



# nauka + praksa

Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš

20 | 2017



Startup centar /Startup center/  
Elektronskog fakulteta u Nišu

# nauka + praksa

Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš

20 | 2017

## **GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK**

*Prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ.*

## **IZDAVAČ:**

**GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET UNIVERZITETA U NIŠU**

## **REDAKCIONI ODBOR**

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

*V. prof. dr Danica Stanković, dipl. inž. arh.*

*Prof. dr Zoran Grdić, dipl. inž. građ.*

*V. prof. dr Gordana Topličić- Ćurčić, dipl. inž. građ.*

*Doc. dr Vladan Nikolić, dipl. inž. arh.*

## **TEHNIČKI UREDNIK**

*Dr Radovan Cvetković, dipl. inž. građ.*

## **AUTOR NASLOVNE STRANE**

*Doc. dr Vladan Nikolić, dipl. inž. arh.*

## **NA NASLOVNOJ STRANI:**

***„Startup centar Elektronskog fakulteta u Nišu“***

*Projektanti: Milan Tanić, Vojislav Nikolić, Slaviša Kondić, Mirko Stanimirović, Biserka Jovanović, Aleksandar Đorđević, Srđan Živković, Marko Milošević.*

## **Nauka + Praksa**

*Časopis Instituta za građevinarstvo i arhitekturu  
Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu*

**Broj 20/2017., ISSN 1451-8341**

*Tiraž: 250 primeraka*

## Predgovor

Jedan od važnih segmenata rada nastavnika i saradnika Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu je rešavanje praktičnih zadataka iz različitih oblasti građevinarstva i arhitekture. Ta aktivnost se na Fakultetu odvija preko posebne organizacione jedinice, Instituta za građevinarstvo i arhitekturu, izradom raznih projekata, studija, ekspertiza, tehničkih kontrola, laboratorijskih ispitivanja, naučnoistraživačkih projekata, itd. U rešavanju konkretnih praktičnih zadataka, s obzirom na osnovnu vokaciju učesnika u tom poslu, pored stručnog znanja koriste se i stečena naučna saznanja, te rezultat tog rada predstavlja svojevrsnu sintezu nauke i prakse. Rešavanje nekog stručnog zadatka često nijesamo rešenje nekog konkretnog problema već ima i širi značaj i sadržaj.

Zbog toga je 1992. godine, na tridesetogodišnjicu postojanja Instituta za građevinarstvo i arhitekturu Fakultet odlučio da rezultate svog stručnog i naučnog rada učini dostupnim široj javnosti i počeo sa objavljivanjem časopisa **Nauka + Praksa**.

Prema kategorizaciji domaćih naučnih časopisa Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Odbora za saobraćaj urbanizam i građevinarstvo, časopis **Nauka + Praksa** je svrstan u kategoriju časopisa M52.

Ovaj *dvadeseti broj časopisa sadrži jedanaest radova* iz oblasti arhitektonskog projektovanja, urbanizma, enterijera, materijala i konstrukcija, saobraćaja i hidrotehnike. Koautori nekih radova supored nastavnika i saradnika Fakulteta i nastavnici drugih Fakulteta kao i stručnjaci iz drugih institucija. Nadamo se da će čitaoci ovog časopisa pored informativne imati i šire stručne i naučne koristi.

Koristim ovu priliku da se zahvalim svim autorima i koautorima radova, recenzentima, kao i nastavnicima i saradnicima angažovanim na tehničkoj pripremi ovog broja časopisa.

Prodekan za naučnoistraživački rad i direktor  
Instituta za građevinarstvo i arhitekturu:

**Prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ.**

Dekan:

**Prof. dr Petar Mitković, dipl. inž. arh.**



*Institut za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu osnovan je 1973. godine.*

*Delatnost Instituta je: izrada naučnih i stručnih projekata, ekspertiza, veštačenja, revizija i elaborata laboratorijskih i terenskih ispitivanja.*

*Organizacione jedinice Instituta su:*

- *odeljenja za ispitivanje konstrukcija,*
- *odeljenja za konstrukcije,*
- *odeljenja za hidrotehniku,*
- *odeljenja za saobraćajnice ,*
- *odeljenja za građevinske materijale ,*
- *odeljenja za geotehniku ,*
- *odeljenja za primenjenu matematiku i računarstvo.*

*Načelnici odeljenja rukovode radom odeljenja.*

*Šefovi laboratorija rukovode radom laboratorija.*

# SADRŽAJ

Andrija Zorić, Todor Vacev, Stepa Paunović, Miloš Milić, Ivan Nešović:

**PRIMER PRIMENE SOFTVERA ANSYS PRI ODREĐIVANJU OPTEREĆENJA KOJE DOVODI DO POJAVE PRSLINA I LOMA AB GREDA** 1-12

Magdalena Vasilevska, Ljiljana Vasilevska:

**VIŠESTRUKI KORISTI PRIMENE SAVREMENIH PRISTUPA KANALISANJA ATMOSFERSKIH VODA NA PRIMERU STAMBENOG NASELJA AUGUSTENBORG, MALMO** 13-19

Petar Praštalo, Žana Topalović, Borislava Blagojević:

**KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA HEC-HMS MODELA NEIZUČENOG SLIVA POMOĆU KRIVIH TRAJANJA PROTOKA** 20-27

Ivan Nešović, Jelena Stojiljković, Miloš Milić, Predrag Lukić, Andrija Zorić:

**EKSPERIMENTALNA METODA NAUČNOG SAZNANJA** 28-33

Tomislav Pavlović, Đorđe Đorđević, Dragoslav Stojić, Biljana Avramović:

**PRIMENA SISTEMA DUALNOG OBRAZOVANJA U OBLASTI KORIŠĆENJA SOLARNE ENERGIJE** 34-41

Gordan Radivojević, Jelena Stojiljković, Biljana Matejević:

**ZAVARIVANJE ŠINA U DUGI TRAK** 42-51

Miodrag Milčić, Tomaž Vuherer, Igor Radisavljević, Dragan Milčić:

**UTICAJ PARAMETARA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MEŠANJEM NA KARAKTERISTIKU ZAVARENOG SPOJA PLOČA OD LEGURE ALUMINIJUMA 2024 T351** 52-59

Predrag Blagojević, Darko Živković, Aleksandar Šutanovac:

**KONSTRUKCIJSKI SISTEM HOTELA 'AMBASADOR' U NIŠU** 60-65

Slobodan Ranković, Žarko Petrović, Radovan Cvetković, Todor Vacev:

**DIJAGNOSTIKA STANJA AB SITNOREBRASTE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE. STUDIJA SLUČAJA, DEO 1 – STATIČKE ANALIZE** 66-74

Radovan Cvetković, Dragoslav Stojić, Stefan Conić, Nemanja Marković:

**PROCENA STANJA NOSEĆE DRVENE KONSTRUKCIJE KUĆE STEVANA MOKRANJCA U NEGOTINU SA PREDLOGOM MERA REKONSTRUKCIJE** 75-81

Aleksandar Ristić:

**PRINCIPI NEOLIBERALNE EKONOMIJE U STRATEŠKIM DOKUMENTIMA I NJIHOV UTICAJ NA STRUKTURNE PROMENE PREDUZEĆA NIŠAVSKOG UPRAVNOG OKRUGA** 82-93



UDK : 624.012.45  
624.072.4: 004.42ANSYS

## ODREĐIVANJE POJAVE PRSLINA I OPTEREĆENJA LOMA AB GREDE PRIMENOM SOFTVERA ANSYS

Andrija Zorić<sup>1</sup>, Todor Vacev<sup>2</sup>, Stepa Paunović<sup>3</sup>, Miloš Milić<sup>3</sup>, Ivan Nešović<sup>3</sup>

**Rezime:** Pojava prslina u betonskim konstrukcijskim elementima bitno utiče na raspodelu napona unutar elementa i mora se uzeti u obzir prilikom dimenzionisanja. Mnogi pravilnici o projektovanju betonskih konstrukcija predlažu različite načine da se smanjenje krutosti betonskih elemenata usled pojave prslina obuhvati prilikom proračuna. Međutim, kako bi bile primenljive u praksi, metode predložene u pravilnicima podrazumevaju brojna uprošćenja i idealizacije, što neretko dovodi do predimenzionisanja konstrukcije. Stručnim korišćenjem odgovarajućih programskih paketa se može postići značajna optimizacija dimenzija konstrukcijskih elemenata. Cilj ovog rada je isticanje konzervativnosti nekih preporuka iz domaće literature i Pravilnika za beton i armirani beton '87 i ukazivanje na prednosti primene savremenih računara i naprednih numeričkih metoda pri projektovanju betonskih konstrukcija, a na primeru analize proste grede od armiranog betona opterećene dvema koncentrisanim silama u trećinama raspona. Kao najvažniji parametri izdvojeni su nosivost grede i opterećenje koje dovodi do pojave prvih prslina. Ove veličine najpre su određeni analitički, a potom i numerički, te je na kraju na osnovu njihovog poređenja data ocena analitičke metode predložene u pomenutoj literaturi.

**Cljučne reči:** dimenzionisanje, nosivost AB greda, prslina, prva prslina, MKE

**Summary:** Occurrence of cracks in concrete structural elements greatly affects the stress distribution within these elements and it has to be considered in the design process. Many legislative standards regarding the design of concrete structures propose various ways of accounting for the concrete elements stiffness reduction due to cracking. However, in order for them to be applicable in everyday practice, these methods had to include numerous approximations and idealizations, which often leads to irrationally large structural elements. By competent use of adequate software packages, the element dimensions could often be significantly optimized. The aim of this paper is to accent how conservative some methods proposed in literature and the Serbian standard for concrete and reinforced concrete '87 (PBAB87) are, and to point out the advantages of the application of computers and advanced numerical methods in the design process of concrete structures, with an example of a reinforced concrete beam in a four point bending test. The ultimate bearing capacity of the beam and the load that leads to the first occurrence of cracks in concrete were taken as the most relevant parameters, and through their comparison the quality of the analytical design procedure proposed in the mentioned literature.

**Keywords:** design, bearing capacity of RC beams, cracks, first crack, FEM

### 1 UVOD

Pojava prslina u betonskim konstrukcijskim elementima bitno utiče na preraspodelu napona unutar

elementa i ponašanje konstrukcije pri daljem povećanju opterećenja. S obzirom na to da širenje prslina utiče na smanjenje krutosti betonskog elementa, neophodno je uzeti ga u obzir prilikom dimenzionisanja. Mnogi propisi i pravilnici o projektovanju konstrukcija, među

<sup>1</sup> Asistent, mast. inž. građ, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

<sup>2</sup> Vanredni profesor, dr inž, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

<sup>3</sup> Mast. inž. građ, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš



kojima i Pravilnik za beton i armirani beton '87 (PBAB 87) [1] i Evrokod (EC) [2], predlažu različite načine da se smanjenje krutosti betonskih elemenata usled pojave i razvoja prslina obuhvati prilikom proračuna.

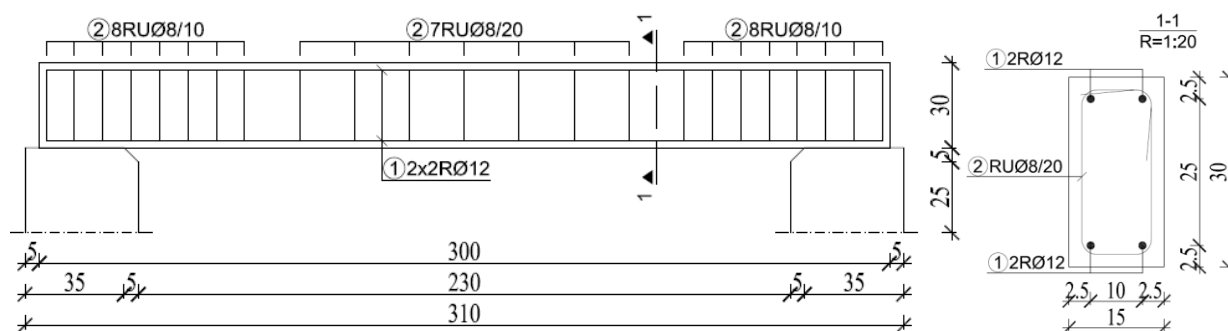
Ovi postupci proračuna predviđeni su za upotrebu bez pomoći računara, a kako bi bili podesni za primenu u svakodnevnoj inženjerskoj praksi, morala su biti uvedena izvesna uprošćenja i pretpostavke. Međutim, ove pretpostavke neretko dovode do neracionalnog korišćenja materijala i predimenzionisanja konstrukcije, što bi se, u današnje vreme široke primene relativno moćnih računara, moglo izbeći u velikoj meri. Stručnim korišćenjem odgovarajućih programskih paketa se može postići značajna optimizacija dimenzija konstrukcijskih elemenata.

U ovom radu je prikazano poređenje rezultata dobijenih analitičkim putem prema predlozima datim u domaćoj literaturi i PBAB87 i rezultata dobijenih primenom Metode konačnih elemenata (MKE) u okviru programskog paketa Ansys APDL 14.5 (ANSYS) na primeru analize proste grede od armiranog betona (AB) opterećene dvema koncentrisanim silama u trećinama raspona. Cilj rada je naglašavanje konzervativnosti nekih preporuka u pomenutoj literaturi i ukazivanje na prednosti primene savremenih računara i softvera pri projektovanju betonskih konstrukcija.

Većina savremenih propisa, među kojima su i dva pomenuta, podrazumeva dimenzionisanje elemenata prema Teoriji graničnih stanja, odnosno, pretpostavlja određivanje nosivosti konstrukcijskih elemenata prema stanju neposredno pre otkaza konstrukcije. Pošto pojava prslina u betonskim elementima umnogome utiče na njihovo dalje ponašanje, za proces dimenzionisanja je, dakle, važno poznavati ne samo vrednost opterećenja koje dovodi do kolapsa konstrukcije, već i opterećenje koje dovodi do pojave prvih prslina u dimenzionisanom elementu. Stoga su u ovom radu razmatrana upravo ta dva parametra – oni su najpre određeni analitički, a potom i numerički, te je na kraju na osnovu poređenja ovih rezultata data ocena analitičke metode.

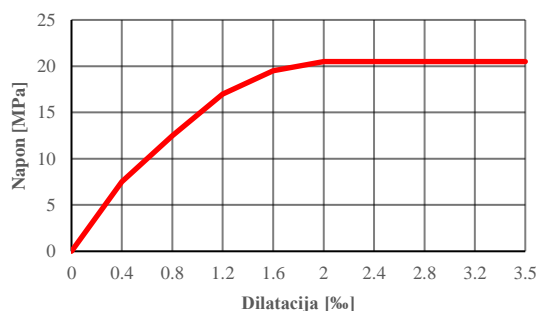
## 2 POSTAVKA PROBLEMA

Analizirana je armiranobetonska prosta greda. Dimenzije poprečnog preseka grede su  $b/h = 15/30$  cm. Greda je armirana sa 2Ø12 u donjoj i gornjoj zoni, dok su uzengije Ø8, u zoni oslonaca na rastojanju od 10 cm, a u polju na rastojanju od 20 cm. Greda se oslanja na krajevima na oslonce, dimenzija poprečnog preseka  $b/h = 30/40$  cm i visine 30 cm. Geometrija analizirane grede i plan armiranja prikazani su na *Slici 1*.

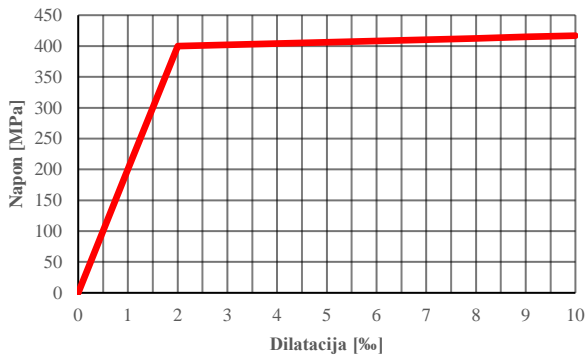


Slika 1. Podužni i poprečni presek analizirane grede

Usvojeno je da su AB greda i oslonci od betona marke MB30, pri čemu je čvrstoća na pritisak  $f_b = 20,5$  MPa, čvrstoća na zatezanje  $f_{bz} = 2,4$  MPa, a moduo elastičnosti  $E_b = 31,5$  GPa. Radni dijagram betona (dijagram napon - dilatacija) usvojen je u skladu sa preporukama Pravilnika za beton i armirani beton '87 (Sl. 2) [1]. Greda je armirana betonskim čelikom RA400/500, čiji je moduo elastičnosti  $E_a = 200$  GPa. Za čelik je usvojena bilinearna veza napona i dilatacija (Sl. 3).



Slika 2. Radni dijagram betona



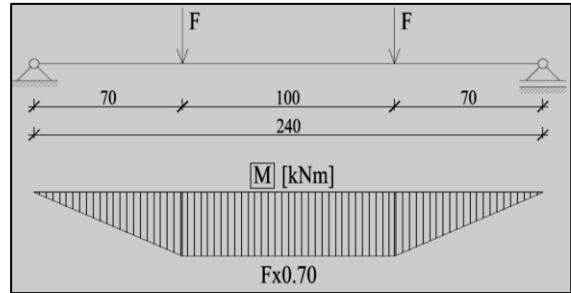
Slika 3. Radni dijagram čelika

Poasonov (*Poisson*) koeficijent za beton je  $\nu_b = 0,20$ , dok je za čelik za armiranje  $\nu_a = 0,30$ . Nakon dostizanja granice razvlačenja čelika usvojeno je da je veza napona i dilatacija proporcionalna tangentnom modulu elastičnosti čelika  $E_{at} = 2000 \text{ MPa}$  (1 % vrednosti modula elastičnosti čelika).

### 3 MOMENT POJAVE PRSLINE I MOMENT NOSIVOSTI PRESEKA

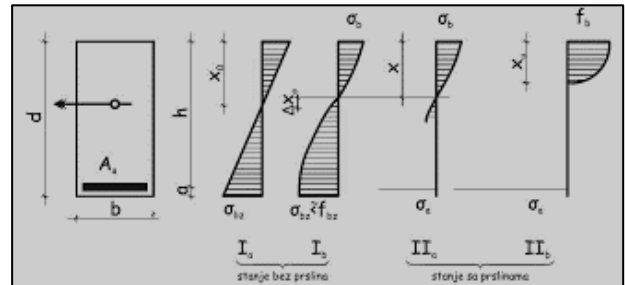
#### 3.1 Klasičan proračun (*n* teorija)

Na osnovu analize nosača (Sl. 1) zaključuje se da greda može slobodno da rotira oko tačke koja je za 30 cm udaljena od ivice grede. Zbog toga se usvaja da je nosač statičkog sistema proste grede raspona  $l = 2,40 \text{ m}$  (razmak ivica oslonaca). Greda je opterećena dvema koncentrisanim silama u preseccima koji su od oslonaca udaljeni za 70 cm, pri čemu se u srednjem delu raspona javlja čisto pravo savijanje (Sl. 4).



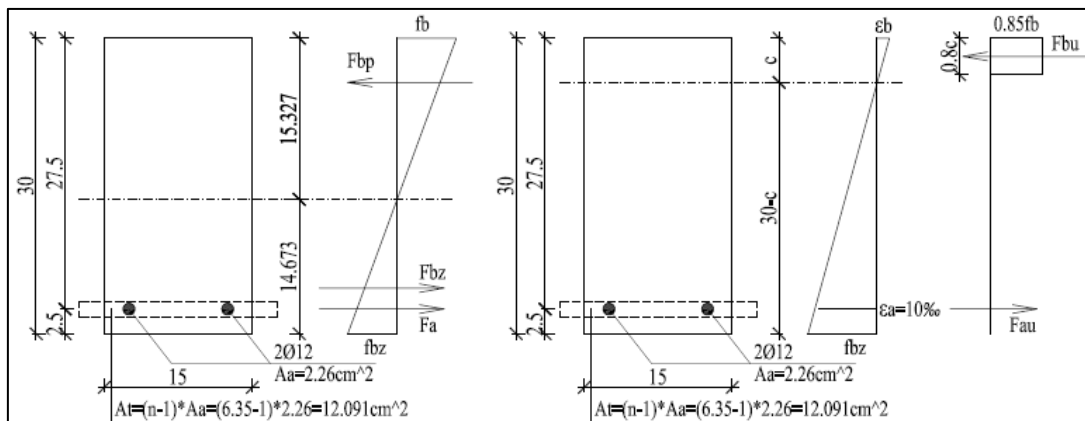
Slika 4. Statički sistem i opterećenje analiziranog nosača

U zavisnosti od veličine momenta savijanja u preseku, naponska stanja preseka definišu se sa četiri faze (Sl. 5), a detaljnije objašnjenje se može pronaći u literaturi [3-5].



Slika 5. Naponska stanja armiranobetonskih preseka

U radu je usvojeno da je raspodela dilatacija po visini preseka linearna i da se prva prslina u betonu javlja kada se u zategnutoj zoni dostigne čvrstoća betona na zatezanje. Pritisnuta armatura se zanemaruje u proračunu momenta savijanja koji dovodi do pojave prsline u betonu. Kako je presek kompozit dva materijala (betona i čelika) uvodi se koeficijent odnosa modula elastičnosti čelika i modula elastičnosti betona, a u cilju zamene površine čeličnog dela preseka ekvivalentnom betonskom površinom. Proračunski model prikazan je na slici 6.



Slika 6. Proračunski model – levo: moment pojave prsline; desno: moment nosivosti

Iz uslova da je normalni napon u krajnjem zategnutom vlaknu jednak čvrstoći betona na zatezanje sračunava se moment savijanja pri pojavi prve prslina  $M_{pr} = 5,82$  kNm, a iz statičkog sistema, konačno, i opterećenje koje izaziva pojavu prslina u betonu. Moment pojave prslina se može sračunati i preko unutrašnjih sila. Normalni napon u pritisnutim vlaknima betona i normalni napon u armaturi sračunati su uz pretpostavku linearne raspodele napona po visini poprečnog preseka. Rezultanta sile pritiska u betonu i sile zatezanja u armaturi i betonu formiraju spreg sila, pri čemu je moment sprega moment savijanja koji dovodi do pojave prslina  $M_{pr} = 5,88$  kNm. U konačnom je usvojena srednja vrednost sračunatih momenata, pa je moment savijanja koji izaziva prslinu  $M_{pr} = 5,85$  kNm, a opterećenje koje, za usvojen statički sistem i usvojene fizičko-mehaničke karakteristike materijala, izaziva pojavu prslina je  $F_{pr} = 8,36$  kN.

Za proračun graničnog momenta nosivosti armiranobetonskog preseka usvajaju se iste pretpostavke kao u proračunu momenta koji izaziva prslinu. Radni dijagram betona parabola - prava se zamenjuje ekvivalentnim pravougaonim dijagramom pri čemu se nosivost betona na pritisak redukuje na 85%. Ova aproksimacija je usvojena u cilju uprošćenja analitičkog proračuna. Uvedena je pretpostavka da će lom preseka nastati usled loma armature, odnosno dostizanja dilatacije u armaturi od 10%. Takođe je pretpostavljeno da će biti dostignuta nosivost betona na pritisak u gornjoj zoni, odnosno da će dilatacija pritisnutih vlakana biti veća od 2%.

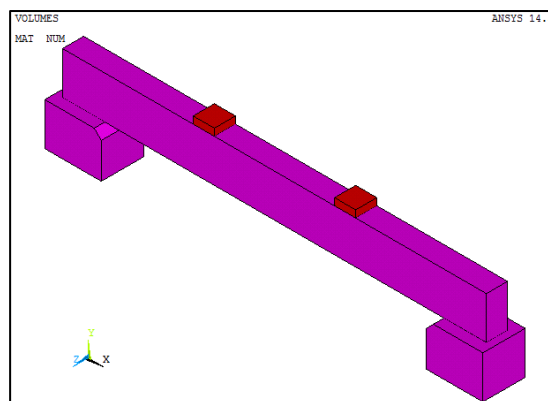
Iz uslova ravnoteže unutrašnjih sila (sila pritiska u betonu i sila zatezanja u armaturi) određuje se položaj neutralne ose, a zatim i vrednost graničnog momenta nosivosti  $M_u = 24,16$  kNm, a opterećenje koje, za usvojen statički sistem i usvojene fizičko-mehaničke karakteristike materijala, izaziva lom AB preseka je  $F_u = 34,51$  kN.

## 3.2 Proračun primenom programskog paketa ANSYS APDL 14.5

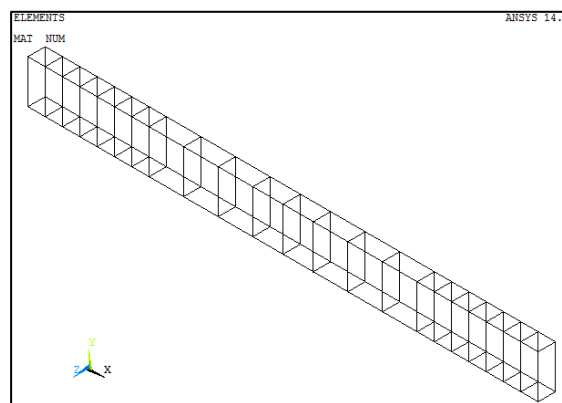
### 3.2.1 Geometrija modela, zone kontakta i konačni elementi

Primenom DesignModeler-a urađena je geometrija modela. U cilju izbegavanja koncentracije napona, opterećenje se ne nanosi u vidu koncentrisanih sila, već kao pritisak preko čeličnih ploča dimenzija 150x150x50mm. Armatura je modelirana linijski, unutar betonskog elementa. Armatura oslonaca nije modelirana jer oni nisu bili predmet analize. Unutrašnja

ivica oslonca je oborena radi ublažavanja koncentracija napona i mrvljenja betona (Sl. 1). Na slici 7 prikazan je geometrijski model celog nosača, dok je na slici 8 prikazana geometrija armature. Geometrija modela je iz DesignModeler-a izvezena u ANSYS APDL i u njemu je sproveden proračun matematičkog modela.

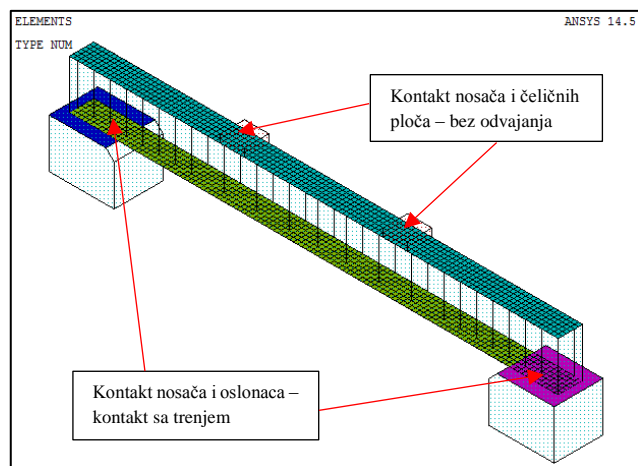


Slika 7. Geometrijski model analiziranog nosača



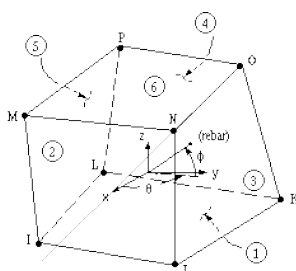
Slika 8. Geometrijski model armature

Da bi se definisala veza betonskog nosača i čeličnih ploča za nanošenje opterećenja, kao i betonskog nosača i oslonaca, neophodno je definisati kontaktne zone i kontaktne elemente (Sl. 9). Odabran je tip kontakta *No separation (always)* za vezu nosača i čeličnih ploča, koji se primenjuje kada je opterećenje takvo da neće doći do odvajanja tela u kontaktu. Veza nosača i oslonaca modelirana je standardnim kontaktom koji prenosi silu pritiska i omogućuje trenje između kontaktnih tela. Usvojen je koeficijent trenja između dve betonske površine 0,40. Ovakav kontakt ne prenosi sile zatezanja, već dozvoljava odvajanje tela u kontaktu usled takvog opterećenja. Odabir konačnih elemenata (KE) za kontakte je automatski određen softverom. Softver je kontaktnim (aktivnim) površinama dodelio konačne elemente CONTA174, a ciljnim (pasivnim) površinama konačne elemente TARGE170 [6, 7].

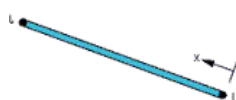


Slika 9. Zone kontakta

Za modeliranje betona primenjen je konačni element SOLID65 (Sl. 10), koji može biti armiran, što se reguliše zadavanjem procenta armiranja. To je zapreminski element sa osam čvorova i po tri translatorna stepena slobode u svakom čvoru. Karakterišu ga mogućnost simulacije prslina u tri ortogonalna pravca i mogućnost simulacije loma, pa je pogodan za modeliranje betona [6, 7]. U radu armatura nije modelirana procentom armiranja konačnog elementa SOLID65, već eksplicitno, konačnim elementom LINK180 (Sl. 11). LINK180 je linijski konačni element sa po tri translatorna stepena slobode u početnom i krajnjem čvoru, koji može da primi samo opterećenje duž svoje ose. Ovaj KE podržava i linearno i nelinearno ponašanje materijala, te je pogodan za modeliranje armature u nosaču [6, 7].



Slika 10. Konačni element SOLID65 [6]



Slika 11. Konačni element LINK180 [6]

Materijalni model betona definisan je preko mehaničkih karakteristika materijala: modula elastičnosti  $E_b = 31500$  MPa i Poasonovog (Poisson) koeficijenta  $\nu_b = 0,20$ . Radni dijagram betona (Sl. 2) definisan je kao multilinearna kriva pomoću šest tačaka (vrednosti napona za određene dilatacije), a vrednosti su prikazane u tabeli 1. Plastično ponašanje betona se definiše primenom materijalnog modela Willam-

Warnke, preko devet konstanti. Prve četiri konstante su zadate direktno, dok je softveru prepušteno da preostalih pet odredi na osnovu implementirane teorije (Tabela 2).

Tabela 1. Podaci za definisanje radnog dijagrama betona

Dilatacija [%]	Napon [MPa]
0,0001	3,15
0,0005	8,968
0,001	15,375
0,0015	19,219
0,002	20,50
0,0035	20,50

Tabela 2. Konstante za definisanje plastičnog ponašanja betona

Naziv	Oznaka	Vrednost
Koef. prenosa smicanja kod otvorene prsline	/	0,30
Koef. prenosa smicanja kod zatvorene prsline	/	0,80
Čvrstoća pri jednoaksijalnom zatezanju	$f_t$	2,40 MPa
Čvrstoća pri jednoaksijalnom pritisku	$f_c$	20,50 MPa
Čvrstoća pri dvoosnom pritisku	$f_{cb}$	$1,2f_c$
Hidrostatički pritisak	$\sigma_h^a$	
Čvrstoća pri dvoosnom pritisku uz prisustvo hidrostatičkog prit.	$f_1$	$1,45f_c$
Čvrstoća pri jednoosnom pritisku uz prisustvo hidrostatičkog prit.	$f_2$	$1,725f_c$
Koeficijen redukcije napona u trenutku nastanka prsline u KE	$T_c$	0,6 (default)

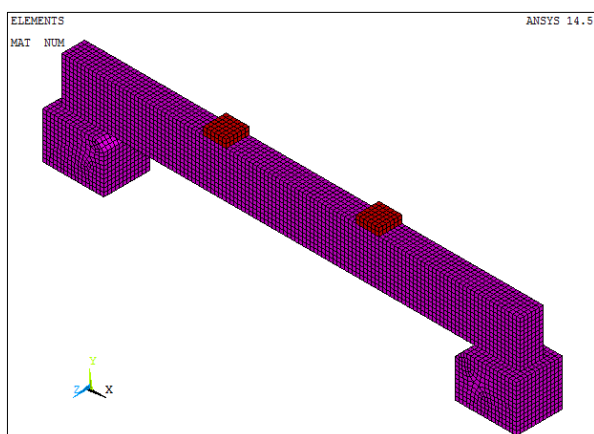
Materijalni model armature definisan je preko mehaničkih karakteristika materijala: modula elastičnosti  $E_a = 200$  GPa i Poasonovog (Poisson) koeficijenta  $\nu_a = 0,20$ . Pošto LINK180 konačni element prima samo aksijalne sile neophodno je definisati aksijalnu krutost, što se postiže zadavanjem površine poprečnog preseka konačnog elementa. Površina podužne zategnute i pritisnute armature je  $113,097\text{mm}^2$  ( $\varnothing 12$ ), a površina uzengija je  $50,265\text{mm}^2$  ( $\varnothing 8$ ). Radni dijagram materijala je definisan kao bilinearna funkcija, pri čemu je granica razvlačenja  $f_y = 400$  MPa, a tangenti moduo elastičnosti  $E_{at} = 2000$  MPa.

Čelične ploče za prenos opterećenja su modelirane konačnim elementima SOLID185. To je zapreminski konačni element sa osam čvorova i sa po tri translatorna stepena slobode u svakom čvoru [6, 7]. Čelične ploče su od materijala S355, ali je u analizi materijal modeliran kao linearno elastičan, sa modulom elastičnosti  $E_s = 200$  GPa, jer plastične deformacije čeličnih ploča nisu bile predmet analize.

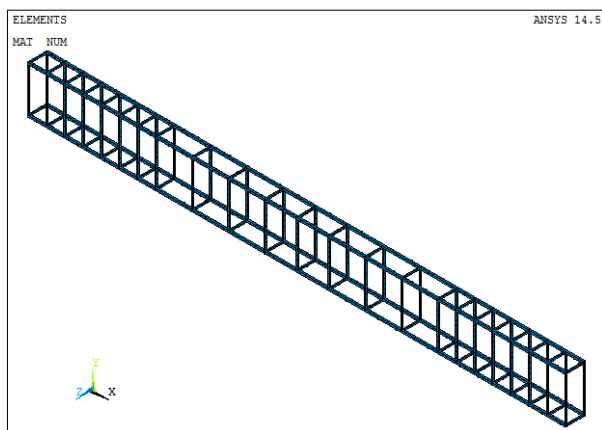
### 3.2.2 Mreža konačnih elemenata

Veličina konačnih elemenata za sve elemente je 25 mm. Da bi se obezbedilo sadejstvo betona i armature neophodno je da SOLID65 i LINK180 konačni elementi imaju zajedničke čvorove, a čime se adhezijska veza betona i armature modelira kao diskontinualna (od čvora do čvora) i idealna (bez mogućnosti proklizavanja).

Model se sastoji od 19812 elemenata i 17233 čvorova, a na slici 12 i 13 prikazani su omreženi modeli nosača i armature.



Slika 12. Mreža konačnih elemenata nosača

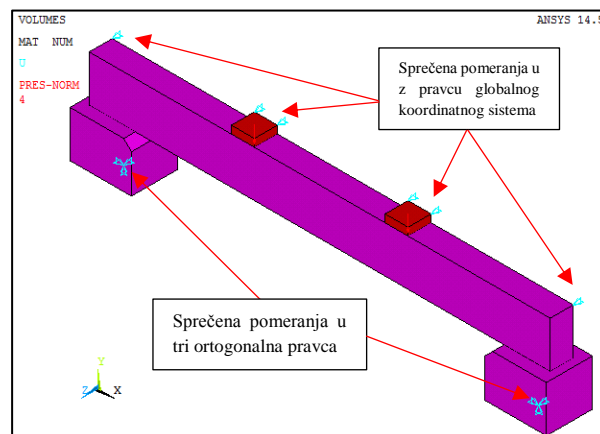


Slika 13. Mreža konačnih elemenata armature

### 3.2.3 Granični uslovi i opterećenje

Na donjim površinama oslonaca sprečena su pomeranja u sva tri pravca. Pošto se oslanjanje AB grede modelira kontaktnim elementima, dodati su i oslonci na AB gredi i čeličnim pločama kako bi se sprečilo pomeranje nosača u z-pravcu i sprečila kinematička labilnost. Ovo je neophodno jer je relativno pomeranje nosača i čeličnih ploča ograničeno samo silom trenja (Sl. 14).

Opterećenje je modelirano kao pritisak po gornjim površinama ploča za prijem opterećenja. Pritisak linearno raste do 4,0 MPa, što je ekvivalentno silama intenziteta 90 kN (Sl. 14).



Slika 14. Granični uslovi i opterećenje

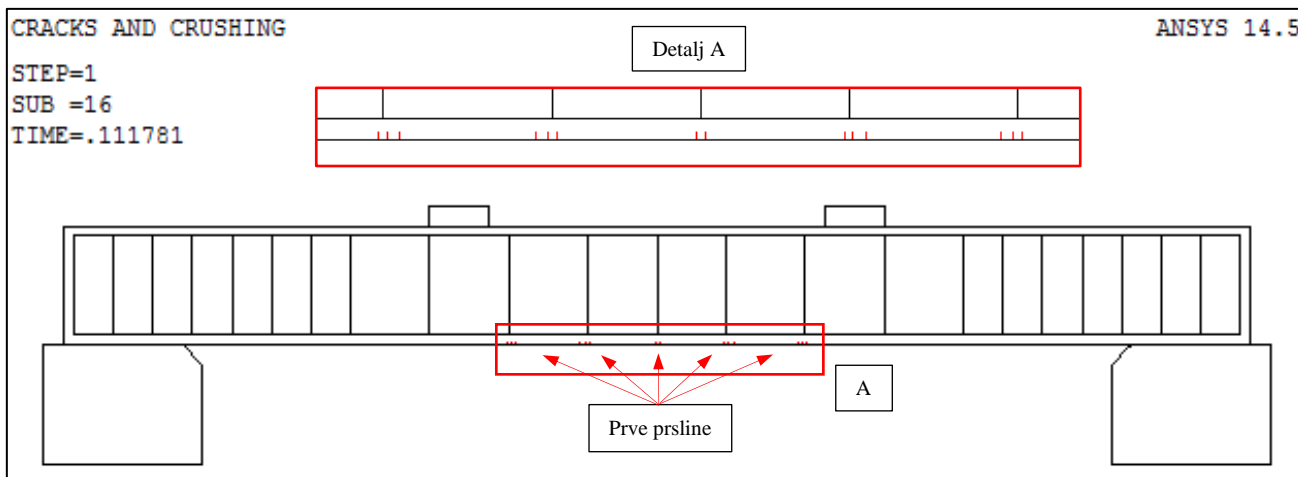
### 3.2.4 Analiza modela

Sprovedena je statička analiza nosača. Opterećenje se unosi inkrementalno sa minimalno 100, a maksimalno 1000 podkoraka. Analiza obuhvata materijalnu i geometrijsku nelinearnost. Softver primenjuje direktnu metodu za rešavanje sistema nelinearnih jednačina sa slaboposednutim (sparse) matricama [6]. Generalno, konvergencija rešenja se teško postiže u nelinearnoj analizi armiranobetonskih nosača modeliranih SOLID65 konačnim elementima. Da bi se konvergencija rešenja postigla tolerancija za uslov konvergencije po pomeranjima je zadata na 0,05%, dok je uslov konvergencije po silama potpuno isključen [8-11].

Analizirano je prostiranje prslina u nosaču, maksimalne i minimalne glavne dilatacije, maksimalni i minimalni glavni napon, pomeranje u vertikalnom pravcu (ugib) i napon u armaturi.

### 3.2.5 Rezultati i diskusija

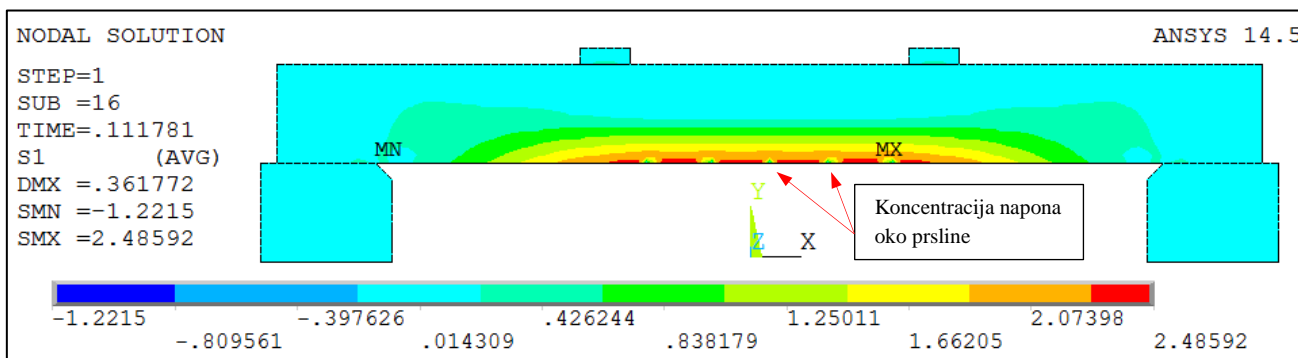
Analiza modela je divergirala u podkoraku 67, kojem odgovara sila intenziteta 54,34 kN. Prve prsline se otvaraju pri opterećenju intenziteta 10,06 kN, kojem odgovara moment savijanja 7,04 kNm (Sl. 15). Do otvaranja prvih prslina dolazi u donjoj zoni (zaštitni sloj) srednjeg dela raspona nosača, u kojoj se javljaju maksimalni momenti savijanja, odnosno maksimalni normalni napon zatezanja, što je očekivan rezultat. Prsline se simetrično otvaraju, što je očekivano s obzirom da su sistem i opterećenje simetrični.



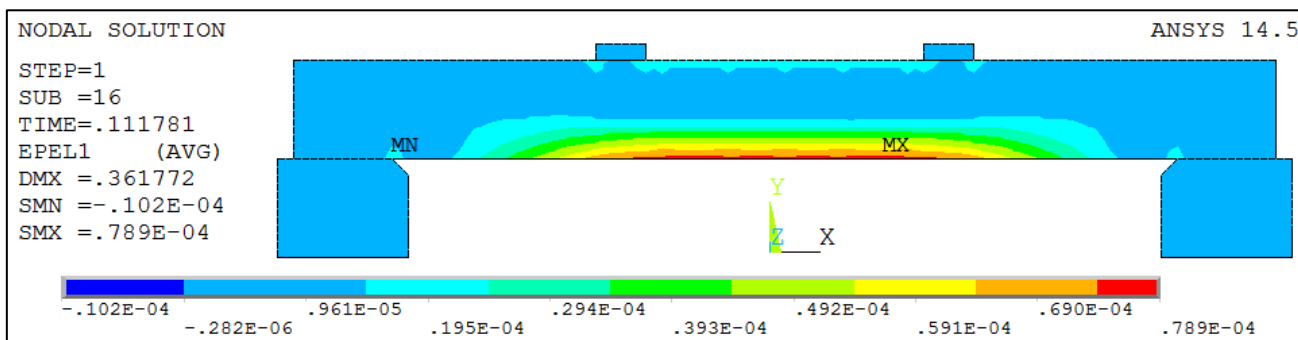
Slika 15. Otvaranje prvih prsline – sila  $P = 10,06 \text{ kN}$

Do trenutka pojave prve prsline zone naprezanja se jasno izdvajaju. Donja vlakna su zategnuta, vlakna oko ose štapa nisu napregnuta (neutralna osa), dok su gornja vlakna pritisnuta. Kada sila dostigne intenzitet 10,06 kN dolazi do preraspodele uticaja sa betona na armaturu u zoni prsline (Sl. 16-19), pri čemu je maksimalni glavni napon u betonu 2,486 MPa, a maksimalna glavna dilatacija 0,789%. Opterećenje u tom trenutku izazvalo je glavne napone zatezanja veće od čvrstoće betona pri zatezanju  $f_{bz} = 2,40 \text{ Mpa}$ , što je izazvalo otvaranje

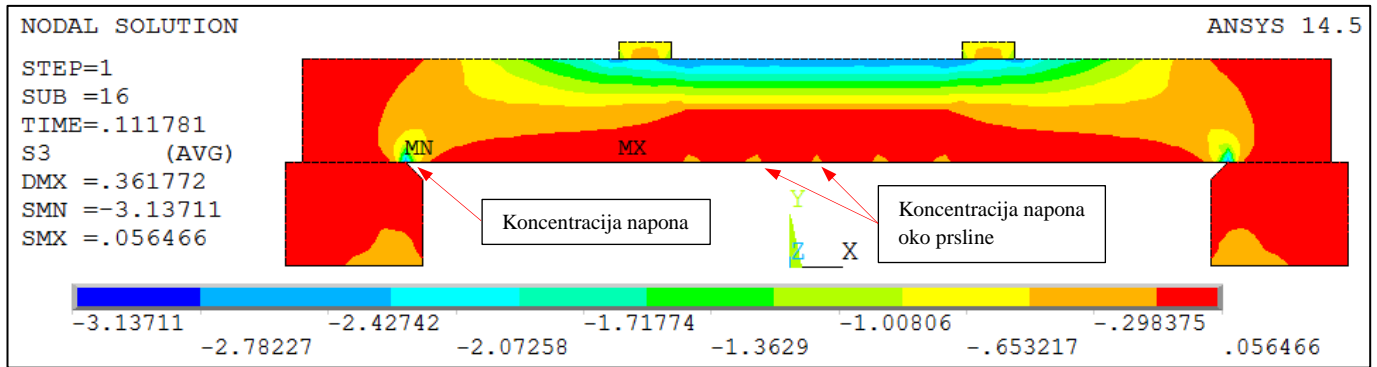
prslina u betonu. Maksimalni ugib u trenutku otvaranja prsline je 0,362 mm. Vrednosti ugiba su negativne zato što se smer ugiba ne poklapa sa pozitivnim smerom vertikalne ose globalnog koordinatnog sistema. Međutim, kako su ugibi vertikalno naniže, to će se oni u radu tretirati kao pozitivni. Došlo je do odizanja AB nosača sa oslonca, jer je tačka rotacije unutrašnja ivica oslonca, a to opravdava usvojen statički sistem u analitičkom rešenju (Sl. 20). Takođe, u toj zoni dolazi do koncentracije napona (Sl. 18).



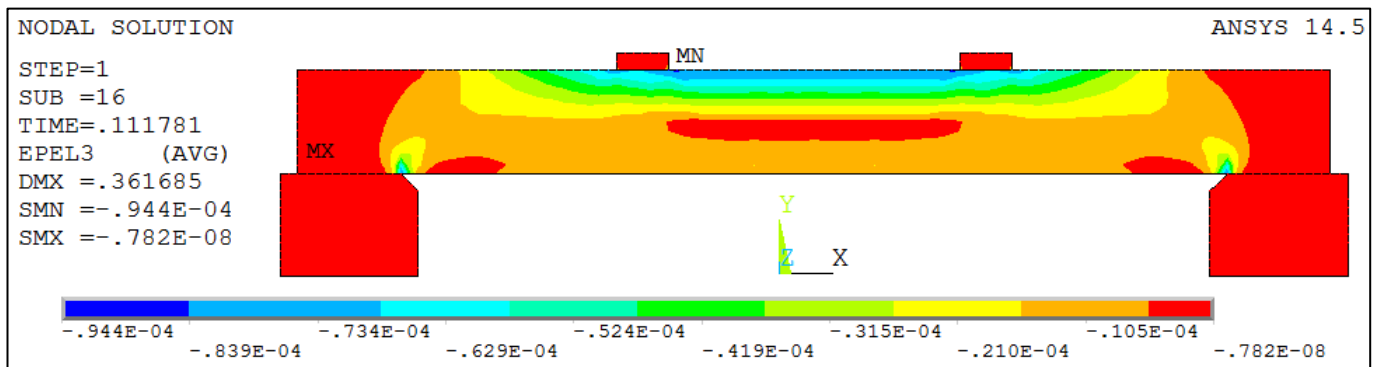
Slika 16. Glavni napon  $\sigma_1$  – max 2,486 MPa – donja zona –  $f_{bz}=2,40 \text{ MPa}$  – sila  $P = 10,06 \text{ kN}$



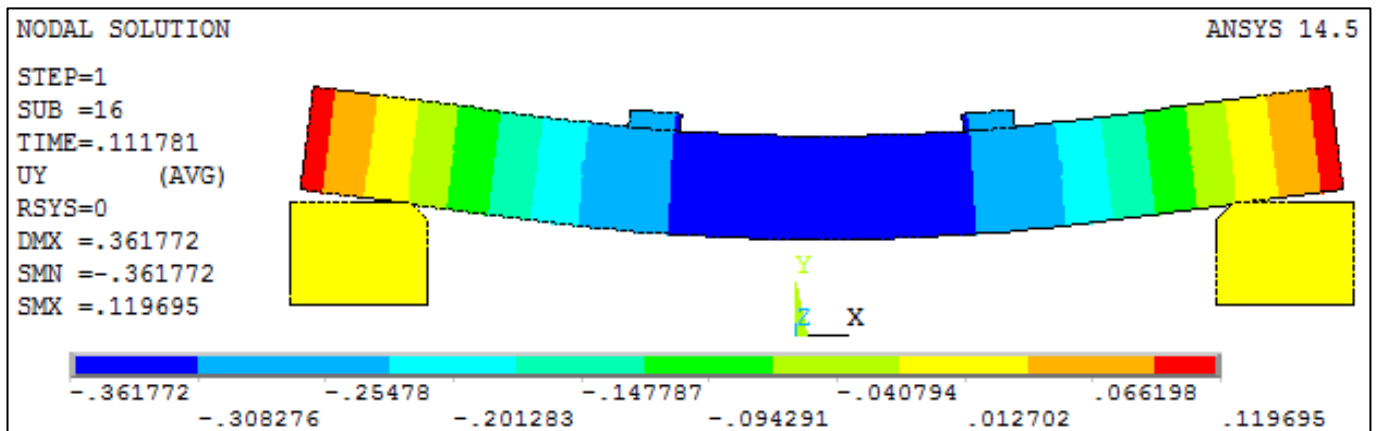
Slika 17. Glavna dilatacija  $\epsilon_1$  – max 0,789% – donja zona – sila  $P = 10,06 \text{ kN}$



Slika 18. Glavni napon  $\sigma_3$  – min 3,137 MPa – gornja zona i oslonac –  $f_b=20,50$  MPa – sila  $P = 10,06$  kN



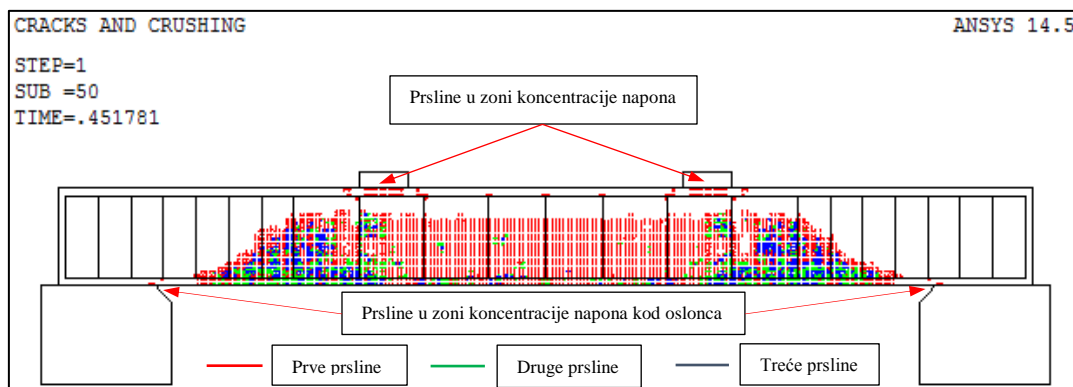
Slika 19. Glavna dilatacija  $\epsilon_3$  – min 0,944‰ – gornja zona i oslonac – sila  $P = 10,06$  kN



Slika 20. Ugib – max 0,362 mm – sila  $P = 10,06$  kN (prikaz deformacija uvećan radi preglednosti)

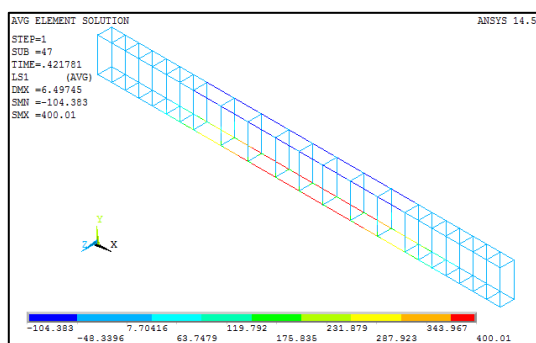
Usled daljeg povećanja opterećenja dolazi do povećavanja napona u betonu, pri čemu se povećava visina prsline u srednjem delu nosača. Takođe, otvaraju se i prsline u druga dva ortogonalna pravca, takozvane druge i treće prsline. Sa daljim povećanjem intenziteta opterećenja otvaraju se prsline i van srednjeg dela raspona. Pravac prostiranja prsline bliže osloncima nije vertikalna kao u srednjem delu raspona, već je zarotiran do

približno  $45^\circ$  kod oslonaca. To je posledica velikih smičućih napona kod oslonaca, koji utiču na to da glavni naponi zatezanja zaklapaju ugao od približno  $45^\circ$  sa osom nosača. Javlja se koncentracija napona na unutrašnjim ivicama oslonaca i na mestima unosa sile sa čeličnih ploča na beton. U tim zonama koncentracije napona javljaju se prsline usled velikih napona zatezanja u ravni upravnoj na pravac pritiska (Sl. 21).



Slika 21. Distribucija prslina i pojava prslina u zoni koncentracije napona pritiska – sila  $P = 40,66 \text{ kN}$  –

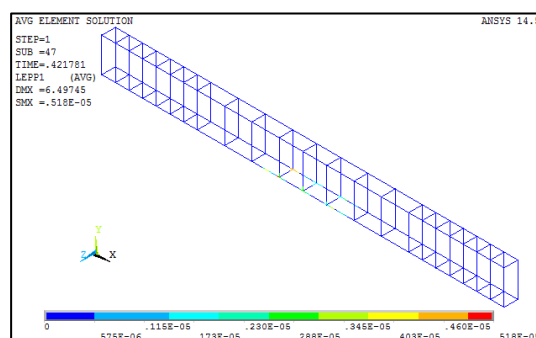
Dostizanjem intenziteta jedne sile od  $37,96 \text{ kN}$  u armaturi se javlja veći napon od napona na granici razvlačenja  $f_y = 400 \text{ MPa}$  i dolazi do plastifikacije armature u srednjem delu raspona nosača, što je očekivani rezultat s obzirom da je to zona najvećih naprezanja (Sl. 22 i 23).



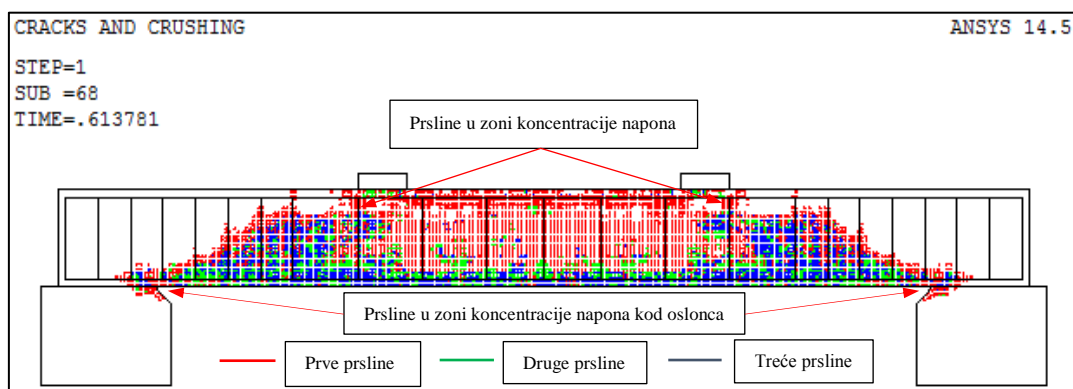
Slika 22. Napon u armaturi – max  $400,01 \text{ MPa}$   
 $f_y = 400 \text{ MPa}$  – sila  $P = 37,96 \text{ kN}$

Sa daljim povećanjem opterećenja prsline se sve brže šire i naglo se smanjuje pritisnuta zona nosača. Dostizanjem intenziteta opterećenja od  $54,34 \text{ kN}$ , kome odgovara moment savijanja  $38,04 \text{ kNm}$ ,

prsline se protežu celom visinom nosača, što ukazuje na potpuni kolaps konstrukcije, usled čega je i rešenje divergiralo u tom podkoraku (Sl. 24). Naponi pritiska rastu i dolazi do mrvljenja betona u pritisnutoj zoni i u zoni oslanjanja (Sl. 25 – crveni tetraedri). Analiziranjem napona u nosaču pri ovom opterećenju zaključuje se da je materijal izgubio nosivost (Sl. 26 i 27). Maksimalni napon u armaturi je  $413,738 \text{ MPa}$ , a plastične dilatacije armature su  $6,8 \%$  (Slika 28 i 29). Maksimalna vrednost ugiba nosača je  $21 \text{ mm}$  (Sl. 30).

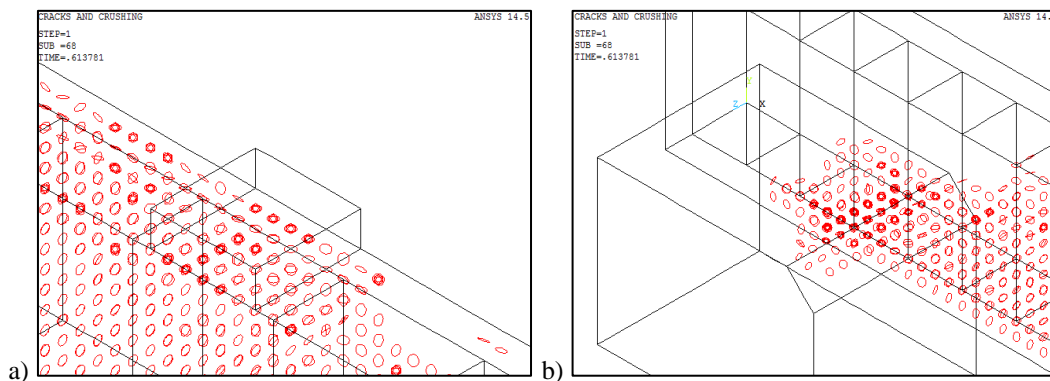


Slika 23. Plastična dilatacija armature – max  $0,00518 \%$   
sila  $P = 37,96 \text{ kN}$

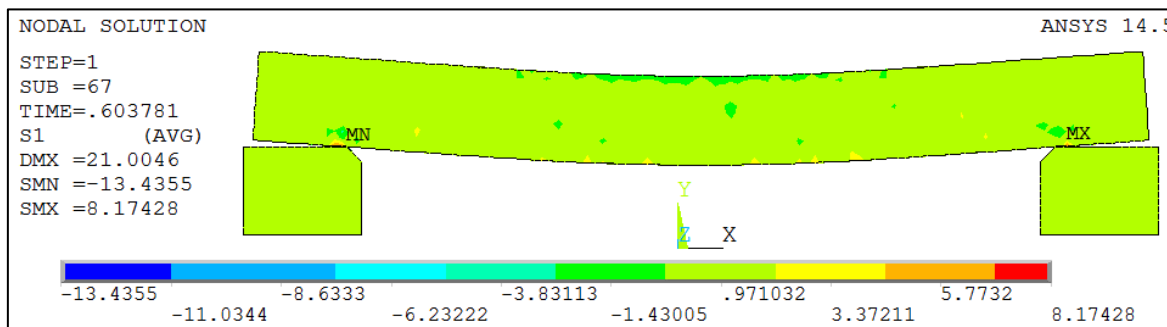


Slika 24. Distribucija prslina u trenutku kolapsa konstrukcije – sila  $P = 54,34 \text{ kN}$

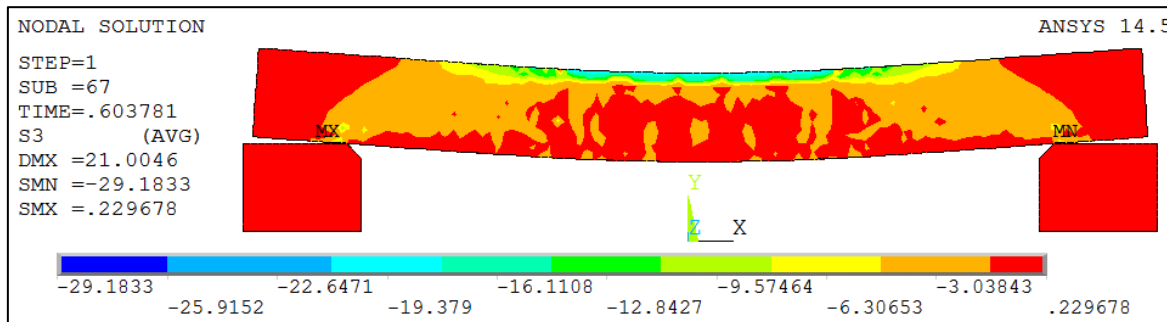




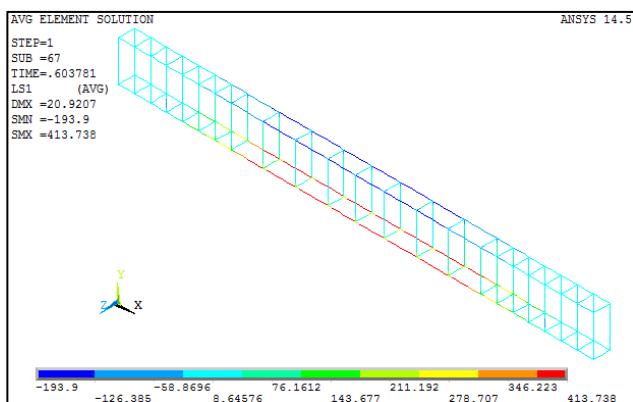
Slika 25. Mrvljenje betona – a) zona opterećenja – b) zona oslonca (crveni tetraedri) – sila  $P = 54,34 \text{ kN}$



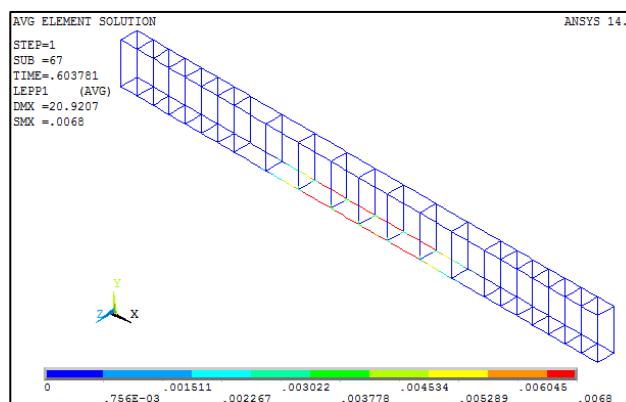
Slika 26. Glavni napon  $\sigma_1$  – max 8,174 MPa – gubitak nosivosti materijala – sila  $P = 54,34 \text{ kN}$



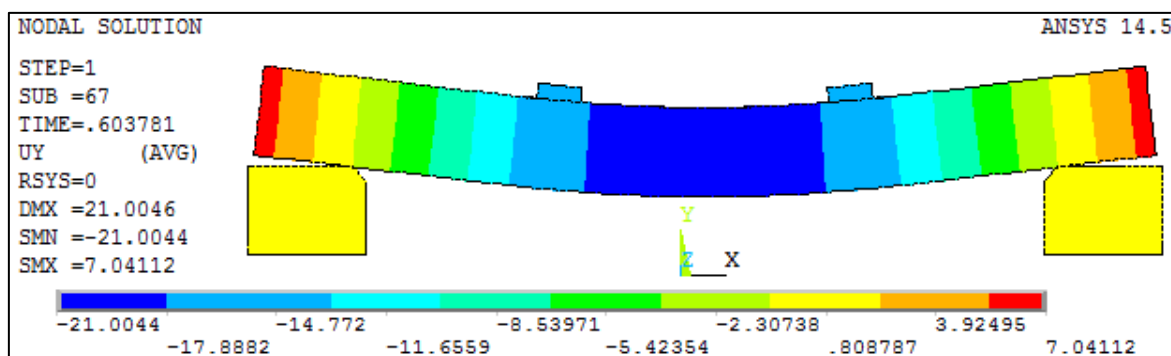
Slika 27. Glavni napon  $\sigma_3$  – min 29,183 MPa – gubitak nosivosti materijala – sila  $P = 54,34 \text{ kN}$



Slika 28. Napon u armaturi – max 413,738 Mpa sila  $P = 54,34 \text{ kN}$

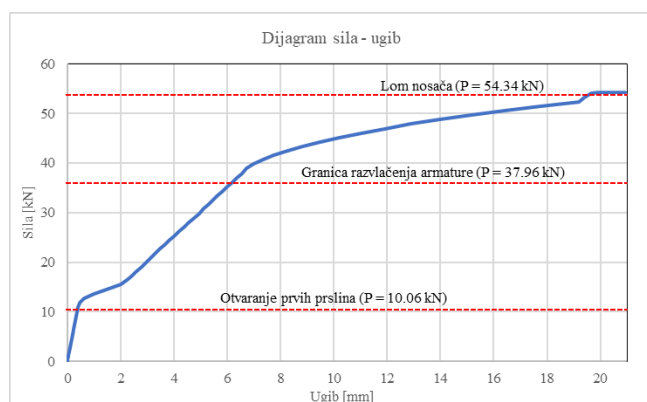


Slika 29. Plastične dilatacije u armaturi – max 6,8 % sila  $P = 54,34 \text{ kN}$



Slika 30. Ugib – max 21mm – sila  $P = 54,34\text{kN}$

Na slici 31 prikazana su vertikalna pomeranja (ugibi) u funkciji intenziteta opterećenja. Ovakva zavisnost je karakteristična za slabije armirane preseke kod kojih dolazi do velikih ugiba usled prirasta opterećenja. Na taj način se jednovremeno dostiže i nosivost armature i nosivost betona, čemu se i teži pri dimenzionisanju armiranobetonskih konstrukcija. Za razliku od slabo armiranih preseka, kod jako armiranih preseka dolazi do krtoeg loma, jer dolazi do prekoračenja nosivosti betona na pritisak, a da nije došlo do velikih deformacija nosača. Jasno se uočava da ugibi rastu približno linearno do pojave prslina u nosaču. Zatim ugibi rastu bez značajnijeg prirasta opterećenja, nakon čega se uspostavlja ponovo približno linearna zavisnost ugiba i opterećenja, jer se u zategnutoj zoni u potpunosti aktivira armatura. Nakon dostizanja granice razvlačenja u armaturi dolazi do velikog prirasta ugiba za mali prirast opterećenja i to je karakteristično sve do loma nosača. Lom nosača se karakteriše naglim prirastom deformacija bez prirasta opterećenja (poslednja grana u dijagramu na slici 31).



Slika 31. Zavisnost ugiba nosača u polovini raspona od intenziteta opterećenja

#### 4 UPOREDNA ANALIZA REZULTATA

U tabeli 3 prikazana je uporedna analiza opterećenja, odnosno momenta savijanja, koji izaziva otvaranje prslina i graničnog opterećenja, odnosno momenta nosivosti, za analitički i numerički proračun.

Tabela 3. Uporedna analiza rezultata analitičkog i numeričkog proračuna

	Analitički proračun (A)	Numerički proračun (N)	N - A [%]
Opt. pri pojavi prslina [kN] (moment pojave prslina [kNm])	8.36 (5.85)	10.06 (7.04)	<b>20.33</b>
Opt. pri lomu nosača [kN] (moment loma nosača [kNm])	34.51 (24.16)	54.34 (38.04)	<b>57.46</b>

Zaključuje se da je analitičkim proračunom sračunata manja vrednost opterećenja, odnosno momenta savijanja, koji izaziva otvaranje prslina u nosaču za približno 20%. Veća razlika se dobija kod opterećenja, odnosno momenta savijanja, pri lomu nosača, približno 57%. Ove razlike su jednim delom posledica usvojenih pretpostavki u analitičkom proračunu i zanemarivanja nosivosti pritisnute armature.

#### 5 ZAKLJUČCI

Na osnovu svega izloženog u radu mogu se formulisati sledeći zaključci:

- nosivost AB preseka bitno zavisi od visine (dubine) prsline, pa je neophodno poznavati moment pojave prsline,

- razlika u opterećenju, odnosno momentu savijanja, koji izaziva otvaranje prslina u nosaču sračunatog analitičkim i numeričkim postupkom je približno 20%,
- opterećenje, odnosno moment savijanja, pri lomu nosača sračunat analitičkim i numeričkim postupkom se razlikuje za oko 57%,
- razlike u analitičkom i numeričkom proračunu su jednim delom posledica usvojenih pretpostavki i zanemarivanja nosivosti pritisnute armature u analitičkom proračunu, što za posledicu ima da je analitički proračun predložen u literaturi i propisima konzervativan.
- numerički proračun omogućava kompleksnije trodimenzionalne analize, obuhvatanje uticaja pritisnute armature i uzengija, obuhvatanje koncentracije napona, pa kao takav daje nešto veće vrednosti momenta savijanja koji izaziva pojavu prslina i momenta savijanja pri lomu nosača u odnosu na analitički proračun,
- metod konačnih elemenata predstavlja moćan alat u analizi konstrukcija.

U daljem istraživanju ponašanja AB proste grede opterećene koncentrisanim silama u trećinama raspona treba analizirati:

- kako se menja moment pojave prslina u betonu i nosivost preseka kada se menja procenat armiranja,
- kako se menja moment pojave prslina u betonu i nosivost preseka kada se zadržava isti procenat armiranja, a menja prečnik i broj šipki armature,
- koliki je udeo pritisnute armature u nosivosti preseka.

Neophodno je sprovesti eksperimentalna istraživanja u cilju verifikacije usvojenog

analitičkog i numeričkog modela za analizu AB grede.

## LITERATURA

- [1] *Priručnik za primenu Pravilnika BAB 87*, Jugoslovensko društvo za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija, 1989, Beograd.
- [2] *Eurocode 2: Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings*, British standard, BS EN 1992-1-1:2004 E, ICS 91.010.30; 91.080.40.
- [3] *Armirani beton 1*, Ž. Radosavljević, IRO "Građevniska knjiga", 1985, Beograd.
- [4] *Armirani beton 2*, Ž. Radosavljević, IRO "Građevniska knjiga", 1986, Beograd.
- [5] *Armirani beton 3*, Ž. Radosavljević, IRO "Građevniska knjiga", 1989, Beograd.
- [6] *Ansys Theory Reference for the Mechanical APDL and Mechanical Applications*, April 2009.
- [7] Matematičko modeliranje veza u konstrukcijama – autorizovana predavanja, T. Vacev, 2016.
- [8] *Crack Identification in Reinforced Concrete Beams Using ANSYS Software*, L. Dahmani, A. Khennane, *Strength of Materials*, Vol. 42, No 2, 2010, str. 232-240.
- [9] *Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures Subjected to Impact Loads*, C. Neriman, Master Thesis, 2010, Izmir.
- [10] *Parametric study on Nonlinear Finite Element Analysis on flexural behaviour of RC beams using ANSYS*, G. Vasudevan, S. Kothandaraman, *International Journal of Civil and Structural Engineering*, Volume 2, No 1, 2011, str. 98-111.
- [11] *Flexural Behavior of Reinforced and Prestressed Concrete Beams using Finite Element Analysis*, J. Wolanski, Master Thesis, Milwaukee, Wisconsin, 2004.

UDK : 628.2(485)

## VIŠESTRUKI KORISTI PRIMENE SAVREMENIH PRISTUPA KANALISANJA ATMOSFERSKIH VODA NA PRIMERU STAMBENOG NASELJA AUGUSTENBORG, MALMO

Magdalena Vasilevska<sup>1</sup>, Ljiljana Vasilevska<sup>2</sup>

**Rezime:** U radu se analiziraju višestruke koristi integrisanja savremenih pristupa kanalisanja atmosferskih voda u proces urbanističkog projektovanja, sa fokusom na njihovu primenu u procesu urbane regeneracije nasleđenih stambenih područja. Poligon istraživanja je stambeno naselje Augustenborg u Malmu, jedno od prvih stambenih naselja socijalnog stanovanja u Švedskoj. Naselje je u drugoj polovini XX veka doživelo socijalnu i ekonomsku stagnaciju, kao i niz drugih razvojnih problema, pa se urbana regeneracija područja nametnula kao imperativ. Projekat urbane regeneracije zasnovan je na primeni seta mera i tehničkih elemenata SUDS-a (*Sustainable Urban Drainage System*), jednog od savremenih pristupa kanalisanja kišnog oticaja. U slučaju kada se vrši dogradnja i/ili rekonstrukcija postojećeg sistema (engl. *retrofitting*), planerski i projektantski zadatak je mnogo složeniji, kako zbog kompleksnosti samih praktičnih opcija za rešavanje problema u vezi sa količinom i kvalitetom atmosferskih voda u izgrađenom okruženju, tako i zbog ograničenja postojećih fizičkih struktura, posebno infrastrukturnih sistema. Pored analize prepreka i problema prilikom primene SUDS-a u okviru već izgrađenog područja, u radu se analiziraju višestruke koristi njegove implementacije, koje se ogledaju ne samo u rešavanju problema vezanih za količinu i kvalitet atmosferskih voda u okviru područja, već i u nizu socijalnih, ekonomskih i envajromentalnih koristi.

**Ključne reči:** Savremeni pristupi kanalisanja kišnog oticaja, SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*), Augustenborg, nasleđeno stambeno područje, urbana regeneracija, višestruke koristi

## MULTIPLY BENEFITES OF IMPLEMENTATION OF MODERN STORMWATER APPROACHES ON AUGUSTENBORG, MALMO

**Abstract:** The paper analyzes multiple benefits of integration of modern stormwater management approaches into the urban design, with a focus on their application in the urban regeneration projects of inherited housing areas. Research platform is Augustenborg in Malmo, one of the first social housing in Sweden. In the second half of the 20th century, the area experienced social and economic stagnation, as well as a numerous other development problems, where urban regeneration of the area has been imposed as an imperative. The whole urban regeneration project is based on the application of measures and technical elements of SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*), one of the modern stormwater management approaches. In the case of upgrading and/or reconstruction of the existing system, the planning and design tasks are much more complex, due to the complexity of the practical options for solving the problems related to the quantity and quality of stormwater in the built environment, and because of constraints of existing physical structures, especially infrastructure systems. In addition to analyzing the obstacles and problems when applying SUDS within the inherited area, the paper analyzes the multiple benefits of its implementation, which are reflected not only in solving problems related to the quantity and quality of stormwater, but also in a numerous of social, economic and environmental benefits.

**Key words:** Modern stormwater management approaches, SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*), Augustenborg, inherited housing area, urban regeneration, multiple benefits

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

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

## 1. UVOD

Kao odgovor na klimatske promene, negativne efekte procesa urbanizacije i industrijalizacije, kao i brojne socio-ekonomske, fizičke i envajronmentalne probleme u urbanim sredinama i urbanim slivovima, u razvijenim zemljama je poslednjih decenija razvijeno nekoliko integrisanih pristupa kanalisanja kišnog oticaja (Dietz, 2007). Najpoznatiji i naznačajniji među njima su *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) u Australiji, *Sustainable Drainage System* (SuDS) i *Sustainable Urban Drainage System* (SUDS) u Velikoj Britaniji i Škotskoj, *Best Management Practices* (BMPs) i *Low Impact Development* (LID) u SAD-u, *Alternative techniques* (ATs) u zemljama francuskog govornog područja, *Source Control* u Kanadi itd. (Fletcher et al, 2015). Iako su početna istraživanja u okviru navedenih pristupa u početku bila motivisana specifičnim karakteristikama i problemima zemlje u kojoj su nastali, danas većinu njih odlikuje integrisan pristup problematici, kroz težnju da se u najmanjoj meri odstupa od prirodnog hidrološkog ciklusa i uslova koji vladaju u urbanom slivu. Tako su, pored osnovnih početnih ciljeva kao što su: 1) povećanje kapaciteta postojećeg sistema odvodnjavanja u urbanim slivovima podržavanjem prirodnog hidrološkog ciklusa, 2) rešavanje problema plavljenja, i 3) rešavanje problema koji su vezani za količinu i kvalitet atmosferskih otpadnih voda (Cooper, 2011), savremeni pristupi kanalisanja kišnog oticaja u međuvremenu usvojili i dodatne ciljeve koji su u sinergiji sa primarnim ciljevima urbanističkog planiranja i projektovanja, među kojima su najznačajniji: 1) poboljšanje karakteristika izgrađenog okruženja u funkciji kvaliteta življenja; 2) poboljšanje kvaliteta vodnih resursa, 3) smanjenje negativnih uticaja atmosferskih voda i upravljanje rizicima; i 4) očuvanje i unapređenje urbanog ekosistema.

Preuslovi za razvoj savremenih pristupa i njihovo kasnije integrisanje u proces urbanističkog planiranja i projektovanja su nastali 80-ih godina prošlog veka, u sklopu šireg društvenog diskursa, kada je pod paradigom "živeti sa vodom" došlo do generalnog otklona od poimanja vode kao "neprijatelja gradske sredine i života u gradu" i "skrivenog elementa iza cevi i slavina", ka vodi kao "elementu koji doprinosi kvalitetu života" i "lokacionom faktoru na nivou grada". Osim što su pružile mogućnost za generisanje i, kasnije, integrisanje savremenih pristupa u okvire planskog i projektantskog tretmana urbanih sredina, ove okolnosti su pogodovale i korenitoj promeni paradigme urbanističkog planiranja i projektovanja

(Brown et al, 2008), pre svega u smislu evolucije uloge upravljanja vodnim urbanim ciklusom, konceptualnog okvira njegove integracije i kumulativnih socio-ekonomskih činioca.

Ciljevi savremenih pristupa kanalisanju kišnog oticaja se danas realizuju primenom niza sistemskih mera i tehničkih elemenata osmišljenih tako da što manje utiču na prirodni hidrološki ciklus (Vasilevska i dr, 2014). Kod neizgrađenih, novoplaniranih područja, mere i elementi se biraju i primenjuju prema karakteristikama prirodnih uslova, dok u urbanom okruženju karakter i mogućnost njihove primene dodatno zavisi i od karakteristika zatečenih fizičkih struktura. U drugom slučaju, kada se vrši dogradnja i/ili rekonstrukcija postojećeg sistema, planerski i projektantski zadatak je mnogo složeniji, kako zbog kompleksnosti samih praktičnih opcija za rešavanje problema u vezi sa količinom i kvalitetom atmosferskih voda u izgrađenom okruženju, tako i zbog činjenice da se aktivnosti vezane za rekonstrukciju postojećeg sistema najčešće realizuju u sklopu projekata urbane regeneracije, koja je po ciljevima i strukturi još kompleksnija.

Cilj rada je da se upravo na primeru realizovanog projekta urbane regeneracije analiziraju i ilustruju kumulativni i višestruki efekti primene savremenih pristupa kanalisanja kišnog oticaja. U skladu sa tim, definisano je i istraživačko pitanje:

- 1) Da li i na koje načine integrisanje savremenog pristupa kanalisanja kišnog oticaja u projekte urbane regeneracije utiče na upotrebnosti i oblikovni potencijal područja, kao i na dugoročne promene u njenoj socio-ekonomskoj strukturi?

U tu svrhu, u radu je sprovedena analiza stambenog područja Augustenborg u Malmu. Kako je u okviru ovog područja realizovan projekat urbane regeneracije koji je zasnovan na implementaciji SUDS-a, jednog od savremenih pristupa kanalisanja kišnog oticaja, to ga čini adekvatnom istraživačkom platformom za analitičko razmatranje postavljenog istraživačkog pitanja u okviru ovog rada.

## 2. PROJEKAT URbane REGENERACIJE - AUGUSTENBORG

Augustenborg (*Augustenborg*) je stambeno područje u Malmu, koji je sa 286000 stanovnika treći grad po veličini u Švedskoj. Malmö je bio uspešan industrijski centar, ali je naftna kriza 1970-ih godina dovela do zatvaranja brodogradilišta i tekstilne industrije, što je prouzrokovalo ekonomsku stagnaciju

i visoku stopu nezaposlenosti. Od 1980-ih godina došlo je do značajnih promena u privrednoj strukturi, kada Malmo počinje da se pozicionira kao ekološki (*eco-friendly*) i multikulturalni grad, čiji se razvoj zasniva na znanju (*knowledge based*).

Samo stambeno područje Augustenborg je izgrađeno na periferiji grada, u distriktu *Borough of Fosi*. Izgrađeno 1948. god. kao jedno od prvih naselja socijalnog stanovanja u Švedskoj. Obuhvata površinu od 32ha, sa oko 3000 stanovnika i 1800 stambenih jedinica, od kojih se 1600 rentira od strane Opštinske stambene agencije (*Malmo Municipal Housing Company*). Augustenborg je na početku smatran vrlo uspešnim primerom kombinacije stanovanja, poslovanja i socijalnih servisa (Slika 1).



**Slika 1 – Augustenborg, Malmo, 1950-ih godina**

Urbanistička kompozicija je tipičan reprezent internacionalnog stila, koji je dominirao u periodu izgradnje naselja. Urbani sklop i dispozicija stambenih zgrada, čija se spratnost kreće od 3do7 spratova, zasnovani su na primeni insolationog principa.

Ipak, ekonomske teškoće na nivou grada su se odrazile i na područje Augustenborga, pa je period nakon 1970-ih obeležila populaciona i ekonomska stagnacija područja, kao i drugi razvojni problemi, među kojima su najizraženiji bili sledeći:

- 1) promene u socio-ekonomskoj strukturi;
- 2) visok procenat imigranata koji su počeli da naseljavaju područje početkom 1990-ih, što je uslovalo socijalne tenzije, inkluziju, pa čak i segregaciju;
- 3) propadanje izgrađenog okruženja - prisustvo vlage, neefikasna izolacija, propadanje zgrada, degradacija i devastacija otvorenih prostora;
- 4) godišnje plavljenje područja usled preopterećenosti tradicionalnog sistema kanalizacije (Slika 2). Posledice poplava su dovele do oštećenja podzemnih garaža i podruma, kao i do ograničenja pristupa lokalnim putevima i pešačkim stazama. Usled velikog pritiska i nedovoljnog kapaciteta tradicionalnog sistema često je dolazilo i do izlivanja kanalizacije.



**Slika 2 - Često plavljenje je bilo jedan od osnovnih problema u Augustenborgu**

Zbog navedenih problema, grad Malmo je 1996.god. doneo odluku o izgradnji eko-naselja koje obuhvata 32ha samog stambenog područja Augustenborg i 3ha industrijskog *brownfield*-a u njegovoj neposrednoj blizini (Slika 3). U partnerstvu sa *MKB Housing Corporation* i uz podršku EU, grad Malmo je 1997.god. započeo projekat urbane regeneracije *Augustenborg Eco-District Renewal project*. Projekat se fokusirao na inovativne modele unapređenja kvaliteta životne sredine, uključujući i nove pristupe u upravljanju kišnim oticajem, upravljanju otpadom i povećanju biodiverziteta (*MKB and City of Malmö*). Sa njegovom realizacijom je završeno 2002. god, a projekat je 2010.god. dobio *UN's World Habitat Award*.

Osnovni ciljevi projekta urbane regeneracije Augustenborga su bili: 1) odgovor na klimatske promene; 2) povećanje kvaliteta života; i 3) povećanje stepena atraktivnosti područja.



**Slika 3 – Augustenborg danas**

### 3. PRIMENA SUDS-A U OKVIRU PROJEKTA URBANE REGENERACIJE

Pravci i fokus projekta urbane regeneracije Augustenborga su delimično bili diktirani i promenama na nivou grada, odnosno razvojnim politikama koje su bile usmerene ka transformaciji grada iz post-industrijskog u ekološki održivi grad (Hambelton, 2008). Iako prilagođavanje klimatskim promenama nije bilo eksplicitan pokretač inicijalnih aktivnosti, projekat urbane regeneracije je imao za cilj da reši pitanje poplava u urbanoj sredini, što je jedan od efekata klimatskih promena koji bi verovatno u budućnosti pogoršao situaciju u Augustenborgu. Novi pristup upravljanju poplavama i kanalisanju kišnog oticaja je zasnovan na primeni SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*) mera i tehničkih elemenata. One su realizovane u formi otvorenog sistema, odnosno, primenom tzv. *soft* mera. One koje se odnose na tretman poplava u urbanoj sredini bile su kombinovane i sa merama koje su za cilj imale smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i poboljšanje upravljanja otpadom. Projekat je uključio i inicijative koje su za cilj imale poboljšanje energetske efikasnosti, proizvodnju energije, električni javni prevoz i recikliranje.

Zbog stalnih problema sa poplavama, predloženo je da olujne atmosferske vode u Augustenborgu budu odvojene od postojeće kombinovane kanalizacije i drenirane pomoću otvorenog sistema kanalisanja kišnog oticaja. Glavne namere su bile sledeće: 1) smanjenje poplava za 70%, 2) potpuno eliminisanje izlivanja kombinovanog sistema kanalizacije smanjenjem ukupne zapremine olujnih voda koje dolaze do sistema, i 3) smanjenje maksimalnih proticaja. One su realizovane smanjenjem učešća nepropusnih površina i pripadajućih oticaja, očuvanjem i poboljšanjem postojećih i uvođenjem novih zelenih površina, i merama za redukovanje ukupne količine kišnog oticaja (Villarreal i dr., 2004).

Alternativna opcija otvorenom sistemu - smanjenje poplava primenom konvencionalnog odvojenog sistema za olujne padavine, bi podrazumevala obimne zemljane radove u Augustenborgu. Pored toga, takav pristup bi takođe mogao prouzrokovati probleme u drenažnoj mreži, kao što su uska grla na mestima spajanja sa tradicionalnim sistemom, što bi čak povećalo rizik od poplava, erozije ili bi dovelo do narušavanja kvaliteta vode. Iz tih razloga, primena otvorenog sistema kanalisanja olujnog i kišnog oticaja je viđena kao najjednostavnija i najefikasnija opcija koja je u potpunosti u skladu sa planskom i projektantskom inicijativom i vizijom Augustenborga

- njegovom transformacijom u ekološko naselje kroz proces urbane regeneracije.

Infrastrukturno opremanje područja zasnovano na primeni SUDS elemenata i mera u formi otvorenog sistema započeto je u decembru 1999. god., a završeno u leto 2000.god. Sistem je postao operativan u maju 2001. god. Sada uključuje 6km vodenih kanala i deset retenzionih bazena (Slika 4). Kišnica sa krovova, ulica i parkinga se sakuplja u prirodnim jarkovima i bioretenzijama i usmerava kroz vidljive rovove, kanale, jezerca i močvare, dok se samo višak kišnice usmerava u konvencionalni kanalizacioni sistem (Slika 5). Predviđeno je da neke zelene površine mogu biti privremeno poplavljene, što je u funkciji usporavanja kišnog oticaja za vreme incidentnih, olujnih događanja.



Slika 5 –SUDS i karakteristični tehnički elementi

Navedeni tehnički elementi su aktivno uključeni u formiranje urbanog pejzaža i u okviru 30 unutrašnjih dvorišta, u sklopu kojih se nalaze zelene i rekreativne površine i sadržaji. Iako su zeleni prostori povećani i po površini i po broju, sačuvan je specifičan stil pejzažnog uređenja iz 1950-ih godina, kako se ne bi ugrozila estetika područja i njegov autohton prostorni identitet (Slika 5).

Pored toga, na svim zgradama izgrađenim posle 1998.god. postavljeni su zeleni krovovi, kao i na pojedinim zgradama koje su izgrađene pre toga ali im je u međuvremenu promenjena namena (iz garaža u poslovni prostor, na primer). U naselju je realizovano 30 zelenih krovova sa ukupnom površinom od 2100m<sup>2</sup>, ne računajući krov Botaničke bašte koja je izgrađena u periodu od 1999. do 2001. god. na industrijskom *brownfield*-u. Sa površinom od 9500m<sup>2</sup>, zeleni krov Botaničke bašte predstavlja najveći zeleni krov u Skandinaviji (Slika 6).

Zelenim krovovima se u Augustenborgu tretira više od polovine ukupnog kišnog oticaja u toku

godine (količina koja se apsorbira u bilo kom trenutku varira u zavisnosti od nivoa zasićenosti površine krova). Pored toga, krovovi imaju značajan efekat hlađenja tokom leta u poređenju sa standardnim crnim bitumenskim krovovima. Shodno tome, njihovo prisustvo (uz prisustvo vodenih površina i zelenila) može pomoći području i njegovom neposrednom okruženju da se u budućnosti lakše prilagodi prognoziranom toplotnom talasima i porastu temperatura, što su očekivane i najavljene manifestacije klimatskih promena.



Slika 6 – Zeleni krovovi na Botaničkoj bašti

Takođe, zeleni krovovi su i svojevrsni odgovor na zabrinutost stanovnika da će primenom tehničkih elemenata SUDS-a njihova dvorišta biti pretvorena u neupotrebne prostore sa vodenim površinama. Sukob između želja stanovnika i zahteva efikasnog sistema odvodnjavanja je u određenoj meri rešen upravo primenom zelenih krovova, koji su instalirani i na prethodno neiskorišćenom prostoru. U tom smislu su svakako najznačajniji zeleni krovovi Botaničke bašte (Slika 6).

Projekat urbane regeneracije se zasnivao na implementaciji SUDS-a u okviru već postojećeg, izgrađenog okruženja i infrastrukture, na području u kome su tokom realizacije projekta živeli stanovnici, što uvek predstavlja izazovan i zahtevan projektanški i građevinski zadatak. Projektanški izazovi i zahtevi povezani sa implementacijom SUDS-a u već izgrađeno urbano okruženje su se u slučaju Augustenborga manifestovali na sledeće načine (Kazmierczak i Carter, 2010):

- 1) Naći fizički prostor za primenu i ugradnju tehničkih elemenata SUDS-a u okviru već izgrađenog područja

SUDS je morao biti ugrađen oko postojećih infrastrukturnih elemenata struje, vode, grejanja i telefonije; pristup za vozila hitne pomoći je morao biti stalno u funkciji; mnogi stanovnici su bili zabrinuti zbog toga što veliki procenat

pristupačnih zelenih površina nije bio pogodan za rekreaciju, kao i zbog uklanjanja određenog broja stabala.

- 2) Zgrade nisu smele biti oštetećene vodom  
Svi SUDS elementi su obloženi geotekstilom - ograničavajući funkciju sistema na zadržavanje vode umesto na njenu infiltraciju, isključena je mogućnost povećane duboke perkolacije.
- 3) Pitanja zdravlja i sigurnosti su morala biti rešena  
Elementi SUDS-a su bili smešteni u okviru ili neposrednoj blizini školskog dvorišta, a postojala je i zabrinutost stanovnika da će mreža kanala predstavljati fizičke prepreke za starije osobe i osobe sa posebnim potrebama.

Svi navedeni problemi su rešeni redizajniranjem, alokacijom, u nekim slučajevima i odustajanjem od primene određenih tehničkih elemenata sistema, upotrebom odgovarajućih tehnoloških rešenja, kao i brojnim i kontinuiranim konsultacijama sa lokalnim stanovništvom. Sa tim u vezi, jedan od glavnih ciljeva Eko-naselja Augustenborg bio je da se stanovnicima omogući značajna uloga u planiranju i sprovođenju inicijativa. Tako je u okviru *Augustenborg Eco-District Renewal project*-a realizovan participativni planski pristup i omogućena je široka javna rasprava, u smislu redovnih sastanaka, radionica u okviru društvene zajednice i neformalnih skupova na sportskim i kulturnim događajima. Iako postoje mišljenja da je učešće lokalnog stanovništva bilo na niskom nivou zbog različitih razloga, koji se kreću od apatije do jezičkih barijera (Villarreal i dr., 2004), oko 20% stanara je učestvovalo na sastancima o projektu, a neki od njih su postali vrlo aktivni u razvoju područja. Stanovnici i ljudi koji su radili u Augustenborgu bili su uključeni u dizajn otvorenih prostora i saradivali sa projektantskim timom tokom realizacije čitavog projekta, uz podršku lokalne grupe za pristup i mobilnost. Konstantna komunikacija i suštinsko uključivanje zajednice omogućili su da se kroz projekat odgovori na sve njihove brige, stavove i zahteve u vezi sa SUDS projektom. Učenici lokalne škole su takođe bili uključeni u niz dešavanja, na primer u planiranje i projektovanje nove školske bašte, bazena za sakupljanje kišnice, muzičkog igrališta i održivih građevinskih projekata koji uključuju zelene krovove i solarne panele. Kao rezultat svega toga, projekat je dobro prihvaćen, a protivljenja je bilo vrlo malo.

Najveći izazov u uključivanju javnosti je bio uspostavljanje kontinuiteta, što je podrazumevalo konstantno održavanje ekološke svesti stanara na visokom nivou i informisanje javnosti o tome šta je



učinjeno, budući da je iskustvo iz prethodnih primera dobre prakse pokazalo da se stanovnici više uključuju u realizaciju određenih aktivnosti ukoliko imaju više kontrole nad ishodom projekta.

#### 4. VIŠESTRUKI KORISTI PRIMENE SUDS-A

Realizacija projekta urbane regeneracije zasnovana na primeni SUDS-a transformisala je Augustenborg u socijalno, ekonomski i ekološki održivo područje. Prednosti projekta su bile višestruke, i ogledaju se u: 1) smanjenju kišnog oticaja i zaustavljanju plavljenja oblasti; 2) poboljšanju životne sredine i estetike unutarblokovskih površina koje se koriste i u rekreativne svrhe; 3) transformaciji područja u okruženje koje je prijateljski nastrojeno pešacima i biciklistima (*pedestrian and bike friendly environment*), uz redukciju upotrebe individualnih automobila; 3) poboljšanju socijalne sredine kroz realizaciju različitih vidova socijalnih interakcija i kreiranje identiteta i snažnog osećaja pripadnosti zajednici.

Nakon realizacije projekta, više od 90% kišnice sa krovova i ostalih nepropusnih površina se vodi u otvoreni sistem za upravljanje atmosferskim vodama, što znači da je tretman ukupne zapremine atmosferske vode lokalizovan, a tradicionalni sistem rasterećen. Pored toga, ukupni godišnji protok oticaja je smanjen za oko 20% u poređenju sa konvencionalnim sistemom, što je rezultat evapotranspiracije sa kanala i jezera između kišnih događaja. Takođe, oslabljen je i vršni protok za vreme olujnih kiša. Kao rezultat svega toga, problemi sa poplavama su prestali i slika područja se značajno poboljšala.

Partneri koji su učestvovali u projektu i njegovoj realizaciji bili su svesni da projekcija klimatskih promena vodi kumuliranju problema sa poplavama u gradu. Iako nije izvršena analiza klimatskih promena na otvorenom sistemu, on je projektovan tako da odgovara petnaestogodišnjem kišnom oticaju. Od trenutka kada je SUDS stavljen u funkciju, u Augustenborgu nije bilo poplava izazvanih olujnim kišama. Štaviše, kada su pedesetogodišnje kiše 2007.god. skoro odsekle Malmo od ostatka zemlje, Augustenborg nije bio pogođen ovim događajem, što ukazuje na to da dizajn SUDS-a funkcioniše bolje od konvencionalnih sistema i da je Augustenborg dobro pripremljen za intenzivne olujne događaje.

Pored navedenih koristi koje se odnose na kanalisanje kišnog oticaja, kvalitet i kvantitet voda, kao i upravljanje poplavama, prepoznate su i višestruke dodatne i veoma značajne koristi primene

SUDS-a koje su doprinele pozitivnim ekološkim i ocio-ekonomskim promenama u Augustenborgu (Kazmierczak i Carter, 2010):

1. Rekonfiguracija javnih otvorenih prostora u unutarblokovskim površinama omogućila je stanovnicima da implementiraju urbanu agrikulturu (uzgajanje sopstvene hrane na malim parcelama-baštama) i stvorila atraktivna mesta za realizaciju aktivnosti u sklopu slobodnog vremena kao i za boravak i igru dece na otvorenom.
2. Stepem biodiverziteta područja je povećan za 50%. Zeleni krovovi, pretežno na Botaničkoj bašti, privukli su različite vrste ptica i insekata, dok tehnički elementi otvorenog SUDS-a pružaju bolje okruženje za lokalne biljke i divlje životinje.
3. Ekološki uticaj područja, meren emisijom CO<sub>2</sub> i generisanjem otpada, smanjen je za 20%.
4. Zaustavljena su negativna demografska i socio-ekonomska kretanja. Emigracija iz oblasti se smanjila za 20%, više nema praznih stanova, a stvorile su se i mogućnosti za povećanje cena nekretnina. Stopa zaposlenosti se sa 35% u 1997.god. povećala na 48% u 2010.god.
5. Otvorile su se i počele sa radom nove kompanije, što je doprinelo i otvaranju novih radnih mesta.

Zbog svega navedenog, projekat urbane regeneracije Augustenborga se smatra jednim od najzanimljivijih razvojnih inicijativa za održivu urbanu regeneraciju u Švedskoj i pruža mogućnost definisanja razvojnih smernica i za druga područja sa sličnim karakteristikama.

#### 5. ZAKLJUČAK

Primeri dobre prakse, a stambeno područje Augustenborg je jedan od njih, upućuju da su savremeni pristupi kanalisanja kišnog oticaja našli svoju adekvatnu primenu u sklopu urbane regeneracije kao jednoj od ključnih metoda u procesu urbanističkog planiranja i projektovanja nasleđenih urbanih struktura.

Analiza primera nasleđenog stambenog područja Augustenborg u Malmu ukazuje da je primena SUDS-a, kao jednog od savremenih pristupa kanalisanja kišnog oticaja, efikasnija ukoliko se ne oslanja samo na jednu, već istovremeno primenjuje više različitih tehnika i mera. Upotreba više komponenata dovodi do kombinovanog tretmana koji ima značajniji uticaj na kvalitet i količinu kišnog oticaja.

Analiza je takođe ukazala i na višestruke koristi realizacije projekta urbane regeneracije čiji je konceptualni i inženjerski pristup upravo zasnovan na savremenom pristupu kanalisanja kišnog oticaja. Na primeru Augustenborga se može zaključiti da su poboljšanje kvaliteta životne sredine, unapređenje građene sredine i osnaživanje lokalne zajednice ključni benefiti integracije savremenog pristupa kanalisanju kišnog oticaja u projekat urbane regeneracije, koji su u sinergiji rezultirali time da Augustenborg postane atraktivno i održivo stambeno područje.

Sa druge strane, mogu se identifikovati prepreke i problemi za *retrofitting*, odnosno integrisanje savremenih pristupa kanalisanja kišnog oticaja u projekte urbane regeneracije, od kojih su prisutni sledeći: 1) praktični problemi (postojeći raspored lokacija i infrastrukturnih sistema, naročito u urbanim sredinama sa velikom gustom naseljenosti, zatim fizičke karakteristike prostora, složena vlasnička struktura itd.); 2) odsustvo ili nedovoljna razvijenost adekvatnog zakonodavnog okvira i institucionalnih mehanizama koji podržavaju implementaciju pristupa; i 3) visoki početni troškovi implementacije.

## 6. LITERATURA

1. Brown P., Keath H., Wong T. (2008). Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, Current and Future Transition States. 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh, Scotland, UK. Dostupno na: [https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage\\_CD/ICUD08/pdfs/618.pdf](https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/618.pdf)
2. Cooper, A. (2011). Stormwater Management Opportunities with Urban Re-development. Dostupno na: [https://www.waternz.org.nz/Attachment?Action=Download&Attachment\\_id=139](https://www.waternz.org.nz/Attachment?Action=Download&Attachment_id=139)
3. Dietz, M. (2007). Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions. *Water Air Soil Pollut*, Vol. 186, p.p. 351-363
4. Fletcher, T. D. Shuster, William, H., William F. A., Richard. Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J., Steen Mikkelsen, P., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, Vol. 12, No 7, p.p.525–542.
5. Hambleton, R. (2008.) From rust-belt to eco-city. International insights and other related information, IDeA. Dostupno na: <http://www.idea.gov.uk/idk/core/page.do?pageId=84452933>
6. Kazmierczak, A. and Carter, J. (2010). Adaptation to climate change using green and blue infrastructure . A database of case studies. Dostupno na: <https://www.escholar.manchester.ac.uk/uk-ac-man-scw:128518>
7. Vasilevska, Lj., Blagojević, B. i Vasilevska, M. (2014). Linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanju atmosferskim otpadnim vodama. Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, br. 29, str. 27-43.
8. Villarreal, E.L., Semadeni-Davies, A. and Bengtsson, L. (2004). Inner city stormwater control using a combination of best management practices. *Ecological Engineering*, Vol.22, Issues 4-5, p.p: 279-298.
9. <https://urbanreport.wordpress.com/2011/09/03/welcoming-water-part-2-how-open-storm-water-management-works/>
10. <http://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>
11. <http://www.malmo.se/English/Sustainable-City-Development/Augustenborg-Eco-City.html>
12. <http://www.futurecommunities.net/socialdesign/210/e-co-city-augustenborg-sweden>
13. <http://sustainablecities.dk/en/city-projects/cases/augustenborg-green-roofs-and-storm-water-channels>

UDK: 556.5:519.876.5

## KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA HEC-HMS MODELA NEIZUČENOG SLIVA POMOĆU KRIVIH TRAJANJA PROTOKA

Petar Praštalo<sup>1</sup> Žana Topalović<sup>2</sup> Borislava Blagojević<sup>3</sup>

### *Rezime*

Problem određivanja hidroloških karakteristika prosečnih voda u neizučenim slivovima, prisutan je prilikom izrade planova upravljanja veštačkom akumulacijom u uslovima redovnog korišćenja. U ovom radu su analizirane mogućnosti korišćenja krivih trajanja protoka sa izučenih slivova iz šireg regiona, za kalibraciju i verifikaciju modela za simulaciju vrednosti dnevnih protoka neizučenog sliva. Za kontinualne hidrološke simulacije korišćen je paket hidroloških modela HEC-HMS. Modeli sa uticajem topljenja snega i bez njega, formirani su za sliv reke Vijake do profila brane Drenova. Slaganje simuliranih i 'osmotrenih' protoka određivano je poređenjem nagiba krive dobijene na osnovu simuliranih protoka i prosečne krive trajanja protoka sa izučenih slivova. Rezultati u ovom radu ukazuju na nedovoljnost korišćenja krivih trajanja protoka kao jedinog kriterijuma za kalibraciju i verifikaciju modela u HEC-HMS-u u primeni za kontinualne hidrološke simulacije.

**Ključne reči:** Kriva trajanja protoka, neizučen sliv, kontinualna simulacija oticaja, HEC-HMS.

### *Summary*

The problem of mean runoff characteristics estimation in ungauged basins is present for the development of reservoir management plans under conditions of normal use. In this paper, the possibilities for using the flow duration curves from the gauged basins in the region for continuous simulation model calibration and verification in an ungauged basin are explored. For the continuous hydrological simulations, the HEC-HMS hydrological model package was used. The models with and without snow melting module are formed for the Vijaka River Basin at the site of the Drenova dam. The models' performance was assessed by comparing the slope of the curve obtained from simulated runoff, against the average flow duration curve in the gauged basins. The results in this paper indicate that flow duration curve is insufficient as the only criterion for calibration and verification of the HEC-HMS model for continuous hydrological simulations.

**Key words:** Flow duration curve, ungauged basin, continuous runoff simulation, HEC-HMS.

<sup>1</sup> Petar Praštalo, D.I.G., inženjer, petarprastalo3@gmail.com, Institut za građevinarstvo "IG", Banja Luka

<sup>2</sup> mr Žana Topalović, D. I. G., viši asistent, [zana.topalovic@aggfbl.unibl.org](mailto:zana.topalovic@aggfbl.unibl.org), Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

<sup>3</sup> dr Borislava Blagojević, D.I.G., docent, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1. UVOD

Zaštita od poplava efikasno se rešava kombinovanjem aktivnih, pasivnih i mera prostornog planiranja i namenskog uređenja prostora [1]. Jednu od aktivnih mera zaštite od poplava predstavlja izgradnja manjih akumulacija u gornjim delovima sliva. Prema fazama razvoja vodoprivrednih sistema [2], izgradnja višenamenskih akumulacija je primer vodoprivrednog sistema druge od tri faze. Drugu fazu razvoja vodoprivrednih sistema odlikuje, između ostalog, planska racionalizacija u korišćenju voda i podmirivanje potreba za vodom više (vodoprivrednih) korisnika.

Akumulacija Drenova se nalazi na severu Bosne i Hercegovine u Republici Srpskoj. Predstavlja višenamensku akumulaciju izgrađenu sedamdesetih godina prošlog veka, sa prvenstvenom namenom zaštite od poplava nizvodnog područja. Nakon izgradnje brane, akumulacija je duži vremenski period korišćena i kao izvoršte za vodosnabdijevanje grada Prnjavora, zbog veoma skromnih rezervi pitke vode na području opštine. U periodu nakon izgradnje, nivo održavanja je bio zadovoljavajući, ali je posle 1990tih godina bio ispod propisanog nivoa koji zahteva ovakva vrsta sistema [3]. Objekti brane i akumulacije su pripadali lokalnom komunalnom preduzeću, a od 2015. godine, nadležnost je prešla na Javnu ustanovu „Vode Srpske“, sa ciljem unapređenja trenutnog stanja i preduzimanja odgovarajućih mera koje će obezbediti održavanje i upravljanje ovim višenamjenskim hidrotehničkim objektima u budućnosti [3].

Upravljanje radom akumulacije podrazumeva izradu planova upravljanja. Planovi se izrađuju za periode redovnog korišćenja, malih voda, velikih voda i vanrednih situacija. Prilikom izrade planova upravljanja višenamenskom akumulacijom Drenova se uzimaju u obzir sve aktuelne namene: zaštita od poplava, snabdevanje vodom, rekreacija i sport, ispuštanje ekološki prihvatljivog protoka u periodu malih voda, kao i najnovija namena, hidroenergetika. Osnovu za izradu planova upravljanja čine rezultati hidroloških analiza prosečnih, malih i velikih voda.

U radu se prikazuju rezultati istraživanja mogućnosti dobijanja hidroloških osnova za izradu planova upravljanja u uslovima redovnog korišćenja, pomoću krivih trajanja protoka (KTP). U tu svrhu, za simulaciju protoka odabran je paket hidroloških modela HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrological Modelling System). Model sliva reke Vijake na kojoj se nalazi akumulacija Drenova, kalibriše se i verifikuje na osnovu KTP u širem

regionu. KTP spadaju u hidrološke potpise sliva. U poslednjih desetak godina se definišu i intenzivno istražuju mogućnosti primene hidroloških potpisa za kalibraciju hidroloških modela [4, 5].

## 2. IZUČAVANO PODRUČJE

Akumulacija Drenova nalazi se u slivu reke Ukraine, desne pritoke reke Save (Slika 1). Formirana je izgradnjom nasute brane „Drenova“ na reci Vijaci, najvećoj levoj pritoci reke Ukraine.

### 2.1 PODACI OSMATRANJA U SLIVU

Na delu sliva r. Vijake do lokacije brane Drenova danas nema kišomernih stanica (KS), iako je ranije postojala jedna KS koja je radila u periodu 1934-1960 sa većim prekidima i registrovala prvo dnevne, a zatim mesečne padavine. U slivu r. Vijake su postojale još dve KS, ali su i njihovi podaci osmatranja sa velikim prekidima, a KS Prnjavor je opremljena neregistrujućim kišomerom i za postojeće podatke nije poznat period obrade [3]. Na širem području, pouzdane stanice sa kojih se mogu koristiti podaci o padavinama su podjednako udaljene MS Banja Luka i MS Doboj.

U slivu r. Vijake danas ne postoje vodomerne stanice (VS) na kojima se kontinuirano osmatraju vrednosti vodostaja i proticaja. U prošlosti su postojale tri VS: Drenova, Prnjavor i Palačkovci. VS Drenova je počela sa radom 1968. godine, u profilu gde je bila predviđena izgradnja brane za potrebe pripreme hidroloških podloga. Ukinuta je na početku izgradnje objekta. Podaci o protocima su nepouzdan zbog prekida osmatranja, neregistrovanja celokupnog protoka pri pojavi velikih voda i nesavesnog rada osmatrača. VS Prnjavor osnovana je 1963. godine i locirana kod Prnjavora, neposredno nizvodno od mosta u Mačkovcu, čiji podaci o većim protocima su takođe vrlo nepouzdan. VS Palačkovci je takođe osnovana 1963. godine kod starog mosta u Palačkovcu. Podaci nisu upotrebljivi zbog više drastičnih izmena uslova tečenja (izgradnja ribnjaka, regulacija korita r. Vijake, izgradnja mosta neposredno nizvodno). Korišćenje podataka je ograničeno i zbog lokacije VS u zoni uspora od r. Ukraine (blizu ušća r. Vijake u r. Ukrinu) [3].

Hidrološka osmatranja u širem području, u slivu reke Ukraine, vršena su na VS Brestovo i VS Derventa, ali i te stanice više nisu u funkciji. Podaci osmatranja na VS Brestovo u vreme njenog rada, smatraju se nepouzdanim [3].

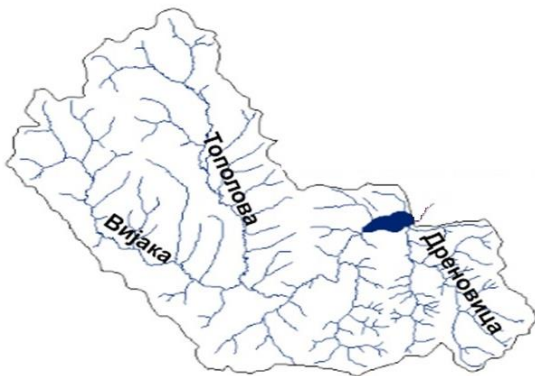
Prema svemu navedenom, sliv r. Vijake do profila brane Drenova u hidrološkom smislu je neizlučen sliv.



Slika 1: Podslivovi desnih pritoka reke Save (izvor: <http://savagis.org/map>). Označen je sliv reke Ukrine-šire područje izučavanog sliva.

## 2.2 KARAKTERISTIKE SLIVA

Površina sliva do pregradnog profila brane Drenova je 68 km<sup>2</sup>. Visinski položaj sliva je između 594 i 161 mmm.

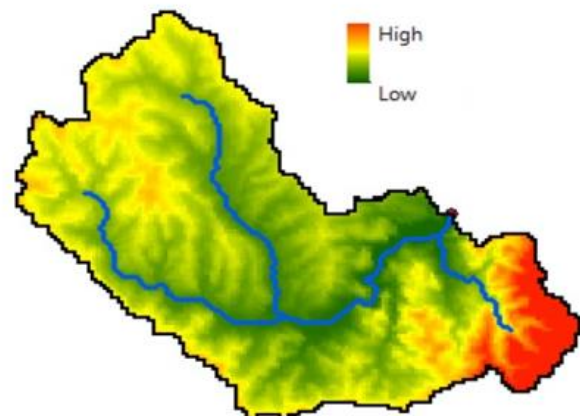


Slika 2: Rečna mreža sliva r. Vijake do profila brane Drenova.

Rečnu mrežu sliva čine četiri glavna vodotoka: Vijaka, Topolova, Lišnja i Drenovica, sa svojim pritokama (Slika 2). Glavni tok je reka Vijaka. Potok Drenovica koji se nalazi u istočnom delu sliva, sakuplja padavine iz najvišeg dela sliva (Slika 3).

Na širem području izučavanog sliva prevladava umereno kontinentalna klima koja na višim

nadmorskim visinama prelazi u planinsku klimu. Na osnovu osmatranja klimatskih parametara na lokacijama Teslić, Doboje, Prnjavor i Derventa [3], srednja godišnja temperatura područja je 9.9 °C, a u vegetacionom periodu 15.9 °C.



Slika 3: Visinska predstava slivnog područja – digitalni model terena (izvor: [6]).

Srednja godišnja suma padavina je procenjena na 1078 mm, a u periodu vegetacije 598 mm. Srednja godišnja relativna vlažnost vazduha je 82% dok u vegetacionom periodu iznosi 79%. Područje je srednje vetrovito. Najučestaliji vetrovi u zimskom periodu su severni i severozapadni, a najtopliji su jugozapadni vetrovi koji se javljaju tokom čitave godine [3].

### 3. METODOLOGIJA

Modeliranje oticaja neizučenog sliva akumulacije Drenova je urađeno u softverskom paketu hidroloških modela HEC-HMS.

#### 3.1 MODEL SLIVA

Za pripremu modela slivnog područja korišćen je HEC-ov dodatak za ESRI-ArcGIS softver HEC-GeoHMS, izrađen isključivo za potrebe formiranja HEC-HMS hidrološkog modela u GIS okruženju. Osnovni ulaz u program je digitalni model terena (DMT) koji je obavezan da bi se koristio ovaj modul, dok su ostali podaci opcioni (prostorni podaci o vrsti pokrivača, vrsti tla, itd). DMT je potrebno predprocesirati za upotrebu u hidrološkom modelu, gde uz instalaciju GeoHMS-a dolazi i instalacija ArcHydro Tools.

Nakon pripremljenih slojeva ArcHydro alatima, preko GeoHMS modula definisan je model sliva Drenova korišćenjem jedne lokacije - jednog izlaza sa sliva tj. položaja same lokacije brane Drenova (Slika 4). Zatim je formirana površina granicom sliva, definisan je srednji nagib sliva, težište sliva, hidraulička dužina glavnog toka. Odabrane vrednosti su navedene u delu 2.2. Karakteristike sliva.



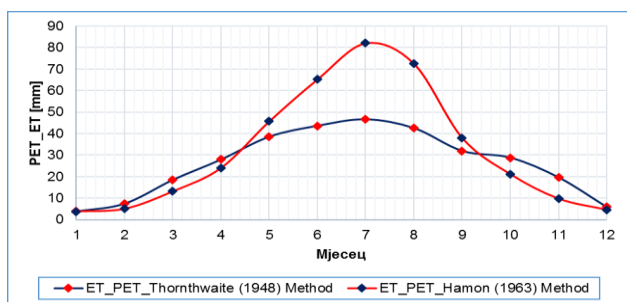
Slika 4: Model sliva u HEC-HMSu.

#### 3.2 ULAZNE METEOROLOŠKE VELIČINE

Prostorna raspodela padavina je određena metodom Tisenovih poligona. Utvrđeno je da od tri razmatrane MS u okolini (Slavonski brod, Banja Luka, Doboј) 97% sliva leži u poligonu MS Banja Luka a 3% u MS Doboј. Za formiranje meteorološkog modela, korišćeni su podaci o dnevnim padavinama i temperaturama sa MS Banja Luka.

Tabela 1: Proračunski modeli veze padavine-oticaј odabrani za sliv Drenove.

Model	Odabrana metoda za model sliva Drenova	Parametri za proračun
Gubitak padavina (efektivne padavine)	SCS metoda gubitaka	1.Početni deficit-stanje vlažnosti u tlu, 2.CN broj krive za sliv (CN=82.5 [3]) 3.Procentat nepropusnih površina (15% [3]).
Transformacija efektivnih padavina u površinski oticaј	Jedinični hidrogram (Klarkov)	1.Vreme koncentracije sliva, 2.Vreme zadržavanja vode u tlu.
Bazni oticaј	Recesija	1.Početna vrednost proticaja na početku simulacije, 2.Recesiona konstanta-odnos protoka narednog i prethodnog dana na opadajućoj grani hidrograma, 3.Odnos baznog oticaja i vrha hidrograma direktnog oticaja



Slika 5: Potencijalna evapotranspiracija za sliv [6].

Potencijalna evapotranspiracija sračunata je metodom Torntvajta korišćenjem osmotrenih vrednosti dnevnih temperatura vazduha na MS Banja Luka. Isprobana je i metoda Hamonda, koja je dala veće vrednosti u toplom periodu godine (Slika 5).

Za topljenje snega primenjen je metod temperaturnog indeksa i upotrebljena je postojeća ATI kriva (zavisnost koef. topljenja snega od indeksa prethodne temperature) za izučavano područje [6].

### 3.3 MODEL OTICAJA

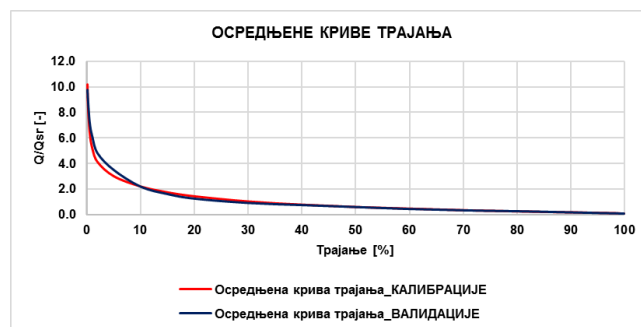
U Tabeli 1, navedene su izabrane metode pojedinih modela procesa transformacija padavina u oticaj i neophodni parametri modela za unos u HEC-HMS.

Kontinualna simulacija oticaja urađena je za sliv kao celinu sa homogenim parametrima. Razmatrane su varijante modela A i B. U varijanti A, meteorološki model sadrži komponentu topljenja snega, dok je B – varijanta modela bez snega.

### 3.4 KALIBRACIJA MODELA

Na osnovu višegodišnjih podataka osmatranja dnevnih proticaja na 8 VS (Tabela 2), formirane su bezdimenzionalne krive trajanja proticaja (KTP) korišćenjem HEC-DSS (Data Storage System) paketa. Zajednička (reprezentativna) KTP je formirana osrednjavanjem krivih sa razmatranih stanica (Slika 6). Odabrani period za kalibraciju modela je od 01.01.1961 do 31.12.1990. Uticaj akumulacije Drenova je isključen tokom kalibrisanja modela. Kalibracija je izvršena ručno za modele A i B.

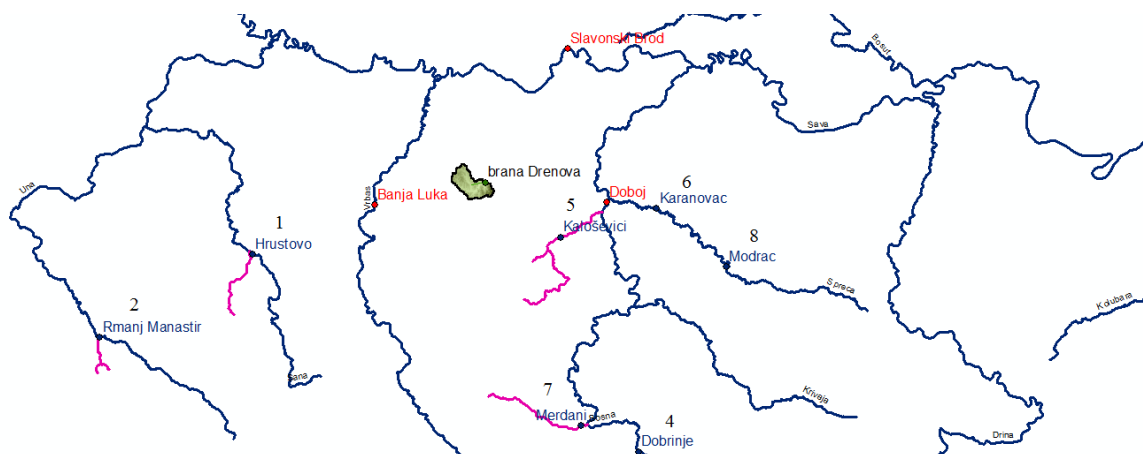
Kalibracija modela prema KTP se smatra završenom nakon upoređivanja nagiba krive u odnosu na sredinu intervala za vrednosti trajanja između 30 i 60%. Nagib reprezentativne KTP iznosi 1.87, dok je za modele A i B takva vrednost 1.94 i 2.02 redom. Razlog za ovakvo različite nagibe jeste taj što se nastojalo da krive trajanja za modele A i B imaju dobro slaganje sa osrednjenom KTP i za vrednosti intervala od 0 do 30% i od 60 do 100%.



Slika 6 Bezdimezionalne osrednjene krive trajanja proticaja za periode kalibracije i validacije modela [6].

Tabela 2: Podaci o VS korišćenim za kalibraciju i validaciju modela Drenove (izvor: [6]).

Br.	Vodomerna stanica VS	Reka	Površina sliva [km <sup>2</sup> ]	Period raspoloživih podataka osmatranja protoka	Odstojanje od profila brane Drenova [km]
1	Hrustovo	Sanica	348	1966-1990; 2006-2008	74
2	Rmanj Manastir	Unac	1010	1961-1990; 2007-2008	125
3	Blažuj	Zujevina	155	1966-1990; 2006-2008	118
4	Dobrinje	Bosna	2677	1961-1990	93
5	Kalošević	Usora	633	1961-1990; 2006-2009	27
6	Karanovac	Spreča	1828	1961-1990; 2006-2008	52
7	Merdani	Lašva	950	1961-1990; 2006-2008	80
8	Modrac	Spreča	1176	1961-1990; 2006	77



Slika 7: Položaj brane Drenova, pripadajućeg sliva reke Vijake i prostorni raspored VS korišćenih za kalibraciju i validaciju HEC-HMS modela [6].

### 3.5 OSETLJIVOST PARAMETARA MODELA

Pre usvajanja vrednosti parametara modela, proverava se osetljivost parametara u cilju što boljeg slaganja modela sa osmotrenim podacima. Kako je ovde u pitanju neizučeni sliv i podataka osmatranja nema, cilj variranja parametara modela jeste da se model prilagodi što bolje osrednjenom bezdimenzionalnoj KTP, određenoj za izučene slivove.

U postupku kalibracije, utvrđeno je da su najosetljiviji parametri kojima se opisuje bazni oticaj: recesiona konstanta i odnos baznog oticaja i vrha talasa direktnog oticaja. Zatim je osetljiv parametar zadržavanja oticaja u podzemnim akviferima za dalju transformaciju oticaja sa sliva u hidrogram (jedinični hidrogram). Osetljivost parametara je prikazana na Slici 8 za oba modela. Parametri koji imaju veći nagib u odnosu na sredinu intervala su osetljivi. To znači da mala promjena vrednosti takvog parametra izaziva značajnu promjenu oticaja, odnosno zapremine u modelu.

U Tabeli 3 su opisani parametri modela i usvojene vrednosti nakon analize osetljivosti.

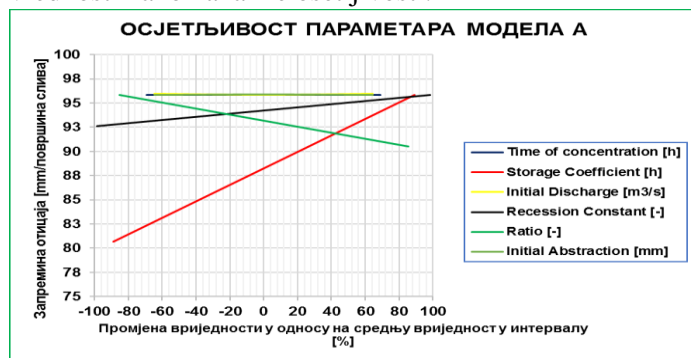
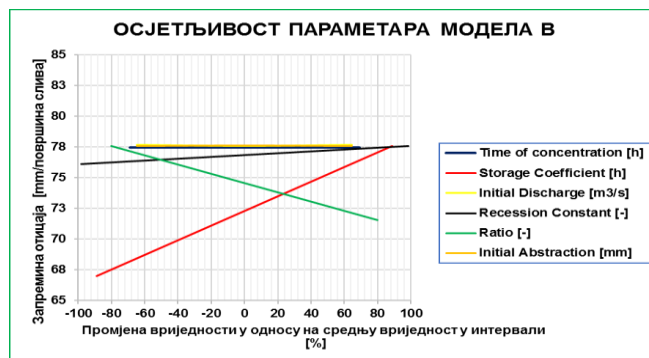


Tabela 3: Osetljivost modela A i B na promenu vrednosti parametara modela.

Hidrološki proces	Parametar	Osetljivost modela A i B
Gubici padavina	Početna vlažnost [mm]	Modeli nisu osetljivi. Usvojena vrednost 5 mm.
Direktni oticaj	Vreme koncentracije [h]	Modeli nisu osetljivi. Usvojeno 0.83 h.
	Koef. zadržavanja (zapremine) [h]	Modeli su veoma osetljivi na promenu parametra. Vrednosti su 12-15h.
Bazni oticaj	Početni (bazni) proticaj [m <sup>3</sup> /s]	Modeli nisu osetljivi. Usvojeno 1 m <sup>3</sup> /s, za oba modela.
	Recesiona konstanta [-]	Modeli su osetljivi. Vrednost za model A je 0.91 za model B 0.87.
	Odnos baznog protoka na kraju direktnog oticaja i vrha hidrograma [-]	Modeli su veoma osetljivi. Vrednost za model A, 0.28 za model B, 0.25.



Slika 8 Utvrđivanje osetljivosti parametara modela A-sa snegom, B-bez snega [6].

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

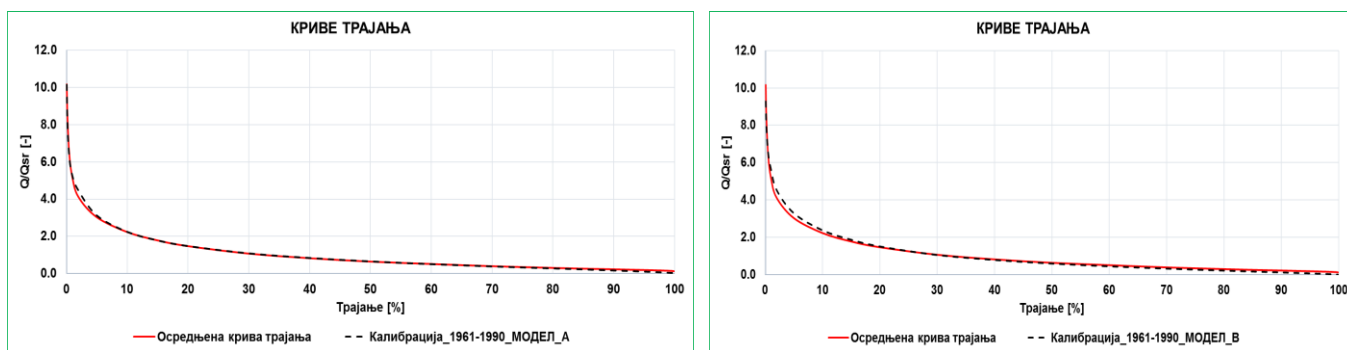
Kontinualna simulacija sa korakom od 1 dan obavljena je za tridesetogodišnji period kalibracije modela 01.01.1961-31.12.1990 i period validacije od 4 godine od 01.01.2005. do 31.12.2008. U periodu kalibracije, za formiranje bezdimenzionalne KTP, korišćeni su podaci sa 8 VS, a u periodu validacije modela, sa 7 (bez VS Dobrinje na reci Bosni – br. 4 u Tabeli 2 i na Slici 7).

Rezultati kalibracije su dati na slici 9. Kao što je navedeno u delu 3.4, nagib reprezentativne KTP između trajanja 30 i 60% iznosi 1.87, a za modele A i B nagib je 1.94 i 2.02 redom. Rezultati validacije za

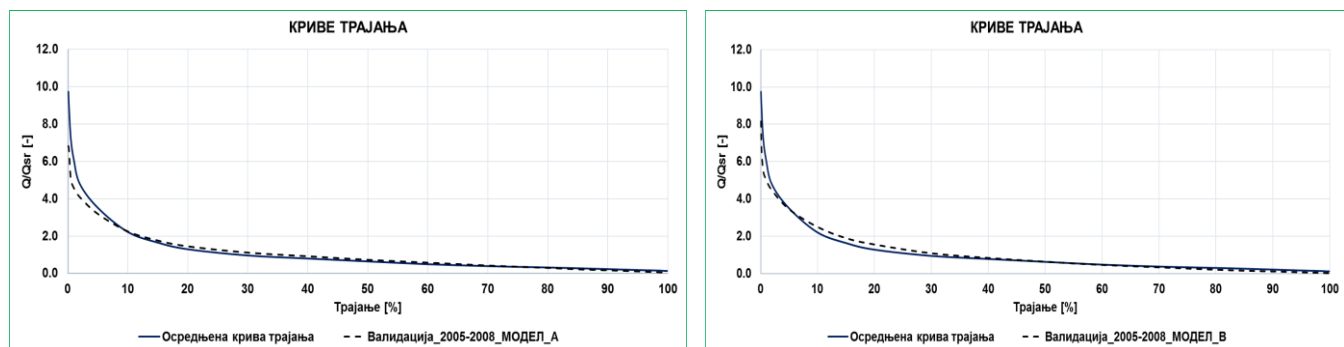
period od 4 godine su prikazani na slici 10. Nagib osrednjene KTP je u periodu validacije 1.56, dok su za modele A i B nagibi 1.79 i 2.08. Razlog za ovako različite nagibe jeste kratak period validacije zbog nedostatka podataka osmatranja.

Na slikama 11 levo i desno, prikazani su simulirani hidrogrami oticaja za 1975. godinu iz perioda kalibracije i 2007-2008 godinu iz perioda validacije modela A i B. Na obe slike je uočljivo da model A, sa snegom, daje veće vrednosti baznog oticaja. Razlike su izražene u periodu validacije u odnosu na period kalibracije modela i očekivano su veće u prolećnim mesecima, u vreme topljenja snega.

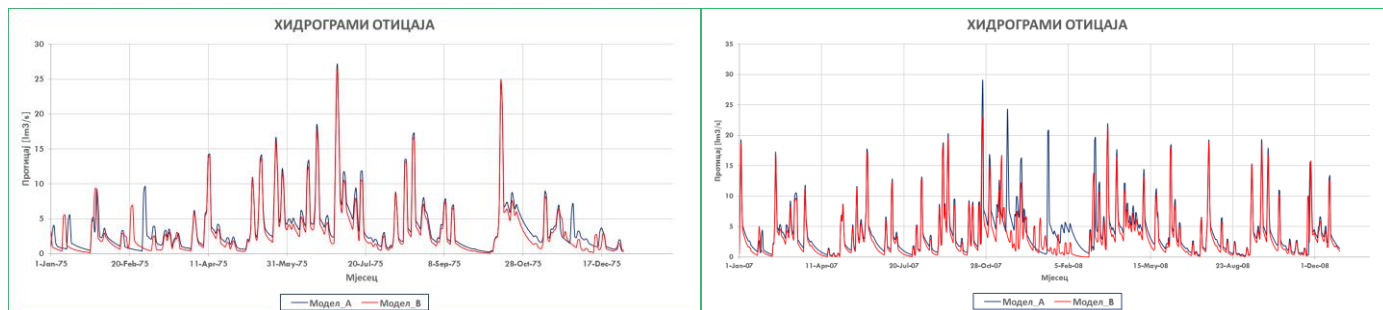




Slika 9 Rezultati kalibracije modela pomoću KTP. Model A-sa snegom, B-bez snega [6].



Slika 10 Validacija modela pomoću KTP. Model A-sa snegom, B-bez snega [6].



Slika 11 Hidrogrami oticaja u 1975. godini iz perioda kalibracije (levo) i tokom 2007-2008 godine, period validacije (desno). Model A-sa snegom, B-bez snega [6].

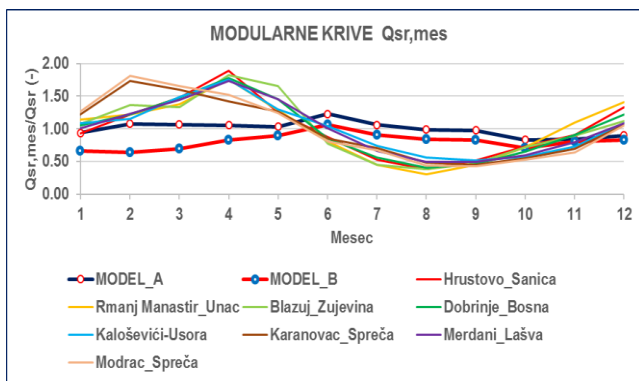
Slaganje rezultata kontinualne hidrološke simulacije oticaja sa osmotrenim hidrogramima može se kvantifikovati preko relativne pristrasnosti, koeficijenta korelacije, Neš-Satklifovog indeksa efikasnosti, a kvalitativno, vizuelnom ocenom hidrograma [7]. Dobru ocenu omogućava i Vilmotov indeks slaganja  $d$  [8].

Ocene slaganja modela koji se koriste kod kontinualnih simulacija u izučnim slivovima, kada su poznati osmotreni protoci, nisu primenljive u situaciji kada je u pitanju neizučeni sliv. Zbog toga je ovde korišćeno poređenje rezultata u odnosu na nagib osrednjene KTP i međusobno poređenje rezultata

simulacije modela A i B. Međutim, da bi se stekao uvid u dobijene rezultate simulacije, može se pogledati unutargodišnja raspodela oticaja. Ova raspodela takođe može biti shvaćena kao hidrološki potpis sliva, kao što to KTP jeste.

Poređenje unutargodišnje raspodele oticaja među različitim slivovima prema veličini prosečnog mesečnog oticaja i vremenu javljanja perioda velikih i malih voda, najpogodnije je preko modularne krive srednjih mesečnih protoka. Modularna kriva se predstavlja odnosom srednjih mesečnih protoka i prosečnog godišnjeg protoka u višegodišnjem periodu.

Na Slici 12 su prikazane modularne krive mesečnih protoka u periodu 1961-1990 na svim VS koje su korišćene u periodu kalibracije. Zapaža se da modularne krive modela A i B odstupaju od ovih krivih u nekoliko kategorija. Prvo, varijacija oticaja je mala. U svim mesecima u godini, osim u januaru i novembru za model A sa snegom, a za model B u junu, oktobru i novembru, vrednosti modula su potpuno drugačije u odnosu na većinu VS. Drugo, za oba modela nema jasne podele na period malih i velikih voda tokom godine. Treće, najveći protoci se kod oba modela javljaju u junu, dok su kod većine ostalih VS u aprilu, odnosno februaru. Četvrto, period malih voda koji je kod svih VS, bez izuzetka, tokom leta i početkom jeseni, kod modela A i B se uopšte ne opaža.



**Slika 12: Unutargodišnja raspodela oticaja na VS korišćenim za kalibraciju modela i rezultati simulacije prikazani preko modularne krive srednjih mesečnih protoka.**

## 5. ZAKLJUČAK

U radu su istraživane mogućnosti kalibracije i posredne verifikacije pomoću krivih trajanja dnevnih protoka (KTP) za neizučeni sliv, u softverskom paketu HEC-HMS. Za kreiranje meteorološkog modela sliva Drenove u HEC-HMS-u, korišćene su dnevne vrednosti osmotrenih padavina i temperatura za MS Banja Luka, udaljenu 37 km, kao i kriva zavisnosti koef. topljenja snega od indeksa prethodne temperature, definisana za razmatrani region.

Za malo slivno područje od 68 km<sup>2</sup>, deo podataka o slivu je određen GIS alatima u HEC-GeoHMS softveru, a deo je preuzet iz dostupne dokumentacije [3]. Formirana su dva modela za kontinualnu simulaciju oticaja, sa snegom – A i bez snega – B. Todorović i Plavšić [7] su upozorile na veliku osetljivost parametara modela topljenja snega i odsustvo korisničkog uputstva za ovaj model, koje sužava mogućnosti intervencija na parametrima modela.

Modeli su kalibrisani i verifikovani pomoću KTP sa 8, odnosno 7 VS, od kojih je najbliža VS Kaloševič na Usori (27 km od profila brane Drenova). Najdalja VS je Rmanj Manastir na Uncu, 125 km vazdušnom linijom od Drenove. Izbor VS za kalibraciju i verifikaciju rezultata modeliranja je diktiran obimom raspoloživih dnevnih podataka osmatranja protoka na širem području u periodu 1961-1990 i 2005-2008. Slivne površine ovih VS su od 155 km<sup>2</sup> za VS Blažuj na Zujevini, levoj pritoci Bosne (nije ušla u obuhvat Slike 7) do 2677 km<sup>2</sup> za VS Dobrinje na Bosni.

Verifikacija rezultata prosečnom KTP se pokazala kao nedovoljna. Uključujući dodatni kriterijum, slaganje sa modularnim krivama prosečnih oticaja, utvrđeno je da kreirani modeli nisu u stanju da verno reprodukuju unutargodišnju raspodelu oticaja. Ovaj zaključak je bitan za izradu planova upravljanja akumulacijom.

U prikazanom istraživanju, pokazano je da je za kalibraciju modela i verifikaciju rezultata kontinualnog modeliranja preko KTP, potrebno uvesti dodatni kriterijum, koji odgovara postavljenom zadatku.

## ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Zavodu za vodoprivredu d.o.o. Bijeljina na ustupljenim podacima i saglasnosti da se rezultati istraživanja objave.

## LITERATURA

- [1] Đorđević, B. (1989) *Vodoprivreda, Deo 1 u Tehničar 6, Građevinski priručnik, Građevinska knjiga, Beograd*
- [2] Đorđević, B. (1989) *Vodoprivredni sistemi, Deo 14 u Tehničar 6, Građevinski priručnik, Građevinska knjiga, Beograd*
- [3] Zavod za vodoprivredu (2016) *Studija Analiza stanja i prijedlog mjera za sanaciju brane, uspostavljanje sistema monitoringa i upravljanja branom i akumulacijom Drenova, Studija, Zavod za vodoprivredu d.o.o., Bijeljina*
- [4] Pfannerstill, M., Guse, B., & Fohrer, N. (2014). *Smart low flow signature metrics for an improved overall performance evaluation of hydrological models. Journal of Hydrology, 510, 447-458. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.044*
- [5] Zhang, Z., Wagener, T., Reed, P. M., & Bhushan, R. (2008). *Reducing uncertainty in predictions in ungauged basins by combining hydrologic indices regionalization and multiobjective optimization. Water Resources Research, 44(W00B04). https://doi.org/10.1029/2008WR006833*
- [6] Praštalo, P. (2017) *Modeliranje hidrološki neizučenog sliva za potrebe akumulacije "Drenova", Diplomski rad, Arhitektonsko – građevinsko - geodetski fakultet Univerziteta u Banja Luci*
- [7] Todorović, A., Plavšić, J. (2014) *Mogućnosti za primenu modela HEC-HMS za kontinualne hidrološke simulacije, Vodoprivreda, 0350-0519, 46267-272 (2014) str. 117-128*
- [8] Willmott, C. J. (1981). *On the validation of models. Physical Geography, 2, 184-194*

UDK : 624.04:001.89.5

## EKSPERIMENTALNA METODA NAUČNOG SAZNANJA

Ivan Nešović<sup>1</sup>, Jelena Stojiljković<sup>1</sup>, Miloš Milić<sup>1</sup>, Predrag Lukić<sup>1</sup>, Andrija Zorić<sup>2</sup>

**Rezime:** Eksperimentalna metoda spada u red najvažnijih i najstarijih opštih metoda naučnih saznanja. Služi za otkrivanje svojstava i povezanosti pojedinih pojava i stvari [5]. Kao takva često se služi indukcijom, polazeći od pojedinačnog ka opštem. Iz tih razoga njena primena gotovo je nezaobilazna u inženjerskim naukama. U građevinarstvu se primenjuje pri razvoju i istraživanju novih materijala, delova konstrukcije pa čak i celih konstruktivnih sistema. U ovom radu je prikazan teorijski osnov eksperimentalne metode saznanja kroz istorijski razvoj i osnovne podele iste. Njena primena je takodje kratko pokazana kroz dva naučna rada koja su se bavila ispitivanjem konstrukcije.

**Ključne reči:** naučna metoda, prirodni i veštački eksperiment, ispitivanje konstrukcije

**Summary:** The Experimental method belongs to the most important and oldest general methods of scientific knowledge. It serves to discover the properties and connections of particular phenomena and things [5]. As such, it is often used by induction, starting from the individual to the general. For these reasons, its application is almost indispensable in engineering sciences. In construction it is applied in the development and research of new materials, parts of the construction and even all constructive systems. In this paper is present the theoretical basis of the basic experimental methods of acquaintance through the historical development and the basic division. Its application was also briefly demonstrated through two scientific works that examined the design of the structure.

**Key words:** scientific method, natural and artificial experiment, testing of the structure

---

<sup>1</sup> Mast. inž. građ, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

<sup>2</sup> Asistent, mast. inž. građ, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

## 1 UVOD

Istorijski posmatrano, prvi koji su se služili metodom eksperimenta bili su alhemičari. Oni su preteče eksperimentalne metode i stalno su je usavršavali. U srednjem veku poznati naučnik Rodžer Bekon je značaj eksperimenta opisao sledećim rečima: „Nauke se mogu razviti uspešno samo primenom eksperimenta“ [1]. Savremeni razvoj nauke čiji je tvorac Galileo Galilej je u velikoj meri zasnovan na eksperimentima, tako da neki naučnici smatraju da se sve mora dokazati eksperimentom i da samo eksperiment predstavlja naučni metod istraživanja.

Eksperimentalne metode u oblasti građevinarstva razvijale su se uglavnom paralelno sa razvojem nekih pratećih naučnih i tehničkih disciplina: matematike, fizike, tehnologije, savremene optike i kibernetike. Teorijski osnov većine eksperimentalnih metoda postavljen je tokom 19. i u prvoj polovini 20. veka. Taj istraživački rad odvijao se pretežno u području teorijske i eksperimentalne fizike, ali mnogi postignuti rezultati i saznanja nisu bili odmah spremni za praktično tehničke primene [3].

Razvoj eksperimentalnih metoda intenzivnije je počeo uglavnom u razdoblju između dva svetska rata, a punim intenzitetom one su se razvijale u posleratnom periodu, paralelno sa savremenim razvojem odgovarajućih naučnih i tehničkih disciplina, posebno vazduhoplovstva, brodogradnje, vasionke i nuklearne tehnike, vojne tehnike, mašinstva i građevinarstva uopšte. To se posebno odnosi na masovnu izgradnju tipiziranih objekata u građevinarstvu, mnogih oblasti savremenog mašinstva, rudarstva i saobraćaja, kao i na razvoj savremene hemijske tehnologije i vojne tehnike. U vremenu posleratne obnove i izgradnje, naročito obnove mostova, saobraćajnica industrijskih postrojenja i mašina, hidrotehničkih objekata i stambenih naselja razvila se i tehnika eksperimentalne analize: najpre mehanički uređaji za merenje deformacijskih veličina i napona, a istovremeno se počinje nabavljati oprema i započinje rad u područjima nekih savremenih naponsko optičkih metoda, veoma intenzivna primena mernih traka kao i rad na dinamičkim ispitivanjima u raznim oblastima građevinarstva. Današnji veliki trend ka primeni savremenih računarskih softvera, posebno metode konačnih elemenata, otvara u saradnji sa

eksperimentalnim metodama nove, velike mogućnosti [3].

Medjutim i pored toga što je nesporno da eksperiment ima ključnu ulogu u tome da iz niza pojedinačnih činjenica utvrdi ono što je zajedničko, opšte, da se utvrdi zakonitost, verifikuje određena hipoteza, nije ga uvek moguće organizovati kao što je slučaj u astronomiji, istoriji i sl. Iz tog razloga se na bazi zapažanja i logike razradjuju hipoteze, koje se po analogiji s drugim sličnim pojavama dokazuju ili oslanjaju na neki krucijalni eksperiment, a razvojem eksperimentalne tehnike i novih okrića verifikuju i dalje razvijaju.

## 2 DEFINICIJA, STUKTURE I PODELE EKSPERIMENTALNE METODE

Svakako jednu od najopštijih definicija naučnog eksperimenta dao je Bogdan Šešić: „Eksperiment je plansko, organizovano i metodsko proizvodjenje ili samo menjanje realnih pojava u cilju otkrića nepoznatih predmeta ili njihovih svojstava, procesa i odnosa ili u cilju verifikacije hipoteza o ovim predmetnim odredbama“. Druga definicija kaže da je eksperiment plansko, organizovano i metodsko stvaranje realnih pojava čiji se tok želi proučavati [1].

Naučni eksperiment je jedan od osnovnih oblika, odnosno, metoda jedinstvenog praktično-teorijskog naučnog saznanja [2]. Glavna prednost leži u činjenici da se iz kompleksa prirodnih i psihičkih pojava mogu izdvojiti one koje imaju presudnu važnost za određeni naučni cilj. Takođe, željene pojave se mogu proizvoditi koliko god je to puta potrebno, a uslove eksperimenta je moguće menjati ukoliko je to potrebno s obzirom na postavljeni zadatak.

Pre stvaranja operativnog plana za eksperimentalni program, istraživač treba da raspolaze osnovnim razumevanjem prirode problema i poznavanjem postojećih teorija (čak i nepotpuna hipoteza je prihvatljivija od potpuno nepoznatog). No kako eksperimentalno istraživanje zahteva veliki broj podataka, a s tim skopčana i sredstva i vreme, preporučljivo je da se u samom početku predvide ograničeni, tzv. odlučujući ili krucijalni opiti, kojima će se proveriti sama egzistencija hipoteze [4].

Iz tih razloga naučni eksperimenti su veoma različiti po svojoj složenosti kao i po svrsi, ali ipak svaki naučni eksperiment ima jednu osnovnu strukturu čiji su glavni sastavni delovi odnosno činiooci [2]:

- *eksperimentator*, pojedinac ili grupa, kolektiv istraživača koji vrše ogled;
- *predmet* ili *predmeti ispitivanja*, to su pojave i procesi stvarnosti bilo koje vrste, naročito njihovi kvaliteti, kvantiteti, mere, načini nastanka, promene i razvoja;
- *sredstva* i *oruđa* eksperimenta, u koje spadaju kako materijali eksperimenta, tako i merni instrumenti, mašine i eventualno celi kompleksi mašina;
- *niz operacija* koje vrši eksperimentator i to:
  - a) odabiranje predmeta ogleda,
  - b) izdvajanje ogledne grupe A od kontrolne grupe B,
  - c) niz teorijsko-praktičnih operacija, počevši od rukovanja oruđima i sredstvima eksperimenta, pa do posmatranja i merenja rezultata eksperimenta,
  - d) postavljanje hipoteze i njihova provera,
- sam *objektivni eksperimentalni proces* fizički, hemijski, fiziološki itd.;
- *činjenički rezultati eksperimenta* izraženi nizom raznovrsnih podataka o ponašanju predmeta eksperimenta, tj. pojave koja se istražuje;
- *interpretacija činjeničkih rezultata eksperimenta* i izvođenja naučnih postavki, teorija ili zakona, odnosno korektura hipoteza ili postavljanje nove hipoteze i vršenje novog ili ponovljenog eksperimenta.

Samo eksperimentalno ispitivanje se sastoji iz sledećih faza:

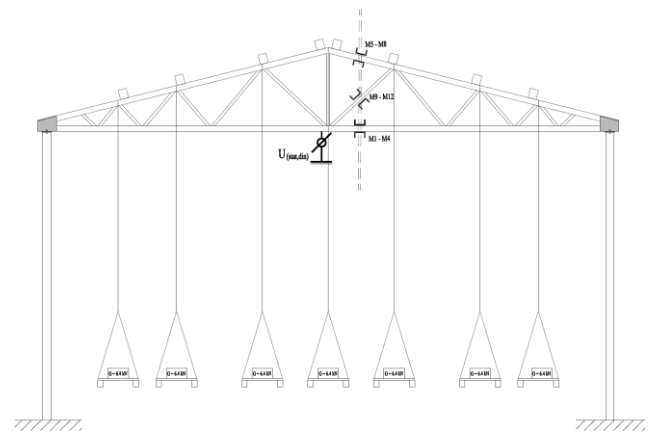
- planiranje eksperimenta – podrazumeva sve radnje koje prethode eksperimentu;
- izvođenje eksperimenta – sve radnje u okviru eksperimenta: izbor i upotreba instrumenta, samo izvođenje eksperimenta, beleženje i sređivanje rezultata;
- obrada rezultata i prikazivanje dobijenih podataka.

U pripremi eksperimenta vrši se pored sagledavanja i proučavanja svih mogućih uticajnih okolnosti u odnosu na ispitivanu pojavu i organizovanje i aranžiranje ogleda. Sve uticajne okolnosti na određeni način treba kvalifikovati i kontrolisati za vreme trajanja eksperimenta [1].

*Primer 1:* Odredjivanje kapaciteta nosivosti rešetkastog nosača “in situ” i računskim putem (Master rad) [6]

Hipoteza: Nosivost i naponsko stanje rešetkastog nosača sračunato analitičkim putem i uz pomoć softvera Tower treba da se poklopi sa rezultatima dobijenim merenjem na terenu.

Eksperiment: Odredjuju se dimenzije (raspon i tip nosača), bira se materijal od koga će se napraviti nosač. Takav nosač se dimenzioniše za sve slučajeve opterećenja prema nacionalnim standardima prema najnepovoljnijem naponskom stanju u štapovima gornjeg i donjeg pojasa, kao i štapovima ispune. Zatim se pravi program i šema eksperimentalnog ispitivanja (Sl. 1), nakon čega se realan nosač opterećuje silama prema analitičkoj šemi opterećenja u odnosu na koju je nosač i dimenzionisan (Sl. 2). Mere se dilatacije u karakterističnim štapovima kao i statički i dinamički ugib.



Slika 1 – Programska šema ispitivanja [6]



Slika2 – Aplikiranje realnog opterećenja – in situ [6]

Obrada i interpretacija rezultata eksperimenta:

Dobijeni rezultati ispitivanja se obradjuju i porede sa kontrolnim rezultatima (dobijenim računskim putem), tj utvrđuje se procentualna tačnost postavljene hipoteze. Na taj način eksperimentalni rezultati mogu da potvrde hipotezu ili pak da stvore uslove za stvaranje nove koja je bliža objektivnoj stvarnosti.

Eksperimentalne metode u raznim naukama su različite i raznovrsne, jer su podešene prema osobinama predmeta odgovarajućih nauka. Bitna saznanja uloga svih tih metoda je četvorostruka [1], [2] i sastoji se u:

- proveriti hipoteza, činjenica i zakona i njihovom odbacivanju, korekciji ili pretvaranju u zakone i naučne teorije;
- postavljanju novih, pravilnih hipoteza bližih kasnijim zakonima;
- proveriti ranije utvrđenih zakona i teorija;
- otkriću novih činjenica i novih zakona.

Organizacija eksperimenta zavisi od predmeta ispitivanja, pa prema tome eksperiment može biti:

- *prirodni*, koji se sastoji u naučnom posmatranju pojave koja nastaje u prirodnim okolnostima, njeno merenje i registrovanje odgovarajućim aparatima i uređajima;
- *veštački*, gde se veštački proizvodi pojava koja je predmet istraživanja. Veštački eksperiment se može vršiti i na modelu sa umanjenim dimenzijama u odnosu na original, tada se zove *modelski* eksperiment.

## 2.1 PRIRODNI EKSPERIMENT

Većina pojava koje se žele eksperimentalno proučiti su prirodne i odvijaju se spontano i u prirodnim okolnostima. Prirodni eksperiment nije nista drugo nego pristustvovanje pojavi u vremenu njenog nastanka bez mogućnosti da se na nju utiče. Eksperimentatoru za prikupljanje činjenica ostaje kao mogućnost receptivno naučno posmatranje i merenje. U svakom slučaju treba utvrditi sve relevantne okolnosti na posmatranu pojavu. Za činjenice koje se konstatuju naučnim posmatranjem ne može se reći da predstavljaju objektivnu stvarnost i pored obezbeđenih uslova za adekvatno opažanje. Pri posmatranju potrebno je sledeće: aktivna koncentracija pažnje, prethodno znanje i iskustvo, realnost očekivanih rezultata, objektivnost [1].

Pored naučnog posmatranja u prirodnom eksperimentu može se primeniti i merenje nekih elemenata posmatrane pojave. Merenje je u stvari označavanje iskustvenih opažajnih objekata pomoću brojeva ili drugih specijalnih simbola matematike. Značaj merenja je u tome što se omogućava maksimalno precizno, konkretno i objektivno određivanje činjenica i što dobijeni rezultati omogućuju preimenu matematičke analize iz koje se na posredan način može doći do novih saznanja o određenom činiocu i pojava na koje ti činioci deluju.

## 2.2 VEŠTAČKI EKSPERIMENT

Veštački eksperiment se planira, pri čemu se podrazumeva ne samo podešavanje pojava (aktivni odnos) tako da eksperimentalni proces odgovori na određena pitanja, već i organizovanje i aranžiranje oglada uopšte [5]. Veštački eksperiment ima višestruke prednosti u odnosu na prirodni, a to su:

- veštačkim eksperimentom se iz kompleksa prirodnih ili društvenih pojava izdvajaju one pojave čije posmatranje ima presudnu važnost za određeni naučni cilj, kao što je otkrivanje novih činjenica ili provera određenih hipoteza;
- veštačkim eksperimentom proizvode se željene pojave koliko god puta je to neophodno ili proizvoljan broj puta;
- u veštačkom eksperimentu mogu se menjati uslovi oglada u cilju ostvarenja postavljenog naučnog zadatka; izvesne pojave se mogu menjati kvalitativno i kvantitativno, a ovo omogućuje proveru pretpostavljenih zakona.

Specijalni slučaj veštačkog eksperimenta koji je u potpunosti zamenjuje prirodni je modelni eksperiment. Modelni eksperiment se izvodi na modelu koji se definiše kao “sistem određenih suštinskih struktura i odnosa analognih predmetu istraživanja, sistem čija se primena u istraživanju određenih predmetnih oblasti oslanja na naučnu osnovanost zaključivanja po analogiji” [1].

Eksperimentalna metoda saznanja koristi indukciju da bi se otkrile određene relacije među stvarima i pojavama. Polazi se od određenih hipoteza o pojavama i njihovim uzrocima i pokušava da se eksperimentom potvrde i dokažu ili stvori prostor za utemeljenje nove hipoteze koja će biti bliska objektivnoj stvarnosti. Za proveru hipoteze postoje više metoda, a jedna od njih je i empirijska metoda na osnovu rezultata dobijenih eksperimentalnim

putem. Tako dobijeni rezultati se upoređuju sa unapred očekivanim posledicama iz opisa date hipoteze, pa ako se u višestrukom ponovljenom eksperimentu dobiju očekivani rezultati smatraće se da je data hipoteza potvrđena. Rezultati primene eksperimentalne metode imaju karakter verovatnoće neke hipoteze ili teorije, odnosno hipoteza se ne dokazuje već potvrđuje u manjem ili većem stepenu. Stepent potvrđenosti se dobija iz računa verovatnoće, te se zato svi rezultati eksperimentalnih istraživanja treba obraditi po teoriji verovatnoće i matematičke statistike [5].

### 3 EKSPERIMENTALNA METODA U ISPITIVANJU KONSTRUKCIJA

Eksperimentalno ispitivanje konstrukcija ili njihovih modela je jedna dopunska mogućnost da se dodje do puzdanih podataka o stanju napona, deformacija ili pomeranja, kao podataka koji su neophodni za analizu konstrukcije. Smisao primene eksperimentalnih metoda je u iznalaženju jedne od tri pomenute veličine, komponenata napona, komponenata deformacije i komponenata pomeranja u proizvoljnoj tački tela eksperimentalnim putem [3].

Na taj način metodama eksperimentalne analize omogućava se dobijanje niza podataka vezanih za analizu konstrukcije, za ocenu njene nosivosti ili stabilnosti, posebno u odnosu na dejstvo lokalnih koncentracija napona, stvaranje plastičnih područja, mehanizam loma kao i na uticaj promene mehaničkih karakteristika materijala zavisno od vremena i temperaturnih promena. Metode eksperimentalne analize mogu se primenjivati na originalnim konstrukcijama ("in situ") ili na njihovim modelima u laboratorijskim uslovima [3].

Eksperimentalno ispitivanje konstrukcija je interdisciplinarna oblast, gde se traži široko teorijsko znanje o konstrukcijama i materijalima, osećaj za ponašanje konstrukcija pod opterećenjem, a pored toga su potrebni i dobri laboratorijski uslovi.

*Primer 2:* Primena eksperimentalne metode u dokazivanju da se FRP (Fiber Reinforced Polymer) kompozitna vlakna mogu uspešno koristiti u sanaciji betonskih preseka opterećenih prvenstveno na čisto savijanje. Ispitivanja je radio dr Slobodan Rankovic u svojoj doktorskoj disertaciji: "Eksperimentalno teorijska analiza graničnih stanja armirano betonskih linijskih nosača ojačanih sprežanjem sa NSM vlaknastim kompozitima" [7].

Eksperiment je realizovan delom u građevinskom preduzeću "Gradjevinar" gde su izradjeni uzorci i

uradjeno delimično instrumentiranje merne opreme i uradjena eksperimentom predvidjena ojačanja sprežanjem sa NSM vlaknastim kompozitima. Ispitivanje grednih AB nosača izloženih uticaju čistog savijanja izvršeno je na test mašini laboratorije za mehatroniku Mašinskog fakulteta u Nišu.

Program ispitivanja obuhvatao je sedam grednih AB nosača poprečnog preseka 15/25 cm, ukupne dužine 2,95 m, statičkog sistema "prosta greda", sa osovinskim rasponom oslonaca 2,7m. Gredni nosači su opterećeni na savijanje dejstvom dve koncentrisane sile u trećinama raspona do loma, pri različitim uslovima ojačanja FRP elementima. Merene su deformacije u funkciji kratkotrajnog opterećenja i praćene karakteristične faze (prve prsline, tečenje armature, lom) za različite uslove ojačanja uz poredjenje sa kontrolnim (neojačanim) nosačem. Za ispitivanje su odabrane sledeće varijante grednih nosača:

- 1) B-con: Kontrolna (neojačana) greda;
- 2) B-G1 (Beam-Glass 1): Greda ojačana GFRP<sup>2</sup> armaturnom šipkom Ø10 mm po celoj dužini (bez prekida);
- 3) B-G2 (Beam-Glass 2): Greda ojačana GFRP armaturnom šipkom sa prekidom u polovini raspona (bez premošćenja nastavka – "bajpas");
- 4) B-G3 (Beam-Glass 3): Greda ojačana GFRP armaturnom šipkom sa prekidom u polovini raspona i premošćenjem (nastavkom) putem dodatne armature (2 GFRP šipke dužine po 20 Ø);
- 5) B-G4 (Beam-Glass 4): Greda ojačana GFRP armaturnom šipkom sa prekidom u polovini raspona i premošćenjem (nastavkom) putem dodatne armature (2 GFRP šipke dužine po 40 Ø);
- 6) B-C1 (Beam-Carbon 1): Greda ojačana CFRP<sup>3</sup> armaturnom šipkom Ø8 mm po celoj dužini (bez prekida)
- 7) B-EC (Beam-External Carbon): Greda ojačana CFRP laminatom 33x1,4x2600 mm.

Uporedna analiza eksperimentalno dobijenih rezultata sprovedena je po osnovu dva bitna kriterijuma. Najpre je izvršeno upoređivanje merenih veličina (ugiba i dilatacije) u zavisnosti od načina ojačanja, a zatim je analiza sprovedena radi

<sup>2</sup> GFRP – glass fibre reinforced polymer (polimeri na bazi staklastih vlakana)

<sup>3</sup> CFRP – carbon fibre reinforced polymer (polimeri na bazi karbonsko ugljenicnih vlakana)

uporedjenja rezultata dobijenih pri različitim varijantama nastavka dodatne GFRP armature.

Na osnovu dobijenih rezultata uradjeni su i uporedni dijagrami po pitanju maksimalnih napona, ugiba i dilatacija, uz analizu procentualnog odnosa dobijenih vrednosti. Uspostavljanjem korelacione zavisnosti dobijenih rezultata kod greda sa i bez ojačanja, autor je došao do impozatnih rezultata da grede sa GFRP i CFRP ojačanjima imaju čak 78% odnosno 89% povećanu nosivost na savijanje čime je dokazao postavljenu hipotezu.

#### 4 ZAKLJUČAK:

Eksperimentalna metoda saznanja se veoma uspešno i gotovo uvek koristi u istraživanjima u građevinarstvu. Prvenstveno se izvode veštački eksperimenti u kojima se vrši podešavanje i kontrolisanje pojava tako da eksperimentalni proces odgovori na određena pitanja koja su od važnosti za dalja proučavanja. Daleko je lakše ispitivati na materijalima i doći do novih saznanja u odnosu na konstrukcije koje su zbog svoje složenosti daleko komplikovanije za proučavanje. Pored toga ispitivanje konstrukcija iziskuje daleko veće materijalne i finansijske troškove, veću eksperimentalnu ekipu ljudi, daleko veći broj mernih instrumenata, povoljne klimatske uslove na terenu i dr. Zbog svih tih razloga istraživači se veoma često

opredeljuju za ispitivanje uzoraka i maljih modela u laboratorijskim uslovima, a zatim odredjenom modelskom tehnikom i metodama rezultate sa modela prenose na konstrukciju. Svakako najpouzdaniji eksperimenti su na realnim objektima "in situ" jer na taj način dobijamo najtačniji uvid u stvarno stanje i ponašanje izvedene građevine.

#### LITERATURA

- [1] *Metodologija naučno istraživačkog rada*, D. Damjanović, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš (2006)
- [2] *Opšta metodologija*, B. Šešić, Naučna knjiga, Beograd (1980)
- [3] *Eksperimentalne metode u projektovanju konstrukcija*, V. Brčić, R. Čukić, Građevinska knjiga, Beograd (1988)
- [4] *Metod i organizacija naučnoistraživačkog rada*, V. Šolaja, Mašinski fakultet, Niš (1988)
- [5] *Metodologija naučno istraživačkog rada*, R. Folić, skripta za Doktorske studije, FTN, Novi Sad (2007)
- [6] *Master rad*, I. Nešović, Univerzitet u Nišu, Građevinsko arhitektonski fakultet, Niš (2013)
- [7] *Doktorska disertacija*, S. Ranković, Univerzitet u Nišu, Građevinsko arhitektonski fakultet, Niš (2010)



UDK : 620.91:523.9  
373.54  
371.38

## PRIMENA SISTEMA DUALNOG OBRAZOVANJA U OBLASTI KORIŠĆENJA SOLARNE ENERGIJE<sup>1</sup>

Tomislav Pavlović<sup>2</sup>, Đorđe Đorđević<sup>3</sup>, Dragoslav Stojić<sup>4</sup>, Biljana Avramović<sup>5</sup>

**Rezime:** Pravljenjem ankete medju članicama klastera Dundjer iz Niša, ustanovljeno je da više od 50 odsto poslodavaca ima problem da nadje radnike sa potrebnim veštinama kako medju svojim zaposlenim tako i medju nezaposlenim na birou rada. Osim toga, poslodavci su istakli da bi radije ulagali u praktično obrazovanje postojećih zaposlenih, čime bi im povećali privrženost firmi, nego da od početka edukuju nekog nezaposlenog radnika, bez ikakvog iskustva. Potreba za dodatnim obukama zaposlenih, koje nisu deo formalnog sistema obrazovanja, već su pretežno praktične obuke, uočena je naročito u oblasti energetske efikasnosti, ekološke gradnje i korišćenja solarne energije. Ove tri oblasti su prepoznate kao prosperitetne u građevinskom sektoru, gde se može izvršiti povezivanje privrede sa naučno-obrazovnim i razvojnim institucijama, uspostavljanjem dualnog obrazovanja radi unapređivanja proizvodnih procesa i procedura kroz implementaciju naučnih dostignuća i unapređenje kompetencija zaposlenih.

U tu svrhu bilo je potrebno napraviti pojedinačni plan i program praktičnih obuka prilagodjen svakoj konkretnoj firmi i njenim kapacitetima i potrebama u navedenim oblastima, u ovom slučaju u oblasti korišćenja solarne energije. U ovom radu dat je prikaz projektovanja metodologije i plana praktične obuke za tri kompanije, članice klastera Dundjer, u sistemu dualnog obrazovanja u oblasti primene solarne energije.

**Ključne reči:** Solarna energije, Dualno obrazovanje, Energetska efikasnost, Pametne kuće

## APPLICATION OF DUAL EDUCATION SYSTEM IN THE USE OF SOLAR ENERGY

**Summary:** A survey among members of the Construction Cluster Dundjer from Niš showed that more than 50 % of employers have a problem to find skilled workers with specific skills among own workers and also on the work market. They stated also that they would rather invest in education of their employees improving in this way loyalty of own workers than to educate unemployed workers from the scratch. The need for additional education, not being part of system of formal education and prevailing of practical nature is especially noticed in the field of energy efficiency, ecological building, and solar energy. These three fields are recognized as very prosperitive and promising in construction sector. It has to be realized by establishing close relations with educational and R/D institutions, and by forming dual education system. As a result, this would improve production processess and procedures using reserach results and improved competences of workers.

**Key words:** Solar energy, Dual Education, Energy Efficiency, Smart House

<sup>1</sup> Istraživanje je odobreno i finansirano od strane Kancelarije za lokalni ekonomski razvoj i projekte (KLERP) Grada Niša

<sup>2</sup> University of Niš, Faculty of Sciences and Mathematics, Niš, Višegradska 33, Serbia

<sup>3</sup> Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija; Construction Cluster "Dundjer", Niš, Srbija;

<sup>4</sup> Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija;

<sup>5</sup> Construction Cluster "Dundjer", Niš, Srbija.

## 1. OPIS PROJEKTA

Sve je više primera da đaci koji završe srednju školu, čak i studenti koji završe fakultet, ne znaju da rade ono što su završili, a da poslodavci žele da prime one koji imaju praktična znanja. Privredni subjekti se suočavaju sa velikim problemima da dođu do stručnog i kvalifikovanog kadra, jer i đaci, nakon što završe srednju stručnu školu, kao i studenti nakon što završe fakultete, nemaju funkcionalna, upotrebljiva i primenjiva znanja s kojima bi se odmah mogli uključiti u radni proces. Tehnika i tehnologija u današnjem društvu brzo napreduju, škole i fakulteti jednostavno ne mogu ispratiti te promene, tako da je imperativ da se taj deo stručnog, praktičnog obrazovanja mora izmestiti u kompanije, jer je to u interesu i privrede i nauke i đaka i studenata, jer dualno obrazovanje donosi posao odmah.

Tema projekta je projektovanje metodologije i plana praktične obuke za tri kompanije, članice klastera Dunder, u sistemu dualnog obrazovanja iz oblasti energetske efikasnosti, ekologije i solarne energije. Pravljenjem ankete među članicama klastera Dunder ustanovljeno je da 50 odsto poslodavaca ima problem da nađe radnika sa potrebnim veštinama kako među svojim zaposlenim tako i među nezaposlenim na birou rada. Osim toga poslodavci su istakli da bi radije ulagali u praktično obrazovanje postojećih zaposlenih, čime bi im povećali privrženost firmi, nego da od početka edukuju nekog nezaposlenog, bez ikakvog iskustva. Potreba za dodatnim obukama zaposlenih, koje nisu deo formalnog sistema obrazovanja, već su praktične obuke, uočena je u oblasti energetske efikasnosti, ekologije, i solarne energije. Ove tri oblasti su prepoznate kao prosperitetne u građevinskom sektoru, gde se može izvršiti povezivanje privrede sa naučno-obrazovnim i razvojnim institucijama, uspostavljanjem dualnog obrazovanja radi unapređivanja proizvodnih procesa i procedura kroz implementaciju naučnih dostignuća i unapređenje kompetencija zaposlenih.

U tu svrhu je potrebno napraviti pojedinačni plan i program praktičnih obuka prilagođen svakoj konkretnoj firmi i njenim kapacitetima i potrebama u oblasti energetske efikasnosti, ekologije, i solarne energije. Za izvršenje ovih planova biće angažovani najbolji stručnjaci iz ovih oblasti. Za kraj projekta je planiran vorkšop kroz koji će se predstaviti rezultati i disemnicaija projekta.

## 2. AKTIVNOSTI NA PROJEKTU

U okviru realizacije realizuju se sledeće aktivnosti:

1. Sprovođenja istraživanja među kompanijama unutar klastera o njihovim potrebama za praktičnim obukama,
2. Izrada plana i metodologije za praktičnu nastavu za kompaniju ABR,
3. Izrada plana i metodologije za praktičnu nastavu za kompaniju Deltaelektronik,
4. Izrada plana i metodologije za praktičnu nastavu za kompaniju Kaparaprojekt.

## 3. PLAN I PROGRAM OBRAZOVANJA

### TEHNIČAR SOLARNE ENERGIJE (BEČELOR, MASTER) – SE (TSE, BSE, MSE)

**SE-1.** Uvod u korišćenje solarne energije.

**SE-2.** Metod proračuna solarnog kapaciteta određene mikro-lokacije sa primenom odgovarajućeg softvera.

**SE-3.** Solarne ćelije i paneli – pregled tehnologije.

**SE-4.** Povezivanje panela u veće solarne sisteme.

**SE-5.** Solarni DC/AC konvertori – metode povezivanja u sisteme (solarne elektrane).

**SE-6.** Postojeća zakonska regulativa, nacionalni i međudržavni ugovori i novi zahtevi u oblasti proizvodnje i primene solarne energije.

Sadržaji kurseva **SE-1**, **SE-2** i **SE-3** su uzeti iz dostupne literature i publikacija prvopotpisanog autora. Ključni praktični kursevi (**SE-4** i **SE-5**) su dobijeni u saradnji sa poznatom nemačkom firmom SMA na osnovu kurseva koje su držali saradnicima Klastera u zemlji i inostranstvu, kao i kursovima u firmi Solarnoj akademiji (SMA Solar Academy, videti [4]). Predmet **SE-6** obradjuje zakonsku regulative u oblasti solarne energije, FIDIC sa naglaskom na solarnu energiju, kao i nove zahteve i izazove u toj oblasti.

### SE-4. POVEZIVANJE PANELA U VEĆE SOLARNE SISTEME

SE-4.1. PV (Photo Voltaic) sistemi snage do 30 kW (Kućni sistemi za privatno korišćenje).

SE-4.2. PV sistemi snage do 250 kW (Komercijalne primene).

SE-4.3. Vizuelizacija i kontrola PV sistema.

SE-4.4. Servisiranje i održavanje PV Sistema sa decentralizovanom strukturom.

SE-4.5. Projektovanje trofaznih elektrana sa Sunny TriPower 60 invertorom i stanicom sa srednjim naponom.

SE-4.6. Projektovanje velikih PV centrala sa centralnim invertorima i stanicama sa srednjim naponom.

#### **SE-4.1. PV (Photo Voltaic) sistemi snage do 30 kW (Kućni sistemi za privatno korišćenje)**

Ovaj kurs daje pregled spektra proizvodnih rešenja (poglavito firme SMA) za instalaciju PV sistema za optimizovanu sopstvenu potrošnju u segmentu privatne primene sa izlaznom snagom do 30 kW. Kurs počinje razmatranjem mogućih razloga koje imaju krajnji korisnici da instaliraju PV sistem i uvidom u moguće načine za smanjenje troškova za energiju domaćinstva. Pored SMA invertora, obradjuju se i osnove energetike vezane za odgovarajuće module. Takođe se obradjuju i servisna komunikacija i monitoring, kao i optimizacija sopstvene potrošnje. Pomoću projektovanja jednog uzornog sistema savladavaju se osnove mogućeg planiranja i dimenzionisanja sistema. Kurs sadrži i izbor pogodnih elemenata sistema kao i savladavanje neophodnih veština u radionici za projektovanje sistema.

Ovaj kurs je deo bloka nastave koji sadrži predmete (kurseve) **SE-4.1**, **SE-4.2**, **SE-4.3** i **SE-4.4**. Svi kursevi se mogu slušati i kao posebne obuke, ali se preporučuje savladavanje čitavog bloka radi dubljeg i obuhvatnijeg razumevanja gradiva.

**Ciljna grupa:** Instalater sistema, specijalista za solarnu tehnologiju, tehnički projektant sistema, kvalifikovani električar (tehničar, inženjer).

**Potrebno predznanje:** Osnovno znanje solarnih sistema snage, PC znanje (Doneti sopstveni Internet terminal – nastava je tipa BYOD – Bring Your Own Device).

#### **SE-4.2. PV sistemi snage do 250 kW (Komerrijalne primene).**

Ovaj kurs daje pregled produkcionih rešenja (SMA) za instalaciju PV sistema sa optimizovanom sopstvenom potrošnjom za segment komerrijalne primene i snagom između 30 i 250 kW. Pored

invertora, obradjuje se i elektronika koja podržava panele. Za sisteme ove snage obradjuje se takođe dodata vrednost rešenja za akumuliranje, kao i aspekti vezani za korišćenje u komerrijalnoj oblasti. Pomoću projektovanja pilot sistema savladavaju se elementi koji čine dimenzionisanje i projektovanje sistema mogućim. Savladava se izbor pogodnih elemenata za nameravani projekat, uz učvršćivanje znanja i veština sa vorkšopa o projektovanju sistema. Ovaj kurs je deo blok nastave o kućnim i komerrijalnim PV rešenjima, koji se sastoji od četiri seminarra, što je dato prethodno. Svi kursevi se mogu slušati i kao posebne obuke, ali se preporučuje savladavanje čitavog bloka radi dubljeg i obuhvatnijeg razumevanja gradiva.

**Ciljna grupa:** Instalater sistema, specijalista za solarnu tehnologiju, tehnički projektant sistema, kvalifikovani električar (tehničar, inženjer).

**Potrebno predznanje:** Osnovno znanje solarnih sistema snage, PC znanje (Doneti sopstveni Internet terminal – nastava je tipa BYOD – Bring Your Own Device).

#### **SE-4.3. Vizuelizacija i kontrola PV sistema.**

Ovaj kurs daje pregled različitih opcija raspoloživih za vizuelizaciju i kontrolu PV sistema. Pored obrade interfejsa za komunikaciju i logera podataka (SMA), daje se i uvod u mogućnosti on-line servisa. Savladano teoretsko znanje se uvežbava u praktičnoj radionici (workshop). U malim grupama se postavljaju trening sistemi i tako konfigurišu da šalju podatke monitoring sistemu (SMA). Takođe se obradjuju mogućnosti komunikacionih sistema nezavisnih od proizvođača koristeći Modbus Protocol. Za tu veličinu sistema biće obradjena dodata vrednost sistema za akumulaciju i razjašnjeni aspekti korišćenja u komerrijalne svrhe. Na pilot sistemu biće objašnjeno šta omogućava projektovanje i dimenzionisanje sistema. Biće obradjen izbor pogodnih elemenata za ugradnju i utvrdjene veštine naučene u radionici o projektovanju sistema.

Ovaj kurs je deo blok nastave o kućnim i komerrijalnim PV rešenjima, koji se sastoji od četiri seminarra, što je dato prethodno. Svi kursevi se mogu slušati i kao posebne obuke, ali se preporučuje savladavanje čitavog bloka radi dubljeg i obuhvatnijeg razumevanja gradiva.

**Ciljna grupa:** Instalater sistema, specijalista za solarnu tehnologiju, tehnički projektant sistema, kvalifikovani električar (tehničar, inženjer).

**Potrebno predznanje:** Osnovno znanje solarnih sistema snage, PC znanje (Doneti sopstveni Internet terminal sa web pretraživačima– IE, Firefox, Safari).

#### **SE-4.4. Servisiranje i održavanje PV sistema sa decentralizovanom strukturom.**

Samo PV sistemi koji rade pouzdano i bez kvarova garantuju maksimalne prihode u dugom periodu. Slušaoci ovog seminara treba da pomognu svojim klijentima da postignu to pomoću redovnog održavanja i propisanih merenja, servisiranja, kao i korisnički specifičnog koncepta monitoringa PV sistema. Ovaj kurs kvalifikuje slušaoca za održavanje PV sistema sa decentralizovanim inverterima i akumulatorskim čuvanjem energije i obavljanje ciljne analize anomalija.

Ključne teme pokrivene ovim kursom uključuju osnovne informacije o fotovoltaiici, PV poljima, inverterima, akumulatorskim sistemima i drugim komponentama sistema. Na bazi ovih znanja slušaoci uče kako da profesionalno ispituju PV sisteme, kako da sprovedu potencijalna merenja i kako se ona koriste u rešavanju problema i proveriti kvaliteta. Daju se sugestije o tome kako treba pripremiti odgovarajuću dokumentaciju i kako postići održavanje pomoću monitoringa PV sistema, kao i kako sprovesti optimizaciju modernizacijom i dogradnjom komponenata.

Nizom praktičnih vežbi obavljaju se i ocenjuju merenja na uzornom sistemu, proveravaju komunikacije sistema, lokalizuju postojeće greške i formalizuje predlog za otklanjanje kvara.

Ovaj kurs je deo blok nastave o kućnim i komercijalnim PV rešenjima, koji se sastoji od četiri seminara, što je dato prethodno. Svi kursevi se mogu slušati i kao posebne obuke, ali se preporučuje savladavanje čitavog bloka radi dubljeg i obuhvatnijeg razumevanja gradiva.

**Ciljna grupa:** Serviseri (tehničari), instalater sistema, specijalista za solarnu tehnologiju, eksperti.

#### **SE-4.5. Projektovanje trofaznih elektrana sa Sunny TriPower 60 inverterom i stanicom sa srednjim naponom**

Projektovanje velikih decentralizovanih PV elektrana postaje sve više i više privlačno zbog prednosti koje nudi ta tehnologija. Ovaj tehnički seminar kvalifikuje slušaoca da mogu da projektuju moderne velike decentralizovane PV elektrane povezane na mrežu srednjih napona koristeći SMA tehnologiju (Sunny Tripower 60 inverter i Medium

Voltage Station). Glavne teme koje se obrađuju su topologija, funkcije, zaštite i dimenzionisanje invertora i stanica srednjeg napona (proizvodnja SMA). Seminar takodje pokriva projektovanje PV centrala koristeći poslednju verziju softvera Sunny Design i konfiguraciju stanice srednjeg napona (Medium Voltage Station) u skladu sa specifičnim projektnim zahtevima.

Za nastavu su potrebni laptop PC i džepni kalkulator. Seminar uključuje teoretsku nastavu i radionicu sa savladavanjem korisničkog softvera.

Ovaj kurs je deo blok nastave o velikim PV elektranama i sastoji se od kurseva SE-4.5 i SE-4.6. Ovi kursevi se mogu slušati i kao posebne obuke, ali se preporučuje savladavanje čitavog bloka radi dubljeg i obuhvatnijeg razumevanja gradiva.

**Ciljna grupa:** Stručnjaci iz oblasti obnovljivih izvora energije.

**Potrebno predznanje:** Preporučuje se prethodno znanje iz oblasti PV modula, PV invertora, transformatora srednjeg napona, AC napona, AC struje, aktivne i reaktivne snage, Etherneta i Modbusa.

#### **SE-4.6. Projektovanje velikih PV centrala sa centralnim inverterima i stanicama sa srednjim naponom.**

Projektovanje velikih centralizovanih PV elektrana postalo je mnogo lakše zbog značajnih rešenja koja je dala firma SMA. Ovaj tehnički seminar kvalifikuje slušaoca za projektovanje modernih velikih centralizovanih PV elektrana povezanih na mrežu srednjeg napona koristeći uspešna SMA rešenje: Energetska stanica srednjeg napona (The Medium Voltage Power Station).

Glavne oblasti koje se obrađuju su topologija, funkcije i zaštite energetske stanice srednjeg napona, uključujući projektovanje PV elektrana koristeći poslednju verziju softvera (SMA Sunny Design) i konfiguraciju energetske stanice u skladu sa specifikovanim projektnim zahtevima.

Za nastavu su potrebni laptop PC i džepni kalkulator. Seminar uključuje teoretsku nastavu i radionicu sa savladavanjem korisničkog softvera, kao i posetu stanici tipa Sunny Central.

Ovaj kurs je deo blok nastave o velikim PV elektranama i sastoji se od kurseva SE-4.5 i SE-4.6. Ovi kursevi se mogu slušati i kao posebne obuke, ali se preporučuje savladavanje čitavog bloka radi dubljeg i obuhvatnijeg razumevanja gradiva.

**Ciljna grupa:** Stručnjaci iz oblasti obnovljivih izvora energije.

**Potrebno predznanje:** Preporučuje se uspešno učešće na seminaru SE-4.5.

## SE-5. SOLARNI DC/AC KONVERTORI – METODE POVEZIVANJA U SISTEME (SOLARNE ELEKTRANE)

**SE-5.1.** Akumulatorski sistemi kod malih SMART HOME kućnih elektrana.

**SE-5.2.** Projektovanje hibridnih OFF- grid energetskeg sistema sa Sunny Island akumulatorskim invertorima i višeklasterskim boksom.

**SE-5.3.** Tehnički prijem hibridnih OFF- grid energetskeg sistema sa Sunny Island baterijskim invertorima i višeklasterskim boksom.

**SE-5.4.** Projektovanje hibridnih energetskeg sistema sa SMA Fuel Save kontrolerom V. 2.0.

**SE-5.5.** Tehnički prijem hibridnih energetskeg sistema sa SMA Fuel Save kontrolerom V. 2.0.

**SE-5.6.** Vebinar o trofaznom SUNNY Tripower Core1 – funkcije, projektovanje, instalacija i tehnički prijem.

**SE-5.7.** Vebinar sa pregledom SMA korisničkih rešenja – razmatranje raznih mogućnosti (portfolio) i procena.

### SE-5.1. Sistemi akumulacije u pametnim kućama (SMA instalacije)

Usled stalnog povećanja cene energije, PV centrale (sistemi) sa akumulatorskim sistemima za čuvanje energije postaju sve atraktivnije za privatne kuće. Ova rešenja omogućavaju maksimalnu nezavisnost uz značajno smanjenje troškova električne energije. Ovaj kurs sadrži način projektovanja i planiranja budućih verifikovanih rešenja sa fleksibilnim i integrisanim rešenjima akumulacije električne energije (SMA izvodenje).

Ključni aspekti kursa su primenljivi scenariji za različite sisteme, analizu akumulacije energije i kriterijume za izbor akumulatora, kao i preporuke za projektovanje i integrisanje PV sistema akumulacije u pametne kuće (SMA Smart Home), kao i nadgledanje sistema, vizualizaciju toka energije i optimizaciju sopstvene potrošnje pomoću šiftovanja opterećenja. Ovaj kurs je deo bloka nastave o off-grid systemima i sistemima akumulacije energije, koji se sastoji od tri seminara, SE-5.1, SE-5.2 i SE-5.3. Svi kursevi se mogu slušati pojedinačno, ali ako se želi dublje i obuhvatnije razumevanje materije, preporučuje se savladavanje čitavog bloka predmeta.

**Ciljna grupa:** Instalater sistema, specijalista za solarnu tehnologiju, tehnički projektant sistema, kvalifikovani električar (tehničar, inženjer).

**Potrebno predznanje:** Osnovno znanje solarnih sistema snage, PC znanje (Doneti sopstveni Internet terminal – nastava je tipa BYOD – Bring Your Own Device, za praćenje nastave je potreban pristup WLANu)

### SE-5.2. Projektovanje hibridnih OFF- grid energetskeg sistema sa Sunny Island baterijskim invertorima i višeklasterskim boksom.

U osunčanim oblastima sveta PV elektrane u kombinaciji sa akumulatorskim sistemima su već postali najpouzdaniji način za snabdevanje električnom energijom za sela i potrošače van dostupa električne mreže. Projektovanje PV elektrana i akumulatorskih sistema za izolovane mreže je vrlo složeno zato što se taj hibridni energetski sistem sastoji od više kritičnih komponenata, čije ispravno dimenzionisanje uslovljava tehnički uspeh projekta. Ovaj napredni seminar kvalifikuje slušaoce da razumeju odgovarajuća rešenja i da projektuju moderni off-grid energetski sistem zasnovan na uspešnoj SMA tehnologiji (SMA Sunny Island Multicluster). Glavne teme kursa su funkcije, zaštite i dimenzionisanje invertora (Sunny Island i Multicluster Box), uključujući projektovanje hibridnog energetskeg sistema koristeći poslednju verziju kontrolnog softvera (SMA Sunny Design). Slušaocima je potreban sopstveni laptop i džepni kalkulator. Seminar uključuje teoretsku nastavu, radionicu sa softverom i posetu test centru hibridnih elektrana (SMA Hybrid Test Center).

Ovaj kurs je deo bloka nastave o off-grid systemima i sistemima akumulacije energije, koji se sastoji od tri seminara, SE-5.1, SE-5.2 i SE-5.3. Svi kursevi se mogu slušati pojedinačno, ali ako se želi dublje i obuhvatnije razumevanje materije, preporučuje se savladavanje čitavog bloka predmeta.

**Ciljna grupa:** Stručnjaci za obnovljivu energiju.

**Potrebno predznanje:** Preporučuje se prethodno znanje o PV modulima, PV invertorima, akumulatorskim invertorima i olovnim (kiselim) akumulatorima za izolovane mreže (Off-greed).

### SE-5.3. Tehnički prijem hibridnih OFF- grid energetskeg sistema sa Sunny Island akumulatorskim invertorima i višeklasterskim boksom.

U osunčanim oblastima sveta PV elektrane u kombinaciji sa akumulatorskim sistemima su već postale najpouzdaniji način za snabdevanje električnom energijom za sela i potrošače van dostupa električne mreže. Profesionalna instalacija i tehnički prijem hibridnih energosistema su ključni za obezbedjenje pouzdanog snabdevanje izolovanih potrošača. Ovaj seminar kvalifikuje slušaoce za tehnički prijem hibridnih električnih sistema u skladu sa procedurom datom od SMA. Glavne oblasti su predviđena konfiguracija akumulatorskih invertora (Sunny Island) i PV invertora (SMA). Slušaocima su potrebni laptop i voltmetar /ampermetar (DC/AC). Kurs sadrži praktične radionice u centru za testiranje hibridnih sistema (SMA Hybrid Test Center).

Ovaj kurs je deo bloka nastave o off-grid sistemima i sistemima akumulacije energije, koji se sastoji od tri seminara, **SE-5.1**, **SE-5.2** i **SE-5.3**. Svi kursevi se mogu slušati pojedinačno, ali ako se želi dublje i obuhvatnije razumevanje materije, preporučuje se savladavanje čitavog bloka predmeta.

**Ciljna grupa:** Stručnjaci za obnovljivu energiju.

**Potrebno predznanje:** Uspešno odslušan kurs SE-5.2.

#### **SE-5.4. Projektovanje hibridnih energetskih sistema sa SMA Fuel Save kontrolerom V. 2.0.**

U osunčanim regionima sveta PV elektrane u kombinaciji sa dizel generatorima i/ili korisničkom mrežom su već postali najekonomičniji način proizvodnje električne energije, čak i bez dodatnih izvora.

Projektovanje PV-Dizel hibridnih energetskih sistema je kompleksno, pošto je pouzdana kontrola rada PV elektrane potrebna da bi se omogućio stabilan rad mreže. Projektantima su potrebne najaktuelnije informacije za korišćenje najnaprednije tehnologije (SMA) u projektima. Ovaj napredni seminar kvalifikuje slušaoce da razumeju funkcije kontrolera za uštedu goriva (SMA Fuel Save Controller) i projektuju pouzdane hibridne energetske sisteme uz korišćenje poslednje verzije softvera za kontrolu rada (SMA Sunny Design).

Slušaocima je potreban sopstveni laptop i džepni kalkulator. Seminar se sastoji od teoretske nastave, radionice sa softverom i posete Centru za testiranje hibridnih sistema (SMA Hybrid Test Center).

Ovaj seminar je deo bloka treninga o sistemima za uštedu goriva (Fuel Save), koji se sastoji od dva seminara, SE-5.4 i SE-5.5. Seminari se mogu slušati

pojedinačno, ali za dublje i obuhvatnije razumevanje preporučuje se slušanje bloka nastave.

**Ciljna grupa:** Stručnjaci za obnovljivu energiju.

**Potrebno predznanje:** Prethodno znanje o PV elektranama, dizel generatorima, aktivnoj snazi, reaktivnoj snazi i mrežama.

#### **SE-5.5. Tehnički prijem hibridnih energetskih sistema sa SMA Fuel Save kontrolerom V. 2.0.**

U osunčanim regionima sveta PV elektrane u kombinaciji sa dizel generatorima i/ili korisničkom mrežom su već postali najekonomičniji način proizvodnje električne energije, čak i bez dodatnih izvora.

Tehnički prijem kontrolera za uštedu goriva (SMA Fuel Save Controller 2.0) je najvažniji deo takvih projekata, jer ispravna podešavanja za kontroler su suštinska za stabilno funkcionisanje sistema. Tehnički prijem može biti obavljen od strane projektanta sistema, što značajno umanjuje troškove i napore na projektu. Kurs sadrži sledeće oblasti:

- Procedura tehničkog prijema (SMA),
- Konfigurisanje kontrolera sa grafičkim interfejsom (Fuel Save Controller, Graphical User Interface),
- Konfigurisanje PV elektrane sa pripadajućim softverom (Sunny Explorer),
- Praktična obuka.

Ovaj kurs kvalifikuje slušaoce za tehnički pregled kontrolera uštede goriva (SMA Fuel Save Controller Version 2.0) u saglasnosti sa procedurom firme SMA, uz to da su principi slični i kod drugih firmi.

Slušaocima je potreban sopstveni laptop i džepni kalkulator. Seminar se sastoji od praktičnih vežbi – treninga- u Centru za testiranje hibridnih sistema (SMA Hybrid Test Center).

Ovaj seminar je deo bloka treninga o sistemima za uštedu goriva (Fuel Save), koji se sastoji od dva seminara, SE-5.4 i SE-5.5. Seminari se mogu slušati pojedinačno, ali za dublje i obuhvatnije razumevanje preporučuje se slušanje bloka nastave.

**Ciljna grupa:** Stručnjaci za obnovljivu energiju.

**Potrebno predznanje:** Ovaj praktični trening je predviđen samo za kvalifikovane električare. Učešće na ovom treningu zahteva uspešno završen kurs SE-5.4.

Proces tehničke kontrole koji se savladava na ovom kursu mora se poštovati na svim elektranama sa kontrolerom za uštedu goriva (Fuel Save

Controller). Za prvu tehničku kontrolu strogo se preporučuje korišćenje SMA daljinski tehnički pregled (SMA Remote Commissioning Support), uz pogodnu Internet vezu sa kontrolerom za uštedu energije (Fuel Save Controller). Pregled kontrolera proizvodnje SMA zahteva vezu sa Internetim, kao i VPN pristup kontroleru od strane centrale SMA.

#### **SE-5.6. Vebinar o trofaznom SUNNY Tripower Core1 – funkcije, projektovanje, instalacija i tehnički prijem.**

Ovaj vebinar prezentuje moderni inverter firme SMA Sunny Tripower CORE1 sa kompletnim opisom funkcija, kao i svim tehničkim znanjima potrebnim za projektovanje, instalaciju i tehnički prijem. Novi uređaj je različit od svojih prethodnika već po inovativnom dizajnu. Ovaj inverter je projektovan za komercijalne krovne aplikacije i nudi više prednosti pri instalaciji i tehničkom prijemu. Na kursu se obrađuju pojedini praktični koraci u uspešnom projektovanju, instalaciji i tehničkom pregledu.

Takodje, tehnički instruktori obezbeđuju korisne savete i veštine, uz mogućnost interaktivnog rada, koji omogućava diskusiju direktno na vebinaru.

Podaci za pristup vebinaru se šalju na datu e-mail adresu.

**Ciljna grupa:** Instalateri, Stručnjaci za obnovljivu energiju, tehnički projektanti elektrana, električno kvalifikovane osobe, distributeri.

**Potrebno predznanje:** Prethodno znanje o fotovoltaiici.

#### **SE-5.7. Vebinar sa pregledom SMA korisničkih rešenja – razmatranje raznih mogućnosti (portfolio) i procena.**

Na ovom vebinaru se slušaoci upoznaju sa ekosistemom korisničkih rešenja i detaljnim pregledom proizvoda za PV elektrane firme SMA. Počev od decentralizovanih rešenja baziranih na modernim trofaznim invertorima (Sunny Tripower) povezanih na MV stanicu, pa do centralizovanih rešenja baziranih na potpuno integrisanim elektranama sa srednjim naponom (Medium Voltage Power Station) daje se pregled integralnih rešenja od DC do mreža srednjeg napona.

Slušaoci ovog vebinara mogu da steknu dublji pregled u korisničko tržište i vide kako različita rešenja (SMA) mogu da unaprede različite PV projekte.

Takodje, tehnički treneri daju korisne suštinske informacije sa mogućnošću postavljanja pitanja u integrisanoj komunikaciji, uz odgovore direktno u toku vebinara (SMA Solar Academy). Koristeći ovu mogućnost stiže se pregled orijentisan ka rešenju, koji će pomoći u donošenju sofisticiranih rešenja. Podaci o pristupu vebinaru se šalju na e-mail adresu slušaoca.

**Ciljna grupa:** Donosioci odluka, investitori, operateri distributivnih mreža i nezavisni proizvođači energije.

**Potrebno predznanje:** Osnovno razumevanje korisničkih projekata.

Detaljniji program nastave za ostale predmete ove i ostalih grupa predmeta biće dat u izveštaju projekta (videti i [4]). Svaki od navedenih kurseva se može i pojedinačno slušati/vežbati, uz preporuke o poželjnom prethodnom znanju.

## **4. KRAJNI KORISNICI PROJEKTA**

Krajnji direktni korisnici projekta su tri kompanije, članice građevinskog klastera Dunder i njihovi zaposleni, zatim, predstavnici naučno-istraživačkih institucija kao i cela lokalna zajednica. Zaposleni će dobiti razrađene planove praktične obuke, na osnovu kojih će kasnije u preduzeću, u kome će biti na obuci, ostati i dalje da rade, jer kompanije radije ulažu u svog zaposlenog koga, kroz obuku na radnom mestu, profilišu prema svom poslovnom procesu, nego u prekvalifikaciju nekoga sa tržišta rada. Privrednici dobijaju na kvalitetu postojeće radne snage, a samim tim podižu svoju kompetitivnost i ne moraju da traže izvan svoje firme potrebne profile. Predstavnici naučno-istraživačke institucije pospešuju saradnju nauke i privrede, a lokalna zajednica dobija privrednike, koji su u potpunosti u skladu sa potrebama tržišta.

## **5. UTICAJ PROJEKTA NA LOKALNI / REGIONALNI RAZVOJ**

Uticaj projekta na lokalni/regionalni razvoj je pre svega u podizanju svesti kako kod privrednika, tako i kod lokalne zajednice o potrebi i benefitima dualnog obrazovanja, kao jedinog mogućeg modela kojim može da se ide u korak sa razvojem tehnologija u svetu. Glomazni, tromi i inertni obrazovni sistem ne može da ide u korak sa naprednim tehnologijama, tako da on sam može samo da pruža teorijska znanja, koja su često i sama

zastarela i prevaziđena. Zato je nužna saradnja sa privredom kao kopča sa novim tehnologijama i nadogradnja školskog sistema.

Elementi koji utiču na okruženje su:

- Ugradnja solarnih panela čini značajnu pozitivnu karakteristiku objekta pri izdavanju energetskeg pasoša zgrade;
- Korak u pravcu postizanja Agende 20-20-20;
- Uticaj projekta na ekonomsku snagu samog građevinskog klastera je očigledna, jer ekonomskim jačanjem članova klastera i sam klaster postaje ekonomski jak;
- Privrednici, ojačavajući veze sa naučnim i obrazovnim institucijama, povratno utiču na kreiranje državne politike razvoja i unapređivanja preduzetničkog obrazovanja, koja treba da stvori bazu za buduće stručnjake koji će biti konkurentni i na domaćem i na stranom tržištu radne snage.
- Utiče na optimizaciju krajnje cene nekretnine, obzirom na sve navedene prednosti.

Postoji apsolutna replikabilnost efekata projekta zbog njegove veoma široke primene kako u građevinskom sektoru, tako i u drugim privrednim granama, a takođe i u drugim gradovima i opštinama, koje se takođe suočavaju sa deficitom kadra, koji treba da ima, pored teorijskih, i odgovarajuća praktična znanja.

## LITERATURA

- [1] Pavlović, T.M., Čabrić, B.D.: *Fizika i tehnika solarne energetike*, Građevinska knjiga, Beograd, 2006.
- [2] Pavlović, T., Jevdžević, S., Kostić, Lj., Radosavljević, J., Pirls, D.: *Solar Energy and Education in Serbia*, Proc. Intl. Conf. Interculturality in the Education Process, Pedagogical Faculty "Goce Delčev", Štip, Macedonia, 2005, 454-457.
- [3] Pavlović, T., Kostić, Lj., Pavlović, Z., Pantić, L.: *Measurement of Electrical Characteristics of PV/Thermal Collector*, Proc. 3rd Intl. Workshop on Teaching in Photovoltaics, Prag, 2006, 81-86.
- [4] <https://www.sma.de/en/partners/sma-solar-academy/seminars.html>
- [5] C. Cecati, C. Citro, P. Siano: *Combined Operations of Renewable Energy Systems and Responsive Demand in a Smart Grid*, IEEE Trans Sustain Energy 2011, Vol. 24, pp 68-76.



UDK : 621.791.1:625.143

## ZAVARIVANJE ŠINA U DUGI TRAK

Gordan Radivojević<sup>1</sup>, Jelena Stojilković<sup>2</sup>, Biljana Matejević<sup>3</sup>

### Rezime

U radu je opisana tehnologija zavarivanja šina u dugi trak. Danas je zavarivanje šina i skretnica u duge trakove obavezno pri polaganju novog koloseka, a preporučljivo je i na postojećim kolosecima, ukoliko šine nisu previše istrošene, donji stroj je stabilan, a kolosek propisno regulisan po smeru i niveleti. Zavarivanje šina može se izvršiti na četiri načina. Elektrootporno zavarivanje danas predstavlja najjeftiniji, najbrži i najkvalitetniji postupak zavarivanja šina. Aluminotermijski postupak zavarivanja je vrlo jednostavan postupak zavarivanja jer zahteva relativno malo opreme i to lagane. Vreme potrebno za zavarivanje je vrlo kratko. Pod pojmom elektrolučnog zavarivanja podrazumevaju se postupci zavarivanja koji kao izvor toplote koriste električni luk uspostavljen između elektrode i osnovnog materijala. Sa druge stran, autogeno (gasno) zavarivanje šina koristi osobinu acetilena da pri sagorevanju u kiseoniku daje plamen temperature iznad 3000°C. Održavanje dugih trakova šina zahteva poznavanje njihovog rada u raznim temperaturnim režimima, pri radovima na održavanju koji menjaju stanje otpora u gornjem stroju kao i kontrolu ponašanja tokom eksploatacije.

**Ključne reči:** zavarivanje, DTS, materijal, oprema, postupci

## WELDING RAIL IN LONG TAPE

### Abstract

The paper describes the technology of welding the rails in a long tape. Nowadays, the welding of rails and switches in the long tapes is necessarily when laying new track, and preferably on existing tracks, if the rails are not too worn, the undercarriage is stable, and the track is properly regulated according to the direction and the level. Rail welding can be done in four ways. Resistance welding, nowadays, represents the cheapest, the fastest and the highest quality welding process. Aluminothermic welding process is very simple one because it requires relatively little and light equipment. The time required for welding is very short. By the term - arc welding, it is meant welding processes which use an electric arc as an energy source between the electrode and the base material. On the other hand, autogenic (gas) welding rails uses the property of acetylene to give a flame of temperature above 3000 degrees of Celsius when combustion in oxygen. A maintaining of long strips of rails requires knowledge of their operation in various temperature regimes, in maintenance works that alter the state of resistance in the permanent way, as well as control of the behavior during exploitation.

**Key words:** welding, DTS, material, equipment, procedures

<sup>1</sup> asistent, Mr, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,

<sup>2</sup> saradnik, student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>3</sup> asistent, Dr, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

## 1. UVOD

Kada govorimo o dugim trakovima šina govorimo o šinama koje su toliko duge da je pomeranje njihovog srednjeg dela sprečeno i pri najvećim temperaturnim promenama. Zavarivanjem šina u duge trakove dobijamo neprekidnu kotrljajuću površ i to je idealna veza između šina. Prednosti koloseka bez sastava tj. koloseka sa dugim šinskim tracima su: povećanje udobnosti vožnje kod velikih brzina, smanjenje buke, smanjenje troškova izrade i eksploatacije. Najveća prednost su manji troškovi izrade jer je materijal za izradu jednog spoja skuplji od zavarivanja šina. Geometrija koloseka sa dugim trakovima je trajnija. Zbog smanjenih dinamičkih uticaja vozila, vek trajanja elemenata gornjeg stroja je veći, naročito šina. Usled dodatnih naprezanja od temperaturnih promena u šini, koje naručito u okolini mostova, tunela i skretnica nije moguće tačno odrediti zbog brojnih uticajnih parametara, ugrađivanje i održavanje dugih trakova šina je veoma specifično. Zato se pri tome moramo pridržavati propisanih mera i uputstava.

Zavarivanje šina može se izvršiti na više načina:

- elektrootporno zavarivanje,
- alumino-termijsko zavarivanje,
- elektrolučno zavarivanje (pomoću elektroda),
- autogeno ili gasno zavarivanje.

## 2. ELEKTROOTPORNO ZAVARIVANJE ŠINA

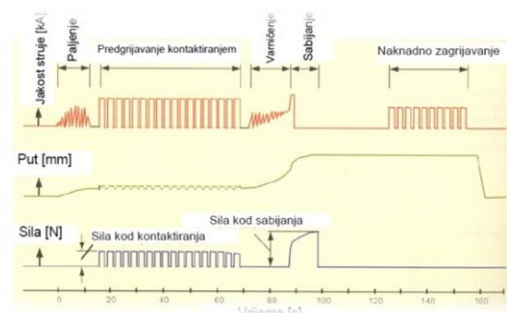
Elektrootporno zavarivanje danas predstavlja najjeftiniji, najbrži i najkvalitetniji postupak zavarivanja šina. Obavlja se u valjaonicama i specijalizovanim radionicama jer iziskuje masivnu i veoma tešku opremu za izvođenje. Kapacitet samo jedne mašine za zavarivanje ovog tipa iznosi i do 100 varova po smeni. U ovim radionicama vrši se zavarivanje kako novih, tako i šina koje su već neko vreme bile u eksploataciji. Pre zavarivanja šine se razvrstavaju po profilima, prema kvalitetu materijala, dok se korišćene šine razvrstavaju i prema istrošenosti. Pre zavarivanja treba proveriti i eventualnu savijenost krajeva šina i po potrebi ih poravnati. Prethodno korišćene šine neophodno je podvrgnuti ispitivanju defektoskopom, radi nalaženja eventualnih oštećenja nastalih u toku eksploatacije. Da

bi var zadovoljio potrebne uslove kvaliteta, mesto zavarivanja je neophodno prethodno očistiti od masnoća, korozije i raznih vrsta nečistoća koje mogu biti prisutne. Nakon ovih priprema moguće je izvršiti zavarivanje. Nakon izvršenog zavarivanja vrši se opsecanje vara i ravnanje u vrućem stanju. Nakon hlađenja, vrši se finalna obrada vara brušenjem.

Sam uređaj za elektrootporno zavarivanje sastoji se iz dva dela od kojih je jedan nepomičan, dok drugi ima mogućnost pomeranja po vodičama duž podužne ose šine. Oba dela mašine imaju hvataljke namenjene prihvatanju krajeva šina, a koje ujedno služe i kao mesto za dovod električne energije neophodne za zavarivanje. U zavisnosti od preseka šine i kvaliteta materijala napona za zavarivanje varora od 6 do 15 volti, dok jačina struje iznosi oko 1000 ampera. Pre zavarivanja neophodno je mašini zadati parametre potrebne za postupak zavarivanja.

Samo zavarivanje sastoji se iz sledećih faza:

- paljenje koje se vrši kako bi se ostvarilo bolje naleganje šina po celoj površini;
- predgrevanje kontaktiranjem koje se vrši u cilju ujednačenog zagrevanja krajeva celom površinom;
- varničenje služi za dovođenje površine krajeva šina na temperaturu neophodnu za zavarivanje;
- sabijanje prethodno zagrejanih šina određenom silom i brzinom;
- naknadno zagrevanje kako bi se izbeglo stvaranje neželjenih struktura unutar čelika;
- naknadno sabijanje radi postizanja bolje kristalne strukture i povećanja kvaliteta vara.



*Slika 1 - Šematski je prikazan postupak elektrootpornog zavarivanja*

U toku samog procesa zavarivanja kao i nakon zavarivanja vrši se kontrola dijagrama koji se automatski iscrta za svaki var. Za svaku vrstu

materijala i šine postoje unapred definisani optimalni elementi zavarivanja, kao i optimalni (etalon) dijagrami, koji se upoređuju sa dijagramima dobijenim u toku i nakon zavarivanja. Ukoliko se jave razlike između dobijenih i optimalnih vrednosti pristupa se podešavanju mašine za zavarivanje.

Kontrola kvaliteta vara može se izvršiti i pomoću defektoskopa. Danas su uglavnom u upotrebi defektoskopi na bazi magnetnog polja, ultrazvučni i radiografski defektoskopi. Na osnovu rezultata kontrole izvršene defektoskopom var se može oceniti kao dobar, sumnjiv ili loš.

### 2.1. PREDNOSTI I MANE

Zavarivanje elektrootpornim načinom daje jedan od najkvalitetnijih zavara, te se primenjuje gde god je to moguće. Zbog kvaliteta nije potrebno voditi brigu o položaju zavara u koloseku u odnosu na oslonce (pragove). Na mestu elektrootpornog zavara ne postoje nikakva zadebljanja, te ne predstavlja smetnje pri manipulaciji šinom. Prilikom popravka šina u radionicama aluminometrijskim zavar se može rezati, dok se elektrootporni ne mora, te ima znatno manje otpada. Nedostatak je što se izvodi u radionicama, pa su šine ograničene dužine (oko 210 m).

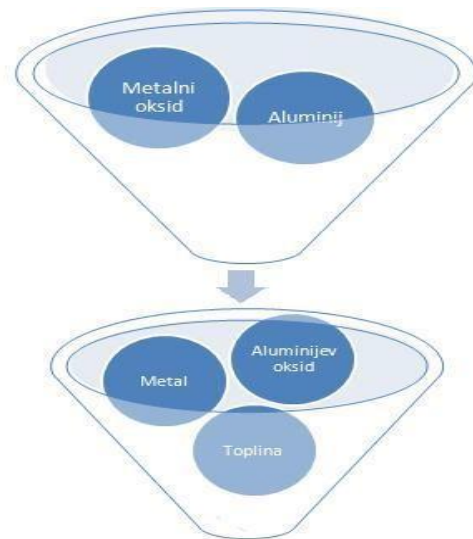
## 3. ALUMINOTERMIJSKO ZAVARIVANJE

Aluminotermijsko zavarivanje je pronađeno krajem 19. veka od strane nemačkog hemičara prof.dr. Hans Goldschmidt-a. Ovaj način zavarivanja prvo su počele da upotrebljavaju tramvajске kompanije, da bi nakon toga počelo sa primenom ovog načina zavarivanja i kod železnica. Prvi put je ovaj način zavarivanja primenjen 1904. na mađarskim železnicama. Nemačke železnice prvi put primenjuju aluminotermijsko zavarivanje 1924. godine dok na prostorima bivše Jugoslavije ovaj način zavarivanja prvi put je primenjen 1933. godine u Zagrebu.

### 3.1. O POSTUPKU ZAVARIVANJA

Aluminotermijsko zavarivanje je postupak gde se spajanje metala ostvaruje pomoću pregrejane taline koja nastaje hemijskom reakcijom između metalnog oksida i aluminija, sa ili bez primene pritiska. Dodatni materijal se osigurava iz topljenog metala. Osnova aluminotermijskog postupka zavarivanja je redukcija metalnog oksida u metal. Kao redukcijsko sredstvo

koristi se aluminijum, koji zbog velikog afiniteta prema kiseoniku prelazi u aluminijum oksid. Reakcija se odvija prema slici:

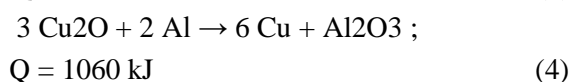
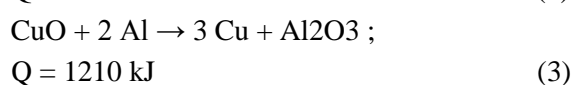
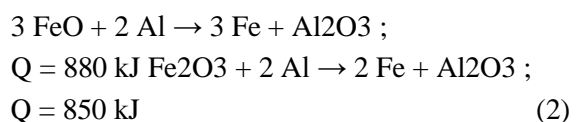
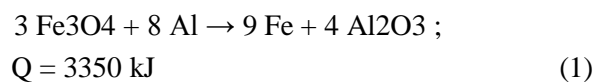


Slika 2 - Šema aluminotermijske reakcije

Reakcija može krenuti i završiti samo ako je afinitet prema kiseoniku redukujućeg elementa (aluminijuma) veći od afiniteta prema kiseoniku metalnog oksida. Toplota dobijena egzotermnom reakcijom stvara tekući proizvod koji se sastoji od metala i aluminijevog oksida. Ako je gustoća troške niža od gustoće metala, kao u slučaju čelika i aluminijevog oksida, dolazi do trenutnog odvajanja. Troška aluminijevog oksida pluta na površini otopljenog materijala i štiti otopljeni čelik od okolne atmosfere, a otopljeni čelik se nalazi u loncu koji ima zatvarač tkz. „rigla“.

Kada je termit u potpunosti zagrejan, „rigla“ se pomera, a smesa počinje teći kroz šupljinu između delova koji se zavaruju, a koji su zatvoreni kalupom.

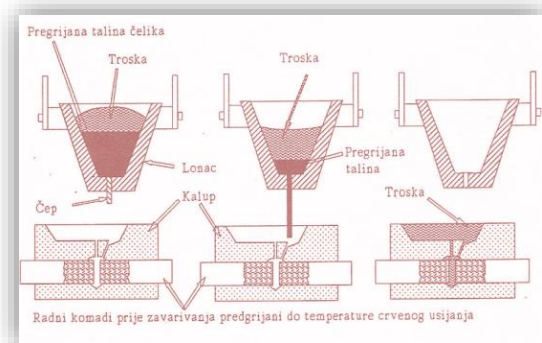
Navedene su tipične egzotermne reakcije i dobijena smesa:



U gore navedenim reakcijama, aluminijum je redukujući faktor. Teorijski, elementi poput magnezijuma, silicijuma i kalcijuma bi se takođe mogli koristiti u istu svrhu. Međutim, kalcijum i magnezijum se ne koriste zbog problema dobijanja tih metala, a silicijum se uglavnom koristi kod toplotne obrade, vrlo retko kod zavarivanja.

Teoretska temperatura dobijena ovom reakcijom je oko 3100°C. Gubici energije preko posude i zračenjem, smanjuju teoretsku temperaturu na oko 2480°C. To je maksimalna temperatura zato što aluminijum isparava na oko 2500°C. Međutim, maksimalna temperatura ne bi trebala biti manja budući da se aluminijev oksid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) na 2040 °C stvrdnjava. Gubici energije takođe zavise od količine termitne mase koja reaguje. Što je veća količina termitne mase, manji su gubici energije. Legirani elementi se mogu dodati u termitnu mešavinu kako bi došlo do legiranja zavara prilikom zavarivanja.

Ostali dodaci koji se mogu dodati u termitnu mešavinu se koriste kako bi povećali tečenje i snizili temperature stvrdnjavanja aluminijevog oksida.



Slika 3 - Princip aluminotermijskog zavarivanja

Termitna reakcija nije eksplozivna i zahteva manje od jednog minuta kako bi završila, a to zavisi od količine. Da bi reakcija krenula, potrebna je posebna šipka (nalik na prskalicu) za paljenje ili poseban prašak kako bi se mogla zapaliti termitna smesa.

Prašak ili šipka za paljenje će zapaliti termitnu masu kada se postigne temperatura zapaljenja praška ili šipke koja iznosi oko 1200 °C. Delovi koji se zavaruju, moraju biti odgovarajuće poravnani.

Površine koje se spajaju, trebaju biti očišćene od rđe, prljavštine, masti i vlage. Mora biti osiguran pravilan razmak između površina koje se spajaju, a veličina razmaka zavisi od širini spoja. Širi spojevi zahtevaju veći razmak. Kalup se stavlja oko spoja koji se zavaruje. On se mora sagraditi oko delova koje treba spojiti. Kako bi se izveo dobar spoj, spojne

površine se moraju dovoljno zagrejati kako bi došlo do stapanja između otopljene termitne mase i osnovnog materijala. Iako se postupak naziva zavarivanje, postupak više liči livenju metala. Prilikom aluminotermijskog zavarivanja u odnosu na livenje, treba uzeti u obzir sledeće činjenice: tokom očvršćivanja dolazi do skupljanja materijala, potrebno je eliminisati tipične greške koje se pojavljuju kod livenja, osigurati pravilno tečenje otopljenog čelika, izbegavati mešanja prilikom ulivanja metala u spoj.

Vrlo bitan faktor kod aluminotermijskog zavarivanja je proces hlađenja. Ako bi se hlađenje sprovodilo brzo, dobila bi se veća tvrdoća čelika, ali bi njegova mikrostruktura bila krupnozrnata. Takav materijal slabo je otporan na udarce, tj. žilavost takvih čelika je vrlo mala. Kako bi se postigla potrebna mehanička svojstva i zadovoljavajuća tvrdoća, potrebno je proces hlađenja voditi sporije. Mehanička svojstva i tvrdoća zavara mora biti barem jednaka svojstvima i tvrdoći osnovnog materijala, a poželjno je da budu veći.

Oprema za aluminotermijsko zavarivanje je vrlo jednostavna i može se izraditi u većini radionica. Najvažnija oprema koja se koristi kod aluminotermijskog zavarivanja su:

- lonac, je komponenta u kojoj se odvija aluminotermijska reakcija, topljenje termitne mase i odvajanje troske od dodatnog materijala.
- kalup, služe za dovođenje rastopljenog materijala na mesto zavarivanja i formiranje zavara.
- ostalu opremu čine specijalni držači čija je svrha držanje delova kojima se zavaruje, hidraulički uređaj za vruće uklanjanje srha i kalupa, zatim brusilice za finu obradu glave šine i ivičnih delova.



Slika 4 - Lonac za aluminotermijsko zavarivanje. Slika 5 - Postupak nanošenja višeputnu upotrebu gline na kalup



Slika 6 - Predzagrevanje kalupa



Slika 7- Hidraulički uređaj



Slika 8 - Oprema za postavljanje lonca



Slika 9 - Reparturno zavarivanje



Slika 10 - Aluminotermijski zavarene armaturne šipke za beton

Primena aluminotermijskog zavarivanja:

- zavarivanje šina je najčešća primena postupak kod zavarivanja šina u dugi trak. To je vrlo dobar način spajanja šina čime se smanjuje broj spojeva vijcima.
- reparturno zavarivanje se koristi u brodogradnji za popravak teških sekcija od čelika kao što su slomljen okvir krme broda, delovi kormila, osovine i amortizacijski delovi.
- zavarivanje šipki,
- povezivanje električnih delova.

### 3.2. PROCEDURA ALUMINOTERMIJSKOG ZAVARIVANJA ŠINA

Kod aluminotermijskog zavarivanja mogu se koristiti dva postupka: sporozavarni postupak (vreme

predzagrevanja je oko 30 minuta), brzozavarni postupak (vreme predzagrevanja traje 5 do 8 minuta). Danas se u pravilu primjenjuje brzozavarni postupak koji se može podeliti prema obliku zavara te prema načinu predgrevanja.

Prema obliku zavara razlikujemo: zavar bez ojačanja, zavar sa ojačanjem i zavar sa pljosnatim ojačanjem (kod nas u primeni).

Prema načinu predzagrevanja razlikuje se: zavarivanje bez predzagrevanja, zavarivanje s kratkim predzagrevanjem te zavarivanje s predzagrevanjem (kod nas u primeni).

Radovi kod aluminotermijskog zavarivanja se mogu podeliti na pripremne radove, radove tokom zavarivanja i završne radove.

#### 3.2.1. Pripremni radovi

Prvi korak prilikom zavarivanja šina je rezanje šine i poravnavanje. Ukoliko se izrađuje potpuno nova pruga, šine su već spremnjene u pogonu. Šine se mogu rezati s pilom ili plinski u struji čistog kiseonika. Ako se radi rekonstrukcija zavara na već postavljenim šinama, potrebno je označiti na glavi šine gde će se izvesti rezanje. Nakon rezanja je potrebno ukloniti šljaku, rđu i očistiti ivice od rezanja. Rezanje se mora izvesti tako da rez bude vertikalna na uzdužnu osu šine kako bi se mogao dobiti ujednačen dilatacijski razmak između delova šine koje se spajaju. Razmak između dve šine koje se zavaruju mora biti pažljivo određen na temelju tipa šine i postupka zavarivanja. Razmak se kreće u rasponu od 20 do 30 mm. Nakon što se izvrši priprema šine rezanjem, sledi postavljanje šine na pragove (ne radi se u slučaju rekonstrukcije). Kako bi se dobio pravilan var potrebno je izvesti poravnavanje krajeva šine. Krajevi šine se podese po voznom rubu i voznoj površini, ali pazeći da se ose poklapaju tako da nema vitoperenja krajeva šine. Pre poravnavanja potrebno je proveriti ravnoću šine i ukloniti potencijalne greške ravnosti koje bi kasnije uzrokovale loš var.



*Slika 11- Priprema spoja i položaj šine pre zavarivanja*

Nakon poravnavanja šina, sastavlja se kalup za livenje koji se postavlja oko mesta vara. Ako se radi o sporo zavarnom postupku, onda se kalup izrađuje na licu mjesta. Ukoliko se radi o brzo zavarnom postupku, kalup se izrađuje od silikatnog peska u specijalnim radionicama i nakon toga doprema na gradilište. Nakon pričvršćenja kalupa, glinom se popune rupice između kalupa i profila šine kako ne bi došlo do istecanja smese.



*Slika 12 - Postavljanje kalupa na mesto spoja*

Na šine se pričvršćuje ostala oprema koja se koristi kod zavarivanja. To su razne šipke, stezači, nosači lonca. Na nosač lonca se postavi lonac s termitnom masom u koju se stavi „prskalica“ koja služi za paljenje termitne mase.



*Slika 13 - Prskalica i termitna masa u loncu*

Lonac se predzagriva na temperaturu oko 100 °C kako bi se hemijska reakcija pravilno odvijala. Termitna masa proizvedena je tako da je kompatibilna sa osnovnim materijalom.



*Slika 14 - Lonac s termitnom masom*

Pre početka zavarivanja potrebno je izvršiti prezagrevanje kalupa i krajeva šina. To se najčešće izvodi s plinskim plamenom. Temperatura prezagrevanja zavisi od tipa šine, materijala, vrsti lonca, vrsti plina, pritisku plina.



*Slika 15 - Predzagrevanje kalupa i krajeva šine prije zavarivanja*



Slika 16 - Aluminotremijska reakcija u loncu

### 3.2.2. Radovi tokom zavarivanja

Nakon završetka predzagrevanja, lonac s termitnom masom se postavlja iznad kalupa, zapali se termitna masa i kreće egzotermna reakcija. Na dnu rezervoara nalazi se rigla koja se povuče posebnom šipkom i počinje tečenje rastopljenog čelika na temperaturi oko 2500 °C u šupljini kalupa.

Rastopljeni čelik u dodiru s osnovnim materijalom (šina) počinje topiti materijal te na taj način započinje proces zavarivanja. Nakon toga dolazi do sjedinjavanja čelika od dodatnog i osnovnog materijala, te počinje proces skrućivanja.



Slika 17 - Izvlačenje rigle i tečenje rastopljenog čelika u kalup



Slika 18- Izgled kalupa nakon izlivanja čelika

### 3.2.3. Radovi nakon zavarivanja

Zavar se ostavi da se ohladi određeno vreme (3 – 5 min) i zatim se višak čelika i kalup uklanjaju s mesta zavara pomoću hidrauličnog uređaja za vruće uklanjanje. Nakon što se zavar u potpunosti ohladi, obrađuje se brusilicom po voznoj površini i ivicama uz kontrolu zavara letvom.



Slika 19 - Hidrauličko uklanjanje kalupa i viška materijala



Slika 20 - Završno brušenje šina

### 3.2.4. Prednosti i nedostaci aluminotermijskog zavarivanja

Aluminotermijski postupak zavarivanja je vrlo jednostavan postupak zavarivanja jer zahteva relativno malo opreme i to lagane. Vreme potrebno za zavarivanje je vrlo kratko (može trajati oko 20 min). Ako se u obzir uzme i vreme potrebno za hlađenje zavara, ukupno vreme pre nego što se može normalno odvijati promet je oko 70 minuta. Najveći nedostatak aluminotermijskog zavara je što se on izvodi livenjem, dok se šina proizvodi valjanjem. Iako je moguće postići potpuno jednaka mehanička svojstva aluminotermijskim zavarivanjem šina, ponašanje zavara i osnovnog materijala u eksploataciji nije jednako. Zavar je takvog oblika da ne može doći na bilo koje mesto u koloseku. Propisano je da on mora biti barem 50 mm udaljen od ivice podložne pločice. Potrebno je voditi računa o položaju zavara i rasporedu pragova u okolini zavara. Zadebljanja na vratu i nožici šine

kasnije otežavaju njene popravke. Tada se ti delovi izrezuju zbog čega nastaje određeni gubitak materijala u šinama.

### 3.2.5. Greške kod aluminotermijskog zavarivanja

Greške kod aluminotermijskog izvedenog zavariva se pojavljuju svakodnevno. Iako se postupak aluminotermijskog zavarivanja koristi već više od 100 godina, još uvek se događaju greške u zavarenom spoju. Veća brzina i opterećenje karakteristike su koje se postavljaju na današnje šine, a samim time isti ti zahtevi se postavljaju na zavare. Kako bi se postigao kvalitetan zavar potrebno je posvetiti pažnju na svaki detalj prilikom zavarivanja. Područja na koje treba obratiti posebnu pažnju su:

- priprema krajeva šina pre zavarivanja,
- postavljanje i poravnavanje kalupa na mesto spoja,
- oblaganje,
- postavljanje aparature za prezagrevanje,
- predzagrevanje,
- čišćenje i predzagrevanje lonca za zavarivanje.

Najčešće greške koje se javljaju kod aluminotermijskog zavarivanja su: crne rupe, skupljanje zavariva, opekotine od peska, nedovoljno topljenje materijala, pomak kalupa, treperenja zavariva, poroznost.



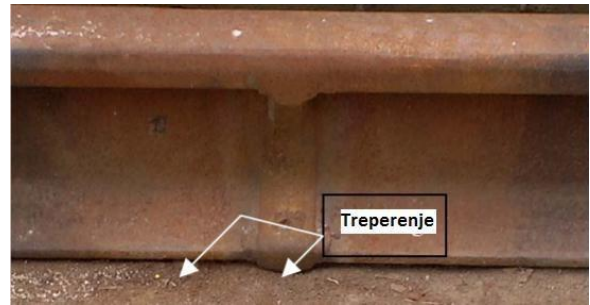
Slika 21- Skupljanje zavariva



Slika 22 - Poroznost u zavariva



Slika 23 - Nedovoljno spajanje u nožici šine



Slika 24 - Treperenje zavariva

### 3.2.6. Ispitivanje varova izvršenih aluminotermijskom metodom

Provera kvaliteta varova šina vrši se redovno i periodično.

U redovne preglede spadaju:

- vizuelni pregled
- ultrazvučno ispitivanje varova
- ispitivanje čvrstoće varova po Brinel-u

U peiodične preglede spadaju:

- statičko ispitivanje varova
- dinamičko ispitivanje varova
- ispitivanje čvrstoće na zatezanje
- ispitivanje čvrstoće varova po Brinel-u

## 4. ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE ŠINA

Pod pojmom elektrolučnog zavarivanja podrazumevaju se postupci zavarivanja koji kao izvor toplote koriste električni luk uspostavljen između elektrode i osnovnog materijala, a dodatni materijal je sama elektroda ili žica za zavarivanje. Konvencionalni postupci elektrolučnog zavarivanja su E (obložena elektroda), MAG/MIG (topljiva elektrodna žica u zaštiti inertnog ili aktivnog gasa), TIG (netopljiva elektroda i dodatni materijal u obliku žice, u zaštiti inertnog gasa) itd. Svaki od ovih postupaka koristi toplotu električnog luka za topljenje dodatnog i osnovnog materijala i odgovarajuće izvore električne struje. Topljenje dodatnog materijala i njegov prenos u metalnu kupku je praćen pojavom sila, kao što su elektromagnetna i gravitaciona, sile od strujanja i eksplozije gasova, sila od pritiska plazme i sila površinskog napona, koje bitno utiču na proces zavarivanja.

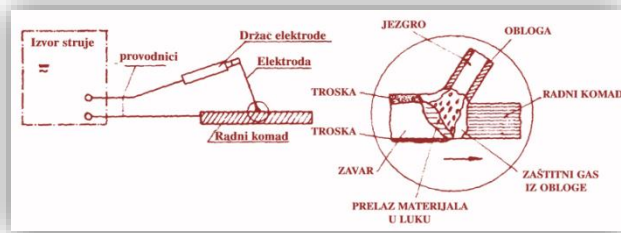




Slika 25 - Elektroda za elektrolučno zavarivanje

Elektrolučno zavarivanje šina može se vršiti ručno ili mašinskim putem.

**Ručno** elektrolučno zavarivanje je postupak spajanja metala topljenjem obložene elektrode i dela osnovnog metala u električnom luku koji se uspostavlja i održava između šine i elektrode. Topljenjem jezgra elektrode obezbeđuje se dodatni materijal za ispunu žleba, a topljenjem, sagorevanjem i isparavanjem obloge obezbeđuje se zaštita metalne kupke od okolnih gasova i vazduha. Istopljeni sastojci obloge se mešaju sa rastopljenim metalom, pre nego što isplivaju na površinu jer imaju manju gustinu od metalne kupke, i očvrstnu u obliku troske. Troska štiti metal šava od uticaja okoline i usporava njegovo hlađenje, a posle zavarivanja se uklanja specijalnim čekićem.



Slika 26 - Šematski prikaz elektrolučnog ručnog postupka zavarivanja

S obzirom na jednostavno rukovanje i relativno nisku cenu uređaja i dodatnog materijala s jedne, a dobar kvalitet spoja s druge strane, ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom je donedavno primenjivano više od svih ostalih postupaka zajedno. Njegovoj širokoj primeni doprinose još i činjenice da su ograničenja u vezi sa oblikom predmeta i vrstom materijala koji se zavaruje, kao i položajima zavarivanja, manja od svih ostalih postupaka zavarivanja.



Slika 27 - Prikazan je postupak elektrolučnog zavarivanja

**Mašinsko** elektro-lučno zavarivanje šina se ostvaruje specijalnim mašinama u vidu teških samohodnih nosivih železničkih mašina sa uređajima za zavarivanje na specijalnoj konzoli. One ostvaruju zavarivanje na taj način što propuštaju struju visokog napona kroz provodnike malog preseka i time ostvaruju visoku toplotu potrebnu za zavarivanje šina.

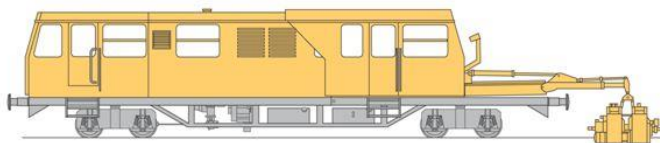
Navedene mašine za zavarivanje šina sastoje se od :

- šasije samohodnog nosivog železničkog sredstva oslonjenog na dva ili tri železnička postolja;
- radnog uređaja sa jednim i dva agregata na konzolnom nosaču;
- uređaja za kontrolu vara, pogonskog bloka i kabine za upravljanje.

Konstruktivna težina ovih mašina se kreće od 280 do 400 kN. Snaga motora od 300 do 400 kW (od 402HP do 536HP). Njihova brzina kretanja u transportu se kreće od 40 do 80 km/h. Praktični učinak mašine za zavarivanje šina, kreće se od 0,015 do 0,10 km pruge/h.



Slika 28 - Prikazan je postupak mašinskog elektrolučnog zavarivanja



Slika 29 - Izgled samohodne mašine za elektrolučno zavarivanje

## 5. AUTOGENO(GASNO) ZAVARIVANJE ŠINA

Koristi osobinu acetilena da pri sagorevanju u kiseoniku daje plamen temperature iznad 3000°C. Pomoću plamena iz acetilenskog gorionika šinskog profila materijal sa žice od visokovrednog čelika nanosi se na predmet zavarivanja, koji je prethodno istim gorionikom zagrejan na dovoljnu temperaturu. Posle plastifikacije metala, vrši se sabijanje sučeljnih preseka kao kod elektrootpornog zavarivanja. Prednost ovog postupka jeste laka oprema (samo boce sa gasom agregata za proizvodnju električne energije). Kvalitet vara u mnogome zavisi od varilaca. Na kraju se daje uporedni prikaz postojećih procesa zavarivanja na terenu po izabranim parametrima. Jedan način klasifikacije pogodnih procesa zavarivanja je putem njihovih gustina snaga zagrevanja. Tehnike zavarivanja koje proizvode relativno nisku ulaznu toplotu zahtevaju najniže troškove opreme, kratko vreme pripreme vara, malo ili nikakvo predgrevanje. Time se takvi procesi zavarivanja sami nameću kao najpovoljniji uopšte i posebno za terenski rad.



Slika 30 - Prikazan je postupak autogeno( gasno ) zavarivanja šina

## 6. ZAKLJUČAK

U klasičnom koloseku sa spojnicama, spojevi šina predstavljaju najslabije mesto koje zahteva neprekidno i skupo održavanje. Iz tog razloga se šine zavaruju u vrlo duge trakove, koji mogu obuhvatati cela međustanična rastojanja pa i više desetina kilometara zajedno sa skretnicama. Prednost ovakvih koloseka, pored smanjenja troškova izrade koloseka i vuče vozova, ogleda se i u povećanju udobnosti vožnje, bez udara na sastavima šina čime su izbegnuti dinamički uticaji koji su imali štetne posledice kako na vozilo tako i na kolosek. Troškovi održavanja koloseka zavarenog u DTŠ su niži nego kod koloseka sa spojnicama. Naime, održavanje spojeva u klasičnom koloseku iznosilo je preko 30% održavanja celog koloseka. U svim slučajevima, ekonomičnost, odnosno pravilan izbor materijala za karakteristike i predviđeni vek trajanja konstrukcije, kao i cena izrade su od najvećeg značaja. Projektni zahtevi i iskustvo predstavljaju glavnu osnovu za izbor materijala za izradu konstrukcija, ali i za njihovu popravku i održavanje. Takođe je produžen vek trajanja materijala gornjeg stroja, naročito šina, a izbegnuti su troškovi ugrađivanja spojnica i spojnog pribora.

## LITERATURA

- [1] *Gornji stroj željeznica*, S.Ranković , Beograd 1976. godine
- [2] *Goren stroj na železnici*, D. Zlatkovski , Skoplje 1977. godine
- [3] *Alumino-termo zavarivanje*, B. Sladojević , Beograd 2002. godine
- [4] *Održavanje železničkih pruga*, M.Tomičić-Torlaković , Beograd 1998. godine
- [5] *Gornji ustroj željeznica*, D. Marušić, Mostar 2009. godine
- [6] *Gornji stroj železnica*, M.Tomičić-Torlaković , Beograd 1998. godine

UDK : 693.827:621.791.9  
621.791.9:621.914.3

## UTICAJ PARAMETARA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MEŠANJEM NA KARAKTERISTIKU ZAVAREN OG SPOJA PLOČA OD LEGURE ALUMINIJUMA 2024 T351

Miodrag Milčić<sup>1</sup>, Tomaž Vuherer<sup>2</sup>, Igor Radisavljević<sup>3</sup>, Dragan Milčić<sup>1</sup>

**Rezime:** Aluminijum je posle čelika najznačajniji građevinski material, iako nema dugu istoriju primene u građevinarstvu. Građevinske konstrukcije od aluminijuma potencijalno mogu naći veliku primenu zahvaljujući dobroj korozionoj postojanosti, lakoći legure, otpornosti na krti lom itd. U ovom radu opisan je uticaj zavarivanja trenjem sa mešanjem na strukturne i mehaničke karakteristike legure aluminijuma 2024 T351. Uzorci koji se zavaruju su ploče debljine 6mm. Zvarivanje je izvršeno glodalicom pomoću posredstvom posebno oblikovanog alata. Ploče su zavarene u tri različita režima parametara, pri čemu je rotacija alata u svim slučajevima bila 750 min<sup>-1</sup>, a menjao se posmak alata, 73 mm/min, 116 mm/min, 150 mm/min. Svi uzorci su zavareni bez grešaka i prekontrolisani radiografski i vizuelno.

**Ključne reči:** zavarivanje trenjem sa mešanjem, AA 2024 T351, mehaničke karakteristike zavarenog spoja, mikrostruktura materijala.

## INFLUENCE OF KINEMATIC FACTORS OF FRICTION STIR WELDING ON THE CHARACTERISTICS OF WELDED JOINTS OF PLATES MADE OF EN AW-2024 T351 A ALUMINIUM ALLOY

**Abstract:** Aluminum after steel is the most significant building material, although there is no long history of civil engineering applications. Aluminum architectural constructions are potentially found to be highly applied due to good corrosion resistance, light alloy, crack resistance, etc. This paper describes the impact of friction stir welding on the structural and mechanical properties of aluminum alloy 2024 T351. Samples that are welded are 6mm thick plates. The cracking is performed by a milling cutter by means of a specially developed tool. The plates were welded in three different parameter regimes, with the rotation of the tool in all cases being 750 rpm, and the tool shift, 73 mm/min, 116 mm/min, 150 mm/min. All the samples were welded without faults and checked radiographically and visually.

**Keywords:** friction stir welding, EN AW-2024 T351, mechanical characteristics of welded joint, microstructure of material..

<sup>1</sup> Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet u Nišu

<sup>2</sup> Univerzitet u Mariboru, Strojniški fakultet u Mariboru

<sup>3</sup> Vojno Tehnički Institut u Beogradu

## 1. UVOD

Primena aluminijskih legura za građevinske konstrukcije nema dugu tradiciju bez obzira na to što njihova granica elastičnosti i granica tečenja može biti veća nego kod običnih konstrukcijskih čelika.

Posle čelika aluminijum i legure aluminijuma su najznačajniji građevinski materijal i primenjuje se za:

- konstrukcije krovova srednjih i velikih raspona;
- fasadne konstrukcije,
- konstrukcije objekata sa izloženom konstrukcijom u primorskim krajevima, ili u agresivnim sredinama,
- konstrukcije sa pokretnim delovima (pontonski mostovi, pokretni mostovi),
- objekti za skladištenje i transport materija koji agresivno deluju na čelik (rezervoari, cevovodi...),
- konstrukcije koje se nalaze u teško pristupačnim predelima i koje je teško održavati (svetionici, dalekovodi,...),
- konstrukcije u predelima sa ekstremno niskim temperaturama,
- montažno-demontažne konstrukcije različite namene,
- postojeće konstrukcije kod kojih je predviđeno povećanje korisnog opterećenja.

Sve veća primena legura aluminijuma u građevinskim konstrukcijama se bazira na sledećim karakteristikama:

- Al i Al legure 2,7 puta su lakše od čelika.
- Rm nekih Al legura je približno kao kod čelika (pa i veća).
- Mehaničke karakteristika se ne menjaju pri niskim temperaturama.
- Rm, A5 (relativno izduženje) i žilavost na 195°C se čak i povećavaju.
- Toplotna provodljivost je 13 puta veća od nerđajućih čelika, a 4 puta veća od čelika.
- Elektroprovodljivost je dva puta veća nego kod Cu pri istoj težini.
- Al je nemagnetičan što je bitno za određene oblasti primene.
- Ima dobru sposobnost oblikovanja savijanjem, istiskivanjem i dubokim izvlačenjem.
- Sa površine Al se reflektuje 75-80% sunčevih zraka. Al nije toksičan (bez uticaja na okolinu),

međutim kada se tope oksidi sa površine aluminijuma, dolazi do isparavanja u vidu plavog dima, tako da mora da postoji dobra ventilacija u radionici.

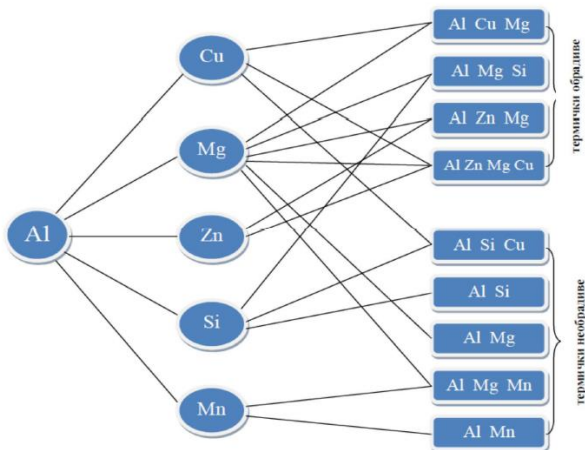
- Posедуje visok stepen samozaštite i korozione postojanosti u atmosferi i u određenim hemijskim sredinama.
- Ima velike mogućnosti dekorativne zaštite: lakiranjem, plastificiranjem i anodizacijom. Aluminijum i većina njegovih legure se dobro zavaruje TIG, MIG i FSW postupkom.

Potencijalno aluminijum i legure aluminijuma predstavljaju važne građevinske materijale zahvaljujući i sledećim karakteristikama [1-3]:

- Koroziona postojanost legura ne zahteva posebnu zaštitu konstrukcije, što smanjuje troškove održavanja i osigurava tražene zahteve u korozivnim sredinama;
- Mala težina omogućuje smanjenje ukupne težine konstrukcije, olakša transport montiranih sklopova, pojednostavljuje gradnju, smanjuje opterećenje na temelje i opseg fizičkog posla;
- Proizvodnja profila ekstruzijom omogućuje da se njihov presek namenski prilagodi minimalnoj težini i poželjnoj funkcionalnosti, predvide oblici za ojačavanje koji nisu velikih dimenzija i olakša njihovo povezivanje.
- otpornost na krti lom (u području niskih temperatura), mala osetljivost na temperaturni gradijent i zaostale napone;
- otpornost na udare (pozitivan uticaj brzine deformacije na čvrstoću i žilavost);
- vrlo velik izbor rešenja i savremenih tehnologija za spajanje elemenata.

Zahvaljujući dobrom legiranju aluminijuma s drugim metalima razvijeno je niz legura sa različitim mehaničkim osobinama što je doprinelo daljem proširenju primene Al i Al legura (slika 1). Aluminijum se legira sa: Mg, Mn, Cu, Zn, Si, Ni, Fe, a ređe sa Ti, Zr, Cr i An. Dodaci Cu, Mn, Mg i Fe povećavaju zateznu čvrstoću. Dodaci Si, Zn, Fe povećavaju A5 (relativno izduženje). Dodaci Mn i Mg znatno povećavaju otpornost prema koroziji.

Termički neobradljive legure (nekaljive, za gnjecenje) su Al legure, legirane sa Mn i Mg, oznaka 1xxx, 3xxx i 5xxx. Termički obradljive legure (kaljive) su legure legirane sa: Cu, Si, Mg, Si, Zn oznaka: 2xxx, 4xxx, 6xxx i 7xxx.



Slika 1 – Uobičajni sistemi legura aluminijuma

Legure serije 2XXX su legirane bakrom: AlCuMg, AlCuMgSi, AlCuSiMg, (Durali) tipično sadrže 2 – 10% bakra. Optimalna svojstva postiže rastvornim žarenjem. Osigurava visoku čvrstoću. Koristi se za delove aviona, zakovice, zavrtnje. Karakteristika je slabija zavarljivost. Imaju osjetljivost na tople prsline. Uopšte se zavaruju žicama serije 4xxx (4043 i 4145). Izuzetak su legure 2014 (AlCuMg), 2219 (AlCuMn), 2319 koje se zavaruju sa 4043 ili 2319. (4043-AlSi5 ; 4145-AlSi10; 2319-AlCu).

Za zavarivanje aluminijuma i njegovih legura najviše se upotrebljavaju fuzioni postupci zavarivanja TIG (*Tungsten Inert Gas*) i MIG (*Metal Inert Gas*). Kako aluminijum ima veliku provodljivost toplote, odnosno odvođenje toplote, iako je tačka topljenja niska (oko 660°C) potrebna je velika toplota za topljenje legure. Unošenjem toplote u osnovni materijal poništavaju se neke od obrada kroz koje je prošla legura. To dovodi do promene svojstava aluminijuma u blizini zavara. Ta promena se manifestuje u formiranju zone smanjene nosivosti u okolini šava HAZ (heat affected zone) ili prevedeno ZUT (zona uticaja toplote).

Legure serije 2XXX su fuzionim postupcima praktično nezavarive, pa se za zavarivanje legura ove serije uglavnom koristi FSW postupak zavarivanja.

## 2. ZAVARIVANJE TRENJEM SA MEŠANJEM

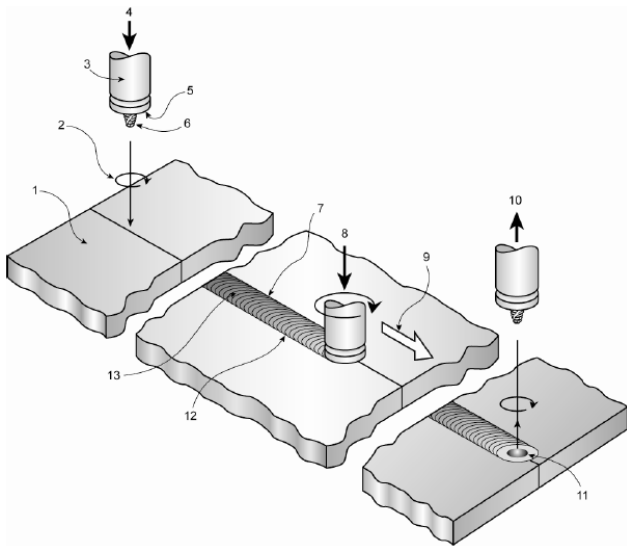
Postupak zavrivanja trenjem sa mešanjem (eng. FSW- Friction Stir Welding) osmišljen u Engleskoj (1991) [1], prvi put primenjen na industrijskom nivou u Švedskoj (1995), postupak je izazvao posebno interesovanje u SAD i Japanu. Za kratko vreme u ovim zemljama počela je industrijska primena ovog

postupka za zavarivanje legura lakih metala kao što su aluminijum i magnezijum, čak i pre potpunog razumevanja samog procesa zavarivanja.

Tokom FSW postupka alat i osnovni materijal se nalaze u relativnom kretanju jedan u odnosu na drugi. Alat tokom zavarivanja rotira oko svoje ose konstantnom ugaonom brzinom  $\omega$ , pri čemu se tokom pojedinih faza postupka alat i osnovni materijal translatorno kreću jedan u odnosu na drugi. Alat izvodi glavno, obrtno kretanje, dok pomoćno translatorno kretanje mogu da izvode ili osnovni materijal ili alat ili osnovni materijal i alat istovremeno. Najčešća je varijanta da osnovni materijal vrši translatorno kretanje, a ako se zavarivanje vrši na specijalizovanoj mašini za FSW moguće je da alat istovremeno vrši i obrtno i translatorno kretanje, pri čemu osnovni materijal može ili da miruje ili da se translatorno kreće. Zavarivanje počinje tako što alat usled dejstva pritisne sile prodire u osnovni materijal. Usled kontakta između osnovnog materijala i rotirajućeg alata, mehanička energija alata se najvećim delom transformiše u toplotnu energiju što za posledicu ima zagrevanje i alata i osnovnog materijala. Alat je izrađen od materijala koji ima znatno višu tačku topljenja i veću čvrstoću, pa je postojaniji od osnovnog metala. Termomehaničke promene alata pri procesu zavarivanja su zanemarljive, što nije slučaj kod osnovnog metala. Osnovni metal omekšava i postaje deformabilniji a alat u zahvatu ga deformiše, meša i formira zavareni spoj.

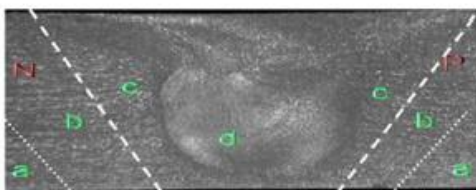
Kod FSW postupka važi princip minimalno potrebne ali dovoljne dovedene količine energije, kako bi se zavarivanje izvelo sa minimalnim promenama u zavarenom spoju i zoni uticaja toplote. Kod FSW postupka veoma je teško odrediti kolika je to minimalno potrebna količina dovedene energije, međutim kao apsolutno tačno, može se tvrditi da količina energije koja se unese u zavar direktno zavisi od [3]- [12]:

- 1) Mehaničkih karakteristika materijala alata i osnovnog metala,
- 2) Geometrijskih parametara alata i
- 3) Tehnoloških parametara samog procesa zavarivanja.



Slika 2 [2] - Nomenklatura postupka zavarivanja trenjem sa mešanjem, 1-osnovni metal, 2-smer rotacije alata (u smeru kazaljke na satu), 3-alat za zavarivanje, 4-spuštanje alata, 5-rame alata, 6-klin (trn), 7-strana napredovanja zavara, 8-aksijalna sila, 9-smer zavarivanja, 10-podizanje alata, 11-izlazni otvor, 12-povratna strana zavara, 13-lice šava

Mikrostruktura spoja dobijenog FSW postupkom značajno zavisi od konstrukcionog rešenja alata, brzine rotacije, brzine zavarivanja (translacije), pritiska alata na ploče duž vertikalne ose i karakteristika materijala koji se zavaruje. U strukturi zavarenog spoja može se identifikovati veći broj zona (slika 3): zona uticaja toplote u klasičnom smislu, (HAZ), zona termomehaničkog uticaja (TMAZ), zona grumena i osnovni metal. Centralna zona – grumen, u kojoj se mogu identifikovati linije tečenja materijala, je zona u kojoj je najveća plastična deformacija.



Slika 3 – Makrostruktura FSW zavarenog spoja a-osnovni materijal, b-zona uticaja toplote (ZUT), c-zona termomehaničkog uticaja (TMAZ), d-zona mešanja (grumen)

Dakle, na strukturu zavarenog spoja, a samim tim i na mehaničke karakteristike zavarenog spoja utiču u velikoj meri parametri zavarivanja. U radu su data eksperimentalna istraživanja uticaja parametara

zavarivanja trenjem sa mešanjem pri sučeonom zavarivanju ploča od legure aluminijuma 2024 T351 na mehaničke i strukturne karakteristike zavarenih spojeva.

### 3. EKSPERIMENTALNI DEO

Cilj eksperimenta bio je istraživanje uticaja kinematskih parametara zavarivanja, kao što su brzina zavarivanja  $v$  i brzina rotacije alata  $n$  na metalurške i mehaničke karakteristike zavarenih spojeva. Osnovni materijal je bila legura aluminijuma EN AW-2024 T351. Hemijski sastav legure aluminijuma 2024 T351 je dat u tabeli 1, a mehanička svojstva u Tabeli 2. [3].

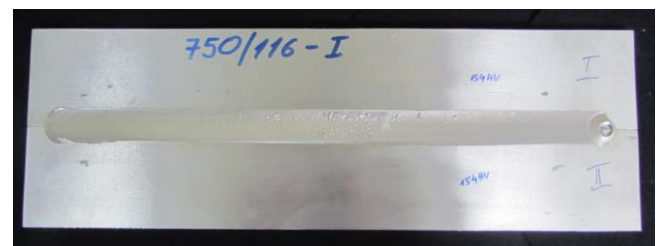
Tabela 1- Hemijski sastav legure aluminijuma 2024 T351

Hemijski sastav	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Ti
%	4,70	1,56	0,65	0,17	0,046	0,11	0,032

Tabela 2 – Mehanička svojstva legura aluminijuma 2024 T351

Granica tečenja	Zatezna čvrstoća	Elongacija	Tvrdoća
$R_{eh}, \text{MPa}$	$R_m \text{ Mpa}$	$A_5, \%$	HV
370	481	17.9	137

Eksperimentalno zavarene ploče su dimenzija 500 mm × 65 mm × 6 mm. Obe strane ploča koje se zavaruju obrađene su na brusilici. Ispod ploča koje se zavaruju postavljena je osnovna ploča koja je napravljena od austenitnog čelika. Mašina kojom je izvršeno zavarivanje trenjem sa mešanjem je glodalica. Dužina zavara iznosila je oko 400 mm (slika 2). Za eksperimentalno zavarivanje korišćena je alatna mašina glodalica (Slika 5) sa mogućnošću stepenastog biranja brzine rotiranja alata i podužnog kretanja.

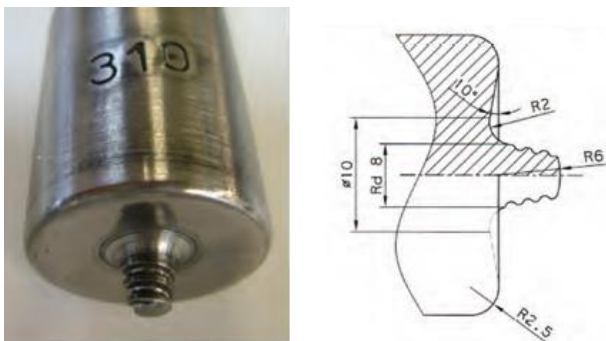


Slika 4 – Sučeono zavarene ploče FSW postupkom



Slika 5 – Primena alatne mašine – glodalice za zavarivanje ploča postupkom trenjem sa mešanjem

Za zavarivanje trenjem sa mešanjem korišćen je alat čija je geometrija data na slici 6.



Slika 6 – Geometrija alata za zavarivanje trenjem sa mešanjem

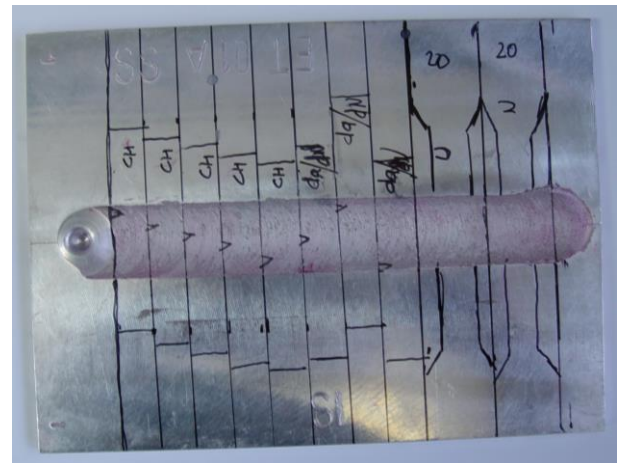
Zavarivanje je izvedeno sa varijacijama broja obrtaja alata  $n$  i brzine zavarivanja  $v$ , Tabela 3. Ostali parametri zavarivanja su sa istim vrednostima.

Tabela 3 – Parametri zavarivanja

Uzorak	Broj obrtaja $n$ min <sup>-1</sup>	Brzina zavarivanja $v$ mm/min	Odnos $n/v$ obr/mm
A – I	750	73	10,27
B – II		116	6,47
C – III		150	5

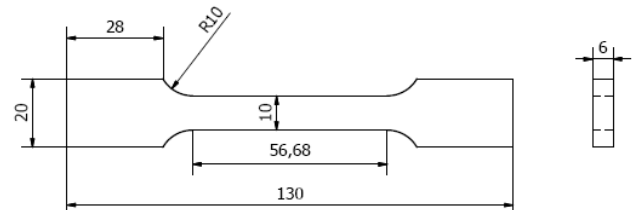
Kada je proces zavarivanja završen, primenjena je vizuelna i radiografska kontrola lica i korena zavarenih uzoraka. Prilikom ovih ispitivanja, nisu uočene greške zavarivanja.

Iz zavarenih uzorka ploča izrađene su epruvete za dalja ispitivanja. Šema po kojoj su pripremljene epruvete data je na slici. Izrađene su dve vrste epruveta, za ispitivanje zatezanjem i ispitivanja udarne žilavosti sa V žlebom u različitim zonama zavarenog spoja.

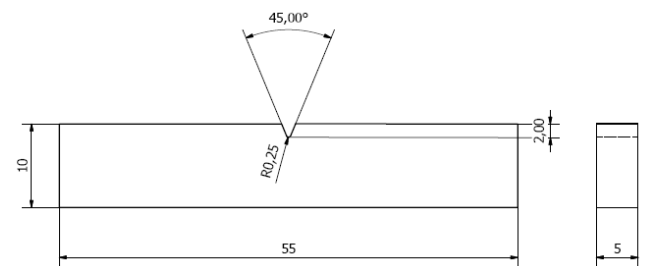


Slika 7 – Plan pripreme izrada epruveta za ispitivanje zavarenog spoja ostvarenog zavarivanjem trenjem sa mešanjem

Dimenzije epruveta za ispitivanje na zatezanje date su na slici 8, a dimenzije epruveta za ispitivanje udarne žilavosti na slici 9.



Slika 8 – Dimenzije epruvete za ispitivanje na zatezanje



Slika 9 -Dimenzije epruveta za ispitivanje udarne žilavosti testom prema Šarpiju

Deo izrađenih epruveta date su na slici 10. Ispitivanje zatezanjem rađeno je na sobnoj temperaturi pri brzini naprežanja  $3,3 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ , u skladu sa standardom ASTM E8M na poprečno opterećenim uzorcima. Ispitivana su po dva uzorka kako bi bilo moguće pratiti prosečne vrednosti. Ispitivanje savijanjem rađeno je uskladu sa EN 910 standardom. Savijanje je rađeno i sa strane lica zavara i sa strane korena zavara. Rezultati ispitivanja su dati u tabeli 4.



Slika 10 – Epruveta za ispitivanje zavarenih spojeva na zatezanje i testom za ispitivanje udarne žilavosti po Šarpiju

Tabela 4 – Dijagrami  $\sigma$ - $\epsilon$  dobijeni ispitivanjem zatezanjem za zavarene spojeve ostvarene različitim parametrima zavarivanja

	750/73
	$R_{p0,2}=281,9$ MPa
	$R_m=371,00$ MPa
	Z=2,29%
	750/116
	$R_{p0,2}=330,9$ MPa
	$R_m=469,06$ MPa
	Z=7,43%
	750/150
	$R_{p0,2}=337,6$ MPa
	$R_m=352,03$ MPa
	Z=0,33%

Metalografska ispitivanja vršena su optičkom mikroskopijom (OM) na optičkom mikroskopu Leica M205A. Epruvete su polirane pomoću Tucekr-ovog reagensa (45 ml HCl, 15 ml HNO<sub>3</sub>, 5 ml HF and 25 ml H<sub>2</sub>O). Makrostruktura zavarenih uzoraka je data u tabeli 5.

Tabela 5 – Makrostruktura zavarenih uzoraka

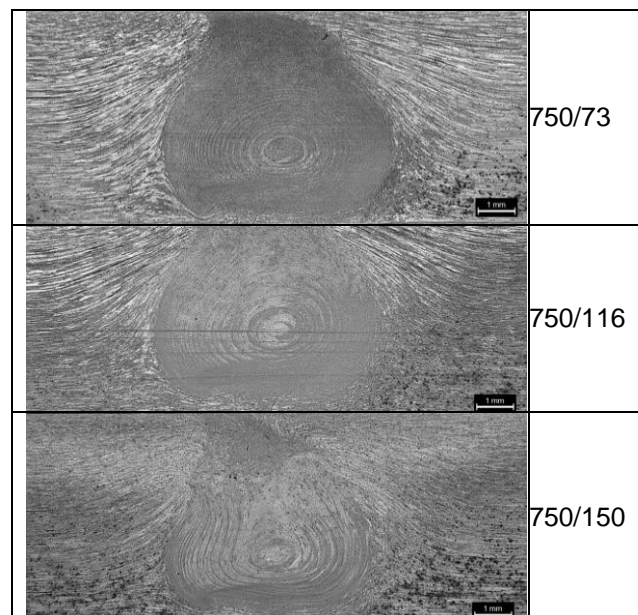


Tabela 6 – Rezultati ispitivanja udarne žilavosti zavarenih uzoraka testom prema Šarpiju

	750/73
	E=7.8 J
	e=19.5 J/cm <sup>2</sup>
	Ei=2.88 J
	750/116
	E=8.34 J
	e=20.85 J/cm <sup>2</sup>
	Ei=3.19 J
	750/150
	E=6.91 J
	e=17.28 J/cm <sup>2</sup>
	Ei=0 J
	750/150
	E=6.91 J
	e=17.28 J/cm <sup>2</sup>
	Ei=0 J



Ispitivanje udarne žilavosti je vršeno na instrumentiranom Šarpijevom klatnu. Definirana je energija udara i specifična udarna žilavost. Zahvaljujući ispitivanju na instrumentiranom klatnu, ispitivanjem je određena energija inicijacije prsline  $E_i$  i energija propagacije (rasta) prsline  $E_p$ .

Bitna karakteristika zavareni spojeva je i svojstvo savijanja. U tabeli 7 dati su rezultati ispitivanja na savijanje zavarenih uzoraka različitim parametrima zavarivanja.

**Tabela 7 – Rezultati ispitivanja svojstva savijanja zavarenih uzoraka**

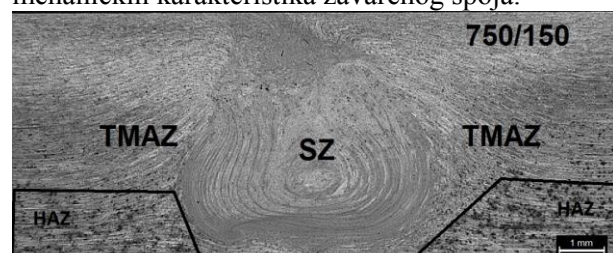
	750/73
	Ugao savijanja
	24°
	750/116
	Ugao savijanja
	42°
	750/150
	Ugao savijanja
	26°

#### 4. DISKUSIJA REZULTATA

Istraživanja su rađena sa FSW zavarenim uzorcima sa različitim parametrima zavarivanja. Svi uzorci su zavareni pri istoj brzini rotacije alata 750  $\text{min}^{-1}$ . Brzina zavarivanja je menjana i iznosila je 73, 116 i 150  $\text{mm/min}$ . Ispitivanjem bez razaranja (vizuelno i radiografsko ispitivanje) svih FSW zavarenih uzoraka u zavarenim spojevima nisu detektovane greške. U zavisnosti od parametara zavarivanja primećene su različite zone mešanja (SZ) (tabela 5).

Pri najnižoj brzini zavarivanja, ulazna energija je bila najveća – uzorak A-I, i obrnuto, sa najvećom

brzinom zavarivanja, energija je bila najmanja – uzorak C-III. I u jednoj i drugoj situaciji u donjoj zoni TMAZ pojavljuju se mikro pore. Znatno više mikro pora javlja se pri najvećoj brzini zavarivanja. Sa velikim unosom toplote, odnosno sa niskom brzinom zavarivanja, dolazi do intenzivnog mešanja materijala i kretanja materijala prema gornjoj površini. Pri zavarivanju velikim brzinama, suprotno je prethodnom nedovoljnom mešanju materijala, što takođe dovodi do veće proizvodnje mikro pora u donjoj zoni HAZ (slika 11). Pojava mikro pora u strukturi zavarenog spoja utiče na pogoršanje mehaničkih karakteristika zavarenog spoja.

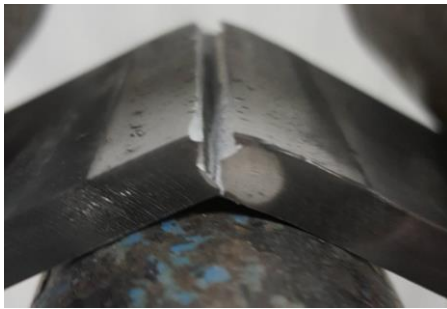


**Slika 11 – Makrostruktura FSW spoja parametara zavarivanja 750/150 sa mikroporama u zoni uticaja toplote HAZ**

Rezultati ispitivanja zavarenih spojeva ostvarenih različitim parametrima zavarivanja (tabela 4) su pokazali da najbolja svojstva granice tečenja i zatezne čvrstoće i duktilnosti imaju zavareni spojevi B-II ostvareni parametrima zavarivanja 750/116. Duktilnost uzoraka ostvarenih malom i velikom brzinom zavarivanja je izuzetno mala 2,29% i 0,33%. Zavareni spoj ostvaren parametrima zavarivanja 750/150 karakteriše krti lom, što pokazuju i rezultati ispitivanja udarne žilavosti gde je u ovom slučaju energija inicijacije prsline  $E_i=0$  J.

Slični rezultati su dobije i ispitivanjem epruveta zavarenih uzoraka na savijanje. Ispitivanje zavarenih spojeva vršeno je na savijanju, oko lica i oko korena. Zavareni FSW spoj ima slabe karakteristike savijanja. Poredeći rezultate dobijenih rezultata savijanja, najveći ugao savijanja kod prvog pojavljivanja prsline je za parametre zavarivanja 750/116 i iznosi 42 °. Saglasno rezultatim ispitivanja na zatezanje, zavareni uzorci koji su imali najveću duktilnost, imaju i najbolja svojstva na savijanje.

Interesantno je da su se svi prelomi FSW zavarenih spojeva pojavili na ili u blizini zone mešanja i TMAZ-a, kao što je prikazano na slici 12.



Slika 12. Oblik preloma pri ispitivanju na savijanje

Najbolje karakteristike udarne žilavosti imaju zavareni uzorak sa parametrima zavarivanja 750/116 i energijom udara od 8,34 J i specifičnom udarnom žilavošću od 20,85 J/cm<sup>2</sup>.

## 5. ZAKLJUČAK

Količina generisane toplote kod postupka FSW zavisi od mnogobrojnih parametara, kako svojstava materijala, triboloških uslova, tako i od kinematsko-tehnološko-geometrijskih uslova pri kojima se formira zavareni spoj.

Najkritičnije mesto zavarenog spoja je deo koji se nalazi u ZTMU na vodećoj strani zavara, neposredno uz grumen.

Jasno izražene linije tečenja ukazuju na karakter i smer toka materijala pri odvijanju procesa zavarivanja.

Količina generisane toplote mora biti u odgovarajućim granicama jer usled procesa otpuštanja dolazi do degradacije materijala.

Formiranje kvalitetnog spoja uslovljeno je odgovarajućim odnosom brzine rotacije alata i brzine zavarivanja te je za dobijanje spoja zadovoljavajućeg kvaliteta neophodno usaglasiti zahteve za minimalno potrebnom količinom unete toplote u zavar a pri tom održati odgovarajući odnos brzina.

## LITERATURA

- [1] *Friction stir butt welding*, W.M. Thomas, E.D. Nicholas, J.C. Needham, M.G. Murch, P. Temple-Smith, C.J. Dawes, GB Patent No. 9125978.8, International patent application No. PCT/GB92/02203, (1991).
- [2] *Osnovni pojmovi kod postupaka zavarivanja trenjem sa mešanjem prema AWS D17.3/D17.3M:2010 I ISO 25239-1* M. Mijajlović, D. Milčić, M. Đurđanović, V. Grabulov, A. Živković, M. Perović, : 2011, ZAVARIVANJE I ZAVARENE KONSTRUKCIJE, 2/2012, str. 61-68.
- [3] *Influence of Processing Parameters on Induced Energy, Mechanical and Corrosion Properties of FSW Butt Joint of 7475 AA*, R. K. Gupta, H. Das, T. K. Pal, JMEPEG (2012) 21, pp.1645–1654
- [4] *Microstructural Investigation of Friction Stir Welded 7050-T651 alloy*, J.Q. Su, T.W. Nelson, R. Mishra, and M. Mahoney, Acta Mater., 2003, 51, p 713–729
- [5] *Materials science and engineering*, Z. Y. Ma and R. S. Mishra, "Friction stir welding and processing, vol. 1, no. 1, August 2005, pp. 1-78.
- [6] *Experimental investigation of the influence of the FSW plunge processing parameters on the maximum generated force and torque*, S. Zimmer, L. Langlois, J. Laye, R. Bigot, Int J Adv Manuf Technol (2010) 47, pp.201–215
- [7] *Evaluation of parameters of friction stir welding for aluminium AA6351 alloy*, A. K. Hussain, International journal of engineering science and technology, vol. 2, no. 10, 2010, pp. 5977-5984.
- [8] *Microstructural evolution in the friction stir welded 6061 aluminum alloy (T6-temper condition) to copper*, J. Ouyang, E. Yarrapareddy, R. Kovacevic, "Microstructural evolution in the friction stir welded 6061 aluminum alloy (T6-temper condition) to copper" Journal of Materials Processing Technology, 2006, 172, pp 110–122
- [9] *AWS D17.3/D17.3M: 200x Specification for Friction Stir Welding of Aluminium Alloys for Aerospace Hardware // An American National Standard*, American Welding Society/ Miami, Florida, January 2010, p. 60.
- [10] *Influence of pin geometry on mechanical and structural properties of butt friction stir welded 2024-T351 aluminum alloy*, I. Radisavljević, A. Živković, V. Grabulov, N. Radović, Hem. Ind. 69 (3), 2015., 323–330.
- [11] *Influence of kinematic factors of friction stir welding on the characteristics of welded joints of forged plates made of EN AW 7049 a aluminium alloy*, M. Perović, S. Baloš, D. Kozak, D. Bajić, T. Vuherer, Tehnical gazette 24, 3, 2017., 723-728.
- [12] *Structural connections for lightweight metallic structures*, P. Vilaça, W. Thomas, Friction Stir Welding Technology in: P.M.G.P Moreira, L.F.M da Silva, P.M.S.T. de Castro (Eds.), Adv. Struct. Mater. 8 (2012) 85-124.

## KONSTRUKCIJSKI SISTEM HOTELA 'AMBASADOR' U NIŠU

Predrag Blagojević<sup>1</sup>, Darko Živković<sup>2</sup>, Aleksandar Šutanovac<sup>3</sup>

### *Rezime*

Hotel Ambassador u Nišu, od izgradnje 1968. godine, privlači pažnju zbog svoje visine. Do 1973. godine je bio najviši objekat u ovom delu Srbije. U radu je dat prikaz konstrukcijskog sistema objekta sa opisom načina proračuna i načinom sanacije tek započetog objekta u fazi građenja. Prikazani su delovi originalne projektne dokumentacije sa ciljem da se stručnoj javnosti omogući uvid u konstrukcijski sistem objekta. U toku je adaptacija i sanacija objekta, jednog od repera grada Niša, koja takođe zaokuplja pažnju javnosti. U radu su prikazani rezultati kontrolnog proračuna konstrukcije koji su uradili autori ovog teksta u sklopu dokumentacije za adaptaciju i sanaciju objekta. Objekat je visine preko 50m čime spada u kategoriju visokih objekata i podleže kontroli Državne revizijske komisije.

*Ključne reči:* visoki objekti, armiranobetonske konstrukcije, hotel

## STRUCTURAL SYSTEM OF THE HOTEL 'AMBASADOR' IN THE CITY OF NIŠ

### *Summary*

Hotel Ambassador in the city of Niš, since its construction in 1968, was attracting attention due to its height. Until 1973, it has been the tallest building in this part of Serbia. The paper presents the structural system of the building with a description of the structural design method and structural redesign in an early construction phase. The parts of the original project documentation are presented to provide construction professionals with an insight into the structural system of the building. The reconstruction and rehabilitation of the building, one of the benchmarks of the city of Niš, is underway, also attracting public attention. The paper presents the results of the control structural design by the authors of this paper, as a part of the documentation for the adaptation and rehabilitation of the building. Since the building is in the category of high buildings with its height over 50m, it is subject of the control by the State Audit Commission.

*Key words:* Tall building, steel reinforced structure, hotel

---

<sup>1</sup> dr Predrag Blagojević, D.I.G., docent, predrag.blagojevic@gaf.ni.ac.rs, predragb@eunet.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>2</sup> dr Darko Živković, D.I.G., darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>3</sup> Aleksandar Šutanovac, D.I.G., aleksandar.sutanovac@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

## 1. UVOD

Izgradnja Doma sindikata u Nišu je početa 1960. godine na trgu Kralja Milana (slika 1, 2) na mestu gde se nalazio hotel Orient koji je sagrađen 1899. godine (slika 3.). Zbog nedostatka sredstava za završetak objekta, doneta je odluka o promeni namene započetog objekta. Deo objekta je ustupljen Radničkom univerzitetu, deo Robnim kućama Beograd, a deo lokalnoj ugostiteljskoj ustanovi Srbija-Turist. Zapocetom delu objekta, koji je ustupljen Srbija-Turistu, promenjena je namena i u njemu je 1968. godine otvoren hotel „Ambasador“. Nakon 45 godina neprekidnog rada, hotel „Ambasador“ je 10. aprila 2013. godine prestao sa radom. U toku je adaptacija i sanacija hotela.



Slika 1. Trg Kralja Milana pre 1937. godine (<https://sr.wikipedia.org>)



Slika 2. Trg Kralja Milana posle 1937. godine (<https://sr.wikipedia.org>)

## 2. ARHITEKTONSKO REŠENJE

Hotel je imao 150 soba: 40 jednokrevetnih, 98 dvokrevetnih, 4 trokrevetne i 8 apartmana, sa ukupno 170 ležajeva. Posle adaptacije, hotel će imati 70 soba, od kojih će 12 biti apartmani.



Slika 3. Hotel Orient (<https://sr.wikipedia.org>)

## 3. KONSTRUKCIJSKI SISTEM

Hotel „Ambasador“ je bio najviša zgrada u Nišu (visoka 62m) do 1973. godine, kada je izgrađen soliter na trgu Patrijarha Pavla, visine 81m (TV5). Konstrukcijski sistem objekta je armiranobetonski (AB) skelet ojačan AB zidovima u poprečnom i podužnom pravcu. Objekat se sastoji iz dve celine koje su dilatirane, AB skelet od 18 nivoa (Po+Pr+Mz+XIV+Pk-terasa) i aneksni deo (Po+Pr+I). Dimenzije visokog dela objekta u osnovi su 12,69×24,94 m i visine 59,70 m. Dimenzije nižeg dela objekta su 24,30×19,97 m i visine 9,14 m. Međuspratna konstrukcija na svim tipskim spratovima visokog dela objekta je izvedena kao AB sitnorebrasta polumontažna tavanica, izuzev AB ploča iznad drugog i sedmog sprata gde su izvedene pune monolitne AB ploče. Rebra su dimenzija 8×35 cm na osovinskom rastojanju od 50 cm. Debljina ploče je 5 cm. Pravac oslanjanja međuspratne konstrukcije je u podužnom pravcu objekta. Međuspratna konstrukcija se oslanja na AB gredne nosače dimenzija 40×60 cm koji se nalaze na osovinskom rastojanju od 6,0 m. Gredni nosači su projektovani tako da sa stubovima formiraju dvobrodne višespratne ramove u poprečnom pravcu objekta. U podužnom pravcu objekta projektovana su četiri polja po 6,0m. Na svim spratovima nižeg dela objekta međuspratna konstrukcija je izvedena kao kontinualna AB ploča debljine 14cm livena na licu mesta. Ploča iznad svih podrumskih prostorija je takođe izvedena kao kontinualna AB debljine 18 cm, livena na licu mesta. Gredni nosači u podužnom pravcu objekta u osama stubova su dimenzija 60×40 cm. Stubovi visokog dela objekta su promenljivih dimenzija (podrum, prizemlje, mezanin 50×90 cm, od prvog do sedmog sprata 40×80 cm, od osmog do četrnaestog sprata 40×60 cm).

#### 4. PRORAČUN POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

Projektnu dokumentaciju za Dom sindikata je uradio projektni biro „Dom“ iz Sarajeva, a projektant konstrukcije je bio Svetozar Bogunović. Osnovna dokumentacija je zavedena pod brojem 965 iz januara 1961. godine [1]. Kompletan proračun je urađen ručno, u skladu sa tada važećim Privremenim tehničkim propisima (PTP). Međuspratne konstrukcije su dimenzionisane sa intenzitetima sledećih dejstava (g- stalno, p- povremeno opterećenje):

- Tavanica iznad terase  $g=600 \text{ kg/m}^2$ ,  $p=100 \text{ kg/m}^2$
- Tavanica krovne terase  $g=660 \text{ kg/m}^2$ ,  $p=200 \text{ kg/m}^2$
- Međuspratne tavanice  $g=435 \text{ kg/m}^2$ ,  $p=300 \text{ kg/m}^2$
- Tavanica prizemlja  $g=435 \text{ kg/m}^2$ ,  $p=400 \text{ kg/m}^2$

Objekat je fundiran na trakastim temeljima na koti -7.90 m u odnosu na kotu prizemlja. Temeljne trake su širine 240 cm (slika 4.). Niži deo objekta je fundiran na trakastim i temeljima samcima na koti -3.70 m.

Međuspratne polumontažne sitnorebraste tavanice su tretirane kao proste ploče odgovarajućih raspona (slika 5.). Uticaji u grednim nosačima i

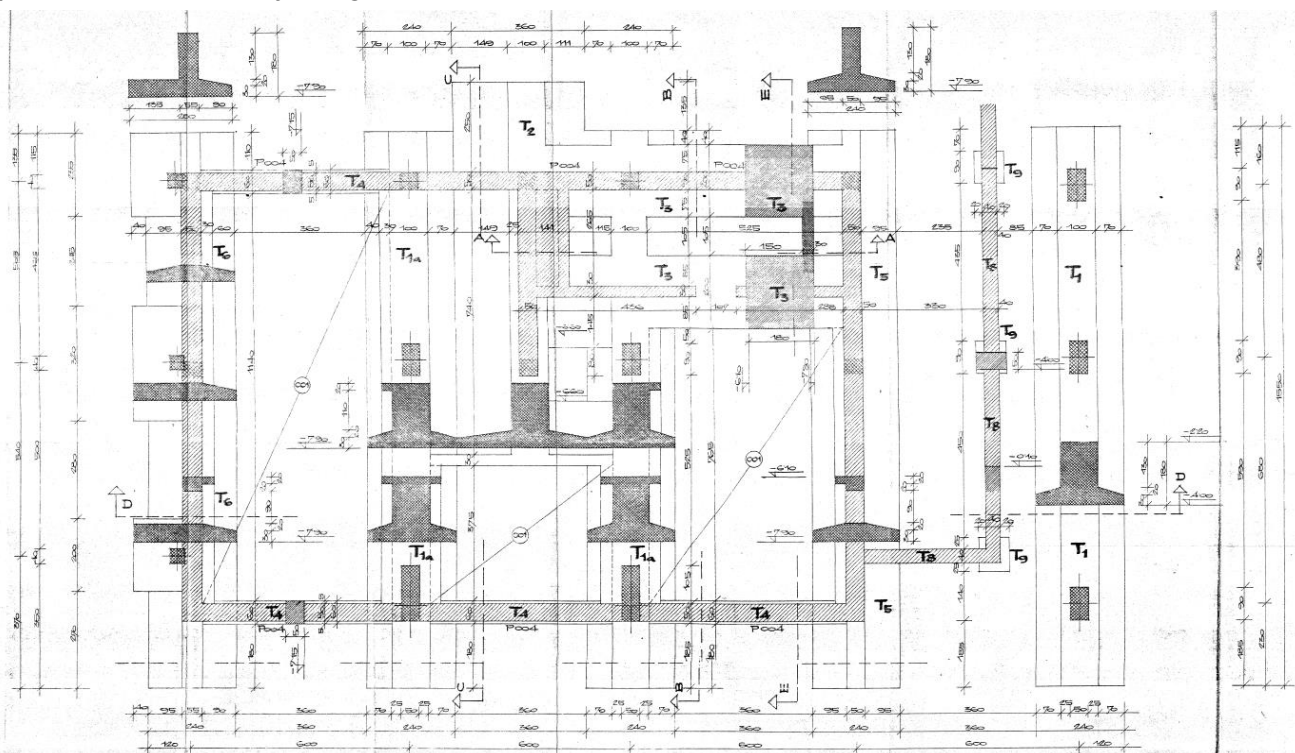
stubovi su sračunati u sklopu ramova u ravni Krosovim postupkom na dejstvo vertikalnog opterećenja.

Od horizontalnih dejstava je obuhvaćeno samo dejstvo vetra intenziteta  $70 \text{ kg/m}^2$  u skladu sa tada važećim propisima. Za prijem celokupnog dejstva vetra projektovani su AB zidovi dimenzija  $50 \times 560 \text{ cm}$  od temeljne konstrukcije do prvog sprata i  $40 \times 560 \text{ cm}$  od prvog sprata do vrha objekta.

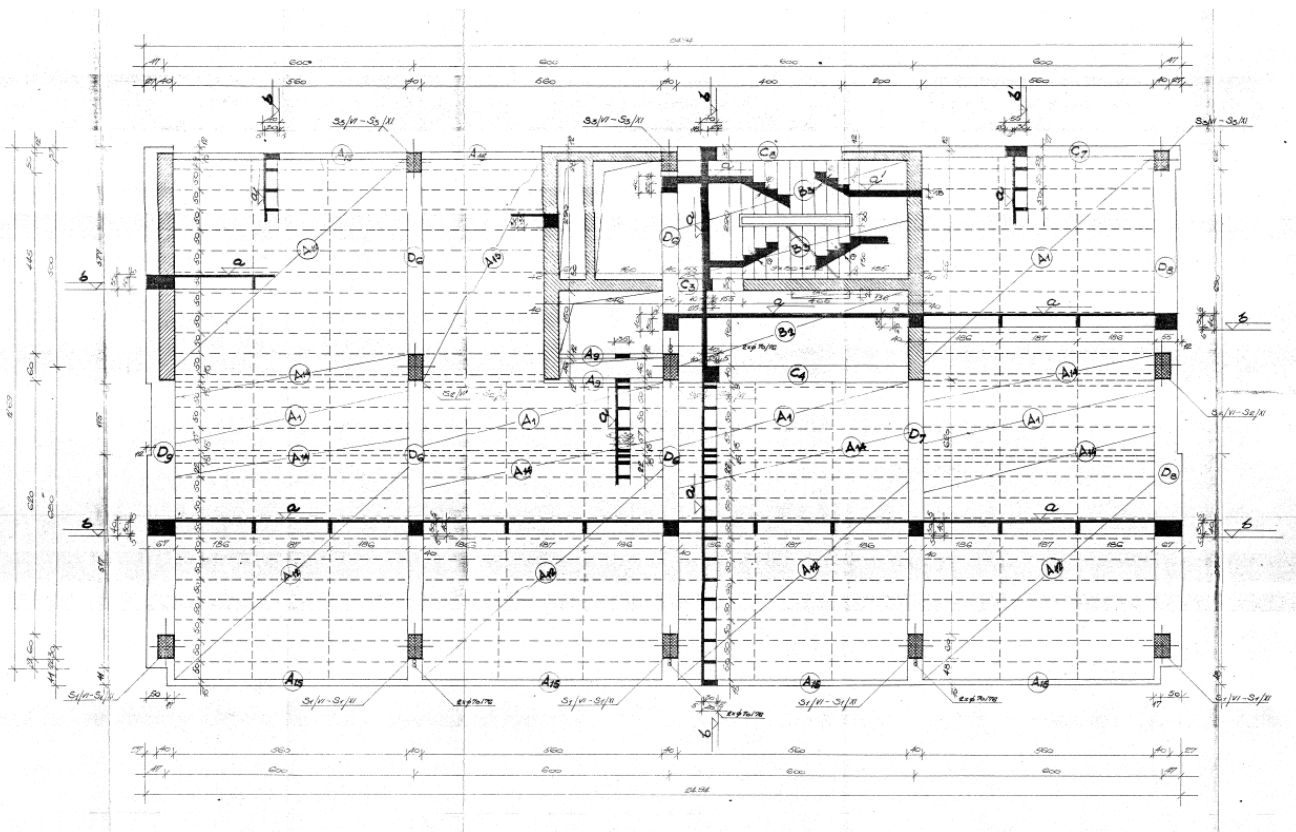
Između temeljnih zidova na koti -6.10 m su projektovane podne ploče debljine 30 cm za sprečavanje prodora podzemne vode u objekat. Intenzitet dejstva podzemne vode je usvojen  $3,0 \text{ t/m}^2$ .

Zbog nedostatka sredstava, došlo je do prekida u građenju Doma sindikata. Administrativni (visoki) deo objekta je ustupljen Srbija - Turistu čime je došlo do promene namene objekta u hotel. U trenutku prekida radova, visoki objekat je bio izgrađen do osmog sprata.

Novu dokumentaciju za adaptaciju objekta Doma sindikata u hotel „Ambasador“ u Nišu, uradio je projektni biro „Dom“ iz Sarajeva a projektant konstrukcije je bio Svetozar Bogunović, koji je radio i prethodnu dokumentaciju. Nova dokumentacija je rađena u februaru 1967. godine [2, 3].



Slika 4. Temeljna konstrukcija ispod visokog dela objekta [1].



Slika 5. Armirano betonska konstrukcija tipskog sprata sa oborenim preseccima [1].

U toku građenja i zastoja u građenju, došlo je do promene tehničke regulative, koja se odnosila na proračun objekata u oblasti seizmičkih propisa. Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima je objavljen 1964. godine.

Osnovne karakteristike dopunskog proračuna objekta na seizmička dejstva su sledeće: masa tipskog sprata je 388,46 t, period oscilovanja u prvom tonu je 0.885 sec. Uporednom analizom uticaja od dejstva vetra i seizmičkih dejstava zaključeno je da je dejstvo vetra merodavno u poprečnom pravcu objekta, dok su uticaji od seizmičkih dejstava, merodavni u podužnom pravcu objekta.

Promena namene objekta i nova tehnička regulativa su prouzrokovali potrebu za ojačanjem već izvedenog dela AB konstrukcije do osmog sprata. Iz funkcionalnih razloga, svi prepusti na prednjoj fasadi su produženi za 60 cm. AB zidovi koji su projektovani za prijem horizontalnih dejstava od vetra su ojačani za prijem uticaja od seizmičkih dejstava. Ojačanja su izvedena tako što su krajevi postojećih zidova odštemovani na dužini od 20 cm za postavljanje nove armature (18  $\phi$  32). Debljina AB zidova je povećana sa 30 cm na 50 cm (sa obe strane po 10 cm za

postavljanje nove armature, vertikalne  $\phi$  12/30 cm i horizontalne  $\phi$  8/20 cm). Kontrolnim proračunom već izvedenih stubova do osmog sprata u dokumentaciji iz 1967. godine je konstatovano da nema potrebe za ojačanjem već izvedenih stubova.

## 5. SANACIJA I ADAPTACIJA OBJEKATA

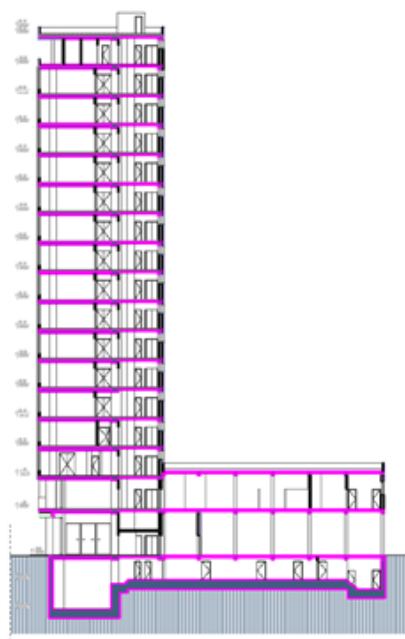
U toku je adaptacija i sanacija hotela. Arhitektonski projekat je urađen u projektnom birou „Alterno“ iz Niša [4] a kontrolni proračun AB konstrukcije je urađen u Institutu „CIP“ iz Beograda [5]. Odgovorni projektant konstrukcije (slika 7.) je prvopotpisani autor ovog rada.

Kontrolnim proračunom AB konstrukcije obuhvaćena je linearna i nelinearna analiza [6]. Za nelinearnu analizu korišćen je program OpenSEES [7] sa fiber konačnim elementima definisanim metodom sila [8]. Jedan konačni element po visini stuba korišćen je za modeliranje stubova, dok su grede modelirane sa po četiri konačna elementa.

Poprečni presek elemenata podeljen je na ukupno 100 vlakana (*fibera*), 10 podela duž Y i 10 podela duž Z ose. Donji čvorovi rama su uklješteni, dok je gornjim čvorovima rama dopušteno pomeranje samo u

X pravcu. Korotacionom formulacijom u obzir su uzete geometrijske nelinearnosti [9]. U proračunu su korišćeni nelinearni modeli materijala. Ponašanje betona modelirano je Čang-Manderovim (*Chang-Mander*) modelom, ponašanje čelika modelirano je elasto-plastičnim modelom materijala. Poprečni preseki definisani su prema podacima iz projekta. Uticaj uzengija na duktilnost i čvrstoću betona je zanemaren, jer su uzengije malog prečnika i na velikom rastojanju.

Proračunom je pokazano da pri dejstvu seizmičkog opterećenja definisanog trenutno važećim propisima ne dolazi do plastifikacije delova poprečnog preseka u ramu .



*Slika 6. Izgled (levo), vertikalni presek (desno) [5].*

## 6. ZAKLJUČAK

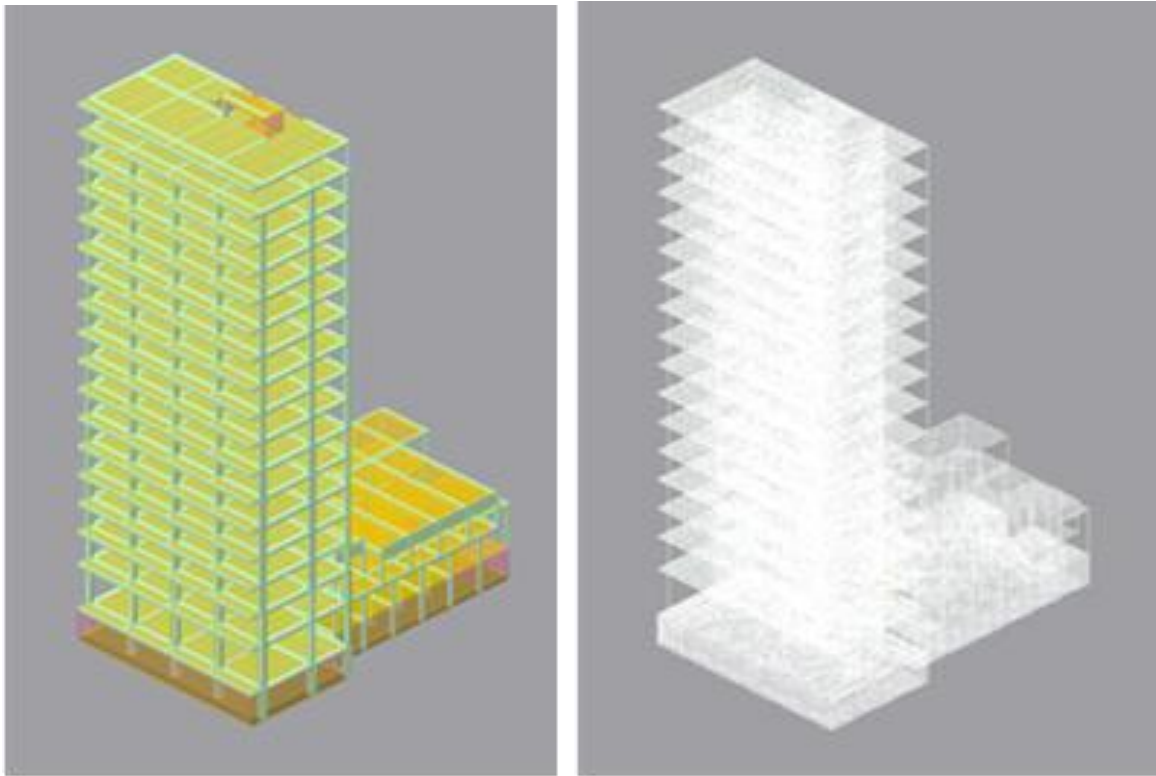
U radu je dat opis konstrukcijskog sistema objekta hotela Ambassador u Nišu, od prvobitnog projekta [1], preko sanacije u fazi građenja [2, 3], do trenutno aktuelnog projekta adaptacije i sanacije [4, 5]. Prikazani su delovi iz osnovne projektne dokumentacije i proračunski modeli iz aktuelnog Idejnog projekta adaptacije i sanacije objekta [5].

Na osnovu analize preuzetih podloga, proračuna i podataka iz postojeće projektne dokumentacije i urađenog Idejnog projekta konstrukcije, izveden je niz zaključaka, od kojih je najvažniji da je AB konstrukcija objekta sposobna da primi i prenese sve danas važećim propisima predviđene uticaje. Takođe je bitan zaključak da se pri dejstvu zemljotresa

intenziteta 8 stepeni po MCS-skali, na objektu neće pojaviti ni prekoračenje napona u najopterećenijim presecima, niti prekoračenje propisanih deformacija.

Posle rekonstrukcije fasade i kompletnog enterijera, ukupna sopstvena težina objekta biće smanjena. Procena je da će objekat biti rasterećen za 5320 kN, odnosno masa objekta biti smanjena za oko 532 t, približno 6%.

U toku je ispitivanje određenih karakteristika konstrukcije, od kojih je završena provera stanja objekta u pogledu vertikalnosti. Kontrolnim merenjima, koje je izveo budući izvođač nove fasade, utvrđeno je da nema odstupanja objekta u vertikalnom smislu u odnosu na prvobitno stanje. Ostala ispitivanja u pogledu kvaliteta ugrađenog materijala su u toku.



**Slika 7. Proračunski modeli: 3D prikaz (levo), prikaz konačnih elemenata (desno) [5].**

## LITERATURA

- [1] Projektni biro "DOM" (1961) Statički proračun za administrativni objekat Doma sindikata u Nišu. Projektni biro "DOM", Sarajevo. Ovlašćeni projektant Doc. Ing Svetozar Bogunović, Zavedeno pod brojem 965.
- [2] Projektni biro "DOM" (1967) Statički proračun - adaptacija objekta Doma sindikata u hotel "Ambasador" u Nišu. Zavod za studije i projektovanje "DOM", Sarajeva. Ovlašćeni projektant Doc Ing Svetozar Bogunović, Zavedeno pod brojem 144.
- [3] Zavod za studije i projektovanje "DOM" (1967) Dopuna statičkog proračuna. Objekat hotel "Ambasador" u Nišu, Zavod za studije i projektovanje "DOM", Sarajevo. Ovlašćeni projektant Doc Ing Svetozar Bogunović
- [4] Alterno d.o.o. (2017) Projekat adaptacije i sanacije hotela Ambasador u Nišu. Alterno d.o.o. Niš
- [5] Saobraćajni institut CIP d.o.o. (2017) Hotel Ambasador u Nišu, Idejni projekat, Konstrukcija, Adaptacija i sanacija. 01-IDP-17-K. Saobraćajni institut CIP d.o.o., Beograd, Odgovorni projektant: Predrag Blagojević, d.i.g.
- [6] Blagojević, P., Blagojević, N. (2017) Analiza postojećeg stanja armiranobetonske konstrukcije objekta visine preko 50 m u cilju adaptacije i rekonstrukcije, Zbornik radova X naučno-stručnog međunarodnog savetovanja 'Ocena stanja, održavanje građevinskih objekata i naselja', (Ur. Folić, R.), Vršac 2017. str. 379-388
- [7] McKenna, F., Fenves, G. L., and Scott, M. H. (2000) Open system for earthquake engineering simulation., Univ. Calif. Berkeley CA, 2000.
- [8] Spacone E., Filippou F.C., and Taucer F.F., (1996) Fiber Beam-Column Model for Nonlinear Analysis of RC Frames, Appl Earthq Eng Struct Dyn, no. 25 pg.727-742
- [9] Crisfield, M. A. (1991) Non-linear finite element analysis of solids and structures. Chichester; New York: Wiley, 1991.



UDK : 624.012.45:624.042.2  
624.95:624.042.2

## DIJAGNOSTIKA STANJA AB SITNOREBRASTE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE - STUDIJA SLUČAJA DEO 1 – STATIČKE ANALIZE

Slobodan Ranković<sup>1</sup>, Žarko Petrović<sup>2</sup>, Radovan Cvetković<sup>3</sup>, Todor Vacev<sup>4</sup>

**Rezime:** U radu je prikazana dijagnostika stanja armiranobetonske sitnorebraste međuspratne konstrukcije višedecenijske starosti, na primeru konstrukcije osnovne škole "Josif Kostić" u Leskovcu. Konstrukcija je ispitana na uticaje probnog opterećenja u skladu sa važećim standardom tokom koga je praćeno njeno ponašanje pod probnim opterećenjem. Vršena je analiza odgovora konstrukcije izložene dejstvu statičkog probnog opterećenja. Upoređene su merene sa računskim vrednostima globalnih deformacija (ugiba) pod statičkim opterećenjem i definisane lokalne deformacije (dilatacije) odnosno naponi u zategnutoj armaturi i pritisnutom betonskom delu preseka na osnovu dobijenih merenja "in situ". Ustanovljena je postojeća čvrstoća betona pri pritisku metodom sklerometrisanja. Dati su zaključci o trenutnom stanju konstrukcije, na osnovu kojih je moguće definisati adekvatne mere sanacije i ojačanja.

**Ključne reči:** Dijagnostika stanja, Ispitivanje, armiranobetonska konstrukcija, međuspratna sitnorebrasta konstrukcija, statičko probno opterećenje.

## STATE DIAGNOSTICS OF REINFORCEMENT CONCRETE FLOOR STRUCTURE - CASE STUDY PART 1 - STATIC ANALYSIS

**Summary:** In the paper is presented diagnostics of the condition of a reinforced concrete ribbed floor which is several decades old, taking as an example elementary school building "Josif Kostić" in Leskovac. The structure is examined under test load according to current standard, and its behaviour was recorded. An analysis of the structural response to static test load was conducted. Measured and calculated values of the global deformations (deflections) under static load were compared. Local deformations (dilatations), that is, stresses in the tensioned reinforcement and compressed concrete cross section, were defined based on the measurements "in situ". The existing compression strength of the concrete was determined using sclerometric method. Conclusions about the actual condition of the structure were given, which can be used for defining of the adequate measures of sanation and strengthening.

**Key words:** diagnostics, testing, concrete structure, reinforced concrete ribbed floor, static test load.

---

<sup>1</sup>Doc., dr inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

<sup>2</sup>Doc, dr inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

<sup>3</sup> Saradnik, dr inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

<sup>4</sup>Vanredni profesor, dr inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

## 1 UVOD

Tokom radova na sanaciji i adaptaciji, kao i poboljšanju energetske efikasnosti objekta osnovne škole "Josif Kostić" u Leskovcu primećena su oštećenja na elementima međuspratne konstrukcije i pojava pojačanih vibracija. U pitanju je armiranobetonska sitnorebrasta međuspratna konstrukcija višedecenijske starosti na kojoj je projektom bila predviđena izmena elemenata podne i plafonske konstrukcije. Ukupna površina međuspratne konstrukcije iznosi približno 700 m<sup>2</sup>, a građevinski radovi su u toku.

Radi dijagnostikovanja stanja međuspratne konstrukcije, odnosno utvrđivanja njenih statičkih i dinamičkih karakteristika izvršeno je ispitivanje na uticaj probnog opterećenja u skladu sa važećim standardom SRPS U.M1.047. (1). Detaljan prikaz rezultata ispitivanja na uticaj statičkog i dinamičkog probnog opterećenja dat je u (2). Snimanje i obrada dobijenih podataka vršeno je primenom savremene merne opreme (SPIDER 8) i odgovarajućih softverskih paketa (CATMAN). Analiza je izvršena na osnovu dobijenih rezultata merenja globalnih i lokalnih deformacija izazvanih dejstvom probnog opterećenja, kao i merenih dinamičkih parametara, uz računске analize.

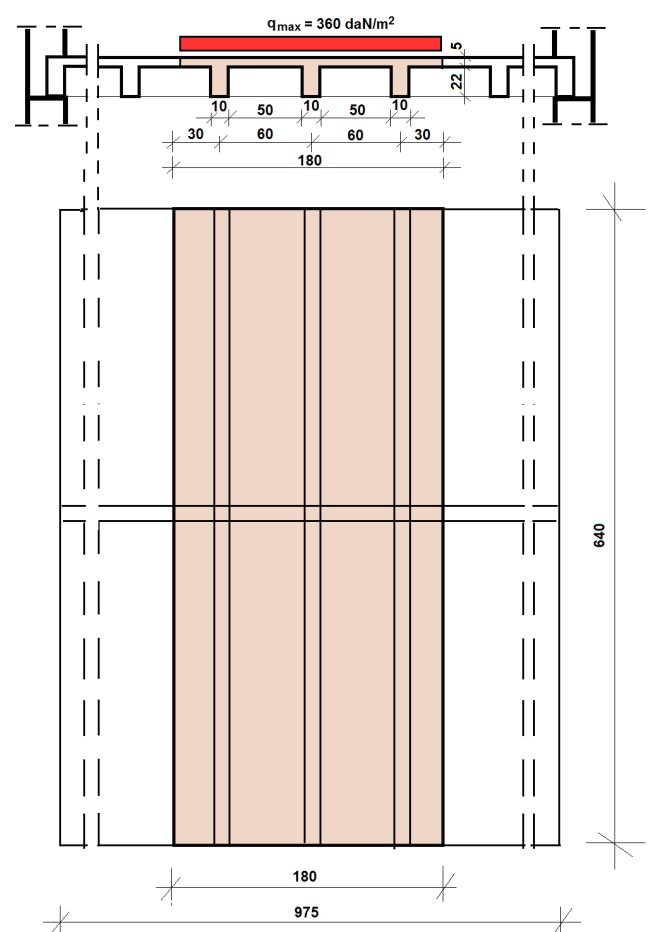
## 2 KRATAK OPIS KONSTRUKCIJE

S obzirom da nije bila dostupna dokumentacija o izgradnji objekta, tehničke karakteristike (dimenzije) određene su merenjem na licu mesta.

Predmetna konstrukcija je armiranobetonska, sitnorebrasta, livena na licu mesta. Statički raspon nosača (rebara) je 6,5 m. Razmak rebara iznosi 60 cm, širina im je 10 cm, a visina rebra 22 cm. Debljina ploče je 5 cm. U polovini raspona postoji poprečni nosač visine takođe 22 cm. Rebra su armirana sa GA 2Ø16 mm, uzengije Ø6 mm su na 25 cm, a u ploči je mreža Ø5/20 cm. Dimenzije prostorije u kojoj su sprovedena ispitivanja su 6,4 x 9,75 m, a nalazi

se na prvom spratu objekta u delu objekta prema ulici Učitelja Josifa. Detalji konstrukcije dati su u grafičkom prilogu.

Beton od koga je izrađena konstrukcija je slabog kvaliteta i mestimično je došlo do njegovog odvajanja i oštećenja, uz pojavu segrtegacije i lošu ugradnju, tako da je armatura mestimično ogoljena. Primećene su vibracije međuspratne konstrukcije u nivou između prizemlja i sprata koje izazivaju nelagodnost kod korisnika. Podna konstrukcija je uklonjena do nivoa betonske ploče.



Slika 1: Osnova i presek međuspratne konstrukcije pod probnim opterećenjem.

## 3. PROGRAM ISPITIVANJA

### 3.1 Odabir konstrukcije za ispitivanje

Za ispitivanje na uticaj probnog (zamenjujućeg) opterećenja odabrana je međuspratna konstrukcija koja je vizuelnim pregledom imala

najlošije karakteristike. Radi što realnijeg sagledavanja ponašanja konstrukcije u eksploataciji opterećenje je nanešeno iznad tri nosača (N6, N7, N8) u polju sitnorebraste međuspratne konstrukcije raspona 6,5 m i ukupne širine 1,80 metara (Slika 7).

### 3.2 Stanje konstrukcije pre ispitivanja

Makroskopskim pregledom ustanovljeno je da je površina betona na ploči i naročito nosačima (rebrima) delimično oštećena, uz pojavu segregacije, a da je na pojedinim delovima konstrukcije armatura potpuno ogoljena (Slika 3). Uočeno je i vibriranje međuspratne konstrukcije koje izaziva nelagodnost kod korisnika.

### 3.3 Tok eksperimenta

Ispitivanje na uticaj zamenjujućeg (probnog) opterećenja sprovedeno je u skladu sa propisima za ovu vrstu radova SRPS U. M1. 047. Merenja su sprovedena za uticaje usled statičkog opterećenja (po fazama) i dinamičkog opterećenja (što zbog ograničenog prostora nije prikazano u ovom radu).

### 3.4 Ispitivanje na uticaj zamenjujućeg statičkog opterećenja

Kao probno (zamenjujuće) statičko opterećenje, koje treba da simulira stvarne uticaje i omogući merenje naprezanja i deformacija u konstruktivnim elementima, korišćene su vreće sa glet masom (lepkom) pojedinačne težine 25 kg (Slika 8). Opterećenje je zadržano na konstrukciji 16 sati nakon čega je izvršeno rasterećenje uz očitavanje zaostalih vrednosti na instrumentima u narednih 4 sata tokom rasterećenja. Ukupno nanešeno opterećenje iznosilo je 4050 kg (Slika 8).

### 3.5 Korišćena oprema

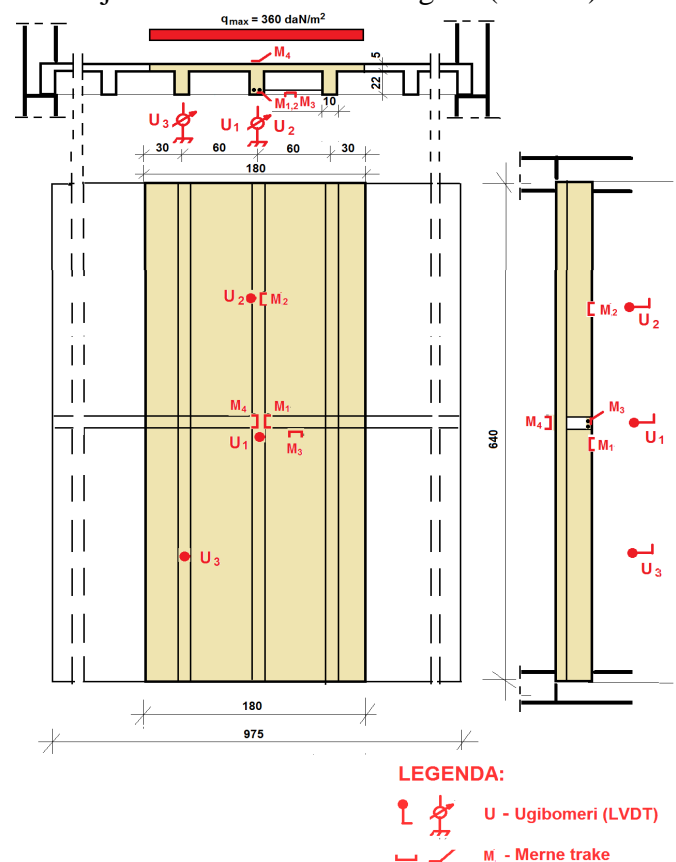
Raspored mernih instrumenata izvršen je u skladu sa principom opasaivanja preseka instrumentima. Korišćena je oprema za praćenje globalnih (opštih) i lokalnih deformacija i

naprezanja u karakterističnim presecima u kojima se očekuju maksimalni uticaji.

Globalne deformacije (ugibi), praćene su elektronskim meračima pomeranja (LVDT-merač puta) W50 sa hodom od  $\pm 50$  mm (Slika 3) i ugibomerom sa žicom sa podatkom 1/100 mm (Slika 5). Dilatacije u armaturi i betonu prećene su elektrootpornim tenzometrima (mernim trakama) firme Hottinger LY 41 sa bazom od 6 mm (foto 3) odnosno sa bazom od 50 mm na betonskoj ploči u zoni pritiska (Slika 4). Davači su vezani za mernu stanicu primenom višekanalnih merno-akvizicijskih sistema SPIDER8 i povezani sa personalnim računarom (foto 6). Obrada podataka izvršena je originalnim HBM softverskim paketom CATMAN.

### 3.6 Faze opterećenja

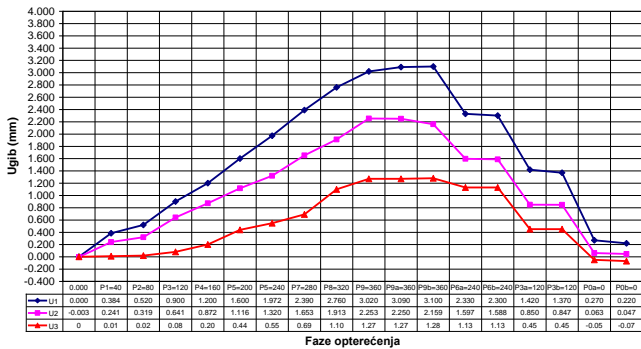
Opterećenje je nanošeno u devet faza (P1 – P9) ravnomerno sa korakom od  $40 \text{ kg/m}^2$ , od krajeva prema sredini statičkog raspona konstrukcije do maksimalnih  $360 \text{ kg/m}^2$  (Slika 8).



Slika 2: Dispozicija eksperimentalne postavke.

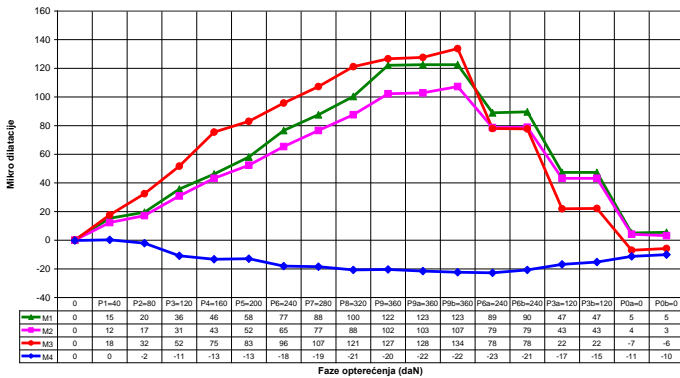
### 4. REZULTATI STATIČKIH ISPITIVANJA

DIJAGRAM MERENIH UGIBA  
(Davači pomeranja - LVDT i ugibomer)

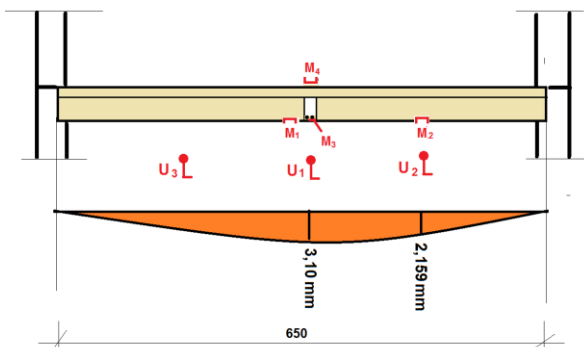


Slika 3: Dijagram merenih deformacija (ugiba).

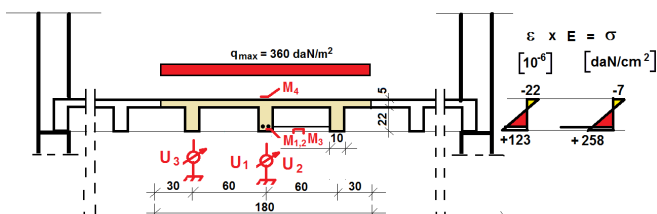
DIJAGRAM DILATACIJA U ČELIKU I BETONU



Slika 4: Dijagram merenih dilatacija.



Slika 5: Prikaz merenih ugiba.

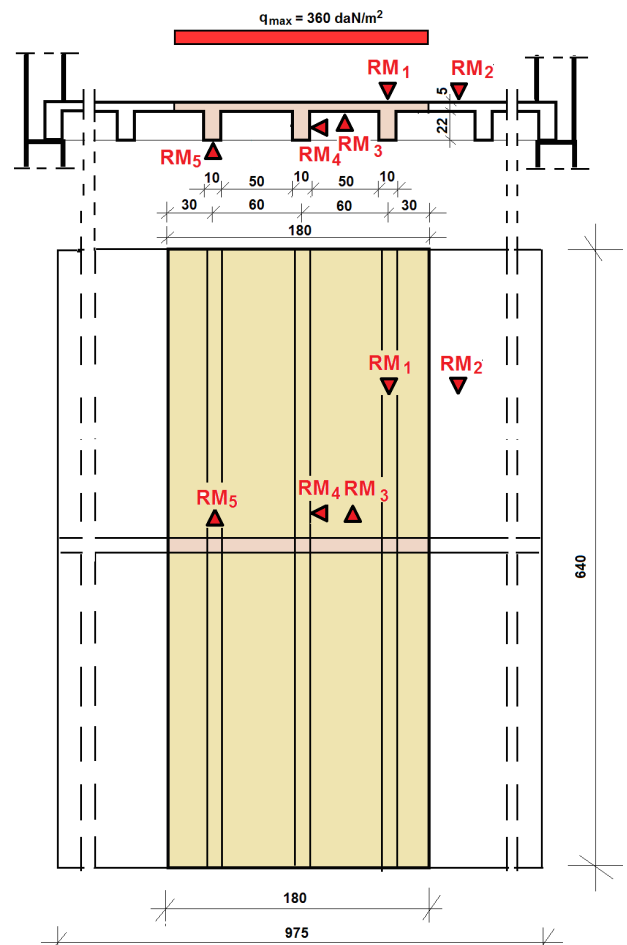


Slika 5: Dijagrami merenih dilatacija i napona u armaturi i betonu

### 5. UTVRĐIVANJE MARKE BETONA SKLEROMETRISANJEM

#### 5.1 Podaci o ispitivanoj AB konstrukciji u zoni ispitivanja

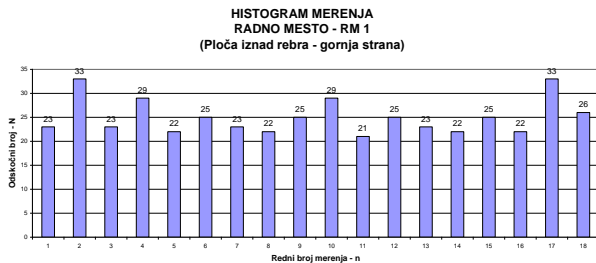
- Projektovana marka betona: Nepoznata
- Oplata: Drvena
- Starost betona: Veća od 40 godina
- Obrada mernih mesta: Brušenje abrazivom
- Vrsta odskočnog čekića: Proceq (Tip N-28); ser. br. 71150
- Datum ispitivanja: 24. 01. 2018. god.
- Pravac udara:  $\alpha=0^\circ$ ,  $\alpha=+90^\circ$  i  $\alpha=-90^\circ$



Slika 6: Položaj radnih mesta (RM) pri ispitivanju marke betona sklerometrisanjem

## 5.2 Histogrami merenja odskočnog broja odskočnim čekićem (sklerometrom)

RADNO MESTO – RM1 (PLOČA IZNAD REBRA – GORNJA STRANA)



Srednja vrednost odskočnog broja:  $N_{sr} = 25,06$

Standardna devijacija:  $\sigma = \pm 3,67$

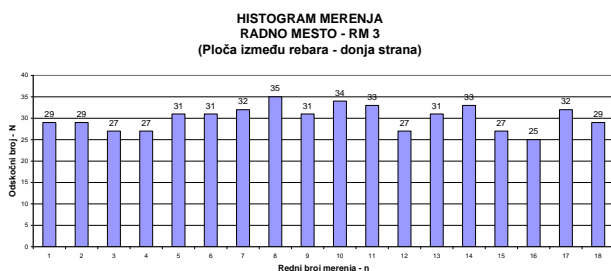
Merodavna vrednost odskočnog broja:

$$N = N_{sr} - \sigma = 21,4$$

Očitana vrednost čvrstoće na pritisak za

$$N = 21,4 \text{ i } \alpha = -90^\circ \Rightarrow f_b = 18 \text{ MPa}$$

RADNO MESTO – RM3 (PLOČA SA DONJE STRANE – IZMEĐU NOSAČA)



Srednja vrednost odskočnog broja:  $N_{sr} = 30,17$

Standardna devijacija:  $\sigma = \pm 2,81$

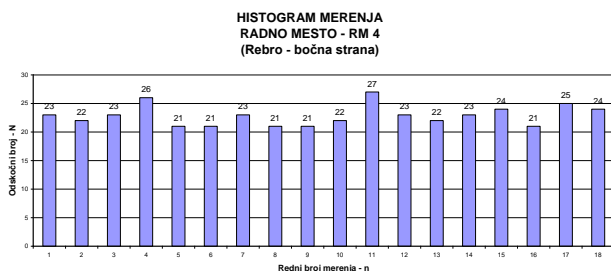
Merodavna vrednost odskočnog broja:

$$N = N_{sr} - \sigma = 27,4$$

Očitana vrednost čvrstoće na pritisak za

$$N = 27,5 \text{ i } \alpha = +90^\circ \Rightarrow f_b = 16 \text{ MPa}$$

RADNO MESTO – RM4 (NOSAČ - REBRO SA BOČNE STRANE)



Srednja vrednost odskočnog broja:  $N_{sr} = 22,89$

Standardna devijacija:  $\sigma = \pm 1,78$

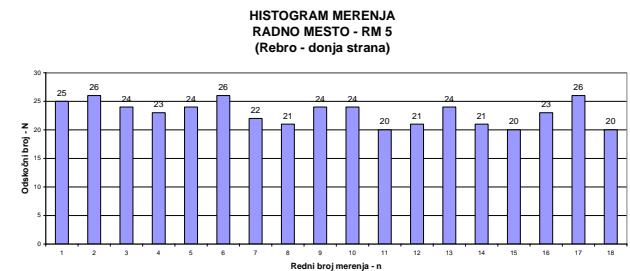
Merodavna vrednost odskočnog broja:

$$N = N_{sr} - \sigma = 21,1$$

Očitana vrednost čvrstoće na pritisak za

$$N = 21,1 \text{ i } \alpha = 0^\circ \Rightarrow f_b = 14 \text{ MPa}$$

○ RADNO MESTO – RM 5 (NOSAČ - REBRO SA DONJE STRANE)



Srednja vrednost odskočnog broja:  $N_{sr} = 23,00$

Standardna devijacija:  $\sigma = \pm 2,11$

Merodavna vrednost odskočnog broja:

$$N = N_{sr} - \sigma = 20,89$$

Očitana vrednost čvrstoće na pritisak za

$$N = 20,89 \text{ i } \alpha = +90^\circ \Rightarrow f_b = 12 \text{ MPa}$$

## 5.3 Zaključak o sprovedenom ispitivanju marke betona

Na osnovu merenja odskočnog broja odskočnim čekićem i obrade rezultata uz korišćenje kalibracionih kriva, može se konstatovati da ostvarena pritisna čvrstoća betona ispitivane armiranobetske sitnorebraste međuspratne konstrukcije ima disperziju rezultata i nisku marku betona.

Ispitivana vrednost pritisne čvrstoće AB međuspratne konstrukcije iznosila je:

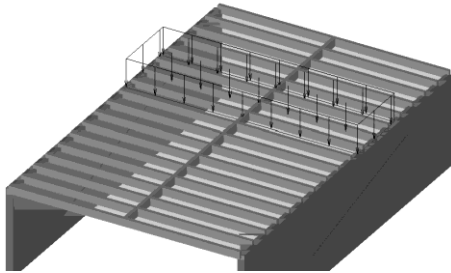
$$f_b = 12 \text{ do } 18 \text{ MPa}$$

Tačnost rezultata je u granicama tačnosti metode, a za detaljniju analizu neophodno je kernovanje betona.

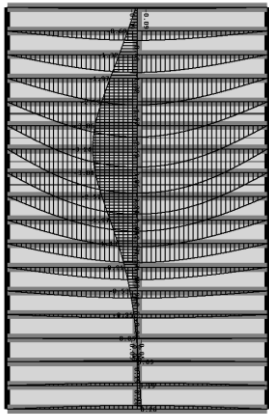
U proračunima je kao merodavna uzeta čvrstoća na pritisak koja odgovara MB 15 MPa.

## 6. RAČUNSKE VELIČINE

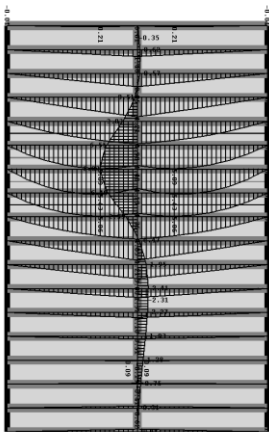
Kontrolni statički proračun, za aplicirano probno opterećenje sproveden je primenom programa Tower primenom površinskih i grednih elemenata. Prikazani su rezultati dobijenih ugiba i momenata savijanja u dva ortogonalna pravca.



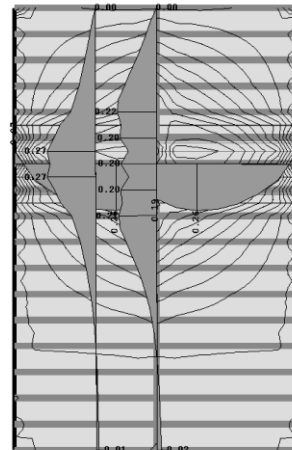
Slika 7: Izometrijski prikaz računskog modela.



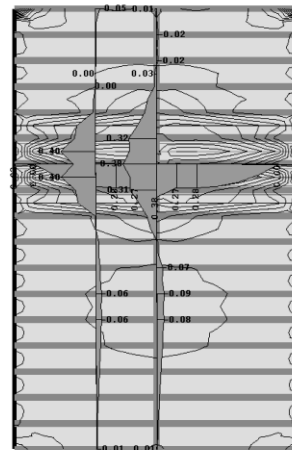
Slika 8: Uticaji u gredi:  $Y_p$  (mm) ( $Y_{max} = 3,24$  mm)



Slika 9 Uticaji u gredi: Momenti savijanja  $M_z$  (kNm)



Slika 10: Uticaji u ploči: Momenti  $M_x$  (kNm/m).



Slika 11: Uticaji u ploči: Momenti  $M_y$  (kNm/m)

## 7. ANALIZA REZULTATA

Analiza rezultata izvršena je poređenjem računskih i merenih veličina globalnih deformacija (ugiba) i poređenjem lokalnih deformacija (dilatacija – napona) sa dozvoljenim vrednostima za konkretan materijal (beton i armaturni čelik).

### Globalne deformacije – Ugibi

- Izmerene vrednosti maksimalnog ugiba pod probnim opterećenjem  $q_{max}=360$  daN/m<sup>2</sup>.  
 $y_{p,max}= 3,10$  mm

- Računske vrednosti maksimalnih ugiba usled sopstvene težine:

$$y_{g,max} = 4,07 \text{ mm}$$

- Odnos maksimalne deformacije u statičkog raspona:

$$\frac{y_{p,max} + y_{g,max}}{L} = \frac{3,10 + 4,07}{6500} = \frac{1}{906} < \frac{1}{300}$$

- Maksimalni računski ugib od probnog opterećenja  $q_{max}=360 \text{ daN/m}^2$ .

$$y_{p,rač} = 3,24 \text{ mm}$$

- Odnos računskog i merenog ugiba za probno opterećenje:

$$\frac{y_{p,rač}}{y_{p,mer}} = \frac{3,26}{3,10} = 1,05 > 1,0$$

- Zaostale vrednosti ugiba po rasterećenju:

$$y_{zaost} = 0,222 \text{ mm}$$

- Odnos zaostalog i maksimalnog ugiba:

$$\frac{y_{p,zaost}}{y_{p,max}} = \frac{0,222}{3,10} \cdot 100 = 7\% < 25\%$$

### Lokalne deformacije – Dilatacije (Naponi)

- Maksimalno merene dilatacije (naponi) u armaturi dobijene su u poprečnom nosaču (MT3), a približno iste i u podužnom nosaču - rebro (MT2):

$$\epsilon_{max} = +134 \cdot 10^{-6}; \sigma = \epsilon \cdot E = +281 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{doz,č}$$

- Maksimalno merene dilatacije (naponi) u pritisnutom betonu (MT4):

$$\epsilon_{max} = -22 \cdot 10^{-6}; \sigma = \epsilon \cdot E = -7 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{doz,B}$$

### 8. OCENA REZULTATA – ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih istražnih radova, kontrolnog statičkog proračuna i ispitivanja na uticaje od probnog statičkog i dinamičkog opterećenja međuspratne armiranobetonske sitno-rebraste konstrukcije objekta O.Š. "Josif Kostić" u Leskovcu iznose se sledeći zaključci:

1) Ispitivanjem na dejstvo probnog (zamenjujućeg) opterećenja maksimalne mase  $q_{max}=360 \text{ daN/m}^2$  izmeren je maksimalni ugib u sredini raspona od  $y_{p,max}=3,10 \text{ mm}$ . Zajedno sa računskim ugibom od sopstvene težine  $y_{g,max}=4,07 \text{ mm}$  to daje maksimalni ugib od  $y_{p,max} + y_{g,max}=7,17 \text{ mm}$ . S obzirom na statički raspon od  $L=650 \text{ cm}$ , dobijen je odnos  $y/L=1/906$ , što je daleko manje od dozvoljenih  $L/300$ .

2) Maksimalni računski ugib za naneto probno (zamenjujuće) opterećenje iznosi  $y_{p,rač}=3,24 \text{ mm}$ . Odnos računskog i merenog ugiba  $y_{p,rač}/y_{p,mer}=3,24/3,10=1,05 > 1,0$ , što znači da postoji potreban koeficijent sigurnosti pa i po ovom kriterijumu konstrukcija zadovoljava.

3) Maksimalni zaostali ugib  $y_{p,zaost}=0,222 \text{ mm}$ , a odnos  $y_{p,zaost}/y_{p,max}=(0,222/3,10) \cdot 100=7\% < 25\%$ , pa i po ovom kriterijumu za AB konstrukcije uslov je zadovoljen.

4) Merene dilatacije, odnosno naponi u zategnutoj armaturi i pritisnutoj zoni betona pokazuju vrednosti koje su manje od dozvoljenih, tako da i po ovom kriterijumu konstrukcija zadovoljava. Izmereni maksimalni napon od probnog opterećenja u zategnutoj armaturi je  $\sigma_{max}=+258 \text{ daN/cm}^2$ , a u pritisnutom betonu  $\sigma_{max}=-7 \text{ daN/cm}^2$ .

5) Vrednosti čvrstoće pri pritisku dobijene metodom sklerometrisanja pokazuju prosečnu marku betona od MB15 MPa. Ovo je nedovoljna marka za noseće konstrukcije i pokazuje slab kvalitet betona.

6) Uočena su delimična oštećenja betona njegovim odvajanjem i ogoljavanjem armature. Takođe, uočava se pojava segregacije zbog loše ugradnje u trenutku livenja betona.

7) Uprkos lošem kvalitetu betona, na osnovu merenih globalnih deformacija može se konstatovati zadovoljavajući kapacitet nosivosti konstrukcije.

8) Na pojedinim mestima došlo je do pojave prslina u ploči konstrukcije, ali one nisu konstruktivnog karaktera jer su raspoređene podužno, tako da ne predstavljaju opasnost po nosivost. Do pojave prslina tokom probnog opterećenja nije došlo.

9) Ogoljenost armature na glavnim nosačima (rebrima) je značajna, ali zbog zatvorenosti prostora i male agresivnosti sredine ne predstavlja veliku opasnost po upotrebljivost, odnosno trajnost konstrukcije. Projektom predviđenim spuštanjem plafonima rešiće se vizuelni problem.

10) S obzirom na potrebu promene podne obloge u učionicama u kojima je u upotrebi predmetna međuspratna konstrukcija (prvi sprat), približne površine 700 m<sup>2</sup>, predlaže se njeno ojačanje radi povećanja krutosti i poboljšanja dinamičkih karakteristika. Ono bi bilo izvedeno sprežanjem sa novim slojem betonske ploče.

## 9. FOTO DOKUMENTACIJA



*Slika 1 – Priprema mernih mesta na međuspratnoj konstrukciji – donja strana*



*Slika 2 – Karakterističan izgled konstrukcije (rebra i ploča) i karakteristična oštećenja (segregacija betona i ogoljenost armature nosača-rebara zbog oštećenja betona)*



*Slika 3 – Položaj LVDT – ugibomera u L/2 (U1) i merne trake na armaturi (MT1)*



*Slika 4 – Položaj merne trake u pritisnutoj zoni betonske ploče (MT 4)*

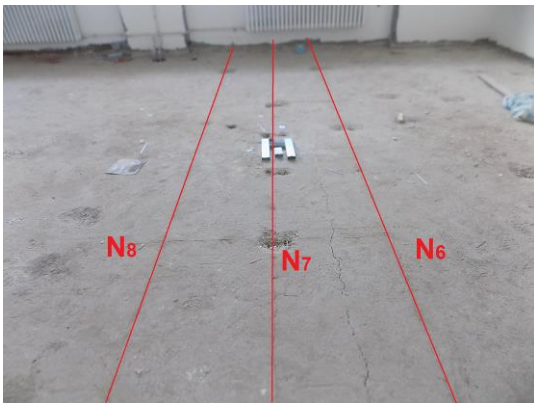


*Slika 5 – Ugibomer sat sa žicom (U3)*





Slika 6 – Merna stanica (akvizicijski sistem SPIDER 8 povezan na PC)



Slika 7 – Položaj izabranog polja za probno opterećenje prilikom ispitivanja međuspratne konstrukcije (ploče) iznad nosača N6, N7 i N8



Slika 8 – Deveti korak nanošenja probnog opterećenja ( $P_9=360 \text{ daN/m}^2$ )

## LITERATURA

- [1] SRPS U.M1.047, 1984: *Ispitivanje objekata visokogradnje probnim opterećenjem*.
- [2] Ekspertiza stanja međuspratne konstrukcije objekta škole "Josif Kostić" u Leskovcu. GAF Niš.
- [3] Radojković M.: *Ispitivanje konstrukcija*, Građevinski fakultet, Beograd, 1979.

UDK : 624.011.1:69.059.7(497.11)

## PROCENA STANJA NOSEĆE DRVENE KONSTRUKCIJE KUĆE STEVANA MOKRANJCA U NEGOTINU SA PREDLOGOM MERA REKONSTRUKCIJE

Radovan Cvetković<sup>1</sup>, Dragoslav Stojić<sup>2</sup>, Stefan Conić<sup>3</sup>, Nemanja Marković<sup>4</sup>

### *Rezime:*

U radu je prikazan postupak sanacije noseće drvene konstrukcije kuće Stevana Mokranjca u Negotinu. Specifičnosti gradnje i oblikovanja konstrukcije karakteristične za tradicionalne stambene kuće građene sredinom XIX veka i kasnije, morale su se sačuvati s obzirom da objekat ima status spomenika kulture od izuzetnog značaja. Posebna pažnja je posvećena potpornoj konstrukciji (skeli) koja mora da obezbedi potpunu stabilnost dela konstrukcije objekta na kojoj nema intervencije. Ugradnjom posebno oblikovanih greda i ojačanja u pojedinim zonama međuspratne konstrukcije sačuvana je autentičnost enterijera kuće.

*Ključne reči: drvena konstrukcija, skela, autentičnost, rekonstrukcija*

## ASSESSMENTS OF TIMBER STRUCTURES OF STEVAN MOKRANJAC HOUSE IN NEGOTIN AND RENOVATION RECOMMENDATIONS

### *Summary:*

The paper describes the process of renovation of timber structure of the house of Stevan Mokranjac in Negotin. Specifics of construction and design characteristic for the traditional residential houses built in the mid of nineteenth century and later, had to be preserved because the building has the status of cultural monuments of great importance. Special attention was paid to the supporting structure (scaffold), which must ensure complete stability of the part of house structure where there is no work. Incorporating a specially formed beams and reinforcements in certain areas of the floor structure, the authenticity of the interior of the house is preserved.

*Key words: timber structures, scaffold, authenticity, renovation*

---

<sup>1</sup>Dr, saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>2</sup>Dr, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>3</sup>Mast. inž. građ. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>4</sup>Dipl. građ.inž., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

## 1 UVOD

Kuća Stevana Stojanovića Mokranjca u Negotinu je rodna kuća istaknutog kompozitora i dirigenta i ima status spomenika kulture od velikog značaja. Nastala je sredinom 19. veka, a pouzdano se zna da je 1867. bila u vlasništvu Marije Mokranjac, što se vidi po tapiji iz 1889. godine. Kuća se odlikuje karakteristikama tradicionalne balkanske varoške stambene kuće, gde je u suterenu smešten podrum ozidan kamenom, dok je prizemni deo, namenjen stanovanju, sagrađen u bondručnom konstruktivnom sistemu (drvena skeletna konstrukcija sa zidnom ispunom u pečenoj ili nepečenoj opeci), a sačinjavale su ga, u to vreme, dve sobe i kuhinja. Kuća je 1964. godine adaptirana za potrebe memorijalnog muzeja posvećenog Mokranjcu, tako da su podrumске

prostorije uređene za manje muzičke koncerte, dok su prostorije u prizemlju muzeološki opremljene i sadrže veći deo zaostavštine u muzičkim instrumentima i drugim predmetima koji su pripadali istaknutom kompozitoru i dirigentu. Sve prostorije opremljene su eksponatima iz tog perioda vezanim za život i delo Stevana Mokranjca i njegove porodice. Objekat je pravougaonog oblika u osnovi dimenzija 16,75x8,55-9,70m. Na severnoj strani objekta nalazi se drvene konstrukcije trema (doksat) površine 25,3m<sup>2</sup>, koji vodi ka ulazu u prostor na spratu kuće. Veći radovi na uređenju kompleksa oko Mokranjčeve kuće u Negotinu izvedeni su 1980. godine, poslednji put. U ovom trenutku kuća ne radi kao muzej, ne prima turističke posete, zbog ozbiljnih oštećenja drvene međuspratne konstrukcije koja odvaja podrumsku od spratne etaže.



*Slika 1 – Memorijalni muzej – kuća Stevana Mokranjca*

## 2 OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Postojeće stanje konstrukcije i određenih konstrukcijskih celina ogleđa se u sledećim činjenicama:

- Podrum i prizemlje objekta podeljeni su klasičnom drvenom međuspratnom konstrukcijom (MSK) od hrastovih tesanih greda dimenzija 14/14-15cm koja je u veoma lošem stanju, Slika 2. Međuspratne grede (MSG) postavljene su na rasteru od 30-40cm i ras-pona 3,50m, statičkog sistema proste grede. Prilikom poslednje rekonstrukcije ovi konstruktivni elementi nisu adekvatno ni obrađeni ni

zaštićeni, čak ni kora, ponegde, nije oljuštena u potpunosti, tako da su bile pogodno tlo za razvoj mikroorganizama, insekata, sipaca koji su u velikoj meri uticali na smanjenje nosivosti poprečnog preseka i pojavu prekomernih ugiba i vibracija. Pored jasnih vizuelno uočljivih oštećenja, ove MSG se karakterišu i tupim zvukom pri udaru, što je još jedan pokazatelj dotrajalosti ovih elemenata, Slika 3.

- MSG se oslanjaju na ležišne podužne grede na kamenim podrumskim zidovima i na centralnu drvenu gredu postavljenu po sredini kuće oslonjenu na drvene stubove koji su raspoređeni na nejednakim međusobnim rastojanjima.



*Slika 2 –Deterioracija neadekvatno zaštićene drvene međuspratne konstrukcije usled bioloških uticaja*

- Preko MSG, napred opisanih, izveden je daščani sloj, preko koga je nanešena ispuna od pepela i šljake u vidu podne podloge preko koje je ugrađena završna podna obloga od dasaka tipa “brodski pod”. Daske u konstrukciji podne podloge pričvršćene za MSG su u

stanju raspadanja, zahvaljujući aktivnosti crvotočine i sipaca tako da se pojedini elementi mogu rukom uklanjati.



*Slika 3 –Međuspratna greda sa slikom tipičnih oštećenja izazvanih dejstvom insekata, lošom preventivnom zaštitom i selekcijom materijala*

- U delu hodnika i prostora ostave, podna obloga se sastoji od pečениh opeka, koje su postavljene u sloju maltera direktno preko daščane podloge bez ikakvih izolacionih slojeva.

- U centralnom delu dužine hodnika smeštena je zidana, veoma teška i prostrana konstrukcija ložišta-odžaklije, Slika 4. Sve to je oslonjeno na MSG čiji se nivo oštećenosti i dotrajalosti jasno vidi sa pozicije poda podruma, kao i prekomerna deformacija kojom se one karakterišu. Kota poda ispred ložišta je na nižem nivou u odnosu na kotu istog poda u drugim

prostorijama za više od 10 cm, kao direktna posledica te deformacije.

- Prostorije koje se nalaze u neposrednoj blizini ognjišta-odžaklije imaju nagnute podove prema ognjištu kao posledicu prekomernih deformacija čitave MSK usled velikog koncentrisanog opterećenja.

- Duž hodničkih zidova uočene su pukotine u podnoj oblozi od opeke iz navedenih razloga. Na osnovu detaljnih merenja i statičke analize došlo se do zaključka da je ova zona najugroženija i najnestabilnija, a jedan od uzroka se može pronaći u podrumu kuće.



*Slika 4 – Oštećenja centralne, noseće grede MSK*

### 3 PLAN SANACIONIH I REKONSTRUKCIONIH POSTUPAKA

Sanaciona procedura biće data kroz tekstualnu i grafičku dokumentaciju. Svaka pozicija biće rečima opisana i praćena odgovarajućim detaljima. Nakon pregleda konstrukcije, u dva navrata, u pravcu davanja optimalnih sanacionih i rekonstrukcionih postupaka, izdavaju se dve procedure koje se odnose na tkzv. „levi” i „desni” deo kuće. U daljem, one će biti date po stavkama kojima se mora voditi izabrani izvođač radova

Postupak sancije „desnog” dela kuće, dosta sigurnijeg i očuvanijeg, sastoji se u sledećim koracima i otpoćeće nakon preseljenja svih eksponata na adekvatnu lokaciju:

- a) uklanjanje daščane podne obloge u potpunosti zajedno sa slojem šljake i pepela;
- b) uklanjanje daščane podloge (talpe) pričvršćene preko oštećene međuspratne grede;
- c) izrada potporne konstrukcije od čeličnih cevastih elemenata ispod zidova **5-BC** i **C-56**, od opeke sobe smeštene u uglu prostora (ose: **5-6-B-C**), u svemu sa datom procedurom „korak po korak”, grafički i tekstualno opisanom i datom u projektnoj dokumentaciji;
- d) uklanjanje jednog dela starih MSG u zoni oko poduprtih zidova;
- e) izrada sloja za naleganje preko dela podrumskih kamenih zidova o koji će se osloniti MSG od tesane hrastovine, dimenzija poprečnog preseka  $b/h=12/14$ , u cementnom malteru i oblaganje istog bitumeniziranom Al-folijom kako bi se sprečilo higroskopsno upijanje vlage drveta iz cementnog maltera;
- f) ugradnja specijalno projektovanih i oblikovanih greda složenog poprečnog preseka ispod

poduprtih zidova u svemu prema datim grafičkim priložima i opisanoj proceduri. Nove grede su od tesane hrastovine, osušene (nivo vlažnosti ne sme prelaziti iznos propisima definisan,  $w < 18\%$ ), zaštićene odgovarajućim sredstvima od žižka, insekata i mogućnosti razvoja gljivičnih kolonija i premazanih u dva sloja zaštitnim i impregnacionim lazurnim sredstvom tipa „sadolin”, „belton” ili odgovarajućim po kvalitetu, u tonu po izboru Zavoda za zaštitu spomenika kulture Niš;

- g) uklanjanje podupirača;
- h) uklanjanje preostalog dela starih MSG u ovom delu kuće;
- i) izrada sloja za naleganje preko ostalog dela podrumskih kamenih zidova na koji će se osloniti nove MSG od tesane hrastovine, u cementnom mal-teru i oblaganje istog bitumeniziranom Al-folijom;
- j) ugradnja novih MSG od tesane hrastovine, na osovinskom rasteru od  $e=40\text{cm}$ , dimenzija poprečnog preseka  $b/h=12/14\text{cm}$ , u svemu prema statičkom proračunu, datim grafičkim priložima i opisanoj proceduri;
- k) ugradnja podne konstrukcije. Podna konstrukcija se sastoji od specijalno profilisanih drvenih talpi četinaru I klase debljine 45mm i širine 12-14cm, koje se međusobno uklapaju vezom na pravi sučeljak ili pero-žljeb. Ove daske se direktno oslanjaju na nove MSG postavljene na rasteru  $e=40\text{cm}$ . U pravcu upravnom na pravac pružanja talpi na rasteru od 60cm ugraditi letve (fetne) dimenzija poprečnog preseka 5/8cm. Njihov međuprostor popuniti, najpre PVC folijom, a zatim perlitnim malterom u debljini od 5cm. preko fetni pričvrstiti oblogu tipa „brodski pod” koja se izvodi od dasaka četinaru I klase u debljini od 2,4cm. Obavezna je ugradnja odgovarajućih ugaonih lajsni. Podna konstrukcija, kao i podna obloga („brodski pod”) štite se odgovarajućim premazima i boje u tonu, po izboru Zavoda.

l) molersko-korektivne aktivnosti usled nastalih oštećenja u zoni ugradnje krajeva MSG i u zoni podupiranja pregradnih zidova sobe.

Postupak sancije „levog” dela kuće (ose: 1-4-A-E), dosta oštećenijeg (Slika 5), otpočeće nakon preseljenja svih ekspanata na adekvatnu lokaciju i podrazumeva radikalniji pristup (potpuno uklanjanje) zasnovan na sledećim koracima:

a) izrada potporne konstrukcije koja treba da prihvati opterećenje od spoljašnjeg zida sprata A-14, erkerno oslonjenog, od krovne konstrukcije u ovom delu kuće i u potpunosti ga privremeno prenese do tla. Predlog položaja podupirača, koji je dat u projektnoj dokumentaciji, može biti modifikovan u zavisnosti od okolnosti na licu mesta;

b) izrada potporne konstrukcije koja treba da prihvati opterećenje od krovne konstrukcije u ovom, „levom”, delu kuće i u potpunosti ga prenese do poda podruma. Izrada konstrukcije skele koja treba da prihvati opterećenje od zidanog dimnjaka i ložišta i u potpunosti ga prenese do poda podruma. Predlog položaja podupirača, koji je dat u projektnoj dokumentaciji, može biti modifikovan u zavisnosti od okolnosti na licu mesta, nakon uklanjanja plafonske obloge; U ovom koraku vršiti nivelisanje-podizanje dimnjaka i ložišta na potrebnu kotu, kako bi bio u skladu sa ostalim elementima međuspratne konstrukcije

c) uklanjanje pregradnih zidova od pune opeke, debljine  $d=12\text{cm}$ , zidova D-14, 2-DE, 3-AD sa uskladištenjem materijala koji se može upotrebiti za njegovu ponovnu izradu. Stolariju (vrata) neophodno je pažljivo, bez oštećenja, demontirati, jer se ista vraćaju na svoju poziciju. Voditi računa o položaju elektroinstalacionih razvoda;

d) uklanjanje daščane podloge (talpi) pričvršćene preko oštećene međuspratne konstrukcije;

e) uklanjanje podne obloge od pune opeke, njihovo čišćenje i uskladištenje materijala koji se može upotrebiti za njenu ponovnu izradu;

m) uklanjanje starih MSG u ovoj zoni kuće;

n) uklanjanje centralne grede GG-02 (CPG), grede sa najvećim strukturnim oštećenjima, zajedno sa drvenim stubom i naglavnim jastukom.

Ovim postupcima u potpunosti bi bila uklonjena kompletna međuspratna konstrukcija ovog dela sa podnim oblogama u punoj opeci i dasci, centralna drvena greda oslonjena na stub S-D2 i stub S-D1, pregradni zidovi od opeke koji omeđuju hodnički, sobni i kuhinjski prostor. Odgovarajućom potpornom konstrukcijom (skelom) mora se obezbediti stabilnost

i nepomerljivost drvene krovne konstrukcije kao celine u ovom delu objekta, pre nego što se krene sa rekonstruktivnim zahvatima koji se sastoje u sledećim koracima:

a) izrada sloja za naleganje preko dela podrumskih kamenih zidova o koji će se osloniti MSG od tesane hrastovine dimenzija poprečnog preseka  $b/h=12/14$ , u cementnom malteru i oblaganje istog bitumeniziranom Al-folijom kako bi se sprečilo higroskopsko upijanje vlage drveta iz cementnog maltera;

b) ugradnja nove centralne grede od tesane hrastovine poprečnog preseka  $b/h=18/26\text{cm}$  preko stubova S-D2 i S-D1 i drvenih jastuka, sa odgovarajućim vezama (ugradnja klamfi, izrada veze na čep ili upotreba zavrtnjeva M14), u svemu prema izvornim detaljima koji se odnose na oslanjanje grede njenim krajevima na podrumski zid, konstrukciju u zoni granice između „levog” i „desnog” dela kuće (njen sastavni deo je stub S-D1) i o stub S-D2;

c) ugradnja novih MSG od tesane hrastovine, na osovinskom rasteru od  $e=40\text{cm}$ , dimenzija poprečnog preseka  $b/h=12/14\text{cm}$ , u svemu prema datim grafičkim priložima i opisanoj proceduri (Slika 6);

d) ugradnja nove spregnute MSG od tesane hrastovine, dimenzija poprečnog preseka  $3x(b/h)=3x(12/14)\text{cm}$ , u zoni ložišta u svemu prema datim grafičkim priložima i opisanoj proceduri- pravac **2-E-D**; Grede se međusobno povezuju po vertikalnom spoju i po celoj dužini zavrtnjima M14, na međusobnom rastojanju od 20cm. Pritežu se obostrano maticama koje se ugrađuju preko podložnih ploča u ukopane otvore („frezekovanje”) (Slika 7).

e) ugradnja nove spregnute MSG od tesane hrastovine, dimenzija poprečnog preseka  $2x(b/h)=2x(12/14)\text{cm}$ , u zoni ložišta u svemu prema datim grafičkim priložima i opisanoj proceduri-pravac 3-A-D;

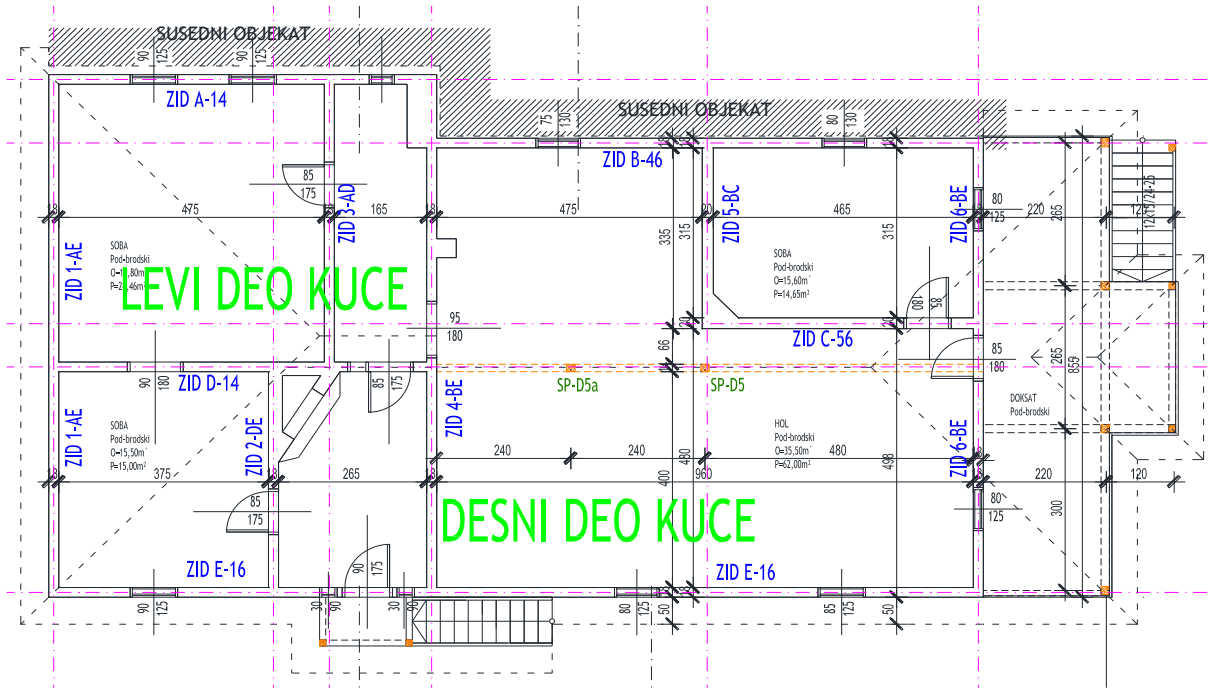
f) zidanje novih pregradnih zidova krećnim malterom, od iste opeke u debljini od 12cm (sa dodatkom novih opeka) i ugradnja uklonjene stolarije;

g) uklanjanje potporne konstrukcije (skele) i prenošenje opterećenja od krovne konstrukcije na novoizvedene konstrukcijske elemente;

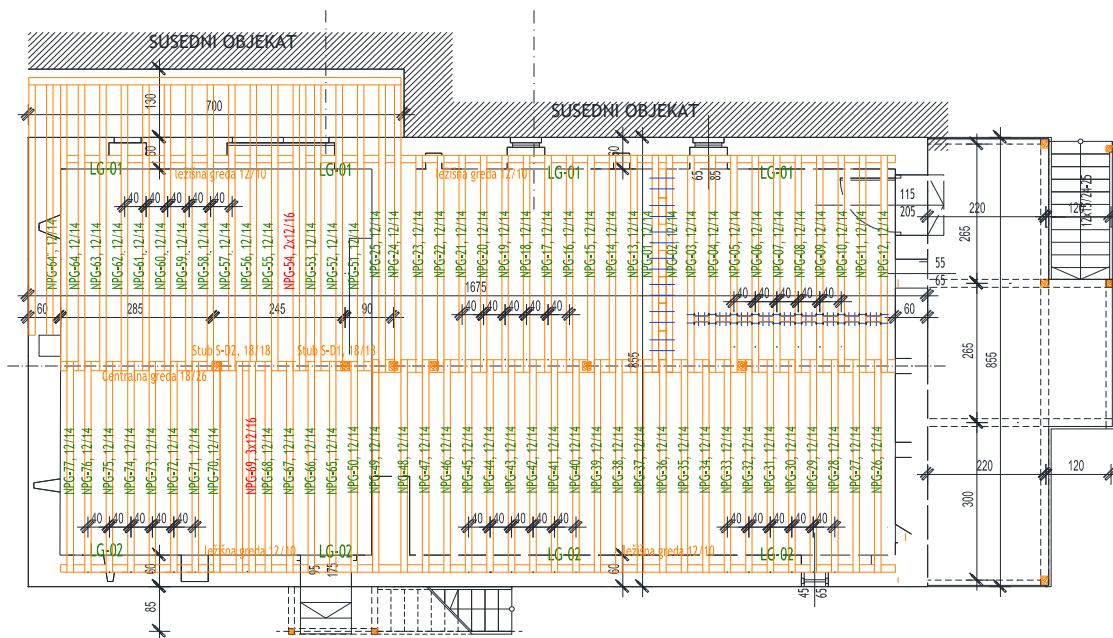
o) ugradnja podne konstrukcije tipa „brodski pod” u sobnom prostoru. Podna konstrukcija se sastoji od specijalno profilisanih drvenih talpi četinara I klase debljine 45mm i širine 12-14cm, koje se međusobno uklapaju vezom na pravi sučeljak ili pero-žljeb. Ove daske se direktno oslanjaju na nove MSG postavljene na rasteru  $e=40\text{cm}$ . U pravcu upravnom na pravac pružanja talpi na rasteru od 60cm ugraditi letve (fetne) dimenzija poprečnog preseka  $5/8\text{cm}$ . Njihov međuprostor popuniti, najpre PVC folijom, a zatim perlitnim malterom u debljini od 5cm. preko fetni

pričvrstiti oblogu tipa „brodski pod“ koja se izvodi od dasaka četinara I klase u debljini od 2,4cm. Obavezna je ugradnja odgovara-jućih ugaonih lajsni. Podna konstrukcija, kao i podna obloga („brodski pod“) štite se odgovarajućim premazima i boje u tonu, po izboru Zavoda.

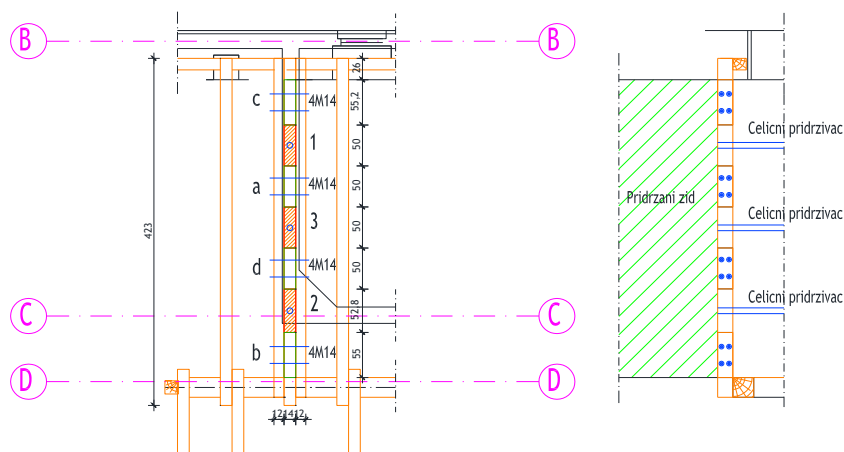
p) ugradnja daščane podloge u zoni hodnika i kuhinje, hidroizolacione obloge preko nje i izrada podne obloge od pune opeke u krečnom malteru;  
 q) završni, zanatski radovi (malterisanje, gletovanje, krečenje-bojenje krečom u više navrata do postizanja ujednačene bele boje)



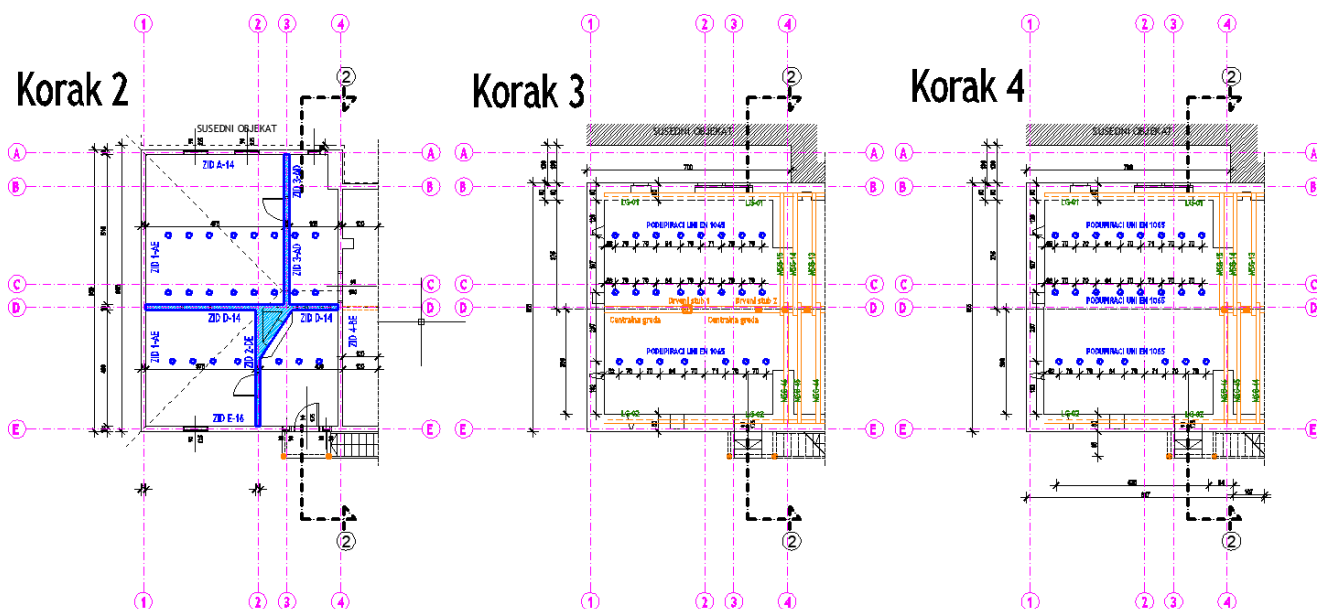
Slika 5 – Osnova sprata



Slika 6- Novoprojektovana međuspratna konstrukcija



Slika 7 Greda složenog poprečnog preseka ispod poduprtog zida



Slika 8 deo postupaka predloženih mera sanacije „levog“ dela kuće

### 3 ZAKLJUČAK

Izložena procedura sanacije i rekonstrukcije noseće drvene konstrukcije kuće Stevana Mokranjca u Negotinu predstavlja optimalan i realno izvodljiv građevinski postupak. Prilikom osmišljavanja rešenja kojima se omogućavaju određeni postupci zamene konstrukcijskih elemenata vodilo se računa o preporukama Zavoda za zaštitu spomenika kulture iz Niša o očuvanju autentičnosti konstrukcije objekta, oblikovanju konstrukcijskih elemenata i samog procesa gradnje karakterističnog za sredinu XIX i početak XX veka na prostorima Srbije. Postoji strepnja da će veliki problem biti izbor kompetentnog, referentnog i stručnog izvođača predloženih postupaka sanacije noseće drvene

konstrukcije kuće imajući u vidu delikatnost pojedinih izvođačkih pozicija, kao i kvalitet drvene građe koja mora biti pažljivo odabrana i obrađena.

### LITERATURA

- [1] Stojić D., Cvetković R., Marković N., Conić S.: *Projekat sanacije noseće drvene konstrukcije kuće Stevana Mokranjca*, 2016.



UDK : 334.012.63(497.11)  
334.012.64(497.11)

## PRINCIPI NEOLIBERALNE EKONOMIJE U STRATEŠKIM DOKUMENTIMA I NJIHOV UTICAJ NA STRUKTURNE PROMENE PREDUZEĆA NIŠAVSKOG UPRAVNOG OKRUGA

Aleksandar Ristić<sup>1</sup>

**Rezime:** U procesu političkog i ekonomskog prestrukturiranja naše zemlje uključivanje u savremene tokove zahtevalo je restrukturiranje društva kao celine i privrede kao njegovog najvitalnijeg dela, a prvi koraci na tom putu su se sastojali u unapređivanju pravno-administrativne regulative kao okvira u kome ona funkcioniše. U cilju uvođenja novih pravila poslovanja i prilagođavanja globalnim uslovima, tokom poslednjih petnaest godina su, kako na državnom, tako i na lokalnom nivou donete brojne strategije koje regulišu ovu oblast, a kojima se u skladu sa principima neoliberalnog kapitalizma usmeravao razvoj oblasti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva. U radu se daje kratak pregled ovih razvojnih dokumenata, kao i prikaz postavljenih ciljeva i izdvojenih strateških prioriteta u skladu sa lokalnim specifičnostima, što je i bila poenta njihove razrade na lokalnom nivou. Takođe, radi evaluacije postignutih efekata i odnosa brojnosti malih, srednjih i velikih preduzeća, na teritoriji Nišavskog upravnog okruga, sprovedena je i analiza kretanja broja aktivnih privrednih subjekata razvrstanih prema veličini na mala, srednja i velika preduzeća. Rezultati ukazuju da je na analiziranom području napuštena koncepcija po kojoj su velika preduzeća bila nosioci razvoja i da je tu ulogu, barem sudeći po brojnosti, preuzeo sektor malih privatnih preduzeća.

**Ključne reči:** Neloberalizam, tržišna ekonomija, strategija, mala i srednja preduzeća, preduzetništvo

## NEOLIBERAL ECONOMY PRINCIPLES IN STRATEGIC DOCUMENTS AND THEIR IMPACT ON THE STRUCTURAL CHANGES IN ENTERPRISES OF THE NISAVSKI ADMINISTRATIVE DISTRICT

**Abstract:** In the process of political and economic restructuring of our country, inclusion in contemporary trends required the restructuring of society as a whole and economy as its most vital work, and the first steps in that way consisted in the improvement of legal and administrative regulations as the framework in which it operates. With the aim of introducing new business rules and adapting to global conditions, over the last fifteen years, numerous strategies have been adopted at the state and local level, which, in accordance with the principles of neoliberal capitalism, have been guiding the development of small and medium-sized enterprises and entrepreneurship. The paper gives a brief overview of these development documents, as well as an overview of the set goals and selected strategic priorities in accordance with local specifics, which was the point of their development at the local level. Also, in order to evaluate the achieved effects and the ratio of the number of small, medium and large enterprises in the territory of the Nisava Administrative District, the analysis of the movement of the number of active business entities classified by size into small, medium and large enterprises was also conducted. The results indicate that in the analyzed area, the concept that large companies were the bearers of development was abandoned, and that this role, at least judged by the number, took over the sector of small private enterprises.

**Key words:** Nelberalism, market economy, strategy, small and medium enterprises, entrepreneurship

<sup>1</sup> Aleksandar Ristić, dipl.ing.arh. *самостални планер*, ЈП Завод за урбанизам Ниш, 7. јула 6 18000 Ниш

## UVOD

Transformaciju poslovnih subjekata u našoj zemlji neophodno je posmatrati u okviru društveno-političkih i privrednih transformacija na globalnom i lokalnom nivou. Globalizacija tržišta i postepeno nadržavanje međunarodnih kompanija uloge država prouzrokovala je promenu poslovne klime u celom svetu i neoliberalizaciju većine ekonomija.

Dominantno je zastupljen neoliberalni pristup u kome je sve podređeno interesima kapitala i koji počiva na paradigmi slobodnog tržišta i nemešanja države u privredu, smatrajući da će otvoreno tržište omogućiti brži privredni razvoj društva. Neoliberalni pristup podrazumeva i oslobađanje privrede bilo kakvih ograničenja i kontrole od strane države, veće slobode za međunarodnu trgovinu i investicije. Takođe, ovaj pristup sa sobom nosi ukidanje kontrole cena, sloboda kretanja kapitala, dobara i usluga; redukciju javnih troškova za socijalne davanja, obrazovanje i zdravstveno osiguranje.

„Ekonomska globalizacija odnosi se na ekspanziju i intenzifikaciju međunarodne trgovine i investicija, politička na organizaciju transnacionalnog upravljanja i kontrolnih institucija, difuziju liberalne ideologije i institucionalnih formi, a kulturna globalizacija na širenje zapadnog sistema vrednosti, ideja, kulturnih navika i sl.“ (Miletić, R. 2008).

Gubitak granica između država za kretanje robe, usluga i kapitala doveo je i do globalizacija svetskog tržišta koje je posredno prouzrokovalo i proces deindustrijalizacije. Tržište je na taj način postalo deo jedinstvenog globalnog tržišta, a svako privelegovanje domaćih proizvođača je zabranjeno međunarodnim konvencijama, jer naselja „globalna ekonomija prisiljava da se pripreme na nova tržišta i nove političke integracije“ (Šaban, S. 2006).

Ovaj proces se manifestovao kroz izmeštanje radno, lokacijski i sirovinski intenzivnih industrija iz zemalja razvijenih privreda u zemlje sa nižom cenom proizvodnje, dok je paralelno tekao proces razvoja novih privrednih grana, uglavnom iz oblasti industrije znanja, visokih tehnologija finansijskih i poslovnih usluga, odnosno „pomeran je naglasak sa proizvodnje robe ka razvoju sektora usluga“ (Backović, V. 2005).

Zemlje Južne i Istočne Evrope koje su pripadale nekadašnjem „socijalističkom bloku“ tokom druge polovine XX veka karakterisao je privredni sistem zatvoren za inostranu robu i uslugu. Kako nije bio u stanju da se ekonomski održi postepeno su otvarane granice za upliv stranog kapitala načina privređivanja.

Sve zemalje članice nekadašnjeg „socijalističkog bloka“ prolazile su, a i dalje prolaze kroz reformu društveno-političkog i privrednog sistema koji je karakterisala državna (centralizovana) kontrole razvoja privrede i podrška preduzećima raznim oblicima direktnih i indirektnih državnih subvencija, a koji se u stručnoj literaturi označava terminom „tranzicija“.

Kako neoliberalni pristup podrazumeva smanjenje regulatorne uloge države, racionalizaciju javne potrošnje, privatizaciju javnih dobara i odsustvo državne i društvene svojine, bilo je neophodno smanjenje barijera za razvoj privatnog sektora koje su preostale iz nekadašnjeg socijalističkog uređenja. Ovaj proces je regulisan administrativno-pravnim merama, kao i strateškim dokumentima iz ove oblasti.

Prema *Strategiji i politici razvoja industrije Srbije od 2011. do 2020. godine* prva faza ovih reformi se sastojala u uvođenju pravila tržišne ekonomije i privatizaciji društvenih preduzeća, dok drugu fazu karakteriše „stvaranje podsticajnog ambijenta za investitore: zaštita svojine i ugovora, efikasno pravosuđe, moderan poreski sistem, reformisani javni sektor, usklađena fiskalna i monetarna politika, efikasan bankarski sistem i razvoj finansijskih tržišta, razvijeni odnosi privatnog i javnog partnerstva posebno u infrastrukturi, regulisano tržište rada, uređeni odnosi između zaposlenih i poslodavaca, smanjenje sive ekonomije, korupcije i politička stabilizacija.“

U našoj zemlji je proces tranzicije je bio dodatno otežan prekidom unutrašnjih trgovinskih veza i gubitkom velikog dela inostranog tržišta i inflacijom koja je usledila, tako da je proces tranzicije društveno-ekonomskog sistema kasnio. Privreda se i dalje zasnivala na velikim društvenim preduzećima, dok je nezaposlenost bila velika, bilo je neophodno sprovođenje korenitih reformi privrede kako bi bila u stanju da se prilagodi novonastalim zahtevima tržišta.

Krajem osamdesetih godina XX veka naša zemlja je bila u dubokoj ekonomskoj krizi što je doprinelo da otpočne reforme, koje su u privrednoj sferi podrazumevale integracije u globalnu ekonomiju. „Nametnula su se „pitanja o načinu prevazilaženja neefikasnosti industrijskog sektora, drastičnog pada svih pokazatelja industrijskog rasta, potrebi restrukturiranja sektora i ustanovljavanja nove industrijske politike i politike teritorijalnog razvoja ove delatnosti, radi podizanja konkurentnosti“ (Zeković, S. 2004) Ove kompleksne promene je moguće sagledati i u donešenim zakonima i strateškim dokumentima koji tretiraju oblast privrede, a na kojima će u istraživanju biti naglasak.

## 1. RAZVOJ SEKTORA MALIH I SREDNJIH PREDUZEĆA I PREDUZETNIŠTVA

Sektor malih i srednjih preduzeća je u socijalističkom periodu bio marginalizovan, a do njegovog intenzivnijeg razvoja dolazi krajem osamdesetih godina XX veka, kada je donošenjem *Zakona o preduzećima* i niza pratećih mera u cilju liberalizacije i povećanja konkurentnosti i efikasnosti privrede olakšano poslovanje preduzeća u privatnom vlasništvu. U tom periodu je osnovana i Agencija za mala i srednja preduzeća i preduzetništvo, kao početak razvoja institucionalnog okvira za podsticaj razvoju sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva.

Preduzete mere rezultirale su formiranjem velikog broja preduzeća tokom poslednje decenije dvadesetog veka godina. Prema strategiji Strategiji i politici razvoja industrije Srbije od 2011. do 2020. godine „najveća ekspanzija ovog sektora je bila u periodu 1990-1994. godine kada se broj registrovanih preduzeća povećao za skoro 180.000 (sa 25.173 u 1990. na 202.943 u 1994. godini), do 2000. godine broj malih i srednjih preduzeća je dodatno povećan na 180.431, uz 176.724 radnje, a u periodu 1990-2000. godine je i broj zaposlenih u sektoru povećan za više od 3 puta (sa 400.000 na 1.350.000).”

Nakon društveno-političkih i ekonomskih reformi mala i srednja preduzeća najviše doprinose promenama privredne strukture. Njihova konkurentna prednost ogleda se u brzini, fleksibilnosti i osetljivosti na potrebe potrošača i ona na taj način obezbeđuju preko potrebnu fleksibilnost i adaptibilnost privrede u neizvesnim tržišnim uslovima.

Kako je sektor malih i srednjih preduzeća jedini koji je u tom periodu beležio pozitivne rezultate, sprovedene su i značajne zakonodavne i administrativne reforme koje su trebale da obezbede povoljnije uslove za unapređenje poslovnog okruženja, razvoj tržišne ekonomije i privatnog preduzetništva.

Radi daljeg podsticanja razvoja 2003. godine je doneta *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Republici Srbiji za period 2003-2008. godine*, a zatim su usledile *Strategija razvoja konkurentnih i inovativnih malih i srednjih preduzeća za period od 2008-2013. godine* i *Strategija za podršku razvoja malih i srednjih preduzeća, preduzetništva i konkurentnosti za period od 2015-2020. godine*, čiji će osnovni ciljevi i predložena rešenja u najkraćim crtama biti prikazana u nastavku ovog rada.

## 2. STRATEGIJE REPUBLICKOG NIVOVA

*Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Republici Srbiji za period od 2003. do 2008. godine* doneta je u cilju stvaranja pravnog, administrativnog i poslovnog okruženja, koje bi stimulisalo otvaranje novih malih i srednjih preduzeća otvaranjem kreditnih linija, razvojem programa za podizanje njihove konkurentnosti i otvaranjem agencija i centara za podršku ovom sektoru. Strategijom su definisana dva osnovna razvojna cilja:

- Porast ukupnog broja malih i srednjih preduzeća i privatnih preduzetnika i
- Otvaranje preko milion radnih mesta u sektoru malih i srednjih preduzeća i preduzetništva.

Glavni elementi strategije razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva su:

- Prioritetni razvoj sektora sposobnih da podstaknu ekonomski razvoj i povećaju zaposlenost;
- Stvaranje jače institucionalne podrške sektoru malih i srednjih preduzeća na svim nivoima;
- Uklanjanje pravnih prepreka za poslovanje;
- Reforma javnih službi radi efikasnijeg pružanja usluga i smanjenja administrativnih prepreka;
- Olakšavanje pristupa sektora malih i srednjih preduzeća izvorima finansiranja;
- Podizanje konkurentnosti malih i srednjih preduzeća programima razvoja menadžmenta, uvođenjem sistema kvaliteta i inovacija;
- Jačanje veza između obrazovnog, naučno-istraživačkog sistema i malih i srednjih preduzeća;
- Povećanje izvoza malih i srednjih preduzeća;
- Podsticanje povezivanja tržišnog nastupa velikih preduzeća sa malim i srednjim preduzećima;
- Razvoj moderne i konkurentne telekomunikacione infrastrukture i podrška razvoju industrije softvera i elektronskog poslovanja;
- Smanjenje obima tzv. „sive“ ekonomije poboljšanjem ambijenta u kome posluju registrovana preduzeća i privatni preduzetnici;
- Poboljšanje statističkog sistema za praćenje sektora malih i srednjih preduzeća;
- Promocija aktivnosti vezanih za pomoć razvoju sektora malih i srednjih preduzeća kroz kontinuiranu medijsku kampanju;
- Izrada godišnjih programa sa definisanjem prioriternih aktivnosti i sredstava za njihovu realizaciju u cilju praćenje realizacije strategije;
- Obezbeđivanje finansijske i tehničke pomoći stranih donatora.

*Strategija razvoja konkurentnih i inovativnih malih i srednjih preduzeća za period od 2008. do 2013. godine* oslanjajući se na prethodnu definiše prioritete politike razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva, kao i načine njihovog ostvarivanja. Bazirana je na pet „stubova“ koji su dalje razrađeni kroz module i mere u skladu sa postavljenim prioritetima razvoja:

- Promocija i podrška preduzetništvu i osnivanju novih preduzeća;
- Razvoj ljudskih resursa za konkurentan sektor malih i srednjih preduzeća;
- Finansiranje i oporezivanje malih i srednjih preduzeća;
- Razvoj konkurentskih prednosti malih i srednjih preduzeća na izvoznim tržištima;
- Razvoj podsticajnog pravnog, institucionalnog i poslovnog okruženja za funkcionisanje malih i srednjih preduzeća.

Osnovna razvojna vizija predstavlja „Razvoj preduzetničke ekonomije, zasnovane na znanju i inovativnosti koja stvara snažan, konkurentan i izvozno orijentisan sektor malih i srednjih preduzeća i značajno doprinosi povećanju životnog standarda u Republici Srbiji.“ Kao osnovni zadaci u ostvarivanju vizije definisani su su:

- Povećanje broja malih i srednjih preduzeća;
- Povećanje procenta malih i srednjih preduzeća koja opstaju tokom početnih godina;
- Povećanje obima sredstva za finansiranje razvoja malih i srednjih preduzeća;
- Povećanje konkurentnosti malih i srednjih preduzeća;
- Podsticanje razvoja inovativnosti u malim i srednjim preduzećima;
- Povećanje učešća malih i srednjih preduzeća koja rastu zahvaljujući izvozu;
- Podsticanje prerastanja mikro preduzeća u mala, i malih preduzeća u srednja preduzeća.

Prema ovoj strategiji, posmatrajući ovaj sektor prema dominantnim oblastima delatnosti, 2009. godine 63% malih i srednjih preduzeća je poslovalo u oblasti usluga, 17% u prerađivačkoj industriji i 8% ugrađevinarstvu. Veliki broj preduzeća registrovanih za obavljanje više različitih vrsta delatnosti je onemogućio strogu klasifikacija po delatnostima.

Kao osnovni nedostatak za razvoj sektora malih i srednjih preduzeća istaknuto je odsustvo međusobnog povezivanja kroz različite oblike poslovnog udruživanja (klasteri i sl.), kao i nedovoljno povezivanje sa velikim preduzećima i multinacionalnim kompanijama u okviru lanca dobavljača.

Osim delovanja Vlade u cilju stvaranja opštih uslova i porške razvoju malih i srednjih preduzeća, istaknuta je važnost izgradnje infrastrukture i obezbeđenje lokacija za industrijske i radne zone, kao i unapređenj organizacione podrške preduzetništvu.

Strategija za podršku razvoja malih i srednjih preduzeća, preduzetništva i konkurentnosti za period od 2015. do 2020. godine predstavlja logičan nastavak u formiranju strateškog okvira za unapređenje uslova za razvoj mikro, malih i srednjih preduzeća i preduzetništva. Komplementarna je sa ranijim strategijama i donosi dodatne sadržaje koji se nadovezuju na već utvrđene prioritete postavljene kroz šest stubova:

- Unapređenje poslovnog okruženja;
- Unapređenje pristupa izvorima finansiranja;
- Kontinuirani razvoj ljudskih resursa;
- Jačanje održivosti i konkurentnosti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva;
- Unapređenje pristupa novim tržištima;
- Razvoj i promocija preduzetničkog duha i podsticanje preduzetništva žena, mladih i socijalnog preduzetništva.

Osnovna strateška vizija ove strategije je „Razvoj preduzetništva i konkurentnosti, zasnovan na privatnoj preduzetničkoj inicijativi, znanju i inovativnosti, u cilju osnaživanja domaćih mikro, malih i srednjih privrednih društava i preduzetnika u dovoljnoj meri da spremno odgovore na pritisak konkurencije na zajedničkom tržištu Evropske Unije i doprinesu poboljšanju životnog standarda u Republici Srbiji.“

Prema ovoj strategiji struktura malih i srednjih preduzeća i preduzetnika po delatnostima se nije bitno izmenila, tako da i dalje dominiraju oblasti trgovine, usluga i prerađivačke industrije. Takođe, navodi se da „u prerađivačkoj industriji dominiraju privredni subjekti koji posluju u nisko tehnološkim oblastima, sa proizvodima male dodate vrednosti i diferenciranosti, što za posledicu ima njihovu slabiju poziciju na tržištu i niske cenovne i dobitne margine“.

Kao osnovni izazov za dalji razvoj preduzetničkog sektora istaknuti su nedostaci koji i dalje postoje u domenu pravnog okvira i sigurnosti poslovanja, a nepovoljni uticaj ima i pad domaće tražnje i spor oporavak ekonomija na izvoznim tržištima, kao i još uvek visok nivo tzv. „sive“ ekonomije.

Na jedinicama lokalne samouprave je bilo da donesu sopstvene strategije kojima su na lokalnom nivou i u skladu sa sopstvenim razvojnim potencijalima i trasirale pravce razvoja sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva. U nastavku će biti prikazane donete strategije u okviru jedinica lokalnih samouprava Nišavskog upravnog okruga.

### 3. STRATEGIJE LOKALNOG NIVOA

U nastavku će biti prikazana izvod iz strategija donetih od strane jedinica lokalnih samouprava u okviru Nišavskog upravnog okruga. Nišavski upravni okrug karakteriše odličan strateški položaj na koridoru X. U njemu na 3.248 km<sup>2</sup> prema popisu iz 2011. godine živi 376.319 stanovnika. Čine ga Grad Niš sa Gradskim opštinama Medijana, Pantelej, Crveni Krst, Palilula i Niška Banja i Opštine Aleksinac, Gadžin Han, Doljevac, Merošina, Ražanj i Svrlijig.

*Slika 1: Opštine Nišavskog upravnog okruga*



Prema podacima Agencije za privredne registre od 2.12.2017. godine, samo Grad Niš pripada I grupi lokalnih samouprava kod kojih je stepen razvijenosti iznad republičkog proseka, dok sve ostale opštine pripadaju IV kategoriji kod kojih je stepen razvijenosti ispod 60% republičkog proseka.

#### 3.1. STRATEGIJE GRADA NIŠA

Grad Niš je izradio više studija u cilju pospešivanja razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva. Za potrebe ovog rada biće prikazani izvodi iz *Studije razvoja lokalne ekonomije Grada Niša* iz 2005. godine i *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva za period od 2009. do 2013. godine*.

Ove strategije ne tretiraju razvoj preduzetništva u pojedinačnim gradskim opštinama, već se njihova rešenja primenjuju na teritoriji celog grada u skladu sa lokalnim razvojnim potencijalima i specifičnostima.

*Studija razvoja lokalne ekonomije Grada Niša* iz 2005. godine konstatuje da uprkos postojanju brojnih komparativnih prednosti za razvoj svih grana privrede, privredu Grada Niša karakteriše „visoko učešće niskodohodovnih i radnointenzivnih grana prvenstveno u oblasti industrije ... kao posledica velikog mehaničkog priliva stanovništva tokom druge polovine XX veka koji je nadmašio komunalne, socijalne i ekonomske kapacitete grada, ali isto tako i kašnjenja procesa dislokacije privrednih subjekata u područja iz kojih su se odvijale migracije“.

Kao najveća ograničenja za razvoj lokalne privrede navedeni su: Nedovoljno razvijen sektor malih i srednjih preduzeća; Nizak nivo privredne aktivnosti; Prezaduženost privrednih subjekata; Nedostatak tržišnosti; Nerazvijenost privatnog sektora, preduzetništva, menadžmenta i marketinških veština; Netransparentnost pravnih i regulatornih okvira; Visok stepen nezaposlenosti i socijalnih tenzija.

U 2004. godini u Nišu je najveći broj radnji bio u oblasti trgovine (43,84%) koja je još uvek najprivlačnija delatnost. Značajan udeo imaju i radnje u oblasti prerađivačke industrije (17,07%). Kako je veliki broj preduzeća registrovan je za obavljanje više delatnosti, stroga klasifikacija po delatnostima nije moguća. Uprkos tome što su po broju prednjačila mala preduzeća, najveći broj zaposlenih je bio u velikim preduzećima tako da su ona i dalje predstavljala nosice razvoja i osnovne izvore zapošljavanja.

Imajući u vidu brzinu, fleksibilnost i osetljivost na potrebe potrošača malih i srednjih preduzeća, ocenjeno je da ona predstavljaju deo privrede koji je jedini u stanju da se blagovremeno prilagodi zahtevima tržišta i obezbedi preko potrebnu dozu fleksibilnosti i adaptabilnosti privredi.

Kao mera podrške razvoju malih i srednjih preduzeća osnivana je *Regionalna agencija za razvoj malih i srednjih preduzeća* sa zadatkom da pruži informativne i savetodavne usluge i programe obuke, kao i specijalističke obuke osposobljavanja za osnivanja novih malih i srednjih preduzeća. Ova institucija pruža informacije o zakonskoj regulativi i merama ekonomske politike, informacije od značaja za otpočinjanje, organizovanje i vođenje biznisa i pružanje finansijske pomoći u smislu iznalaženja izvora finansiranja, pomoći u istraživanjima i uvođenju tehnologije, kao i pomoći u sklapanju ugovora sa velikim preduzećima i državnim organima i druge specifične vrsta pomoći preduzetnicima.

*Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva za period od 2009. do 2013. godine* doneta je kao logičan nastavak mera definisanih prethodnom strategijom. Opšti cilj je „stvaranje povoljnog poslovnog ambijenta za investiranje, razvoj preduzetništva, povećanje zaposlenosti, jačanje konkurentnosti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva i jačanje inicijativa teritorijalnog marketinga radi poboljšanja imidža Grada Niša kao ekonomskog centra regiona u kome posluju uspešna, visokoprofitabilna, na znanju zasnovana mala i srednja preduzeća i preduzetnici“.

Prema ovoj studiji, analiza privredne strukture Grada Niša ukazuje na „pomeranje težišta privrednih aktivnosti ka tercijarnom – uslužnom sektoru delatnosti koji postepeno postaje sve dominantniji na teritoriji Grada Niša“. Opšti nivo industrijske proizvodnje u Gradu Nišu je ocenjen kao nizak s obzirom na to da je 2004. godine je iznosio svega 45% nivoa iz 1990. godine. U oblasti privatnih radnji dominantni sektori su bili trgovina (42,36%) i zanatstvo (34,18%), koji zapošljavaju i najviše radnika.

Osnovna vizija razvoja grada i oblasti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva formulisana ovom strategijom glasi „Razvoj Grada Niša kao logističkog centra regiona, grada sa preduzetničkim odnosom prema sektoru malih, srednjih preduzeća i preduzetništva i prepoznatljive destinacije za investitore usmerene ka novim tehnologijama“. Strategijom su definisana četiri prioriteta za ostvarivanje postavljene vizije:

**Prioritet 1:** *Podrška razvoju materijalne i institucionalne infrastrukture* u cilju stvaranja materijalne baze za osnivanje i razvoj malih i srednjih preduzeća, kao i organizovanje stručnih tela za pružanje tehničke i organizacione pomoći malim i srednjim preduzećima.

**Cilj 1:** Stvaranje ambijenta za poslovanje malih i srednjih preduzeća i preduzetnika iskorišćavanjem potencijala postojećih radnih zona i formiranjem novih radnih zona (poslovnog inkubatora i naučno-tehnološkog parka);

**Cilj 2:** Stvaranje strukturnih uslova za pozicioniranje Grada Niša kao logističkog centra iskorišćavanjem njegovih saobraćajnih i geografsko-strateških potencijala kroz formiranje logističkog i kargo centra i razvoj „Slobodne zone Niš“;

**Prioritet 2:** *Finansijska i nefinansijska podrška razvoju malih i srednjih preduzeća, a naročito novoosnovanim firmama.*

**Cilj 1:** Obezbeđivanje finansijske podrške za osnivanje malih i srednjih preduzeća kroz podsticajne mere u vidu smanjenja taksi i naknada, odobravanja „grejs“ perioda ili uvođenje drugih vrsta podsticaja;

**Cilj 2:** Obezbeđivanje nefinansijske podrške malim i srednjim preduzećima formiranjem institucija za podršku njihovom osnivanju i radu, uz unapređivanje kvaliteta usluga lokalne administracije;

**Cilj 3:** Eksterno i interno umrežavanje malih i srednjih preduzeća i preduzetnika kroz intenziviranje međusobne saradnje i kroz njihovo umrežavanje sa lokalnom samoupravom, univerzitetima i sl.

**Prioritet 3:** *Razvoj ljudskih resursa za konkurentan sektor malih i srednjih preduzeća i preduzetništva, sposoban da u svakom trenutku odgovori tržišnim zahtevima.*

**Cilj 1:** Jačanje kapaciteta gradske i opštinskih uprava podizanjem nivoa znanja i veština zaposlenih u lokalnim organima, uz uvođenje kontinuirane edukacije.

**Cilj 2:** Jačanje kapaciteta postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika edukacijom vlasnika i zaposlenih o neophodnosti podrške razvoju poslovanja;

**Cilj 3:** Jačanje institucija za podršku sektoru malih i srednjih preduzeća kroz seminare, konsultativne usluge i mentoring;

**Cilj 4:** Osposobljavanje nezaposlenih za aktivno učešće u sektoru malih i srednjih preduzeća i preduzetništva kroz zapošljavanje i samozapošljavanje.

**Prioritet 4:** *Promocija sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva* u cilju promocije Niša kao dobrog poslovnog ambijenta, smanjenja nezaposlenosti i jačanja privrednih kapaciteta.

**Cilj 1:** Promocija preduzetništva i postojećih malih i srednjih preduzeća kroz jačanje svesti o mogućnostima koje pruža preduzetništvo i kroz promociju ideje preduzetništva i samozapošljavanja;

**Cilj 2:** Brendiranje i promocija razvojnih potencijala Niša kako bi se pozicionirao kao teritorija privlačna investitorima.

### 3.2. STRATEGIJA OPŠTINE ALEKSINAC

*Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva na teritoriji Opštine Aleksinac za period od 2009. do 2013. godine* doneta je sa ciljem stvaranja moderne i konkurentne privrede u uslovima tržišne ekonomije.

Prema ovoj studiji, privredu Opštine Aleksinac karakteriše nedovoljna dinamika privrednog rasta i poljoprivreda kao njen najvitalniji deo, nepovoljni tok razvoja tercijarnog sektora, pad zarada i nepovoljan uticaj tzv. „sive ekonomije“. Najbrojniji su preduzetici u oblasti trgovine (42,7%), prerađivačkoj industriji (18,77%), ugostiteljstvu i turizmu (11,17%).

Vizijom razvoja predviđeno je da Aleksinac bude „Grad dinamične i konkurentne privrede i razvijene infrastrukture i dobro mesto za poslovanje i odmor.“ Radi njenog ostvarivanja formirana je matrica prioriteta, strateških ciljeva, mera i programa.

Prioritet 1: *Podizanje konkurentnosti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva*

Cilj: Stvaranje moderne i konkurentne privrede zasnovane na znanju

Mera: Osavremenjivanje privredne strukture;

Program: Program razvoja industrije i poljoprivrede; Program edukacije i informisanja privrednika; Program podsticanja preduzetništva i inovacija.

Prioritet 2: *Razvoj turizma kroz aktivnu ulogu sektora malih i srednjih preduzeća*

Cilj: Stvaranje atraktivne turističke destinacije uz aktivno uključivanje privatne inicijative

Mera: Jačanje kapaciteta za razvoj turizma

Program: Program definisanja turističke ponude/proizvoda opštine; Program edukacije i standardizacije u turizmu; Program promocije turističke ponude Aleksinca; Razvoj sektora usluga.

Prioritet 3: *Privlačenje investitora*

Cilj: Povećanje prihoda i stvaranje novih radnih mesta usled priliva investicija

Mera: Usmeravanje opštinskih resursa ka privlačenju investicija

Program: Program obezbeđivanja zemljišta od strane opštine za industrijsku namenu; Program jačanja javno-privatnog partnerstva; Program promocije Opštine Aleksinac kao dobrog mesta za ulaganje.

### 3.3. STRATEGIJA OPŠTINE GADŽIN HAN

*Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u opštini Gadžin Han za period od 2009. do 2013. godine* zasniva se na strateškim dokumentima republičkog nivoa koji regulišu ovu oblast, a prvenstveno na *Strategiji razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Republici Srbiji za period od 2003. do 2008. godine* i *Nacionalnoj strategiji zapošljavanja 2004-2008. godine*.

Vizija razvoja Opštine Gadžin Han u oblasti razvoja sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva definisana je kao „savremeno uređena opština obrazovanih ljudi sa razvijenim malim i srednjih preduzećima u oblasti turizma, prepoznatljivom poljoprivrednom proizvodnjom u ekološkom okruženju i povećanim investicijama u njen dalji ekonomski razvoj.“ Ovakav pristup je koncipiran sa ciljem da doprinese unapređenju infrastrukturne i logističke podrške privrednom razvoju s obzirom na neadekvatnu infrastrukturnu i institucionalnu podršku imajući u vidu stanje putne mreše, ali i činjenicu da se na teritoriji opštine ne nalazi sedište nijedne institucije za podršku razvoja sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva.

Radi ostvarivanja postavljene vizije definisani su strateški prioriteti, ciljevi, mere i programi, a u okviru akcionog plana i konkretni projekti i aktivnosti koje je trebao realizovati:

Prioritet 1: *Unapređenje ambijenta za rast i razvoj sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva:*

Mera 1: Jačanje kapaciteta opštine za podršku razvoju sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva

Cilj 1: Podizanje institucionalnih kapaciteta

Program: Razvoj institucionalne podrške

Podizanje kapaciteta ljudskih resursa u opštini i javnim preduzećima

Cilj 2: Povećanje energetske stabilnosti opštine

Program: Izrada studija i analiza; Realizacija infrastrukturnih radova

Prioritet 2: *Razvoj konkurentne i otvorene ekonomije*

Mera 1: Promovisanje i bolje iskorištenje industrijskih potencijala

Cilj 1: Povećanje investicija po glavi stanovnika

Program: Promotivne aktivnosti u cilju privlačenja investicija

Cilj 2: Povećanje prometa postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika

- Program: Povećanje prometa postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika; Podizanje kapaciteta postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika; Marketinška podrška postojećim malim i srednjim preduzećima i preduzetnicima.
- Mera 2: Podrška razvoju poljoprivrede kao osnovi prerađivačke industrije
- Cilj 1: Intenziviranje korišćenja postojećih resursa
- Program: Edukacija i udruživanje poljoprivrednika.
- Prioritet 3: *Promovisanje i podrška razvoju turizma*
- Mera 1: Razvoj kapaciteta u oblasti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva
- Cilj 1: Povećanje broja zaposlenih u turizmu
- Program: Institucionalna podrška razvoju turizma; Pобољшanje nivoa turističkih usluga.

### 3.4. STRATEGIJA OPŠTINE DOLJEVAC

*Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Opštini Doljevac za period od 2009. do 2013. godine* usklađena je sa strateškim dokumentima republičkog nivoa koji regulišu predmetnu oblast donetim kako bi se stvaranjem povoljnog poslovnog ambijenta privukli investitori.

Prema definisanoj viziji Opština Doljevac bi trebalo da se razvija kao „stabilno i ekonomski razvijeno područje, koje svoj razvoj vidi kroz podršku malim i srednjim preduzećima i preduzetništvu, kako bi na taj način postala opština dinamičnog i održivog privrednog rasta i razvoja, karakteristična po novim investicijama, razvijenoj infrastrukturi, uspostavljenim sistemom podrške ruralnom razvoju i kvalitetnom životu svojih stanovnika - za gradski život u selu.“

U tom smislu predviđena je realizacija postavljenih programa, mera, ciljeva i prioriteta:

- Prioritet 1: *Stvaranje pozitivne poslovne klime*
- Mera 1: Razvoj institucionalne podrške
- Cilj 1: Unapređenje administrativnih kapaciteta opštine za podršku preduzetništvu
- Program: Edukacije zaposlenih radnika lokalne samouprave i javnih preduzeća.
- Opština kao servis poslovnom sektoru; Organizovano upravljanje imovinom Republike Srbije na teritoriji opštine
- Cilj 2: Razvoj partnerstva između javnog, profitnog i NVO sektora

Program: Jačanje udruženja i klasterizacija; Korišćenje kapaciteta NVO sektora za razvojne projekte iz oblasti malih i srednjih preduzeća; Olakšan pristup informacijama.

Mera 2: Unapređenje kvaliteta infrastrukture

Cilj 1: Unapređenje opštinske administracije

Program: Izrada planske i projektne dokumentacije; Uvođenje informacionih tehnologija u oblast upravljanja infrastrukturom i komunalnim uslugama.

Cilj 2: Realizacija infrastrukturnih projekata

Program: Infrastrukturno opremanje industrijske zone .

Prioritet 2: *Podizanje kapaciteta lokalnog preduzetništva i industrijske proizvodnje*

Mera 1: Unapređenje rada malih i srednjih preduzeća i preduzetnika

Cilj 1: Promovisanje i bolje iskorišćenje industrijskih i prerađivačkih potencijala

Program: Bolje iskorišćenje i promovisanje postojećih industrijskih potencijala.

Cilj 2: Povećanje investicija po glavi stanovnika

Program: Uspostavljanje povoljnog poslovnog okruženja za investicije; Promotivne aktivnosti u cilju privlačenja investicija

Cilj 3: Povećanje prometa postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika

Program: Podizanje kapaciteta postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika; Marketinška podrška postojećim malim i srednjim preduzećima i preduzetnicima.

Mera 2: Unapređenje ljudskih resursa

Cilj 1: Unapređenje obrazovanja

Program: Definisane novih programa obrazovanja; Unapređenje materijalnih resursa u oblasti obrazovanja

Cilj 2: Smanjenje odliva stručnih kadrova

Program: Konstantno unapređenje kvalifikacija i sposobnosti lokalne radne snage; Podrška razvoju preduzetništva; Rešavanje stambenog pitanja za mlade stručnjake.

### 3.5. STRATEGIJA OPŠTINE MEROŠINA

Za razliku od ostalih opština Nišavskog upravnog okruga, Opština Merošina nije donela strategiju razvoja malih i srednjih preduzeća, već je razvoj te oblasti regulisala u okviru *Strategije održivog razvoja Opštine Merošina za period 2011 – 2015. godine*.



### 3.6. STRATEGIJA OPŠTINE RAŽANJ

Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva na teritoriji Opštine Ražanj za period od 2009. do 2014. godine nastala je pod uticajem strategija republičkog nivoa koje regulišu ovu oblast. Prepoznajući značaj razvoja privatnog sektora za privredni rast i razvoj opštine, i ulogu malih i srednjih preduzeća i preduzetništva kao vodeće snage u ekonomskom razvoju, ovom strategijom su definisani osnovni pravci za unapređenje ove oblasti.

Prema ovoj strategiji, u ostvarivanju nacionalnog dohodka Opštine Ražanj najveće učešće ima poljoprivreda (76-58%), a slede trgovina (6,8- 7,7%) i građevinarstvo (3,7-10%), dok je udeo industrije oduvek bio nizak (najviše 18%). Najzastupljenija su preduzeća iz agrokompleska, prevoza, trgovine, metalurgije i proizvodnje građevinskog materijala, dok je najviše preduzetničkih radnji u oblasti trgovine (24,28%), perade drveta (7,14%), ugostiteljstva (5,00%) i u sektoru usluga (5,00%).

Vizijom razvoja sektora malih i srednjih preduzeća Opština Ražanj je sagledana kao „Dinamična i ekonomski stabilna opština, prepoznatljiva kao atraktivna turistička destinacija sa dobro razvijenom putnom i komunalnom infrastrukturom“. Radi njenog ostvarivanja definisani su prioriteti i programi koje je trebalo ostvariti:

**Prioritet 1: Razvoj turizma Opštine Ražanj**

Program: Program definisanja turističkog proizvoda/ponude opštine; Program edukacije u agroturizmu; Program promocije turističke ponude opštine.

**Prioritet 2: Stvaranje povoljnog poslovnog ambijenta za razvoj malih i srednjih preduzeća**

Program: Obezbeđenje infrastrukture za sektor malih i srednjih preduzeća; Podsticaji za sektor malih i srednjih preduzeća; Edukacija i informisanje privrednika iz sektora malih i srednjih preduzeća.

**Prioritet 3: Razvoj prerađivačke industrije i poljoprivrede**

Program: Program modernizacije poljoprivredne proizvodnje; Program modernizacije prerađivačke industrije.

**Prioritet 4: Privlačenje investitora**

Program: Program promocije Opštine Ražanj kao dobrog mesta za biznis.

### 3.7. STRATEGIJA OPŠTINE SVRLJIG

Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Opštini Svrljig od 2009. do 2013. godine doneta je sa ciljem unapređenja stanja u oblasti malih i srednjih preduzeća i preduzetništva na teritoriji Opštine Svrljig. Strategijom je ocenjeno da je sektor malih i srednjih preduzeća nedovoljno razvijen, a kao osnovne prepreke za intenzivniji razvoj označeni su slaba kadrovska osposobljenost i programska nepripremljenost svih privrednih subjekata i institucija u opštini, kao i nepostojanje strukovnih udruženja.

U skladu sa postavljenom vizijom, Opština Svrljig je do 2013. godine trebalo da bude „Opština sa razvijenim, tržišno orjentisanim i fleksibilnim sektorom malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u poljoprivredi, prerađivačkoj industriji i turizmu, baziranom na principima ekologije, a u cilju unapređenja kvaliteta života svojih građana“. U tom smislu su bili definisani prioriteti, mere i ciljevi koje je trebalo ostvariti:

**Prioritet 1: Unapređenje uslova za razvoj sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva**

Mera 1: Jačanje administrativnih kapaciteta opštine za podršku razvoju sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva

Cilj 1: Unapređenje rada opštinske administracije u podršci razvoju preduzetništvu i malim i srednjim preduzećima

Program: Razvoj institucionalne podrške; Edukacija rad-nika lokalne samouprave i javnih preduzeća.

**Prioritet 2: Razvoj konkurentne i otvorene ekonomije**

Mera 1: Promovisanje i bolje korišćenje industrijskih i prerađivačkih potencijala

Cilj 1: Povećanje investicija po glavi stanovnika  
Program: Promotivne aktivnosti u cilju privlačenja investicija.

Cilj 2: Povećanje prometa postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika

Program: Podizanje kapaciteta postojećih malih i srednjih preduzeća i preduzetnika; Marketinška podrška postojećim malim i srednjim preduzećima i preduzetnicima.

Mera 2: Podrška razvoju poljoprivrede kao osnove prerađivačke industrije

Cilj 1: Intenziviranje korišćenja postojećih resursa

Program: Povećanje površina pod organskom proizvodnjom; Povećanje obima i produktivnosti povrtarstva, voćarstva i drugih akumulativnih vidova proizvodnje; Povećanje efektivnosti, unapređenje i diverzifikacija proizvodnje.

Cilj 2: Unapređenje podrške poljoprivredi

Program: Edukacija poljoprivrednika; Unapređenje kapaciteta i organizacione strukture poljoprivredne proizvodnje.

Mera 3: Poboljšanje kvaliteta života stanovništva

Cilj 1: Smanjenje odliva stručne radne snage

Program: Konstantno unapređenje kvalifikacija i sposobnosti lokalne radne snage.

Prioritet 3: *Podrška razvoju turizma*

Mera 1: Podizanje konkurentosti opštine na turističkom tržištu

Cilj 1: Povećano učešće opštine na regionalnom turističkom tržištu

Program: Stvaranje ambijenta za bavljenje turizmom.

#### 4. BROJ REGISTROVANIH AKTIVNIH PRIVREDNIH SUBJEKATA PO VELIČINI

U nastavku će biti prikazan efekat procesa tranzicijskih reformi i realizacija donetih strategija kroz kretanje broja malih, srednjih i velikih preduzeća na teritoriji Nišavskog upravnog okruga.

Grafikon 1: Broj registrovanih privrednih subjekata

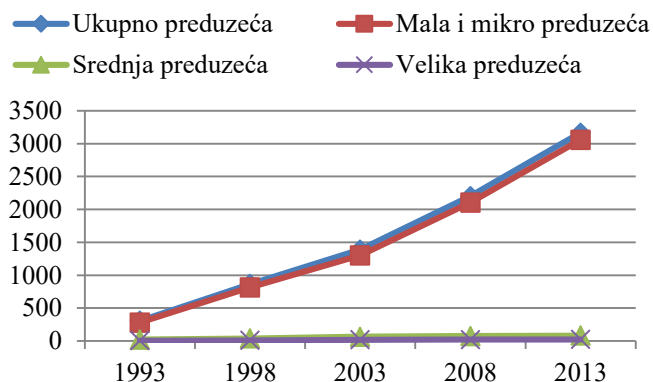


Tabela 1: Broj registrovanih aktivnih privrednih subjekata u Nišavskom UO po veličini u periodu 1992-2013. godine

Upravni okrug Grad/Opština	1993.		1998.		2003.		2008.		2013.	
	Svega	Porast	Svega	Porast	Svega	Porast	Svega	Porast	Svega	Porast
<b>Nišavski upravni okrug</b> Σ	<b>307</b>	<b>307</b>	<b>865</b>	<b>556</b>	<b>1388</b>	<b>527</b>	<b>2201</b>	<b>813</b>	<b>3165</b>	<b>964</b>
M	281	281	814	533	1302	492	2103	801	3057	954
S	21	21	40	19	67	27	76	9	84	8
V	5	5	11	6	19	8	22	3	24	2
<b>Grad Niš</b> Σ	<b>263</b>	<b>263</b>	<b>743</b>	<b>480</b>	<b>1156</b>	<b>413</b>	<b>1837</b>	<b>681</b>	<b>2646</b>	<b>809</b>
M	239	239	697	458	1082	385	1753	671	2552	799
S	19	19	36	17	57	21	64	7	72	8
V	5	5	10	5	17	7	20	3	22	2
<b>Opština Aleksinac</b> Σ	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>22</b>	<b>71</b>	<b>34</b>	<b>119</b>	<b>48</b>	<b>161</b>	<b>42</b>
M	13	13	34	21	66	32	113	47	155	42
S	2	2	3	1	5	2	6	1	6	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Opština Doljevac</b> Σ	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>44</b>	<b>19</b>	<b>70</b>	<b>26</b>
M	4	4	12	8	25	17	44	19	70	26
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Opština Gadžin Han</b> Σ	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>41</b>	<b>20</b>	<b>57</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>23</b>
M	9	9	19	10	37	18	53	16	76	23
S	0	0	1	1	3	2	3	0	3	0
V	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0
<b>Opština Merošina</b> Σ	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>39</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>21</b>
M	6	6	15	9	18	3	37	19	58	21
S	0	0	0	0	2	2	2	0	2	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Opština Ražanj</b> Σ	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>12</b>	<b>33</b>	<b>6</b>	<b>39</b>	<b>6</b>
M	2	2	15	13	27	12	33	6	39	6
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Opština Svrlijig</b> Σ	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>48</b>	<b>26</b>	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>109</b>	<b>37</b>
M	8	8	22	14	47	25	70	23	107	37
S	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
V	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0

Izvor: Baza podataka Regionalne privredne komore Nišavskog, Pirotskog i Topličkog upravnog okruga

## 5. ANALIZA REZULTATA

U tabeli 1 su prikazani samo aktivni privredni subjekti s obzirom na to da u bazi Regionalne privredne komore Nišavskog, Pirotskog i Topličkog upravnog okruga nije prikazan datum gašenja neaktivnih privrednih subjekata. Takođe, u aktivne privredne subjekte su svrstani i ona koji se nalaze u stečaju, jer njihov pravni status još uvek nije konačan. Diferencijacija po veličini je izvršena na mala, srednja i velika preduzeća jer su se mikro preduzeća u statističkim podacima kao posebna kategorija pojavila tek 2013. godine, nakon donošenja novog *Zakona o računovodstvu*. U koloni „Svega“ po redovima je prikazan ukupni broj ( $\Sigma$ ), broj malih (M), srednjih (S) i velikih privrednih društava (V) po teritorijalnim jedinicama. Kolona „Porast“ prikazuje razliku u broju privrednih društava u periodu između preseka stanja.

Na osnovu prikazanih podataka (*tabela 1*), može se primetiti da su mere za podsticaj razvoja sektora malih i srednjih preduzeća i preduzetništva na teritoriji Nišavskog upravnog okruga dale očekivane rezultate, pa je broj aktivnih registrovanih privrednih subjekata u posmatranom periodu od 1992-2013. godine beležio konstantni porast, ali prvenstveno zahvaljujući porastu broja malih preduzeća jer je broj srednjih i velikih preduzeća rastao znatno sporije (*grafikon 1*). Ovakva situacija donekle odstupa od republičkog nivoa, gde je prema *Strategiji za podršku razvoja malih i srednjih preduzeća, preduzetništva i konkurentnosti za period od 2015-2020. godine* u kojoj se poziva na podatke iz studije *Razvoj malih i srednjih preduzeća 1990-2013. godine* Centra za ekonomsku politiku, poreski sistem i poslovno izveštavnje Privredne komore Beograda, u periodu od 2000. do 2010. godine, ukupan broj preduzeća bio smanjen za 50,2%, da bi u periodu od 2010. do 2013. godine ponovo zabeležen blagi porast broja malih i srednjih preduzeća od 3,8%.

Analizom strategija donetih kako na lokalnom tako i na republičkom nivou može se primetiti da su kao strateška podloga za kreiranje politike razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva korišćeni principi „Evropske povelje o malim preduzećima“ (The European Charter for Small Enterprises) i „Akta o malim preduzećima“ (Small Business Act), pri čemu se uloga jedinica lokalnih samouprava ogledala uglavnom u afirmaciji i sprovođenju nacionalnih programa podrške ovom sektoru kroz unapređenje poslovnog ambijenta, izgradnju infrastrukture, unapređenje efikasnosti rada javne administracije, znanja i veština zaposlenih u malim i srednjim preduzećima i podsticanje međusobnog povezivanja.

## ZAKLJUČAK

Drugu polovinu XX veka karakterisao je intenzivan razvoj industrije i formiranje velikih društvenih preduzeća u skladu sa politikom koja je karakterisala zemlje nekadašnjeg „socijalističkog bloka“. Nakon tranzicijskih promena krajem XX veka dolazi do prelaska na tržišni princip privređivanja i gašenja velikih preduzeća koja su u velikoj meri bila održavana državnim subvencijama, a nastupa period ubrzanog razvoja privatnog sektora koji se odvijalo uglavnom u oblasti malih i srednjih preduzeća.

Taj proces je zahtevao i stvaranje privrednog ambijenta koji bi pogodio razvoj tržišne ekonomije i omogućio lakše poslovanja malih i srednjih preduzeća. U skladu sa neoliberalnim principima uloga države je svedena na unapređenje zakonske regulative, smanjenje administrativnih i poreskih obaveza i unapređenje saradnje sa lokalnom samoupravom, dok je izbor delatnosti prepušten preduzetnicima, a inansiranje bankama.

U analiziranim strategijama razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva se može uočiti da su rešenja za unapređenje ove oblasti tražena uglavnom u podizanju kvaliteta usluga i kadrovske stručnosti zaposlenih u institucijama jedinica lokalne samouprave, formiranju udruženja namenjenih pružanju organizaciono-logističke podrške za razvoj malih i srednjih preduzeća i preduzetništva i podsticanju njihovog kako međusobnog povezivanja, tako i saradnje sa velikim preduzećima.

Analiza strukture aktivnih privrednih subjekata prema veličini na teritoriji Nišavskog upravnog okruga ukazuje da je sektor malih preduzeća u konstantnom porastu. Prema navodima iz strategija razvoja malih i srednjih preduzeća donetih na lokalnom nivou, u njima dominiraju delatnosti iz oblasti agrokomplesksa, servisa, trgovine na veliko i malo i zanatstva, dok je najveći broj preduzetničkih radnji registrovan za obavljanje delatnosti u oblasti usluga i trgovine. Ovakva situacija upućuje na zaključak da su koristeći državne subvencije i povoljnu poslovnu klimu investitori bili motivisani da otvore preduzeća i sa malim početnim kapitalom, s obzirom na to da je za oblast proizvodnje potrebno ozbiljnije ulaganje u proizvodnu tehnologiju.

*Autor se zahvaljuje Regionalnoj privrednoj komori Nišavskog, Pirotskog i Topličkog upravnog okruga na dostavljenoj bazi podataka registrovanih privrednih subjekata po veličini u Nišavskom upravnog okrugu.*

## LITERATURA

- [1] Backović, V. (2005) *Evropski gradovi u postsocijalističkoj transformaciji, Sociologija* br. 47 (27-44)
- [2] Милетић, Р. (2008) *Глобална међузависност и преструктурирање индустријске производње. Гласник Српског географског друштва*, бр. 2 (51-64)
- [3] Šaban, S. (2006) *Utjecaj procesa globalizacije na planiranje prostora, Prostor* br. 32 (239-244)
- [4] Zeković, S. (2004) *Strateški okviri EU za održivi razvoj industrije i mogućnosti usklađivanja, Ekonomski anali*, vol. 49, br. 163 (113-139)
- [5] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Republici Srbiji za period od 2003. do 2008. godine („Službeni glasnik RS”, br. /03)*
- [6] *Strategija razvoja konkurentnih i inovativnih malih i srednjih preduzeća za period od 2008. do 2013. godine („Službeni glasnik RS”, br. 103/08)*
- [7] *Strategija za podršku razvoja malih i srednjih preduzeća, preduzetništva i konkurentnosti za period od 2015. do 2020. godine („Službeni glasnik RS”, br. 55/11)*
- [8] *Studija razvoja lokalne ekonomije Grada Niša*  
[www.ni.rs/wp-content/uploads/file/studija-razvoja-lokalne-ekonomije.pdf](http://www.ni.rs/wp-content/uploads/file/studija-razvoja-lokalne-ekonomije.pdf)
- [9] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva za period od 2009. do 2013. godine*  
[www.ni.rs/wp-content/uploads/file/2010strategija-razvoja-mspp-2009-2013.pdf](http://www.ni.rs/wp-content/uploads/file/2010strategija-razvoja-mspp-2009-2013.pdf)
- [10] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva na teritoriji Opštine Aleksinac za period od 2009. do 2013. godine*  
[www.aleksinac.org/index.php/strategije-razvoja-2/strategija-razvoja-za-mspp](http://www.aleksinac.org/index.php/strategije-razvoja-2/strategija-razvoja-za-mspp)
- [11] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u opštini Gadžin Han za period od 2009. do 2013. godine*  
<http://gadzinhan.rs/wp-content/uploads/2016/04/Gadzin-Han-Strategije-MSPP.doc>
- [12] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Opštini Doljevac za period od 2009. do 2013. godine*  
[www.opstinadoljevac.rs/doc/2012/Revizija%20Strategije%20MSPP%20-%20april%202012.pdf](http://www.opstinadoljevac.rs/doc/2012/Revizija%20Strategije%20MSPP%20-%20april%202012.pdf)
- [13] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva na teritoriji Opštine Ražanj za period od 2009. do 2014. godine*  
[http://strategije.skgo.org/upload/strategija\\_razvoja.doc](http://strategije.skgo.org/upload/strategija_razvoja.doc)
- [14] *Strategija razvoja malih i srednjih preduzeća i preduzetništva u Opštini Svrljig od 2009. do 2013. godine („Službeni list Grada Niša”, br. 82/09)*
- [15] *Strategija i politika razvoja industrije Srbije od 2011. do 2020. godine („Službeni glasnik RS”, br. 55/11)*
- [16] *Sistematizovan pregled registrovanih privrednih subjekata po veličini na teritoriji Nišavskog upravnog okruga Regionalne privredne komore Nišavskog, Pirotskog i Topličkog upravnog okruga*
- [17] *Zakon o preduzećima („Službeni list SFRJ”, br. 77/88, 40/89, 46/90 i 61/90 i „Službeni list SRJ”, br. 24/94 - dr. zakon)*
- [18] *Zakon o računovodstvu („Službeni glasnik RS”, br. 62/13)*