3.geosrbija.rs/>

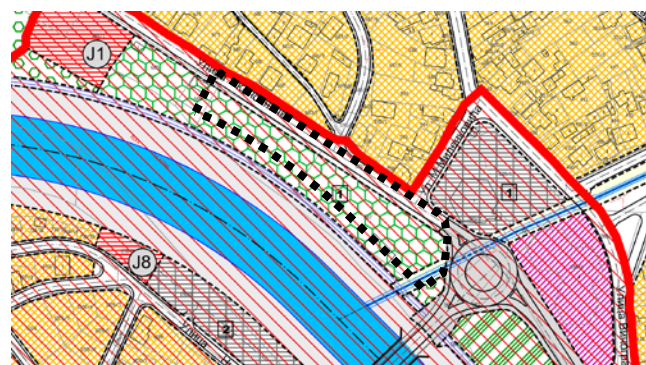
Ukupna površina katastarskih parcela namenjenih izgradnji iznosi 7091 m<sup>2</sup>, međutim Planom generalne regulacije Vlasotinca predviđeno je povećanje regulacione širine Konopničke ulice, kao i uređenje priobalnog pojasa reke Vlasine (pešačke komunikacije i biciklistička staza) i priobalnog pojasa Crnobarskog potoka (pešačke komunikacije), na račun predmetnih katastarskih parcela, čime je površina namenjena izgradnji značajno smanjena. Novoformirane građevinske parcele za izgradnju kompleksa zelene pijace i objekta državnih i opštinskih organa imaju ukupnu površinu 4469 m<sup>2</sup> [7].

Kreiranje savremene planerske vizije prostora, uz poštovanje prepoznatih razvojnih ograničenja i uvažavanje konteksta okruženja [8], bilo je jedan od osnovnih ciljeva u planiranju i projektovanju predmetnog prostora. Najznačajnija ograničenja u projektovanju odnose se na samu lokaciju: oblik lokacije - uzak pojas između reke Vlasine i Konopničke ulice; smanjenje površine namenjene izgradnji za skoro 40% i jednostrani pristup lokaciji sa severa iz Konopničke ulice.

### 3.2 USLOVI I SMERNICE IZ VAŽEĆIH PLANSKIH DOKUMENATA

Urbanistički projekat izrađen je uz poštovanje pravila uređenja i građenja koja su definisana Planom generalne regulacije Vlasotinca. Katastarske parcele koje su predmet razarde Urbanističkim projektom, nalaze se u urbanističkoj celini I – Vlasotince centar, i planirane su kao zemljište za javne namene, konkretno Komunalne površine - Zelena pijaca (slika 2), za koje su propisana sledeća pravila uređenja i građenja [3]:

- pijace treba da budu ograđene i da imaju kontrolisani ulaz;
- deo pijačnog prostora može biti natkriven;
- dozvoljava se izgradnja manjih poslovno-prodajnih objekata (mlečna pijaca, ribarnica i sl);
- kompleks mora biti saobraćajno pristupačan, a ulazi za dopremanje robe, za kupce i službeni ulaz odvojeni;
- pijace sadrže: prodajni prostor, interne saobraćajnice i pešačke pristupe, sanitarni čvor, plato i javnu česmu, upravu, zaštitno zelenilo;
- parkiranje za kupce se predviđa izvan kompleksa, prema standardu 1 PM na 100 m<sup>2</sup> bruto razvijene građevinske površine (BRGP);
- indeks zauzetosti je do 50% a spratnost objekata do P+1;
- minimalno udaljenje od granica parcele je 1,5 m.



ГРАЂЕВИНСКО ЗЕМЉИШТЕ ЗА ЈАВНЕ НАМЕНЕ

Комуналне површине

Зелена пијаса

Slika 2 – Izvod iz PGR Vlasotinca – Planirana pretežna namena, sa označenom granicom Urbanističkog projekta

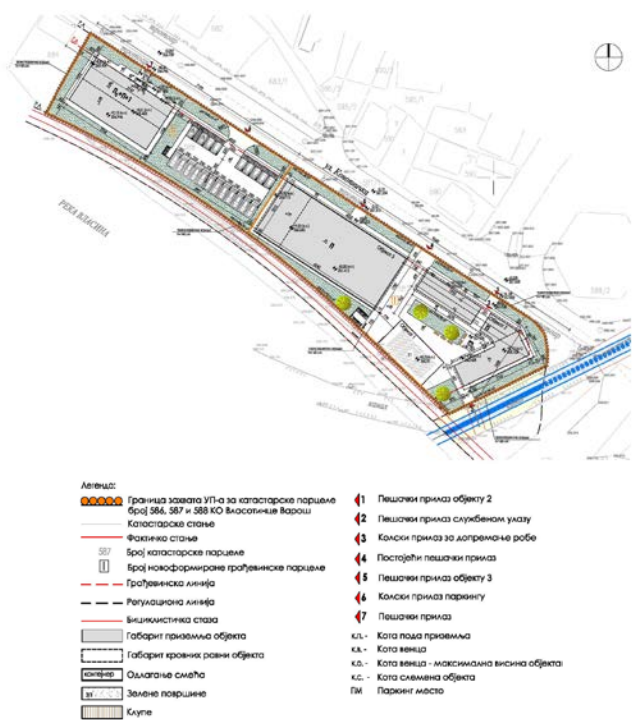
U skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, urbanističkim projektom za urbanističko-arhitektonsku razradu lokacije može se utvrditi

promena i precizno definisanje planiranih namena u okviru planom definisanih kompatibilnosti, u skladu sa kapacitetima infrastrukture u okviru kapaciteta koji su opredeljeni planskim dokumentom. Promena i precizno definisanje planiranih namena dozvoljena je kada je planom predviđena bilo koja od kompatibilnih namena [5].

U tom smislu, ovim urbanističkim projektom se za zemljište koje je planirano za javne namene, na delu lokacije umesto namene Komunalne površine - Zelena pijaca, predviđa kompatibilna namena Državni i opštinski organi, pri čemu se prvenstveno primenjuju pravila uređenja i pravila građenja za Planom definisanu namenu Komunalne površine - Zelena pijaca, ali su ispoštovana i pravila uređenja i pravila građenja za Planom definisanu namenu Državni i opštinski organi

#### 4 URBANISTIČKO-ARHITEKTONSKO REŠENJE

Polaznu osnovu arhitektonsko-urbanističke razrade lokacije predstavlja projektni zadatak u kome su definisani specifični zahtevi investitora.



Slika 3 – Regulaciono-nivelaciono rešenje sa parternim uređenjem

Budući da se radi o centralnoj gradskoj zoni, izrada urbanističkog projekta podrazumeva detaljne analize i valorizaciju postojećih sadržaja i konteksta šire urbane

celine, analizu važeće regulative, analizu potreba savremenih centralnih prostora, u cilju povećanja upotrebne vrednosti čitavog područja [9].

U skladu sa projektnim zadatkom koji predviđa dve funkcionalno nezavisne celine, urbanističkim rešenjem formirane su dve građevinske parcele ukupne površine 4469 m<sup>2</sup> (slika3), na kojima se planira:

(1) Parcela I – izgradnja kompleksa zelene pijace sa objektima spratnosti P;

(2) Parcela II – izgradnja objekta državnih i opštinskih organa spratnosti Po+P+1.

#### 4.1 PARCELA I - KOMPLEKS ZELENE PIJACE

Kompleks zelene pijace obuhvata postojeću zgradu mlečne pijace, novoprojektovani poslovno-prodajni objekat i novoprojektovanu nadstrešnicu (slika 4). Svi novoprojektovani objekti kompleksa zelene pijace su spratnosti P, kao i postojeći objekat mlečne pijace. Kompleks je ograđen i ima kontrolu ulaza.

Novoprojektovani poslovno-prodajni objekat se postavlja u jugoistočnom delu novoformirane parcele kao slobodnostojeći objekat. Orijetisan je ka Konopničkoj ulici. Objekat je postavljen na građevinskoj liniji tako da minimalno rastojanje građevinske od regulacione linije (duž Konopničke ulice) iznosi 5,0 m.

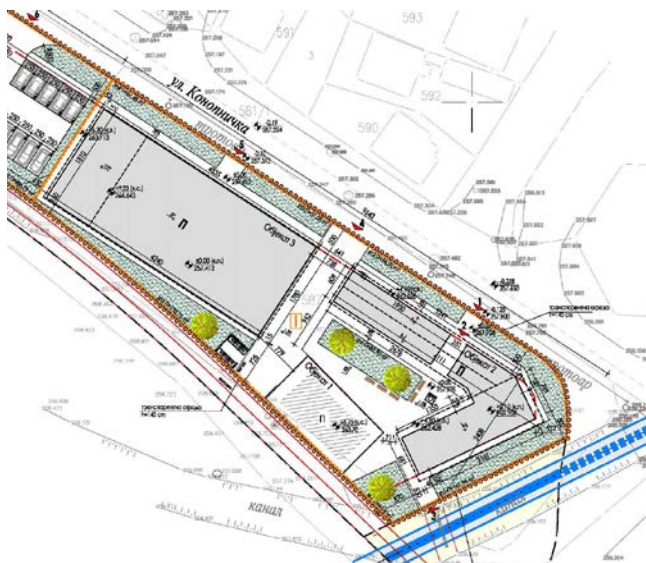
Objekat je približne forme ćiriličnog slova G (Г), maksimalnog gabarita 41,11 x 24,08 m, i sastoji se iz dva trakta. Prvi trakt uz Konopničku ulicu, sa dominantnom osom pružanja u pravcu severozapad-jugoistok, organizovan je sa lokalima orijentisanim i ka ulici i ka unutrašnjem platou. Trakt uz jugoistočnu granicu parcele koncipiran je sa lokalima koji su orijentisani samo ka unutrašnjem prostoru kompleksa zelene pijace. Krov uličnog trakta je projektovan kao dvovodni, dok je krov jugoistočnog trakta jednovodni.

Novoprojektovani poslovno-prodajni objekat zajedno sa postojećim objektom mlečne pijace formira polu-atrijumsko unutrašnje dvorište. Unutrašnje dvorište je koncipirano tako da omogući neometene pešačke komunikacije duž prodajnih prostora – lokala. U prostoru dvorišta nalaze se još i ozelenjena površina, i prostor za sedenje i okupljanje sa česmom.

Nadstrešnica u vidu dvovodnog krova natkriva prodajni plato pijace sa tezgama. Pozicionirana je u središnjem delu novoformirane građevinske parcele kao slobodnostojeći objekat, i orijentisana ka Konopničkoj ulici.

Novoprojektovana nadstrešnica je pravougaonog oblika, gabarita 43,35 x 18,10 m, sa dominantnom osom pružanja u pravcu severozapad-jugoistok. Služi

za natkrivanje prodajnog prostora na pijačnom platou, na kome su organizovane otvorene i zatvorene tezge.



*Slika 4 – Parcela I - pijaca*

Pristup parceli I - zelenoj pijaci ostvaruje se preko dva pešačka i jednog kolskog pristupa. Pešački pristupi predviđaju se do: (1) ulaza u poslovno-prodajni objekat (ulaz za posetioce i službeni ulaz za zaposlene), koji kroz pasaž vodi do unutrašnjeg dvorišta; i (2) natkrivenog pijačnog platoa sa tezgama ispod nadstrešnice. Pored toga, iz ulice AVNOJ-a zadržava se postojeći pešački prilaz kompleksu pijace, sa pešačkim mostom iznad kanala-potoka.

Za potrebe dostave robe predviđa se jedan kolski prilaz – interna saobraćajnica kojom se roba doprema do lokala i tezgi. Čista širina interne saobraćajnice iznosi najmanje 6,41 m.

Svi ulazi u objekte u okviru kompleksa zelene pijace (za dopremanje robe, za kupce i službeni ulaz) su odvojeni, što je u skladu sa Informacijom o lokaciji. Ulazi u sve novoprojektovane objekte su pristupačni i osobama sa invaliditetom.

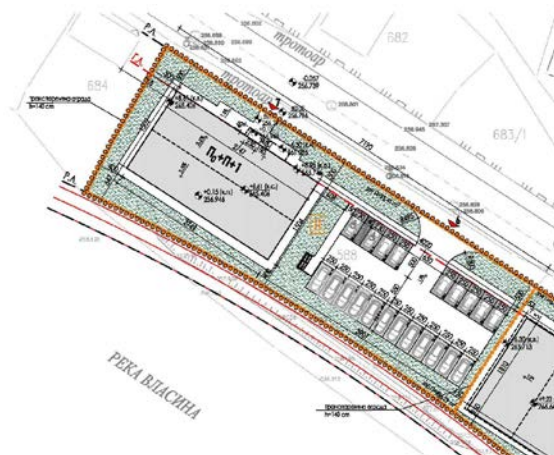
#### **4.2 PARCELA II - OBJEKAT DRŽAVNIH I OPŠTINSKIH ORGANA**

Novoprojektovani objekat državnih i opštinskih organa se postavlja u severozapadnom delu novoformirane parcele kao slobodnostojeći objekat. Spratnost objekta iznosi Po+P+1. Orijentisan je ka Konopničkoj ulici. Objekat je postavljen na građevinskoj liniji tako da rastojanje građevinske od regulacione linije (duž Konopničke ulice) iznosi 5,0m.

Novoprojektovani objekat je približno pravougaonog oblika, maksimalnog gabarita 27,47 x

15,04 m, sa dominantnom osom pružanja u pravcu severozapad-jugoistok (slika 5).

Objekat je organizovan kao dvotrakt sa unutrašnjim hodnikom, iz koga se pristupa kancelarijama. Glavni ulaz u objekat je predviđen u njegovom središnjem delu, i orijentisan ka Konopničkoj ulici. Uz ulaznu partiju se pozicioniraju vertikalne komunikacije - stepenište i putnički lift, koje povezuju sve etaže u objektu. Podrum se predviđa ispod dela prizemlja objekta.



*Slika 5 – Parcela II -Objekat državnih i opštinskih organa*

Na osnovu projektnog zadatka Investitora, u okviru objekta predviđene su prostorije državnih i opštinskih organa. Na slobodnom-neizgrađenom delu parcele II, između objekta državnih i opštinskih organa i jugoistočne granice, u prostoru dvorišta smeštaju se parkiranje vozila i zelene površine. Pristupi do objekta i parkinga predviđeni su iz Konopničke ulice, sa odvojenim pešačkim i kolskim ulazima u parcelu.

Ka reci Vlasini i prema Konopničkoj ulici se na novoformiranoj građevinskoj parceli pozicionira pojas zaštitnog zelenila. Ograđivanje parcele ne planira se prema regulacionoj liniji niti prema reci Vlasini, dok se prema k.p. br. 684 na severozapadnoj međi i prema kompleksu zelene pijace, planira pozicioniranje transparentne ograde visine  $h=1,4$  m.

Prilazi parceli II obezbeđuju se preko jednog pešačkog pristupa do ulaza u objekat državnih i opštinskih organa i jednog kolskog pristupa do organizovanog parking prostora za zaposlene. Ulaz za zaposlene i posetioce je jedinstven.

Objekat državnih i opštinskih organa projektovan u skladu sa standardima pristupačnosti definisanim Pravilnikom [10]. Kota poda prizemlja objekta državnih i opštinskih organa iznosi +0,15 m, a pristup ulazu se obezbeđuje preko rampe nagiba 8,3%. Prva etaža objekta državnih i opštinskih organa je takođe

pristupačna osobama sa invaliditetom, jer se iz stepenišnog prostora pristupa putničkom liftu.

Parkiranje je pozicionirano na parceli II kao zajedničko za objekte na obe parcele. U skladu sa urbanističko-tehničkim uslovima, broj potrebnih parking mesta se određuje po kriterijumu 1 p.m. na 100 m<sup>2</sup> BRGP. Shodno tome, potrebe za parkiranjem svih predviđenih objekata na obe parcele iznose 21 mesto. Planirani parking organizuje se kao upravno parkiranje. Parkiranje za posetioce planira se izvan kompleksa.

U skladu sa važećim pravilnikom o pristupačnosti predviđena su dva parking mesta za osobe sa invaliditetom, u blizini ulaza u objekat.

### 4.3 UREĐENJE ZELENIH POVRŠINA

Zelene površine u urbanim sredinama značajne su pre svega zbog ekološke uloge i uticaja na mikroklimu naselja, ali i zbog brojnih drugih funkcija kao što su rekreativna, estetska, sociološka, psihološka i dr. [11]. Imajući u vidu višestruki značaj zelenih površina, potrebno im je posvetiti naročitu pažnju prilikom urbanističko - arhitektonskog oblikovanja prostora.

Lokacija koja se razrađuje urbanističkim projektom, oslonjena je sa južne strane na priobalje reke Vlasine, dok se na severu nalazi Konopnička ulica. Zelene površine oblikovane su po obodu lokacije, tako da se nadovezuju na priobalni pojas zelenila na jugu, dok na severu formiraju zelenu barijeru prema ulici.

U kompleksu zelene pijace predviđene su trakaste zelene površine duž regulacije Konopničke ulice, uz uz Crnobarski potok i prema reci Vlasini. Kompaktno zelenilo sa dekorativnim biljnim vrstama ukupne površine 82,90 m<sup>2</sup> koncipirano je u unutrašnjem dvorištu kompleksa pijace, u okviru platoa sa sedenjem i okupljanjem. U cilju oplemenjivanja prostora, na parceli se predviđaju nove sadnice visokog zelenila. Ukupna površina predviđena za zelenilo na parceli I iznosi 598,12 m<sup>2</sup>, a ostvareni udeo zelenih površina 21,91%. Svo predviđeno zelenilo je u direktnom kontaktu sa tlom.

Ozelenjavanje parcele II planira se po čitavom njenom obodu, kao i u središnjem prostoru parcele između objekta i parkinga. Kontinulano zelenilo po obodu parcele je u vidu zelenog pojasa promenljive širine, Duž Konopničke ulice ispred objekta takođe je predviđeno trakasto zelenilo površine. Ukupna površina predviđena za zelenilo na parceli II iznosi 589,71 m<sup>2</sup>, a ostvareni udeo zelenih površina 33,91%. Svo predviđeno zelenilo je u direktnom kontaktu sa tlom.

Regulacija Konopničke ulice data je prema katastru i važećem Planu, sa regulacionom širinom ulice oko 12,0 m, širinom kolovoza 7,0 m i širinom trotoara oko 3,0 m u uličnom segmentu ispred predmetnih parcela. Građevinska linija određena je prema smernicama iz Informacije o lokaciji. Novoprojektovani objekti na obe građevinske parcele pozicionirani su na parcelama tako da ispunjavaju sve uslove zadate važećim planskim dokumentom.

### 4.4 NUMERIČKI POKAZATELJI

Numerički pokazatelji, odnosno uporedni prikaz urbanističkih parametara zadatih planskim dokumentom i parametara ostvarenih urbanističkim projektom, predstavlja sastavni deo Urbanističkog projekta. Urbanističkim projektom predviđa se izgradnja objekata u skladu sa urbanističkim parametrima za namene: Komunalne površine - Zelena pijaca i Državni i opštinski organi. Odnos zadatih i ostvarenih urbanističkih parametara za parcelu I i parcelu II prikazan je u tabeli 1.

*Tabela 1 – Prikaz zadatih i ostvarenih urbanističkih parametara*

Parametri	Zadati	Ostvareni	
		Parcela I	Parcela II
Površina kat. parcele	-	2730 m <sup>2</sup>	1739 m <sup>2</sup>
Površina projekcije objekta	-	1279,86 m <sup>2</sup>	413,35 m <sup>2</sup>
Širina fronta parcele	-		
Indeks zauzetosti	do 50%	46,88%	23,77%
Indeks izgrađenosti	-	0,47	0,47
Spratnost	do P+1	P	Po+P+1
Broj parking mesta	1 p.m. /100m <sup>2</sup>	13 p.m.	8 p.m.
Maksimalna visina objekta	-	9,23 m	8,95 m
Zelene površine	-	21,91%	33,91%

Iz priložene tabele može se zaključiti da su u potpunosti ispoštovani urbanistički parametri zadati Planom generalne regulacije Vlasotinca.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je dat sažeti prikaz Urbanističkog projekta za izgradnju kompleksa zelene pijace i objekta državnih i opštinskih organa u Konopničkoj ulici u Vlasotincu. Cilj urbanističko-arhitektonske razrade je uređenje lokacije u centralnoj zoni Vlasotinca uz reku Vlasinu, na kojoj se trenutno nalazi zelena i robna pijaca. Predloženim rešenjem formiraju se dve funkcionalno nezavisne celine: 1) kompleks zelene pijace i 2) objekat državnih i opštinskih organa. Prilikom razrade ispoštovana su pravila uređenja i građenja zadata važećim planskim dokumentom, kao i uslovi imalaca javnih ovlašćenja.

Benefiti predloženog rešenja ogledaju se pre svega u regulaciji pijačne prodaje u centralnoj gradskoj zoni i obezbeđivanju potrebnih kapaciteta objekata državnih i opštinskih organa. Pažljivim zoniranjem prostora i definisanjem saobraćajnih tokova unutar pijačnog kompleksa, obezbeđuje se nesmetano odvijanje pijačne prodaje. Arhitektonskom razradom objekata i oblikovanjem slobodnih prostora i zelenila na parceli I i parceli II unapređuje se vizuelni karakter i kvalitet prostora u centralnoj gradskoj zoni.

## LITERATURA

- [1] Duvnjak Savo: **Pravci razvoja pijačne delatnosti u Srbiji**. *Poslovno udruženje Pijace Srbije*, 2013.
- [2] Stojanović Žaklina, Ognjanov Galjina: **Strateška opredeljenja srbije u domenu ruralnog razvoja-proizvodnja i marketing tradicionalne hrane**. *Ekonomске teme* 50(1), 19-32, 2012.
- [3] Žica Petar: **Pijaca u Petrovaradinu**. *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu* 35.04, 786-789, 2020.
- [4] **Plan generalne regulacije Vlasotinca** („Sl. glasnik grada Leskovca“, br. 8/15)
- [5] **Zakon o planiranju i izgradnji** („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon, 9/2020 i 52/2021)
- [6] **Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade dokumenata prostornog i urbanističkog planiranja** („Sl. glasnik RS“, br. 32/2019)
- [7] **Urbanistički projekat za izgradnju kompleksa zelene pijace spratnosti P, i objekta državnih i opštinskih organa spratnosti Po+P+1, na k. p. br. 586, 587 i 588 K.O. Vlasotinca varoš, u Konopničkoj ulici u Vlasotincu** (Obaveštenje o potvrđivanju br. 03-350-38/2023 od 14.06.2023.)
- [8] Đekić Jelena, Dinić-Branković Milena, Igić Milica, Mitković Petar: **Prikaz plana detaljne regulacije**

**duhovnog kulturno-obrazovnog centra „Sv. Niketa Remezijanski“ na prostoru Vlaška Poljana u opštini Bela Palanka**. *Nauka + Praksa*, br. 21, str. 1-8, 2018.

- [9] Dinić-Branković Milena, Đekić Jelena, Igić Milica, Mitković Mihailo, Mitković Petar: **Idejno urbanističko-arhitektonsko rešenje uređenja dela centra i njegove neposredne okoline u naselju Temerin**. *Nauka + Praksa*, br. 19/16, str. 53-61, 2017.
- [10] **Pravilnik o tehničkim standardima planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama** („Službeni glasnik RS“, br. 22/2015)
- [11] Đekić Jelena, Dinić Branković Milena, Mitković Petar, Igić Milica, Mitković Mihailo: **Urban green areas planning and development: an assessment of general urban plans of the city of Niš**. *Facta Universitatis, Series Architecture and Civil Engineering*, Vol. 15, No 2, 211-224, 2017.



primljen: 09.02.2023.  
korigovan: 05.07.2023.  
prihvaćen: 09.09.2023.

pregledni rad

UDK : 666.972.5

## BETONI VISOKIH PERFORMANSI

Predrag Lukić<sup>1</sup>, Vanja Lukić<sup>2</sup>

**Rezime:** Betoni visokih performansi su sve više popularniji u građevinarstvu kod izgradnje inženjerskih objekata. Ključni atributi betona visokih performansi u odnosu na klasičan beton su čvrstoća, duktilnost, i otpornost na agresivne uticaje sredine. Visoka trajnost ovih betona, dobra zaštita armature, dobra ugradljivost betona, dobra otpornost na habanje i dejstvo mraza, često su razlog više za primenu ovih betona. Primenom betona visokih performansi moguće je graditi konstruktivne elemente manjih dimenzija, odnosno masa. U ovom radu biće dat opšti pregled betona visokih performansi, kao i njegova primena u građevinarstvu.

**Ključne reči:** betoni visokih performansi, čvrstoća, duktilnost, trajnost

## HIGH PERFORMANCE CONCRETES

**Abstract:** High-performance concretes are increasingly popular in the construction industry in the construction of engineering structures. The key attributes of high-performance concrete compared to classic concrete are strength, ductility, and resistance to aggressive environmental influences. The high durability of these concretes, good reinforcement protection, good workability of concrete, good resistance to wear and freezing, are often more reasons for using these concretes. Using high-performance concrete, it is possible to build structural elements of smaller dimensions, that is, masses. This paper will give a general overview of high-performance concrete, as well as of its application in construction.

**Key words:** high performance concretes, strength, ductility, durability

---

<sup>1</sup> Mast. inž. građ., doktorand, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, lukic.ing@gmail.com

<sup>2</sup> Mast. inž. građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, lukic.ing@gmail.com



## 1 UVOD

U poslednjih tridesetak godina primena betona visokih čvrstoća je doživela veliku ekspanziju. U početku je primena bila samo na objekte sa posebnim zahtevima, nakon čega se prešlo i na ostale, uobičajene građevine. Postizanje čvrstoće betona od 100 MPa i više ne predstavlja teškoće, i spravljanje betona ovih čvrstoća sve više se širi po raznim gradilištima kod nas i u svetu [1].

Naziv beton visokih performansi upotrebljava se za betone koji imaju čvrstoću na pritisak veću od određene vrednosti koja se vremenom povećavala. U početku je to bilo preko 30 MPa, a danas je u većini zemalja, pa i kod nas 60 MPa i više [1].

Povećanje primene ovih betona je ne samo zbog velike čvrstoće na pritisak, već i zbog dobre zaštite armature, povećane otpornosti na mraz i habanje, što sve doprinosi većoj trajnosti betonskih konstrukcija. Takođe, lakša ugradljivost i smanjena sopstvena težina konstruktivnih elemenata doprinosi proširenju primene ovih betona [1].

Svedoci smo činjenice da su objekti od običnog betona u jako lošem stanju zbog brojnih uticaja okoline, iako se dugo smatrao večitim materijalom, pa je pravi odgovor upotreba betona visokih čvrstoća. Visoka čvrstoća betona omogućuje smanjenje dimenzija nosača, što dovodi do smanjenja sopstvene težine konstrukcije, smanjenja inercijalnih sila pri dejstvu zemljotresa, a takođe, omogućava povećanje raspona konstrukcija. Dobijanje većih ranih čvrstoća sa smanjenjem sopstvene težine otvara nove mogućnosti u montažnoj gradnji, naročito industrijskih objekata [1,2].

Težnja građevinskih konstruktera je usmerena na razvoj i praktičnu primenu konstrukcijskih sistema, kojima se, uz primenu postojećih i novih materijala, omogućava proširenje polja primene odgovarajućih konstrukcija po rasponu, nameni objekta ili drugim kriterijumima vrednovanja projekta. Uz primenu postojećih ili novih tehnologija građenja kojima se olakšava izvođenje, skraćuje vreme izgradnje, olakšava eksploatacija i održavanje uz druge prednosti, moguće je ostvarenje nedostignutih dometa. Takođe, izboru optimalnog rešenja konstrukcije prethodi i analiza sa tehničkog i ekonomskog stanovišta [1].

## 2 RAZVOJ BETONA VISOKIH PERFORMANSI

Zahvaljujući vrlo intenzivnom razvoju tehnologije betona, stalno raste nivo mehaničkih čvrstoća, pa se danas u dobro organizovanim i opremljenim pogonima može dobiti beton čije čvrstoće na pritisak nakon 28 dana premašuju 100 MPa. Istraživači na polju tehnologije betona dali su doprinos stalnoj težnji građevinskih konstruktera za osvajanjem novih materijala znatno boljih mehaničkih i drugih karakteristika. Tako je nastao beton znatno većih mehaničkih karakteristika u odnosu na svojstva primenjivanog betona - klasičnog betona [2]. Polovinom dvadesetog veka čvrstoća betona na pritisak se kretala od 30-40 MPa, pa su krajem prošlog veka dostignute vrednosti od 60 MPa. Porastu mehaničkih karakteristika betona postupkom uobičajene proizvodnje, značajno su doprinele kvalitetne komponente materijala koje ulaze u sastav betonske mešavine, naročito pojava novih vrsta aditiva. Ova granica se vremenom menjala. Obično, s obzirom na čvrstoću na pritisak, betone delimo na obične – normalne betone, betone visoke čvrstoće, betone vrlo visoke čvrstoće i specijalne betone, tabela 1, [1].

Tabela 1 - Podela betona prema čvrstoći na pritisak [1]

Redni broj	Opis betona	Čvrstoća na pritisak
1	Betoni normalne čvrstoće	20-60 MPa
2	Betoni visoke čvrstoće	60-100 MPa
3	Betoni vrlo visoke čvrstoće	100-150 MPa
4	Specijalni betoni (ultravisoke čvrstoće)	>150 MPa

Najčešća definicija betona visokih čvrstoća je prema American Concrete Institute (ACI), da je to beton takvih posebnih osobina koji se može dobiti uobičajenim postupcima proizvodnje, ugradnje i nege betona [3]. Prema nekim autorima beton visoke čvrstoće je beton sa vodocementnim faktorom  $\leq 0.40$  [4].

Prema Evrokodu 2 betoni su svrstani u klase gde se beton do klase C55/60 smatra običnim, a iznad te klase su betoni visoke čvrstoće [5].

Betoni visoke čvrstoće imaju i druge, poboljšane osobine kao što su trajnost i otpornost na agresivne uticaje sredine. Visoka trajnost ovih betona, dobra zaštita armature, dobra ugradljivost betona, dobra otpornost na habanje i dejstvo mraza, često su razlog

više za primenu ovih betona, a ne samo čvrstoća betona na pritisak.

### 3 KOMPONENTE BETONA VISOKIH PERFORMANSI

Pri izboru komponenata za beton visoke čvrstoće potrebna je veća pažnja nego pri spravljanju betona obične čvrstoće. Komponente betona su cement, agregat, voda, hemijski i mineralni dodaci. Prve tri komponente su obavezne, a hemijski i mineralni dodaci se razlikuju u zavisnosti od osobina koje želimo postići. Razlika u odnosu na obične betone je što kod betona visoke čvrstoće obavezno koristimo superplastifikator. Posebno je važno utvrditi međusobnu usaglašenost između cementa, hemijskih i mineralnih dodataka. Ovo se, uglavnom, proverava probnim mešavinama. Može se reći da betoni visoke čvrstoće zahtevaju veću količinu cementa ( $\geq 400\text{kg/m}^3$ ) i manji vodocementni faktor. U pogledu granulometrijskog sastava postoji dobra sličnost sa običnim betonom, ali sa većim učešćem sitnijih frakcija agregata. Kada su u pitanju aditivi, obavezno se dodaju superplastifikatori ili/i razni drugi dodaci u zavisnosti od osobina koje želimo postići. Osobine cementa kao što su klasa čvrstoće, hemijski i mineralni sastav i finoća mliva ukazuju na pogodnost primene ovog cementa za izradu betona visoke čvrstoće. Kao mineraloški dodatak najviše je u upotrebi silicijumska prašina ( $\text{SiO}_2$ ). Ovaj materijal sadrži 85-98% silicijum dioksida i najfinija zrna prečnika manjeg od  $0.1\mu\text{m}$ . Silicijumska prašina je vrlo aktivna, tako da 1kg silicijumske prašine zamenjuje 3-4kg cementa pri čemu se čvrstoća betona ne menja. Beton se posmatra kao trofazni sistem koji čini cementni kamen, agregat i tranzitna zona (inter-face) između agregata i cementnog kamena. Slom betona je uvek po najslabijoj od ove tri faze. Da bi se dobila veća čvrstoća betona na pritisak potrebno je da svaka od ovih faza bude što kvalitetnija i homogenija. Treba težiti što boljoj vezi cementa i agregata koja se obično smatra najslabijim mestom u betonu. Boljom vezom cementnog kamena i agregata može se dogoditi da najslabije mesto u betonskom kompozitu bude agregat, pa tada treba ugraditi kvalitetan i čist agregat. U zavisnosti od osobina koje želimo postići kod betona visoke čvrstoće i visokih performansi zavisi i izbor komponenti, posebno cementa i tipa superplastifikatora. Prethodno treba dokazati međusobnu usaglašenost ove dve komponente. U odnosu na obične betone, kod betona visoke čvrstoće treba ići sa cementima veće finoće mliva, što je

nepovoljno sa stanovišta reologije. Upotreba mineralnih dodataka betonu je opravdana ako se dobijaju bolje osobine svežeg i očvrstlog betona i ako su ekonomski i ekološki prihvatljivi. Sa superplastifikatorima postizemo bolju ugradljivost betona uz istu ili manju količinu vode. Poželjno je upotrebljavati superplastifikatore novije generacije, jer su stariji razvijeni pre upotrebe betona visoke vrstoće. Pojedine vrste superplastifikatora za isti cement nemaju istu efikasnost. Ako hoćemo veće trajne čvrstoće, potrebna je veća količina superplastifikatora i najmanja količina vode. Za bolju ugradljivost betona treba najveća količina vode sa kojom postizemo zahtevanu čvrstoću, a količinu superplastifikatora određujemo kako bismo dobili potrebnu ugradljivost betona. Uglavnom se upotrebljavaju superplastifikatori u tečnom stanju zbog lakše dozaže i razgradljivosti [1].

Pored silikatne prašine upotrebljava se leteći pepeo i zgura. Leteći pepeo se obično upotrebljava u iznosu oko 15% od težine cementa za betone čvrstoće na pritisak do 100 MPa. Zgura se dozira od 10-30% od težine cementa uz kombinaciju sa 10%  $\text{SiO}_2$ . Zgura i leteći pepeo zamenjuju jedan deo ukupne količine cementa. Agregat kao komponenta sa najvećim učešćem u sastavu betona, značajno utiče svojim karakteristikama na osobine betona. Izborom agregata kod betona visoke čvrstoće značajno se utiče na krajnje čvrstoće betona. Agregat na osobine očvrstlog betona utiče svojim poreklom (prirodni, rečni, drobljeni), oblikom, teksturom, granulometrijskim sastavom, mineraloškim sastavom i fizičko-mehaničkim karakteristikama. Mnogobrojnim istraživanjima došlo se do saznanja da se, primenom drobljenog agregata, postižu bolji rezultati u pogledu dostizanja visoke čvrstoće betona. Veće čvrstoće na pritisak se dobijaju sa drobljenim agregatom za 30-40% u odnosu na ostale agregate [6]. Dobrom granulometrijskom sastavu agregata mora se posvetiti posebna pažnja, naročito odnosu krupnog i sitnijeg agregata. Za veće čvrstoće na pritisak značajan je izbor krupnog agregata. Kod većeg učešća krupnijeg zrna agregata smanjuje se količina cementnog kamena, a dolazi i do povećanja poroznosti i heterogenosti na kontaktu cementnog kamena i agregata. Za spravljanje betona visoke čvrstoće jednako su dobri agregati od krečnjaka, dolomita ili granita, ukoliko je dobar granulometrijski sastav, oblik i tekstura zrna [7]. Sa povećanjem čvrstoće na pritisak, povećava se i krtost betona. Prema istraživanjima nekih istraživača se vidi da, sa porastom čvrstoće na pritisak do karakteristične čvrstoće 70-80 MPa raste i duktilnost [8]. Uzorci gde

je dostignuta karakteristična čvrstoća veća od 70-80 MPa pokazali su smanjenu duktilnost. Mnogi propisi kao američki ( ACI-propisi ) obezbeđuju duktilnost ograničenjem koeficijenta armiranja zategnutom armaturom, a Evrokode 2 ograničava visinu pritisnutog dela betona za različite klase betona. Kod elemenata napregnutih na savijanje, pritisnuta armatura pojačava pritisnutu zonu betona, odnosno omogućava da se zatežuća armatura plastično deformiše pre sloma betona. Problem krтости betona može se ublažiti i mikroarmiranjem vlaknima. Za povećanje duktilnosti, čvrstoće na savijanje i sigurnosti na pojavu prslina betona visokih čvrstoća, upotrebljavaju se čelična vlakna, a za povećanje otpornosti na požar polimerna vlakna [1].

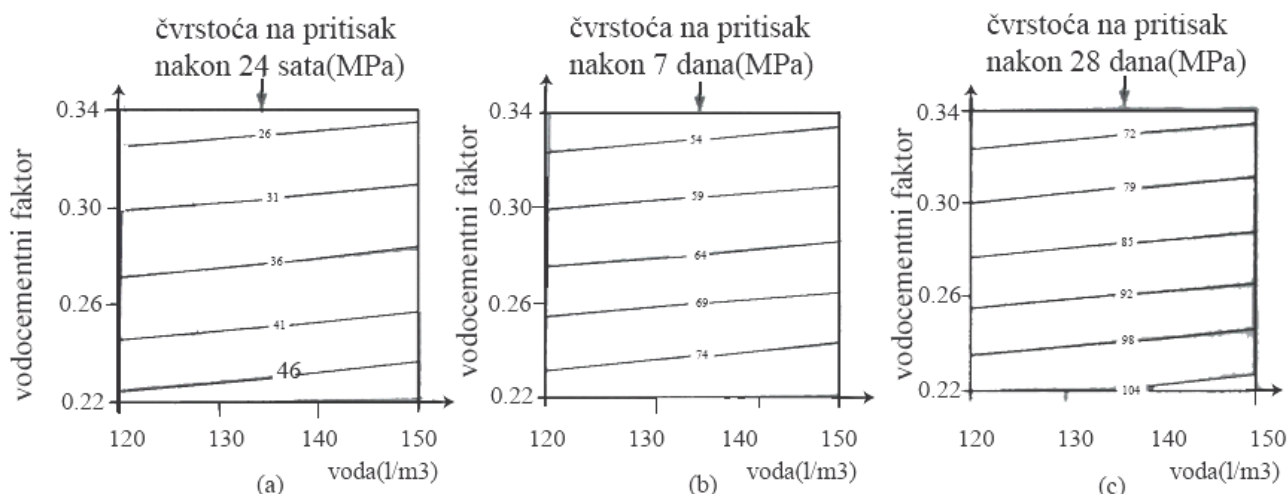
#### 4 MEHANIČKE I REOLOŠKE OSOBINE BETONA VISOKIH PERFORMANSI

Kod betona visoke čvrstoće se podrazumeva i očekuje da pored visoke čvrstoće na pritisak ima i ostale povećane i kvalitetnije karakteristike u odnosu na obične betone. Neke osobine su posebno značajne, jer prave razliku u mehaničkim osobinama običnog i betona visokih čvrstoća i performansi. Mehaničke osobine agregata kod običnih betona nemaju veliki uticaj na mehaničke osobine betona, jer one kod običnog betona, uglavnom, zavise od vodocementnog faktora i čvrstoće cementnog kamena koji je završio hidrataciju, odnosno od njegove veze s agregatom.

Zahvaljujući ovome, kod običnih betona je jednostavnije doći do odnosa čvrstoće betona na pritisak i ostalih mehaničkih osobina. U slučaju betona visokih čvrstoća i performansi u zavisnosti od komponenata koje ulaze u sastav betona, veza cementnog kamena i agregata nije uvek najslabije mesto, pa veza/odnos između čvrstoće betona na pritisak i ostalih mehaničkih osobina nije ista kao kod običnih betona. Poznato je da npr. kod ubrzanog očvršćavanja običnog betona, sa zaparivanjem, dobijamo veće rane čvrstoće koje su manje nakon 28 dana nego kod betona sa normalnim očvršćavanjem. Kod betona visokih čvrstoća ovo nije slučaj. Za ove betone je veoma značajna nega betona u prvih 24 sata (više nego kod običnih betona). Pomanjkanje nege kod tih betona u prvih 24 sata može dovesti do smanjenja čvrstoće na pritisak očvrstlog betona. U sledećoj tabeli 2. i na slici 1. date su vrednosti čvrstoće na pritisak nakon 28 dana u zavisnosti od vodocementnog faktora i količine vode [4].

Tabela 2 - Zavisnost visoke čvrstoće betona na pritisak i vodocementnog faktora

Vodocementni faktor	Raspon čvrstoća na pritisak MPa
0,40-0,35	50-75 MPa
0,35-0,30	75-100 MPa
0,30-0,25	100-120 Mpa
0,25-0,20	>125 MPa



Slika 2 – Zavisnost čvrstoće na pritisak betona visoke čvrstoće od vodocementnog faktora i količine vode [1]

Beton visoke čvrstoće je homogeniji materijal od običnog betona, ima veći modul elastičnosti, pri čemu je brzina rasta čvrstoće na pritisak veća od brzine rasta

modula elastičnosti. Radni dijagram ovih betona je približno linearan, skoro do čvrstoće na pritisak. Zato

kod vitkih elemenata od ovih betona, izloženih velikim naponima dolazi i do velikih deformacija.

Ima predloga da se zbog malog odnosa w/c ovih betona, njihova čvrstoća na pritisak ispituje nakon 56 i/ili 90 dana umesto 28, kao kod običnih betona. Zbog mogućnosti upoređenja i čvrstoća na pritisak betona visokih čvrstoća se ispituje nakon 28 dana. Mnogi empirijski obrasci dati za obične betone ne važe za betone visokih čvrstoća. Tako, kod betona visoke čvrstoće za istu vrednost čvrstoće na pritisak, vrednost čvrstoće na savijanje i čvrstoće na zatezanje pri cepanju mnogo više se menjaju nego kod običnih betona [1].

Skupljanje betona visokih čvrstoća, kao deformacije nezavisne od opterećenja, sastoji se od skupljanja betona usled temperaturnih promena, skupljanja od isušivanja i autogenog skupljanja. Kod ovih betona ukupno skupljanje je manje nego kod običnih betona. Ista saznanja u pogledu tečenja koja važe za obične betone, važe i za betone visokih čvrstoća. Ovi betoni imaju veću krutost, odnosno modul elastičnosti, pa im je veća i čvrstoća na zamor usled cikličnog opterećenja [9]. Poroznost je takođe, manja u odnosu na obične betone, a manje su kapilarna i ukupna poroznost. Pore su međusobno nepovezane, a to u velikoj meri doprinosi većoj trajnosti ovih betona [9].

Kod betona visoke čvrstoće (visokih performansi) je zbog manjeg vodocementnog faktora, homogenije strukture i upotrebe silikatne prašine, manja je kapilarna i ukupna poroznost. Naročito je poboljšana veza cementnog kamena i agregata.

## 5 PRIMENA BETONA VISOKIH PERFORMANSI U SVETU

Upotreba betona visokih performansi, najviše se koristi kod izgradnje visokih zgrada, mostova, robnih kuća, garaža, tunela, naftnih platformi i sl. Primena betona visokih čvrstoća ogleda se u njegovoj ekonomičnosti, smanjenju dimenzija poprečnog preseka, što dovodi do smanjenja sopstvene težine. Ovo ima za posledicu bržu gradnju, dobijanje vitkih konstrukcija, mogućnost savladavanja velikih raspona, veću otpornost na agresivne uticaje sredine i manje deformisanje u toku vremena. Neki od objekata gde je korišćen betona visokih performansi su [1]:

- Most Sandhornya u Norveškoj,
- Most Salhus u Norveškoj,
- BfG zgrada, Frankfurt na Majni, Nemačka,
- Most Ile de Ré u Francuskoj,
- Most Normandie u Francuskoj,

- Most i tunel Veliki Belt (Great Belt), u Danskoj,
- Toranj Baiyoke-2 Tower Bangkok u Tajlandu.

## 6 ZAKLJUČAK

Kao materijal koji može uspešno odgovoriti zahtevima nosivosti, trajnosti, funkcionalnosti i ekonomičnosti nameću se betoni visokih performansi.

Proizvodnja betona visokih performansi je skuplja od proizvodnje običnog betona. Očekivati je da zbog toga više bude u upotrebi običan beton, međutim, zbog svojih izuzetnih svojstava postoje objekti koje je ekonomski opravdano graditi betonom visokih performansi.

Takvi objekti su naftne platforme, visoke zgrade, mostovi, razni konstruktivni elementi inženjerskih objekata, gde je potrebna povećana otpornost na agresivno delovanje sredine, objekti gde se želi postići što veća trajnost i savladati veliki rasponi.

## LITERATURA

- [1] Futula Boško: **Grafična stanja armiranobetonskih montažnih dvopojasnih nosača od betona visokih čvrstoća. Doktorska disertacija**, Univerzitet u Beogradu građevinski fakultet, 2013.
- [2] Ačić Mirko, Ulićević Mladen, Sindić-Grebović Radmila: **Betoni visokih čvrstoća. Monografija povodom 50 godina Građevinskog fakulteta u Beogradu**, str. 13- 32, 1999.
- [3] HPC Technology Delivery Team: **High Performance Concrete Structural Designers. Guide**, CD, 2005.
- [4] Aitcin Pierre-Claude :**High – Performance Concrete. E FN SPON**, London, 1998.
- [5] Aitcin Pierre-Claude, Neville Adam: **High-performance concrete demystified. Concrete International**, pp 21-26, January 1993,
- [6] Muravljev Mihailo, Kovačević, T.: **Mogućnosti dobijanja betona visokih čvrstoća od rečnog i drobljenog agregata. Monografija povodom 70 godina života dr Milorada Ivkovića**, Građevinski fakultet Beograd, str. 165-168, 1995.
- [7] Ačić Mirko,: **Savremene betonske konstrukcije. Monografija posvećena sedamdesetogodišnjici života prof. dr Milorada Ivkovića**, Građevinski fakultet, Beograd, 1994.
- [8] Ržanicin A. R.: **Teorija puženja materijala. Građevinska knjiga**, Beograd, 1974., 358 str.
- [9] Meht P. Kumar, Aitcin Pierre-Claude: **Principles underlying production of highperformance**

**concrete.** *Cement, Concrete and Agregates*, 12(2),  
70- 78, Winter 1990.

primljen: 13.02.2023.  
korigovan: 02.10.2023.  
prihvaćen: 04.10.2023.

pregledni rad

UDK : 728(1-22)(497.11)

## TRANSFORMACIJA SEOSKE POJATE U KUĆU ZA POVREMENO STANOVANJE U SELU DOJKINCI KOD PIROTA

Mirko Stanimirović<sup>1</sup>, Nemanja Randelović<sup>2</sup>, Vukašin Vasić<sup>3</sup>, Ana Momčilović-Petronijević<sup>4</sup>

**Rezime:** U ovom radu prikazana su naša idejna rešenja kuće u selu Dojkinci, koje se nalazi u okrugu grda Pirot, na Staroj planini. Početni zadatak je predstavljao transformaciju seoske pojate u kuću sa povremenim stanovanjem. Namera investitora je bila da pojatu preuredi u turističke apartmane. Ipak, nakon uvida u potencijale troškove gradnje, odlučeno je da se prvobitno rešenje redukuje u smislu skupih građevinskih intervencija i korišćenja velikih otvora. Tako je dobijeno drugo idejno rešenje, koje investitor namerava da realizuje ukoliko se za to stvore povoljniji finansijski uslovi. Prikazani proces projektovanja pored arhitektonskih zadataka i rešenja ilustruje i aktuelnu situaciju izgradnje u seoskim područjima u Srbiji. Istraživački proces u ovom radu je u stvari proces projektovanja i iznalaženja najboljeg (finansijski, arhitektonski, konstruktivno, estetski, heritage) rešenja za postavljeni zadatak.

**Ključne reči:** Kuća, seoska arhitektura, transformacija, Dojkinci, Pirot

## TRANSFORMATION OF A COUNTRY BARN INTO A HOUSE FOR TEMPORARY RESIDENCE IN THE VILLAGE OF DOJKINCI

**Abstract:** This paper presents our conceptual solutions for a house in the village of Dojkinci, located in the district of Pirot, on the Stara Planina mountain. The initial task involved transforming a rural barn into a residence for occasional living. The investor's intention was to convert the cottage into tourist apartments. However, after considering the potential construction costs, it was decided to reduce the original design in terms of expensive construction interventions and the use of large openings. This resulted in a second conceptual design, which the investor plans to implement if more favorable financial conditions become available. The presented design process, in addition to addressing architectural tasks and solutions, also illustrates the current situation of construction in rural areas in Serbia. The research process in this paper is, in fact, a process of designing and finding the best solution (financially, architecturally, structurally, aesthetically, and heritage-wise) for the given task.

**Key words:** House, rural architecture, transformation, Dojkinci, Pirot

<sup>1</sup> Dr Mirko Stanimirović, vanredni profesor, d.i.a, [wireframe22@gmail.com](mailto:wireframe22@gmail.com), Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> Nemanja Randelović, saradnik u nastavi, [nemanjarandjelovic@gmail.com](mailto:nemanjarandjelovic@gmail.com), Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>3</sup> Vukašin Vasić, d.i.a, [vukasin.vasic@gmail.com](mailto:vukasin.vasic@gmail.com)

<sup>4</sup> Dr Ana Momčilović-Petronijević, vanredni profesor, [momcilovicanaact@gmail.com](mailto:momcilovicanaact@gmail.com), Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1 UVOD

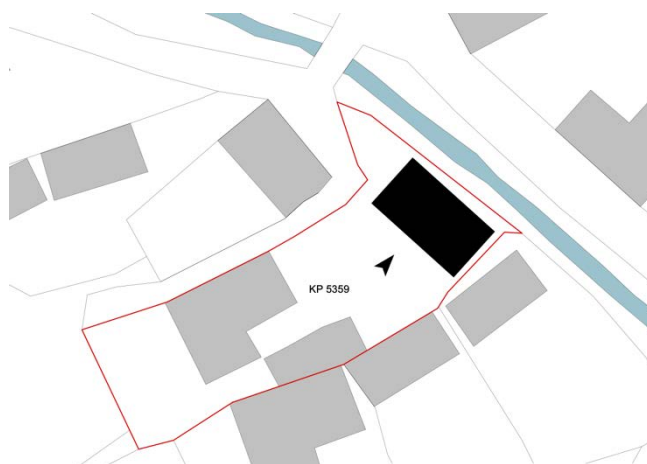
Značaj ruralnog razvoja prikazan je u okviru evropske strategije, koja posebno ukazuje na planinska ruralna područja kao rezervoare prirodnih resursa [1]. Svedoci smo trenda depopulacije ruralnih teritorija i jačanja metropolitanskih regija sa centralizovanom ekonomijom, pod čijim uticajem se stanovništvo koncentriše u urbanim zonama. Zbog toga su na nivou Evrope usvojeni programi ruralnog razvoja, kojima bi trebalo smanjiti disparitet na relaciji urbana – ruralna sredina [2]. Zadatak tih strategija je da podrži ruralni razvoj, koji svakako neće prestići razvoj gradova, jer čak 80% svetskog bruto društvenog proizvoda se stvara u gradovima [v. 3]. Očekuje se da će do 2050. godine 7 od 10 ljudi živeti u gradskim područjima, ali i da će se manji broj ljudi vratiti u sela usled klimatskih promena i održivog razvoja [4]. Iako je opravdanost pokreta povratka eko selu dovedena u pitanje [5] primene tradicionalnih koncepata građenja u savremenoj arhitekturi se i dalje istražuju [6]. Značaj tradicionalne arhitekture prikazuje se kroz studije arhitektonske forme, konstrukcije, ekologije i lokalnih osobenosti [v. 7]. Posebno se ističe uticaj tradicionalnih materijala na savremenu arhitektonsku kompoziciju [8] u delima autora koji kreativno prerađuju nasleđena rešenja ili ideje tradicionalnih uzora [v. 9, 10].

U okviru aktuelne teme transformacije u stanovanju, na međunarodnoj izložbi savremenog stanovanja Housing, 2021. godine smo predstavili idejno rešenje kuće za izdavanje u selu Dojkinci na Staroj planini [11]. Seoska pojata je transformisana u apartmane, preradom nasleđenih ideja u arhitekturi. Ovo rešenje smo nakon izložbe transformisali prema smanjenju budžeta za izgradnju, čime je ilustrovana aktuelna kriza u renoviranju kuća u seoskim područjima u Srbiji.

## 2 PRVO IDEJNO REŠENJE

Početno rešenje je urađeno kao odgovor na projektni zadatak investitora, koji je primetio popularnost sela Dojkinci u turističkom smislu, posebno za vreme pandemije. Kako je turistička potražnja bila veće od ponude, izgradnja apartmana za izdavanje je predstavljala jedan način pokretanja porodičnog biznisa. Prema zadatku investitora, potrebno je u skladu sa zakonom o izgradnji transformisati pojatu u kuću za povremeno stanovanje, kako bi se kasnije pristupilo daljoj izradi

tehničke dokumentacije koja je potrebna za projekat etno turizma prekogranične saradnje IPARD 3 [12]. Investitor je raspolagao sa dve parcele, na kojima su bili izgrađeni seoski objekti. Nakon naše analize, predložili smo dva načina transformacije starih objekata u nove. Prvi je podrazumevao realizaciju planinarskog doma, drugi apartmana. Drugi način je više odgovarao investitoru, zbog raspoloživih finansijskih sredstava i prednosti pozicije placa, koji se neposredno naslanja na seoski potok i glavnu komunikaciju. Recenziju objavljenu na izložbi prenosimo u potpunosti u nastavku teksta.



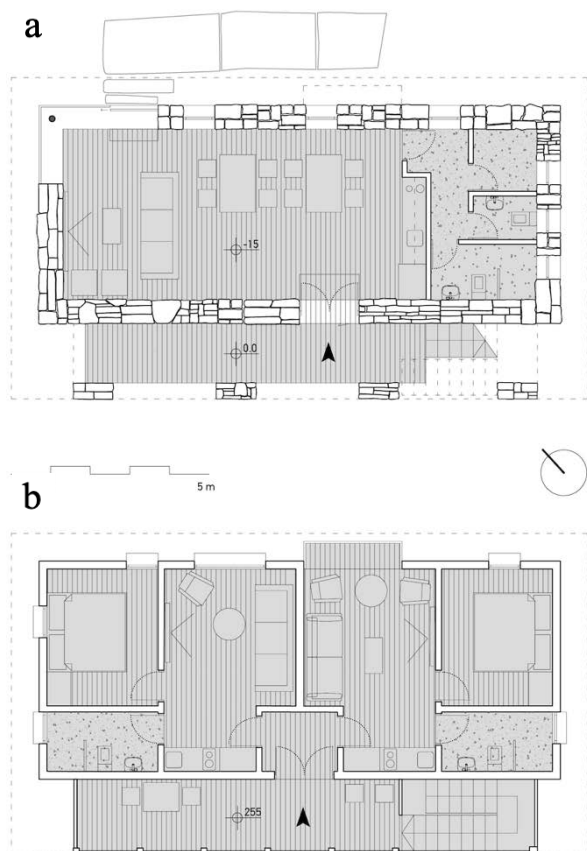
*Slika 1 – Situacija (dokumentacija autora)*



*Slika 2 – Pojata - aktuelno stanje (dokumentacija autora)*

„Seosko turističko domaćinstvo sa apartmanima za izdavanje „V+V” rezultat je transformacije seoske pojate u kuću za povremeno stanovanje u selu Dojkinci, u Pirotskom okrugu. Turistička atraktivnost ovog sela posebno je postala značajna u vreme pandemije, što zbog neposredne blizine vodopada i planinskih vrhova, to i zbog geografskog položaja i netaknute prirode u samom selu. Forma stare pojate je

početna tačka celog projekta. Iz namere da se u određenoj meri zadrže i prikažu tradicionalne vrednosti planinske kuće ovog kraja, sačuvani su stari zid od kamena na delu prizemlja i četvorovodni krov sa kamenim pločama. Pored kamena, na fasadi i u enterijeru primenjeno je i drvo kao neizostavni prirodni materijal izgradnje objekata. Geometrija pojate je neznatno izmenjena prema novoj funkcionalnoj organizaciji i zahtevima konstrukcije. Da bi arhitektura transformisanog fenomena bila atraktivna i funkcionalna, uvedene su velike staklene površine radi povezivanja unutrašnjeg i spoljašnjeg prostora. Na donjem nivou ostvarena je direktna komunikacija korisnika i prirode, otvaranjem velikog portala prema terasi iznad potoka. Donji nivo je namenjen zajedničkom boravku gostiju i lako se može adaptirati u smeštaj grupe planinara koji su česti posetioци ovog sela i njegovog kraja. Novi izgled kuće replicira geometriju originalne konstrukcije, poštujući novoprojektovanu unutrašnju organizaciju sprata sa dva apartmana za izdavanje. Veza sa prirodom kao glavna karakteristika ovog objekta dominira svim aspektima projektovanja.“ [11]



**Slika 3 – Osnove: a) prizemlja i b) sprata (dokumentacija autora)**



**Slika 4 – Transformacija pojate u apartmane - prvo rešenje (dokumentacija autora)**

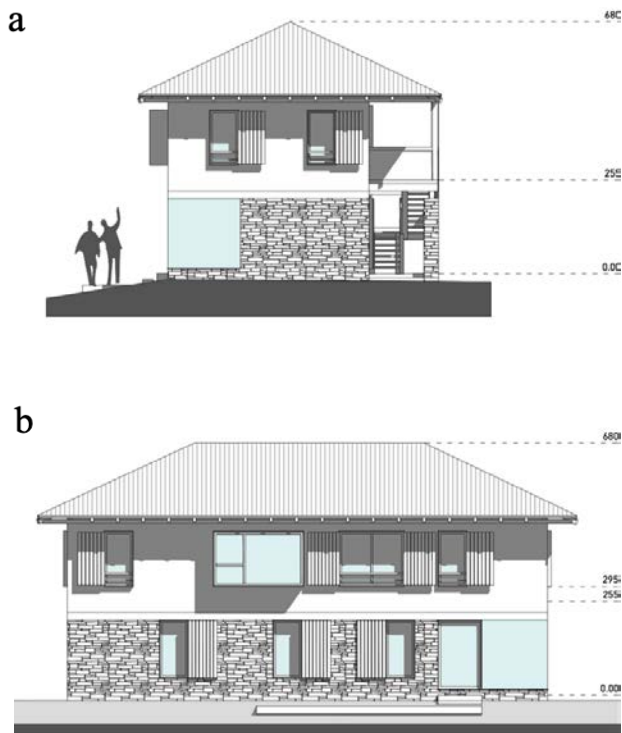


**Slika 5 – Enterijer (dokumentacija autora)**

U konstruktivnom smislu, ovo rešenje predviđa spuštanje nivoa prizemlja za 15 cm, uz obezbeđenje temelja u formi kampada. Gabarit pojate je zadržan i njemu su dodati stepenište i trem, kojima se pristupa iz dvorišta. Prema novom konceptu korišćenja prostora, u kamene zidove se smeštaju veliki stakleni otvori kojima se prizemlje otvara prema prirodi. Zidovi prvog sprate se u potpunosti menjaju, prema organizaciji dve apartmanske jedinice. U slučaju potrebe, prizemlje se može preurediti u treći apartman, pogodan za spavanje planinara. Nova organizacija je zahtevala specifično oblikovanje, u skladu sa savremenom teorijom i praksom. U prilogu potvrdi uspešne i atraktivne realizacije idejnog rešenja



navodimo televizijski prilog na RTS 1 povodom izložbe Housing u Galeriji RTS-1 [13], koji je značajan medijski prostor posvetio prikazu stare pojate i njenom novom ruhu. Ovako zamišljen projekat, u skladu je sa željom investitora da privuče pažnju posetioca koristeći savremeni dizajn planinske kuće u selu Dojkinci.

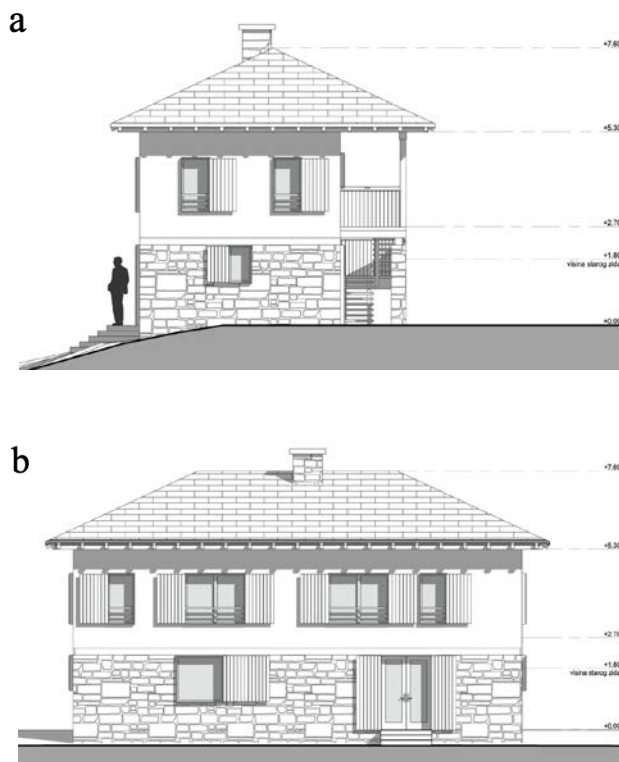


Slika 6 – Izgledi - prvo rešenje: a) ulični (bočni), b) dvorišni (dokumentacija autora)

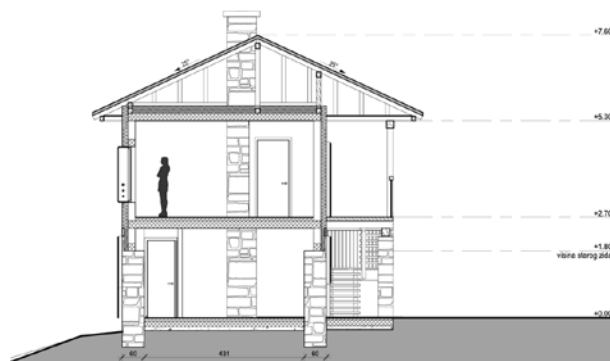
### 3 DRUGO IDEJNO REŠENJE

Nakon spomenutih izložbi, ruska specijalna operacija u Ukrajini stvara novu krizu u životima ljudi. Za razliku od pandemije COVID19, rat je doveo do povećanja inflacije i stvaranja nestabilne situacije u graditeljstvu i planiranju poslova. U slučaju renoviranja dojkinačke pojate, visoka cena izgradnje atraktivnih apartmana, kao i generalna neopravdanost investiranja u staroplaninski turizam, dovodi u pitanje realizaciju projekta. Usled novih uslova, investitor se odlučuje da smanji cenu izgradnje započetog projekta, smanjenjem određenih dizajnerskih detalja. Najpre smo odustali od spuštanja kote prizemlja, kako bi izbegli podziđivanje temelja. Zatim smo u delu kamenog zida smanjili nivo intervencije, smanjenjem staklenih površina. Zid sa tako minimalnim proširenjem otvora smo dozidali 50 cm, uz potpunu demontažu drvene međuspratne konstrukcije, kompletnih zidova prvog sprata i krovne konstrukcije.

Potpuno nov prvi sprat planiran je u sličnoj organizaciji kao i prvo rešenje. Dodati su dimnjak, iz potrebe da se koristi raspoloživa biomasa za grejanje, u slučaju da finansijska situacija postane komplikovanija. Konzolno izbačeni prozori su vraćeni na ravan zida, čime je poništena ranija ideja da se prostor prozora koristi kao produžetak dnevnog boravka. Osnovni koncept je ostao isti: dva apartmana na spratu i velika trpezarija u prizemlju.



Slika 7 – Izgledi - drugo rešenje: a) ulični (bočni), b) dvorišni (dokumentacija autora)



Slika 8 – Presek (dokumentacija autora)



*Slika 9 – Prikaz sa ulice - drugo rešenje (dokumentacija autora)*



*Slika 10 – Prikaz iz dvorišta - drugo rešenje (dokumentacija autora)*

#### 4 ZAKLJUČAK

Ovim prikazom je pored dokumentovanja realizovanih idejnih rešenja ilustrovana i situacija u kojoj nestabilnost tržišta utiče na unutrašnju organizaciju prostora i spoljašnju formu kuće. Sasvim je jasno da prikazanom seoskom turizmu nedostaje dodatna finansijska konstrukcija da bi bio izgrađen. Procenjeno je da bi u aktuelnoj situaciji bilo potrebno 30 godina za povraćaj investicije, što ocenjujemo kao nepovoljnu okolnost ovakvom vidu biznisa. U slučaju da samo selo Dojkinci izgubi na atraktivnosti usled raznih mogućih scenarija, period otplate bi bio još veći. Ono što smatramo da je pozitivno u ovoj situaciji je otvorenost investitora da putem dizajna formira određenu vrednost u svojem poslovanju, kao i okolnost da je koncept renoviranja poverio

arhitektima. Sve se češće meštani staroplaninskih sela odlučuju da sami renoviraju svoje kuće, bez angažovanja arhitekata, čime najčešće dograde svoje objekte na neadekvatan način u smislu očuvanja nasleđa i razvoja ruralnih područja. Najčešći problemi takvih rekonstrukcija su nedovoljno dobra organizacija turističkih apartmana, nedovoljno dobra arhitektonska kompozicija i neprimerena upotreba materijala. Jedna od odlika ovih sela su krovovi od kamenih ploča, te se upotreba crepa, kao i instalacija satelitskih antena oštro osuđuju.



*Slika 11 – Prikaz sa ulice - drugo rešenje (dokumentacija autora)*

#### LITERATURA

- [1] Vasilevska Magdalena, Vasilevska Ljiljana, Vasić Milanka: **Aktuelne programsko-projektne aktivnosti u okviru politike ruralnog razvoja EU**. Nauka+Praksa, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, br. 19, str. 39–25, 2016.
- [2] Igić Milica, Mitković Petar, Dinić Branković Milena, Đekić Jelena, Ljubenić Milica, Mitković Mihailo: **Politike ruralnog**

- razvoja u zemljama nordijskog regiona – starteški okvir. *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta*, br. 33, str. 1–16, 2018.
- [3] <https://www.imf.org/en/Data> (02.12.2022)
- [4] Magnusson Dick: **Going back to the roots: the fourth generation of Swedish eco-villages**. *Scottish geographical journal*, no 134, pp 122–140, 2018.
- [5] Garden Mary: **The eco-village movement: Divorced from reality**. *The International Journal of inclusive democracy*, Vol. 2, No. 3, 2006.
- [6] Stanišić Jovana: **Bioklimatska arhitektura tradicionalnih vojvodanskih kuća – primena u savremenoj ruralnoj arhitekturi**. *Doktorska disertacija*, Fakultet tehničkih nauka Univeziteta u Novom Sadu, 2021.
- [7] Đorđević Isidora, Momčilović Petronijević Ana, Milojković Aleksandar: **Arhitektonske osobenosti tradicionalne ohridske kuće s kraja 19. Veka**. *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta*, br. 32, str. 41–45, 2017.
- [8] Ivanović Šekularac Jelena, Šekularac Nenad, Čikić Tovarović Jasna: **Uticaj tradicionalnih materijala na savremena arhitektonska dela Srbije**. *Ecologica*, br. 20, str. 432–436, 2013.
- [9] Jovanović Goran, Stanimirović Mirko: **Pet projektantskih načela**. *Nauka i praksa*, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, br. 21, str. 71–76, 2018.
- [10] Stanimirović Mirko: **Projektovanje srpskih pravoslavnih hramova u 21. veku**. *Nauka i praksa*, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, br. 21, str. 18–24, 2018.
- [11] Stanimirović Mirko, Vasić Vukašin, Randelović Nemanja, Momčilović Petronijević Ana: **V+V. 4th International Exhibition of Contemporary Housing**, Faculty of Civil Engeneering and Architecture of the University of Niš, pp. 90–91, 2021.
- [12] <https://ipard.rs/ipard-3-2023-godina-plan-javnih-poziva/> (02.12.2022)
- [13] <https://www.rts.rs/page/rts/sr/ГалеријаPTC/s-tory/2062/galerija-rts/4965450/medjunarodna-izlozba-stanovanje---housing-21.html> (02.12.2022)

primljen: 24.07.2023.  
korigovan: 04.10.2023.  
prihvaćen: 07.10.2023.

izvorni naučni rad

UDK : 627.4/5:004.4(497.11)

## ANALIZA MORFOLOŠKIH PROCESA U REČNOM KORITU PRIMENOM SOFTVERA HEC-RAS

Jana Novaković<sup>1</sup>, Nebojša Milošević<sup>2</sup>, Predrag Stojanović<sup>3</sup>, Aleksandra Ilić<sup>4</sup>

**Rezime:** Usled intenzivnih erozionih procesa, transportna sposobnost vodotoka u pogledu ukupnog nanosa često biva prevaziđena. Kao posledica dešava se deformacija rečnog korita, erozija ili zasipanje, koja zavisi od količine nanosa koja pristigne i odgovora vodotoka na tu količinu.

U radu je prikazan psamološki model u uslovima kvazi nestacionarnog strujanja vode napravljen pomoću softvera HEC-RAS (v 6.1.0) koji omogućava procenu transportne sposobnosti, opšte i lokalne deformacije korita. Analize su sprovedene na delu rečnog korita Zapadne Morave u Srbiji od HS Trstenik do HS Jasika.

Na osnovu rezultata proračuna procenjuje se erozioni potencijal u rečnom koritu i predlaže koncepcija uređenja rečnog korita u cilju njegove stabilizacije kao i sprečavanja značajne promene morfologije okolnog i nizvodnog područja.

**Ključne reči:** nanos, HEC-RAS, transport nanosa, deformacija rečnog korita, uređenje vodotoka

## MORPHOLOGICAL PROCESSES OF RIVER BED ANALYSIS USING HEC-RAS SOFTWARE

**Abstract:** Due to intensive erosion processes, the transport capacity of watercourses in terms of total sediment is often exceeded. As a result, deformation of the river bed, erosion or deposition occurs, which depends on the amount of sediment that arrives and the response of the watercourse to that amount.

The paper presents a psammological model in conditions of quasi-unsteady flow created using the HEC-RAS (v 6.1.0) software, which enables the assessment of transport capacity, general deformation of the riverbed and local scour. The analyses were carried out on part of the river bed at the Zapadna Morava river in Serbia from HS Trstenik to HS Jasika.

Based on the results, erosion potential in the riverbed is assessed and the concept of the river training works is proposed in order to stabilize it and prevent a significant change in the morphology of the surrounding and downstream area.

**Key words:** sediment, HEC-RAS, sediment transport, river bed deformation, river training works

<sup>1</sup> MSc, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, jananovakovic888@gmail.com

<sup>2</sup> MSc, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, nebojsaneca0@gmail.com

<sup>3</sup> MSc, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, pedja6591@gmail.com

<sup>4</sup> dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, aleksandra.ilic@gaf.ni.ac.rs

## 1 UVOD

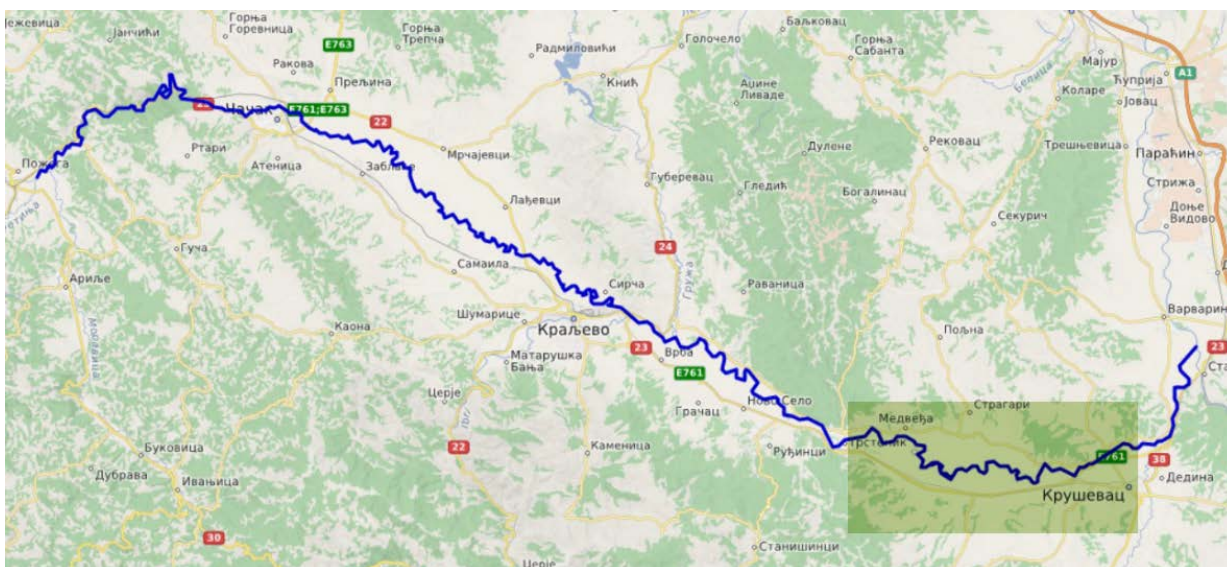
Fluvijalna erozija може имати различите размере. Посебно је изражена у периоду великих вода када се њен утицај огледа у изменjenoj морфологији речног корита.

Интензивниране атмосферске падавине доводе до два паралелна процеса - површински отицај и спирање тла, услед чега долази до настанка великих вода и ерозионе продукције наноса. Ерозија има за последицу негативне утицаје на окружење и инфраструктуру. Најчешће погођени објекти услед утицаја ерозије су мостови, путеви и зграде које се налазе дуж обала. Ерозија такође доводи до повећане продукције наноса у рекaма и акумулацијама, што може имати негативан утицај на квалитет воде.

Јасно је да последице овог природног процеса могу угрозити животе људи те је неопходно и важно управљати ерозијом у рекaма да би се минимизирали њени негативни утицаји на људске заједнице и инфраструктуру. [1]

Предмет овог рада је анализа наноса који се јавља услед великих вода и изазива деформацију речног корита.

Анализирана деоника реке Западне Мораве припада низводнијем делу слива и средњем току реке, између профила на км 55+465.9 (најузводнији) и профила на км 17+283.88 (најнизводнији). Овај део слива карактерише изражена хетерогеност рељефних и геолошких формација [2]. Сprovedена анализа предметне деонике израђена је у сврху одређивања неопходних регулационих мера ради спречавања еродирања речног дна и одржавања стабилног водног режима реке, чиме ће се избећи предходно наведени проблеми, тј. од HS Trstenik до HS Jasika (Слика 1).



Слика 1 – Анализирана деоника реке Западне Мораве

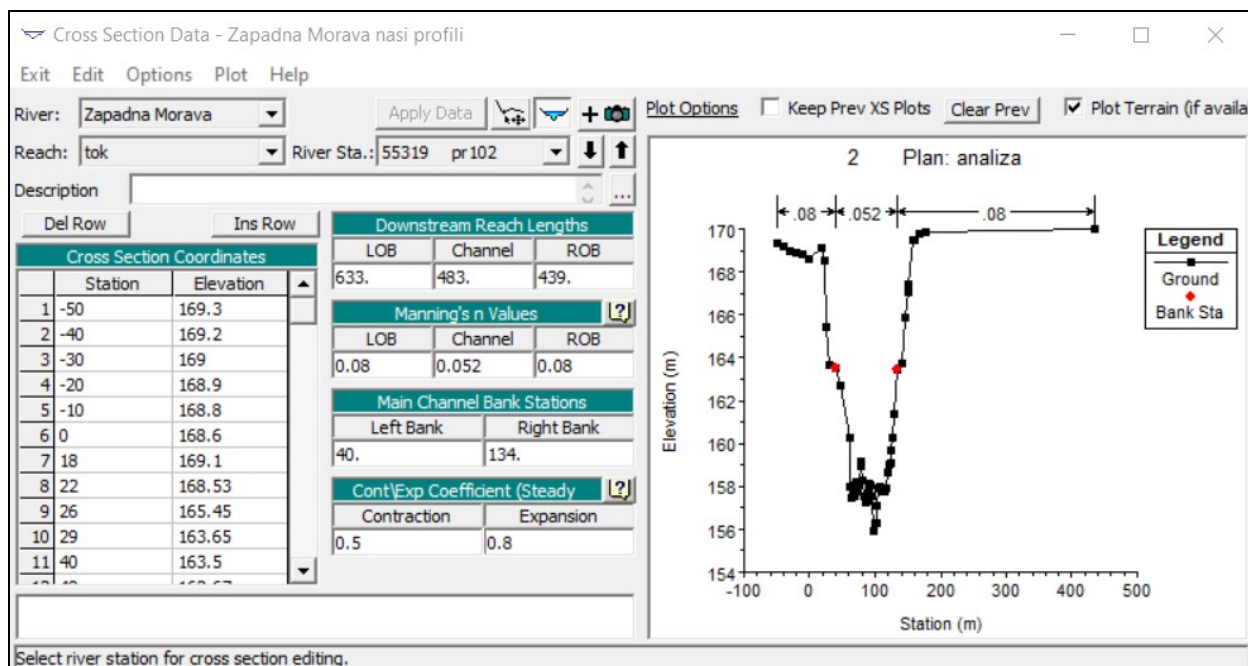
## 2 ULAZNI PODACI

### 2.1 MORFOLOŠKI PODACI

Од морфолошких података изабрано је 83 попречна профила који су снимљени на просечном растојању од 500m. Приказани профил на Сlici 2. се односи на HS Trstenik (профил 102, стационажа км 55+319), и садржи све потребне податке на основу којих се потпуно дефинише геометрија речног неопходна за хидрауличке и псамолошке прорачуне.

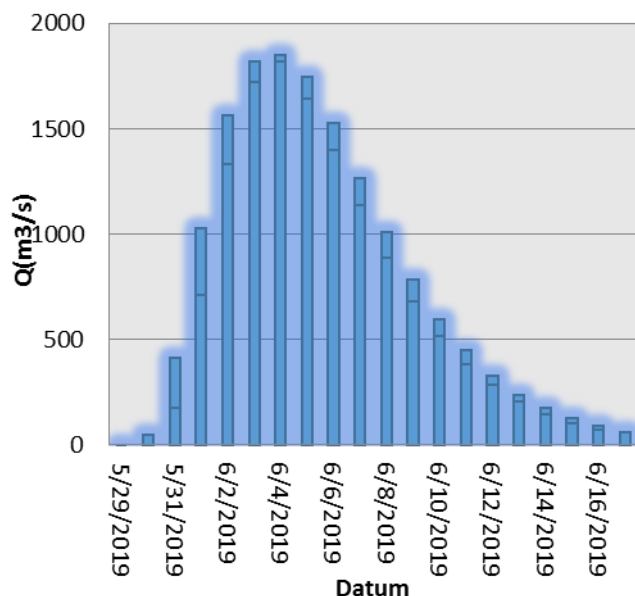
### 2.2 GRANIČNI USLOVI

У хидрауличким и псамолошким моделима кључни корак је избор исправаног смера прорачуна (у зависности од режима течења) а потом задаванје адекватаног граничног услова. Како је хидраулички прорачун спроведен у условима квази нестационарног струјања потребно је задати узводни гранични услов који је у овом раду дефинисан преко хидрограма отицаја и низводни гранични услов који је дефинисан преко криве протока.



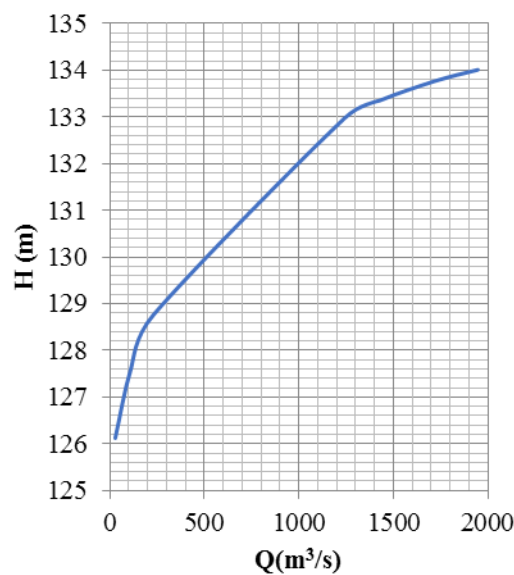
Slika 2 – Prikaz poprečnog profila 102 u geometrijskom modulu programa HEC-RAS

Hidrogram je definisan na osnovu podataka na HS Trstenik. Za proračune kvazi nestacionarnog strujanja korišćeni su podaci merenih proticaja u periodu od 29.05.2019.god. do 17.06.2019.god., sa vremenskim intervalom od 12h. Tako je definisan hidrogram sa svim elementima Q, W i T (pikom, zapreminom i bazom, respektivno) i prikazan na Slici 3.



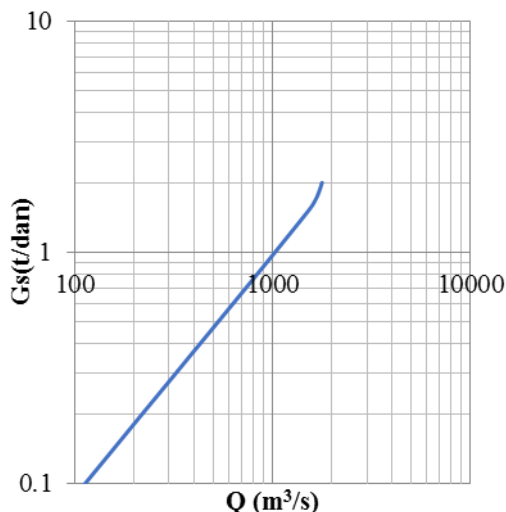
Slika 3 – Hidrogram oticaja na HS Trstenik

Kriva protoka pokazuje odnos između nivoa vode i proticaja reke (Slika 3). Definisana je srednja kriva na profilu HS Jasika.



Slika 4 – Kriva protoka na profilu HS Jasika

Kriva zavisnosti nanosa od protoka (Slika 5) je uvek dobar izbor za definisanje uzvodnog graničnog uslova pri psamološkim proračunima [3] i ako je jako teško odrediti tu zavisnost. Naime, količine nanosa zapravo zavise od broja bujičnog dotoka a ne od veličine protoka [4]. Prikazana kriva je kalibrisana na osnovu merenja iz 2007. godine [5]. Korišćeni su podaci o srednjim,  $Q_{sr}=103,501 \text{ m}^3/\text{s}$ , i velikim vodama,  $Q_{2\%}=1536 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $Q_{1\%}=1781 \text{ m}^3/\text{s}$  na HS Trstenik.

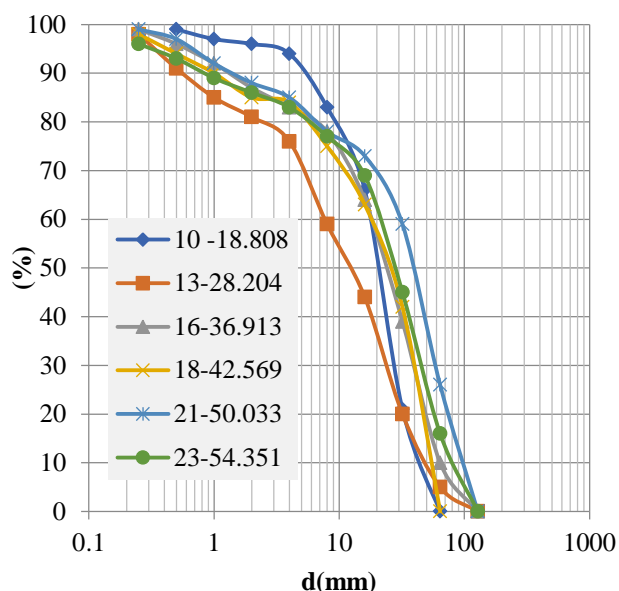


Slika 5 – Krivazavisnosti nanosa od protoka nanosa

### 2.3 PSAMOLOŠKE PODLOGE

Psamološke podloge (podaci o nanosu) prikazane su u obliku granulometrijskih krivih i promena granulometrijskog sastava nanosa duž vodotoka, koje su potrebne za proračun transportnog kapaciteta za vučeni i suspendovani nanos.

Krive granulometrijskog sastava koje su očitavane za potrebe ove analize definisane su na stacionažama km18+808, km28+204, km36+913, km42+569, km50+033, km54+351, (Slika 6) pri čemu svaka od njih predstavlja reprezentativnu krivu za profile koji se nalaze nizvodno od nje.



Slika 6 – Granulometrijske krive nanosa [4]

### 3 MODELIRANJE U HEC-RASU

HEC-RAS je program koji koristi 1D i 2D modele u uslovima ustaljenog, neustaljenog ili kvazi nestacionarnog strujanja vode u otvorenim vodotocima [2]. Program može da obrađuje složene geometrije, uključujući prirodne kanale nepravilnih poprečnih preseka, kao i građevinske objekte poput mostova, preliva, propusta i brana. On takođe uključuje alate za modeliranje transporta nanosa i kvaliteta vode [6]. Analiza pronosa nanosa i deformacije rečnog korita je urađena u verziji 6.1.0.

U prvom koraku podešava se geometrija za hidraulički proračun u uslovima kvazi nestacionarnog strujanja. Ovakva geometrija se potom u psamološkom modelu mora prilagoditi zakonitostima kretanja nanosa i obično zahteva njeno uprošćavanje.

Za potrebe proračuna transporta nanosa i opšte deformacije rečnog korita korišćene su dve kombinacije jednačina za proračune, čiji izbor inače predstavlja veliki problem projektantima i istraživačima [7]:

- Varijanta I - Mayer-Peter-Milera (transport vučenog nanosa) i formula Toffaleti (brzina tonjenja čestice nanosa).
- Varijanta II – Toffaleti (pronos vučenog nanosa) i formula Van-Rijna (brzina tonjenja čestice nanosa).

### 3.1 TRANSPORTNE FUNKCIJE

#### 3.1.1 MPM

Empirijska jednačina koja daje dobre rezultate na našim aluvijalnim vodotocima. Koristi pristup definisanja uslova pokretanja nanosa preko kritičnog tangencijalnog napona,  $\tau_{kr}$  preko izraza (1) [8].

$$\frac{\tau_{kr}}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot d} \approx const \approx 0,047 \quad (1)$$

Gde je:

$\rho_s$  - gustina nanosa = 2650 (kg/m<sup>3</sup>),

$\rho$  - gustina vode (kg/m<sup>3</sup>),

$g$  – gravitaciono ubrzanje (m/s<sup>2</sup>),

$d$  – srednji prečnik zrna nanosa (m).

Na osnovu zavisnosti između intenziteta transporta i Šildsovog broja, dobijena je jednačina za pronos vučenog nanosa (2),  $g_v$  (kg/ms):

$$g_v = C_{mp}(\tau_0 - \tau_{kr})^{3/2} \quad (2)$$

Gde je:

$\tau_{kr}$  – kritični tangencijalni napon (kN/m<sup>2</sup>),

$\tau_0$  – vučna sila toka koja se računa iz izraza (3):

$$\tau_0 = \left(\frac{n_r}{n}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{Q_s}{Q}\right) \cdot \rho \cdot g \cdot \bar{h} \cdot J_e \quad (3)$$

$n_r$  – koeficijent rapavosti koji se računa:

$$n_r = \frac{d_{90}^{1/6}}{26} \quad (4)$$

$n$  – koeficijent rapavosti po Manningu (m<sup>-1/3</sup> s),

$Q_s$  – protok koji utiče na transport nanosa (m<sup>3</sup>/s),

$\bar{h}$  – srednja dubina (m),

$J_e$  – pad linlinije energije

$C_{mp}$  računa se iz izraza (5) [9]:

$$C_{mp} = \frac{a^{-3/2}}{g\sqrt{\rho}} \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho_s - \rho}\right) \quad (5)$$

### 3.1.2 Toffaleti

Toffaleti [10] daje potpuno drugačiji pristup proračunu pronosa nanosa u odnosu na pristupe koji posmatraju uticaj vučne sile toka na česticu nanosa (kao kod jednačine MPM). Posebno je pogodna za proračun aluvijalnih vodotokova sa peskovitim dnom zato što se transport nanosa procenjuje na osnovu efekata tečenja na udeo suspendovanog i vučenog nanosa [11].

Tofaleti deli vodeni stub na četiri vertikalne zone i izračunava koncentraciju svake zone jednostavnom aproksimacijom. Funkcija zatim izračunava transport u svakoj od zona na osnovu referentnog jediničnog pronosa nanosa“  $M_i$ . [12]

$$M_i = \frac{G_{ss}(1+n_v-0,756z_i)}{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{1+n_v-0,76z_i} - (2d_{si})^{1+n_v-0,76z_i}} \quad (6)$$

$$z_i = \frac{\omega V}{(260,67 - 0,667)rS} \quad (7)$$

$$n_v = 0,1198 - 0,000048T \quad (8)$$

Gde je:

$T$  – temperatura,

$V$  - je 1D prosečna brzina vode po dubini,

$r$  - puna prosečna dubina vode,

$S$  - nagib reke,

$d_{si}$  - veličina čestica zrna “ $i$ ”,

$w_i$  - brzina tonjenja određene klase zrna “ $i$ ”

$p_i$  - je frakcija te klase zrna,

## 3.2 BRZINA TONJENJA ČESTICE

### 3.2.1 Toffaleti

Toffaleti predstavlja tabelu brzina tonjenja čestica sa faktorom oblika od 0,9 i specifičnom težinom od 2,65. Toffaletijeve brzine su predstavljene u tabeli 12-6 u [11].

### 3.2.2 Van Rijn

Za određivanje brzine tonjenja pojedinačne čestice u mirnoj vodi neograničene zapremine, mogu se koristiti približni obrasci pored nomograma i tabela. U ovom radu korišćen je Van Rijnov obrazac [9]:

$$W = \begin{cases} g \cdot \Delta \cdot d^2 / (18v) & : 1 < d < 10^2 \mu m \\ \frac{10v}{d} \left[ \left( 1 + \frac{0,0 \cdot g \cdot \Delta \cdot d^3}{v^2} \right)^{-0,5} - 1 \right] & : 10^2 < d < 10^3 \mu m \\ 1,1(g \cdot \Delta \cdot d)^{0,5} & : d > 10^3 \mu m \end{cases} \quad (9)$$

Gde je:

$\Delta$  – relativna gustina,

$d$  – srednja krupnoća suspendovanog nanosa,

$v$  – kinematski koeficijent viskoziteta.

## 3.4 DEFORMACIJA REČNOG KORITA

Opšta deformacija rečnog korita nastaje usled prirodnog uzajamnog dejstva rečnog toka i rečnog korita, na dužoj rečnoj deonici, ali i usled antropogenog dejstva prilikom izmena morfologije i/ili režima nanosa. Može se zaključiti da je deformacija posledica skupa uticaja.



Na deonici između uzvodnog profila (i) i nizvodnog profila (i+1) se, na osnovu razlike ulaza i izlaza nanosa u određenom periodu vremena, računa promena kote dna ( $\Delta z_i$ ) [1]:

$$\Delta z_i = \frac{(g_{s,i} - g_{s,i+1}) + (g_{b,i} - g_{b,i+1})}{\Delta x_i g \rho_s} \quad (10)$$

Gde je:

$g_s$  – pronos suspendovanog nanosa (kg/s),

$g_b$  – pronos vučenog nanosa (kg/s),

$\Delta x$  – dužina deonice (m),

$\Delta t$  – period za koji se računa deformacija korita.

Ako su količine nanosa koje ulaze na rečnu deonicu veće od izlaznih, rečno korito se zasipa i deformacija ima pozitivan znak, smanjuje se proticajni profil. U suprotnom se korito erodira i deformacija ima negativan znak, korito povećava proticajnu površinu.

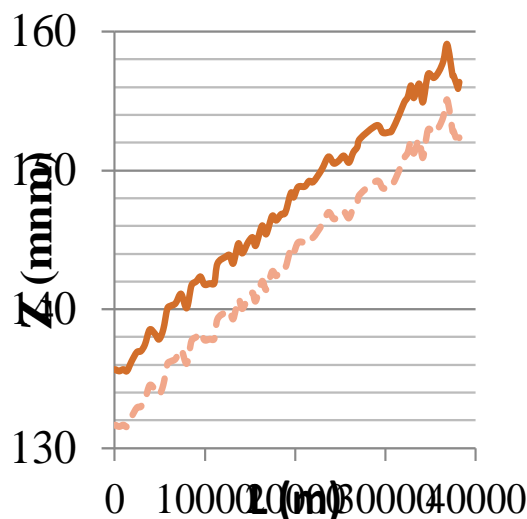
Opšta deformacija korita u zonama mostova javlja se kao posledica smanjenja proticajnog profila za velike vode. Ovaj vid opšte deformacije prolazi kroz ciklične promene – erozija je izražena tokom velikih voda, dok se korito zasipa u periodu malih voda. [1]

#### 4 REZULTATI I DISKUSIJA

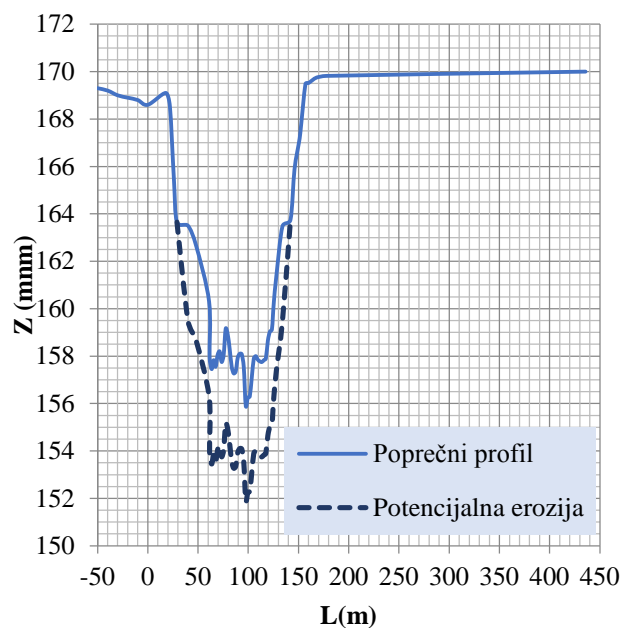
Na osnovu proračuna, primenom varijanti iz poglavlja 3 dobijeni su rezultati, koji će u nastavku biti prikazani u vidu dijagrama, slika i tabela. Na Slikama 7. i 8. punom linijom prikazano je rečno dno dok je isprekidanom tačkastom linijom prikazano rečno dno nakon pretpostavljene potencijalne erozije. Pretpostavljena dubina erozije je 4m.

Računski inkrement promene rečnog dna u posmatranom vremenskom intervalu, na uzvodnom i nizvodnom profilu mosta u Trsteniku (km 54+786 i 54+772.9) prikazan je na slikama 9 i 10 za varijante I i II proračuna respektivno.

Rečno dno na uzvodnom profilu mosta u Trsteniku, primenom jednačina MPM-Toffaleti, ukazuje na zasipanje korita nanosom, dok primenom jednačina Toffaleti – Van Rijn, pokazuje blagu eroziju dna korita. Na osnovu dobijenih rezultata, poređenjem varijanti na Slikama 9 i 10 uočava se da metoda MPM-Toffaleti daje realnije vrednosti. Nizvodni profil Trsteničkog mosta, primenom obe kombinacije jednačina, ukazuje na erodiranje dna rečnog korita.



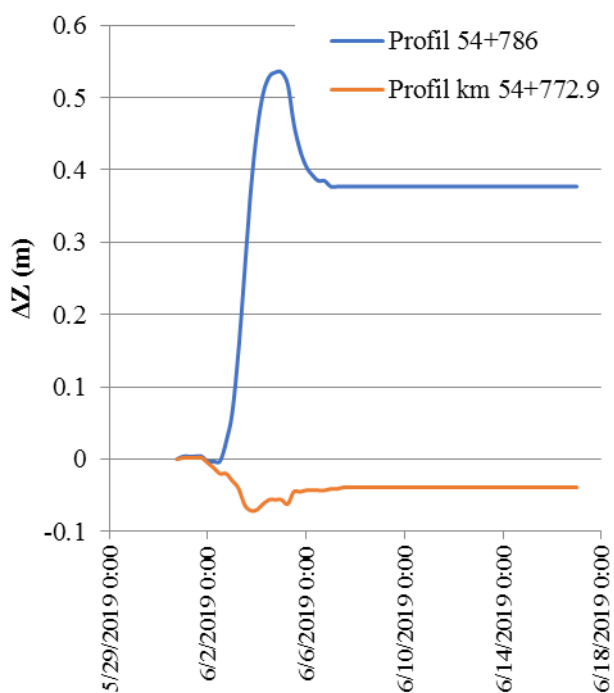
Slika 7 – Podužni profil razmatrane deonice sa pretpostavljenom dubinom erozije za obe varijante



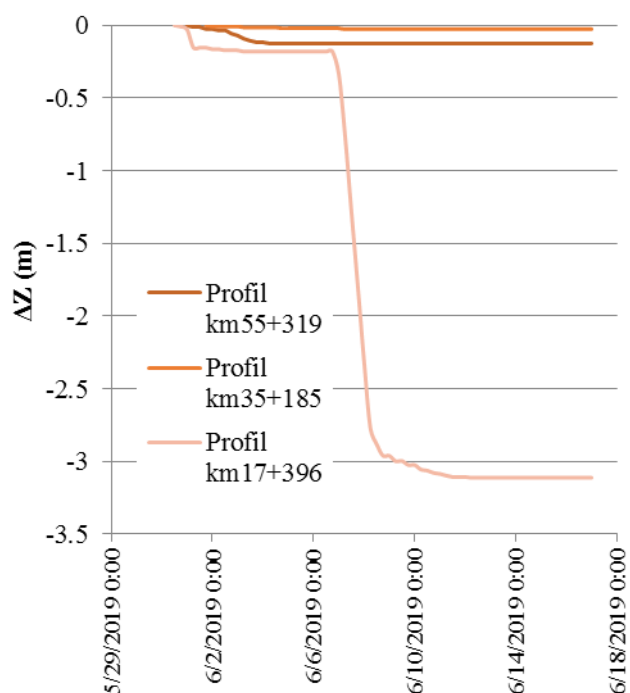
Slika 8 – Poprečni profil ( km 55+319) sa pretpostavljenom zonom erozije

Promena rečnog dna u posmatranom vremenskom intervalu, na uzvodnom, srednjem i nizvodnom profilu koji su definisani apsolutnim stacionažama prikazana je na Slikama 11 i 12 za varijante I i II proračuna respektivno.

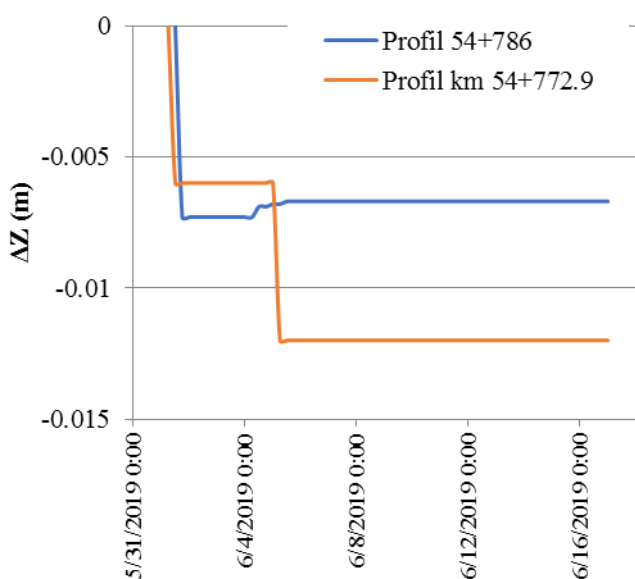
Na osnovu dobijenih rezultata, poređenjem varijanti, na slikama 11 i 12 konstatuje se da Toffaleti-Van Rijn daje realnu sliku deformacije.



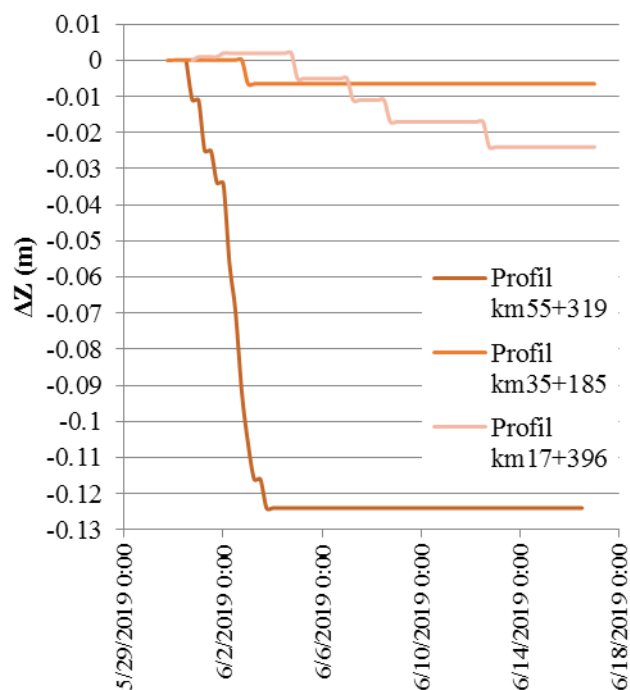
Slika 9 – Inrement promene rečnog dna (MPM-Toffaleti)



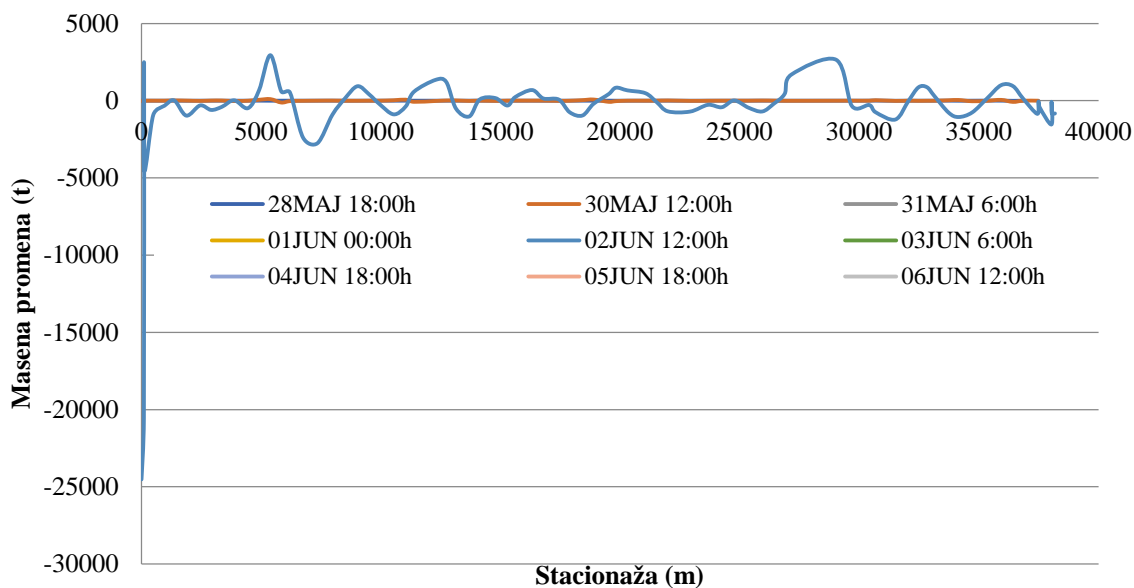
Slika 11 – Deformacija rečnog dna (MPM-Toffaleti)



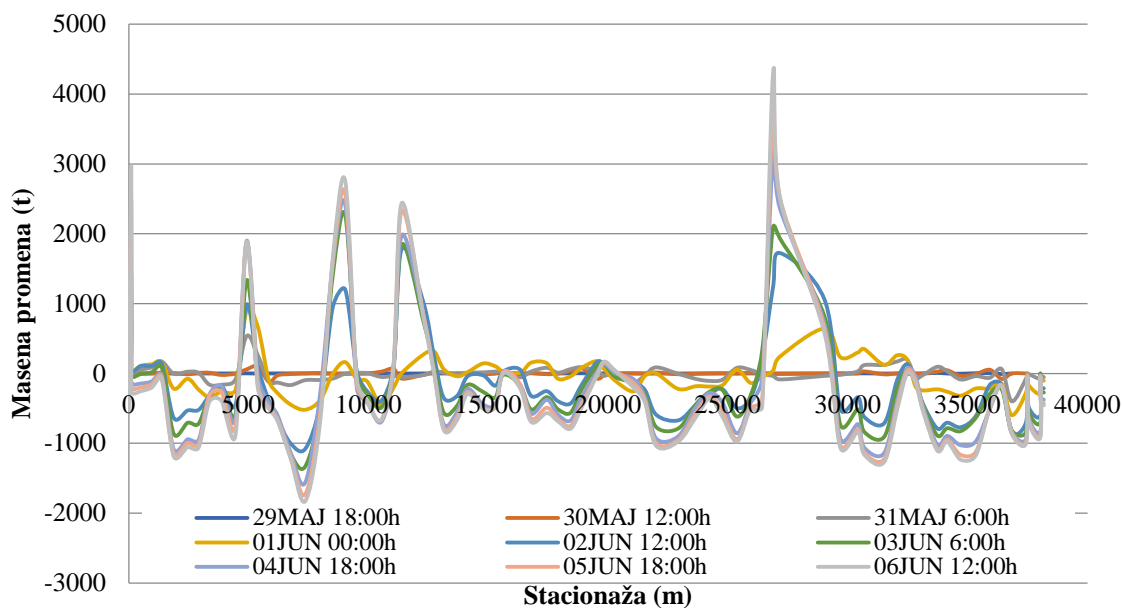
Slika 10 – Inrement promene rečnog dna (Toffaleti-Van Rijn)



Slika 12 – Deformacija rečnog dna (Toffaleti-Van Rijn)



Slika 13 – Hronologija promene dna rečnog korita (MPM-Toffaleti)



Slika 14 – Hronologija promene dna rečnog korita (Toffaleti-Van Rijn)

Transportni kapacitet vodotoka za nanos na razmatranoj deonici Zapadne Morave prikazan je na podužnim profilima (Slike 13 i 14) za varijante I i II proračuna, respektivno.

Na osnovu dobijenih rezultata, poređenjem varijanti, na slikama 13 i 14 može se konstatovati da

varijanta I daje realnije i očekivane rezultate. U tabelama 1 i 2 prikazani su karakteristični profili za ocenu stanja rečnog korita u karakterističnim vremenskim presecima.

**Tabela 1 - Vrednosti hidroloških parametara po MPM – Toffaleti**

Stacionaža	Datum	Q	Z <sub>dna</sub>	Z <sub>Q</sub>	I <sub>e</sub>	V	A	B	Fr	$\tau$
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)		(N/m <sup>2</sup> )
28672 pr55	29May2019 1200	0.33	143.29	143.4	0.0804	0.69	0.48	10.72	1.04	35.29
28672 pr55	04Jun2019 0000	1848.8	143.3	149.51	0.0003	0.78	4523.1	3410.2	0.12	10.09
28672 pr55	16Jun2019 1200	74.66	143.31	145.22	0.0011	0.73	102.8	86.79	0.21	13.24
51434 pr95	29May2019 1200	0.33	154.92	156.35	0	0.01	33.8	52.12	0	0
51434 pr95	04Jun2019 0000	1848.8	154.89	163.91	0.001	2.2	1288	321.4	0.26	67.06
51434 pr95	16Jun2019 1200	74.66	154.88	158.39	0.0002	0.46	162.58	67.67	0.09	4.2
17283.88	29May2019 1200	0.33	135.65	135.83	0.0522	0.8	0.41	6.52	1.02	32.14
17284.88	04Jun2019 0000	1848.5	131.65	136.29	0.0134	6.15	300.66	77.95	1	485.54
17285.88	16Jun2019 1200	74.66	131.65	132.63	0.024	2.36	31.66	55.49	1	133.57

**Tabela 2 - Vrednosti hidroloških parametara po Toffaleti – Van Rijn**

Stacionaža	Datum	Q	Z <sub>dna</sub>	Z <sub>Q</sub>	I <sub>e</sub>	V	A	B	Fr	$\tau$
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)		(N/m <sup>2</sup> )
28672 pr55	29May2019 1200	0.33	143.29	143.4	0.0804	0.69	0.48	10.72	1.04	35.29
28672 pr55	04Jun2019 0000	1848.8	143.3	149.21	0.0004	0.91	3913.7	3335.6	0.15	14.37
28672 pr55	16Jun2019 1200	74.66	143.3	145.22	0.0011	0.72	103.53	86.87	0.21	13.03
51434 pr95	29May2019 1200	0.33	154.92	156.35	0	0.01	33.8	52.12	0	0
51434 pr95	04Jun2019 0000	1848.8	154.91	163.91	0.001	2.2	1287.1	321.39	0.26	67.22
51434 pr95	16Jun2019 1200	74.66	154.91	158.39	0.0002	0.47	160.53	67.59	0.1	4.32
17283.88	29May2019 1200	0.33	135.65	135.83	0.0522	0.8	0.41	6.52	1.02	32.14
17284.88	04Jun2019 0000	1848.8	135.63	140.15	0.0138	5.57	331.91	104.91	1	421.53
17285.88	16Jun2019 1200	74.66	135.45	136.42	0.0243	2.36	31.58	55.67	1	134.33

Na osnovu primenjenih varijanti analiza, profil na stacionaži km 28+672 predstavlja stabilan profil i u pogledu režima vode i u pogledu režima nanosa te regulacione mere nisu potrebne. Slične rezultate pokazuje i profil na km 51+434, dok se na profilu na stacionaži km 17+283.88 (nizvodni profil mosta u Jasici) uočava buran režim (Tabele 1 i 2), što znači da je regulacija ovog dela vodotoka neophodna u cilju stabilizacije rečnog korita a samim tim i konstrukcije mosta.

Kako obe metode proračuna ukazuju na pojavu erozije dna na ovom profilu (Slike 14 i 15), regulaciona mera u ovom slučaju podrazumeva kontrolu brzine toka i dubine vode.

Postavljanje rečnog praga nizvodno od mosta sprovodi se iz navedenih razloga, a za posledicu ima sprečavanje dalje erozije korita i zasipanje nastale depresije.

## 5 ZAKLJUČAK

Pod uređenjem prirodnog vodotoka podrazumeva se proces primene planskih aktivnosti na izmeni trase, karakteristika rečnog korita ili režima toka kojima se [1]:

- planski smanjuju štete od poplava i drugih nepovoljnih procesa na vodotoku,

- obezbeđuju uslovi za racionalno korišćenje vodotoka za plovidbu, vodosnabdevanje, hidroenergetiku, hidromelioracije, rekreaciju i druge potrebe,
- štiti i unapređuje životna sredina.

Specifičnost uređenja prirodnih vodotoka kao hidrotehničke discipline je u tome što posle izvođenja radova sledi odgovor prirode, koji pokazuje stepen uspešnosti projektovanih i izvedenih radova.

Istraživanje [13] pokazuje da hidrauličko oblikovanje rečnog korita ima značajan uticaj na eroziju i/ili istaložavanje nanosa. Narušavanje prirodnog režima vodotoka, radovima u koritu ima za posledicu pokretanje morfoloških procesa koji će se dešavati sve dok se ne uspostavi novo ravnotežno stanje. Rešavanje problema u ovoj oblasti hidrotehnike zahteva znanje, iskustvo, inženjersku intuiciju, a obavezno je korišćenje poznatih saznanja iz brojnih naučnih disciplina kao što su: mehanika fluida, statistika, hidraulika, hidrologija, geologija, geodezija i mehanika tla.

Kako regulacione radove po pravilu karakteriše veliki utrošak materijala, radne snage i energije, određivanje optimalnih regulacionih elemenata je jedan od osnovnih ciljeva u izradi projekta uređenja vodotoka. Takođe, regulacione elemente treba definisati tako da se u što manjoj meri narušava životna sredina.

Ovom analizom utvrđena je mera regulacije postavljanja praga na profilu koji se nalazi nizvodno od mosta, radi regulisanja režima tečenja a samim tim i sprečavanja potencijalne erozije dna. Osim ove mere, treba imati u vidu da konkavne obale treba uvek štiti obaloutvrdama kako ne bi došlo do pojave erodiranja i urušavanja obale krivine.

U izboru regulacionih elemenata se koristi više pristupa, zavisno od cilja koji treba postići radovima.

Upoređujući primenjene varijante analiza može se zaključiti da metoda MPM-Toffaleti daje rezultate bliže realnom stanju.

U osnovi svih pristupa stoji princip da se regulacionim merama ne može postići ništa što je suprotno prirodi vodotoka, ukoliko se suštinski ne menja prirodni režim.

Ovim radom je utvrđena preciznija metodologija simulacije morfoloških procesa kao i regulacione mere na lokacijama gde su neophodne radi stabilizacije korita i održavanja prirodnog režima vodotoka.

## LITERATURA

- [1] Babić Mladenović Marina: **Uređenje vodotoka.** Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2018.
- [2] Ilić Aleksandra, Ilić Ilija, Radivojević Dragan, Radivojević Borko: **River training works with the aim of fluvial processes control through the sediment transport and deformation of the river bed analysis.** *The International Conference Synergy of Architecture & Civil Engineering SINARG, Proceedings Volume 2*, Faculty of Civil Engineering and Architecture Niš and Serbian Academy of Sciences and Arts – Branch Niš, pp. 701-712, 2023.
- [3] Asselman N.E.M.: **Fitting and interpretation of sediment rating curves.** *Journal of Hydrology*, Volume 234, Issues 3–4, Pages 228-248, ISSN 0022-1694, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00253-5).
- [4] Petković Slobodan, Ljuljić Milanko: **Sedimentation of small reservoir on a torrent stream.** *Voda i sanitarna tehnika*, XL(2) 31-46, 2010.
- [5] Babić Mladenović Marina, Dimkić Milan: **Generalni projekat uređenja Zapadne Morave.** Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2008.
- [6] USACE Hydrologic Engineering Center: **1D Sediment Transport User's Manual.** v. 6.0, 2023.
- [7] Lazović Nerma, Hadžić Emina: **Odabir metode za pronos nanosa u proračunu opšte deformacije reke Željeznice.** *Vodoprivreda*, 0350-0519, Vol. 50, No. 291-293, p.145-155, 2018.
- [8] Meyer-Peter, E., Muller, R.: **Formulas for Bed Load Transport.** *Proceedings of 2nd meeting of the International Association for Hydraulic Structures Research*, Delft, pp. 39-64, 7 June 1948.
- [9] Jovanović Miodrag: **Regulacija reka.** Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2008.
- [10] Toffaleti Fred B.: **A Procedure for computation of total river sand discharge and detailed distribution, bed to surface.** *Technical Report No. 5*, Committee on Channel Stabilization, U.S. Army Corps of Engineers, 1968.
- [11] Haschenburger J. K. Curran Joanna: **Sediment Transport Modeling of Reach Scale Geomorphic Processes.** *Final Report for TWDB*, Contract No 0904830899, 2012.
- [12] USACE Hydrologic Engineering Center: **1D Sediment Transport Technical Reference.** v. 6.0, 2023.
- [13] Radivojević Borko, Radivojević Dragan, Ilić Aleksandra: **Uticaj hidrauličkog oblikovanja korita reke Nišave u Nišu na režim pronosa i istaložavanja nanosa.** *Zbornik radova Građevinsko-Arhitektonskog fakulteta*, br. 37, str. 25-36, 2022.

## ASPEKTI OPTIMIZACIJE ŠEME GRADILIŠTA PRIMENOM GENETSKIH ALGORITAMA

Nenad Stojković<sup>1</sup>

**Rezime:** U ovom radu je predstavljena u literaturi jedna od najrasprostranjenijih heurističkih metoda koje se primenjuju za rešavanje problema optimizacije šeme gradilišta – Genetski Algoritam (GA). Analizirani su glavni aspekti optimizacije primenom GA i izvršena sistematizacija bitnih faktora koji utiču na sam postupak optimizacije od kojih zavisi mogućnost primene algoritma na različite probleme iz prakse. On ujedno predstavlja sažeti pregled relevantnih istraživanja u oblasti optimizacije šeme gradilišta primenom GA.)

**Ključne reči:** šema gradilišta, optimizacija, genetski algoritam, heurističke metode

## ASPECTS OF THE GENETIC ALGORITHM CONSTRUCTION SITE LAYOUT OPTIMIZATION

**Abstract:** This paper analyzes one of the most widespread heuristic methods applied to the optimization of the construction site layout - Genetic Algorithm (GA). The main aspects of optimization using GA were analyzed and the important factors that influence the optimization process, and on which the possibility of applying the algorithm to various problems from practice depends, were systematized. The paper also presents a brief overview of the relevant research in the field of site layout optimization using GA.

**Key words:** construction site layout, optimization, genetic algorithm, heuristic method

---

<sup>1</sup> Dr, Profesor strukovnih studija, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, [nenad.stojkovic@akademijanis.edu.rs](mailto:nenad.stojkovic@akademijanis.edu.rs)

### 1 UVOD

Konvencionalno rukovođenje građevinskim projektima podrazumeva rešavanje različitih problema odlučivanja u najvećoj meri zasnovano na iskustvu osoba odgovornih za upravljanje samim procesom izgradnje. Kod ovakvog pristupa, kvalitet odlučivanja zavisi i od kapaciteta odgovornog lica da sagleda i procesuiraju sve faktore koji utiču na odvijanje samog procesa, što sa porastom složenosti gradilišta postaje znatno teži zadatak. Savremeno građevinarstvo zahteva promenu načina razmišljanja ka takozvanom "pametnom pristupu" [1], [2]. Primenom računara mogu se obezbediti tačne i pouzdane procene i omogućiti donošenje odluka u upravljanju građenjem zasnovanih na obradi svih relevantnih informacija, naročito u pogledu upravljanja procesima koji se odvijaju na samom gradilištu [3], [4].

Planiranje šeme gradilišta je jedna od ključnih faza u procesu planiranja izgradnje koja podrazumeva pažljivo i strateško organizovanje i pozicioniranje privremenih objekata, opreme i građevinskih operacija kako bi se optimizovala produktivnost, bezbednost i efikasnost tokom celog projekta. Značaj planiranja šeme gradilišta ne sme biti zanemaren, jer direktno utiče na uspeh projekta. Ono se obično sprovodi kao optimizacioni problem kako bi se odredio optimalni raspored privremenih objekata (npr. smeštajnih prostora, gradilišnih kancelarija, zona za skladištenje materijala i njihove obrade) [5], odgovarajuće raspodele prostora za građevinsku opremu [6] i efikasnih planova za staze na gradilištu [7], uzimajući u obzir sva ograničenja gradilišta. Greške u ljudskim odlukama u ovom segmentu mogu dovesti do prekoračenja troškova, problema sa bezbednošću i kašnjenja [8], [9] i u velikoj meri umanjiti efikasnost projekta.

Sve veća izgrađenost utiče na ograničenje veličinu gradilišta [10]. Iz tog razloga često dolazi do gubitka vremena ili zastoja zbog sve kompleksnijih interakcija među različitim aktivnostima [11]. Ova ograničenja dodatno otežavaju optimizaciju šeme gradilišta [12]. Iako se šeme gradilišta mogu planirati na osnovu prethodnog iskustva, zbog kompleksnosti i velikog broja promenljivih koje treba uzeti u obzir primena računara i savremenih metoda programiranja se još od početka njihovog ubrzanog razvoja nameće kao najadekvatnije sredstvo optimizacije. Još 70-ih godina prošlog veka zabeleženi su prvi primeri rešavanja problema raspoređivanja privremenih objekata uz pomoć računara [13]. Nakon toga razvijani su različiti

modeli optimizacije, koji su primenjeni ili ih je moguće primeniti na problemu optimizacije šeme gradilišta. Iako imaju isti cilj – određivanje optimalnog rasporeda objekata na gradilištu – oni se po više aspekata razlikuju. U literaturi je dostupan veći broj istraživanja u kojima su autori na različite načine pristupali različitim problemima: načinu reprezentacije šeme gradilišta, generisanju inicijalnog rešenja, faktorima koji se uzimaju u obzir tokom optimizacije, ograničenjima vezanim za položaje pojedinačnih objekata i odnosima između objekata, metodi optimizacije šeme gradilišta, interpretaciji rešenja i dr. Ono što je zajedničko kod različitih istraživanja je da se u svim slučajevima težilo što bržem pronalaženju što boljeg rešenja. Važnost povećanja brzine rešavanja problema raste sa porastom broja objekata na gradilištu koje je neophodno rasporediti, što se može ilustrovati činjenicom da u slučaju od 10 različitih objekata i potencijalnih lokacija na gradilištu postoji 3628800 različitih rešenja [14]. Jedan od najznačajnijih faktora koji utiču na brzinu optimizacije predstavlja primenjeni optimizacioni postupak.

Značajan broj istraživanja u prošlosti je bio posvećen razvoju realističnih modela za optimizaciju planiranja šeme gradilišta. Primenjivane su različite tehnike koje generalno možemo svrstati u dve kategorije: metode matematičke optimizacije i heurističke metode [15]. Za razliku od matematičkih postupaka optimizacije, koji su osmišljeni da daju apsolutno optimalna rešenja, heurističkim metodama se dobijaju dovoljno dobra, ali ne i najoptimalnija rešenja. One se zasnivaju na stručnom znanju i iskustvu, a u poslednje vreme i na konceptima veštačke inteligencije. Najveći problem pristupa matematičke optimizacije leži u tome što sa porastom složenosti gradilišta opada mogućnost njihove primene zbog potrebe za izuzetno složenim proračunima. Stoga je druga kategorija jedini realno primenljiv pristup za optimizaciju kompleksnih projekata iz prakse.

U literaturi je dostupan veliki broj istraživanja primenom heurističkih metoda, između kojih postoje značajne razlike u posmatranju problema optimizacije, ali i matematičkoj, odnosno numeričkoj formulaciji istog. U ovom radu je predstavljena u literaturi jedna od najrasprostranjenijih heurističkih metoda koja se primenjuje za optimizaciju šeme gradilišta – Genetski Algoritam (GA). Analizirani su glavni aspekti optimizacije primenom GA i izvršena sistematizacija bitnih faktora koji utiču na sam postupak optimizacije, a od kojih zavisi mogućnost primene algoritma na različite aspekte uspešnosti projekta. On ujedno

predstavlja sažet pregled dostupnih istraživanja u oblasti optimizacije šeme gradilišta primenom GA.

## 2 GENETSKI ALGORITMI

Genetski algoritmi koriste nasumičnu, ali usmerenu pretragu kako bi pronašli globalno optimalno rešenje [16]. Pored toga, oni primenjuju inteligentnu pretragu za pronalaženje rešenja iz gotovo beskrajnog broja mogućih rešenja. Zasnovani su na Darwinovoj teoriji o postanku vrsta i prirodnoj evoluciji i Mendelovim zakonima koji su se pojavili krajem devetnaestog veka, a sam princip rada zasnovan je na biologiji – tačnije genetici [17]. Suštinski posmatrano, osnov za primenu principa genetskog nasleđivanja u optimizaciji šeme gradilišta jeste način predstavljanja problema raspoređivanja objekata na raspoloživom prostoru u okviru samog gradilišta. Naime, ako se svakom od  $n$  objekta dodeli jedna od  $n$  raspoloživih lokacija, uređen zapis njihovih položaja koji se formira u obliku niza podseća na genetski materijal – hromozom. Svaka uređena  $n$ -torka položaja objekata predstavlja jednu jedinku u ukupnoj populaciji mogućih rešenja, čiji je kvalitet neophodno iskazati. Za određivanje kvaliteta jedinke definiše se funkcija cilja, koja zavisi od konkretnog problema koji se rešava, odnosno cilja samog procesa optimizacije. Odabir strukture hromozoma i funkcije cilja predstavljaju prvi korak, nakon čega je moguće sprovesti sam postupak optimizacije, zasnovan na principima evolucije.

Populacija jedinki, odnosno određeni broj nasumično ili ciljano odabranih mogućih rešenja, predstavlja generaciju, iz koje se principom genetskog nasleđivanja formiraju sledeće generacije. Sam proces optimizacije predstavlja težnju da se iz generacije u generaciju poboljšava vrednost funkcije cilja svake jedinke, a samim tim i celokupne generacije. To se postiže ukrštanjem postojećih jedinki uz primenu tzv. genetskih operatora: operator selekcije, operator ukrštanja i operator mutacije.

Operator selekcije oponaša proces prirodne selekcije, pri čemu jedinke sa boljom vrednošću funkcije cilja dobijaju veću šansu za reprodukciju. Operator ukrštanja vrši ukrštanje hromozoma, tako što se od dve jedinke, roditelja, razmenom njihovih genetskih materijala dobijaju potomci sledeće generacije. Ovakvim ukrštanjem, uz simultanu primenu operatora selekcije i ukrštanja, dolazi se do uzastopnog gubitka genetskog materijala, što može dovesti do rešenja koje predstavlja samo lokalni optimum. To se može izbeći primenom operatora

mutacije, koji oponaša situaciju pojave „čudnog“ potomka za koga će se ispostaviti da je genije [15]. Ovakva jedinka u daljem procesu neće biti eliminisana, već će učestvovati u stvaranju narednih generacija, i samim tim odvesti rešenje od lokalnog optimuma. Postupak optimizacije se završava kada on konvergira ka određenom rešenju, za koje se smatra da je optimalno ili približno optimalno. To se manifestuje tako što se razlika vrednosti funkcije cilja uzastopnih generacija smanji do te mere da ona bude u okviru određene, unapred definisane granice.

U literaturi je prisutno dosta varijacija GA u oblasti optimizacije šeme gradilišta, ali njihov opšti oblik, predstavljen u vidu pseudokoda je sledeći [17], [18]:

### **Ulaz**

*Veličina populacije,  $n$*

*Kriterijum zaustavljanja GA.*

### **Izlaz**

*Globalno najbolje rešenje*

### **Početak**

*Generisanje inicijalne populacije  $n$  hromozoma  $Y_i(i=1,2,\dots,n)$ .*

*Izračunavanje vrednosti funkcije cilja za svaki od hromozoma.*

*while not kriterijum zaustavljanja*

*Izbor para hromozoma inicijalne populacije zasnovan na vrednosti funkcije cilja.*

*Primena operatora selekcije.*

*Primena operatora ukrštanja.*

*Primena operatora mutacije.*

*Endwhile*

*Štampanje izlaznih podataka*

### **Kraj**

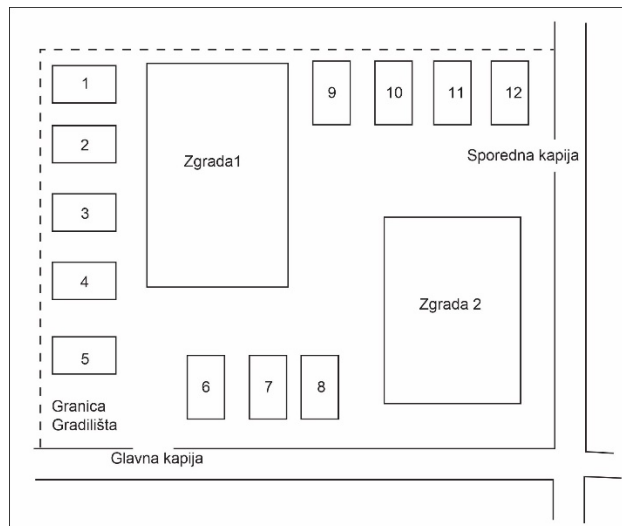
## 3 MODELOVANJE PROSTORA

### 3.1 MODELOVANJE GRADILIŠTA

Optimizacija položaja objekata na gradilištu je zasnovana na kvantifikaciji određenih parametara i krajnjoj evaluaciji analiziranog rešenja, odnosno njegovom poređenju sa ostalim rešenjima. Kako na sam cilj optimizacije najčešće najveći uticaj problem transporta, odnosno pređenog puta, neophodno je definisati način na koji će rastojanje između objekata biti računato. U tom smislu, rastojanje između referentnih tačaka objekata u određenom koordinatnom sistemu jednostavno je naći. Međutim, problem dodeljivanja prostora objektima na gradilištu dodatno se komplikuje razmatranjem da li je konkretan objekat moguće postaviti na određenoj lokaciji. Da bi to bilo moguće analizirati, sam prostor



gradilišta mora biti predstavljen u određenom formatu. U literaturi je ovo pitanje tretirano na različite načine, koji se mogu razvrstati u tri različita sistema: sistem predodređenih lokacija, mrežni sistem i kontinualni sistem.

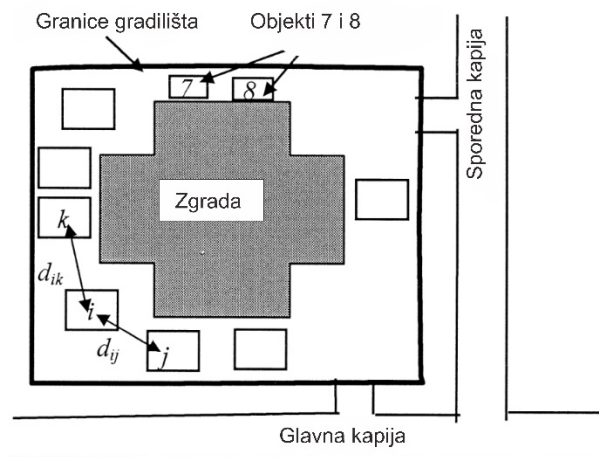


Slika 1 – Sistem predodređenih lokacija položaja – lokacije jednakih površina [19]

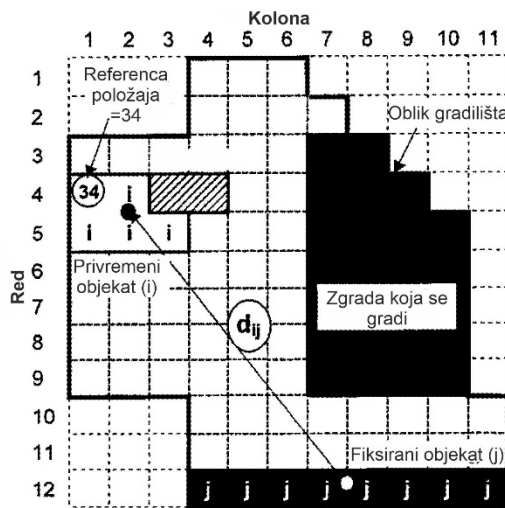
Sistem predodređenih lokacija predstavlja najjednostavniji pristup, i najčešće se može sresti u ranijim istraživanjima [14], [16], [19]–[21]. U suštini, on problem šeme gradilišta svodi na problem dodeljivanja objekata raspoloživim lokacijama. U tom smislu problem može biti sagledan na više nivoa kompleksnosti. Najjednostavniji vid problema podrazumeva da se svi objekti mogu postaviti na svakoj od raspoloživih lokacija (Slika 1). Kod složenijih problema, na određenim lokacijama mogu biti smešteni samo neki od objekata (Slika 2 – objekti 7 i 8), što se kao ograničenje mora uneti u algoritam optimizacije. Kompleksniji pristup donosi realnije sagledavanje problema, ali usložnjava problem optimizacije i povećava vreme potrebno za dobijanje rešenja.

U mrežnom sistemu prostor gradilišta je podeljen na jednake elementarne delove – ćelije (Slika 3), postavljene u ortogonalnu mrežu [22]–[25]. Predstavljen na ovaj način, čitav prostor gradilišta postaje raspoloživ za raspoređivanje objekata. Primena GA se u ovom pristupu odnosi na nejednak broj mogućih lokacija i objekata koje u njih treba smestiti. Kako se u procesu traženja rešenja objekti mogu postaviti i na mestima na kojima oni ne smeju biti, najčešće zbog neadekvatnosti njihovog položaja u odnosu na neki drugi objekat, ovaj pristup podrazumeva istovremenu primenu različitih tipova

ograničenja. I on može imati različit nivo kompleksnosti. U najjednostavnijem slučaju, u pojedinačnu ćeliju može biti smešten svaki od objekata. Veličina ćelije se u ovom slučaju definiše prema veličini najvećeg objekta. Složeniji slučajevi podrazumevaju da se objekat smešta u više ćelija, pri čemu on može imati nepravilan, različito orijentisan oblik. U složenijim slučajevima, referenciranje objekata se pridaje posebna pažnja, pri čemu oznaka njihovog položaja zavisi od položaja referentne tačke i samog oblika objekta. Primer koji ilustruje ovaj problem se može pronaći u [25].



Slika 2 – Sistem predodređenih lokacija položaja – pristup nejednakih površina [21]



Slika 3 – Predstavljanje prostora gradilišta mrežnim sistemom

Modelovanje gradilišta kao kontinualnog prostora (Slika 4) približava problem realnosti, ali u velikoj meri komplikuje proces traženja optimalnog rešenja. Stoga je često neophodno primeniti složenije

algoritme kako bi se prostorna ograničenja mogla adekvatno primeniti. Manji broj radova u kojima je prostor gradilišta posmatran kao kontinuum primenjuje GA za rešavanje problema optimizacije [26]–[28].

### 3.2 MODELOVANJE OBJEKATA

Pod objektima se u smislu modelovanja gradilišta smatra širi pojam od konvencionalnog shvatanja objekta. On predstavlja potrebu za zauzećem prostora u nekom vremenskom intervalu u bilo kom trenutku u toku trajanja projekta. Pod objektima se mogu smatrati privremeni objekti, prostori za skladištenje materijala, ali i pristupni putevi ili prostori u kojima će se u nekom trenutku odvijati određena aktivnost [29], a koji ne predstavljaju deo samog objekta koji se gradi. Pri tome treba imati na umu da se isti mogu smestiti i u okviru samog objekta koji se gradi, i kasnije se ukloniti, što je karakteristično za tzv. fazne ili dinamičke šeme gradilišta [12], [25], [30]. U privremene objekte spadaju kancelarije, privremeni liftovi, portirnice, i ostali objekti kojim se osoblje na gradilištu konstantno ili povremeno služi. Ostali zahtevi za obezbeđivanjem prostora su vezani za građevinsku mehanizaciju, skladištenje građevinskog materijala, odvijanje određenog radnog procesa (npr. armirački pogon), komunikaciju (pristupni i gradilišni putevi), kao i prirodne i druge prepreke (drveće, postojeći objekti koji se ne ruše i sl.).

Geometrija objekata može biti modelovana na različite načine: bez oblika, približnog oblika i tačnog oblika. Prvi pristup je karakterističan za modelovanje gradilišta sistemom predodređenih lokacija, jer isti ne zahteva podatak o geometriji objekta, već samo informaciju da li može biti smešten na određenoj lokaciji. Modelovanjem približne geometrije u obliku kvadrata ili pravougaonika [27], [31] moguće je izvršiti racionalnije raspoređivanje istih na gradilištu. Pri tome moguće je i uzeti u obzir i njihovu orijentaciju u prostoru [30], [32], što u prethodnom pristupu nije bio slučaj. Uzimanje u obzir tačnog oblika objekata može biti sprovedeno u dva stepena tačnosti. Prvi se vezuje za mrežni sistem prostora gradilišta, gde je objekat predstavljen pomoću nekoliko ćelija, i može imati nepravilan oblik [22], [33]. Sa druge strane, tačna predstava u okviru gradilišta modelovanog kao kontinualni prostor predstavlja veoma zahtevan problem, za čije se rešavanje se primenjuju kompleksniji algoritmi [34] i koji zahteva značajno više vremena za rešenje problema.

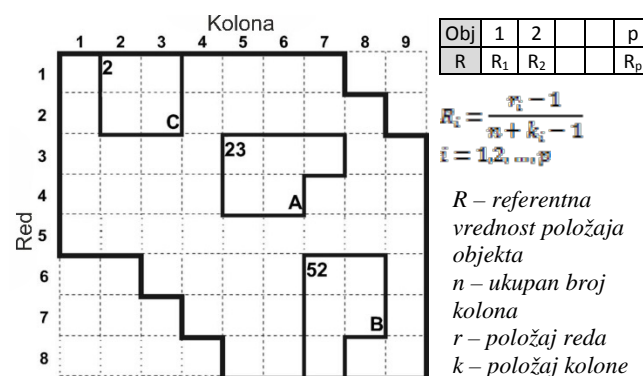
## 4 ASPEKTI OPTIMIZACIJE PRIMENOM GA

### 4.1 KODIRANJE HROMOZOMA

Polazna tačka za primenu GA pri optimizaciji šeme gradilišta je odabir kodiranja - načina na koji će rešenje biti predstavljeno (formata hromozoma). On zavisi od prirode problema i faktora koji se uzimaju u obzir prilikom optimizacije. U literaturi je prisutno više različitih tipova kodiranja, sumiranih u [18], kao što su binarno, oktavno, permutaciono, vrednosno i dr. Dva tipa kodiranja koji se najčešće sreću pri rešavanju problema optimizacije šeme gradilišta primenom GA su permutaciono i vrednosno. U ranijim radovima u ovoj oblasti, zbog svoje jednostavnosti, češće je primenjivano permutaciono kodiranje [16], [21]. Ono je pogodno za probleme raspoređivanja objekata u sistemu predodređenih lokacija (Tabela 1). Vrednosno kodiranje je karakteristično za slučajeve u kojima se u obzir uzima i geometrija objekata [15], [24], [31], [35]. Određenom funkcijom transformacije, položaj određenog objekta u unapred definisanom koordinatnom sistemu, njegov oblik i orijentacija se pretvaraju u određenu vrednost, za svaki od objekata (Slika 4). Od tih vrednosti se, po tačno definisanom redosledu, formira niz koji predstavlja jedan hromozom. Na tako formiranoj populaciji hromozoma se primenjuju operatori GA.

Tabela 1- Format permutacionog kodiranja [16]

Objekat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lokacija	5	3	8	7	4	2	11	1	6	9	10

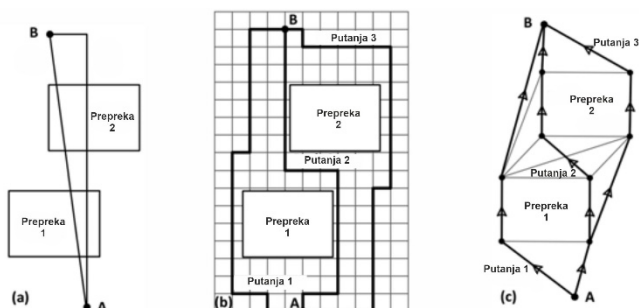


Slika 4 – Primer vrednosnog kodiranja [15]

### 4.2 ODREĐIVANJE NAJKRAĆE/OPTIMALNE PUTANJE IZMEĐU OBJEKATA

U građevinarstvu, sprovođenje aktivnosti zahteva različite resurse (radnu snagu, materijal i opremu),

koji se neprekidno kreću između različitih lokacija na gradilištu. Optimizacija šeme gradilišta se u najvećoj meri svodi na minimizaciju ukupnog pređenog puta. Pri tome se i ostali aspekti optimizacije najčešće svode takođe na problem pređenog puta uz primenu različitih težinskih faktora kojim se kvantifikuje kvalitet određene putanje u skladu sa odabranim kriterijumom. Za planiranje i optimizaciju građevinskih operacija, potrebno je identifikovati odgovarajuće položaje i adekvatne putanje između objekata na gradilištu. U literaturi je primenjeno nekoliko pristupa za određivanje putanja kretanja između dve tačke koji su detaljno sumirani u [36]–[38]. Ovi pristupi se mogu kategorisati u dve kategorije: pronalaženje najkraćeg puta; i pronalaženje optimalnog puta.



Slika 5 – Metode određivanja najkraćeg puta [38]

Najjednostavniji metod za pronalaženje najkraćeg puta između dva objekta je direktnim računanjem rastojanja pomoću koordinata njihovih referentnih tačaka, pri čemu se usvaja dijagonalno ili ortogonalno kretanje između njih (Slika 5a). Međutim ovaj pristup ne uzima u obzir eventualnu koliziju puta i okolnih objekata. To se može učiniti primenom složenijih metoda, kao što su mrežna metoda (Slika 5b) i metoda grafova vidljivosti (Slika 5c).

Pronalaženje optimalnog puta zahteva primenu složenih algoritama, kao dopunskih algoritmu optimizacije šeme gradilišta. Neki od najpoznatijih algoritama primenjenih u literaturi kao dopuna GA su Dijkstrin algoritam [39], A\* algoritam [40] i dr.

Ovo je pitanje kome se skoro u svakom istraživanju u oblasti optimizacije šeme gradilišta pridavala posebna pažnja, pri čemu su se proračunu optimalnog puta, najčešće preko težinskih faktora, pridodavali drugi aspekti optimizacije, kao što su bezbednost [41], zaštitna životne sredine [15], troškovi transporta [41] i dr.

### 4.3 FUNKCIJA CILJA

Fukcija cilja predstavlja suštinu primene GA u svrhu optimizacije šeme gradilišta. Njome se kvantifikuje realna vrednost određene jedinice populacije, i predstavlja kriterijum optimizacije. To je aspekt u kome se implementira praktično iskustvo, jer nisu svi kriterijumi optimizacije realno merljivi. Neki od njih mogu da se kvantifikuju, ali ne mogu tačno da se predvide, već su stvar iskustvene procene. Drugi su kvalitativnog karaktera, i njihova primena zavisi od iskustva procenjivača, kako u pogledu procene njihovog kvalitativnog uticaja na organizaciju procesa gradnje, tako i u pogledu njihovog kvantitativnog uticaja na rešenje koje se dobija primenom GA. U najjednostavnijim primerima, funkcija cilja kao minimalna vrednost ukupnog pređenog puta za određenu šemu gradilišta bi mogla biti predstavljena jednačinom

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n w_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

gde je  $w_{ij}$  težinski faktor, npr. frekventnost komunikacije između objekata pod rednim brojem  $i$  i  $j$  [16], a  $d_{ij}$  dužina puta između njih. Ovaj proizvod se neretko naziva i ukupnom cenom komunikacije između objekata.

U nekim slučajevima je neophodno da dva objekta budu neposredno jedan uz drugi, kao npr. portirnica i ulazna kapija. Čak i ako im je pozicija fiksirana, zbog svog odnosa sa drugim objektima oni ne mogu biti izuzeti iz proračuna. U tim slučajevima se funkcija cilja može modifikovati. To se uglavnom vrši ekstremno velikim težinskim faktorima, ali i uvođenjem faktora zasnovanih na više parametara. Primer za to je sledeći izraz [42]

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ij} d_{kl} x_{ik} x_{jl} \quad (2)$$

gde je  $C_{ij}$  indeks blizine koji uzima u obzir ukupan uticaj koji blizina dva objekta ima na odvijanje procesa građenja. U ovom slučaju  $x_{ik}$  i  $x_{jl}$  su binarne promenljive, vezane za kodiranje hromozoma, koje označavaju da se objekat  $i$  nalazi na lokaciji  $k$  a objekat  $j$  na lokaciji  $l$ . U literaturi se za vrednosti indeksa blizine mogu pronaći preporuke zasnovane na kvalitativnom ocenjivanju važnosti međusobne blizine dva objekta [15], [25], prikazane u tabeli 2.

Tabela 2 – Konvencionalne vrednosti indeksa blizine

Kvalitativna ocena	Indeks blizine	
	[15]	[25]
Apsolutno neophodno	7776	10 <sup>5</sup>
Izuzetno važno	1296	10 <sup>4</sup>
Važno	216	10 <sup>3</sup>
Normalne važnosti	36	10 <sup>2</sup>
Nevažno	6	10 <sup>1</sup>
Nepoželjno	1	10 <sup>0</sup>

Sama funkcija cilj, predstavlja jedan od najraznovrsnijih aspekata optimizacije šeme gradilišta primenom GA. Same formulacije modela se često u manjoj ili većoj meri razlikuju. U novije vreme, one se usložnjavaju sa ciljem da podrže proces višekriterijumske optimizacije. Karakteristični primeri funkcija cilja sistematizovani su u [38] i prikazani u tabeli 3.

Kako se u tabeli 3 može videti, funkcija cilja u najvećoj meri zavisi direktno od težinski faktorisanih rastojanja između objekata. Međutim, u nekim istraživanjima je ukazano da ovaj pristup ima svoje nedostatke [43], [44]. Naime, vrednost težinskog faktora može jedino uticati na cenu unutrašnjeg transporta ili ostale pokazatelje koji se mogu direktno povezati sa pređenim putem između dve lokacije. Međutim, na ovaj način se zanemaruje uticaj rastojanja na efikasnost samog projekta – kašnjenje u dopremanju materijala bezbednosne rizike ukrštanja određenih puteva i sl. – što pogotovo može biti izraženo kod projekata koji sadrže aktivnosti promenljive dinamike. Takođe, ovaj pristup analizira samo rastojanja između objekata, zanemarujući uticaj njihove veličine na produktivnost i ekonomičnost projekta. Naime, povećanje veličine objekata kao što su privremena skladišta materijala može imati uticaj na ostale objekte na gradilištu, ali i na troškove eksternog skladištenja materijala, dodatno vreme dopremanja istog i sl. Takođe, u realnosti, određeni efekat rastojanja između dva objekta, izražen kroz težinske faktore ne može uzeti u obzir prestanak njegovog uticaja za rastojanja veća od graničnih. Ovo je karakteristično za promenu uticaja udaljenosti od kрана na opasnost od padajućih objekata. U [43], autori su ovaj nedostatak nadomestili uvođenjem višekriterijumske optimizacije primenom GA pri čemu su posebno računali vrednost funkcije cilja sa aspekta funkcionalnost i aspekta koštanja projekta, kao i njihov odnos.

Tabela 3 – Formulacije f-je cilja GA optimizacije [38]

Ref.	Funkcija cilja	Napomena
[45]	$\frac{1}{2} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n W_{ij} d_{ij}$	$d$ – rastojanje između objekata $W$ – težinski faktor
[46]	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} d_{ij}$	$f$ – intenzitet komunikacije između objekata $d$ – rastojanje između objekata
[38]	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} R_{ij}$	$R_{ij}$ – indeks blizine $d$ – rastojanje između objekata
[20]	$\sum_j \sum_k T Q_{jk} C_{jk}$	$T$ – vreme puta kuke $Q$ – količina prenosa materijala $C$ – jed. cena prenosa materijala
[47]	$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^q T C L_{mkij}$	$TCL$ – ukupna cena transporta materijala
[34]	$\sum_{i=2}^n \sum_{j=i-1}^{n-1} D_{ij} W_{ij} + P_c + P_s + P_a + \sum_{i=1}^n R C_i$	$D_{ij}$ – rastojanje $W_{ij}$ – indeks blizine $P_{c,s,z,bz}$ – kazneni poeni za povredu prostora $R C_i$ – troškovi relokacije
[48]	$w_1 f_1 + w_2 f_2$	$f_1$ – ukupna cena $f_2$ – komponenta bezbednosti i zaštite životne sredine $w_{1,2}$ – težinski faktori u vezi sa $f_1$ i $f_2$

U literaturi su težinske funkcije često korišćene za formulaciju ograničenja (constraints) [34], [35], [43].

Pri tome su uvek razvrstavana u dve kategorije: meka i tvrda ograničenja. U tvrda ograničenja spadaju ona koja moraju biti zadovoljena po svaku cenu. Ukoliko nisu zadovoljena, analizirano rešenje se smatra neizvodljivim. Primer za to je ograničenje da položaj i orijentacija objekata moraju biti takvi da su oni celom svojom površinom smešteni unutar granica gradilišta, kao i da se ne preklapaju. Sa druge strane, meka ograničenja mogu biti zadovoljena do određene mere. Tu spadaju ograničenja vezana za udaljenost dva objekta, veličinu objekata i tzv. isključujuća ograničenja. Isključujuća ograničenja su zapravo binarnog karaktera i ona predstavljaju situacije kada nakon određene granice (npr. udaljenosti ili blizine dva objekta) položaj određenog objekta prestaje da ima uticaj na vrednost funkcije cilja.

#### 4.4 VREMENSKA DIMENZIJA

U toku realizacije projekta sa protokom vremena se mogu menjati potrebe za vrstom radova i karakteristikama prostora u kome će se on, kao i prateće aktivnosti povezane sa njim, odvijati. Tako, optimalna šema gradilišta u jednoj fazi projekta može predstavljati neadekvatno rešenje za drugu fazu. Sa druge strane, u realnosti se ne može implementirati različita optimalna šema za svaku od faza projekta. Za to bi bilo neophodno vršiti kompletnu reorganizaciju prostora, što iziskuje dodatne troškove i vreme, i utiče na efikasnost i ekonomičnost samog projekta. Zbog toga je ove promene poželjno uzeti u obzir u samom postupku optimizacije. To podrazumeva određivanje optimalnog položaja objekata uzimajući u obzir sve faze, kao i uticaj premeštanja objekata kako na troškove, tako i na druge aspekte organizacije procesa izgradnje.

U dosadašnjim istraživanjima se u okviru optimizacije šeme gradilišta primenom GA mogu izdvojiti tri različita pristupa ovom problemu: statički, fazni i dinamički. Detaljna razmatranja o ovim pristupima se mogu pronaći u [36].

Najjednostavnije, statičko planiranje ne uzima u obzir promene koje se tokom vremena dešavaju u realizaciji projekta. Ovakav pristup može biti opravdan u slučajevima kada u toku realizacije projekta nema mnogo promena, a ima dosta raspoloživog prostora [7]. U realnosti ovo često nije slučaj, pogotovo u projektima koji se realizuju u gusto naseljenim područjima, gde je površina gradilišta često mala u odnosu na površinu objekta koji se gradi.

U faznom pristupu [33], [41], [49], realizacija projekta izgradnje se deli na više faza. Faze su poredane hronološkim redom. Objekti čije je

postojanje neophodno u više faza se prenose iz prethodne faze u narednu sa fiksnim položajem, pri čemu je moguće predvideti i njihovo premeštanje sa promenom faze. Ovaj pristup predstavlja značajan napredak u odnosu na statičko planiranje. Međutim, fazno planiranje podrazumeva da su svi objekti prisutni sve vreme trajanja jedne faze, što u realnosti ne mora biti slučaj. Vremenski intervali u kojima je postojanje određenih objekata neophodno se u realnosti preklapaju nepravilnije, što može iziskivati detaljnije planiranje vremenskog zauzeća prostora od faznog pristupa – dinamičko planiranje.

U dinamičkom pristupu, vreme postojanja određenog objekta na određenom prostoru se uzima realno, nezavisno od faze realizacije projekta. Nakon prestanka potrebe za tim objektom, prostor ostaje slobodan za smeštanje drugih objekata. Za razliku od fazne optimizacije, u dinamičkom pristupu se optimizacija vrši za ceo period trajanja projekta, uzimajući u obzir promene koje nastaju u toku vremena. U dostupnoj literaturi ima vrlo malo istraživanja u kojima je implementirano dinamičko planiranje primenom metoda GA, i ova oblast predstavlja značajan prostor za sprovođenje daljih istraživanja.

## 5 ZAKLJUČAK

Zbog velikog broja faktora od kojih zavisi proces izgradnje objekata u građevinarstvu, postojeći modeli optimizacije šeme gradilišta značajno se razlikuju po osnovnim pretpostavkama, a samim tim i po mogućnostima njihove primene. Širok spektar pretpostavki i promenljivih u dostupnim modelima čini sprovedene komparativne analize među njima gotovo nemogućom misijom. U ovom radu su predstavljeni najznačajniji aspekti optimizacije šeme gradilišta primenom genetskih algoritama. Iako je i u ovoj oblasti dostupan veliki broj istraživanja koja na različite načine pristupaju problemu optimizacije, uočeni su zajednički elementi koji su analizirani uz ukazivanje na relevantne primere iz literature. Odabrana istraživanja koja ilustruju analizirane aspekte ne predstavljaju detaljni pregled literature, što nije bio cilj ovog rada, već reprezentativne izvore u kojima se mogu pronaći detaljnije analize i razmatranja kao osnova za primenu GA u cilju optimizacije šeme gradilišta i dalji razvoj u ovoj oblasti. Ukazano je na prednosti i nedostatke određenih pristupa primenjivanih na različite ciljeve optimizacije. Pri tome, istaknuta je univerzalnost

određenih parametara koji mogu biti primenjeni na različite probleme optimizacije.

Ono što se takođe može primetiti u dostupnim istraživanjima je da svaki od primenjenih modela implementira određena pojednostavljena, dok se u pojedinim aspektima koncentrišu na detalje koji veoma realno predstavljaju probleme iz prakse. Imajući to u vidu, kao i činjenicu da praktična primena razvijenih modela GA, kao najznačajnijih u oblasti optimizacije šeme gradilišta još uvek nije našla masovnu primenu u praksi, u budućnosti se može očekivati značajan razvoj u ovoj oblasti.

## LITERATURA

- [1] Wang Q., Tan Y., Mei Z.: **Computational Methods of Acquisition and Processing of 3D Point Cloud Data for Construction Applications.** *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 27, no. 2, pp. 479–499, Apr. 2020, doi: 10.1007/s11831-019-09320-4.
- [2] Niu Y., Lu W., Chen K., Huang G.G., Anumba C.: **Smart Construction Objects.** *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 30, no. 4, Jul. 2016, doi: 10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000550.
- [3] Kim C., Park T., Lim H., Kim H.: **On-site construction management using mobile computing technology.** *Autom Constr*, vol. 35, pp. 415–423, 2013, doi: 10.1016/j.autcon.2013.05.027.
- [4] Rohani M., Shafabakhsh G., Haddad A., Asnaashari E.: **Strategy management of construction workspaces by conflict resolution algorithm and visualization model.** *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 25, no. 8, pp. 1053–1074, Sep. 2018, doi: 10.1108/ECAM-08-2016-0183.
- [5] Easa S.M., Asce M., Hossain K.M.A.: **New Mathematical Optimization Model for Construction Site Layout.** *J Constr Eng Manag*, vol. 134, no. 8, pp. 653–662, 2008, doi: 10.1061/ASCE0733-93642008134:8653.
- [6] Hammad A. W. A., Rey D., Akbarnezhad A.: **A mixed-integer nonlinear programming model for minimising construction site noise levels through site layout optimisation.** in *31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, ISARC 2014 - Proceedings*, University of Technology Sydney, 2014, pp. 722–729. doi: 10.22260/isarc2014/0098.
- [7] Sadeghpour F., Andayesh M.: **The constructs of site layout modeling: An overview.** *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 42, no. 3, pp. 199–212, Jan. 2015, doi: 10.1139/cjce-2014-0303.
- [8] Liao T. W., Egbelu P. J., Sarker B. R., Leu S.S.: **Metaheuristics for project and construction management - A state-of-the-art review.** *Autom Constr*, vol. 20, no. 5, pp. 491–505, Aug. 2011, doi: 10.1016/j.autcon.2010.12.006.
- [9] Vilventhan A., Kalidindi S.N.: **Interrelationships of factors causing delays in the relocation of utilities: A cognitive mapping approach.** *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 23, no. 3, pp. 349–368, May 2016, doi: 10.1108/ECAM-10-2014-0127.
- [10] Kumar S.S., Cheng J.C.P.: **A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites.** *Autom Constr*, vol. 59, pp. 24–37, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.autcon.2015.07.008.
- [11] Song X., Xu J., Shen C., Peña-Mora F.: **Conflicts resolution based construction temporary facilities layout planning in large-scale construction projects.** *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 43, no. 9, pp. 783–801, May 2016, doi: 10.1139/cjce-2015-0144.
- [12] Cheng M-Y., Chang N.W.: **Dynamic construction material layout planning optimization model by integrating 4D BIM.** *Eng Comput*, vol. 35, no. 2, pp. 703–720, Apr. 2019, doi: 10.1007/s00366-018-0628-0.
- [13] Moore J.M.: **Facilities Design with Graph Theory and Strings.** *The International Journal of Management Science*, vol. 4, no. 2, pp. 193–203, 1976.
- [14] Yeh I.-C.: **Construction-Site Layout Using Annealed Neural Network.** *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 201–208, 1995.
- [15] Sanad H.M., Ammar M.A., Ibrahim M.E.: **Optimal Construction Site Layout Considering Safety and Environmental Aspects.** *J Constr Eng Manag*, vol. 134, no. 7, pp. 536–544, 2008, doi: 10.1061/ASCE0733-93642008134:7536.
- [16] Li H., Love P.E.D.: **Site-level facilities layout using genetic algorithms.** *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 12, pp. 227–231, 1998.
- [17] Barović D.: **Oblikovanje i pozicioniranje objekta primenom numeričke optimizacije u cilju poboljšanja njegovih performansi u kontekstu energetske efikasnosti.** *Doktorska disertacija*, Univerzitet "Union - Nikola Tesla," 2018.
- [18] Katoch S., Chauhan S.S., Kumar V.: **A review on genetic algorithm: past, present, and future.** *Multimed Tools Appl*, vol. 80, no. 5, pp. 8091–8126, Feb. 2021, doi: 10.1007/s11042-020-10139-6.
- [19] Mawdesley M.J., Al-Jibouri S.H.: **Proposed genetic algorithms for construction site layout.** *Eng Appl Artif Intell*, vol. 16, no. 5–6, pp. 501–509, Aug. 2003, doi: 10.1016/j.engappai.2003.09.002.
- [20] Tam C. M., Tong T. K. L., Chan W. K. W.: **Genetic Algorithm for Optimizing Supply Locations around Tower Crane.** *Journal of*

- Construction Engineering and Management*, vol. 127, no. 4, pp. 315–321, 2001.
- [21] Li H., Love P.E.D.: **Genetic search for solving construction site-level unequal-area facility layout problems**. 2000. [Online]. Available: [www.elsevier.com/locate/autcon](http://www.elsevier.com/locate/autcon)
- [22] Hegazy T., Elbeltagi E.: **EvoSite: Evolution-Based Model for its layout planning**. *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 13, no. 3, pp. 198–206, 1999.
- [23] Elbeltagi E.: **Simplified spreadsheet solutions: A model for site layout planning**. *Cost Engineering*, vol. 42, no. 1, pp. 24–30, 2000 [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/291768736>
- [24] Osman H.M., Georgy M.E., Ibrahim M.E.: **A hybrid CAD-based construction site layout planning system using genetic algorithms**. in *Automation in Construction*, Nov. 2003, pp. 749–764. doi: 10.1016/S0926-5805(03)00058-X.
- [25] Elbeltagi E., Asce M., Hegazy T., Eldosouky A.: **Dynamic Layout of Construction Temporary Facilities Considering Safety**. *J Constr Eng Manag*, vol. 130, no. 4, pp. 534–541, 2004, doi: 10.1061/ASCE0733-93642004130:4534.
- [26] Zouein P.P., Asce A.M., Harmanani H., Hajar A.: **Genetic Algorithm for Solving Site Layout Problem with Unequal-Size and Constrained Facilities**. *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 16, no. 2, pp. 143–151, 2002, doi: 10.1061/ASCE0887-3801200216:2143.
- [27] El-Rayes K., Asce M., Khalafallah A.: **Trade-off between Safety and Cost in Planning Construction Site Layouts**. *Journal of Construction Engineering*, vol. 131, no. 11, pp. 1186–1195, 2005, doi: 10.1061/ASCE0733-93642005131:111186.
- [28] Khalafallah A., Hyari K.H.: **Optimization Parameter Variation: Improving Biobjective Optimization of Temporary Facility Planning**. *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 32, no. 5, Sep. 2018, doi: 10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000780.
- [29] Mawdesley M.J., Saad, Al-Jibouri H., Yang H.: **Genetic Algorithms for Construction Site Layout in Project Planning**. *J Constr Eng Manag*, vol. 128, no. 5, pp. 418–426, 2002, doi: 10.1061/ASCE0733-93642002128:5418.
- [30] Said H., El-Rayes K.: **Performance of global optimization models for dynamic site layout planning of construction projects**. *Autom Constr*, vol. 36, pp. 71–78, 2013, doi: 10.1016/j.autcon.2013.08.008.
- [31] Duong C., Peansupap V.: **A Development of Optimization Model for Construction Site Layout Planning Using Genetic Algorithm**. in *Proceedings of The 28th National Convention on Civil Engineering*, 2023, p. CEM30/1-CEM30/9.
- [32] El-Rayes K., Asce M., Said H.: **Dynamic Site Layout Planning Using Approximate Dynamic Programming**. *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 23, no. 2, pp. 119–127, 2009, doi: 10.1061/ASCE0887-3801200923:2119.
- [33] Elbeltagi E., Hegazy T., Hosny A. H., Eldosouky A.: **Schedule-dependent evolution of site layout planning**. *Construction Management and Economics*, vol. 19, no. 7, pp. 689–697, Nov. 2001, doi: 10.1080/01446190110066713.
- [34] Abotaleb I., Nassar K., Hosny O.: **Layout optimization of construction site facilities with dynamic freeform geometric representations**. *Autom Constr*, vol. 66, pp. 15–28, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2016.02.007.
- [35] Zhou F., AbouRizk S.M., AL-Battaineh H.: **Optimisation of construction site layout using a hybrid simulation-based system**. *Simul Model Pract Theory*, vol. 17, no. 2, pp. 348–363, Feb. 2009, doi: 10.1016/j.simpat.2008.09.011.
- [36] Andayesh M., Sadeghpour F.: **A comparative study of different approaches for finding the shortest path on construction sites**. in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2014, pp. 33–41. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.526.
- [37] Rahman M.M., Bobadilla L., Mostafavi A., Carmenate T., Zanlongo S.A.: **An Automated Methodology for Worker Path Generation and Safety Assessment in Construction Projects**. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 15, no. 2, pp. 479–491, Apr. 2018, doi: 10.1109/TASE.2016.2628898.
- [38] Binhomaid O.S.: **Construction Site-Layout Optimization Considering Workers' Behaviors Around Site Obstacles, Using Agent-Based Simulation**. PhD Thesis, University of Waterloo, Ontario, 2019.
- [39] El Meouche R., Abunemeh M., Hijaze I., Mebarki A., Shahrour, I.: **Developing Optimal Paths for Evacuating Risky Construction Sites**. *J Constr Eng Manag*, vol. 144, no. 2, Feb. 2018, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001413.
- [40] ElNimr A., Fagiar M., Mohamed Y.: **Two-way integration of 3D visualization and discrete event simulation for modeling mobile crane movement under dynamically changing site layout**. *Autom Constr*, vol. 68, pp. 235–248, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2016.05.013.
- [41] Jaafar K., Elbarkouky R., Kennedy J.: **Construction site layout optimization model considering cost and safety in a dynamic environment**. *Asian Journal of Civil Engineering*, vol. 22, no. 2, pp. 297–312, Feb. 2021, doi: 10.1007/s42107-020-00314-3.
- [42] Lam K.-C., Ning X., Lam C.-K.: **Conjoining MMAS to GA to Solve Construction Site Layout Planning Problem**. *J Constr Eng Manag*, vol. 135,

- no. 10, pp. 1049–1057, 2009, doi: 10.1061/ASCE0733-93642009135:101049.
- [43] RazaviAlavi S., AbouRizk S.: **Genetic Algorithm–Simulation Framework for Decision Making in Construction Site Layout Planning.** *J Constr Eng Manag*, vol. 143, no. 1, Jan. 2017, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001213.
- [44] Alanjari P., Razavialavi S., Abourizk S., Asce M.: **Hybrid Genetic Algorithm-Simulation Optimization Method for Proactively Planning Layout of Material Yard Laydown.** *J Constr Eng Manag*, vol. 141, no. 10, pp. 1–7, 2015, doi: 10.1061/(ASCE)CO.
- [45] Pham D.T., Onder, H.: **A knowledge-based system for optimizing workplace layouts using a genetic algorithm.** *Ergonomics*, vol. 35, no. 12, pp. 1479–1487, 1992, doi: 10.1080/00140139208967417.
- [46] Singh Kochhar J., Foster B. T., Heragu S.S.: **HOPE: A Genetic Algorithm for the Unequal Area Facility Layout Problem.** *Comput Oper Res*, vol. 25, no. 7/8, pp. 583–594, 1998.
- [47] Wong C.K., Fung I. W. H., Tam C.M.: **Comparison of Using Mixed-Integer Programming and Genetic Algorithms for Construction Site Facility Layout Planning.** *J Constr Eng Manag*, vol. 136, no. 10, pp. 1116–1128, 2010, doi: 10.1061/ASCECO.1943-7862.0000214.
- [48] Farmakis P.M., Chassiakos A.P.: **Genetic algorithm optimization for dynamic construction site layout planning.** *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 1655–1664, Feb. 2018, doi: 10.1515/otmcj-2016-0026.
- [49] Zavari M., Shahhosseini V., Ardeshir A., Sebt M.H.: **Multi-objective optimization of dynamic construction site layout using BIM and GIS.** *Journal of Building Engineering*, vol. 52, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.job.2022.104518.





## UPUTSTVO ZA FORMATIRANJE RADA (STYLE TITLE)

**Ime Prezime<sup>1</sup>, Ime Prezime<sup>2</sup> (Style Authors)**

**Rezime (Style Rezime+Bold+Italic):** Dati rezime rada na srpskom jeziku, obima 100-150 reči. Nakon toga dati 4-6 ključnih reči, formatiranih na isti način kao i rezime. Same reči „Rezime:“ i „Ključne reči:“ treba da budu formatirane kao bold+italic, kao što je u ovom primeru i dato. Rezime i ključne reči date na engleskom jeziku ne smeju da pređu na narednu stranu, već ona treba da započne naslovom prvog poglavlja. (Style Rezime)

**Ključne reči (Style Rezime+Bold+Italic):** Ključna reč1, ključna reč2, ključna reč3, ključna reč4, ključna reč5, ključna reč6 (Style Rezime)

## PAPER TITLE IN ENGLISH (STYLE TITLE ENGLISH)

**Abstract (Style Rezime+Bold+Italic):** Abstract text in English. (Style Rezime)

**Key words (Style Rezime+Bold+Italic):** Key Word1, Key Word2, Key Word3, Key Word4, Key Word5, Key Word6 (Style Rezime)

---

<sup>1</sup> Titula, zvanje, afilijacija, imejl adresa (Style Footnote)

<sup>2</sup> Titula, zvanje, afilijacija, imejl adresa (Style Footnote)

## 1 NASLOV PRVOG REDA (STYLE HEADING 1)

Tekst (Style Text)

Hvala Vam što ste se odlučili da svoje istraživanje publikujete u časopisu Nauka+Praksa.

Rukopis rada tehnički obraditi korišćenjem programskog paketa "Microsoft Word". Rad formatirati prema ovom uputstvu. Najlakši način za formatiranje Vašeg rada je korišćenjem ovog uputstva i upotrebom predefinisanih stilova (Style). Za svaki deo rada pripremljen je stil, koji treba aplicirati prilikom pisanja ili nakon kopiranja teksta rada u ovaj fajl. Apliciranje se vrši selekcijom teksta i odabirom jednog od stilova iz Home/Styles toolbar-a. Stilovi za sve formate teksta dati su u ovom uputstvu u malim zagradama.

Najpre dati naslov rada na srpskom jeziku. U sledećem redu napisati ime ili imena autora, takođe centralno postavljena, a ukoliko postoji više autora ispisati ih jedno do drugog, bez titula. U fusnoti upisati njihove titule, zvanja, afilijacije i imejl adrese.

Nakon toga sledi UDK broj koji će biti dodeljen nakon prihvatanja konačne verzije rada i upisan od strane urednika. Potom sledi rezime. Za rezime koristiti prostor širine 15 cm centralno postavljen u odnosu na margine stranice, sa levim i desnim poravnanjem. Dati rezime rada na srpskom jeziku, obima 100-150 reči. Nakon toga dati 4-6 ključnih reči, formatiranih na isti način kao i rezime. Same reči „Rezime:“ i „Ključne reči:“ treba da budu formatirane kao bold+italic, kao što je u ovom primeru i dato.

Sledi naslov rada na engleskom jeziku. U narednom redu dati rezime rada na engleskom jeziku. Nakon njega dati ključne reči na engleskom jeziku. Rezime i ključne reči na engleskom jeziku treba da budu formatirani po istom principu kao i na srpskom jeziku. Rezime i ključne reči date na engleskom jeziku ne smeju da pređu na narednu stranu, već ona treba da započne naslovom prvog poglavlja.

Minimalan broj strana rada je 6, a maksimalan 12, uključujući i stranu sa naslovom i apstraktom, kao i poslednju stranu na kojoj su date zahvalnosti i citirana literatura. Strane rada ne treba numerisati.

Savetuje se korišćenje sledeće metodologije imenovanja naslova prvog reda: 1 Uvod, 2 Metodologija, 3 Rezultati, 4 Diskusija, 5 Zaključak. Predloženu metodologiju moguće je modifikovati u skladu sa tematikom i problemom koji rad obrađuje.

Ukoliko postoje nabiranja, ona treba da izgledaju ovako:

- prvo nabiranje,
- drugo nabiranje,...

Formule formatirati na sledeći način:

$$k_c = k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 + \lambda_{rel,z}^2}} \quad (1)$$

Formule se uvlače kao i paragrafi za 0,5 cm. Funkcije, promenljive i grčka slova su italic, brojevi i ostali simboli su normal, veličina osnovnog fonta je 11 pt, indeksi 7 pt.

Slike se mogu postaviti u okviru jednog stupca, kao na primer slika 1, ili u okviru oba stupca, kao slika 2. Nazivi slika se u oba slučaja pišu ispod slika. Slika treba da bude postavljena centralno. Naziv slike takođe postaviti centralno. Slike treba da budu dobrog kvaliteta sa minimum 300 dpi. Autori su dužni da obezbede prava na prikazivanje slike.



*Slika 1 – Naziv slike, izvor (Style Figure Title)*

Tabele se postavljaju centralno, a nakon tabele ostaviti jedan prazan red. Tabele je, kao i slike, moguće dati u okviru jednog ili dva stupca. Nazive tabela dati iznad tabele.

*Tabela 1- Naziv tabele (Style Table Title)*

(Style Table)			

Tekst.

### 1.1 NASLOV DRUGOG REDA (STYLE HEADING 2)

Tekst.

#### 1.1.1 Naslov trećeg reda (Style Heading 3)

Tekst.

## 2 NASLOV PRVOG REDA (STYLE HEADING 1)

Citiranje publikacija se vrši korišćenjem uglastih zagrada, prema redosledu navedenih dela. Literaturu na kraju rada dati istim redosledom kojim je i citirana. Formatiranje literature izvršiti prema datom uputstvu i primerima datim na kraju rada. Svako delo dato u popisu literature mora biti citirano u tekstu. Radovi bez citirane literature ne mogu biti objavljeni u ovom časopisu kao naučni radovi.

Data su uputstva za citiranje četiri najčešća tipa referenci: radovi u časopisima, radovi u zbornicima sa konferencija, knjige i internet.

Za radove u časopisima [1]: Prezime Ime, Prezime Ime: **Naslov rada (Bold)**. *Naziv časopisa (Italic)*, Vol. XX, No. XX, strana-strana, godina.

Za radove u zbornicima sa konferencija [2]: Prezime Ime, Prezime Ime: **Naslov rada (Bold)**. *Naziv konferencije (Italic)*, mesto održavanja, strana-strana, godina.

Za knjige/monografije/disertacije [3]: Prezime Ime, Prezime Ime: **Naslov (Bold)**. *Naziv izdavača (Italic)*, mesto izdavanja, godina.

Za internet izvore [4]: link (*datum posete*)



Slika 2 – Naziv slike, izvor (Style Figure Title)

## 3 ZAKLJUČAK (STYLE HEADING 1)

Rad obavezno mora da sadrži zaključak koji logično sledi na osnovu prethodno iznete diskusije o predmetu istraživanja. Radovi poslani za objavljivanje u časopisu Nauka+Praksa će najpre biti pregledani od strane uredništva, a nakon toga će radovi koji

zadovoljavaju formalne kriterijume za objavljivanje biti recenzirani. Radove slati na imejl adresu nauka+praksa@gaf.ni.ac.rs. Radove veće od 15 MB slati putem online servisa (recimo wetransfer). Autori su odgovorni za tačnost podataka, obezbeđivanje autorskih prava citiranih i korišćenih dela, kao i za formatiranje rada prema ovom uputstvu.

## ZAHVALNOST (STYLE HEADING 1)

Autori mogu izraziti zahvalnost za pomoć ili finansiranje istraživanja u ovom delu, u suprotnom, ovaj podnaslov treba obrisati. Ovaj podnaslov i podnaslov „Literatura“ ne treba numerisati.

## LITERATURA (STYLE HEADING 1)

- [1] Živković Lazar, Matejević Nikolić Biljana, Grdić Zoran, Ristić Nenad: **Mehaničke karakteristike 3D štampanih betona na bazi portland cementa.** *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu*, Vol. 36, 47-58, 2021.
- [2] Vasov Miomir, Ranđelović 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 26/2023.**

- dr Aleksandra Marinković, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Odsek Niš
- dr Aleksandra Milovanović, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu
- dr Bojana Grujić, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
- dr Goran Jeftenić, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu
- dr Iva despotović, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu Univerziteta u Kragujevcu
- dr Jasna Guzijan, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
- dr Marija Stamenković, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini
- dr Milica Marković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Milorad Jovanovski, Građevinski fakultet Univerziteta Sveti Ćirilo i Metodije u Skoplju
- dr Miroslav Malinović, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
- dr Nenad Ristić, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Nevena Novaković, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
- dr Radovan Cvetković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Slaviša Trajković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Svetlana Brzev, University of British Columbia
- dr Vladan Nikolić, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Vladana Petrović, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Vuk Milošević, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu
- dr Žana Topalović, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
- dr Zoran Bonić, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu



CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

624+72

[Nauka plus praksa]

**NAUKA + praksa** / glavni i odgovorni  
urednik Miomir Vasov. - 1993, br. 1- . - Niš :  
Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta  
u Nišu, 1993- (Niš : Grafika Galeb). - 29 cm

Godišnje.

ISSN 1451-8341 = Nauka + praksa (Niš. 1993)  
COBISS.SR-ID 48721676