

**ZBORNIK RADOVA
GRAĐEVINSKO-
ARHITEKTONSKOG
FAKULTETA
NIŠ**



broj
29/2014

**ZBORNIK RADOVA
GRAĐEVINSKO-
ARHITEKTONSKOG
FAKULTETA
NIŠ**

**broj
29/2014**

IZDAVAČ

Građevinsko-arhitektonski fakultet
Niš, Aleksandra Medvedeva 14
Tel: +38118 588-202
+38118 588-181
<http://www.gaf.ni.ac.rs/>



ZA IZDAVAČA

Dekan dr Petar Mitković, red. prof.

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Direktor dr Dragoslav Stojić, red. prof.

REDAKCIJA

dr Slaviša Trajković, red. prof.
dr Danica Stanković, docent
dr Zoran Grdić, red. prof.
dr Gordana Topličić-Ćurčić, docent
Vladan Nikolić, asistent

TEHNIČKI UREDNIK

mr Radovan Cvetković, asistent

TEHNIČKA OBRADA

Predrag Lukić, master inž. građ.

LEKTOR ZA ENGLESKI JEZIK

Goran Stevanović, dipl. fil.

Radovi su recenzirani

ISSN 1452-2845

Štampa: **Grafika Galeb** - Niš
Tiraž: 250 primeraka

PREDGOVOR

Poštovani čitaoci, podsećanja radi treba reći da je prvi broj Zbornika izdat 1980. godine. Uprkos najrazličitijim problemima na koje se u proteklom periodu nailazilo, publikovan je i ovaj 29 po redu Zbornik, čime se poštaje dinamika izdavanja jednog broja godišnje. Sadrži šesnaest radova iz skoro svih oblasti građevinarstva i arhitekture. Svi radovi su recenzirani od strane dva priznata stručnjaka iz odgovarajuće naučne oblasti, odnosno discipline.

Koncepcija časopisa je i ovom prilikom ostala nepromenjena, kako u pogledu namene i sadržaja, tako i u pogledu tehničke obrade. Kao i do sada časopis treba da omogući široj naučnoj javnosti uvid u naučno-istraživački rad Fakulteta čime bi se njegov ugled i ugled autora više vrednovao, između ostalog i zbog činjenice da su u našoj zemlji veoma retki fakulteti koji izdaju sopstvene časopise.

Zbornik je dostupan i putem prezentacije preko Interneta u saradnji sa Narodnom bibliotekom Srbije u punom obimu.

Prema kategorizaciji domaćih naučnih časopisa Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Odbora za saobraćaj urbanizam i građevinarstvo za 2014. godinu, Zbornik je svrstan u kategoriju časopisa M52.

I na kraju, kako je to već običaj, pozivamo sve autore koji se bave naučno-istraživačkim radom da i u buduće daju svoj doprinos redovnom izlaženju Zbornika. Ovaj poziv je posebno upućen mladim saradnicima kojima je Zbornik često i prvi časopis u kojem su prezentovali svoj naučno-istraživački rad. Pozivamo i njihove starije kolege i mentore da im u tim nastojanjima pomognu korisnim savetima.

Glavni i odgovorni urednik,

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

Dekan,

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

SADRŽAJ

Nemanja Marković dr Dragoslav Stojić dr Tamara Nestorović	Modeliranje lamb talasa kod tankih čeličnih ploča u cilju detekcije oštećenja	1
Predrag Lukić dr Dragoslav Stojić Vanja Jovanović dr Dušan Petković Nikola Stojić Petar Pejić	Uzroci oštećenja mostovskih konstrukcija	15
dr Ljiljana Vasilevska dr Borislava Blagojević Magdalena Vasilevska	Nadzemni linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim vodama	31
mr Srđan Živković dr Todor Vacev Milan Petrović	Određivanje rotacione krutosti polukrutihih veza u čeličnim konstrukcijama	47
dr Slavko Zdravković dr Dragoslav Stojić mr Dragan Zlatkov Miloš Keković	Uticaj poprečne armature na graničnu nosivost i duktilnost betonskog preseka	69
dr Vladislava Mihailović dr Borislava Blagojević dr Vesna Đukić	Identifikacija epizoda deficita dnevnih protoka po metodi koraka- teorijske postavke	81
mr Valentina Nejković dr Milan Gocić	Savremene web tehnologije za interaktivno učenje studenata tehničkih fakulteta	91
Jelena Dimitrijević	Neke od nesvakidašnjih vrsta termoizolacionih materijala biološkog porekla	101

ZBORNIK RADOVA GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKOG FAKULTETA no.29

Kostić Aleksandra dr Danica Stanković	Modeli energetski efikasnih predškolskih objekata	111
Petar Pejić dr Sonja Krasić Predrag Lukić	Sistem proširene stvarnosti u arhitekturi- istorijski razvoj	121
Miloš Nedeljković	Racionalizacija arhitektonskih objekata slobodne geometrije	135
Mladen Milanović dr Milan Gocić dr Slaviša Trajković	Analiza koštanja i benefita preventivnih mera za	145
dr Vladislava Mihailović dr Borislava Blagojević dr Vesna Đukić	Eliminacija malih i zavisnih epizoda pri identifikaciji	157
Milica Veljković dr Biserka Marković Vuk Milošević	Unificiranje panela kod montažnih konstrukcija	167
dr Slavko Zdravković Stefan Conić Nikola Stojić Andrija Zorić Novica Tončev	Katastrofalne poplave u srpskoj sredini maja 2014.	181
mr Života Borovac	Planiranje i upravljanje projektima u	193

UDK:519.673

MODELIRANJE LAMB TALASA KOD TANKIH ČELIČNIH PLOČA U CILJU DETEKCIJE OŠTEĆENJA

Nemanja Marković¹
Dragoslav Stojić²
Tamara Nestorović³

Rezime

Detekcija oštećenja kod tankih čeličnih i aluminijumskih ploča na bazi propagacije Lamb talasa prvo je primenjena u avio industriji. Poslednjih godina veoma je popularna detekcija oštećenja pomoću piezoelektričnih (PZT) pločica. Pomoću PZT senzora koji se lepe za strukturu i ostaju na njoj moguće je aktivno pratiti stanje konstrukcija bez fizičkog prisustva osoblja. Pomenuta metoda detekcije oštećenja u građevinarstvu je počela da se primenjuje poslednjih godina ali još uvek nije ušla u praktičnu primenu. Paralelno sa razvojem metode razvijaju se i numerički modeli koji mogu pomoći u unapređenju metode i boljoj praktičnoj primeni na realnim konstrukcijama. U ovom radu prikazana je eksplizitna metoda konačnih elemenata (MKE) sa dijagonalnom matricom masa za modeliranje propagacije Lamb talasa kod tankih čeličnih ploča. Urađena su tri modela: ploča bez oštećenja, sa oštećenjem u vidu zareza i sa rupom. Izlazni signali ova tri modela su upoređeni i analizirani. Takođe, urađena je analiza efikasnosti modeliranja propagacije talasa eksplizitnom MKE za različite vrednosti odnosa broja konačnih elemenata po jednoj talasnoj dužini.

Ključne reči: eksplizitni metod konačnih elemenata, modeliranje, propagacija talasa, detekcija oštećenja i Lamb talasi.

¹ Nemanja Marković, dipl.građ.inž., Katedra za Materijale i Konstrukcije, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu.

² dr Dragoslav Stojić, redovni profesor, Katedra za Materijale i Konstrukcije, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu.

³ dr Tamara Nestorović, profesor, Mechanics of Adaptive Systems, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Ruhr University Bochum.

1. UVOD

Konstrukcije građevinskih objekata često su izložene uticajima koji nisu predviđeni u procesu projektovanja što može izazvati oštećenja konstrukcijskih elemenata i dovesti do narušavanja stabilnosti celokupnog objekta. Ukoliko ne postoji adekvatno praćenje objekata putem inspekcijskih pregleda, pasivnih, odnosno aktivnih sistema monitoringa i detekcije oštećenja onda se sigurnost konstrukcije ostavlja sudbini. Aktivni sistemi monitoringa predstavljaju budućnost praćenja stanja građevinskih konstrukcija i njihov cilj je povećanje sigurnosti korisnika objekata. Jedan od aktivnih sistema monitoringa je sistem pomoću PZT aktuatora/senzora na bazi propagacije talasa, koji ostaje trajno postavljen na konstrukciji i može dati podatke u bilo kom trenutku vremena o stanju konstrukcije.

Detekcija oštećenja pomoću PZT senzora kod čeličnih, aluminijumske i kompozitnih ploča, kao i greda, ljski i drugih oblika struktura prvo je izučavana u avio industriji. Urađen je veliki broj eksperimentalnih analiza. Detekcija oštećenja, lokalizacija kao i praćenje povećanja oštećenja kod avionskog krila prikazana je u radu [1]. Detekcija oštećenja kod aluminijumskih ploča, kompozitnih greda i detekcija korozije prikazani su u radovima [2], [3] i [4]. Eksperimentalna analiza detekcije oštećenja pomoću Lamb talasa i "Time Reversal" metode prikazana je u radu [6]. U radu [7] predstavljena je primena detekcije oštećenja pomoću piezoelektričnih senzora analizirane eksperimentalnim putem na različitim strukturama.

Numeričke metode koje se najviše primenjuju u modeliranju propagacije talasa ali i drugih problema detekcije oštećenja i monitoringa su [5]:

- metoda konačnih razlika,
- metoda konačnih elemenata,
- metoda spektralnih elemenata,
- metoda graničnih elemenata,
- perturbacione metode.

Modeliranje Lamb talasa kod tankih čelinih i aluminijumskih ploča prikazano je u radovima [8], [9] i [10]. Numerički modeli aktivnih sistema monitoringa pomoću PZT senzora i wireless tehnologije za detekciju oštećenja kod avionskih krila prikazani su u radu [11]. Eksplicitna metoda konačnih elemenata pokazala se veoma efikasnom za modeliranje propagacije talasa kod različitih vrsta struktura: homogenih, negomogenih, kompozitnih itd. U radu [12] prikazana je

primena ekplicitne MKE na modeliranje propagacije talasa kod trodimenzionalnih betonskih greda.

Veliki problem kod aktivnih sistemima monitoringa i detekcije oštećenja pomoću piezoelektričnih senzora/aktuatora je lokalizacija oštećenja. Kod armirano betonskih konstrukcija ovaj zadatak je još uvek neistražen, međutim, kod čeličnih i aluminijumskih ploča postoje istraživanja na tu temu i ona su prikazana u radovima [13] i [14].

2. Lamb talasi i detekcija oštećenja

Lamb talasi su usmereni talasi koji se prostiru u tankim pločama ili ljsuskama koje imaju dve slobodne paralelne spoljašnje stranice [15]. Lamb talasi imaju dva osnovna tipa prostiranja: simetrični i antimetrični. Za svaki tip propagacije postoji određeni broj oblika oscilovanja koji su u vezi sa rešenjem Rayleigh-Lamb jednačine. Koji će broj oblika oscilovanja da se pobudi u strukturi direktno zavisi od brzine prostiranja talasa, frekvencije ulaznog signala i debeline ploče. Ova tri člana od uticaja treba tako podesiti da se pobudi samo nulti oblik oscilovanja koji je za potrebe detekcije oštećenja najprikladniji, jer izlazni signal koji se dobije može da se adekvatno interpretira. U slučaju viših oblika oscilovanja izlazni signali su daleko komplikovaniji i često neupotrebljivi. Za simetrični oblik prostiranja Lamb talasa Rayleigh-Lamb jednačina ima sledeći oblik, čije izvođenje može se videti u knjizi [16]:

$$\frac{\tan pd}{\tan qd} = - \frac{(\xi^2 - q^2)^2}{4\xi^2 pq} \quad (1)$$

Dok za antimetrični oblik prostiranja Rayleigh-Lamb jednačina ima sledeći oblik:

$$\frac{\tan pd}{\tan qd} = - \frac{4\xi^2 pq}{(\xi^2 - q^2)^2} \quad (2)$$

Detekcija oštećenja na bazi propagacije Lamb talasa generalno se zasniva na pobudi strukture koja se analizira i prikupljanju podataka putem određenih senzora. Jedna od metoda za izazivanje i merenje propagacije talasa kod čeličnih struktura je pomoću piezoelektričnih pločica koje se lepe na površinu strukture. Piezoelektrične (PZT) pločice zbog svojih piezoelektričnih svojstava mogu da se koriste kao aktuatori i kao senzori (detaljnije o piezoelektričnim svojstvima pogledati [16]). Postoji tri vrste metoda na bazi propagacije talasa koje su se do sada koristile za detekciju oštećenja kod tankih čeličnih ploča:

- "Pitch-Catch" metoda,
- "Pulse echo" metoda,
- "Time reversal" metoda.

Prva metoda se zasniva na pobudi strukture pomoću jedne PZT pločice i merenja propagacije talasa pomoću druge, zatim, određenim tehnikama analize signala (kao što su FFT, Wavelet ili Hilbert-Huang transformacija) radi se utvrđivanje postojanja oštećenja u strukturi. Druga metoda koristi jednu PZT pločicu kao aktuator i kao senzor. U ovom slučaju meri se odbijeni talas od oštećenja i takodje, određenim metodama analize signala detektuje oštećenje. Treća metoda je nešto komplikovanija, koriste se dve PZT pločice jedna kao aktuator koja vrši pobudu strukture i propagaciju talasa i druga kao senzor koja meri dolazni talas, zatim, pločica koja se koristila kao senzor u sledećem koraku koristi se kao aktuator i vrši prostiranje talasa sa izlaznim signalom koji je ona merila prilikom prve pobude. Ova metoda takođe zahteva analizu izlaznog signala za utvrđivanje postojanja oštećenja u konstrukciji.

3. Eksplisitna metoda konačnih elemenata

Modeliranje propagacije talasa pomoću standardne metode konačnih elemenata moguće je samo za veoma proste modele koji su numerički vrlo malo zahtevni. Međutim, ukoliko se radi o modeliranju propagacije talasa visokih frekvencija, kao što je slučaj u ovom radu, onda klasična MKE ne može da zadovolji kriterijume efikasnosti proračuna. Postoji dva generalna pristupa za modeliranje propagacije talasa:

- korišćenjem standardne dinamičke analize sa konačnim elementima višeg reda,
- korišćenjem eksplisitne metode konačnih elemenata sa velikim brojem standardnih konačnih elemenata.

Prva metoda se bazira na smanjenju potrebnog broja konačnih elemenata (KE) modela zbog činjenice da se koriste KE višeg reda. Druga metoda svoju tačnost bazira na korišćenju velikog broja konačnih elemenata, međutim, eksplisitna MKE je veoma efikasna nasuprot činjenici da je za njenu primenu potreban veći broj konačnih elemenata, tako da do konačnog rešenja dolazi daleko brže od standardne MKE.

Eksplisitna MKE bazira se na metodi centralnih razlika koja vezu pomeranja, brzine i ubrzanja daje u sledećem obliku:

$$\begin{aligned} \ddot{\mathbf{U}}^{(t)} &= \frac{1}{\Delta t^2} (\mathbf{U}^{(t-\Delta t)} - 2\mathbf{U}^{(t)} + \mathbf{U}^{(t+\Delta t)}) \\ (3) \quad \dot{\mathbf{U}}^{(t)} &= \frac{1}{2\Delta t} (-\mathbf{U}^{(t-\Delta t)} + \mathbf{U}^{(t+\Delta t)}) \end{aligned} \quad (4)$$

Pri čemu je Δt vremenski inkrement, $\ddot{\mathbf{U}}, \dot{\mathbf{U}}$ i \mathbf{U} su ubrzanje, brzina i pomeranje. Rešenje za pomeranje u vremenskom trenutku $t+\Delta t$ uzimajući u obzir osnovnu jednačinu za dinamičku ravnotežu (5) i jednačine (3) i (4) dobijamo jednačinu (6):

$$M\ddot{\mathbf{U}} + C\dot{\mathbf{U}} + K\mathbf{U} = R \quad (5)$$

$$\left(\frac{1}{\Delta t^2} M + \frac{1}{2\Delta t} C\right) \mathbf{U}^{(t+\Delta t)} = R^{(t)} - \left(K - \frac{2}{\Delta t^2} M\right) \mathbf{U}^{(t)} - \left(\frac{1}{\Delta t^2} M - \frac{1}{2\Delta t} C\right) \mathbf{U}^{(t-\Delta t)} \quad (6)$$

Metoda je eksplisitna jer za proračun pomeranja u vremenskom trenutku $t+\Delta t$ koristi pomeranja u prethodnim koracima. Međutim, efikasnost ove metode ne leži samo u njenoj eksplisitnoj formi, već i u tome da ona koristi dijagonalnu matricu masa što dosta relaksira proračun. Odnosno, korišćenjem dijagonalne matrice masa veoma efikasno se proračunava inverzna matrica masa koja se koristi za proračun ubrzanja na početku vremenskog inkrementa:

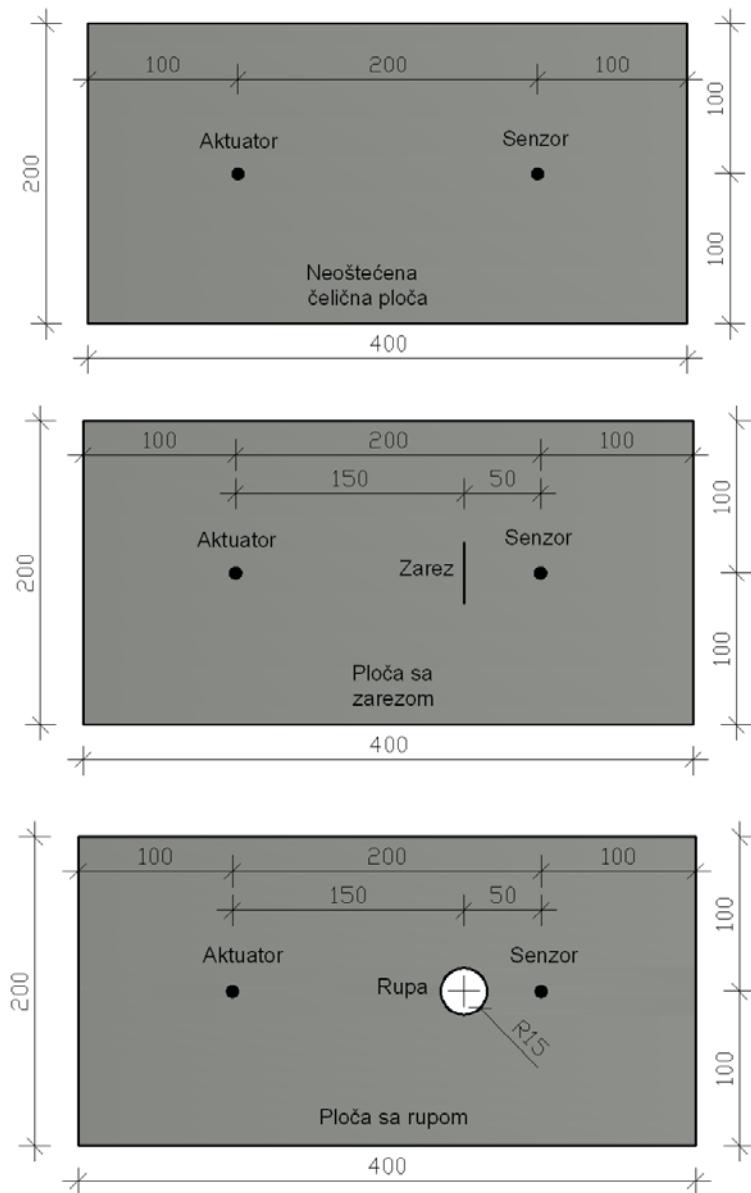
$$\ddot{\mathbf{U}}^{(t)} = [M]^{-1} ([F]^{(t)} - [I]^{(t)}) \quad (7)$$

pri čemu je: M - dijagonalna matrica masa, F – vector spoljašnjeg opterećenja, I – vector unutrašnjih sila.

Standardna (implicitna) MKE pri istom broju vremenskih koraka daje tačnije rezultate proračuna modeliranja propagacije talasa u odnosu na eksplisitnu MKE. Međutim, zbog velike efikasnosti eksplisitne MKE povećanjem broja vremenskih koraka zadovoljava se tačnost proračuna što ne utiče puno na trajanje proračuna, što se može videti i u tabeli (2).

4. Modeliranje propagacije Lamb talasa

Modeliranje propagacije Lamb talasa urađeno je pomoću eksplisitne MKE sa dijagonalnom matricom masa u softverskom paketu ABAQUS/EKSPLICIT. Analizirana su tri modela: a) čelična ploča bez oštećenja, b) čelična ploča sa zarezom i c) čelična ploča sa rupom, čije su geometriske karakteristike prikazane na slici (1):



Slika 1 – Geometrijske karakteristike analiziranih čeličnih ploča u mm.

Mehaničke karakteristike čeličnih ploča korišćenih pri modeliranju prikazani su u tabeli (1). Na osnovu teorije prostiranja Lamb talasa sračunati su osnovni parametri potrebni za moliranje propagacije talasa: brzina prostiranja longitudinalnih talasa je 4943.3 (m/s), brzina prostiranja transverzalnih talasa iznosi 3207.65 (m/s), talasna dužina je 0.0494 (m). Broj konačnih elemenata po jednoj talasnoj dužini prema

Modeliranje Lamb talasa kod tankih čeličnih ploča u cilju detekcije oštećenja

preporukama velikog broja autora treba uzeti od 7 do 20, pri čemu gornja granica zadovoljava incidentne visoko frekventne pobude. Analiza broja konačnih elemenata po talasnoj dužini i potrebno vreme proračuna simulacije prikazani su u tabeli (2).

Jungov modul elastičnosti	E	210 (GPa)
Poasonov koeficijent	ν	0.3
Zapreminska težina	ρ	7850 (kg/m ³)

Tabela 1 – Mehaničke karakteristike čelika

Kritični vremenski korak direktno zavisi od veličine konačnog elementa i brzine prostiranja talasa:

$$\Delta t = \min \left(\frac{L_e}{c_d} \right) \quad (8)$$

Pri čemu je Δt – kritični vremenski korak, L_e – karakteristična dimenzija konačnog elementa i c_d – brzina prostiranja talasa. Vremenski korak koji se koristi pri proračunu simulacije mora da bude manji od kritičnog vremenskog koraka. U prikazanim modelima korišćen je duplo manji vremenskih korak od kritičnog radi osiguranja tačnosti proračuna.

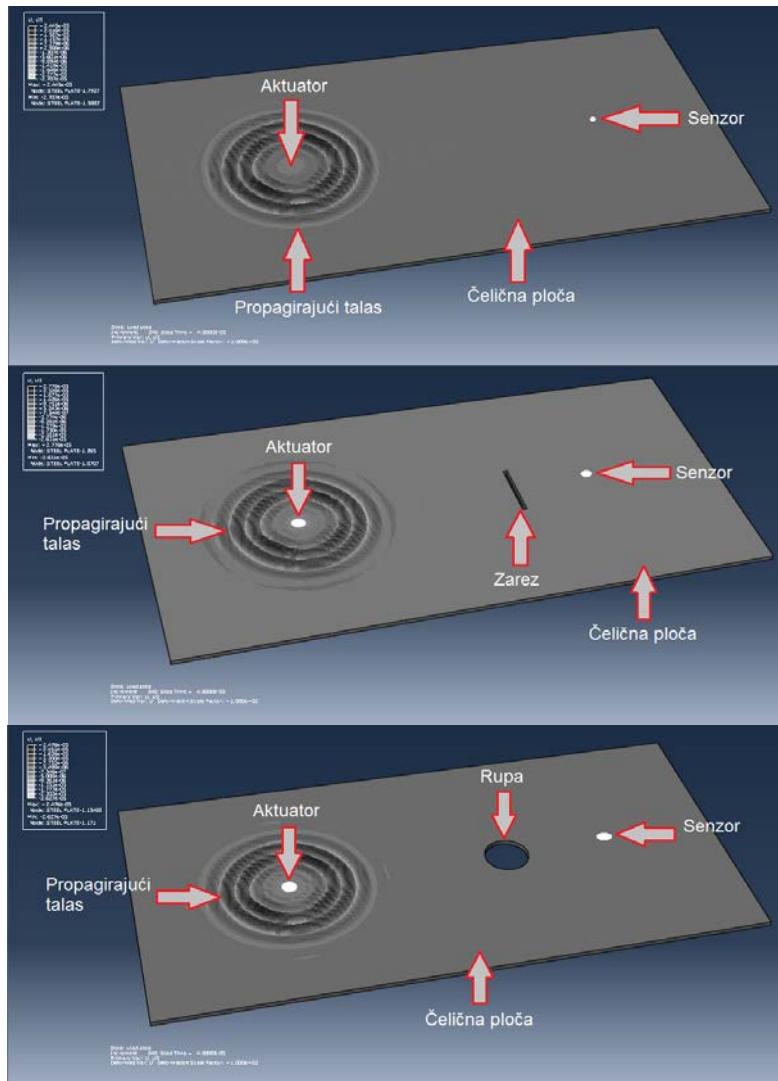
Pomeranje upravno na ravan ploče zadato u čvoru na mestu aktuatora (Slika 1) sa funkcijom promene u vidu 3.5-cycle Hanning-windowed tone burst signala (jednačina 9) korišćeno je za pobudu propagacije talasa. Kao izlazni signala senzora, merena su pomeranja upravna na ravan ploče u čvoru na mestu senzora (Slika 1).

$$P_{(t)} = \begin{cases} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi f}{N} t \right) \right] \sin(2\pi ft) & , \text{ for } 0 \leq t \leq \frac{N}{f} \\ 0 & , \text{ for } t > \frac{N}{f} \end{cases} \quad (9)$$

Sa sledećim obeležavanjem: f – frekvenca signala (100kHz korišćeno u radu), N – broj ciklusa (3.5 je korišćeno u radu), t – vreme trajanja signala (primjenjeni signal ima $3.5 \cdot 10^{-5}$ (s)).

5. Numerički rezultati modeliranja

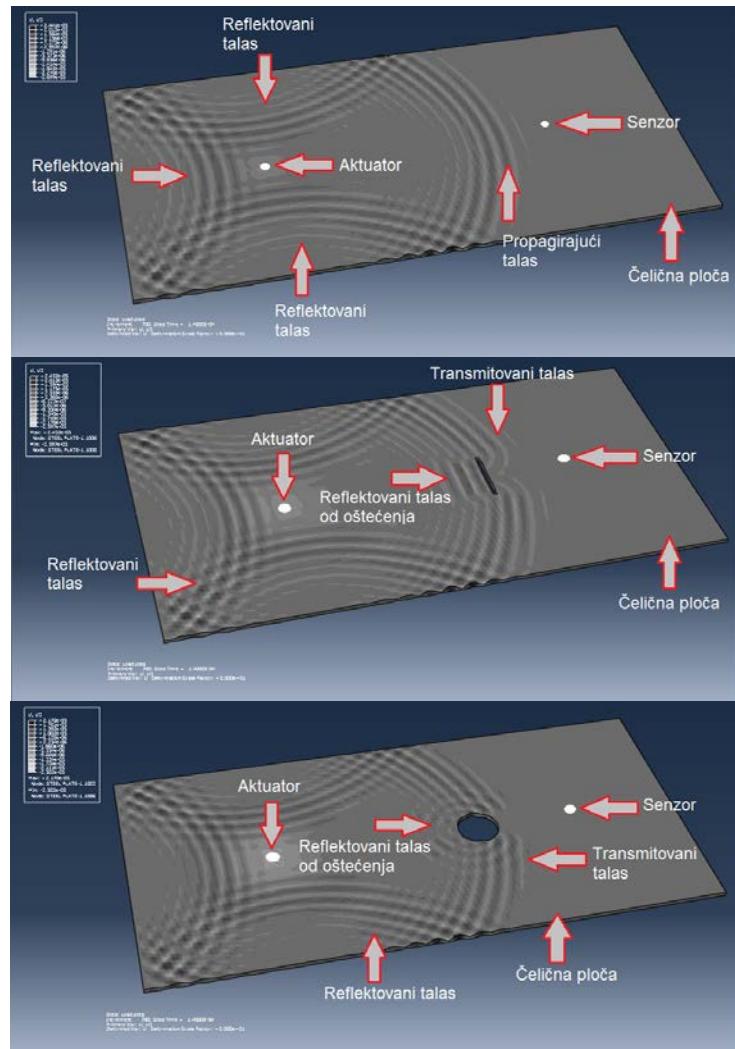
Na slikama 2 do 4 prikazani su rezultati modeliranja propagacije Lamb talasa kod tankih čeličnih ploča. Slika 2 prikazuje početak propagacije talasa kroz ploču, pri čemu između modela sa i bez oštećenja za sada ne postoji razlika, talas je još uvek bez ikakvih poremećaja.



Slika 2 – Prostiranje Lamb talasa u vremenskom trenutku $t=4.8 \cdot 10^{-5}(s)$: gore: neoštećena ploča, sredina: ploča sa zarezom, dole: ploča sa rupom.

Modeliranje Lamb talasa kod tankih čeličnih ploča u cilju detekcije oštećenja

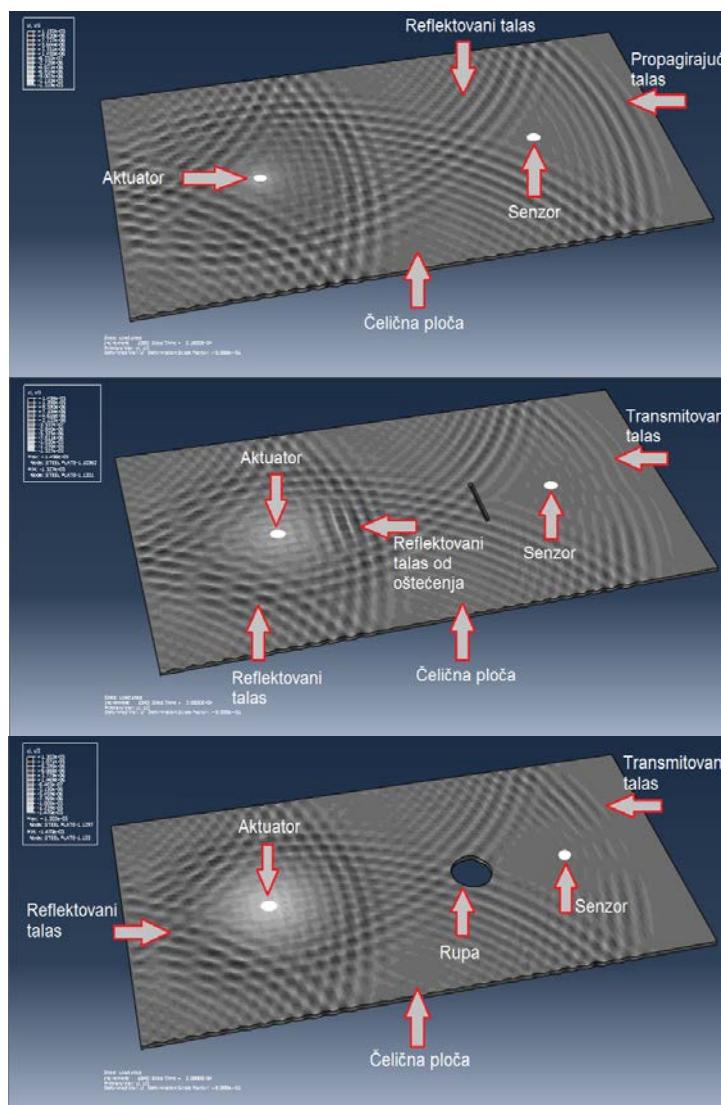
Sve prikazane slike prostiranja talasa prikazuju pomeranje upravno na ravan ploče u određenim vremenskim trenucima pogodnim za vizuelni pregled propagacije talasa kroz ploču.



Slika 3 – Prostiranje Lamb talasa u vremenskom trenutku $t=14.0 \cdot 10^{-5}$ (s):
gore: neoštećena ploča, sredina: ploča sa zarezom, dole: ploča sa rupom.

Na slici 3-gore može se jasno videti da se talas prostire neometano kroz ploču, dok na slikama 3-sredina i 3-dole usled oštećenja u vidu prsline i rupe talas nailazi na prepreku. Oštećenje izaziva odbijeni talas koji se vraća prema aktuatoru i slabi dalje prostiranje talasa prema senzoru, takođe, transmitovani talas je

slabijeg intenziteta za oštećenu ploču u odnosu na neoštećenu. Slabljenje propagirajućeg talasa utiče na izlazni signal prikazan na slici 5 tako što se smanjuje amplituda talasa ali i povećava vreme potrebno da talas dopre od aktuatora do senzora.

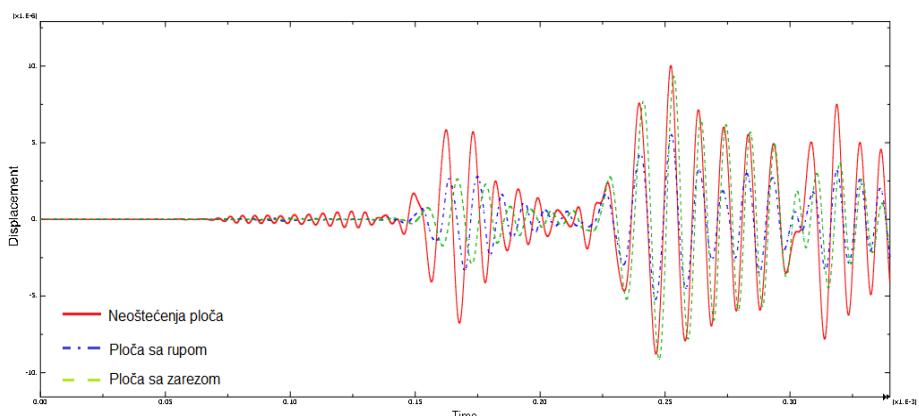


Slika 4 – Prostiranje Lamb talasa u vremenskom trenutku $t=20.8 \cdot 10^{-5}$ (s):
gore: neoštećena ploča, sredina: ploča sa zarezom, dole: ploča sa rupom.

Modeliranje Lamb talasa kod tankih čeličnih ploča u cilju detekcije oštećenja

Prikazana pomeranja upravna na ravan ploče na slikama 2 do 4 uvećana su od 50 do 100 puta u zavisnosti od slike zbog boljeg vizuelnog predstavljanja prostiranja Lamb talasa.

Na slici 4 može se videti nastavak prostiranja talasa kroz ploču. Sada se jasnije vidi razlika između neoštećene ploče i ploča sa oštećenjem. Talas je uspeo da prođe pored oštećenja i da se prostire na desnom delu ploče ali sa smanjenom amplitudom što se može videti na slici 5. Slika 5 prikazuje izlazne signale za neoštećenu ploču, oštećenu ploču sa prslinom i oštećenu ploču sa rupom. Primećuje se jasna razlika u amplitudi izlaznih signala neoštećene i oštećenih ploča. Takođe, posmatranjem signala možemo zaključiti da je potrebno vreme da talas dopre od aktuatora do senzora veće za oštećenu gredu u poređenju sa neoštećenom.



Slika 5 – Izlazni signali na mestu senzora za neoštećenu i oštećene ploče

Efikasnost eksplisitne metode konačnih elemenata sa dijagonalnom matricom masa jasno se može videti u tabeli (2). Modeli koji su analizirani u ovom radu su sa relativno malim brojem konačnih elemenata što je uzrokovalo veoma kratkom vremenu proračuna. Eksplisitna metoda može efikasno da reši probleme propagacije talasa na modelima sa više miliona konačnih elemenata za približno sat vremena u zavisnosti od kapaciteta računara koji se koristi. Uvek je poželjno koristiti paralelizaciju koju pruža ABAQUS/EXPLICIT kojom se mogu aktivirati više procesora i koja daje mogućnost bržeg proračuna modela. U ovom radu analizirana je upotreba paralelizacije i utvrđeno je da korišćenjem četiri procesora u odnosu na jedan dobija se ušteda u vremenu proračuna između 50% i 60%.

R.br.	Model	KE (m)	KE/ λ	Broj KE	Vreme proračuna – bez paralelizacije (Sek)	Vreme proračuna – sa paralelizacijom (Sek)	Odnos efikasnosti modela sa paralelizacijom (%)
1	Bez oštećenja	0.0025	20	12800	18 (sek)	10 (sek)	55.5%
		0.0030	16	8778	12 (sek)	7 (sek)	58.3%
		0.0040	12	5000	7 (sek)	4 (sek)	57.1%
		0.0070	7	1596	2 (sek)	1 (sek)	50.0%
2	Oštećenje u obliku zareza	0.0025	20	12784	17 (sek)	10 (sek)	58.8%
		0.0030	16	9030	12 (sek)	7 (sek)	58.3%
		0.0040	12	5040	7 (sek)	4 (sek)	57.1%
		0.0070	7	1590	2 (sek)	1 (sek)	50.0%
3	Oštećenje u obliku rupe	0.0025	20	12722	17 (sek)	10 (sek)	58.8%
		0.0030	16	8734	11 (sek)	7 (sek)	63.6%
		0.0040	12	4968	7 (sek)	3 (sek)	42.8%
		0.0070	7	1586	2 (sek)	1 (sek)	50.0%

Tabela 2 – Numeričke karakteristike analiziranih modela

6. ZAKLJUČAK

Aktivni sistemi monitoringa i detekcije oštećenja svakako predstavljaju budućnost praćenja konstrukcija u građevinarstvu jer daju mogućnost kvalitetnijeg praćenja objekata, veći broj podataka o stanju konstrukcije i povećavaju sigurnost i bezbednost korisnika. Trenutne metode detekcije oštećenja pomoću PZT pločica i na bazi propagacije talasa još uvek su u fazi razvoja i nisu ušle u široku praktičnu primenu, čime istraživačima daje prostor za unapređenje i implementaciju metode za još uvek ne primjenjeni tip konstrukcija. U radu je prikazana efikasna i pouzdana metoda za modeliranja propagacije Lamb talasa kod tankih čeličnih ploča pomoću eksplicitne metode konačnih elemenata sa dijagonalnom matricom masa. Modelirane su ploče bez oštećenja i sa oštećenjem u obliku zareza i rupe. Prikazani su izlazni signali dobijeni na mestu senzora i upoređeni za neoštećenu i oštećenu ploču. Može se zaključiti da postojanje oštećenja izaziva slabljenje izlaznog signala i veće potrebno vreme da talas dodje do senzora u odnosu na neoštećenu ploču. Takođe, prikazana je efikasnost metode u zavisnosti od broja konačnih elemenata modela, zatim, odnosa broja konačnih elemenata po jednoj talasnoj dužini koristeći jedan procesor pri proračunu i koristeći paralelizaciju, odnosno, veći broj procesora. Utvrđeno je da je metoda veoma efikasna za modeliranje propagacije talasa i da se korišćenjem paralelizacije, odnosno četiri procesora u

odnosu na jedan procesor, vreme proračuna smanjuje od približno 50% do 60% u zavisnosti od modela.

7. LITERATURA

- [1] Xiaoliang Zhao, Huidong Gao, Guangfan Zhang i ostali: “*Active health monitoring of an aircraft wing with embedded piezoelectric sensor/actuator network: I. Defect detection, localization and growth monitoring*”, Smart Material and Structures, br.16, 2007, str. 1208-1217.
- [2] Jungeun An, Raphael T Haftka, Han M Kim i ostali: “*Experimental study on identifying cracks of increasing size using ultrasonic excitation*”, Structural Health Monitoring, br.11, 2011, str. 95-108.
- [3] Seth S Kessler, S Mark Spearing i Constantinos Soutis: “*Damage detection in composite materials using Lamb waves methods*”, Smart Material and Structures, br.11, 2002, str. 269-278.
- [4] Lingyu Yu, Victor Giurgiutiu, Jingjiang wang i Yong-June Shin: “*Corrosion detection with piezoelectric wafer active sensors using pitch-catch waves and cross-time-frequency analysis*”, Structural Health Monitoring, br.11, 2011, str. 83-93.
- [5] Srinivasan Gopalakrishnan, Massimo ruzzene i Sathyaranayana Hanagud: “*Computational Techniques for Structural Health Monitoring*”, Springer Series in Reliability Engineering, Springer, 2011.
- [6] Zhang Hai-Yan, Cao Ya-Ping, Sun Xiu-Li, Chen Xian-Hua i Yu Jian-Bo: “*A time reversal damage imaging method for structural health monitoring using Lamb waves*”, Chin. Phys. B, br.19, 2010.
- [7] Nemanja Marković, Dragoslav Stojić i Tamara Nestorović: “*Damage Detection of Steel Structures with Piezoelectric Transducers and Lamb Waves*”, PHIDAC 2012, IV International Symposium for students of doctoral studies in the field of civil engineering, architecture and environmental protection, Niš, 27-28 Septembar, 2012.
- [8] B C Lee i W J Staszewski: “*Lamb wave propagation modeling for damage detection: I. Two-dimenzional analysis*”, Smart Material and Structures, br.16, 2007, str. 249-259.
- [9] B C Lee i W J Staszewski: “*Modelling of Lamb waves for damage detection in metallic structures: Part II. Wave interactions with damage*”, Smart Material and Structures, br.12, 2003, str. 815-824.
- [10] B C Lee i W J Staszewski: “*Lamb wave propagation modeling for damage detection: II. Damage monitoring strategy*”, Smart Material and Structures, br.16, 2007, str. 260-274.

- [11] Xiaoliang Zhao, Tao Qian, Gang Mei i ostali: “*Active health monitoring of an aircraft wing with an embedded piezoelectric sensor/actuator network: II. Wireless approaches*”, Smart Material and Structures, br.16, 2007, str. 1218-1225.
- [12] Nemanja Marković, Tamara Nestorović i Dragoslav Stojić: “*Modeliranje Propagacije Talasa kod Armirano Betonskih Konstrukcija za Potrebe Detekcije Oštećenja*”, Društvo Građevinskih Konstruktera Srbije DGKS, 24-26 Septembar 2011, str. 521-530.
- [13] Ning Hu, Yindi Cai, Guangjun Zhu i ostali: “*Characterization of damage size in metallic plates using Lamb waves*”, Structural Health Monitoring, br.11, 2011, str. 125-137.
- [14] P S Tua, S T Quek i Q Wang: “*Detection of cracks in plates using piezo-actuated Lamb waves*”, Smart Material and Structures, br.13, 2004, str. 643-660.
- [15] Zhongqing Su i Lin Ye: “*Identification of Damage Using Lamb Waves: From Fundamentals to Applications*”, Springer, 2009.
- [16] Victor Giurgiutiu: “*Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors*”, Second edition, Elsevier, 2014.

UDK: 624.21.03

UZROCI OŠTEĆENJA MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA

Predrag Lukić¹

Dragoslav Stojić²

Dušan Petković³

Vanja Jovanović⁴

Nikola Stojić⁵

Petar Pejić⁶

Rezime

U ovom radu dat je prikaz oštećenja pojedinih konstruktivnih delova mostovskih konstrukcija. Opasnost od pojave oštećenja i njihovog progresivnog razvoja, uticala je na to da se uzroci i posledice oštećenja stalno istražuju, analiziraju i ocenjuju. Na osnovu toga, prvi korak je opšta klasifikacija oštećenja, kao i osnovni uzroci pojave defekata i oštećenja tj.

¹ Predrag Lukić, master.inž. građ., student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

² dr Dragoslav Stojić, red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

³ dr Dušan Petković, red. prof. Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

⁴ Vanja Jovanović, master.inž. građ., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

⁵ Nikola Stojić, dipl. građ. inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

⁶ Petar Pejić, master.inž. arh., student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

definisanje mogućih uzoraka oštećenja. Istraživanje stanja kao i praćenje ponašanja mostovskih konstrukcija predstavljaju osnov za uspešno upravljanje mostovima.

Ključne reči: Oštećenje, mostovske konstrukcije, klasifikacija oštećenja, uzroci, upravljanje mostovima

1. UVOD

Osnovni cilj svake mostovske konstrukcije je da korisnicima omogući nesmetanu upotrebu. Tokom eksploatacionog veka konstrukcije propadaju (početno ostvarena svojstva u konstrukcije se smanjuju usled starenja ili delovanja koja nisu predviđena projektom), a isto tako može doći i do promene spoljašnjih uticaja na konstrukciju i promenama u uslovima upotrebe (gabarit vozila, propusna moć mosta i sl.). Mostovske konstrukcije osim stalnog i korisnog opterećenja, opterećene su mnogim delovanjima iz okoline, koja mogu značajno uticati na njihovu projektovanu trajnost, stabilnost i sigurnost. Ta delovanja se mogu smatrati opterećenjima iz okoline. Njihov uticaj u dosadašnjem postupku dimenzionisanja armirano betonskih mostovskih konstrukcija obuhvaćen je dosta skromno. Činjenica je, međutim, da je njihov doprinos trajnosti konstrukcije znatno veći, te da njihovim delovanjem može doći do smanjenja i otkazivanja nosivosti dimenzionisanog preseka [1]. To se svakako odnosi na opterećenja koja imaju za posledicu smanjenje aktivno nosivog poprečnog preseka armature korozijom, odlamanje zaštitnog sloja betona, pružanje pukotina i sl. Oštećenje mostovskih konstrukcija je veoma važan faktor koji utiče na stabilnost, funkcionalnost i estetiku objekta. Kao tri osnovna činitelja koja utiču na oštećenje mostovskih konstrukcija su greške u projektovanju, greške u izvođenju radova i posledice u eksploataciji (opterećenje i okolina).

2. IDENTIFIKACIJA OŠTEĆENJA

Prilikom identifikacije oštećenja mostovskih konstrukcija, treba utvrditi sledeće:

- tip oštećenja,

- proces dotrajavanja,
- uzork nastanka oštećenja,
- mogućnost napredovanja oštećenja.

Opšta terminologija kada su u pitanju oštećenja mostovskih konstrukcija predstavlja:

- **Nedeostatak:** Izostanak važnog faktora za sposobnost konstrukcije da obavlja svoju funkciju, a posledica je greška u projektovanju, izvođenju ili održavanju.
- **Defekt:** Specifični nedostatak ili neadekvatnost u konstrukciji ili njenim delovima koji utiču na njihovu sposobnost obavljanja predviđene funkcije, trenutno ili u budućem vremenu.
- **Oštećenje:** Fizički poremećaj ili promena u stanju konstrukcije ili njenih delova, nastao usled delovanja spoljašnjih uticaja, koji smanjuju funkcionalnost konstrukcije ili njenih delova, trenutno ili u budućem vremenu.
- **Propadanje:** Pogoršanje stanja konstrukcije tokom vremena.
- **Dotrajavanje:** Pogoršanje stanja konstrukcije tokom vremena, koje može rezultirati progresivnim smanjivanjem sposobnosti konstrukcije ili njenih delova u obavljanju namenjene funkcije.
- **Raspadanje:** Veliko fizičko oštećenje konstrukcije ili njenih delova koje kao posledicu predstavlja i mogućnost otkazivanje obavljanja namenjene funkcije [2].

3. UZROCI OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJA I PREVENCIJE

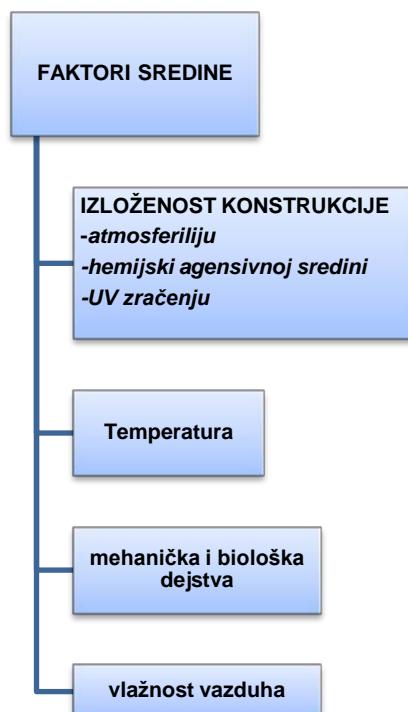
Oštećenja materijala nosećih konstrukcija nastaje dejstvom agresivne sredine. Međutim, i konstrukcija koja je izložena idealnim klimatskim i drugim uslovima sredine podložna je oštećenjima tokom vremena zbog starenja materijala, odnosno zbog pada čvrstoće i krutosti tokom vremena [3].

Negativan uticaj faktora životne sredine manifestuje se kroz pad elastomehaničkih karakteristika materijala noseće konstrukcije. Osim faktora sredine, bitan značaj za promenljivost nosivosti i krutosti konstrukcije imaju faktori strukture materijala i fizički faktori [4], slika 1.



Slika 1.-Promenljivost elastomehaničkih karakteristika

Uticaj faktora životne sredine na konstrukciju manifestuje se kroz različita dejstva. To su najčešće mehanička i biološka dejstva, izloženost konstrukcije (*atmosferiliju -hemski agensivnoj sredini -UV zračenju*) kao i temperatura i vlažnost sredine, slika 2.



Slika 2.- Faktori sredine

UZROCI OŠTEĆENJA MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA

Faktori sredine utiču na redukciju nosivosti i krutosti nosećih sistema, promene zapremine i oblika, kao i mehanička oštećenja. Moguća je korozija, biološka destrukcija i oštećenja od živilih organizama (insekti, školjke), hemijsko razaranje i fenomen dejstva UV zraka, slika 3.



Slika 3. -Uticaji faktora sredine

Agresivna sredina utiče na vek konstrukcije. Negativna dejstva i posledice su:

- Oštećenja usled soli za odmrzavanje usled hemijski agresivnog dejstva sredine,
- Posledice zabrzavanja i odmrzavanja,
- Oštećenja usled agresivnog dejstva vode i tla,
- Konstrukcijski loše rešeni detalji u smislu održavanja i pregleda,
- Pojava vlage i gljivica u neventiliranom prostoru,
- Hazardna dejstva vetra, snega i zemljotresa,
- Udar vozila, aviona (brodova) na objekte,
- Greške u projektovanju: Usled nedovoljno kvalitetnih podloga vezanih za lokaciju, objekta i geotehničke uslove,
- Neadekvatan izbor materijala, konstrukcijskih rešenja, proračunskih modela i opterećenja,
- Računske greške,
- Pogrešno konstruisanje i oblikovanje pojedinih detalja.

Oštećenja konstrukcija najčešće je izazvano nejednakim sleganjem oslonaca-temelja, naročito kad sastav tla nije isti ispod

osnove objekta, ili usled naglog podizanja nivoa podzemne vode, kao i usled potresa kada su u pitanju peskovi nastaje likvefakcija tla, gde tlo naglo gubi nosivost. Pojava velikih deformacija nosača noseće konstrukcije može da dovede do niza pukotina u portalnim i pregradnim zidovima, kao i do pucanja velikih staklenih površina. Obično su deformacije unapred ograničene kako ne bi izazvale štetu većih razmera. Pojava bubrenja i skupljanja materijala, kao i temperaturne promene mogu da izazovu prevelika naprezanja i da dovedu do pojave pukotina u koliko nije predviđena odgovarajuća dilatacija [3].

4. GREŠKE U IZVOĐENJU

Kod betonskih konstrukcija [5]:

- Najčešće je loš kvalitet betona kao posledica nekvalitene izrade, nepravilne ugradnje i održavanja ,
- Neadekvatna nega betona,
- Loše kompaktiranje (vibriranje) betona,
- Nepravilno izvođenje radnih prekida betoniranja,
- Nedovoljni zaštitni slojevi betona
- Oštećenja zaštitnog sloja betona i sličnih površinskih defekata, kao što je, na primer:
- Segregacija betona, kao posledica javlja se korozija armature i karbonizacija betona i nastanak prslina širina većih od dozvoljenih graničnih vrednosti u zavisnosti od agresivnosti sredine.

5. TIPOVI OŠTEĆENJA

Postoje tri grupe oštećenja mostovskih konstrukcija i to:

1. Promena u geometriji,
2. Oštećenja temelja i zemljanih radova,
3. Oštećenje armirano-betonske i čelične konstrukcije konstrukcije.

U prvu grupu oštećenja spadaju:

- **Smanjenje slobodnog profila** do kojeg se dolazi usled nagomilavanja kamenja, grana, krupnog agregata ispod ili uz most ili pak u propuste, slika 4.



Slika 4.-Nagomilavanje ispod mosta

- **Deformacije**, koje se ogledaju u promeni dimenzija ili oblika, povećanje, smanjivanje, promena dužine, pužanje, elastične i neelastične deformacije, promene na konstrukciji nastale usled vremena. Za konstrukciju u celini karakteristični oblici deformacije su vertikalna i horizontalna pomeranja i ugibi. Dok su za elemente karakteristične lokalne deformacije elemenata, izvijanje, mehaničko oštećenje i rotacija.

Vertikalna pomeranja (sleganje), nastaju usled greške u prepostavkama kod projekta temenjenja ili projektovanja konstruktivnih elemenata temelja slika 5. Sleganje može biti ravnomerno, i diferencijalno. Sleganje prelaznih ploča mostova izaziva dinamičke efekte na vozila i time ih indirektno prenosi na gornji stroj [2].



Slika 5.-Sleganje mosta

- **Horizontalna pomeranja**, predstavljaju rezultat akcija u uzdužnom smeru mostovske konstrukcije usled velikih reakcija ležišta i deformacije nosivih elemenata konstrukcije. Horizontalna pomeranja mogu biti izazvana temeljnim tlom, dodatnim pritiskom vode usled nedrenirane vode iza zida, promenama u karakteristikama i konsolidaciji tla, slika 6.



Slika 6.-Horizontalna pomeranja

UZROCI OŠTEĆENJA MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA

- **Rotacija**, predstavlja tip oštećenja koji je vezan uz armirane i nearmirane elastomerne ležajeve. Na nekim ležajevima može se uočiti torzijska deformacija oko vertikalne ose.
- **Od udara**, lokana promena oblika elemenata. Nastaje obično usled udarne sile u konstrukciju. Najgori oblik mehaničkog oštećenja je slomnjen element.

U drugu grupu oštećenja spadaju [2]:

- Klizanje,
- Sleganje,
- Erozija,
- Potkopavanje.

Erozija i produbljivanje korita usled ubrzavanja rečnog toka omogućava reci da odnese delove tla. Ubrzavanje rečnog toka uglavnom je posledica sužavanja rečnog toka. Erozija obale nastaje tečenjem vode u koritu, a erozija nasipa nastaje uglavnom jakim kišama i nedostatkom ili oštećenjem drenaže na kosinama nasipa. Na slici 7 je prikazana erozija koja je nastala usled brzine proticaja vode i neadekvatnog temeljenja.



Slika 7.-Prikaz erozije kod mosta

Na slici 8 je prikazano potkopavanje stuba mosta usled protoka vode.



Slika 8.-Potkopavanje mosta

U treću grupu oštećenja spadaju kod armirano-betonskih konstrukcija spadaju razne vrste pukotina, abrazija, sačasta struktura, sagregacija betona, procurivanje, klimatski uticaji, ljuštenje, raspadanje, alkalno-silikatna reakcija, nedovoljna deblijina zaštitnog sloja, korozija armature, korozija kabla za prednaprezanje, dok kod čeličnih konstrukcija oštećenja se javljaju u vidu korozije, pukotina usled zamora materijala i oštećenja.

Na slici 9 dat je prikaz pukotina glavnog nosača.



Slika 9.-Prikaz pukotina

Abrazija predstavlja odnošenje površine betona usled trenja i prikazana je na slići 10.



Slika 10.-Abrazija

Različite koncentracije komponenti betona rezlutiraju nejednakim udelom delova u betonskoj mešavini tj. dolazi do segregacije betona, slika 11.



Slika 11.-Segregacija betona

Prodor vode (čiste ili zagađene) kroz beton kroz pukotine, zbog propusnog betona ili nedovoljne debljine elemenata ili zbog loše ili nepostojeće hidroizolacije ili neočekivanih pukotina, prikazano je na slici 12.



Slika 12.-*Procurivanje betona*

Ljuštenje predstavlja lokalno guljenje površinskog betona uglavnom zbog smrzavanja ili nasipanja soli na kolovoz. Razvoj ovalanih fragmenata odlamanja betona usled udaraca ili korozije armature,kao i nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona je prikazana na slici 13.



Slika 13.-*Odlamanje betona i nedovoljna debljina zaštitnog sloja*

Curenje po površini betona kao posledica alkalno silikatne reakcije, slika 14.



Slika 14.-*Alkalno silikatna reakcija*

Propadanje čelika usled eletrohemijske reakcije sa okolinom predstavlja koroziju armature. Ujedno ona može biti i posledica karbonatizacije ili prodora hlorida u beton. Korozija od karbonatizacije nema u suvom ili u betonu potpuno zasićenim vodom. Korozija armature dovodi do pukotina i odlamanja betona. Korozija usled hlorida predstavlja lokalni gubitak preseka armature i može dovesti do krtog loma [2].

Korozija armature se može podeliti u četri faze, u prvoj fazi dolazi do pojave tragova rđe na površini betona, u drugoj fazi dolazi do pukotina, u trećoj fazi javlja se ljuštenje betona dok u četvrtoj fazi dolazi do odlamanja betona. Korozija armature je prikazana na slici 15.



Slika 15.-Korozija armature

Što se tiče oštećenja čeličnih mostovskih konstrukcija mogu se javiti u vidu korozije, pukotina usled zamora materijala i pukotina od oštećenja. Na slici 16 date je prikaz oštećenja glavnog nosača čeličnog mosta.



Slika 16.-Korozija čeličnog nosača

Oštećenja kolovoza mogu se javljati u vidu pukotina, oštećenja završnog sloja, oštećenja strukture kolovoza i deformacija površine. Oštećenja kolovoza nastaju propadanjem površine od zamora usled ponavljajućeg opterećenja. Na slikama 17 i 18 prikazana su oštećenja kolovoza u vidu pukotina i rupa.



Slika 17.- Pukotine na kolovozu



Slika 18.- Rupe na kolovozu

6. ZAKLJUČAK

Mostovi predstavljaju celovit zadatak inženjera pred kojim se postavljaju sve složeniji zahtevi kako u projektovanju tako i u održavanju objekata. Posledice neadekvatnog održavanja odražavaju

se na smanjenje eksploatacionog veka i povećanja troškova za obezbeđenje upotrebljivosti i trajnosti objekata [6].

U svim fazama projektovanja, izgradnje, korišćenja, tj. u čitavom upotrebnom veku mostovske konstrukcije treba sprovoditi mere osiguranja kvaliteta u vidu nadzora (projektantskog ili investitorskog), prijema, pregleda i praćenja stanja mostovske konstrukcije kako ne bi došlo do oštećenja [7].

Za trajnost konstrukcija neophodan je redovni pregled i održavanje. Zato treba praviti plan, termine pregleda, kontrole i održavanja konstrukcija i sprovoditi planirane aktivnosti. Projektovanje konstrukcija prema upotrebnom veku je savremeni koncept projektovanja koji se već uveliko primenjuje.

7. LITERATURA

- [1] Radić, J.: *Betonske konstrukcije 4, Sanacije*, Građevinski fakultet sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2010., 327-328.
- [2] Radić, J.: *Oštećenje mostova: Primjeri i uzroci oštećenja pojedinih konstrukcijskih elemenata*, Građevinski fakultet sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2013.
- [3] Tamburić, J., Lukić P.: *Trajnost i oštećenja nosećih konstrukcija*, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Niš, 2013.,22-25.
- [4] Mićić, T., Stojić, D.: *Predavanja na doktorskim studijama na predmetu :Reliability of structures*, Niš 2012.
- [5] Marinković, S., Ignjatović, I. : *Savremeni koncept obezbeđivanja trajnosti betonskih konstrukcija -projektovanje prema upotrebnom veku*, Inženjerska komora Srbije, Beograd 2008.
- [6] Stojić, N.: *Uticaj poplava na mostove*, Nauka+Praksa, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, Niš, 2009.
- [7] Aranđelović, B.: *Prijem, pregled i praćenje stanja mostovskih konstrukcija*, Društvo za integritet i vek konstrukcija, Beograd, 2010.

UDK:628.1(1-21)

NADZEMNI LINIJSKI TEHNIČKI ELEMENTI U INTEGRISANIM PRISTUPIMA UPRAVLJANJA ATMOSFERSKIM VODAMA

Ljiljana Vasilevska¹
Borislava Blagojević²
Magdalena Vasilevska³

Rezime

U radu se razmatraju upotrebnii, oblikovni i inženjerski aspekti primene tehničkih elemenata savremenog pristupa upravljanju atmosferskim vodama. Težište istraživanja je na nadzemnim linijskim tehničkim elementima - plitkim ozelenjenim depresijama i infiltracionim kanalima, kao i na materijalizaciji linijskih javnih otvorenih prostora. Hidrotehnički aspekt obuhvata opšti prikaz, a zatim hidrološki, hidraulički i segment kvaliteta kišnih voda kod savremenog pristupa kanalisanju urbanih sredina, sa akcentom na nadzemne linijske tehničke elemente. Sa urbanističkog aspekta su koristi primene tehničkih elemenata razmatrane sa pozicija ekološkog komfora, sigurnosti, bezbednosti i prostorne celovitosti urbanih prostora na nižim nivoima njihove prostorno-funkcionalne organizacije.

Ključne reči:

Kanalisanje urbanih sredina, plitke linijske depresije, infiltracioni kanali, porozno popločanje, urbani prostor, upotrebnii potencijal, oblikovni potencijal.

¹ dr Ljiljana Vasilevska, vanr. prof. Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ljiljana.vasilevska@gaf.ni.ac.rs; vasilevskaljiljana@gmail.com

² dr Borislava Blagojević, doc. Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

³ Magdalena Vasilevska, master inž.arh., stud.dok.studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, magdalena.vasilevska@gmail.com

1. UVOD

Opšti sistem kanalisanja kišnih i upotrebljenih voda prisutan je u celom svetu. U ovom sistemu se kišne (atmosferske) i upotrebljene vode, često zajedno sa manjim vodotokovima, prikupljaju u zajednički kolektor. U najvećem broju slučajeva, sistem je projektovan prema klasičnom pristupu kanalisanju, koji najjednostavnije rečeno, podrazumeva brzo prikupljanje i sprovođenje atmosferske vode u zajednički kolektor. U Srbiji preovlađuje opšti sistem kanalisanja [1]. Drugi prisutan, nešto poboljšan sistem je separatni, kod koga se odvojeno kanališu atmosferske i upotrebljene vode. Pod određenim uslovima, pojavljuje se i mešoviti sistem, kod koga se višak atmosferskih voda iz posebnog kolektora prevodi u kolektor za upotrebljene vode. Ovi sistemi se takođe projektuju prema klasičnom pristupu.

Negativni uticaji klasičnog pristupa kanalisanju urbanih sredina na hidrološki ciklus, a time i na životnu sredinu, prvo su primećeni i dokumentovani u visoko razvijenim industrijskim zemljama [2]. Da bi se ovi uticaji ublažili i/ili sprečili, u tim zemljama (npr. Amerika, Kanada, Australija) danas postoji zakonska regulativa u oblasti upravljanja atmosferskim vodama. Zakonsku regulativu prate inženjerski priručnici, neki i do nivoa tipskih detalja rešavanja pojedinih elemenata sistema, koji se koriste kod individualnog stanovanja. Iza svega stoji savremeni pristup kanalisanju atmosferskih voda, čiji je cilj što duže, a bezbedno zadržavanje kišnog oticaja u urbanim slivovima.

Svaki sistem za kanalisanje kišnih voda, bilo da je projektovan po klasičnom ili savremenom pristupu, sadrži objekte pod zemljom (minor sistem) i na površini (major sistem) [3]. U ovom radu bavimo se objektima na površini terena, i to nadzemnim linijskim tehničkim elementima (NLTE), koji osim kanalisanja kišnih voda mogu da obuhvate i druge komplementarne ciljeve. Na početku sažeto prikazujemo savremeni pristup kanalisanju kišnog oticaja, odnosno integrisano upravljanje atmosferskim vodama. Zatim dajemo primere i karakteristične detalje NLTE, a potom objašnjavamo neke od specifičnosti projektovanja sistema savremenim pristupom sa hidrotehničkog stanovišta, uglavnom sa osvrtom na istraživanja domaćih autora. U nastavku analiziramo i pokazujemo oblikovni i upotrebnii potencijal NLTE u smislu ekološkog komfora, sigurnosti, bezbednosti i prostorne celovitosti urbanih prostora na nižim nivoima njihove prostorno-funkcionalne organizacije, uz ilustrativne primere. Na kraju, sumiramo više značne koristi integriranog upravljanja atmosferskim vodama, sa akcentom na NLTE.

2. INTEGRISANI PRISTUPI UPRAVLJANJU ATMOSFERSKIM VODAMA

Savremeni pristup kanalisanju kišnog oticaja zasniva se na principu zadržavanja vode u urbanom sливу, primenom mera i elemenata koji oponašaju, odnosno podržavaju prirodno okruženje [4]. Pri planiranju i izgradnji na neizgrađenim područjima, mere i elementi se biraju i uklapaju prema prirodnim uslovima, a u izgrađenim sredinama i prema zatečenom stanju. Zbog toga, dogradnja i rekonstrukcija postojećeg sistema (engl. *retrofitting*) predstavlja teži zadatak. Međutim, savremeni sistemi pružaju širok spektar mogućnosti primene različitih elemenata u formiranju ili poboljšanju upotrebnog i oblikovnog potencijala gradskih prostora, budući da svaki element ima i svoje specifične upotrebne i oblikovne karakteristike.

U savremenim sistemima se za što duže zadržavanje vode u urbanom sливу, posebno ili u kombinaciji, koriste: 1) infiltracija; 2) prihvatanje; 3) zadržavanje i čuvanje (retenziranje); i/ili 4) ponovna upotreba atmosferske vode. Svaki od načina postupanja podrazumeva primenu različitih sistemskih mera i tehničkih elemenata. Vremenom se savremeni pristup projektovanju kanalisanja atmosferskih voda razvijao i uključivao i druge komplementarne ciljeve [3], tako da je nastao niz integrisanih pristupa upravljanju atmosferskim vodama. U zavisnosti od pristupa, elementi su različito definisani, iako, generalno, imaju istu funkciju. Na primer, WSUD (engl. *Water Sensitive Urban Design*) prepoznaje sledeće elemente: 1) ozelenjene plitke linijske ili površinske depresije, bez ili sa vodom (engl. *swales*); 2) ozelenjene filterske tampon rovove; 3) peščane filtere; 4) bioretentione sisteme; 5) porozno popločanje; 6) infiltracione kanale; 7) infiltracione bazene; 8) rezervoare za kišnicu; i 9) elemente pejsažne arhitekture. U okviru pristupa SUDS (engl. *Sustainable Urban Drainage Schemes*), podela elemenata je sledeća: 1) porozno popločanje (pešačkih komunikacija i drugih površina); 2) filterski pojasevi; 3) filterski i infiltracioni rovovi; 4) ozelenjene plitke linijske ili površinske depresije (bez ili sa vodom); 5) retencioni bazeni; 6) podzemni rezervoari za skladištenje kišnice; 7) močvare; i 8) male površine stajaće vode (engl. *ponds*).

Elementi koji se zasnivaju na infiltraciji, sprovode vodu u zemljište i na tu količinu vode se ne računa u minor sistemu. Kod elemenata za retenziranje, deo protoka se zadržava, a kada se dostigne njihov kapacitet, višak vode se sprovodi u atmosfersku kanalizaciju. Neki od elemenata, kao što su ozelenjene plitke linijske ili površinske depresije,

mogu da obezbede i infiltraciju i retenziranje, a mnogi pristupi predviđaju kombinaciju ova dva načina primenom i ugradnjom niza tehničkih elemenata u major sistem. Pored navedenih, moguća je primena i drugih elemenata, kao što su: sedimentni baseni–baseni za sakupljanje nanosa, tamponski sistemi, elementi za uzgajanje uličnih drvoreda, a poseban značaj ima primena zelenih krovova. Iako se u početku zeleni krovovi nisu javljali kao jedan od osnovnih elemenata savremenih pristupa upravljanja atmosferskim vodama, vremeneom su postali treća, najpoznatija i najzastupljenija mera [4]. Ostale dve mere su (1) isključivanje krovnih oluka iz kanizacionog sistema i prihvatanje atmosferske vode u ozelenjene površine sa infiltracionim sistemima i (2) zamena funkcije klasičnih rigola na saobraćajnim površinama prihvatanjem atmosferskih voda u plitke ozelenjene linijske depresije/kanale ili prostor za sadnice i odvođenjem do malih površina stajaće vode ili do suvih depresija u otvorenom prostoru.

3. NADZEMNI LINIJSKI TEHNIČKI ELEMENTI

Tipične NLTE koji se primenjuju u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim vodama predstavljaju: (1) plitke ozelenjene linijske depresije/kanali, koje mogu biti sa ili bez vode, (2) infiltracioni kanali, kao i (3) porozno popločanje, koje se u radu razmatra kao dodatni element. Zbog geometrijskih karakteristika javnih otvorenih prostora na kojima se primenjuje, uz funkciju koju ima u podkonstrukciji u pogledu infiltracije i zadržavanja vode, porozno popločanje može se svrstati u NLTE. Prikaz osnovnih karakteristika svih elemenata je dat u Tabeli 1.

4. HIDROTEHNIČKI ASPEKT NADZEMNIH LINIJSKIH TEHNIČKIH ELEMENATA

Sistem atmosferske kanalizacije se u najširem smislu može posmatrati kroz tri funkcionalne celine: osnovni, proširen i najširi kanalizacioni sistem [3]. U osnovni sistem spadaju čisto tehnički objekti koji primaju i odvode merodavne kišne vode propisanog povratnog perioda (2, 5 ili 10 godina). Prošireni sistem, uz osnovni, čine i ulice, parkinzi, parkovi i otvoreni prostori, čija je uloga prihvatanje viška vode koji ne može da primi osnovni sistem, zbog čega su u određenim slučajevima merodavni oticaji povratnog perioda od 25 do 100 godina. Najširi kanalizacioni sistem, uz prethodni, obuhvata i doline, prirodne i

Nadzemni linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim vodama

izgrađene terene i sve druge građevine ili njihove delove, u koje kišni oticaj dospeva kada se prevaziđe kapacitet proširenog sistema.

Tabela 1. Linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim otpadnim vodama.

Ozelenjene plitke linijske depresije/kanali, bez ili sa vodom	
<p>Karakterističan presek</p>	<p>Primeri</p>
Infiltracioni kanali	
<p>Karakterističan presek</p>	<p>Primeri</p>
Porozno popločanje	
<p>Karakterističan presek</p>	<p>Primeri</p>

Prema navedenom konceptu funkcionisanja sistema atmosferske kanalizacije, NLTE pripadaju proširenom kanalizacionom sistemu.

Inženjerski, odnosno hidrotehnički aspekt projektovanja i funkcionisanja celovitog sistema, funkcionalnih celina i pojedinih elemenata za upravljanje kišnim oticajem, obuhvata hidrološki, hidraulički i segment kvaliteta atmosferskih voda.

4.1. Hidrološki i hidraulički segment

U pogledu količina kišnih voda, savremeni pristup predviđa da maksimalni oticaj posle izgradnje sistema za odvođenje atmosferskih voda, ne bude veći od oticaja pre izgradnje sistema. Osnovne hidrološke analize obuhvataju analizu merodavnih kiša i primenu nekog od modela padavine-oticaj, za dobijanje merodavnog protoka i zapremine kišne vode propisanog povratnog perioda. Prema funkciji NLTE, koja obuhvata i retenziranje i/ili infiltraciju, zahtevaju se složenije hidrološke analize i modeli padavine-oticaj u poređenju sa klasičnim pristupom.

Modeliranje i dimenzionisanje NLTE vrši se u okviru proširenog kanalizacionog sistema, što zahteva podatke o podslivovima, nameni površina, povezanosti minor i major sistema, kao i položaju i kapacitetu pojedinačnih elemenata sistema. Jedna od bitnih podloga za projektovanje je digitalni model terena (DMT). Sa DMT-a se generišu podaci o podslivovima, a kao važan alat za simulacione modele, DMT se neprestano usavršava [5]. Podloge o nameni površina su takođe značajne, zbog pozicioniranja NLTE ali i uticaja na rezultate simulacionih modела, posebno kod dogradnje i rekonstrukcije postojećih sistema. Novković i saradnici [6] su, na eksperimentalnom urbanom slivu, između ostalog, pokazali da je dovoljno poznavanje odnosa propusnih i nepropusnih površina u okviru namene površina, da bi se dobilo zadovoljavajuće slaganje maksimalnog simuliranog i izmerenog oticaja. Ovo istraživanje pokazuje i da se rasporedom i kapacitetom NLTE može postići željeni oticaj iz kanalizacionog sistema.

NLTE kao deo proširenog kanalizacionog sistema, sagledavaju se sa hidrauličke strane u okviru simulacionih modela dvojnog odvodnjavanja (površinskog i potpovršinskog) [7]. U pogledu hidrauličkih proračuna, modeli postaju složeniji, zbog strujanja kroz poroznu sredinu koje se javlja u okviru NLTE. Kako ovi složeni proračuni mogu da sadrže niz neizvesnosti, neophodno je sprovesti dodatne analize. Jedan od

primera za analizu neodređenosti je i istraživanje Brankovića i saradnika [8]. Da bi kalibracija parametara modela bila pouzdana, potrebno je raspolagati merenjima na terenu. Savremena metoda za terensko merenje brzina i oticaja u urbanim slivovima, a posebno pogodna kod razmatranih NLTE, jeste neinvazivna metoda zasnovana na obradi slike, čiju su upotrebu demonstrirali Branislavljević i Prodanović [9].

4.2. Kvalitet atmosferskih voda

Danas je poznato da oticaj kišnih voda ne predstavlja čistu vodu, zbog spiranja zagađivača sa površina krovova i saobraćajne infrastrukture [3]. Zbog toga se, kada je u pitanju kvalitet, sistem za kanalisanje kišnih voda, često naziva i sistemom za odvođenje atmosferskih otpadnih voda. NLTE koji su tema ovog rada, upravo odvode atmosferske vode sa površina namenjenih pešačkom, motornom i mirujućem saobraćaju. U integrisanim pristupima odvođenju atmosferskih voda, posebna pažnja je posvećena kvalitetu, a postavljeni kriterijum je da kvalitet vode posle izgradnje sistema bude bolji od zatečenog.

U savremenom pristupu kanalisanju urbanih slivova, zagađenje se tretira na mestu postanka. Jedan od načina je i kriterijum ‘prvog pljuska’ (engl. *first flush*), gde se zagađenjem najopterećenija količina kišnog oticaja odmah tretira na poseban način [npr. 10]. U radu [11] je dat prikaz raspodele i koncentracije zagađivača sa različitih površina u kišnom oticaju. Mogućnost dospevanja nekih zagađivača u NLTE, predstavlja ograničenje, pa i zabranu njihove upotrebe. Na delovima urbanih slivova gde je moguće pomoći filterskog sloja NLTE obaviti deo tretmana atmosferskih voda, pospešuje se upotreba ovih elemenata, uz redovnu zamenu filterskog sloja čistim. Ostatak tretmana voda do željenog nivoa, po pravilu se obavlja u nizu povezanih elemenata (engl. *treatment train*), što je još jedna od specifičnosti integrisanih pristupa.

5. POTENCIJALI NADZEMNIH TEHNIČKIH LINIJSKIH ELEMENATA SA URBANISTIČKOG ASPEKTA

Većina savremenih pristupa integriše upravljanje atmosferskim otpadnim vodama u proces urbanističkog planiranja i projektovanja. Neki od ciljeva savremenih pristupa, kao što su poboljšanje karakteristika izgrađenog okruženja u funkciji kvaliteta življenja, poboljšanje kvaliteta vodnih resursa, smanjenje negativnih uticaja

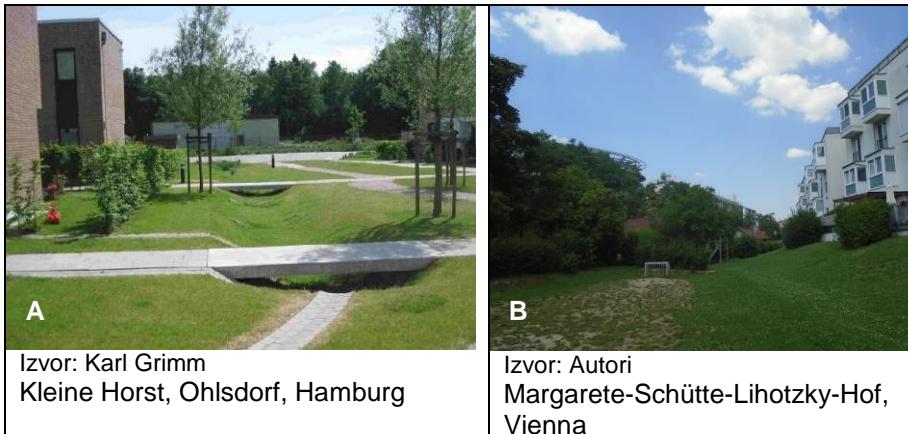
atmosferskih voda, očuvanje i/ili unapređenje urbanog ekosistema, su istovremeno u sinergiji sa primarnim ciljevima savremenih pristupa u okviru urbanističkog planiranja i projektovanja. Upravo zbog toga integrисани pristupi upravljanju atmosferskim otpadnim vodama, za razliku od tradicionalnih, pružaju mogućnosti da se pored smanjenja količine površinskih voda i stepena plavljenja područja, primenom tehničkih elemenata, ukjelučujući i NLTE, formira ili poveća stepen upotrebnog i oblikovnog potencijala fizičkog okruženja, kako novoplaniranog tako i postojećeg [12]. U procesu formiranja potencijala urbanog prostora, NLTE imaju značajnu ulogu. Njihova primena je moguća u: 1) novoplaniranim ulicama; 2) postojećim ulicama; 3) nadogradnji sistema kanalisanja u okviru trotoara; 4) zemljištu u javnoj svojini; 5) novim stambenim područjima; 6) nasledjenim/postojećim stambenim područjima; 7) centralnim područjima sa mešovitom namenom; 8) industrijskim područjima i zonama itd.

5.1. Upotrebnii potencijal

Upotrebnii potencijal urbanog prostora je u funkciji povećanja stepena kvaliteta življenja, koji proizilazi iz sledećih vrednosti: 1) ekološki komfor; 2) bezbednost i privatnost (od posebne važnosti u stambenim područjima); 3) dobra prostorna dostupnost; 4) diverzifikacija aktivnosti; 5) ambijentalna celovitost; i 6) zadovoljavajući nivo socijalnih interakcija, odnosno socijalne integracije zajednice [13, 14]. Svaka od ovih vrednosti, naročito prve četiri, može se pratiti kroz određene parametre koji su, najčešće, merljivi i imaju svoj fizički izraz.

U grupaciji parametara za ocenu *ekološkog komfora*, parametri koji se mogu dovesti na viši nivo primenom NLTE su: 1) izolovanost od saobraćajnica i drugih izvora ekološki negativnih uticaja; 2) procenat zastupljenosti zelenih površina, njihova dispozicija i forma; i 3) procenat povećanja biodiverziteta (Slika 1B, Slika 3). Na Slici 1A prikazana je depresija/ozelenjeni kanal bez vode, koji je, pored svoje osnovne namene, svojom pozicijom i dimenzijom i u funkciji izolovanja stanovanja u odnosu na saobraćajnicu. Na Slici 1B dat je prikaz ozelenjene depresije/kanala koji svojom dimenzijom povećava učešće zelenih površina u okviru stambenog kompleksa, a time i ekološki komfor. Dodatno, svojom dispozicijom i formom, ovaj element pruža mogućnost za odvijanje rekreativnih aktivnosti, čime se doprinosi i povećanju stepena socijalnih interakcija, što je takođe jedna od definisanih vrednosti kvaliteta življenja.

Nadzemni linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim vodama



Slika 1. Primena NLTE u funkciji ekološkog komfora.

Bezbednost u najvećoj meri zavisi od međusobnog odnosa urbanih funkcija, naročito od odnosa saobraćaja sa ostalim urbanim funkcijama. U grupaciji parametara za ocenu bezbednosti, koja je u slučaju stanovanja usko povezana i sa *privatnošću*, parametri koji se mogu dovesti na viši nivo primenom NLTE su: 1) izbor materijala za obradu otvorenih prostora i komunikacija; 2) različite forme vizuelne i fizičke zaštite; 3) prostorne distance i veličina površine koja je izolovana od pristupa sa motornih komunikacija ili od pristupa i pogleda sa pešačkih komunikacija; i 4) druge fizičke dimenzije i urbanističko-arhitektonski aranžmani prostora.

Primena poroznog popločanja kod linijskih urbanih formi (pešačkih komunikacija, kolsko-pešačkih pristupa, parkinga i dr.) je u direktnoj vezi sa povećanjem stepena bezbednosti kretanja pešaka i odvijanja različitih vidova aktivnosti u okviru javnih otvorenih prostora. Porozno popločanje je od posebnog značaja za bezbednost kretanja i boravka na otvorenom starijih osoba i dece, budući da se njegovom primenom u određenoj meri smanjuje mogućnost povreda (Slika 2).

Slike 3A i 3B ilustruju primenu infiltracionih kanala i ozelenjenih kanala sa vodom u sklopu uličnih poteza. Njihovom dispozicijom u sklopu regulacione širine ulica izvršena je fizička diferencijacija motornog i pešačkog saobraćaja, čime je povećana bezbednost kretanja pešaka. Dodatno, primenom navedenih elemenata povećan je i stepen biodiverziteta područja, još jednog od parametara za ocenu i praćenje ekološkog komfora.

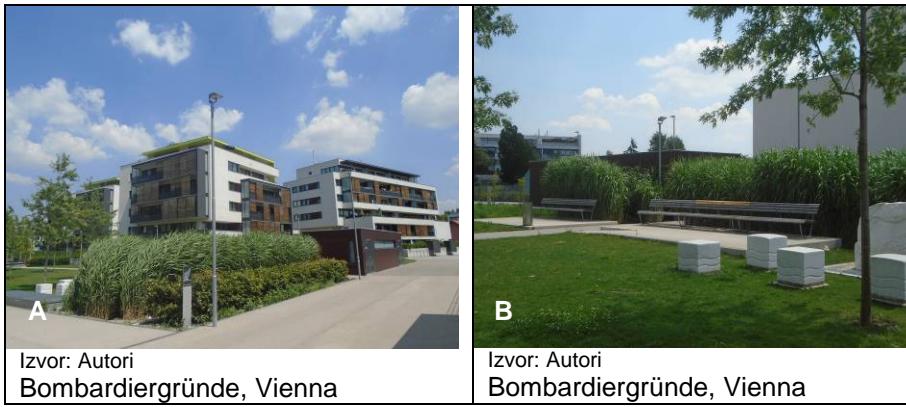


Slika 2. Porozno popločanje u funkciji povećanja stepena bezbednosti pešačkog kretanja i odvijanja aktivnosti u otvorenim javnim prostorima.



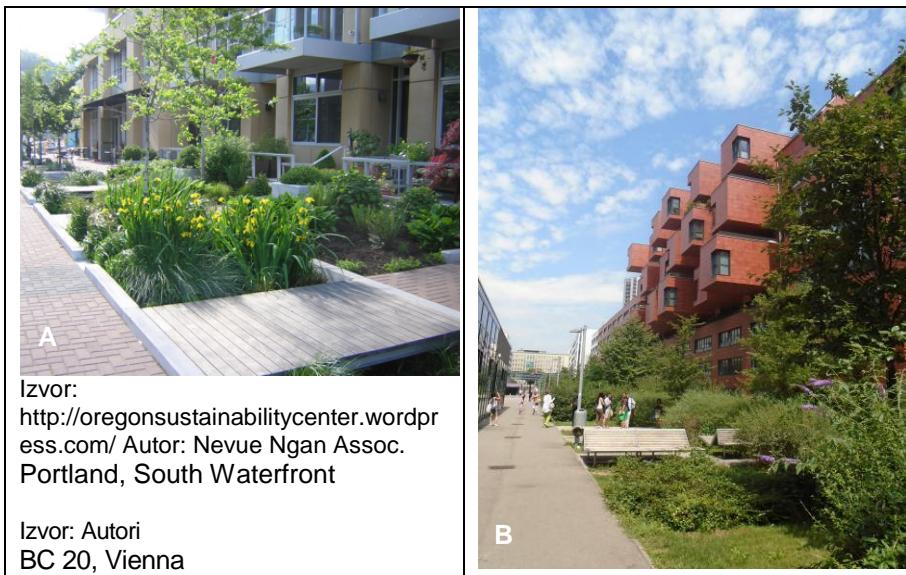
Slika 3. Infiltracioni kanal i ozelenjena depresija sa vodom u funkciji povećanja stepena bezbednosti pešačkog kretanja u sklopu ulica.

Nadzemni linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim vodama



Slika 4. Infiltracioni kanali u funkciji vizuelne i fizičke zaštite otvorenih prostora u odnosu na motorni saobraćaj.

Na Slici 4 prikazani su infiltracioni kanali koji su svojom dispozicijom u odnosu na ulicu u funkciji vizuelne i fizičke zaštite i povećanja stepena bezbednosti javnih otvorenih prostora - dečijeg igrališta (Slika 4A) i prostora za odmor i rekreaciju u neposrednom okruženju zgrada (Slika 4B).



Slika 5. NLTE u funkciji vizuelne i fizičke zaštite u odnosu na pešačke komunikacije.

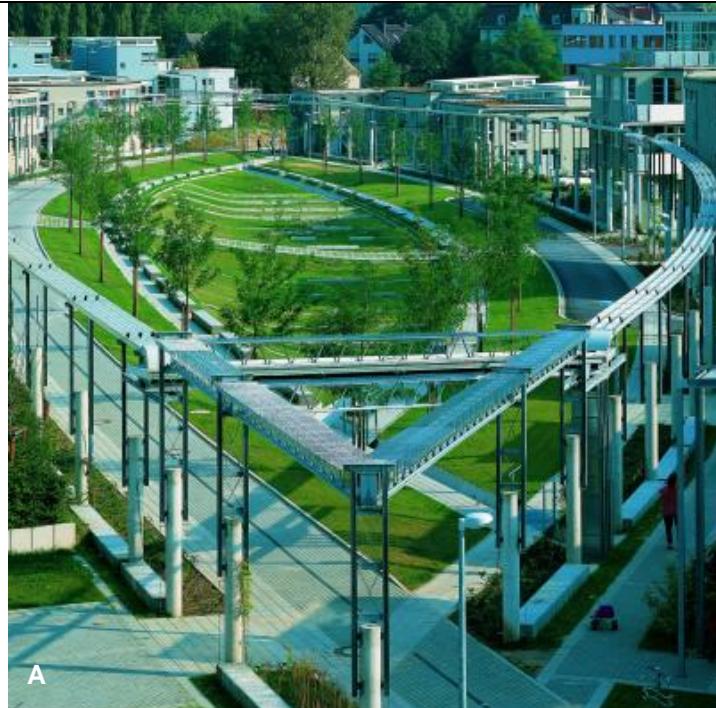
Primenom NLTE se može obezbediti vizuelna i fizička zaštita privatnih otvorenih prostora ili unutrašnjosti zgrada, ne samo u odnosu na ulice, već i u odnosu na ostale tipove otvorenih javnih prostora. Tako su na Slici 5 prikazani infiltracioni kanal (Slika 5A) i plitka ozelenjena depresija (Slika 5B), koji su svojom formom, dispozicijom i površinom u funkciji vizuelne i fizičke zaštite u odnosu na pešačke komunikacije- prvi je u funkciji zaštite i povećanja stepena privatnosti individualnih dvorišta stanova u prizemljima višespratnih stambenih zgrada, dok se drugim od buke štiti poslovna zgrada uz prometnu pešačku komunikaciju.

Prostorna celovitost urbanog ambijenta je vrednost koja stanovnicima omogućava formiranje osećanja sigurnosti, identiteta i pripadnosti društvenoj zajednici. Postiže se određenom urbanističkom kombinatorikom i kompozicijom koja je zasnovana na kompaktnoj i jasno definisanoj fizičkoj strukturi. Parametri za ocenu prostorne celovitosti su različiti i često nisu jasno fizički merljivi. Razlog tome je isti kao i kod ocene kvaliteta socijalnih interakcija. Naime, fizička struktura urbanog prostora može samo da podrži, a ređe da inicira određena dešavanja i aktivnosti. Primat u iniciranju i realizaciji različitih vidova socijalnih kontakata i socijalizacije društvene zajednice ima socijalna struktura. Zbog toga se i uticaj NLTE u odnosu na ove vrednosti može ocenjivati samo posredno, u sklopu procene uticaja ukupne fizičke strukture na društvenu strukturu.

5.2. Oblikovni potencijal

Oblikovni potencijal NLTE je, po pravilu, u sinergiji sa njihovim upotrebnim potencijalom i određen je projektanstkim pristupom, pre svega, otvorenim javnim prostorima. Osim klasičnog pristupa, koji je bez ikakvih dodatnih koristi po oblikovanje prostora i povećanje stepena kvaliteta življenja (jer se atmosferska otpadna voda odvodi direktno u atmosfersku kanalizaciju), danas su od značaja dva projektantska pristupa. Prvi je *integriran pristup*, koji se zasniva na nemametljivoj inkorporaciji tehničkih elemenata upravljanja atmosferskim vodama u proces projektovanja otvorenih prostora i njihovog svakodnevног korišćenja (Slike 1 - 5). Drugi je *umetnički pristup* (engl. *artful rainwater design*), koji se ne odnosi samo na upravljanje atmosferskim vodama i primenu tehničkih elemenata, već na transformaciju prostora i kreiranje njegovog identiteta zasnovanom na pogodnostima i oblikovnim mogućnostima koje pružaju sistem upravljanja atmosferskim vodama i njegovi elementi (Slika 6A i 6B).

Nadzemni linijski tehnički elementi u integrisanim pristupima upravljanja atmosferskim vodama



A

Izvor: <http://szy-kow.at99.at/content/wohnbebauung-k%C3%BCppersbuschgel%C3%A4nde-iba-emscher-park>
Küppersbusch Siedlung, Gelsenkirchen



B

Izvor: Autori
Wirtschaftsuniversitat, Vienna

Slika 6. Oblikovni potencijal NLTE.

5. ZAKLJUČAK

Pored koristi i praktičnih opcija za rešavanje aktuelnih problema u vezi sa količinom i kvalitetom kišnog oticaja u urbanim područjima, integrисани pristupi upravljanja atmosferskim vodama nude i druge, višezačne koristi. Početna težnja za usklađivanjem rasporeda propusnih i nepropusnih površina radi očuvanja ravnoteže hidrološkog ciklusa, prerasla je u holistički pristup u procesu urbanističkog planiranja i projektovanja. Danas je namera da se kroz integrисани proces planiranja i projektovanja uspostavi veća harmonija između vode kao ključnog resursa i društvene zajednice. Cilj savremenih pristupa je kreiranje atraktivnih, funkcionalnih i za okolinu bezbednih (engl. *environmentally-friendly*) urbanih područja, koja bi svojom fizičkom i funkcionalnom strukturu bila prilagođena budućim izazovima, kao što su urbanizacija i klimatske promene. Na taj način, savremeni pristupi upravljanja atmosferskim otpadnim vodama su u korelaciji sa aktuelnim pristupima u urbanističkom razvoju, evropskom strategijom i politikom Zelene infrastrukture (engl. *Green Infrastructure*) i pristupima u okviru Zelenog urbanizma (engl. *Green Urbanism*).

U radu je prikazan poseban značaj NLTE za tretman javnih, polujavnih i/ili privatnih otvorenih prostora, od čijeg načina organizacije, tipološke strukture, upotrebnog i oblikovnog potencijala i kvaliteta u mnogome zavisi i kvalitet življenja. Primena NLTE je u funkciji realizacije kvalitetnijih otvorenih prostora, u smislu njihove: 1) površine i boljeg iskorišćenja limitiranog prostora; 2) diverzifikacije namene i širokog spektra tipova, sadržaja i formi; 3) dostupnosti i bezbednosti; 4) formiranja ili očuvanja biodiverziteta i 5) socijalne održivosti.

Pored koristi, praksa je ukazala i na ograničenja u primeni i realizaciji savremenih pristupa upravljanja atmosferskim otpadnim vodama i njihovih elemenata. Generalno, ograničenja se mogu podeliti u tri grupe: 1) praktični problemi (prirodni uslovi, postojeća izgradnja i infrastruktura, naročito u gusto naseljenim urbanim sredinama, karakteristike fizičke strukture, nedefinisani ili nerešeni vlasnički odnosi, pojava parazitskih voda u minor kanalizacionom sistemu i dr.); 2) zakonski okvir i institucionalni mehanizmi koji ne podržavaju ovu vrstu pristupa; i u nekim slučajevima, 3) visoki troškovi realizacije.

6. IZJAVA

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR37005 "Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse u Srbiji" i TR36042 "Optimizacija arhitektonskog i urbanističkog planiranja i projektovanja u funkciji održivog razvoja Srbije".

7. LITERATURA

- [1] European Agency for Reconstruction: Sector Review Paper on the Water Supply and Waste Water Sector. Beograd. 2006. Dostupno na: <http://www.misp-serbia.rs/wp-content/uploads/2010/05/Sector-Review-Paper-on-the-Water-Supply-and-Waste-Water-Sector1.pdf>
- [2] Booth D. B., and Jackson R.: Urbanization of aquatic systems: Degradation thresholds, stormwater detection and the limits of mitigation. Journal of the American Water Resources Association 33(5): 1077–1089. 1997.
- [3] Despotović J.: Oticaj kišnih voda i kanalisanje. Građevinski fakultet univerziteta u Beogradu. 2012.
- [4] Gordon-Walker S., Harle T. and Naismith I.: Using science to create a better place: Cost-benefit of SUDS retrofit in urban areas. SC060024. Environment Agency. Bristol. 2007.
- [5] Leitão JP, Prodanović D, Maksimović Č, Matos JS. Poboljšanje digitalnog modela terena za delineaciju površinskog tečenja na urbanim slivovima. Voda i sanitarna tehnika. 2009; 39(6):19-28.
- [6] Novković A, Prodanović D, Despotović J. Analiza uticaja nepoznavanja namene površina na rezultate simulacije modela kišnog oticaja na primeru Miljakovac. Voda i sanitarna tehnika. 2005; 35(4):45-49.
- [7] Đorđević S., Chen A., Evans B., Galambos I., Leandro J., Savić D.A.: Modeliranje linijskog, ravanskog i prostornog tečenja kod plavljenja urbanih sredina. Voda i sanitarna tehnika 40(4):71-82. 2010.
- [8] Branisljević N, Prodanović D, Jovanović M. Propagacija neodređenosti kod linijskih modela otvorenih tokova. Vodoprivreda 41(4-6):109-116. 2009.

- [9] Branislavljević N, Prodanović D. Large Scale Particle Image Velocimetry - merenje urbanog oticaja. Vodoprivreda. 2006; 38(4-6):233-238.
- [10] BMT WBM Pty Ltd: Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design (WSUD). Joint Steering Committee for Water Sensitive Cities (JSCWSC). 2009.
- [11] Rajaković-Ognjanović V, Đukić A, Lekić B, Ljubisavljević D.: Upravljanje vodama kišnog oticaja. Voda i sanitarna tehnika. 2013; 43(2):55-62.
- [12] Vasilevska Lj, Blagojević B. Integrисано управљање атмосfersким водама у оквиру стамбених подручја - студија slučaja, Quartiers Verts, Beč. Zbornik radova Građevinsko-архитектонског факултета, Niš. 2013; (28):1-14.
- [13] Milić V. Graditeljske i korisničke inicijative u naseljima kolektivnog stanovanja i kriterijumi urbanističke regulacije. U: Zbornik naučnog skupa Unapređenje i dalji razvoj stanovanja u višespratnim zgradama. Gradjevinsko-архитектонски факултет Универзитета у Нишу, Ниш. 1995; 75-83.
- [14] Vasilevska, Lj. Vranic, P. Marinkovic, A. The effects of changes to the post-socialist urban planning framework on public open spaces in multi-story housing areas: A view from Nis, Serbia, Cities, Volume 36, February 2014, Pages 83–92.

UDK:624.014.2:624.071.3

ODREĐIVANJE ROTACIONE KRUTOSTI POLUKRUTIH VEZA U ČELIČNIM KONSTRUKCIJAMA

Srđan Živković¹
Todor Vacev²
Milan Petrović³

Rezime

U ovom radu je primenom komponentalne metode izvršena detaljna analiza postupka određivanja rotacione krutosti polukrutihih veza u čeličnim konstrukcijama, u skladu sa EC3:1-8. Razmatrane su veze greda – stub u zavarenoj i zakovanoj izradi. U radu je detaljno ilustrovan postupak proračuna u vidu numeričkog primera veze greda-stub za tip veza koje se najčešće sreću u našoj građevinskoj praksi – u zakovanoj izradi sa prepuštenom čeonom pločom i VVZ zavrtnjevinama, bez poprečnih ukrućenja na rebru stuba.

Ključne reči: čelične konstrukcije, Evrokod, polukrute veze, rotaciona krutost veze, čeona ploča.

1. UVOD

Evrokod 3, deo 1-8 [1] daje postupak za određivanje zavisnosti između momenta savijanja (M) i relativnog ugla obrtanja u

¹ Mr Srđan Živković, dipl. građ. inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu.

² Dr Todor Vacev, dipl. građ. inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu.

³ Milan Petrović, m.i.g, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu.

preseku na mestu veze (Φ) kao jedne od glavnih karakteristika veze greda-stub u čeličnim konstrukcijama. Određivanje računskih $M-\Phi$ karakteristika veze greda-stub zasnovano je na teoriji potvrđenoj eksperimentalnim rezultatima [2]. Kao aproksimacija stvarnog ponašanja veze greda-stub koristi se rotaciona opruga koja povezuje stub i gredu u tački presecanja njihovih sistemnih linija.

Računskom karakteristikom moment-rotacija, definišu se sva tri glavna svojstva posmatrane veze:

1. rotaciona krutost;
2. momentna otpornost;
3. kapacitet rotacije.

Računska momentna otpornost veze ($M_{j,Rd}$) jednaka je najvećoj vrednosti momenta savijanja na dijagramu karakteristike moment-rotacija, dok je rotaciona krutost veze (S_j) jednaka sekantnoj krutosti. Mogu se koristiti različite vrednosti sekantne krutosti, zavisno od intenziteta računskog momenta savijanja ($M_{j,Sd}$) za dati slučaj opterećenja i razmatrano granično stanje.

Primenjujući inkrementalne postupke proračuna može se rešiti problem nelinearne računske zavisnosti između karakteristika *moment savijanja-relativna rotacija* preseka na mestu veze štapova, a što i odgovara stvarnom ponašanju ovakvih veza. Računski kapacitet rotacije ($\Phi_{j,Cd}$) polukrute veze greda-stub jednak je relativnom obrtanju koje se dostiže pri maksimalnoj računskoj momentnoj otpornosti veze. Treba napomenuti da pri korišćenju analize za polje napona i deformacija u elastičnoj oblasti nije potrebno razmatrati rotacioni kapacitet veza.

EC 3 daje pravila za proračun sledećih tipova veza greda-stub u čeličnim konstrukcijama:

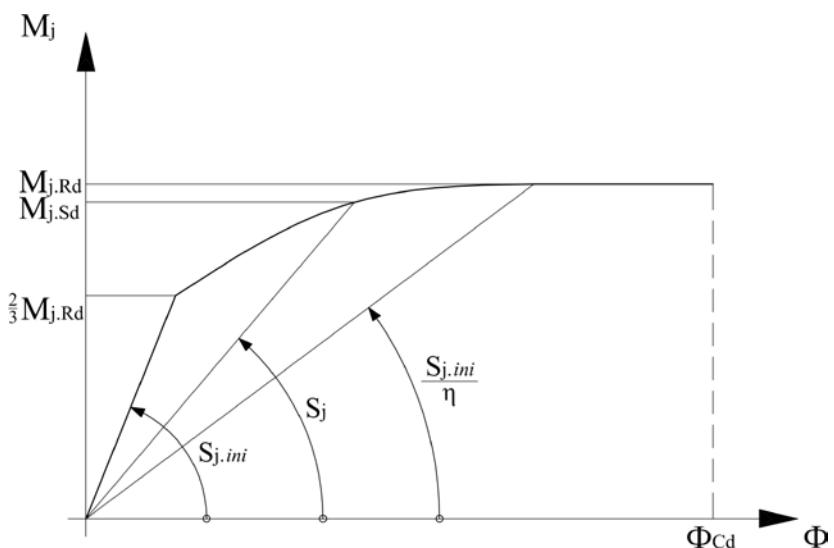
1. veze u zavarenoj izradi;
2. veze sa priključnim ugaonicima na nožici grede;
3. veze zavrtnjevima sa čeonom pločom sa prepustom;
4. veze zavrtnjevima sa čeonom pločom bez prepusta.

Izloženi postupak proračuna može se primenjivati samo pod uslovom da su greda i stub I ili H preseka i da je greda vezana za nožicu stuba. Za veze greda-stub kod kojih je greda vezana za rebro stuba ne važe iste zakonitosti, te se ovakve veze ne mogu proračunavati na istovetan način kao kod veze grede za nožicu stuba.

2. OPŠTI MODEL MOMENT – ROTACIJE VEZA

Za određivanje karakteristike veze *moment-rotacija* usvojena je kombinovana kriva koja se sastoji iz tri segmenta prikazana na slici 1.

Prvi segment ove krive je linearna funkcija sve do $2/3$ računske momentne otpornosti veze ($M_{j,Rd}$) a polje napona i deformacija veze je u elastičnoj oblasti. Odgovarajuća krutost je takozvana početna ili inicijalna krutost - ($S_{j,ini}$). Drugi segment krive je nelinearan, i nalazi se između vrednosti $2/3 M_{j,Rd}$ i $M_{j,Rd}$. Posle dostizanja momenta $M_{j,Rd}$ paralelna je apscisi, i to je treći segment $M - \Phi$ dijagrama. Kraj $M - \Phi$ dijagrama određen je rotacionim kapacitetom veze (Φ_{Cd}).



Slika 1 - Nelinearna kriva moment–rotacija veze

U ovom modelu usvojen je konstantan odnos (η) između početne krutosti $S_{j,ini}$ i sekantne krutosti koja odgovara završetku nelinearnog segmenta krive $\left(S_j = \frac{S_{j,ini}}{\eta} \right)$, a čija vrednost iznosi:

- $\eta=3$ - za veze sa čeonom pločom i za zavarene veze, i
- $\eta=3,5$ - za veze sa priključnim ugaonicima na nožicama.

Ove vrednosti su dobijene kao rezultat mnogobrojnih parametarskih studija i analiza mnogobrojnih eksperimentalnih ispitivanja veza [3].

Sekantna krutost definisana na nelinearni deo krive moment-rotacija za vrednost računskog momenta savijanja na mestu veze ($M_{j,Sd}$), kada se on nalazi u intervalu $\frac{2}{3}M_{j,Rd} < M_{j,Sd} \leq M_{j,Rd}$, može se odrediti pomoću sledeće interpolacione formule:

$$S_j = \frac{S_{j,ini}}{\left(\frac{1,5M_{j,Sd}}{M_{j,Rd}}\right)^\psi}, \quad (1)$$

gde je:

- $\psi = 2,7$ - za veze sa čeonom pločom i za zavarene veze i
- $\psi = 3,1$ - za veze sa priključnim ugaonicima na nožici.

Iz interpolacione formule (1) vrednosti sekantne krutosti - S_j mogu se direktno izračunati za konkretnu vrednost računskog momenta savijanja na mestu veze- $M_{j,Sd}$.

3. ODREĐIVANJE POČETNE KRUTOSTI VEZE – $S_{j,ini}$

Za određivanje početne krutosti veze, EC 3 koristi takozvanu „komponentalnu metodu“ (Zoetemeijer, 1983.) [4]. Suština ove metode sastoji se u dekomponovanju veze na relevantne komponente. Određivanje rotacionog odgovora veze na ovaj način, svodi se na određivanje geometrijskih karakteristika različitih komponenta u vezi. Zbog toga se ova metoda može primeniti na veći broj tipova i konfiguracija veza. Ona se takođe može lako proširiti i na nove tipove veza, kao na primer, na kompozitne veze kao što su spregnute veze beton-čelik, pod uslovom da su deformacije, tj. koeficijenti krutosti (k_i), poznate za sve komponente u vezi i da se ponašanje veze može predstaviti modelom pomoću seta opruga.

EC 3 obuhvata direktna uputstva za dekomponovanje sledećih veza: sa čeonom pločom, za zavarene veze i veze sa priključnim ugaonicima na nožicama grede. U tabeli 1 dat je pregled komponenata veza koje treba uzeti u obzir pri sračunavanju početne krutosti za ove tipove veza.

Tabela 1 – Pregled komponenata za različite tipove veza

Komponenta	Br. komp.	Sa čeonom pločom	Zavarena	Sa priključnim ugaonicima na nožicama grede
Panelna zona na rebru stuba izložena smicanju	1	√	√	√
Rebro stuba izloženo pritisku	2	√	√	√
Nožica stuba izložena savijanju	3	√	–	√
Rebro stuba izloženo zatezanju	4	√	√	√
Čeona ploča izložena savijanju	5	√	–	–
Priklučni ugaonici na nožicama izloženi savijanju	6	–	–	√
Zavrtnjevi izloženi zatezanju	7	√	–	√
Zavrtnjevi izloženi smicanju	8	–	–	√
Zavrtnjevi izloženi pritisku po omotaču rupe	9	–	–	√

U modelu je pretpostavljeno da su deformacije nožice i rebra grede izložene pritisku, i rebra i nožice grede izložene zatezanju, uključene u deformacije grede izložene savijanju i da stoga one ne utiču na deformaciju same veze.

Početna krutost veze $S_{j,ini}$ se sračunava za polje napona i deformacija komponenata veze u elastičnoj oblasti. Ponašanje svake komponente u vezi je, za polje napona i deformacija u zoni elastičnosti, predstavljeno elastičnim oprugama. Do izraza pomoću kojeg se može sračunati rotaciona krutost veze dolazi se polazeći od same definicije krutosti:

$$S_{j,ini} = \frac{M_j}{\Phi_j}. \quad (2)$$

Kako je obrtanje veze posledica zbira deformacija svih njenih pojedinačnih komponenti, zavisnost između momenta u vezi (M_j) i

rotacije veze (Φ_i) je ekvivalentna zavisnošću između sile koja deluje na pojedinu komponentu:

$$F_i = \frac{M_j}{z}, \quad (3)$$

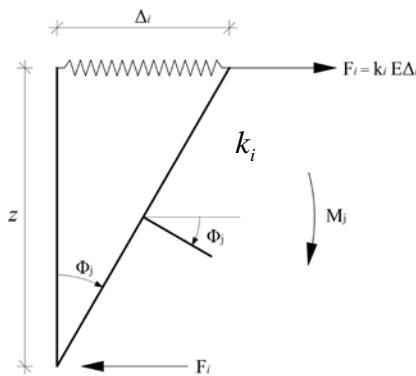
i deformacije same komponente u pravcu dejstva sile (Δ_i). Obrtanje veze usled deformacije Δ_i jednako je:

$$\Phi_i = \frac{\Delta_i}{z}, \quad (4)$$

gde je z rastojanje između težišta zategnute zone i težišta odgovarajuće pritisnute zone. Kod zavarene veze greda-stub ovo rastojanje je jednako rastojanju između težišta nožica grede. Imajući ovo u vidu izraz (2) može se modifikovati na sledeći način:

$$(3), (4) \rightarrow (2) \Rightarrow$$

$$S_{j,ini} = \frac{F_i \cdot z}{\Delta_i} = \frac{F_i \cdot z^2}{k_i \cdot E \cdot \Delta_i}. \quad (5)$$



Slika 2 – Matematički model komponente veze

Veza između elastične deformacije i -te komponente veze (Δ_i), i sile koja tu deformaciju izaziva (F_i) može se napisati kao:

$$F_i = K_i \cdot \Delta_i = k_i \cdot E \cdot \Delta_i \Rightarrow \quad (6)$$

$$\Delta_i = \frac{F_i}{k_i \cdot E}, \quad (7)$$

Određivanje rotacione krutosti polukrutih veza u čeličnim konstrukcijama

gde su:

- K_i - krutost i -te komponente veze na deformaciju (Δ_i) u pravcu dejstva sile (F_i), a
- $k_i = \frac{K_i}{E}$ - koeficijent krutosti i -te komponente.

Navedene komponente veze prikazane su na slici 2.

Konačno, kada se u jednačinu (5) zameni jednačina (6), početna (inicijalna) krutost veze definisana je sledećom relacijom:

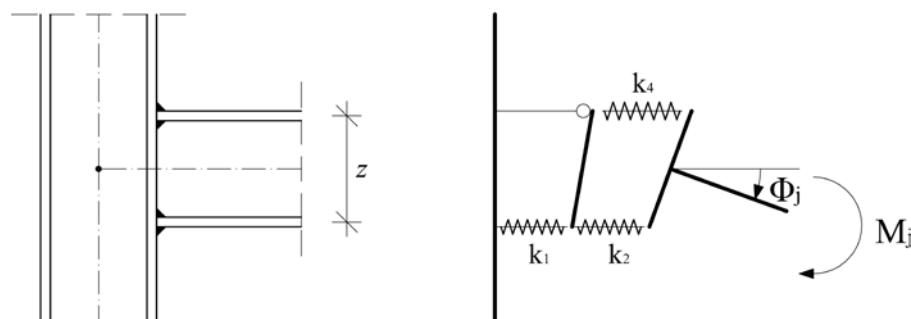
$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z^2}{\frac{1}{k_i}} \quad (8)$$

Kao što se vidi iz jednačine (8), za određivanje inicijalne krutosti veze potrebno je poznavati koeficijente krutosti svih komponenti veze i krakove svih ekvivalentnih spregova sila.

3.1. Veze greda-stub u zavarenoj izradi

Veze greda-stub u zavarenoj izradi, koje su obuhvaćene proračunom izloženim u EC 3:1-8 su veze kod kojih je greda direktno zavarena za nožicu stuba. Rebro stuba može biti sa ili bez ukrućenja u zoni nožica grede.

Na slici 3 prikazan je proračunski model veze greda-stub u zavarenoj izradi bez ukrućenja na rebru stuba. Pojedinačne komponente u vezi su modelirane oprugama i kombinovane u model sa oprugama.



Slika 3 – Proračunski model veze greda-stub u zavarenoj izradi

Kako je već prikazano u tabeli 1, veze greda-stub u zavarenoj izradi, mogu se raščlaniti na tri osnovne komponente tj. karakteristične zone naprezanja, koje imaju različite krutosti. Pri istom momentu u vezi M_j , sile (F), koja nastaje razlaganjem momenta u vezi na ekvivalentni spreg sile je jednaka za sve tri zone naprezanja, i njena vrednost je:

$$F = \frac{M_j}{z}, \quad (9)$$

gde je z – rastojanje između težišta nožica grede.

Ukupna relativna rotacija veze Φ_j jednaka je:

$$\Phi_j = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_4}{z}. \quad (10)$$

Uzimajući u obzir jednačine (2), (9) i (10), početna krutost veze se može izraziti kao:

$$(9), (10) \rightarrow (2) \Rightarrow$$

$$S_{j.ini} = \frac{M_j}{\Phi_j} = \frac{F \cdot z}{\sum_{i=1,2,4} \Delta_i}, \quad (11)$$

$$(7) \rightarrow (11) \Rightarrow$$

$$S_{j.ini} = \frac{F \cdot z^2}{F \cdot \sum_{i=1,2,4} \frac{1}{k_i}} \Rightarrow S_{j.ini} = \frac{E \cdot z^2}{\sum_{i=1,2,4} \frac{1}{k_i}}. \quad (12)$$

Deformaciju svake ukrućene komponente veze treba zanemariti, odnosno, za svaku adekvatno ukrućenu komponentu veze njen koeficijent krutosti usvaja se da je $k_i \rightarrow \infty$. Zavarena veza greda-stub kod koje je rebro stuba ukrućeno i u zoni zatezanja i u zoni pritiska može se smatrati krutom.

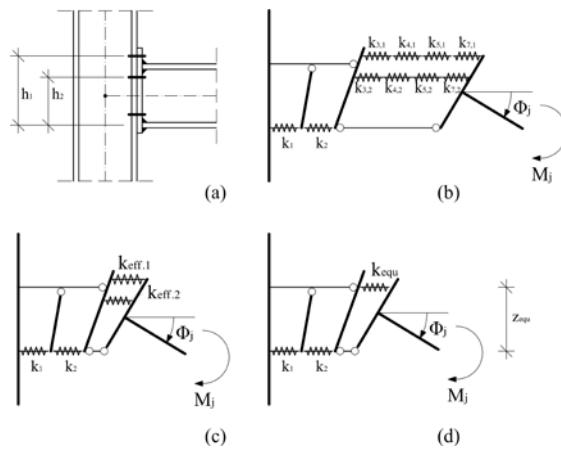
Za vezu greda-stub sa čeonom pločom koja ima samo jedan red zavrtnjeva u zategnutoj zoni može se primeniti isti izraz (12) samo što se komponente koje treba uzeti u obzir razlikuju, videti tabelu 1. U ovom slučaju rastojanje z je rastojanje između težišta pritisnute nožice grede do težišta zategnutih zavrtnjeva.

3.2. Veze greda-stub sa zavrtnjевима

EC 3:1-8 daje detaljna pravila za proračun veza sa čeonim pločom i zavrtnjевима i to za čone ploče sa prepustom i bez prepusta. Svakako treba imati na umu da su zakonitosti u ponašanju ovakvih veza ustanovljene uzimajući u obzir izvesna uprošćenja, pa je primena ovog postupka proračuna ograničena sledećim prepostavkama:

- za sve veze greda-stub sa zavrtnjевима prepostavlja se da imaju po dva zavrtnja u svakom redu zavrtnjeva dakle, veze sa četiri zavrtnjeva u jednom redu nisu obrađene.
- prepostavlja se da se kod čeonih ploča sa prepustom, u delu prepusta nalazi samo jedan red zavrtnjeva.
- kod čeonih ploča sa prepustom, prepostavlja se da prepust nije ukrućen u ravni rebara.

Ograničenja primene koja proističu usled poštovanja gore navedenih prepostavki nisu naročito stroga, pogotovo za uobičajene konstrukcije u zgradarstvu. Po dva zavrtnja u jednom redu obično su dovoljna za nivoe naprezanja koja se javljaju u zgradarstvu. Pri proračunu čeonih ploča sa četiri zavrtnja u jednom redu, koje mogu biti neophodne kod veoma opterećenih nosača, treba modifikovati proračun u skladu sa prirodom ovakvih veza. Postavljanjem ukrućenja na prepustu čone ploče, povećava se krutost i otpornost veze greda-stub, ali udeo ukrućenja u povećanju ovih karakteristika još uvek nije eksplisitno obrađen.



Do izraza za početnu rotacionu krutost veze greda-stub sa čeonom pločom i zavrtnjevima može se doći na isti način kao i kod veza u zavarenoj izradi, primenom komponentalnog metoda. Međutim, kako je ponašanje ovakvih veza kompleksnije, ovakve veze mogu da se raščlane na šest karakterističnih komponenata prema tabeli 1. Imajući ovo u vidu, ukupna rotaciona krutost ovakve veze može se predstaviti kao zbir pojedinačnih rotacija nastalih usled šest navedenih karakterističnih komponenata veze, kao što je prikazano na slici 4.

Na slici 4 prikazan je model sa oprugama za veze sa čeonom pločom sa dva reda zavrtnjeva u zoni zatezanja. Deformacije zavrtnjeva u zategnutoj zoni su proporcionalne rastojanju zavrtnjeva od neutralne linije. Sile u svakom redu zavrtnjeva, za naponsko stanje napona u njima u zoni linearno elastičnom, zavise od krutosti odgovarajućih komponenti veze (k_i). Na slici 4 (b) deformacije po redu zavrtnjeva komponenti 3, 4, 5 i 7 se zamenjuju efektivnom oprugom po redu zavrtnjeva, sa efektivnim koeficijentom krutosti $K_{eff,r}$ (r – indeks broja reda zavrtnjeva). Efektivne opruge po redu zavrtnjeva se zatim zamenjuju ekvivalentnom oprugom (slika 4(c)) koja se nalazi u težištu tih veza a na rastojanju z_{equ} . Koeficijent krutosti ove ekvivalentne opruge je k_{equ} . Koeficijent efektivne krutosti k_{equ} može se direktno primeniti u izrazu (12).

Jednačine za određivanje $k_{eff,r}$ i k_{equ} mogu se direktno izvesti iz proračunskog modela prikazanog na slici 4. Treba napomenuti da je odnos *moment-rotacija* svakog pojedinačnog sistema prikazanog na slikama (a), (b), (c) i (d) ekvivalentan.

Efektivni koeficijent krutosti zavrtnjeva reda r - $k_{eff,r}$, dat je jednačinom:

$$k_{eff,r} = \frac{1}{\sum_{i=3,4,5,7} \frac{1}{k_{i,r}}}. \quad (13)$$

Rastojanje između položaja ekvivalentne opruge (slika 4 (d)) i težišta pritisnute nožice na gredi, je:

$$z_{equ} = \frac{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r^2}{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r}, \quad (14)$$

gde je sa h_r označeno rastojanje r -tog reda zategnutih zavrtnjeva do težišta pritisnute nožice rigle (slika 4 (a)).

Koeficijent krutosti ekvivalentne opruge, definisan je izrazom:

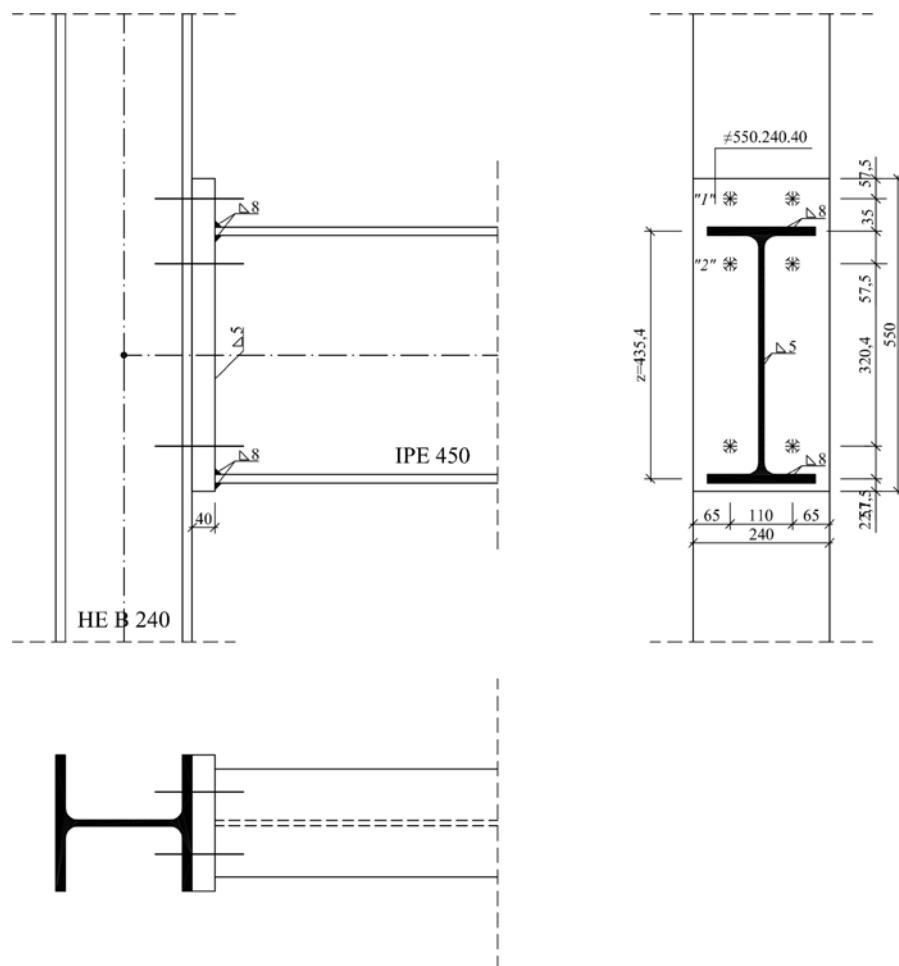
$$k_{equ} = \frac{\sum k_{eff,r} \cdot h_r}{z_{equ}}, \quad (15)$$

i konačno početna krutost veze data je izrazom:

$$S_{j,ini} = \frac{M_j}{\Phi_j} = \frac{E \cdot z_{equ}^2}{\sum_{i=1,2,eq} \frac{1}{k_i}} = \frac{E \cdot z_{equ}^2}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_{equ}}}. \quad (16)$$

I u ovom slučaju, kao i kod zavarene veze greda-stub, deformaciju svake ukrućene komponente treba zanemariti, odnosno, za svaku stvarno ukrućenu komponentu veze koeficijent krutosti se usvaja da je $k_i \rightarrow \infty$. Veza sa čeonom pločom i zavrtnjevima može se smatrati krutom kada stub ima ukrućenja na rebru i u zoni zatezanja i u zoni pritiska, a momentna otpornost veze je određena korišćenjem postupka sa raspodelom sila, prema postupku datim u EC 3:1-8.

4. NUMERIČKI PRIMER



Slika 5 – Geometrija veze greda-stub

Postupak proračuna rotacione krutosti veze greda-stub, prema EC 3 deo 1-8, ilustrovan je na primeru veze sa prepuštenom čeonom pločom i zavrtnjevima, bez poprečnih ukrućenja rebra stuba [5]. Osnovni materijal: S 235. Spojna sredstva: visokovredni zavrtnjevi M24 x l, klase čvrstoće 10.9 sa $F_p=F_{p,max}$. Geometrija veze prikazana je na slici 5.

4.1. Rotaciona krutost veze za dejstvo pozitivnog momenta savijanja na mestu veze

Proračun koeficijenata krutosti (k_i) komponenata veze

Rebro stuba izloženo smicanju – k_1 ,

$$k_1 = 0,38 \cdot \frac{A_{w.z.c}}{\beta \cdot z}$$

- Površina smicanja rebra stuba:

$$A_{w.z.c} = A_c - 2 \cdot b_c \cdot t_{f.c} + (t_{w.c} + 2 \cdot r_c) \cdot t_{f.c},$$

$$A_{w.z.c} = 106 - 2 \cdot 24 \cdot 1,7 + (1,0 + 2 \cdot 2,1) \cdot 1,7 = 33,23 \text{ cm}^2$$

- $\beta = 1,0$ - za vezu grede sa stubom, samo sa jedne strane,
- rastojanje između težišta zategnute zone i pritisnute zone (krak unutrašnjih sila): $z = 450 - 2 \cdot \frac{14,6}{2} = 435,4 \text{ mm}$

$$k_1 = 0,38 \cdot \frac{33,23}{1,0 \cdot 43,54} = 0,29 \text{ cm} = 2,9 \text{ mm}.$$

Rebro stuba izloženo pritisku – k_2

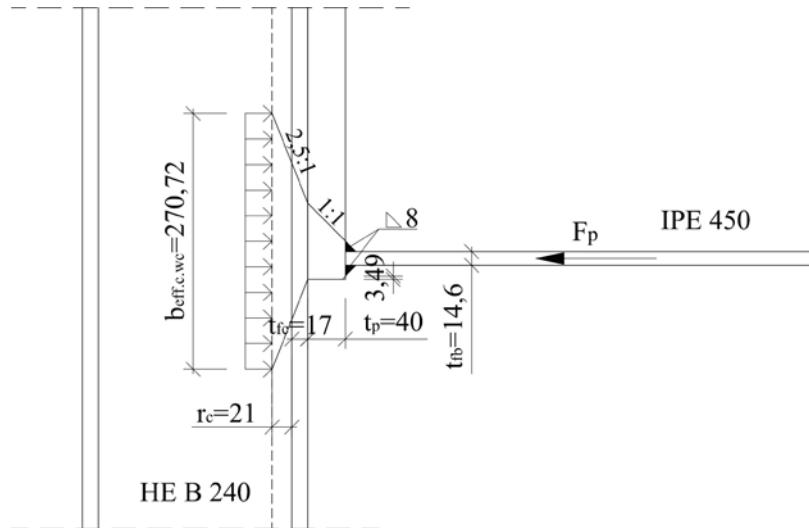
$$k_2 = \frac{0,7 \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$$

Efektivna širina pritisnutog rebara stuba (Slika 6):

$$b_{eff.c.wc} = t_{fb} + 2\sqrt{2} \cdot a_p + (t_p + 3,49) + 5 \cdot (t_{fc} + r_c) \Rightarrow$$

$$b_{eff.c.wc} = 14,6 + 2\sqrt{2} \cdot 8 + (40 + 3,49) + 5 \cdot (17 + 21) = 270,72 \text{ mm}$$

$$k_2 = \frac{0,7 \cdot 270,72 \cdot 10}{164} = 11,56 \text{ mm} = 1,156 \text{ cm}.$$



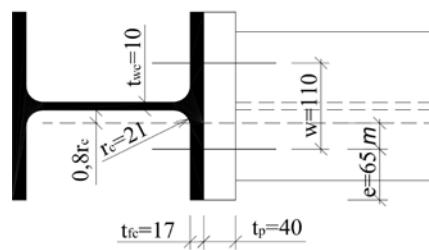
Slika 6 – Efektivna širina pritisnutog rebra stuba

Nožica stuba izložena savijanju – $k_{3,i}$

$$k_{3,i} = \frac{0,85 \cdot l_{eff,i} \cdot t_{fc}^3}{m^3}$$

Koeficijent krutosti $k_{3,i}$ određuje se posebno za svaki pojedinačni red zavrtnjeva „i“, napregnut na zatezanje.

l_{eff} - najmanja vrednost efektivne dužine, ekvivalentnog T-elementa, za redove zavrtnjeva razmatrane pojedinačno ili kao deo grupe zavrtnjeva, sračunata za svaki posmatrani red zavrtnjeva napregnut na zatezanje- „i“, u zavisnosti od položaja posmatranog reda zavrtnjeva.



Slika 7 – Ekvivalentni T-element nožice stuba

Određivanje rotacione krutosti polukrutihih veza u čeličnim konstrukcijama

Na osnovu geometrije veze, prikazane na slici 5, mogu se odrediti sledeći geometrijski parametri neophodni za proračun (Slika 7):

$$\begin{aligned}m &= \frac{w}{2} - \frac{t_{w.c.}}{2} - 0,8 \cdot r_c \Rightarrow \\m &= \frac{110}{2} - \frac{10}{2} - 0,8 \cdot 21 = 33,2 \text{ mm}, \\e &= 65 \text{ mm}, \\p &= 115 \text{ mm}.\end{aligned}$$

▪ Efektivna dužina za neukrućenu nožicu stuba

Kako postoje samo dva reda zavrtnjeva u zategnutoj zoni, oba reda su spoljašnja, te je za redove zavrtnjeva 1 i 2 (krajnji redovi zavrtnjeva):

- Za kružne linije plastifikacije

$$l_{eff} = 2\pi m \Rightarrow l_{eff} = 2 \cdot \pi \cdot 33,2 = 208,60 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \pi m + p \Rightarrow l_{eff} = \pi \cdot 33,2 + 115 = 219,3 \text{ mm}$$

- Za ostale oblike plastifikacije

$$l_{eff} = 4m + 1,25e \Rightarrow l_{eff} = 4 \cdot 33,2 + 1,25 \cdot 65 = 214,05 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 2m + 0,625e + 0,5p \Rightarrow l_{eff} = 2 \cdot 33,2 + 0,625 \cdot 65 + 0,5 \cdot 115 = \underline{\underline{164,53 \text{ mm}}}$$

- Efektivna dužina, ekvivalentnog T-elementa, za prvi i drugi red zavrtnjeva:

$$l_{eff.1} = l_{eff.2} = \min(208,60; 219,3; 214,05; 164,53) = 164,53 \text{ mm},$$

te je koeficijent krutosti, za prvi i drugi red zavrtnjeva:

$$k_{3,1} = k_{3,2} = \frac{0,85 \cdot 164,53 \cdot 17^3}{33,2^3} = 18,78 \text{ mm} = 1,878 \text{ cm}.$$

Rebro stuba izloženo zatezanju – $k_{4,i}$

$$k_{4,i} = \frac{0,7 \cdot b_{eff.t.wc.i} \cdot t_{wc}}{d_c}$$

Efektivna širina zategnutog rebra stuba - $b_{eff.t.wc.i}$, za veze sa čeonom pločom i zavrtnjevima, jednaka je manjoj vrednosti efektivne dužine, ekvivalentnog T-elementa, za redove zavrtnjeva razmatrane pojedinačno ili kao deo grupe redova zavrtnjeva. Ona se sračunava za svaki posmatrani red zavrtnjeva napregnut na zatezanje- „i“. Za posmatranu vezu efektivna širina zategnutog rebra stuba jednaka je efektivnoj dužini, ekvivalentnog T-elementa, sračunate za nožicu stuba izloženu savijanju, odnosno $b_{eff.t.wc.i} = l_{eff.i}$, pa je s toga:

- za prvi red zavrtnjeva: $b_{eff.t.wc.1} = l_{eff.1} = 164,53mm$,
- za drugi red zavrtnjeva: $b_{eff.t.wc.2} = l_{eff.2} = 164,53mm$.

$$k_{4,1} = k_{4,2} = \frac{0,7 \cdot 164,53 \cdot 10}{164} = 7,03mm = 0,703cm .$$

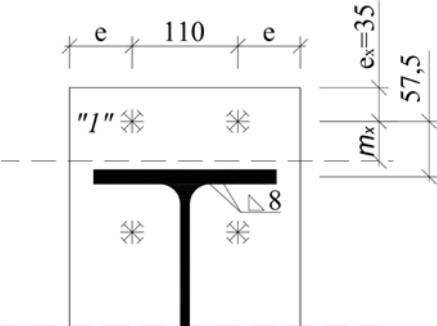
Čeona ploča izložena savijanju – $k_{5,i}$

$$k_{5,i} = \frac{0,85 \cdot l_{eff.i} \cdot t_p^3}{m^3}$$

Koefficijent krutosti $k_{5,i}$ određuje se posebno za svaki pojedinačni red zavrtnjeva „i“, napregnut na zatezanje.

Kod čeonyh ploča sa prepustom, redovi zavrtnjeva iznad i ispod zategnute nožice grede treba tretirati kao odvojene ekvivalentne T-elemente.

l_{eff} - najmanja vrednost efektivne dužine, ekvivalentnog T-elementa, za redove zavrtnjeva razmatrane pojedinačno ili kao deo grupe redova zavrtnjeva, sračunata za svaki posmatrani red zavrtnjeva napregnut na zatezanje- „i“, u zavisnosti od položaja posmatranog reda zavrtnjeva.



Slika 8 – Ekvivalentni T-element prepusta čeone ploče

Imajući u vidu sliku 5 i oznake prikazane na slici 8, sledi:

$$e = 65 \text{ mm}, \quad m_1 = m = \frac{240}{2} - \frac{9,4}{2} - 0,8 \cdot 5 \cdot \sqrt{2} - 65 = 44,64 \text{ mm};$$

$$e_x = 35 \text{ mm}, \quad m_x = 57,5 - \frac{14,6}{2} - 0,8 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} = 41,15 \text{ mm}.$$

- **Efektivna dužina, ekvivalentnog T-elementa, za prepust čeone ploče i prvi red zavrtnjeva**

Za redove zavrtnjeva na prepustu čeone poloče – red 1:

- Za kružne linije plastifikacije

$$l_{eff} = 2\pi m_x \Rightarrow l_{eff} = 2\pi \cdot 41,15 = 258,55 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \pi m_x + w \Rightarrow l_{eff} = \pi \cdot 41,15 + 110 = 239,28 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \pi m_x + 2e \Rightarrow l_{eff} = \pi \cdot 41,15 + 2 \cdot 65 = 259,28 \text{ mm}$$

- Za ostale oblike plastifikacije

$$l_{eff} = 4m_x + 1,25e_x \Rightarrow l_{eff} = 4 \cdot 41,15 + 1,25 \cdot 35 = 208,35 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = e + 2m_x + 0,625e_x \Rightarrow l_{eff} = 65 + 2 \cdot 41,15 + 0,625 \cdot 35 = 169,18 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 0,5b_p \Rightarrow l_{eff} = 0,5 \cdot 240 = \underline{\underline{120mm}}$$

$$l_{eff} = 0,5w + 2m_x + 0,625e_x$$

$$l_{eff} = 0,5 \cdot 110 + 2 \cdot 41,15 + 0,625 \cdot 35 = 159,18mm$$

$$l_{eff.1} = \min(258,55; 239,28; 259,28; 208,35; 169,18; 120; 159,18) = 120mm$$

Koeficijent krutosti, za prvi red zavrtnjeva:

$$k_{5,1} = \frac{0,85 \cdot 120 \cdot 40^3}{41,15^3} = 93,69mm = 9,369cm .$$

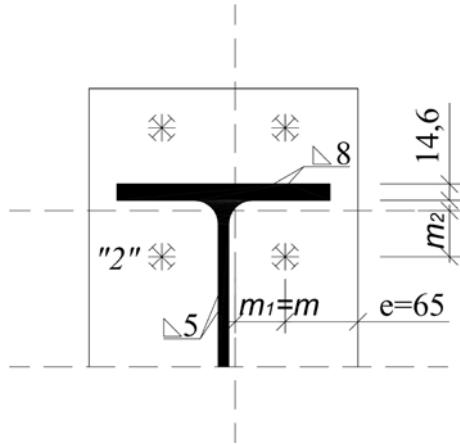
- Efektivna dužina, ekvivalentnog T-elementa za čeonu ploču između nožica grede**

Za prvi red zavrtnjeva ispod zategnute nožice grede (ispod prepusta) – red 2:

Na slici 9 date su sve oznake za geometrijske podatke koji su neophodni za proračun efektivne dužine redova zavrtnjeva. U skladu sa slikom 5, ove karakteristike imaju sledeće vrednosti:

$$m_1 = m = 44,64mm ,$$

$$m_2 = 57,5 - \frac{14,6}{2} - 0,8 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} = 41,15mm$$



Slika 9 – Ekvivalentni T-element za unutrašnji deo čone ploče

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{m_1}{m_1 + e} = \frac{44,64}{44,64 + 65} = 0,407 \\ \lambda_2 &= \frac{m_2}{m_1 + e} = \frac{41,15}{44,64 + 65} = 0,38 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \alpha = 6,6$$

- Za kružne linije plastifikacije

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 2\pi m_1 \Rightarrow l_{eff} = 2\pi \cdot 44,64 = 280,48 \text{ mm} \\ l_{eff} &= \pi m_1 + p \Rightarrow l_{eff} = \pi \cdot 44,64 + 0 = \underline{\underline{140,24 \text{ mm}}} \end{aligned}$$

- Za ostale oblike plastifikacije

$$l_{eff} = \alpha m_1 \Rightarrow l_{eff} = 6,6 \cdot 44,64 = 294,624 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 0,5p + \alpha m_1 - (2m_1 + 0,625e) \Rightarrow \\ l_{eff} &= 0,5 \cdot 0 + 6,6 \cdot 44,64 - (2 \cdot 44,64 + 0,625 \cdot 65) = 164,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{eff.2} = \min(280,48; 140,24; 294,624; 164,72) = 140,24 \text{ mm}$$

Koeficijent krutosti, za drugi red zavrtnjeva:

$$k_{5,2} = \frac{0,85 \cdot 140,24 \cdot 40^3}{44,64^3} = 85,76 \text{ mm} = 8,576 \text{ cm}.$$

Zavrtnjevi izloženi zatezanju – $k_{6,i}$

$$k_{7,i} = 1,6 \cdot \frac{A_s}{l_b}$$

- Za M24 $\Rightarrow A_s = 3,53 \text{ cm}^2$
- debljina glave zavrtnja: 15mm,
- debljina navrtke: 19mm,
- debljina podložnih pločica: 4mm,
- korisna dužina zavrtnja:

$$l_b = (17 + 41) + 4 + \frac{1}{2} \cdot (15 + 19) = 79 \text{ mm} .$$

$$k_{7,1} = k_{7,2} = 1,6 \cdot \frac{3,53}{7,9} = 0,715 \text{ cm} = 7,15 \text{ mm} .$$

Proračun efektivnih koeficijenata krutosti (k_{eff})

Efektivni koeficijent krutosti $k_{eff,r}$, reda r zavrtnjeva, sračunavamo iz sledeće relacije:

$$k_{eff,r} = \frac{1}{\sum_{i=3,4,5,7} \frac{1}{k_{i,r}}} .$$

Tabela 2 – Tabelarni prikaz koeficijenata krutosti komponenti veze

Komponenta	Koef. kruto sti	Prvi red zavrtnje va $i = 1$	Drugi red zavrtnje va $i = 2$
Panelna zona na rebru stuba izložena smicanju	k_1	2,90mm	
Rebro stuba izloženo pritisku	k_2	11,56mm	
Nožica stuba izložena savijanju	$k_{3,i}$	18,78mm	18,78mm
Rebro stuba izloženo zatezanju	$k_{4,i}$	7,03mm	7,03mm
Čeona ploča izložena savijanju	$k_{5,i}$	93,69mm	85,76mm
Zavrtnjevi izloženi zatezanju	$k_{7,i}$	7,15mm	7,15mm

$$h_1 = 435,4 + 57,5 = 492,9 \text{ mm}$$

$$h_2 = 435,4 - 57,5 = 377,9 \text{ mm}$$

- Efektivni koeficijent krutosti za prvi red zavrnjeva - $r = 1$

$$k_{eff,1} = \frac{1}{\frac{1}{18,78} + \frac{1}{7,03} + \frac{1}{93,69} + \frac{1}{7,15}} = 2,89 \text{ mm}$$

Određivanje rotacione krutosti polukrutih veza u čeličnim konstrukcijama

- Efektivni koeficijent krutosti za drugi red zavrnjeva - $r = 2$

$$k_{eff,2} = \frac{1}{\frac{1}{18,78} + \frac{1}{7,03} + \frac{1}{85,76} + \frac{1}{7,15}} = 2,88 \text{ mm}$$

- Rastojanje između položaja ekvivalentne opruge i težišta pritisnute nožice na gredi:

$$z_{equ} = \frac{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r^2}{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r} \Rightarrow$$

$$z_{equ} = \frac{2,89 \cdot 492,9^2 + 2,88 \cdot 377,9^2}{2,89 \cdot 492,9 + 2,88 \cdot 377,9} = 443,09 \text{ mm}$$

- Koeficijent krutosti ekvivalentne opruge:

$$k_{equ} = \frac{\sum_r k_{eff,r} \cdot h_r}{z_{equ}} \Rightarrow$$

$$k_{equ} = \frac{2,89 \cdot 492,9 + 2,88 \cdot 377,9}{443,09} = 5,67 \text{ mm} .$$

Rotaciona krutost veze

- Početna (inicijalna) krutost veze

$$S_{j,ini} = \frac{M_j}{\Phi_j} = \frac{E \cdot z_{equ}^2}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_{equ}}} \Rightarrow$$

$$S_{j,ini} = \frac{21000 \cdot 44,309^2}{\frac{1}{0,29} + \frac{1}{1,156} + \frac{1}{0,567}} = 67844,43 \text{ kNm / rad}$$

- Sekantna krutost veze

$$S_{\text{sec}} = \frac{S_{j,\text{ini}}}{\eta}$$

Za veze sa čeonom pločom je $\eta = 3$, te je:

$$S_{\text{sec}} = \frac{67844,43}{3} = 22614,81 \text{ kNm / rad} .$$

5. ZAKLJUČAK

Primena komponentalne metode za određivanje rotacione krutosti polukrutih veza u čeličnim konstrukcijama prema EC3:1-8, je veoma složena i zahtevna, što je pokazala ova analiza. Posebno se moraju imati u vidu razlike u modelima proračuna kada su veze greda – stub izvedene u zavarenoj i u zakovanoj izradi. U radu je u cilju ilustracije metodologije proračuna rotacione krutosti, polukrutih veza u čeličnim konstrukcijama, detaljno izložen postupak proračuna, za tip veze greda-stub, koji se najčešće sreće u našoj građevinskoj praksi – veza izvedena u zakovanoj izradi, VVZ zavrtnjevima sa prepuštenom čeonom pločom, bez poprečnih ukrućenja na rebru stuba.

6. LITERATURA

- [1] EN 1993-1-8, 2005: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [2] Jaspart, J. P.; Renkin, S.: *Design Sheets for the Design of Simple Structural Joints with Header Plate*. Fifth draft for TWG10.3, Third draft for TWG10.1. March 2003.
- [3] Chen, W. F. and Kishi, N. (1989): *Semi rigid steel beam-to-column connections, data base and modeling*. J. Struct. Div. ASCE 115(1), 105-119.
- [4] Zoetemeijer P.: *Summary of the Research on Bolted Beam-to-Column Connections (period 1978-1983)*, Report No. 6-85-M, Steven Laboratory, Delft, 1983.
- [5] Živković S.: *Prilog proračunu čeličnih okvirnih konstrukcija sa deformabilnim vezama štapova*, Magistarski rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, Niš 2009.

UDK:624.012.45

UTICAJ POPREČNE ARMATURE NA GRANIČNU NOSIVOST I DUKTILNOST BETONSKOG PRESEKA

Slavko Zdravković¹
Dragoslav Stojić²
Dragan Zlatkov³
Miloš Keković⁴

Rezime

Pri monotonom a naročito pri cikličnom opterećenju, mehanizam veze između betona i armature je veoma složen. Ukoljivanje čelika u beton u najvećoj meri zavisi od zatezne čvrstoće betona. Utezanje poprečnih preseka armiranobetonskih stubova i greda je od velikog značaja za njihovu nosivost i duktilnost, zato što bočno utegnut beton može da izdrži velike napone i deformacije. Obavljanje betona uzengijama ima veliki uticaj na poduzne šipke u stubovima i gredama i na njihovo izvijanje i povećanja nosivosti celokupnog poprečnog preseka.

Ključne reči: poprečna armatura, bočno utezanje, uzengije

¹ Prof. dr Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika, inovatora i naučnika – SKAIN, Ekspert bivšeg Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj u oblasti: 1221 građevinsko inžinerstvo, aseizmičko građevinarstvo, stabilnost mostova, Građevinsko-arkitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

² Prof. dr; Građevinsko-arkitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

³ mr. asistent ;Građevinsko-arkitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

⁴ dipl.građ.in. student doktorskih studija na Građevinsko-arkitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

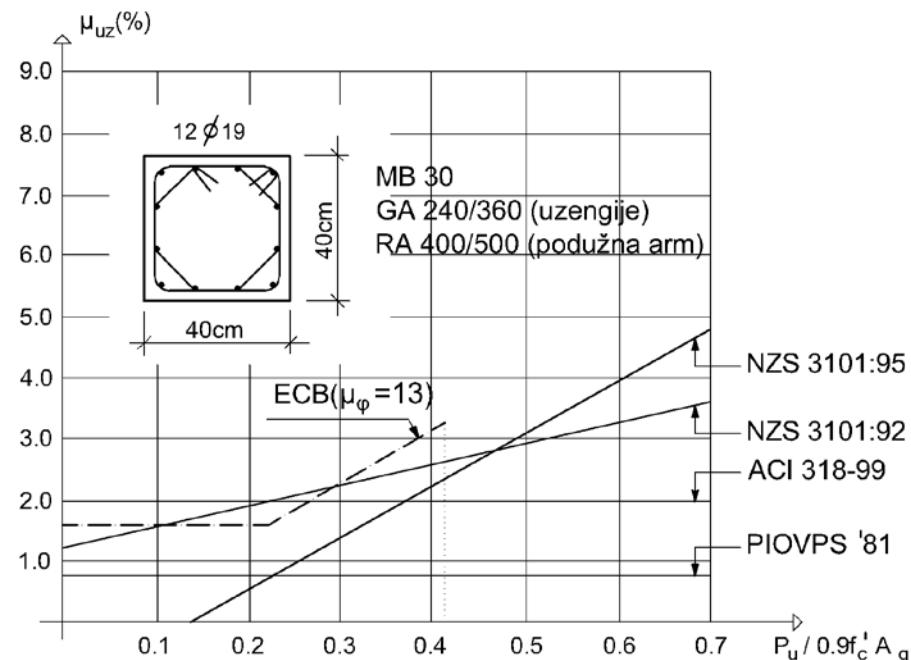
1. UVOD

Mehanizam veze između betona i armature veoma je složen, posebno pri cikličnom opterećenju. U slučaju cikličnog opterećenja promenljivog znaka, kakvo se može očekivati u armiranobetonskim elementima izloženim seizmičkom opterećenju, broj izvedenih opita je još uvek mali a rasipanje rezultata veliko da bi se mogli izvesti pouzdani zaključci [7]. Prema R.Tepfels-u, Tassiosu i drugim autorima može se reći da prilikom betoniranja dolazi do prodiranja cementnog mleka u sloj oksida na čeličnim šipkama što dovodi do određenih hemijskih i fizičkih sila prijanjanja. Neravnine na čelilnoj šipki veličine 30 do 300 mikrona popunjavaju se cementnom pastom što dovodi do atezione veze. Vibriranjem svežeg i skupljanjem betona pri očvršćavanju dovodi do radijalnog pritiska između čeličnih šipki i betona čime se povećava sila veze. Ukotvljenje čelika u beton u najvećoj meri zavisi od zatezne čvrstoće betona, te je najčešći vid otkazivanja veze prekoračenjem zatezne čvrstoće betona. Najznačajniji činoci koji utiču na silu veze između čelika i betona su: skupljanje betona, površina poprečne šipke, male neravnine na površini šipke povećavaju silu veze, kao i rebra na šipkama, položaj šipke u odnosu na betonski presek, razmak između šipki, broj profila u snopu kao i njihov raspored i veličina zaštitnog sloja vrlo često definišu oblik loma a time i graničnu silu spoja koji se može ostvariti.

2. UTEZANJE POPREČNIH PRESEKA STUBOVA POPREČNOM ARMATUROM

Za razliku od greda kod armiranobetonskih stubova, obično postoji velika aksijalna sila pritiska koja ima negativni uticaj na duktilnost stuba. Naime, povećanjem normalne sile pritiska smanjuje se granična krivina ϕ_u a povećava krivina na granici tečenja T_y što smanjuje duktilnost krivine. Pri većoj aksijalnoj sili, nosivost na savijanje u najvećoj meri zavisi od pritisnutog betona a što je uticaj veći biće potrebna veća sila "utezanja" poprečnom armaturom. Za usvojenu geometriju, konfiguraciju armature i mehaničke karakteristike materijala stuba prikazanog na slici 1. [2][3], analizirana je, u zavisnosti od nivoa aksijalne sile, površina poprečnog preseka armature, koja je usvojena u novozelandskm standardima iz 1995.god. [4] i drugim aktuelnim propisima.

UTICAJ POPREČNE ARMATURE NA GRANIČNU NOSIVOST I DUKTILNOST
BETONSKOG PRESEKA



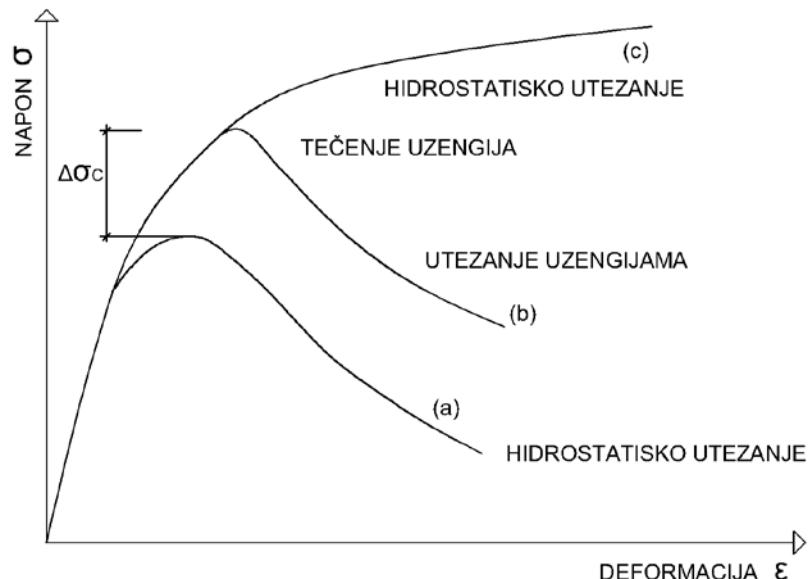
Slika 1. Potrebna količina poprečne armature u zavisnosti od nivoa aksijalne sile, izražena preko zapreminskog procenta armiranja μ_{uz} [1]

Površina poprečne armature, po našim propisima [8] ne zavisi od nivoa aksijalne sile i u poređenju sa ostalim propisima je izuzetno mala. Ograničenje aksijalne sile po našim seizmičkim propisima [6] je na $0.35f_b A_b$, što je posebno značajno pri nadgradnji, koja je sve češća, a pri čemu ovaj vrlo važan uslov nije ispunjen, ne iskazuje potrebu za "utezanjem" betonskog preseka, jer je već pri tom nivou normalne sile pritiska, izražen njen negativni uticaj na duktilnost. Ovim, tim pre, što je umesto ograničenja stvarne normalne sile, koja se javlja pri potresu (što je urađeno jedino u EC8), u našim propisima ona je ograničena samo usled dejstva gravitacionog opterećenja. Prema američkim propisima [3] potrebna količina poprečne armature takođe ne zavisi od normalne sile, međutim njena vrednost je znatno veća nego po našim propisima [6]. Ako je mala normalna sila pritiska obezbeđenje stabilnosti pritisnutih šipki, mogu diktirati neophodnu količinu poprečne armature. EC8 propisuje maksimalni razmak poprečne armature (uzengije) u kritičnim zonama, kao minimalnu vrednost iz izraza:

$$s = \min (b_0/a; 10\text{cm}; 5d_{bl})$$

gde su : b_0 – manja dimenzija “utegnutog” dela preseka stuba
 a d_{bl} – prečnih podužnih šipki armature.

Pri konstruisanju grednih nosača treba voditi računa da se svakako izbegne jedan od mogućih tipova krtog loma, a to su u ovom slučaju lom usled drobljenja betona, lom usled smicanja ili lom usled razaranja veze između betona i armature. Poznato je da kad se beton bočno utegne može da izdrži velike napone pritiska i deformacije, i onda dobija karakteristike “duktilnog” materijala. Na slici 2 prikazani su efekti različitog utezanja na čvrstoću i deformabilnost.



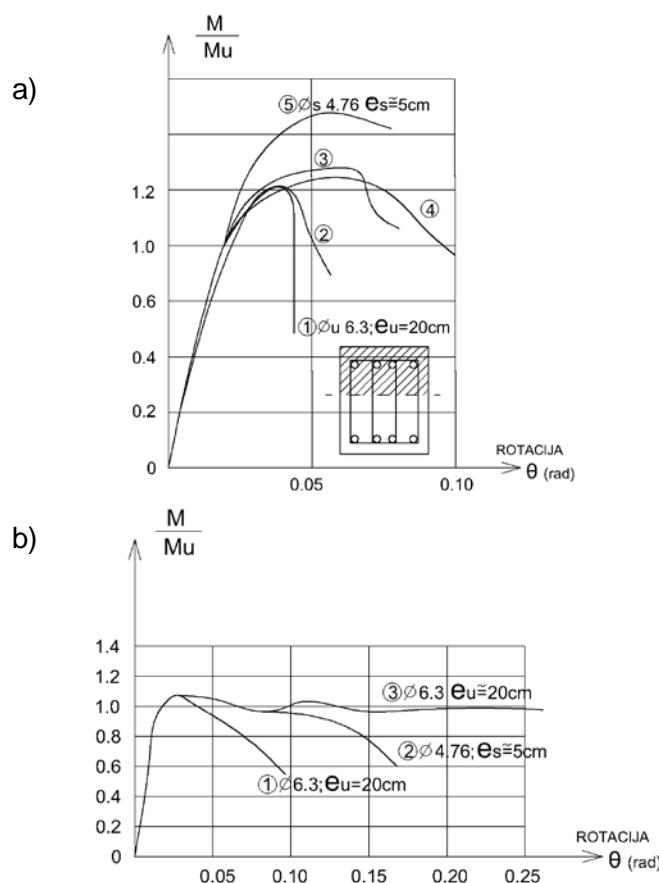
Slika 2. Efekat različitih načina utezanja

Potrebno je istaći da u slučaju (sl.2b) kada postoje obične uzengije, njihov uticaj postoji samo od početka tečenja armature uzengija. Upotreba čelika visoke otpornosti za izradu uzengija daje veće poprečne napone u betonu, što znači i povoćnije efekte. Međutim, ne sme se upotrebiti čelik podložan krtom lomu jer u ovom slučaju pucanje uzengija dovodi do trenutnog drobljenja utegnutog betona. Maksimalan razmak uzengija treba da je toliki da spreči izvijanje plastificiranih pritisnutih čeličnih šipki. Pravilnik za seizmiku [6] zahteva da u zoni

UTICAJ POPREČNE ARMATURE NA GRANIČNU NOSIVOST I DUKTILNOST BETONSKOG PRESEKA

plastičnih zglobova razmak ne sme biti veći od 10cm kod greda i 7,5cm kod stubova i da uzengije moraju biti preklopljene po celoj kraćoj strani.

Na slici 3. prikazani su rezultati eksperimentalnih istraživanja na nosivost i duktilnost karakterističnih preseka armiranobetonske proste grede dimenzija $15,2 \times 27,9\text{cm}$ raspona $3,05\text{m}$ opterećene koncentrisanom silom u polovini raspona [7][3][5]. Iz dijagrama $M/M_n-\theta$ se jasno uočava da se povećanjem procenta poprečne armature (uzengija), a naročito pri smanjenju razmaka između ove armature, povećava granična nosivost i kapacitet plastičnih rotacija θ .



Slika 3. Uticaj stepena “utezanja” preseka na graničnu nosivost i duktilnost preseka [5] [6]

a) *jako armirani preseci* b) *umereno armirani preseci*

Kod greda su uobičajenim razmakom uzengija od $e_u = 20\text{cm}$ imamo krti lom (sl.5 , kriva 0%) dok se kod gusto postavljene armature $e_s = 5\text{cm}$, granična nosivost u odnosu na utegnute preseke ($M/M_n = 1$) povećava se i do 25% uz vrlo izraženi kapacitet plastičnih rotacija, (sl.3 kriva 5). Dijagram $M/M_n - \theta$, sl.3b, prikazuje rezultate eksperimentalnih ispitivanja nosača koji su bili dimenzionisani tako da čim počne da teče podužna zategnuta armatura, beton u pritisnutoj zoni preseka dostiže čvrstoću na pritisak. U ovom slučaju proglašenom i pojačanom poprečnom armaturom (sl.3 kriva 3) ne može se povećati granična nosivost preseka u odnosu na nosivost neutegnutih preseka, jer presek otkazuje po zategnutoj zoni (zategnuta armatura teče) ali se, što je najvažnije može mnogo da poveća duktilnost preseka koji je ovde prikazan preko velike sposobnosti preseka da se plastično deformatiše-rotira. Sa uobičajenom poprečnom armaturom (sl. 3 kriva 1) dostignuta granična nosivost preseka ne može da se održi pri porastu rotacije θ , što dovodi do krtog loma po pritisnutom betonu. U seizmički aktivnim područjima uzengije se daju na rastojanju $e_{max} = 10\text{cm}$. Međutim, pri tome se mora voditi računa, iako to eksplicitno propisi ne pominju, i o ujednačenom prijemu bočnih pritisaka duž strana grede i kod promene krutosti grede.

Pošto je granični moment M_u uvek praćen transverzalnom silom T_u , a veličina kosih glavnih naponova zatezanja nastala usled sile T_u često se ne može prihvati zateznom čvrstoćom betona. Zbog toga se preporučuje da se celokupna sila T_u "pokrije" dovoljnom količinom armature protiv smicanja kao što su uzengije i/ili kosi profili. Pri ovome koeficijent loma na smicanje mora biti dovoljno veliki da takav lom ne nastupi. Za proračun armature može poslužiti metoda rešetke koja se može naći u svakom udžbeniku armiranog betona. Pri ovome treba voditi računa da ne dođe do drobljenja pritisnutih "betonskih dijagonalnih" što je izuzetno nepovoljan oblik loma.

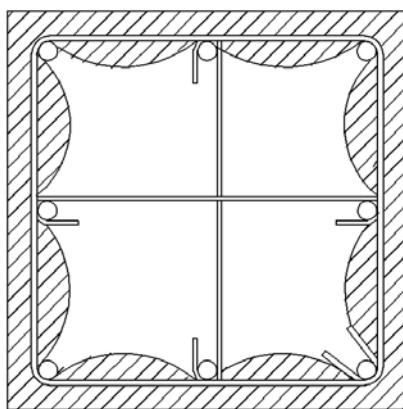
Uzengije se obično kod greda projektuju kao vertikalne, ali mogu biti i kose pod nagibom najčešće od 45^0 . Ispitivanja su pokazala da se kosim uzengijama najefikasnije primaju glavni naponi zatezanja, kao i da su dijagonalne prsline u tom slučaju namanje.

3. EFEKAT OBAVIJANJA BETONA POPREČNOM ARMATUROM

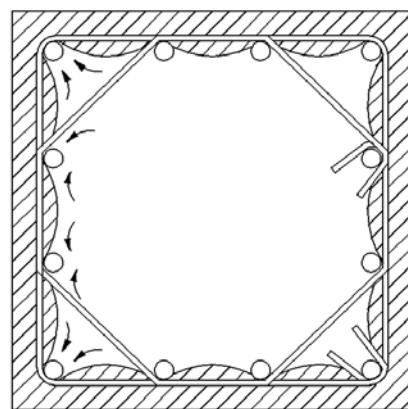
Kad se naponi u betonskom cilindru približe čvrstoći pritiska, javlja se progresivno unutrašnje prskanje i poprečno širenje betona. Ukoliko je zona pritiska konfinirana (spregnuta, obavijena tj. ograničenog bočnog širenja) poprečnom armaturom, kao što su to spirale i uzengije,

UTICAJ POPREČNE ARMATURE NA GRANIČNU NOSIVOST I DUKTILNOST BETONSKOG PRESEKA

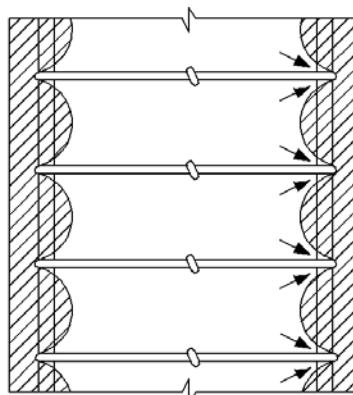
duktilitet betona uveliko će se poboljšati – kao što je to prikazano na slici 4. Ako se, pak, primjenjene kvadratne uzengije za poprečno armiranje elemenata, tada će biti obavijene samo šipke smeštene u uglovima preseka, kao što je pokazano na sl.6. pri tome je eksperimentalno dobijena zavisnost napon-dilatacija kao što je prikazano na slici 5, prema kojoj se vidi da se napon silazne grane smanjuje sa porastom procenta poprečnog armiranja (Kent and Park, 1971; Sheikh and Uzmeri, 1980).



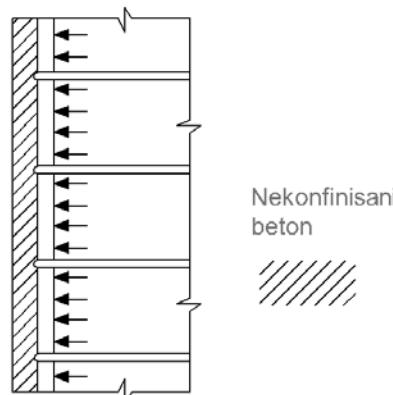
(a) Pravougaone uzengije sa unakrsnim vezama



(b) Preklapanje pravougaonih uzengija

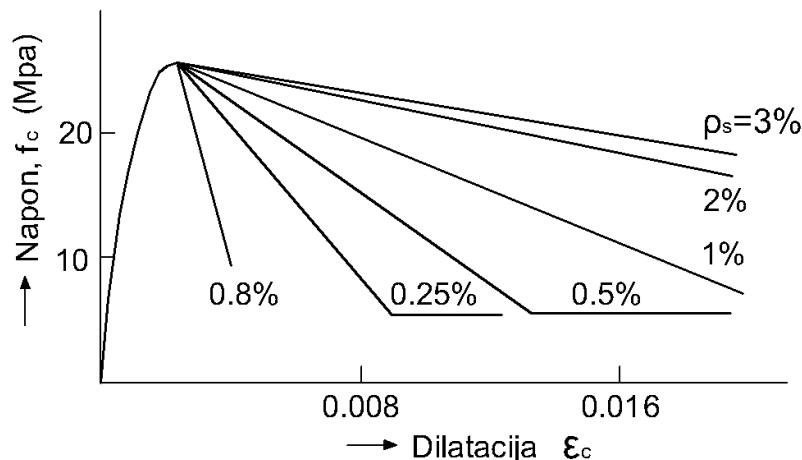


(c) Konfinacija pomoću poprečnih šipki

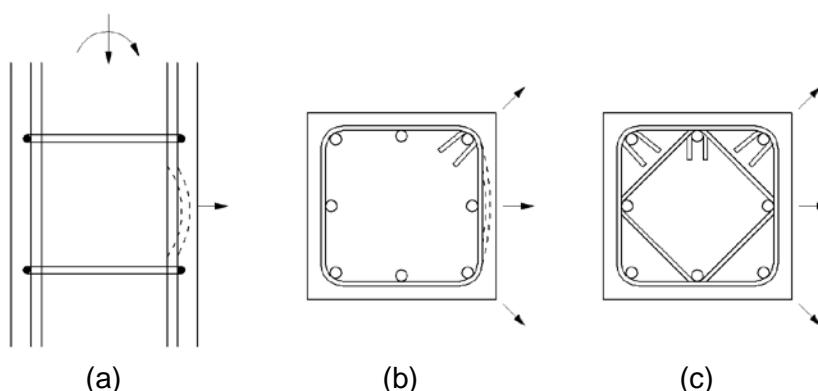


(d) Konfinacija preko podužnih šipki

Slika 4. Tipični oblici armiranja stubova radi obezbeđenja efikasne konfinacije jezgra



Slika 5. Uticaj uzengija na zavisnost napon-dilatacija kod betona u elementima napregnutim na savijanje (Prema: Kent and Park)



Slika 6. Uticaj poprečne armature na sprečavanje izvijanja osnovne armature: (a) Izvijanje glavne armature;(b) Presek bez unutrašnjih prevezava;(c) Presek sa dijagonalnim prevezama

Poduzne šipke pritisnute armature u stubovima i gredama u načelu su otporne na izvijanje zbog bočnog otpora betona. Međutim, kada zaštitni sloj betona izložen velikim naponima pritiska postane nestabilan i ugrožen, smanjuje se prethodno pomenuti efekat otpora i tada dolazi do izvijanja šipki kao što je prikazano na slici 6, odnosno i do smanjenja nosivog kapaciteta samog elementa.

UTICAJ POPREČNE ARMATURE NA GRANIČNU NOSIVOST I DUKTILNOST BETONSKOG PRESEKA

U cilju minimiziranja redukcije ove nosivosti, kao i da bi se osigurao dovoljan duktilitet, potrebno je utvrditi efektivnu dužinu šipke podužne pritisnute armature, tj. razmak između njenih uzastopnih bočnih oslonaca, koje joj obezbeđuje poprečna armatura.

Iz prethodno navedenih razloga data su odgovarajuća ograničenja propisa u vezi sa odnosima razmaka između uzengija i prečnika šipke i podužne armature. Pri tome valja ukazati i na okolnost da poprečna armatura ne pruža efektivni oslonac šipkama glavne armature smeštenim u tačkama duž ivice preseka, tj. između uglova, pošto poprečna armatura teži spoljnoj promeni oblika odnosno zakrivljnosti, sl. 6(b). Da bi se i za takav položaj podužnih šipki obezbedio potreban razmak između uzengija, neophodno je uvesti i dodatne uzengije s kojima će se izvršiti prožimanje preseka poprečnom armaturom, tzv. "dijamantskog" oblika. Ovakav način armiranja je vrlo efikasan za konfiranaciju betona i povećanje maksimalne čvrstoće i dilatacije pri lomu betona (Scott, Park, and Priesley, 1982).

4. ZAKLJUČAK

Došlo se do zaključka da kad se beton bočno utegne može da izdrži velike napone pritiska i deformacije, i onda dobija karakteristike duktilnog materijala. Na svaki način treba izbeći mogućnost krtog loma, bilo u slučaju drobljenja betona, loma usled smicanja ili loma usled razaranja veze između betona i armature. Površina, dimenzije i rastojanje uzengija se određuju proračunom ili se njihove karakteristike definišu i na drugi način, ali je evidentno da je armiranje uzengijama preko propisa drugih zemalja veće nego po našim propisima. Naš pravilnik za izgradnju u seizmičkim područjima posvećuje veću pažnju armiranju poprečnom armaturom (nego BAB-87) ali ne dovoljno, i armiranje nije sa tolikim procentom uzengija kako je u mnogim inostranim zemljama propisima dato. Mehanizam veze između betona i armature, posebno pri cikličnom opterećenju promenljivog znaka posebno je složen.

Može se zaključiti ono što su prihvatitli, svi aktuelni aseizmički pravilnici, a sastoji se u tome da se u kritičnim zonama armiranobetonskih konstrukcija (gde se očekuje programirano tečenje podužne armature – plastični zglobovi), pri proračunu potrebne količine poprečne armature, doprinos betona otpornosti na smicanje plastičnog zgloba zanemari, a da se celokupna sila smicanja prihvati poprečnom armaturom. Pri tome se ne sme dopustiti da se u njoj pojavi plastična

deformacija, tj. tečenje armature. Uloga poprečne armature, posebno u plastičnim zglobovima, vrlo je značajna zbog sprečavanja izvijanja pritisnutih šipki u fazi plastifikacije, zatim i zbog prijema bočnih pritisaka usled poprečnog deformisanja pritisnutog betona, kao i sprečavanja mogućnosti oljuskavanja zaštitnog sloja betona.

Broj izvedenih opita, za ponašanje materijala pri seizmičkom opterećenju, je još uvek mali, a rasipanje rezultata je veliko da bi se mogli izvesti pouzdani zaključci. Brzina nanošenja opterećenja je vrlo važna za nosivost armiranobetonskih konstrukcija, a odgovarajućih istraživanja pri adekvatnom broju vibracija u sekundi pri zemljotresima još uvek nema u dovoljnem broju da bi nivo seizmičkog rizika bio na zadovoljavajućem nivou.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta sa evidencionim brojem TR36016 za projektni cilus od 2011-2014 godine ,koji nosi naziv "Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije drugog reda i stabilnosti", u organizaciji Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, i inovacionog projekta pod nazivom „Seismo-Safe 2G3-Goseb Building System“ (Project IF ID 476) koji je je finansiran od strane Inovacionog fonda republike Srbije, a koji je sproveden 2014. u „Projektinžinjering Tim“d.o.o. u Nišu, Srbija.

7. LITERATURA

- [1] Petrović Boško: *Odabрана poglavlja i zemljotresnog inžinjerstva*, IRO Građevinska knjiga, Beograd, 1985.
- [2] Ačić Mirko, Janković Srđan: *Aseizmičko projektovanje armirano betonskih ramovskih konstrukcija*, Izgradnja 51 (1997) 1, Beograd, 1997, str. 8-20.
- [3] Paulay T. , Pretestley M.J.M; *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonary Building*, John Wiley and Sons, INC, New York clichester, Brisbone, Toronto, Singapore, 1972, pp744
- [4] Code of practice for General Structural design and design loadings for buildings, NZS 4203: 1989, New Zeland Standard, Standard association of New Zeland.
- [5] Zdravković Slavko; *Proračun vitkih elemenata prema graničnoj nosivosti*. Savetovanje "Beton, komponente i granična stanja betonskih konstrukcija", Građevinski fakultet Niš, 1989
- [6] Vicente-Serrano, et. al.: *Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems*, Applied Geography 34, 2012, 471 – 486.
- [7] *Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekta visokogradnje u seizmičkim područjima* (sl. List.SFRJ br.3/81; 49/82; 29/83; 21/88 i 52/94) Beograd, 1981 (1990).
- [8] Balušević Marko: *Doprinos uzengija povećanju rubne nosivosti*, Izgradnja, broj 6, 1993, Beograd, str 24-25.
- [9] *Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton*, P BAB 1987, (Službeni list SFRJ br11/1987) Beograd, 1987.
- [10] Pavićević Božidar: *Aseizmičko projektovanje i upravljanje zemljotresnim rizikom*, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 2000.

UDK:551.577.3

IDENTIFIKACIJA EPIZODA DEFICITA DNEVNIH PROTOKA PO METODI KORAKA- TEORIJSKE POSTAVKE

**Vladislava Mihailović¹
Borislava Blagojević²
Vesna Đukić³**

Rezime

Metoda koraka je efikasna i široko korišćena metoda za identifikovanje sušnih epizoda, po kojoj se one izdvajaju sa zabeleženog hidrograma u odnosu na usvojeni nivo praga. Periodi tokom kojih je protok ispod određenog nivoa praga nazivaju se sušne epizode, ako je prag fiksni, a epizode deficitia vode, za promenljiv prag tokom godišnjeg ciklusa. Za svaku epizodu može se odrediti više kvantitativnih karakteristika, a vremenske serije ovih pokazatelja se dalje mogu statistički analizirati. Kod statističke analize se pojavljuju problemi u modeliranju zbog velikog broja malih, statistički beznačajnih epizoda. Zbog toga važan faktor predstavlja kriterijum za eliminaciju malih, statistički beznačajnih epizoda. U ovom radu su prikazane teorijske postavke metode koraka za primenu promenljivog prag-a za identifikaciju epizoda deficitia, kada se za eliminaciju zavisnih i malih epizoda primenjuje filter po metodi pokretnih proseka.

Ključne reči:

hidrološka suša, metoda koraka, promenljiv prag, metoda pokretnih proseka.

¹ dr Vladislava Mihailović, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu,
vladislava.mihailovic@sfb.bg.ac.rs; vmihailovic@beotel.net

² dr Borislava Blagojević, doc. Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu,
borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

³ dr Vesna Đukić, doc. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu,
vesna.djukic@sfb.bg.ac.rs

1. UVOD

Ako se suša posmatra prvenstveno kao manjak raspoložive vode u određenom vremenu (i/ili po prostoru), kao prirodan način za identifikaciju i karakterizaciju sušnih epizoda nameće se koncept po kome se sušne epizode izdvajaju od ostatka vremenske serije u odnosu na neki (usvojeni) referentni nivo – prag. Ako se prag shvati kao nivo potreba za vodom, onda je sušna epizoda određena kao neprekidna sekvenca tokom koje je nivo raspoložive vode ispod nivoa zahteva za vodom. Ovaj koncept proističe iz metode koraka za analizu vremenskih serija, koji je kao metod za objektivnu definiciju i analizu hidroloških suša (lokalno – u jednoj tački i na regionalnom nivou) predložio V. Jevđević [1].

Za podatke koji su grupisani sa vremenskom skalom manjom od godine (mesečni, nedeljni, dnevni...), osim konstantnog praga (tokom cele godine ili tokom sezone), može se usvojiti i prag koji se menja tokom godine – promenljiv prag (sezonski, mesečni, dnevni). Promenljiv prag na mesečnom, odnosno dnevnom nivou će identifikovati epizode tokom cele godine, relativno u odnosu na neki tipičan unutargodišnji režim. S obzirom na to da takav prag identificuje i epizode koje se ne mogu nazvati pravim sušama (recimo, proticaji koji su manji nego što je to uobičajeno u nekom mesecu, ali nisu i najmanji tokom godišnjeg ciklusa), onda je takve epizode bolje nazvati epizode deficit-a, nego sušne epizode [2, 3].

Za kvantifikaciju sušnih epizoda ili epizoda deficit-a, najčešće se koriste sledeće karakteristike: trajanje epizode deficit-a, akumulirani deficit tokom jedne epizode i prosečan intenzitet epizode deficit-a, a vreme pojave događaja se često javlja u literaturi kao još jedna važna karakteristika.

Metodologija koja se primenjuje za analizu epizoda izdvojenih iz nestacionarnih serija (najčešće dnevnih), bazirana je na kombinaciji metode koraka za identifikaciju epizoda suša i tradicionalnih metoda koje se primenjuju u teoriji ekstremnih vrednosti – metode godišnjih maksimuma, AMS, ili metode parcijalnih serija (PDS), za izdvajanje ekstrema i probabilističku karakterizaciju suša. Metoda AMS podrazumeva da se iz čitavog niza neke karakteristike suše izdvajaju najveće vrednosti u periodu od jedne godine. Tako se formiraju nizovi npr. najvećih trajanja ili deficit-a vode, a zatim se određuje teorijska raspodela koja se najbolje prilagođava tim nizovima. Metoda PDS uzima u obzir sve statistički značajne epizode, s tim što su mogući problemi u modeliranju zbog velikog broja malih, statistički beznačajnih epizoda.

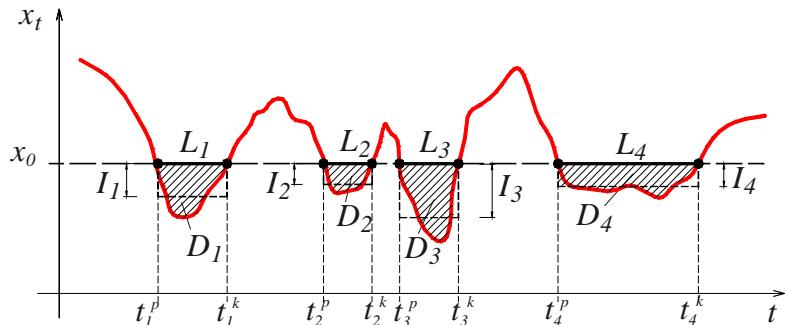
Zbog toga kod primene ove metode važan faktor predstavlja kriterijum za eliminaciju malih, statistički beznačajnih epizoda. Izbor kriterijuma za eliminaciju malih epizoda u metodi PDS, predstavlja kompromis između zahteva da izdvojeni podaci pripadaju regionu ekstrema i potrebne veličine uzorka za statističku analizu.

U literaturi se može naći više načina za spajanje međusobno zavisnih i za eliminaciju malih (statistički beznačajnih) epizoda. U [4] je prikazana komparativna analiza tri metode za eliminisanje međusobno zavisnih epizoda. Osim kriterijuma „međudogađaja“ (engl. *inter-event criteria*, IC), oni su primenili i metodu pokretnih proseka (MA) i metodu sledećeg pika (engl. *Sequent Peak Algorithm*, SPA). Ovi autori zaključuju da treba dati prednost metodama MA i SPA koje, svaka za sebe, imaju i prednosti i mana. Obe metode ne samo da spajaju međuzavisne epizode, već i smanjuju broj malih epizoda. U tome je efikasnija metoda MA nego SPA i to je glavna prednost ove metode.

Metoda pokretnih proseka, MA, uglačava seriju pre nanošenja praga, eliminiše male ekscese iznad praga i tako unapred spaja susedne epizode. Parametar koji treba odabratи je širina filtera. Za širinu MA filtera u literaturi je najčešće korišćen period od 10 dana, dok su u npr. Radić i Mihailović [5] usvojili 11 dana. Međutim, ova analiza se odnosi samo na jedan rečni profil, a širina filtera je usvojena na osnovu preporuka iz literature, bez dodatnih analiza. U ovom radu prikazuje se teorijska postavka u postupku određivanja optimalne širine filtera na osnovu objektivnih kriterijuma, zasnovanih na proveri uticaja širine filtera na izdvojene karakteristike epizoda.

2. OSNOVNE POSTAVKE METODE KORAKA

Osnovni koncept na kome se zasniva identifikacija sušnih epizoda (ili epizoda deficit) po metodi koraka prikazuje Slika 1. (Radi jednostavnosti prikazan je konstantan prag). Neka je data npr. kontinualna vremenska serija x_t , koja je presečena na više mesta nivoom presecanja x_0 . Korak se definiše kao serija osmatranja iste vrste kojoj prethodi i iza koje sledi jedno ili više osmatranja različite vrste. Koraci koji se dobijaju za vrednosti $(x_t - x_0) > 0$ nazivaju se pozitivni koraci, a za $(x_t - x_0) \leq 0$ negativni koraci. Epizoda suše predstavlja negativan korak, tj. period tokom koga se promenljiva x_t nalazi ispod odabranog nivoa x_0 .

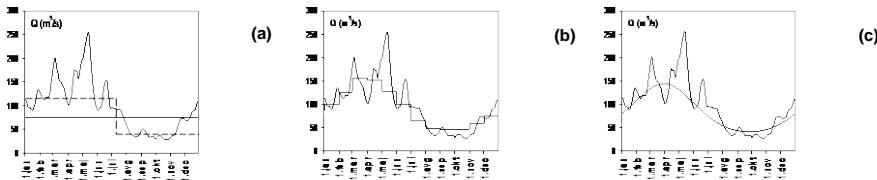


Slika 1. Ilustracija koncepta metode koraka za identifikaciju sušnih epizoda, za kontinualnu seriju x_t .

Ako se sa $j=1,2,\dots$, označi redni broj negativnog koraka, tj. redni broj epizode suše, onda se za svaku sušnu epizodu može odrediti više karakteristika (Slika 1). Za objektivnu definiciju suša po metodi koraka najvažnije karakteristike (statističke osobine serija i po vremenu i u prostoru) su trajanje epizode (L_j), akumulirani deficit (D_j), i prosečan intenzitet ($I_j = L_j / D_j$) [1, 6].

Nivo presecanja ne mora biti konstantan, već se parametar x_0 može usvojiti na različite načine, pa nivo presecanja može biti: konstanta, promenljiva, deterministička funkcija, stohastička funkcija ili kombinacija prethodno navedenih funkcija [1]. Takođe, metoda se može primeniti i na diskretne serije (npr. ako se kao ulazne serije usvoje godišnje ili mesečne serije proticaja ili suma padavina). Za podatke koji su grupisani sa vremenskom skalom manjom od godine (mesečni, nedeljni, dnevni...), osim konstantnog praga (tokom cele godine ili tokom sezone), može se usvojiti i prag koji se menja tokom godine – promenljiv prag (sezonski, mesečni, dnevni), kao što prikazuje Slika 2. U slučaju da postoje dve jasno izražene sezone tokom godine logičan izbor je sezonski prag (Slika 2a), kao alternativa pristupa koji tretira samo jednu sezonu od interesa. Promenljiv prag na mesečnom (Slika 2b), odnosno dnevnom nivou (Slika 2c) će identifikovati epizode tokom cele godine, relativno u odnosu na neki tipičan unutargodišnji režim.

Izbor referentnog nivoa presecanja predstavlja ključnu odluku u celom postupku, pošto od njega zavise sve karakteristike suša. U tekstu koji sledi će se umesto izraza 'nivo presecanja' koristiti termin 'nivo praga', prema terminologiji koja je uobičajena u literaturi koja se bavi analizom ekstrema.



Slika 2. Prikaz različitih tipova praga na vremensku seriju dnevnih proticaja za jednu hidrološku godinu: a) konstantan prag (sezonski i godišnji), b) promenljiv mesečni prag i c) promenljiv dnevni prag (prema [2]).

3. IZBOR PRAGA

Odluka o tome da li će prag biti konstantan ili promenljiv zavisi od svrhe istraživanja i stohastičke strukture serije osnovne promenljive. Tako je za godišnje serije hidroloških i meteoroloških veličina logičan izbor konstantan prag, s obzirom da one nisu periodične i da se može usvojiti pretpostavka o stacionarnosti. Dnevne hidrološke serije su nestacionarne, a osnovni uzrok te nestacionarnosti je periodičnost (sezonalnost). Iako neki autori koriste mesečno promenljiv prag koji nanose na mesečne serije, prema raspoloživoj literaturi primena dnevno promenljivog praga je retka. Primeri primene promenljivog praga se svode na vizuelizaciju prostornog rasporeda i širenja hidrološke suše na panevropskom nivou [7] ili za izvođenje i vizuelizaciju veze između zabeleženih deficitih dnevnih proticaja i atmosferskih cirkulacija koji im prethode [3]. Za probabilističku karakterizaciju suša na bazi dnevnih serija usvajan je konstantan prag.

U navedenim radovima dnevno promenljiv prag je definisan kao proticaj određene empirijske verovatnoće prevazilaženja, sa krivim trajanjima za svaki datum unutar godišnjeg ciklusa. Kriva trajanja je za svaki datum određena preko „pokretnog prozora” određene širine, koji obuhvata i proticaje u prethodnim i sledećim datumima, da bi se povećao uzorak i da bi se uglačala linija koja predstavlja prag.

U ovom radu je ideja da se primeni dnevno promenljiv prag na bazi glatkih linija kvantila sa dijagrama marginalnih raspodela. Marginalne raspodele, tj. dijagram kvantila marginalnih raspodela karakteriše unutargodišnji režim proticaja na nekom profilu. Na osnovu ovih dijagrama mogu se razdvojiti „normalni” od „neobičajenih” uslova, a usvojena linija praga definiše granicu između njih. Primenom tako definisanog praga izdvajaju se periodi deficitih proticaja, kao periodi tokom kojih su proticaji ispod linije praga. S obzirom na to da je prag periodično promenljiv, te epizode će biti raspoređene tokom cele

godine. Registrovanje odstupanja od tipičnog režima može biti od značaja i u periodima koje inače odlikuju velike vode ili mnogo padavina (npr. u oblasti poljoprivrede nije povoljno da se deficit pojavljuje u vegetacionom periodu). Druga prednost primene periodičnog praga sa marginalnih raspodela vezana je za probabilističku analizu karakteristika izdvojenih epizoda. Prepostavka je da će, za slučaj izražene sezonalnosti (npr. kod dnevnih serija proticaja u našem podneblju), primena periodično promenljivog praga na bazi marginalnih raspodela proizvesti približno ravnomerno raspoređene epizode tokom godišnjeg ciklusa.

U [9] je prikazan postupak za izbor marginalnih raspodela dnevnih proticaja na 33 odabrana profila sa teritorije Srbije. Odluka je doneta na osnovu većeg broja statističkih pokazatelja (procena saglasnosti empirijske i teorijske raspodele), uz dodatne uslove vezane za fizičke karakteristike procesa. Analiziran je veći broj mogućih dvoparametarskih i troparametarskih raspodela, a pokazalo se da je najbolje usvojiti raspodelu log Pirson 3 (LP3) kao model na svim stanicama. Ti rezultati će i ovde biti korišćeni.

Prednosti primene glatke linije dnevno promenljivog praga definisanog preko marginalnih raspodela, u odnosu na prag koji se dobija preko krivih trajanja demonstrirane su u [5]. U radu je prikazana uporedna analiza metoda za definisanje praga, na primeru Velike Morave (stanica Ljubičevski Most). Poređeno je 6 tipova praga: konstantni, promenljiv mesečni (na bazi mesečnih krivih trajanja), dnevno promenljiv izведен iz marginalnih raspodela, dnevno promenljiv na bazi dnevnih krivih trajanja, kao i dva dnevno promenljiva praga izvedena iz serije baznih proticaja. Za prag je u svim slučajevima odabran proticaj verovatnoće prevazilaženja 90%, Q_{90} . Zaključak je da prag izведен iz marginalnih raspodela daje bolje rezultate nego prag koji se definiše preko krivih trajanja. (Npr. manji je broj kratkih epizoda sa trajanjem 5 dana i manje, manji broj kratkih ekcesa iznad praga, itd. Bolji su i efekti filtera pokretnih proseka MA(11) u pogledu smanjenja zanemarljivih i zavisnih epizoda deficitata.)

4. NANOŠENJE PRAGA I IZBOR EPIZODA

Skica koja ilustruje metodu koraka za kontinualne serije (Slika 1) biće i ovde korišćena, iako je na njoj prikazan konstantan prag x_0 .

U razmatranje će biti uključene sledeće karakteristike epizoda deficitata (Slika 1): trajanje epizode deficitata (L_j), akumulirani deficit tokom

jedne epizode (D_j) i prosečan intenzitet epizode deficitia (I_j). Vreme pojave događaja je još jedna važna karakteristika. U ovoj analizi je definisano kao sredina epizode.

Pojava epizoda deficitia se posmatra kao niz slučajnih događaja u vremenu, tj. kao slučajan broj slučajnih promenljivih u intervalu vremena $[0, t]$, a u praksi je najinteresantniji interval od godinu dana. U ovom radu će godišnji ciklus biti definisan na osnovu hidrološke godine.

Na osnovu sugestija iz literature (npr. [8]), kao i na osnovu nekih preliminarnih analiza, odabrana je visina praga Q_{95} sa dijagrama kvantila marginalnih raspodela LP3 za dnevne proticaje na ovim profilima. To su glatke linije kvantila koje prikazuje npr. Slika 3 i koje odgovaraju vrednosti funkcije raspodele $F(x)=P\{X \leq x\}=0.05$. Da ne bi bilo zabune, treba reći da je u radu usvojena uobičajena notacija kod koje se koristi oznaka koja predstavlja verovatnoću prevazilaženja, tako da Q_{95} predstavlja proticaj za koji je $1-F(x)=P\{X > x\}=0.05$.

Slika 3 prikazuje šta predstavlja dnevno promenljiv prag sa dijagrama vremenskih funkcija kvantila dijagrama marginalnih raspodela. Slika 3, gore, prikazuje dijagram marginalnih raspodela LP3 za Veliku Moravu (stanica Ljubičevski Most). Slika 3, dole, prikazuje nivo promenljivog praga Q_{95} koji je nanesen na hidrogram zabeleženih proticaja za jednu hidrološku godinu. U decembru i januaru se pojavljuju male i međusobno zavisne epizode.

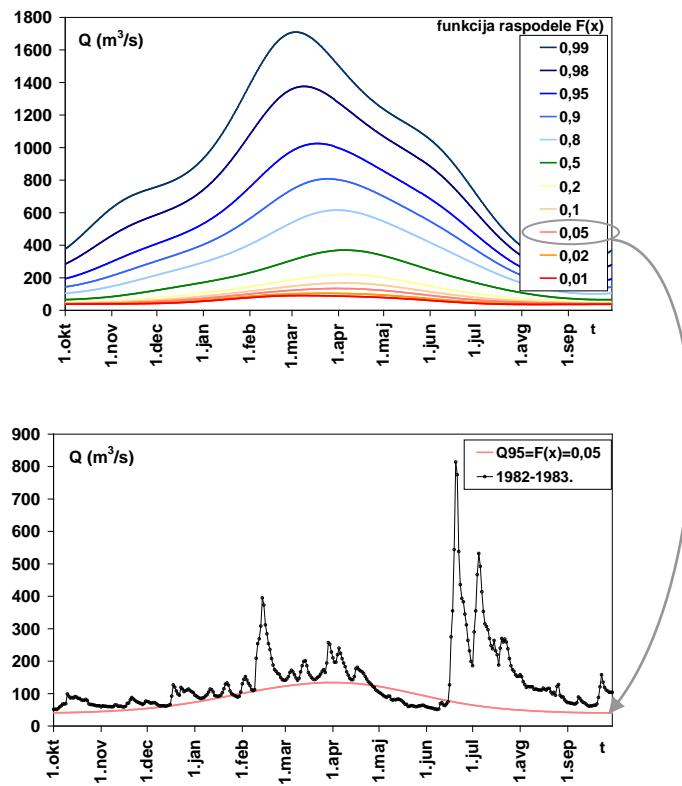
5. ODREĐIVANJE OPTIMALNE ŠIRINE FILTERA

Tallaksen i saradnici [4] su u uporednoj analizi metoda za spajanje zavisnih epizoda analizirali, između ostalog, uticaj širine MA filtera na relativno trajanje i relativnu akumuliranu zapreminu deficitia, kao i na broj malih epizoda (trajanja kraćeg od 6 dana). Ovde je sprovedena slična analiza. Prvo je potrebno analizirati uticaj širine MA filtera na:

1. broj izdvojenih epizoda i broj godina u kojima nije izdvojena nijedna epizoda;
2. srednje relativno trajanje, srednji relativni akumulurani deficit i srednji relativni intenzitet (kao odnos srednjeg vrednosti tih veličina za svaku širinu filtera i odgovarajućih srednjih vrednosti za originalnu seriju, bez uglačavanja);

3. broj epizoda sa trajanjem manjim od 6 dana i broj epizoda viška između dve sukcesivne epizode deficitia sa trajanjem manjim od 11 dana.

Zatim je na osnovu dobijenih pokazatelia potrebno odrediti optimalnu širinu MA filtera, primeniti je na zabeleženi hidrogram dnevnih proticaja i izdvojiti značajne epizode deficitia vode.



Slika 3. Usvajanje dnevno promenljivog praga sa dijagrama vremenskih funkcija kvantila marginalnih raspodela. Gore: dijagram marginalnih raspodela LP3; dole: usvojeni prag nanesen na hidrogram zabeleženih proticaja za hidrološku godinu 1982-1983. (Reka: Velika Morava, v.s. Ljubičevski Most)

6. ZAKLJUČAK

Radi uvida u karakteristike malovodnih perioda na hidrološkim stanicama u Srbiji, Republički hidrometeorološki zavod koristi prosečne vrednosti proticaja trajanja 1, 10, 20 i 30 dana u malovodnom periodu. Primena ovakvih nepromenljivih pragova je razumljiva zbog velikog broja stаница i sagledavanja celovitog režima malih voda. Osim što je hidrološka suša uži pojam od malovodnog perioda i ne nužno njegov deo, za detaljnije analize, projektovanje i operativno korišćenje u praćenju i najavi suša na konkretnoj lokaciji ili u regionu, korišćenje promenljivog praga daje bolji uvid u karakteristike sušnih epizoda. U ovom radu, teorijski je razmotreno i na jednom primeru pokazano korišćenje praga koji predstavlja glatku liniju kvantila sa dijagrama marginalnih raspodela, kao liniju dnevni promenljivog praga (periodično promenljivog tokom godišnjeg ciklusa). Na taj način se izdvajaju epizode deficita vode relativno u odnosu na režim proticaja tokom godine, tako da će se epizode deficita javljati tokom cele godine, a ne samo u toku najnižih proticaja. Registrovanje odstupanja od tipičnog režima može biti od značaja i u periodima koje inače odlikuju velike vode ili mnogo padavina (npr. u oblasti poljoprivrede nije povoljno da se deficit pojavljuje u vegetacionom periodu). S obzirom na to da je prag periodično promenljiv, izdvojene epizode su približno ravnomerne raspoređene tokom godišnjeg ciklusa.

Karakterizacija suša (ili deficita, ukoliko se koristi promenljiv prag) svodi se na dve osnovne etape: identifikaciju epizoda suša (deficita) i probabilističku analizu njihovih karakteristika (akumuliranih zapremina deficita vode, trajanja deficita vode, intenziteta, itd.). Jedan od pristupa za identifikovanje epizoda objašnjen je u ovom radu. Kao što je poznato iz teorije ekstremnih vrednosti, ako se za izdvajanje ekstrema i probabilističku karakterizaciju suša primenjuje metoda parcijalnih serija, mogući su problemi u modeliranju zbog velikog broja malih, statistički beznačajnih epizoda. Zbog toga kod ove metode važan faktor predstavlja kriterijum za eliminaciju malih, statistički beznačajnih epizoda.

Za rešavanje problema malih i međusobno zavisnih epizoda u ovom radu je predloženo korišćenje metode pokretnih proseka, MA. Opisane su potrebne analize koje dovode do određivanje optimalne širine filtera i kriterijumi za usvajanje optimalne širine filtera MA.

7. IZJAVA

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR37003 "Razvoj hidroinformacionog sistema za ranu najavu suša".

8. LITERATURA

- [1] Yevjevich V., 1967: An objective Approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrology Paper No. 23, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- [2] Hisdal H. i Tallaksen L.M, 2000: At site drought definitions. In: (urednici Hisdal H. i Tallaksen L.M) Drought Event Definition, ARIDE Technical Report No.6, Department of Geophysics, University of Oslo, Norway.
- [3] Stahl K., 2001: Hydrological Drought – A Study across Europe, Dissertation zur Vergabe des Doktorgrades, der Geowissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
- [4] Tallaksen L.M, Madsen H. i Clausen B., 1997: On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume, Hydrological Sciences Journal, 42(1): 15–33.
- [5] Radić Z. M. i Mihailović, V., 2006: Uporedna analiza metoda za definisanje hidroloških suša. Vodoprivreda, 222-224, pp. 3-22.
- [6] Dracup J.A., Lee K.S. i Paulson E.G., 1980a: On the Definition of Droughts, Water Resources Research, 16 (2): 297-302.
- [7] Zaidman M., Rees G. i Gustard A., 2001: Drought Visualisation. U: ARIDE (Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe), Final Report. Demuth S. i Stahl K. (eds.), Institute of Hydrology University of Freiburg, Freiburg, Germany.
- [8] Zelenhasić E. i Salvai A., 1987: A method of Streamflow Drought Analysis, Water Resources Research, 23 (1): 156–168.
- [9] Mihailović, V., 2012: Složena analiza hidroloških vremenskih serija za potrebe modeliranja ekstremnih događaja. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet.

UDK:378.147:004

SAVREMENE WEB TEHNOLOGIJE ZA INTERAKTIVNO UČENJE STUDENATA TEHNIČKIH FAKULTETA

Valentina Nejković¹

Milan Gocić²

Rezime

Razvoj savremenih tehnologija napravio je velika pomeranja u načinu na koji nove dolazeće generacije studenata razmišljaju, prikupljaju informacije i nova znanja. Akademsko obrazovanje svakako treba da uzme u obzir ta pomeranja i izvrši odgovarajuće modifikacije i adaptacije tradicionalnog izvođenja nastave, a u cilju unapređenja procesa podučavanja i učenja. Potrebno je razviti odgovarajuće modele sistema sa potporom u savremenim informacionim tehnologijama, koji prate pomeranja načina učenja današnjih studenata. U ovom radu predlaže se model sistema zasnovan na savremenim web tehnologijama, a koji je predviđen za interaktivno učenje studenata tehničkih fakulteta.

Ključne reči: sistem za e-učenje, interaktivno učenje, Web 2.0, tehničke nauke.

¹ mr Valentina Nejković, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

² dr Milan Gocić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

1. UVOD

Potreba za unapređenjem postojećih rešenja sistema za elektronsko učenje (e-učenje) je konstantna. Savremene web tehnologije nude dobru podršku modelima e-učenja. Danas se modeli e-učenja posmatraju kao modeli koji se sastoje od (1) učesnika koji čine ceo lanac procesa kolaborativnog učenja, (2) alata za učenje i (3) okruženja [1]. Nastala potreba za kvalitetnijim i celoživotnim učenjem zahteva veću fleksibilnost komponenti modela u cilju njihovog održanja u sve složenijim okruženjima za učenje [2].

Efikasnije tokove procesa učenja moguće je ostvariti primenom savremenih teorija učenja kao što su interaktivno učenje, učenje pretraživanjem, učenje rešavanjem problema i učenje podučavanjem, koje promovišu koncept gde studente treba postaviti u centar aktivnosti učenja, angažujući ih tako da ostvaruju međusobnu saradnju i kolaborativni rad, akviziciju znanja, personalizaciju okruženja za učenje, aktivno učestvovanje u kolaborativnom rešavanju problema, deljenje sadržaja i materijala za učenje. Kao podrška savremenim teorijama učenja i sistemima e-učenja gde su ove teorije primenjive izdvajaju se savremene web tehnologije u koje se ubrajaju aplikacije računarstva društvenih mreža kao što su sajтовi društvenih mreža, blogovi, wiki sistemi, mešovite aplikacije i pretraživači [1, 3-6].

U ovom radu daje se prikaz interaktivnog učenja koje može da se primeni u savremenom modelu e-učenja u kome su glavni učesnici studenti tehničkih fakulteta, gde im se nudi učenje primenom rešavanja problema, aktivnog i kritičkog razmišljanja, dodatnim angažovanjima i kolaboracijom. Imajući u vidu interaktivno učenje, kao i druge nove teorije učenja, i promene koje donose na polju nastavnog procesa u vidu obavezne primene savremenih digitalnih tehnologija i odgovarajućeg sistema za e-učenje, u ovom radu biće identifikovani osnovni zahtevi i funkcije savremenih sistema za e-učenje. Takođe, najveći doprinos ovog rada ogleda se u modelu sistema za e-učenje sa identifikovanom grupom servisa koji potpomažu procese interaktivnog učenja.

U odeljku 2. biće dat kratak pregled interaktivnog učenja i savremenih tehnologija koje je moguće primeniti na pedagoški model interaktivnog učenja, dok odeljak 3. navodi nedostatke danas najčešće primenjivanih sistema za e-učenje. U odeljku 4. prikazan je savremen model za e-učenje koji podržava i podstiče međusobne interakcije studenata, dok se u odeljku 5. izlažu zaključci rada.

2. INTERAKTIVNO UČENJE

2.1 Osnovni koncepti i pedagogija

Do sada je predložen veliki broj modela i pedagogija načina rada u nastavnom procesu u cilju prevazilaženja slabosti tradicionalnog izvođenja nastave kojom se dostižu osnovni nivoi u sticanju znanja kao što je reprodukcija činjenica [7-9]. Među njima ističe se interaktivno učenje koje podstiče motivaciju, dovodi do viših nivoa sticanja znanja i učenja primenom stečenog znanja, čime se ostvaruju bolji konačni ishodi učenja studenata.

Interaktivno učenje kombinuje aktivno učenje i kooperativno učenje [7, 8]. Aktivno učenje podrazumeva samostalno i stvaralačko učenje otkrivanjem i rešavanjem problema. Studenti su aktivni u svim fazama procesa učenja. Kooperativno učenje uvodi društvenu interakciju, međusobnu pomoć i saradnju studenata na ostvarenju ciljeva. U osnovi ovog učenja leži interakcija. Interaktivno učenje uspostavlja pozitivnu međuzavisnost studenata u grupi, kao i visok stepen individualne odgovornosti u svim fazama procesa učenja. Interaktivno učenje predstavlja interpersonalni odnos, gde se učenje posmatra kao društveni proces, interakcija između nastavnika i studenata i interakcija između samih studenata. Kod interaktivnog učenja aktivnosti se preusmeravaju od nastavnika ka studentima, koji zajedno učestvuju u procesima učenja. Kod ovakve pedagogije nastavnik usmerava studente na međusobnu saradnju.

Interaktivno učenje danas evaluira ka intenzivnom korišćenju savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija [9]. U narednom odeljku biće identifikovane savremene tehnologije koje mogu da potpomognu interaktivno učenje.

2.2 Savremene tehnologije i interaktivno učenje

Izraz Web 2.0 odnosi se na softverske sisteme zasnovane na internetu sledećih karakteristika: (1) visok nivo učešća individua, (2) interaktivno deljenje informacija, (3) interoperabilnost, (4) dizajn orijentisan na korisnika i (4) kolaboracija na internetu. Web 2.0 sastoji se od skupa tehnologija (Ajax, XML, Open API, Microformats, Flash/Flex), aplikacija (sajtovi društvenih mreža, blogovi, wikiji, sajtovi za razmenu multimedija, servisa za hostovanje i razmenu sadržaja, tagovanje, folksonomije, aplikacije za agregaciju sadržaja, pretraživači) i "vrednosti" (korisnik kao autor, kolektivna inteligencija) [3], [10].

Ključne aplikacije Web 2.0 su:

- **Wiki i društveno tagovanje:** Wiki predstavlja tehnologiju za upravljanje znanjem i grupnu kolaboraciju, odnosno to je skup povezanih web strana koje kreira grupa korisnika radi ostvarivanja međusobne kolaboracije, čime nastaje sistem za skladištenje deljivog znanja koje dolazi iz više različitih izvora. Osnovne karakteristike wikija su: nezavisnost od pretraživača, mogućnost ubacivanja slika, multimedijalnog sadržaja, nabranja, tabela, uređenje teksta, alati za crtanje, provera linkova. Tagovanje predstavlja opšti način organizovanja prikupljenih informacija koje se mogu filtrirati i pretraživati. Društveno tagovanje omogućava pojedincima da organizuju i dele sadržaj, kao i da izvrše kategorizaciju informacija.
- **Blogovi:** Zamišljeni su kao online dnevnički, dok je blogovanje način za kombinovanje personalnih web strana i alata koji omogućavaju lakše povezivanje sa drugim stranama i aplikacijama. To su interaktivni web sajtovi na kojima posetnici mogu da ostavljaju komentare, poruke ili novosti na određenu temu.
- **Web mešanje** (engl. mashup): To je web aplikacija koja kombinuje izvore iz dve ili više aplikacija u cilju kreiranja nove aplikacije [11]. Pomaže korisnicima da na jednostavniji način i za kraće vreme shvate koncepte, podatke i informacije.
- **Twitter:** To je platforma slična blogu koja omogućava korisnicima da postavljaju kratke tekstualne poruke do 140 karaktera i ostvare komunikaciju sa drugim korisnicima putem telefona ili web pretraživača.
- **Web sajtovi društvenih mreža:** Web zasnovane društvene mreže postale su veoma popularne, dok se web sajtovi društvenih mreža ističu među Web 2.0 aplikacijama omogućavajući međusobno povezivanje korisnika, slanje elektronske pošte i kratkih poruka, objavljivanje blogova i davanje komentara, razvoj ličnih portfolija, kombinovanje sa aplikacijama za upravljanje multimedijalnim sadržajima [12]. Web zasnovane društvene mreže imaju strukturu veza ostvarenih između učesnika i zasnivaju se na konceptu koji obezbeđuje individuama da upoznaju druge individue sa sličnim interesovanjima i interesima [1]. Međusobne veze između korisnika održavaju se upotrebot specijalizovanih web zasnovanih aplikacija tj. web sajtova društvenih mreža. Web sajtovi društvenih mreža se definišu kao web zasnovana društvena okruženja ili aplikacije, koje olakšavaju komunikaciju, kolaboraciju i deljenje sadržaja kroz mreže kontakata [13].

Osnovne karakteristike koje odvajaju web sajtove društvenih mreža od tradicionalnih web sajtova su: a) *orientisanost ka korisniku*. Tradicionalni web sajtovi su orientisani ka sadržaju sa tokom informacija usmerenih u jednom smeru i ažuriranjima od strane administratora. Kod

web sajtova društvenih mreža, sadržaj se kreira od strane korisnika putem međusobnih konverzacija i diskusija sa velikom dinamikom u porastu tih sadržaja; b) visok stepen *interaktivnosti*: interaktivnost se ogleda u postavljenim forumima i sobama za razgovore, kao i u mnogim drugim aplikacijama koje podržavaju interaktivnost sa korisnicima, npr. različite igre zasnovane na mreži korisnika; c) *orientisanost na zajednicu*: web zasnovane društvene mreže izgrađene su na istom konceptu kao što su udruženja ili društvene grupe, gde članovi tih grupa dele ista interesovanja; d) *održavanje veza*: što više veza ima jedan učesnik to je bliži centru mreže i nakon objavljivanja poruke ona se prosleđuje do velikog broja učesnika koji su u direktnoj vezi sa učesnikom koji je objavio poruku, kao i do onih učesnika koji su dalje u vezi sa učesnicima sa kojima je ovaj u direktnoj vezi; e) *iskazivanje emocija*: postoje različiti mehanizmi za prikaz emocija nad odgovarajućim sadržajima.

3. NEDOSTACI AKTUELNIH MODELA SISTEMA ZA E-UČENJE

Trenutni modeli sistema za e-učenje uglavnom prate koncept sistema za upravljanje procesom učenja, koji se koriste u hiljadama obrazovnih institucija [14]. Ovi modeli prate unapred definisani strukturu i orientisani su na sadržaj i materijal kurseva, podrazumevajući upotrebu skupa alata predviđenih za administrativne potrebe i bolju administrativnu efikasnost, a ne za potrebe učenja i podučavanja. Ovakvi modeli sistemi koriste se za jednostavnu distribuciju materijala kursa, dok se alati za interaktivno učenje veoma retko koriste [14-16]. Materijali kursa i sadržaji razvijeni su od strane nastavnika, koji se prezentuju na uniforman način svim studentima ne uzimajući u obzir različitost studenata kako njihovih osobina, prethodnog znanja i stila učenja [17]. Ovakvi modeli su staticnog karaktera, prate sadržaj i unapred strukturirani prilaz u učenju i podučavanju. Orientisani su na nastavnika, dok mogućnosti za iniciranje aktivnosti učenja od strane studenata su ograničene jer se prate pasivne forme učenja.

Sistemi za upravljanje procesom učenja su nefleksibilni i neorientisani na posebne i lične potrebe studenata i nastavnika. Primenom ovakvih sistema studenti nemaju kontrolu nad sadržajem i procesom učenja. Kursni sadržaji se plasiraju u istom obliku svim studentima. Ovi sistemi prate hijerarhijski kontrolisane strukture i modele odozgo-na-dole, koji ne nude slobodu studentima da odlučuju kako da uče i rade. Postoji potreba za sistemima koji prate odozdo-na-gore prilaz

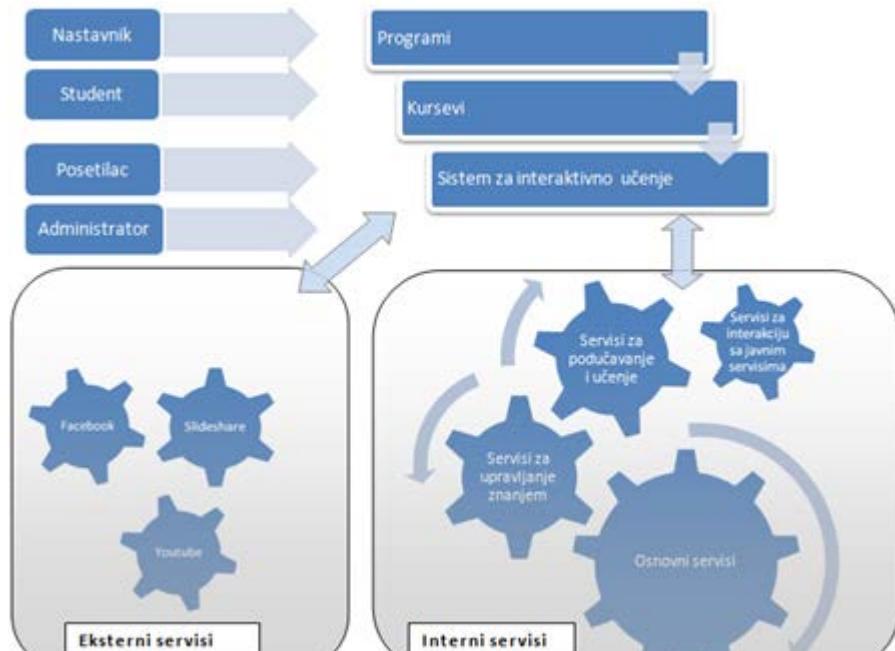
upravljan od strane studenta. Sistemima za upravljanje procesom učenja treba dozvoliti da se razvijaju i prirodno rastu na slobodan način [18].

Osnovne nedostatke ovih modela sistema identifikujemo kao: (1) vremensko ograničenje (proces učenja prestaje sa završetkom kursa); (2) stavljanje akcenta na nastavnika, a ne na studente; (3) kursevi su zatvorenog tipa, bez drugih interakcija sa drugim kursevima ili sadržajima na Internetu; (4) znanje je statičko i predefinisano; (5) mogućnosti studenta da upravljaju svojim iskustvima učenja u okviru izvođenja kursa su ograničene; (6) nemodularnosti alata [14]; (7) nedostatak povezanosti i ostvarivanja veze između studenata, nastavnika, sadržaja i šire zajednice imajući tok kroz semestre, programe i časove.

4. PREDLOG MODELA SISTEMA ZA INTERAKTIVNO UČENJE

Na slici 1. prikazan je model sistema za interaktivno učenje predviđen za studente tehničkih fakulteta. U osnovi sistema nalazi se sistem za interaktivno učenje zasnovan na webu preko koga se obavlja interakcija sa korisnicima. Korisnici sistema su: administratori, nastavnici, studenti i posetioci. Preko sistema za interaktivno učenje zasnovano na webu upravlja se različitim kursevima i programima.

U sistemu su zastupljeni interni servisi, gde pod servisima smatramo grupisane funkcionalnosti sistema koje objedinjene čine jedan zaseban servis koji je dostupan putem Interneta. Pod servisima smatramo i one servise koje obezbeđuju softverske aplikacije dostupne na Internetu [19]. Servisima korisnik ne pristupa direktno već preko odgovarajućeg interfejsa. U našem slučaju servisi su korisniku dostupni preko Wiki portala. Ovi servisi predstavljaju pokušaj da se agilno odgovori na realne zahteve korisnika. Interne servise delimo na osnovne servise, servise za podučavanje i učenje, servise za upravljanje znanjem i servise za interakciju sa javnim servisima. Potrebno je obezbediti i interakciju sa eksternim servisima kao što su na primer servisi koje nudi *Youtube*, *SlideShare*, *Google*. Potrebno je napomenuti da se navedeni servisi mogu implementirati savremenim Web 2.0 tehnologijama, koje su navedene u odeljku 2. ovog rada.



Slika 1. Model sistema za interaktivno učenje

Osnovni servisi ne spadaju u grupu usko specijalizovanih servisa pod kojima se podrazumevaju servisi namenjeni procesima e-učenja. Ovi servisi su zaduženi za sprovođenje asinhronne komunikacije studenata, postavljanje foruma i diskusija i komentarisanje sadržaja. Takođe, i notifikaciju ne treba izostaviti, čime se studentima obezbeđuje da budu obaveštavani o eventualnim izmenama načinjenim nad odgovarajućim sadržajima. Upravljanje grupama i korisnicima može da se ubroji takođe u osnovne servise, koje obavlja funkciju autentikacije i autorizacije korisnika sistema. Mešanje različitih sadržaja upotrebom tehnologije web mešanja i prikaz više sadržaja na jednom mestu može da se pridoda osnovnim servisima.

Servisi za podučavanje i učenje treba da obezbede osnovne funkcionalnosti za kreiranje i upotrebu resursa učenja. Primenom wiki tehnologije može se obezbediti kolaborativni razvoj materijala i sadržaja, a tehnologijom kolaborativnog tagovanja moguće je obezbediti napredniju organizaciju sadržaja kurseva. Kako wiki sistemi dozvoljavaju kreiranje novih strana od strane korisnika, potrebno je predvideti i kreiranje e-portfolio strana studenata gde će studenti moći da prezentuju sve što su uradili, da prikažu svoje

projekte, zadatke koje su rešavali, sadržaje koje su kreirali i da postavljaju linkove na ostale strane u čijoj izradi su učestvovali. Ovaj servis treba da obezbedi funkcionalnosti koje poseduju web sajтовi društvenih mreža, kao što su međusobno povezivanje korisnika, ostavljanje asinhronih poruka, objavljivanje blogova i davanje komentara, razvoj ličnih portfolia i kombinovanje sa aplikacijama za upravljanje multimedijalnim sadržajima.

Servisi za upravljanje znanjem treba da obezbede skladištenje podataka, pretraživanje podataka i akviziciju znanja. Za pretraživanje podataka treba obezbediti mehanizme naprednog pretraživanja dokumenata. Treba obezbediti lakšu navigaciju po sadržajima, automatsko generisanje susednih linkova, padajućih menija pojedinačnih i specifičnih za svaku stranu sistema. Primenom koncepta kolaborativnog tagovanja treba obezbediti kolaborativnu samoorganizaciju sadržaja i na taj način lakše otkrivanje potrebnih informacija i znanja.

Servisi za interakciju sa javnim servisima treba da obezbede agregaciju eksternih sadržaja i integraciju heterogenih informacija. Za agregaciju identificuje se prilaz web mešanja različitih aplikacija ponuđenih putem Interneta. Generisani sadržaj tada predstavlja prikaz različitih uključenih Web resursa sa različitim lokacijama. Aplikacije koje mogu da se koriste na ovaj način su takozvane *widget* aplikacije koje se besplatno nude na Internetu. Na ovaj način biće moguće integrisati *Youtube* filmove, *SlideShare* prezentacije i *flickr* slike u okviru različitih sadržaja sistema.

5. ZAKLJUČAK

Upotrebom predloženog modela sistema studenti tehničkih nauka biće aktivni u procesu učenja, a nastavnici će i dalje nadgledati proces njihovog učenja. Studenti će moći da kreiraju sopstvene stilove učenja na osnovu personalnih veština, preuzeće inicijativu i upravljače aktivnostima učenja, postavljače sopstvene ciljeve, upravljače sadržajem, deliće sadržaje i komuniciraće sa drugima. Uključivanjem predloženog modela akcenat će biti stavljen na studente, koji će razvijati društvene veštine. Na ovaj način biće podstaknuto celoživotno učenje koje je neformalne prirode. U okviru ovakvog sistema studenti će moći da biraju servise koje će da koriste za izgradnju lične mreže znanja i kombinovanje sadržaja sa više izvora na različite načine. Naime, student će moći da bira aplikacije i servise koji treba da čine njegovo lično okruženje, dodaju nove aplikacije, uređuju alate za učenje i integrišu

podatke sa različitih izvora, dok se interaktivno učenje postiže direktnim interakcijama sa sistemom i sadržajima kurseva i studentovim angažovanjem u kreiranju sadržaja kurseva, recenziraju postojećih, grupnom rešavanju problema i timskom radu na projektima.

6. LITERATURA

- [1] Behrens, J. L. (2008) About Facebook, AALL Spectrum.
- [2] Watson, D. (2009) Lifelong Learning and the Future of Higher Education, National Institute of Adult Continuing Education.
- [3] O'Reilly, T.E. (2009) What is Web 2.0?, O'Reilly Media, pp. 34.
- [4] Center for Digital Government and Government Technology (2008) Government 2.0: Building Communities with Web 2.0 and Social Networking, Folsom, CA.
- [5] Mortensen, T., Walker, J. (2002) Blogging thoughts: Personal publication as an online research tool. In: Researching ICTs in Context, A. Morrison (ed.), InterMedia Report, Oslo, Norway.
- [6] Easton, A., Easton, G., (2010) Demystifying Mashups, Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE) 2010
- [7] McInerney, J.M., Roberts, T.S. (2009) Collaborative and Cooperative Learning. In: *Encyclopedia of distance learning*, Patricia Rogers et al., editors., 2nd ed.
- [8] Odom, S., Glenn, B., Sanner, S., Cannella, K.A.S. (2009) Group Peer Review as an Active Learning Strategy in a Research Course. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education* 21(1), 108-117.
- [9] Sessoms, D. (2008) Interactive instruction: Creating interactive learning environments through tomorrow's teachers. *International Journal of Technology in Teaching and Learning* 4(2), 86-96.
- [10] Anderson, P. (2007) What is Web 2.0? Ideas, technologies and implications for education. Technical report, JISC.
- [11] Altinel, M., Brown, P., Cline, S., Kartha, R., Louie, E., Markl, V., Mau, L., Ng, Y.-H., Simmen, D., Singh, A. (2007) Damia- A Data Mashup Fabric for Intranet Applications, VLDB'07, Vienna, Austria, 1370-1373.
- [12] Snijders, T. 2010. Statistical models for social networks. *Annual Review of Sociology* 37, 131–153.

- [13] Redecker, C. (2009) Review of Learning 2.0 Practices: Study on the Impact of Web 2.0 Innovations on Education and Training in Europe. *JRC Scientific and technical report.* (EUR 23664 EN – 2009)
- [14] Mott,J. (2010) Envisioning the Post-LMS Era: The Open Learning Network. *EDUCAUSE Quarterly* **33**(1), 1-9.
- [15] Al-Zoube, M. (2009) E-Learning on the Cloud, *International Arab Journal of e-Technology* **1**(2), 58-64.
- [16] Chatti, M. A., Agustiawan, R. M., Jarke, M., Specht, M. (2010) Toward a personal Learning Environment Framework. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments* **1**(4), 66-85.
- [17] Harmelen, M. (2008) Design trajectories: four experiments in PLE implementation. *Interactive Learning Environments* **16**(1), 35-46.
- [18] Chatti, M.A, Jark, M., Frosch-Wilke, D. (2007) The future of e-learning: a shift to knowledge networking and social software, *International Journal of Knowledge and Learning* **3**(4/5), 404-420.
- [19] Nejković, V. (2014) Platforma za e-učenje zasnovana na računarstvu društvenih mreža, Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu.

NEKE OD NESVAKIDAŠNIH VRSTA TERMOIZOLACIONIH MATERIJALA BIOLOŠKOG POREKLA

Jelena Dimitrijević¹

Rezime

Sa apektom "zelene gradnje" svaka komponenta u procesu građevinske proizvodnje bi trebalo da ispuni minimalne propisane zahteve u pogledu odabira materijala za izgradnju, preko procesa proizvodnje i na kraju kroz održavanje istih tih objekata. U radu su predstavljeni prirodni izolacioni materijali, komercijalno prisutni u svetu, ali ne i u Srbiji. Jedan deo ovih izolacionih materijala je potpuna nepoznanica za osobe koji se ne bave građevinarstvom. S tim u vezi je neophodno prethodno upoznavanje sa istima u pogledu kvaliteta i performansi.

Ključne reči: izolacioni materijali, ovčja vuna, konoplja, slama, drvo i celuloza

1. UVOD

U razvijenim zemljama se već dugi niz godina gaji trend zelene gradnje. To podrazumeva potpunu pažnju kod planiranja projektovanja nekog objekta, kroz proizvodnju i kasniju eksploraciju. U ovakvom procesu građevinske proizvodnje, svaki detalj se može pažljivo isplanirati i realizovati. Svemu tome doprinosi tehnologija kojom raspolaćemo u toku projektovanja ili kasnijih eventualnih izmena, savremeni materijali predviđeni za ekološki opravданu i relativno laku upotrebu kao i savremeni procesi u proizvodnji. Ovakav proces izgradnje je danas relativno lak i uglađen. Međutim, mnogo je veći broj objekata koji zahtevaju odgovarajuću trenutnu restauraciju u pogledu konstruktivnih elemenata, a ponajviše u pogledu izolacionih svojstava. Najveći broj zahteva trenutno za intervenciju na objektima se odnosi na popravljanje izolacionih karakteristika objekata. Zbog nedovoljno planiranje gradnje u skorijoj prošlosti i nepredviđanja izraženih klimatskih

¹ Jelena Dimitrijević, dipl.građ.inž, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

promena, javlja se problem gubitka toplote prvenstveno u stambenim a zatim i poslovnim prostorima. Dugogodišnjim istraživanjima se došlo do zaključka da bi se potrošnja energenata za grejanje (drva, ugalj, električna energija, gas...) i hlađenje (prevashodno električna energija) značajno smanjila sa poboljšanjem energetske efikasnosti objekata. Pod tim se podrazumeva da se ostvaruje minimalni gubitak energije. S tim u vezi dolazi do masovne upotrebe izolacionog materijala, ali opet bez detaljnog upoznavanja sa svim vrstama materijala za izolaciju, naročito ekološkim izolacionim materijalima. [1] [5] [9]

Ekološki izolacioni materijali su biološkog porekla. Osim biološkog porekla, proces njihove proizvodnje je potpuno neškodljiv ili izrazito malo po životnu sredinu. Još važnija karakteristika je što nakon svog veka eksploatacije postaju nezagadivački otpad, već svojim raspadanjem (prirodnim razlaganjem) potpuno nestaju, te se ne predviđa posebno odlaganje, uništavanje ili prerada. Samo je jedan mali deo od prikazanih materijala poznat našoj javnosti, pa bi s tim u vezi trebalo dati opšti prikaz i drugih u svetu veoma aktuelnih izolatora. [10] [14]

2. IZOLACIONI MATERIJALI I PRINCIPI ODABIRA IZOLACIONIH MATERIJALA

Kada se usvaja vrsta izolacije za neki objekat u izgradnji najpre se vodi računa o nameni objekta. Namena objekta nameće zahteve koje treba ispuniti, pa neće biti isto kada se projektuje zgrada za stanovanje ili neki industrijski objekat. U današnje vreme u pogledu regulacije temperature vazduha u stambenim i radnim prostorima ne postoji velika razlika. Možda je u objektima za stanovanje potrebna malo veća temperatura vazduha. Razlika se više ogleda u pogledu načina na koji se neki prostor zagreva i hlađi. Znači utvrđuje se ili okvirno određuje energet. Nimalo zanemarljiv uticaj jeste tip klimatskog područja. Na kraju, kod procene energetske efikasnosti zgrade važan je i podatak o elementima same konstrukcije (material za izradu zidova, podova i tavanica) i sistemu gradnje. Ovo su samo neki, ali slobodno može da se kaže najvažniji uticajni faktori kod odabira izolatora. Koja vrsta izolatora će biti odabrana, zavisi od potrebnog koeficijenta termičke provodljivosti za isolator i za posmatrani element na objektu. [9] [14]

Činjenica je da su u pogledu izolacionih svojstava veštački izolatori za nešto malo jedinica ispred ekoloških. Međutim, to ne bi smelo da utiče kao jedinstveni razlog kod odabira odgovarajućeg izolatora, jer će se isti efekat postići ekološkim izolatorima sa nečto većim debljinama. Odabir izolatora mora biti zasnovan na sveobuhvatnoj analizi. [9]

Mnogo je veći problem kod naknadnog izolovanja objekata (već izgrađeni objekti). Ovde se direktno misli na odabir izolatora od strane nedovoljno informisanih fizičkih lica, vođenih isključivo ekonomskim aspektima. To je ponašanje koje ne čudi, što zbog ekonomskih prilika ali i zbog niske svesti o ovoj materiji. Ovde problem dobija i druge razmere. Pojedinac ne razmišlja o tome da li je neki materijal ekološki opravdan ili ne, kao ni da li će zaista uspeti sa tim da reši problem prekomernog gubitka energije. Radi se po ustaljenom modelu, bez ikakvog upuštanja u problematiku. Svest o tome treba podići na jedan odgovoran nivo, koji treba pojedincu da usmeri u detaljnije istraživanje problema ili jednostavno dag a uputi na osobe ili institucije koje će taj problem znati adekvatno da reše. O izloženim ekološkim izolatorima se u svetu već dosta zna, često se koriste a verovatno će se na tom polju tek istraživati. [1] [10]

3. EKOLOŠKI IZOLACIONI MATERIJALI

3.1. OVČIJA VUNA

Apsolutna nepoznanica za ljude na ovim prostorima, misli se na većinu koja svakodnevno nema dodirnih tačaka sa građevinom, jeste činjenica da se za izolaciju stambenih i poslovnih objekata može koristiti prerađena ovčija vuna. Hiljadama godina se ovce uspešno prilagođavaju različitim klimatskim uslovima i to sve zahvaljujući svom krvnemu. Kada su vunena vlakna zajedno složena, čine milione sićušnih džepova u kojima je zarobljen vazduh i time je sprečen gubitak toplog vazduha i prodor hladnoće zimi, tj. prodor vrućeg vazduha leti. [2] [6]

Ovaj proizvod poseduje zavidne karakteristike od kojih se izdvajaju: [4] [6] [7]

- Podjednako dobar zvučni i toplotni izolator
- Koeficijent toplotne provodljivosti oko $0,038 \text{ W/mK}$
- Absorbuje i otpušta vlagu u zavisnosti od zasićenosti vazduha i na taj način sprečava pojavu kondenzacije i poboljšava kvalitet vazduha. Kada vunena vlakna upiju vlagu stvaraju malu količinu toplote koja sprečava pojavu kondenzacije,
- Povećana otpornost na plamen i gorenje, pošto je tretirana 100% prirodnim preparatima koji sa vunom i hemijski reaguju a ne lepe se samo za nju. Ovi preparati štite i od napada gamadi.
- Vuna je obnovljivi izolacioni materijal i potpuno biorazgradiv,
- Vunu je moguće prerađivati nakon perioda eksplotacije,
- Vuna ima mogućnost da absorbuje i razgrađuje zagađivače vazduha kao što su formaldehid, azot dioksid i sumpor-dioksid (testove obavio Central Testing Facility iz Tokija). Prilikom testiranja čak 96%

formaldehida je absorbovano za nekoliko sati što je karakteristika isključivo prirodnih vlakana.,

- Za proizvodnju izolacije od ovčije vune se koristi i manje od 10% energije u odnosu na druge vrste izolatora.

Prema priloženom vidimo da ovčja vuna poseduje neke karakteristike koje drugi savremeni izolatori nemaju. Jedina mana je što ovčja vuna zahteva malo više truda oko ugrađivanja,tj.druge vrste izolacija su praktičnije u tom pogledu. Može se ugrađivati na dva načina: ručno polaganjem i uz pomoć ventilatora gde se postižu i najbolji rezultati (vidi sl.1). [2]



Slika 1.- Ugrađivanje gotovih vunenih panela i ugrađivanje ventilatorom

Interesantna stvar kod obezbeđivanja sirovina za proizvodnju ovog izolatora je da je vuna koja se koristi u stvari otpad tekstilne industrije. Postoji podatak da čak 90% vune čini otpad. To nisu zanemarive količine. Izolacija od ovčije vune ne menja svoj oblik i dimenzije kroz vreme. Može biti izložena pritisku, ali nakon rasterećenja vraća svoj prvobitni oblik. Za ugradnju je izuzetno zahvalan vid izolacije jer nije potrebno koristiti bilo kakvu zaštitnu opremu pošto je 100% bezazleno. Moguće je sve to uraditi samostalno uz pomoć nekih smernica proizvođača i nešto potrebne opreme. [4] [15]

3.2. KONOPLJA

Prvi zapisi o konoplji potiču od pre 3000 g.p.n.e.. Zbog svojih opijatskih osobina, sadnja ove biljke je u velikom broju zemalja bila dugo zabranjena. Zbog toga je i na rubu nestanka. Danas se ponegde dopušta uzgoj određenih industrijskih vrsta. Konoplja sadrži 70% celuloze pa su u Kanadi pokrenuli proizvodnju biogoriva. Sveučilište u Minhou je osmislio industrijsku proizvodnju građevinskih blokova od drvenastog dela biljke. Henri Ford je 1941. Izradio autokaroseriju od konopljine bioplastike koja je bila šest puta lakša od čelične a imala je deset puta veću otpornost na sudare. Konopljin beton nije samo iluzija. To je potpuno ekološki beton koji ima čvrstoću običnog betona a može

Neke od nesvakidašnjih vrsta termoizolacionih materijala biološkog porekla

se rezati poput drveta. Pored konstruktivnih, ujedno poseduje i termoizolaciona svojstva. Konopljino seme nudi jedinstvenu kombinaciju važnih hranljivih sastojaka, uključujući uravnotežen odnos omega-3 i omega-6 masnih kiselina, i raznovrsnih vitamina, minerala i beelančevina. Vitamina E, presudnog za zdravlje krvnih sudova, u konoplji ima u izobilju. [8]

Izolacija od konoplje je nešto zaista inovativno u oblasti izolacionih materijala. Ono što je svima poznato je njena upotreba za izradu odeće, papira, ulja, goriva, hrane i drugih građevinskih materijala. Ovu biljku je moguće gajiti sa jako malo vode potpuno ekološki, bez upotrebe pesticida, herbicida i fungicida koji zagađuju životnu sredinu. Takođe, veliki je potrošač ugljen-dioksida što je čini većim borcem protiv globalnog zagrevanja u odnosu na druge biljke. Poraste oko 4 metara za period od 100-120 dana. Obnovljivi je resurs za razliku od nekih drugih neekoloških sirovina za izradu izolacionih materijala. [8] [11]

Koefficijent toplotne provodljivosti konoplje je 0,039 W/mK. Higroskopan je materijal, može da absorbuje čak 20% svoje mase. Izdvaja se po velikoj zateznoj čvrstoći što ga čini trajnijim i otpornijim u odnosu na sve ostale izolacione sirovine. Zbog ovoga, konoplja može da ima isti životni vek kao sam objekat koji se izoluje. Klasificuje se kao materijal otporan na vatru. Dobar je i zvučni izolator, pa se veoma često koristi za podove. Zbog svog svojstva da absorbuje vlagu iz vazduha, reguliše zasićenost vazduha i sprečava pojavu kondenzacije. Upotrebu konoplje ne treba ograničiti na izolaciju. Zbog dobrih karakteristika u pogledu izdržljivosti pri dinamičkim dejstvima, smatra se da bi konstruktivni elementi nekog objekta bili stabilniji i jači od konoplje nego od betona. [3] [8]



Slika 2.- Oblik vlakana konoplje



Slika 3.-Ugrađivanje konoplje

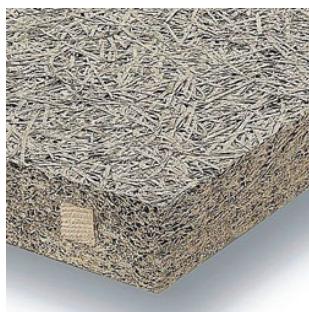
Ugradnja je potpuno bezazlena i može se obaviti bez zaštitne opreme. Podjednako se koristi kod gradnje novih zgrada i renoviranja. Da li je konoplja materijal budućnosti? Možda i jeste. Kuće izgrađene od konoplje troše manje energije, prave manje otpada i troši se manje

novca za grejanje i hlađenje. Od proizvođača koji izrađuju izolaciju od konoplje se izdvajaju Hock u Nemačkoj. [8]

3.3. DRVO I CELULOZA

U današnje vreme kada su leta postala jako topla javlja se podjednako velika potreba za izolacijom od toplove leti kao i od gubitka toplove zimi. Alternativni izolacioni materijali poput dvenih strugotina daju bolje rezultate leti. To je zbog debljine i mase materijala i njegove sposobnosti čuvanja toplove. Ponekad je potrebno i do osam sati da toploča prodre unutar prostorije. Na ovaj način se prolongira prodor toplove a kad i dođe vreme da toploča uđe u prostoriju najveća vrućina je već davno prošla, pada mrak i prostorije mogu da se provetre. Na taj način i to malo toploča koja prodre u prostoriju se snižava na spoljašnju temperaturu. Kod izbora termoizolacionog materijala ne treba kao merodavan parametar uvek koristiti koeficijent topločne provodljivosti. Kašnjenje topločnog fluksa treba takođe uzeti u obzir. Što je veća vrednost kašnjenja topločnog fluksa, debljina izolacionog materijala je odgovarajuća a izolacija bolja. [5]

Izolacioni materijal od drvenih strugotina se izrađuje od industrijskog otpada koji nastaje pri obradi drveta. Sirovina se sitni i lomi. Za oblikovanje u panele koriste se odgovarajuća vezivna sredstva i lepkovi i sredstva za zaštitu od požara i oštećenja. Ploče se mogu praviti po suvom (strugotina se vezuje lepkom) i mokrom postupku (strugotina se vezuje drvenom smolom). Topločna provodljivost im je od 0,04-0,09 W/mK. Izolacija od drvenih strugotina diše i reguliše vlagu. Može se koristiti kod izolacije zidova na sve načine. Naročito se preporučuje kod izolacije krovova. [13]



Slika 4.- Tabla od drvenih strugotina



Slika 5.- Podna obloga od plute

Malo manji koeficijent topločne provodljivosti imaju celulozne niti od 0,04-0,045 W/mK . Celuloza je u osnovi drvo, ali u ovom slučaju se radi o recikliranom papiru. Može se izrađivati u obliku tabli ili u obliku

Neke od nesvakidašnjih vrsta termoizolacionih materijala biološkog porekla

celuloznih pahuljica. Za mesta ne baš dostupna i nepravilnih oblika pahuljice su bolje rešenje. Celulozna izolacija se sastoji od recikliranog papira i borovih soli koje je čine otpornom na vatru. Moguće je potpuno je recicirati kada dođe do renoviranja. [5] [13]

U oblast izolacionih materijala od drveta možemo da svrstamo i plutu posto je sirovina plute drvo,tj.hrast. Dobija se od hrasta plutnjaka. Sitnjenjem sirovine do oblika granulata presuje se pod velikim pritiskom i tako dobijaju plutane table različitih debljina. Za međusobno vezivanje granulata nije potrebno dodavati lepak jer pluta sadrži sopstvenu smolu koja obavlja funkciju lepka. Koeficijent topotne provodljivosti nije naročito impresivan, od 0,045-0,06W/mK, te u tom pogledu postoji i bolji izbor. Potpuno je ekološki proizvod. Lako se oblikuje i seče ali se ne može obrađivati previše precizno zbog žilavosti sirovine. Osim za izolaciju, jako je zahvalno i lepo koristiti plutu za oblaganje podova. Na taj način ujedno izoluje i obavlja funkciju poda. Zbog svoje osobine velike žilavosti, veoma je otporna na udarce. [9]

3.4. SLAMA

Od davnina se slama koristi u građevinarstvu. U kombinaciji sa glinom činila je izuzetan spoj čvrste zidne obloge prostorija koje dišu i obezbeđuju vazduh zavidnog kvaliteta. Može se reći da su kuće od slame gledano kroz istoriju možda i najzdravije za život. Slama ne mora služiti samo kao izolator,mogu se čitavi zidovi graditi od bala slame. U tom slučaju se noseća konstrukcija pravi od drvenih greda a ispunu (i izolaciju) čini slama. Bile slame se ne povezuju, jer zbog grubih strana dobro prijanjuju jedna uz drugu. Pošto se ne povezuju nekim dodatnim elementima ne postoji šansa za stvaranje zvučnih mostova. [5]



Slika 6. - Ugradnja i završna obrada zidova od slame

Postoji niz zabluda o tome da su kuće od slame lako zapaljive, da su pune insekata i raznih gamadi. Slama ne sadrži veliki broj

hranljivih materija pa nije preterano privlačna insektima,jedino bi je možda termiti napadali. To nije neki problem, jer se kao i drvo može dodatno zaštititi od štetočina. U pogledu zapaljivosti nije sve kao što izgleda an prvi pogled. Naime, slama dobro presovana sa gusto složenim slamčicama ima jako malo kiseonika u bali pa se ni gorenje ne pospešuje. Ukoliko i dođe u kontakt sa plamenom, baća će goreti ali ne brzinom koja se u tim situacijama očekuje.Na suvom slama ima dug vek trajanja. Zbog ovoga ne bi bilo dobro da bale u zidovima budu u nekom dužem periodu izložene vlaženju, pa se zidovi oblažu paropropusnim a vodonepropusnim folijama. Na taj način vlaga odlazi iz slame a prekomerna voda je ne mokri. Koeficijent toplotne provodljivosti zida od slame debljine 45cm iznosi 0,13 W/mK. U područjima gde je slama neželjeni poljoprivredni otpad izgradnja kuća od slame bi dobrim delom rešila problem. Pošto se sporo razgrađuje, često je pale pa se zbog emisije ugljen-monoksida i azotnih oksida zagadjuje vazduh. Bilo koji vid izolacije čija je sirovina na biljnoj bazi, direktno pomaže očuvanju životne sredine u toku svog rasta i razvija jer troši ugljen dioksid. Na taj način se ugljen dioksid eliminiše i čuva, a nakon perioda eksploatacije, razgradnjom na komponente vraća u zemlju ili koristi kao ogrevni materijal. [12]

4. UTVRĐIVANJE PREDNOSTI I MANA

U radu su izostavljene staklena i kamena vuna, iako mineraloškog karaktera, samim tim i prirodnog porekla. Ovi izolatori su pronašli svoje mesto na tržištu, ne u meri u kojo su veštački izolatori ali su među vodećim. O njihovim odličnim svojstvima može puno da se izloži ali nije tema ovog rada. Iz svega priloženog se može napraviti kratka analiza prednosti i mana pomenutih pre svega nesvakidašnjih izolatora.

PREDNOSTI:

- visoko akustičke performanse,
- sadrže mnogo malo ili uopšte ne sadrže toksine,pružaju znatno bolji kvalitet vazduha od bilo koje vrste neprirodnih izolatora,
- ugrađivanje se obavlja bez zaštitne opreme pošto je materijal 100% bezazlen,
- vezuje i čuva ugljenik za svo vreme svog životnog veka,
- robusan za rukovanje, transport i ugradnju,
- paropropusni materijali, te se lako reguliše vlažnost vazduha u prostoriji.

MANE:

- većina pomenutih izolacionim materijala se ne uvozi kod nas, pa je potrebno da postoji distributer istih u našoj zemlji.
- u poređenju sa izolatorima na mineralnoj bazi , prirodni izolatori imaju nešto jaču cenu. To može da smanji potražnju, jer cena većinom diktira izbor.
- u zavisnosti od izbora prirodnog izolatora može zahtevati i deblje zidove.
- visoko su zahtevni kod završne obrade fasade.

5. UMESTO ZAKLJUČKA

Uticajni faktori koji treba da odrede izbor tipa izolacionog materijala su vrsta klimatskog područja, oblik i tip konstrukcije i namena objekta. Cena jeste krucijalni faktor današnjice ali tu ideju treba potisnuti kao lošu vodilju, jer može da potisne druge povoljne karakteristike veoma važne za duži period eksploatacije. Verovatno će se cena izolacije otplatiti kroz određeni vremenski period, ali da li će u tom slučaju i efekat biti zadovoljavajući. U skorijoj budućnosti će osim cene dilemu nadamo se praviti i svesni izbor ekoloških materijala, sa ciljem da se postigne što bolji efekat i veća energetska efikasnost ali ne na uštrb zdravlja ljudi i očuvanja okoline.

6. LITERATURA

- [1] Pucar M., Bioklimatska arhitektura: zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, 2006
- [2] Corscadden K.V., Biggs J.N., Stiles D.K., Sheep's wool insulation: A sustainable alternative use for a renewable recourse?, Resources, Conservation and Recycling, Vol.86, pages 9-15, May 2014
- [3] Latif E., Ciupala M.A., Wijeyesekera D.C., The comparative in sity hygrothermal performance of Hamp and Stone Wool insulation in vapour open tiber frame wall panels, Construction and building materials, Vol.73, pages 205-2013, 2014
- [4] Kuffner H., Wool fibres, Handbook of natural fibres: Types, properties and factors affecting breeding and cultivation, pages 171-195, Woodhead Publishing Series in, 2012
- [5] Gellert R.,Natural fibre and fibre composite materials for insulation in buildings, pages 229-256, Materials for energy Efficiency and thermal comfort in buildings, 2010
- [6] Polat E.S., An alternative use of sheep wool: Building insulation, Journal of biotechnology, Vol.161, pages 14-15, Supplement, November 2012
- [7] Zach J., Korjenic A., Petranek V., Hroudova J., Bednar T., Performance evaluation and research of alternative thermal insulation based on sheep wool, Energy and Buildings, Vol.49, pages 246-253,June 2012

- [8] Kymalainen H-R., Sjoberg A-M., Flex and hemp fibres as raw materials for thermal insulation, Building and environment, Vol.43, Issue 7, pages 1261-1269, July 2008
- [9] Korjenic A., Petranek V., Zach J., Hroudova J., Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources, Energy and Buildings, Vol.43, Issue 9, pages 2518-2523, September 2011
- [10] Lu X., Viljanen M., Fibrous insulation materials in building engineering applications, Fibrous and composite materials for civil engineering applications, pages 271-305, 2011
- [11] Freivalde L., Kukle S., Andzs M., Buksans E., Gravitis J., Flammability of raw insulation materials made of hemp, Composites Part B: Engineering, Vol.67, pages 510-514, December 2014
- [12] Ashour T., Wieland H., Georg H., Bockisch F-J., Wu W., The influence of natural reinforcement fibres on insulation values of earth plaster for straw bale buildings, Materials and Design, Vol.31, Issue 10, pages 4676-4685, December 2010
- [13] Hill D.J.T., Le T.T., Darveniza M., Saha T., A study of degradation of cellulosic insulation materials in a power transformer, part1. Molecular weight study of cellulose insulation paper, Polymer Degradation and Stability, Vol.46, Issue 1, pages 79-87, 1995
- [14] Peukhuri R., Rode C., Hansen K.K., Non-isothermal moisture transport through insulation materials, Building and Environment, Vol.43, Issue 5, pages 811-822, May 2008
- [15] www.google/images

UDK:727.1:620.9

MODELI ENERGETSKI EEFIKASNIH PREĐŠKOLSKIH OBJEKATA

Kostić Aleksandra¹
Danica Stanković²

Rezime

Aktivnosti čoveka u prirodnoj sredini su sve više ekspanzivnije i doprinose većim štetnim efektima na životnu sredinu. Stanje postojećih prirodnih resursa i stepen zagađenosti životne sredine nameću potrebu za intenzivnjim uključivanjem održive ekološke misli u sferu graditeljstva. Znatniji deo graditeljskog fonda objekata predškolskih ustanova u Srbiji datira iz perioda kada ekološki aspekti arhitekture nisu bili u dovoljnoj meri zastupljeni u procesu projektovanja i izgradnje. Rad se bavi pitanjem koncepta energetski efikasne arhitekture i ispitivanjem prilika za implementaciju njenih osnovnih principa na postojeći graditeljski fond predškolskih objekata. U radu su analizirana projektantska rešenja objekata ovog tipa širom sveta sa odlikama ekološke i održive gradnje, a koja mogu poslužiti kao model za transformaciju izgrađenih predškolskih ustanova širom Srbije u zelene objekte. Osnovni cilj istraživanja je definisanje praktičnih mera ekološkog, energetski efikasnog, preoblikovanja kojima se formira zdravo, komforno i podstičuće okruženje deteta u predškolskoj ustanovi.

Ključne reči:

energetski efikasna arhitektura, principi, energetska transformacija, predškolski objekti, dete.

¹ Aleksandra Kostić, saradnik u nastavi, Građevinsko-arkitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, aleksandrakostic85@gmail.com

² dr Danica Stanković, doc. Građevinsko-arkitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs

1. UVOD

Razvoj ljudske zajednice, praćen tehničko tehnološkim napretkom uzrokovao je narušavanje prirodne ravnoteže, čime je doveden u pitanje opstanak ljudske civilizacije. Ovakavo stanje pokrenulo i probubilo ekološku svest svetske javnosti, i usmerilo čoveka da se vrati prirodi kako bi se uspostavilo stanje prvobitne ravnoteže. Na svim nivoima društva, u svim sferama života i rada, danas se dešavaju pozitivne promene (promene energetske politike, uvođenje politike racionalnog korišćenja energije, uvođenje obnovljivih izvora energije u zgradarstvo, promene u društvenim krugovima i sl.).

Opšte je poznato da je postojanje objekata predškolskih ustanova od presudnog značaja za pravilan rast i razvoj dece, njihovu edukaciju i vaspitanje, pripremu za integraciju u društveno okruženje. Posmatrano u širem smislu njihovo postojanje dopinosa globalnom razvoju društvene zajednice. Zbog takvog zanačaja koji objekti ovog tipa imaju, potrebno je u njima kreirati uslove komfornijeg, podsticajnijeg, a pre svega zdravog i sigurnog boravka dece kada su u osetljivoj uzrasnoj fazi. Uspostavljanje uslova zdravog i komfornog boravka u radu je sagledano kroz implementaciju principa energetski efikasne arhitekture.

Razvoj dece predškolskog uzrasta u korelaciji je sa fizičkim karakteristikama izgrađenog okruženja. Objekti namenjeni za predškolsko vaspitanje i edukaciju treba da budu u potpunosti prilagođeni i podređeni dečijem zdravom boravku i njihovim brojnim potrebama. Svojim ekološkim performansama, zeleni, energetski efikasni objekti predškolskih ustanova, pored toga što ostavljaju pozitivan efekat na rast i razvoj dečje populacije koja borave u njima, neposredno doprinose i globalnom povećanju energetske efikasnosti, smanjenju štetnih uticaja na životnu sredinu i sprečavanju negativnih klimatskih promena.

U radu je akcenat stavljen na istraživanju mogućih varijantnih rešenja koja imaju doprinos znatnim uštedama energije, zdravijem boravku u spoljašnje i unutrašnje okruženje, koja ne crpe izvore energije, koja se baziraju na OIE i nemaju štetne uticaje na životnu sredinu. Analizirana su primenjeni principi energetske efikasnosti na inostranim objektima predškolskih ustanova, kako bi se ustanovile njihove pozitivne i negativne strane. Takođe, u jednom delu rada ispitivane su mogućnosti implementiranja principa zelene arhitekture na građevinski fond predškolskih objekata u Srbiji. Osnovni cilj istraživanja je definisanje praktičnih mera energetskog preoblikovanja objekata kojima se ublažavaju negativni efekti na životnu sredinu i klimatske promene.

2. KONCEPT ENERGETSKI EFIKASNE ARHITEKTURE I NJENI OSNOVNI PRINCIPI

Ljudska svest o ugroženosti neobnovljivih izvora energije danas je postala zastupljena u gotovo svim sferama ljudskog života i delanja, s različitim stepenom izraženosti u zavisnosti od ekonomskih, političkih i društvenih prilika. Vremenom je i u oblasti arhitekture ponovo zaživila misao o objektima koji "žive" u saglasju sa zakonima prirode. Koraci ka uravnoteženju upravljanja resursima i ka stvaranju društva baziranog na obnovljivim izvorima energije su postali imperativ današnjice. "Pošto sektor zgradarstva koristi oko 40% od ukupno proizvedene energije, arhitekte imaju glavnu ulogu u procesu optimizacije i kontrole potrošnje. Javni sektor bi trebalo da predstavlja primer u sporvođenju mera energetske efikasnosti". [1] Veći deo graditeljskog fonda objekata predškolskih ustanova u Srbiji datira iz perioda kada ekološki i aspekti energetske efikasnosti arhitekture nisu bili u dovoljnoj meri zastupljeni u procesu projektovanja i izgradnje. [2] "U Srbiji obdaništa koriste 11% ukupne energije predviđene za institucionalno-komercijalni sektor, i kao takva su drugi najveći potrošači energije u ovom sektoru. Obdaništa mogu potrošiti čak i do 35% energije više nego što im je neophodno." [3]

Pod pojmom energetska efikasna arhitektura tretira se arhitektura savremenog doba, koja se bazira na maksimalnu upotrebu obnovljivih i ekoloških izvora energije, na recirkulaciju vode i energije, upotrebi prirodnih i reciklirajućih materijala, kao i upotreba štedljivih materijala (izolacija) i sistema KGH, korišćenje održivih tehnologija (ekonomski i ekološki), projektovanje u skladu sa prirodom i uspostavljanje korelacije između objekata i okruženja. Energetska efikasna arhitektura je složena struktura koja nastaje integrisanim saradnjom više inženjerskih grana (arhitektura, građevinarstvo, elektronika, mašinstvo) i stručnjaka iz drugih oblasti (ekologije, ekonomije, sociologije...). Ovakva građevina je pravilno orjentisana, izdašne osunčanosti prostorija u kojima se živi i radi, a koja svojim performansama ispunjava sve kriterijume energetske efikasnosti.

Bazični principi na kojima je zasnovana energetska efikasna arhitektura su sledeći:

- smanjenje gubitaka energije ugradnjom "moderne" stolarije i fasadnih sistema poboljšanih karakteristika;

- efikasna upotreba i kontrola potrošnje energije - upotreba novih sistema za klimatizaciju, grejanje, hlađenje i osvetljenje koji se odlikuju relativno niskom potrošnjom energije;
- efikasna proizvodnja energije, odnosno proizvodnja energije zasnovana na obnovljivim izvorima (regenerativna energija).

Principle energetski efikasne gradnje treba sagledati i inkorporirati u procesu projektovanja, izgradnje, upravljanja, održavanja, revitalizacije, rekonstrukcije i sanacije objekata. Veći deo građevinskog fonda objekata predškolskih ustanova u Srbiji je iz perioda sedamdesetih i osamdesetih godina kada ekološki i energetski aspekti arhitekture nisu bili u dovoljnoj meri prisutni i izraženi. [4] Reč je o objektima koji su starije gradnje, energetski neefikasni, a često i nefunkcionalni i sa narušenim parametrima komfora boravka. Tek od 2000. godine započete su akcije sanacije i revitalizacije ove grupe javnih objekata. Nedostatak topotne i zvučne izolacije, loše dnevno i veštačko osvetljenje, neadekvatna materijalizacija enterijera, mogu se definisati kao vodeći problemi kod ovih objekata. U procesima revitalizacije ove grupacije objekata od važnosti je praćenje primera objekata iz regionala i šire koji se karakterišu izrazitim visokim energetskim performansama.

3. EKOLOŠKO-ENERGETSKI PRIMERI OBJEKATA PREDŠKOLSKOG VASPITANJA I OBRAZOVANJA U INOSTRANSTVU

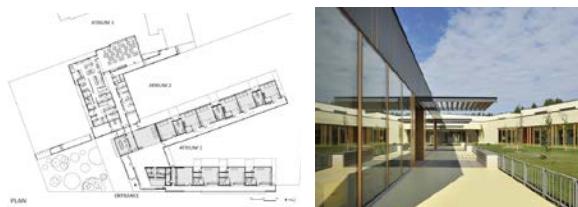
3.1. Jasle i dečiji vrtić Kidričevo, Slovenija.

Kompozicija objekta formirana je iz tri volumena funkcionalno razdvojena unutrašnjim dvorištima namenjenim za aktivnosti dece (slika 1). Dva krila, povezana multifunkcionalnim zajedničkim prostorom, namenjena su za odvijanje funkcija vrtića i jaslica (jedno krilo čine tri jedinice za grupu dece starosti 1-3 godina, a drugo šest jedinica boravka dece uzrasta 3-6 godina; kapacitet objekta 187 korisnika-dece. Treće krilo se sastoji od uprave, kuhinje i kantine škole koje je geometrijski i funkcionalno nadovezano na postojeći školski objekat. Ove funkcije inkorporirane su u objektu prizemne spratnosti.

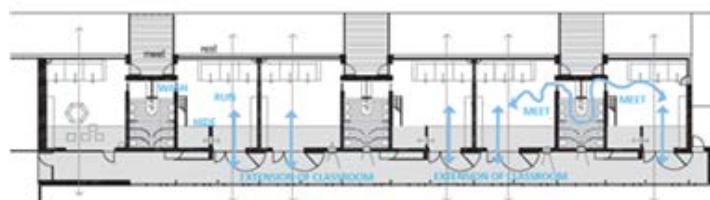
U konstrukcijskom smislu objekat je izведен u betonskom skeletnom sistemu, sa ispunom od opekarskih proizvoda, ravne krovne konstrukcije od čeličnih ploča pokrivenih izolacionim slojem i slojem zelenila. Fasada objekta je sačinjena od cementnih kompozitnih panela u koju su u pojedinim delovima inkorporirani prozori i vrata drvene

konstrukcije. Podovi su završeni sa PE akustičnom gumom, izuzev prostorija boravka dece gde je izveden pod od parketa.

Pored dobrog rešenja prirodne ventilacije (naspramnim postavljanjem prozora i vrata, u cilju intenziviranja razmene vazduha i smanjivanja gubitka toplote (slika 2), u objektu je instaliran sistem prinudnog provetrvanja sa rekuperacijom toplote (injekcija svežeg vazduha zagrejanog od iscrpljenog vazduhu). Zeleni ravan krov objekta je prekriven solarnim ćelijama za grejanje vode. U jedinicama boravka dece, radi uspostavljanja uslova topotnog komfora, izведен je sistem podnog grejanja koji obezbeđuje prijatnu notu za igru dece i njihovo puzanje.



Slika 1: a) Funkcionalno rešenje objekta jaslica i dečijeg vrtića Kidričeve; b) Velike staklene površine na fasadi; Arhitekti: Mojca Gregorski i Ajda Vogelnik Saje



Slika 2: Sistem prirodne ventilacije strujanjem vazduha.

3.2. Dečiji vrtić Sadnica- „Die Sprösslinge“ (2009.), Monheim, Nemačka, arhitektonski studio: TR.Architekten

Dečiji vrtić “Sadnica” je dobar primer ekološkog, klimatski neutralnog objekta, koj je zbog svojih fizičkih karakteristika i primenjenih tehnologija, svakako treba da služi kao model za buduća energetska, ekološka arhitektonska oblikovanja objekata ovog tipa (slika 3). U funkcionalnom smislu objekat je obuhvatio sve potrebne sadržaje poput jedinica boravaka dece, prostora za rekreaciju, kancelarijski blok i sl. Ovi sadržaji razvijeni su u površini objekta od 1064m² (kubature vazduha 3556m³) i osnovi koja je pretežno kvadratne forme.

Projektantskim rešenjem predviđen je smeštaj 60-oro dece. Snabdevanje energijom se odvija bez ikakve emisije CO₂, te je stoga objekat u potpunosti klimatski neutralan i predstavlja prvi nulto emisioni objekat ovog tipa javne namene, investicione vrednosti oko 2,5 miliona €.

Objekat je projektovan u saradnji sa energetskim planerom Ingenieurbüro P. Jungom. Analizirajući objekat sa aspekta primenjenih principa zelene gradnje, objekat poseduje sve performanse i svojstva zelenih zgrada. U tom smislu može se konstatovati da je objekat baziran na optimalnoj toplotnoj izolaciji, maksimalnoj upotrebi dnevne svetlosti kao najboljeg rešenja za ostvarivanje uslova komfornog boravka, upotrebi geotermalnih toplotnih pumpi i solarnih toplotnih sistema (fotonaponski sistem lociran na krovu objekta, koji obezbeđuje 70% električne energije). Grejanje i hlađenje objekta ostvareno je sistemom toplotne pumpe sa izmenjivačima toplote, sa zagrejanim vazduhom iz serije zemljanih cevi. Ventilacioni sistem je povezan na jedinicu za rekuperaciju toplote. Topla voda u objektu obezbeđena je solarnim kolektorima. Anketiranjem samih korisnika došlo se do informacija o izuzetno visokom nivou komfora boravka u objektu. Stvarni utrošak energije je čak 10% ispod planirane vrednosti. Godišnja energetska ušteda iznosi 96MWh, čime je smanjena potrošnja u iznosu od 66.7%. Merenja, izvršena nakon eksplotatacije objekta, u roku od godinu dana, su pokazala da je sistemom solarne energije postignuto čak 20% više dobiti nego što se očekivalo u istom periodu, što nedvosmisleno znači da se snabdevanje energijom iz obnovljivih izvora energije i klimatska neutralnost od 100% mogu lako ostvariti. [5]



Slika 3: Dečiji vrtić Sadnica- „Die Sprösslinge“ (2009.), Monheim, Nemačka, arhitektonski studio: TR.Architekten

3.3. Pilot projekat u Vustrovu na Baltičkom moru (2011.), arhitektonski biro Buttler architekten

Prva plus-energetska zgrada, ekološki neutralana (nema emisije CO₂) na severoistoku Nemačke je objekat predškolske ustanove za 113-oro dece, investicione vrednosti 1,781 miliona €. Objekat je spratnosti P+1, a razvijene bruto površine 1.133m².

Smanjenje potrošnje energije (toplotne i električne) ostvareno je upotrebom tehničkih sistema visokih performansi u korelaciji sa principma pasivne upotrebe solarne energije. Jedan od nedostataka energetskog tehničkog rešenja na ovom objektu predškolskog vaspitanja i edukacije ogleda se u njegovoj zavisnosti od spoljne mreže. Električna energija potrebna za rad topotne pumpe je "pozajmljena" iz javne elektro mreže. Potrebna energija za funkcionisanje i eksploataciju objekta produkuje se iz energije sunčevog zračenja i zemlje. U objektu su kombinivani sistem aktivnog (upotreba sistema solarnih kolektora i fotonaponskih solarnih ćelija) i pasivnog korišćenja solarne energije.

Toplotne potrebe objekta su potpuno zadovoljene energijom dobijenom iz četiri bušotina dubine 100m. Ukupna količina energije potrebne za topotne pumpe, osvetljenje, ventilacionu opremu i pumpe za vodu se proizvodi odloženo sa fotonaponskim sistemom postavljenom na krovu od 47 kWp, očekivane godišnje proizvodnje od oko 36.000 kWh/a. Snaga potrebna za osvetljenje je minimizirana upotrebom optimalnog dnevnog osvetljenja, parcijalnim korišćenjem LED tehnologije osvetljenja, kao i dnevno zavisnog sistema za kontrolu osvetljenja. Ventilacioni sistem sa povraćajem topote svodi na minimum gubitke topotne energije zbog ventilacije i optimizira kvalitet unutrašnjeg vazduha.



Slika 4: Izgled objekta, Južna fasada objekta sa solarnim kolektorima. (<http://www.detail-online.com>)

Jedan deo toplotne energije u objektu produkuje se iz šest solarnih toplotnih kolektora postavljenih na nagibu od 35 stepeni na južnoj strani krova. Topla voda iz ovih sistema se prebacuje u dva stratifikovana rezervoara, svaki sa zapreminom od 500 litara. Fasada objekta izvedena je od drvenih elemenata. Svi stakleni elementi fasade, kao i prozori, su sertifikovani po pasiv haus principima. Oni su pozicionirani na istom nivou kao i drveni ram spoljašnjih zidnih elemenata. Stakleni krov iznad centralnog atrijuma je sastavljen od staklene površine iznad drvene konstrukcije. Neki od staklo-staklo fotonaponskih modula su integrirani u krovnim trostrukim staklima.

4. ZAKLJUČAK

Praktična rešenja za unapređenje životne sredine, smanjenje utrošaka energije, kao i poboljšanje kvaliteta boravka u objektima predškolskih ustanova mogu se sagledati između ostalog kroz sledeće korake:

- nabavku i postavljanje izolacije i zamena spoljašnje stolarije;
- nabavku i ugradnju efikasnijih postrojenja i sistema za regulaciju potrošnje toplotne energije, revitalizaciju ili zamenu sistema za razvod tople vode u smislu eliminacije gubitaka;
- smanjenje korišćenja električne energije za grejanje korišćenjem grejne opreme veće energetske efikasnost, energetski efikasne opreme za sagorevanje biomase, solarnih kolektora, povećanje efikasnosti ugradnjom sistema automaske regulacije;
- modernizaciju sistema rasvete i korišćenje svetiljki veće energetske efikasnosti;
- izvođenje drugih radova i nabavku opreme kojom se unapređuje energetska efikasnost.
- zamena dotrajalih, završnih obloga unutrašnjeg okruženja.

Metodologija rada na aktivnostima energetske rehabilitacije objekata ovog tipa podrazumeva utvrđivanje i jasno definisanje osnovnih i sporednih uzroka nepotrebnih gubitaka energije, planiranje budućih aktivnosti i načina njihovog finansiranja planiranih koraka ka eleminisanju vodećih problema. Radom se želi potencirati smer buduće arhitektonske prakse u oblasti projektovanja objekata predškolskih ustanova. Osnovna težnja sagledava se u ideji da nova

projektantska delatnost imperativno uključi koncept i principe energetski efikasnosti arhitekture i rezultira dobro osmišljenim i razrađenim ekološko energetski uspešnim zelenim objektima.

6. LITERATURA

- [1] Bećirović Petrović, S., & Vasić, M. (2012). Energy-efficient refurbishment of public buildings in Serbia. *The REHVA European HVAC Journal*, 49(6), 40-44.
- [2] Kostić, A., & Stanković, D. (2011, October). *The revitalization and sustainable development of kindergartens in Serbia: the case of the city of Nis*. 2nd WTA International PhD Symposium - Building materials and Building Technology to Preserve the Built Heritage, (2 (I), pp. 354-363). Brno: University of Technology, Faculty of Civil Engineering.
- [3] Stanković, D., Timotijević, M. & Kostić, A. (2012, May). Challenges of an environmentally responsible architecture: refurbishment of existing kindergartens. International Conference on Architectural Research ICAR 2012 - (Re) writing history (2/216). Bucharest: "Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism - MA 22 – Umweltschutz (Hrsg.): Regenwassermanagement - Rechtliche Grundlagen, Magistrat der Stadt Wien
- [4] Kostić, A., Stanković, D., & Dačić, M. (2012, November). 'Green design' of the preschool facilities. International scientific conference iNDiS 2012 (pp. 844-851). Novi Sad: Faculty of Engineering, University of Novi Sad
- [5] <http://www.enob.info>

UDK:72:004.946

SISTEM PROŠIRENE STVARNOSTI U ARHITEKTURI Istorijski razvoj

Petar Pejić¹
Sonja Krasić²
Predrag Lukić³

Rezime

Proširena stvarnost je tehnologija pomoću koje se korisnička percepcija stvarnog sveta dopunjuje virtuelnim objektima. Njenim korišćenjem se stvarno okruženje dopunjuje kompjuterski generisanim slikama, 3d modelima, tekstom ili zvukom. Proširena stvarnost predstavlja savremenu tehnologiju koja sve više nalazi primenu u različitim oblastima. Kako ona omogućava mešanje prikaza stvarnog i virtuelnog sveta, veoma je pogodna za prezentovanje različitih arhitektonskih vizuelizacija.

U ovom radu dat je hronološki prikaz najbitnijih (hardverskih, softverskih i konceptualnih) otkrića koji su doprineli kreiranju savremenih sistema proširene stvarnosti. Izvršena je i analiza značaja i uticaja na razvoj sistema prezentacije arhitektonskih trodimenzionalnih modela korišćenjem proširene stvarnosti.

Ključne reči: proširena stvarnost, istorijski razvoj, arhitektura, sistem, hardver, softver

¹Petar Pejić, Master arhitekture, Student doktorskih studija, Građevinsko - arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,

²Sonja Krasić, dr, Vanredni profesor, Građevinsko - arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,

³Predrag Lukić, Master građevine, Student doktorskih studija, Građevinsko - arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu.

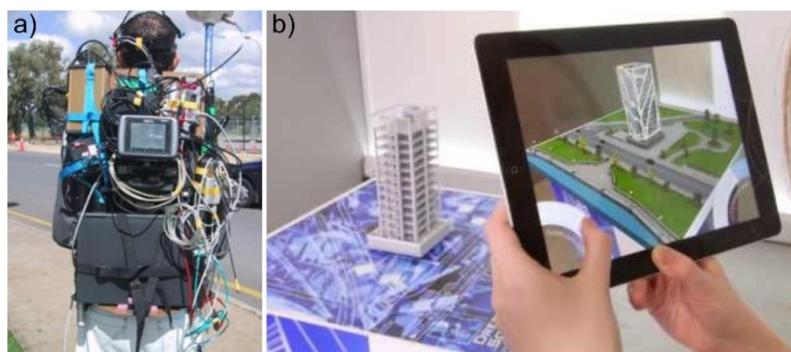
1. UVOD

Proširena stvarnost je tehnologija pomoću koje se korisnička percepcija stvarnog sveta dopunjuje virtuelnim objektima[1]. Njenim korišćenjem se stvarno okruženje ne zamenjuje virtuelnim, već se dopunjuje kompjuterski generisanim slikama, 3d modelima, tekstom ili zvukom. Proširena stvarnost ne menja stvarnost poput virtualne realnosti već je obogaćuje digitalnim podacima, čineći da virtualni i stvarni objekti koegzistiraju unutar istog prostora[2].

Sistem proširene stvarnosti je veoma složen i generalno mora imati mogućnost:

- praćenja i lociranja stvarnog sveta,
- prikaza virtuelnih informacija i
- poravnanja i superponiranja virtuelnih podataka na prikaz stvarnog okruženja.

Generalno sistem proširene stvarnosti mora biti opremljen: ekranom, uređajem za praćenje, grafičkim uređajem i odgovarajućim softverom[2]. Head-Mounted Displays (Slika 1a) predstavlja jedan od nekada najpopularnijih pristupa razvoju mobilne proširene stvarnosti. Njegov najveći problem predstavlja težina sistema, dimenzije korišćenog hardvera i socijalno neprihvatanje izgleda korisnika.



Slika 1. razvoj sistema proširene stvarnosti: a) Tradicionalni Head-Mounted System, b) Savremeni prenosni uređaji

Razvoj tehnologije omogućio je ogromno smanjenje veličine neophodnih komponenti jednog sistema proširene stvarnosti[3]. Savremeni prenosni uređaji, (Slika 1b) poput pametnih telefona i tableta imaju sve neophodne senzore (proximity, gyroscope, accelerometers, GPS), što ih čini veoma povoljnim za razvoj sistema proširene stvarnosti. Međutim trenutni svetski trendovi razvoja

mobilnih tehnologija su orjentisani integrisanju tehnologije pametnih prenosnih uređaja u nove Head-Mounted System-e poput projekta "Google glas"[4] , gde se prevazilaze svi nedostaci prethodnih sistema istog tipa.

Šira definicija arhitekture kaže da se ona bavi planiranjem, oblikovanjem i razvojem ljudske okoline. Neizostavni deo svakog arhitektonskog projekta predstavlja vizuelizacija objekta na kome se radi. Savremena prezentacija arhitektonskih kreacija podrazumeva korišćenje savremenih softverskih paketa i prezentaciju virtuelnog trodimenzionalnog modela objekta. Kako je glavni cilj kreiranja projekta njegova realizacija na stvarnoj lokaciji, proširena stvarnost predstavlja koncept koji može biti primjenjen i u arhitekturi zbog postojanja potrebe prezentacije digitalnog virtuelnog sadržaja na stvarnoj lokaciji.

U ovom radu dat je istorijski prikaz bitnih trenutaka u razvoju proširene stvarnosti. Pažnja je posvećena najvećim prekretnicama u razvoju koncepta funkcionisanja sistema proširene stvarnosti i razvoja hardversko - softverskih rešenja, koja imaju veliki značaj u tehničko, tehnološkom razvoju sistema i njihovoj mogućoj primeni u arhitektonskoj struci.

2. ISTORIJSKI RAZVOJ

Istorijski razvoj sistema proširene stvarnosti i pratećih hardverskih i softverskih rešenja dat je hronološki. Počev od 1968. godine i izrade prvog sistema pa sve do današnjeg dana [14].

1968.

Prvi sistem proširene stvarnosti kreirao je Ivan Sutherland 1968. godine[1]. Ovaj sistem istovremeno predstavlja i prvi sistem virtuelne stvarnosti. On koristi optički "see-through", "head-mounted" displej koji vrši praćenje pomoću ultrazvučnog senzora i jednog od dva mehanička senzora sa šest stepeni slobode. Zbog veoma ograničenih procesualnih mogućnosti računara tog doba, ovaj sistem je jedino omogućavao prikaz jednostavnih linijskih crteža u realnom vremenu.

1982.

Prvi laptop, "Grid compass 1100" proizveden je 1982 [2]. Ovo je takođe bio i prvi računar sa "školjka" dizajnom koji je i danas u primeni. Računar je posedovao Intel 8086 procesor, 350 Kb memorije i displej rezolucije 320x240 piksela,. što je za to vreme bio veoma

hardverski snažan računar. Težina od 5kg je bila nepogodna za nošenje.

1992.

U svom naučnom radu, Tom Caudell i David Mizell prvi put u istoriji koriste termin "Proširena stvarnost" (Augmented reality) 1992. godine[3]. Proširenu stvarnost su definisali kao dodatni sloj kompjuterski generisanog materijala postavljenog preko realnog prikaza. U ovom radu oni diskutuju o prednostima proširene stvarnosti u odnosu na virtuelnu, poput manje potrebe za procesualnom moći zbog manjeg broja piksela koji se prikazuju. Oni su takođe istakli i povećanu potrebu za registracijom kod proširene stvarnosti kako bi se stvarni i virtuelni svet usaglasili.

Prvi pametni prenosni telefon nastao je u saradnji IBM-a i BellSouth kompanija. Prezentovan je javnosti 1992. godine na sajmu tehnike COMDEX, dok je njegova prodaja startovala 1993. godine. Telefon je imao 1MB memorije i ekran osetljiv na pritisak rezolucije 160 x 293 piksela. Radio je kao telefon, pejdžer, digitron, imenik, faks i e-mail klijent. Imao je težinu od 0,5kg.

1993.

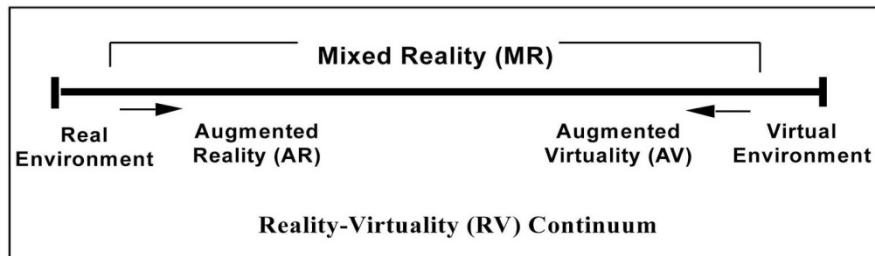
Loomis, Golledge i Klatzky su 1993. godine razvili prvi prototip spoljašnjeg navigacionog sistema za slepe[5]. Oni su kombinovali laptop sa diferencijalnim GPS prijemnikom i "head-worn" elektronskim kompasom. Aplikacija je koristila podatke iz GIS baze podataka i omogućivala je navigaciju korišćenjem "akustičkog virtuelnog ekrana" (zvučno navođenje korisnika). Pomoću ovog sistema su prethodno snimljene glasovne komande aktivirane na određenim lokacijama kako bi korisnik dobio uputstvo za kretanje.

U decembru 1993. godine globalni sistem pozicioniranja (GPS, zvanično "NAVSTAR-GPS") je postigao inicijalnu radnu sposobnost. Međutim GPS je prevashodno bio razvijen za vojnu upotrebu, dok ga danas koriste milioni ljudi svakog dana za navigaciju. GPS prijemnik proračunava poziciju na osnovu signala dobijenih od satelita, pozicioniranih u orbiti. Preciznost civilnog GPS sistema je obično oko 15m. Veća preciznost se postiže korišćenjem DGPS sistema koji koriste korekciju signala sa fiksnih referentnih stanica koji se nalaze na zemlji. Razvoj GPS-a omogućio je njegovu primenu u sistemima proširene stvarnosti.

1994.

Paul Milgram i Fumio Kishino su 1994. godine su u svom radu[6] definisali i predstavili "Reality-Virtuality Continuum". Njihov

kontinuum razmatra prostor između virtuelnog i stvarnog unutar kog se nalazi proširena stvarnost (Slika 2). Ovo njihovo istraživanje je opšte prihvaćeno i predstavlja nezaobilaznu osnovu svih savremenih istraživanja u oblasti proširene stvarnosti.



Slika 2. Stvarno - Virtuelno kontinuum

1995.

Jun Rekimoto i Katashi Nagao su kreirali sistem [7] koji je imao kameru namontiranu na prenosni ekran koja komunicira sa statičnim računarom. Ovaj sistem je u video slici kamere mogao da prepozna šablon boja na osnovu kojih je na ekrantu preko video prikaza prikazivan određeni tekst u maniru "see-through" sistema proširene stvarnosti.

1996.

Jun Rekimoto je 1996. godine prezentovao 2D matrični marker[8]. jedan od prvih sistema sa markerom koji omogućava praćenje pomoću kamere sa šest stepeni slobode.

1997.

Ronald Azuma je 1997. u svom naučnom radu [9] prikazao opšte prihvaćenu definiciju proširene stvarnosti, koja prepoznaje njene tri osnovne karakteristike:

- kombinuje stvarno i virtuelno
- interaktivna je u realnom vremenu
- 3D registracija

Philippe Kahn je 1997. godine izumeo prvi telefon sa kamerom. Dok je komercijalna primena počela tek 2000. godine. na telefonu Sharp J-SH04 koji je imao kameru od 0,1 megapiksela.

1999.

Hirokazu Kato i Mark Billinghurst su 1999. predstavili ARToolKit [11], biblioteku za kreiranje aplikacija na bazi proširene

stvarnosti. Ona omogućava praćenje sa šest stepeni slobode , koristeći kvadratnim marker i princip zasnovan na prepoznavanju već definisanih primera. ARToolKit je besplatna baza koja je još uvek u upotrebi.

Benefon Esc NT2002, predstavlja prvi mobilni telefon sa ugrađenim GPS prijemnikom. Imao je crno beli ekran rezolucije 100x160 piksela. Zbog ograničene memorije telefon je preuzimao mape prema potrebi.

Široko primenjivani protokol 802.11a/802.11b za bežični prenos podataka definisan je 1999. godine. Originalno je predviđao mogućnost bežičnog prenosa podataka brzinom od 1 do 2 megabita po sekundi.

2001.

Joseph Nevman i ostali su 2001. godine predstaviti BatPortal, PDA - baziran, bežični sistem proširene stvarnosti [12]. Lokacija korisnika je utvrđivana merenjem putovanja ultra zvučnog impulsa između specijalno kreiranih fiksnih prijemnika raspoređenih po plafonu objekta. Sistem podržava HMD sisteme ali je prevashodno namenjen PDA uređajima.

Rajtmajr i Schmalstieg su 2001. godine predstavili prvi mobilni,više-korisnički sistem proširene stvarnosti[13]. Idejaje bila kreiranje mobilnog sistema proširene stvarnosti za saradnju između korisnika u zajedničkom prostoru, kombinovanom i spojenom u hibridnom sistemu . Komunikacija se vrši pomoću bežične i žične mreže, gde korisnici mobilnih i stacionarnih uređaja deluju u zajedničkom prostoru proširene stvarnosti.

Vlahakis i saradnici su 2001. godine predstavili Archeoguide, mobilni sistem proširene stvarnosti sa primenom u prezentaciji kulturne baštine[15]. Sistem je izgrađen oko istorijskog lokaliteta Olimpija u Grčkoj. Sistem sadrži navigacioni interfejs, 3D modele antičkih hramova i statua. Komunikacija se zasniva na prenosu podataka bežičnom mrežom , dok se tačna lokalizacija korisnika postiže pomoću GPS-a. U okviru sistema moguće je koristiti mobilne jedinice, počevši od laptopova, sistema sa HMD-om, do malih personalnih računara i tableta.

Kretschmer i ostali su predstavili GEIST sistem za interaktivno pričanje priča u urbanom ili istorijskom okruženju[16]. Kreirana je kompleksna baza podataka koja omogućava informacije i zadatke vezane za objekte iz okruženja. Ovaj sistem korišćenjem proširene

stvarnosti korisnika vodi kroz određeno područje dopunjujući stvarnost dodatnim podacima.

Kooper i MacIntyre su 2001. godine kreirali "RWWW Browser", prvu mobilnu aplikaciju na bazi proširene stvarnosti [17] koja se ponaša kao Web pregledač. Raniji sistemi ovog tipa nisu radili dovoljno dobro zbog hardverskih ograničenja. U 2008. godini Wikitude je implementirao sličnu ideju u sisteme mobilnih telefona.

2002.

Michael Kalkusch i ostali su 2002. godine prezentovali sistem na bazi proširene stvarnosti za navođenje korisnika kroz nepoznat objekat [18]. Sistem korisniku prikazuje informacije o putanji kretanja na "see-through", "heads-up" displej. Praćenje se obavlja na osnovu kombinacije markera postavljenih na zidovima, registrovanih pomoću kamere sa glave korisnika i unutrašnjih senzora za praćenje

2003.

U naučnom radu grupe autora [19] prezentovana je igrica "Human Pacman". Interaktivni sistem proširene stvarnosti koji koristi GPS i unutrašnje senzore za pozicioniranje korisnika i prikaz na displeju. Komunikacija među igračima se obavlja putem Bluetooth-a. Ova igra korisnicima omogućava kretanje kroz stvaran svet i iskustvo pomešanog kompjuterski generisanog i stvarnog okruženja.

Daniel Wagner i Dieter Schmalstieg su 2003. godine predstavili sistem proširene stvarnosti za navođenje u unutrašnjem prostoru koji funkcioniše kao zasebna aplikacija na PDA uređaju [20]. Aplikacija korisnicima omogućava 3D pregled okruženja u proširenoj stvarnosti korišćenjem mobilne verzije aplikacije ARToolKit.

2004.

Mathias Möhring i njegovi saradnici su 2004. godine predstavili sistem za praćenje trodimenzionalnih markera korišćenjem mobilnog telefona [21]. Njihov rad predstavlja prvi video "see-through" sistem proširene stvarnosti na korisnikovom mobilnom telefonu. Podržava detekciju i razlikovanje većeg broja 3D markera, kao i precizno integrisanje virtuelne 3D grafike unutar video prikaza.

Enylton Coelho je uz pomoć svojih kolega [22] rešio do tada najveći problem grešaka prilikom registracije unutar sistema proširene stvarnosti. Ovaj problem je posebno bio izražen kod prenosnih uređaja koji nisu bili opremljeni visoko kvalitetnim senzorima za praćenje i kada se virtualna grafika nije poklapala perfektno sa stvarnim okruženjem.

Grupa istraživača sa Tehnološkog univerziteta u Gracu je 2004. godine predstavila prvi više korisnički sistem proširene stvarnosti "Invisible Train" [23]. Sistem funkcioniše na svim prenosnim uređajima detektujući fiksne markere stvarnost se dopunjuje virtuelnim 3D modelom voza.

2005.

Prvi mobilni telefoni opremljeni tro-osnim akcelometrom pojavili su se 2005. godine. To su telefoni: "Sharp V603SH" i "Samsung SCH-S310" napravljeni za azijsko tržište.

Anders Henrysson je 2005. godine primenio ARToolKit aplikaciju na Symbian operativnom sistemu. Na osnovu ovoga je predstavio "AR-Tennis" igricu [24]. Ovo je prva 3D aplikacija zasnovana na proširenoj stvarnosti namenjena za simultanu upotrebu vise korisnika.

2006.

Rajtmajr i njegove kolege su 2006. godine predstavili hibridni sistem proširene stvarnosti zasnovan na praćenju 3D modela u urbanim sredinama [25]. Ovaj sistem omogućava precizan prikaz u realnom vremenu na prenosnim uređajima. Sistem kombinuje prepoznavanje ivica za precizno lociranje, žiroskop za registrovanje brzih pokreta, merenje gravitacije i magnetnog polja kako bi se izbegao prekid prikaza usled gubitka stalnosti registracije objekta.

Nokia je 2006. predstavila više senzorni sistem proširene stvarnosti za navođenje "Mara" [26] namenjen mobilnim telefonima. Aplikacija vrši dopunu prikaza stvarnosti koju registruje kamera telefona, grafičkim i tekstualnim podacima u realnom vremenu, na osnovu okruženja u kome se korisnik u tom trenutku nalazi.

2007.

Klein i Murray su 2007. godine prezentovali prvi sistem sposoban za paralelno praćenje u realnom vremenu i mapiranje, korišćenjem jedne kamere [27].

Prvi mobilni telefon sa ekranom osetljivim na dodir koji prepoznaće više od jednog dodira istovremeno je iPhone. Pojavio se 2007. godine i doneo je sasvim novi pristup u interakciji korisnika sa prenosnim pametnim uređajem.

Prva aplikacija na bazi proširene stvarnosti nastala sa ciljem reklamiranja nastala je 2007. godine. Kreirali su je "HIT Lab NZ" i "Saatchi and Saatchi", aplikacija je namenjena Wellington zološkom vrtu i omogućava prikaz trodimenzionalnih modela životinja, korišćenjem pametnog prenosnog uređaja i 2D markera.

2008.

Wagner i njegove kolege su 2008. godine predstavili prvu implementaciju senzora za praćenje sa šest stepeni slobode u mobilne telefone [28]. Senzor radi u realnom vremenu i postiže frekfenciju frejmova od 20 Hz. Oni su modifikovali dobro poznat "SIFT and Ferns" metod u cilju postizanja veće brzine i redukovana potrebne memorije.

Prva komercijalna aplikacija na bazi proširene stvarnosti za muzeje nastala je 2008. godine [29]. Kreirana je od strane METAIO kompanije i koristila je muzejske eksponate za praćenje.

Kompanija "Mobilizy" je 2008. godine kreirala aplikaciju Wikitude, koja kombinuje podatke dobijene od GPS prijemnika i kompasa sa podacima na sajtu Wikipedia. Aplikacija "Wikitude World Browser" prikazuje informacije preko prikaza kamere u realnom vremenu i radila je na "Android" pametnim uređajima.

2009.

Hagbi i ostali [30] su 2009. godine predstavili pristup koji omogućava praćenje pozicije uređaja pomoću markera. Novina je bila mogućnost da korisnik "nauči" aplikaciju kako izgleda novi marker u realnom vremenu, pokazujući ga kameri uređaja. Ovaj marker nakon toga postaje sastavni deo biblioteke aplikacije, omogućavajući dalju interakciju sa njim.

SPRXmobile je 2008. godine predstavio svoju aplikaciju "Layar", koja predstavlja naprednu varijantu aplikacije "Wikitude". Layar koristi isti mehanizam registracije kao i Wikitude (GPS + kompas). Sadržaj aplikacije je identičan onome na web stranicama u standardnim kompjuterskim pregledačima.

Kimberly Spreen je 2009. godine sa svojim istraživačkim timom razvio aplikaciju "ARhrrri!". Prva 3D igra na bazi proširene stvarnosti sa sadržajem visokog kvaliteta, na nivou komercijalnih video igara. Koristili su "NVIDIA Tegra developer kit" sa brzim procesorima, što je omogućilo veoma detaljan prikaz sadržaja bez kašnjenja.

2010.

Wagner [31] je 2010. godine prezentovao "panorama-based" praćenje koje omogućava preciznu orijentaciju i praćenje u realnom vremenu na mobilnim telefonima, dok istovremeno kreira panoramsku mapu okruženja. Predloženi sistem može biti korišćen na uređajima sa senzorima sa tri stepena slobode.

KHARMA [32] predstavlja platformu za prikaz digitalnog sadržaja, posebno namenjen mobilnim aplikacijama zasnovanim na principima proširene stvarnosti. Ona koristi KML za opis geolokacije ili relevantnog sadržaja.

Postojeće aplikacije zasnovane na principima proširene stvarnosti su korišćene isključivo za pregled digitalnih informacija. Langlotz i ostali [33] su 2010. godine predstavili novi pristup gde sistemi proširene stvarnosti pored pregleda nude i mogućnost kreiranja digitalnih informacija na licu mesta.

Apple je proizveo iPad Aprila 2010. godine, koji je postao prvi tablet računar prihvачen od strane velikog broja korisnika. On u sebi sadrži aGPS, akcelometar, magnetometar, napredni grafički čip koji omogućava kreiranje efektne aplikacije zasnovane na principima proširene stvarnosti.

2012.

Google Glass predstavlja optički HDM koji se može kontrolisati pomoću pametnog senzora ili glasovnih komandi. Nakon njegove javne prezentacije Google Glass je imao veliki uticaj na istraživače, ali još više na percepciju proširene stvarnosti direktnih korisnika. Trenutno su ovi uređaji dostupni samo ograničenom broju istraživača, ali se uskoro očekuje i njegova komercijalna prodaja.

PrimeSense, kompanija koja je kreirala "Microsoft Kinect", predstavila je manju verziju 3D skenera nazvanu Capri. On je dovoljno male veličine da bi se mogao integrisati u mobilne uređaje poput pametnih telefona i tableta.

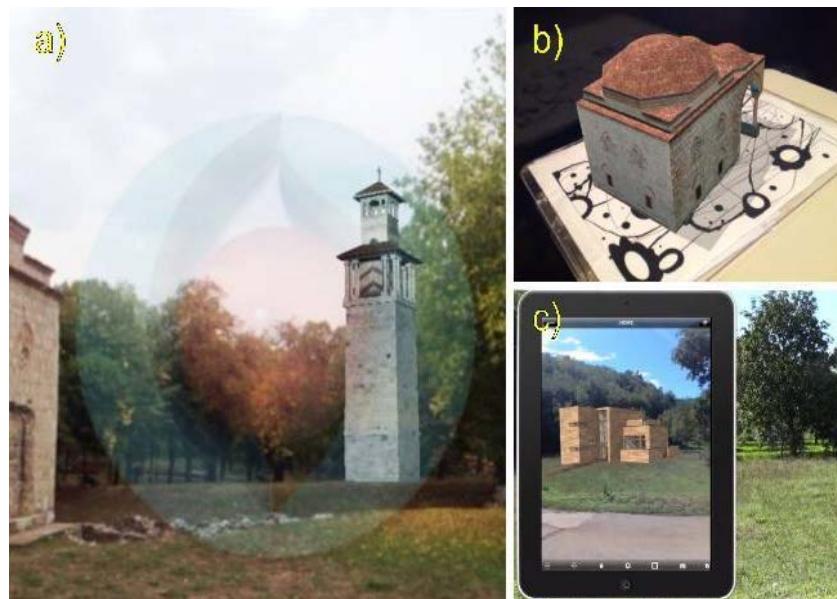
2013.

NVidia je 2013. godine predstavila "Siggraph Emerging Technologies", prototip HMD sistema koji pruža precizan i udoban pregled sadržaja na binokularnim displejima. Displeji se nalaze jako blizu očima, ali tehnologija izrade omogućuje veoma ugodno korišćenje, što je bio najveći problem kod uređaja ovog tipa starije generacije. Ovaj sistem predstavlja sledeću generaciju prenosnih displeja za proširenu stvarnost.

Structure Sensor za iPad uređaje [34] pojavio se 2013. godine. Ovaj uređaj predstavlja hardversku nadogradnju koja uz odgovarajući softver i kameru uređaja omogućava lasersko skeniranje prostora. U budućnosti ovaj i uređaji sličnog tipa imaju velikog potencijala za otklanjanje problema okluzije koja se javlja priklikom predstavljanja 3D objekata u proširenoj stvarnosti.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodnih istraživanja, primena proširene stvarnosti u arhitekturi odnosi se na prezentaciju trodimenzionalnih modela: objekata koji su nekada postojali (Slika 3a), postojećih objekata (Slika 3b) i projekata (Slika 3c) [35].



Slika 3. prezentacija arhitektonskih objekata: a) objekti koji su nekada postojali, b) postojeći objekti, c) projekti

Svaki od ovih objekata vezan je za određenu, stvarnu lokaciju, dok je prilikom prezentacije poželjna što veća fotorealističnost. Prikazani istorijski razvoj proširene stvarnosti pokazuje da je od njenog nastanka do danas napravljen veliki napredak. Međutim, zbog velike kompleksnosti u prezentaciji arhitektonskih trodimenzionalnih modela, možemo zaključiti da hardverska i softverska rešenja ne mogu obezbititi kvalitet prezentacije i fotorealističnost kao u savremenim animacijama i kompjuterski generisanim fotografijama. Dalji razvoj tehnologije će doprineti postepenom rešavanju problema hardverske zahtevnosti sistema i unapređenju kvaliteta prezentacije. To se odnosi naunapređena softverska rešenja, prilagođena arhitektama, bez potrebe za programerskim predznanjem. Sistemi proširene stvarnosti će biti sve više korišćeni u budućnosti za prezentaciju arhitektonskih trodimenzionalnih modela objekata, zbog atraktivnosti i jednostavnosti korišćenja.

4. LITERATURA

- [1] I. Sutherland, *A Head-Mounted Three Dimensional Display*, Proceedings of Fall Joint Computer Conference, 1968, pp. 757-764.
- [2] <http://home.total.net/~hrothgar/museum/Compass/> (7.10.2014.)
- [3] T. Caudell, D. Mizell, *Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes*, IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences, 1992, pp. 659-669.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Simon (7.10.2014.)
- [5] J. Loomis, R. Golledge, R. Klatzky, *Personal guidance system for the visually impaired using GPS, GIS, and VR technologies*, Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities, 1993.
- [6] P. Milgram, F. Kishino, *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*, IEICE Transactions on Information and Systems, 1994, pp. 1321-1329.
- [7] J. Rekimoto, K. Nagao, *The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments*, 8th annual ACM symposium on User interface and software technology, 1995, pp. 29-36.
- [8] J. Rekimoto, *Augmented Reality Using the 2D Matrix Code*, Workshop on Interactive Systems and Software, 1996.
- [9] R. Azuma, *A survey of augmented reality*, Teleoperators and Virtual Environments, 1997, pp. 355-385.
- [10] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, A. Webster, *A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment*, IEEE International Symposium on Wearable Computers, 1997, pp 74-81.
- [11] H. Kato, M. Billinghurst, *Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system*, 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, 1999, pp. 85-94.
- [12] J. Newman, D. Ingram, A. Hopper, *Augmented Reality in a Wide Area Sentient Environment*, 2nd IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality, 2001, pp. 77-86.
- [13] G. Reitmayr, D. Schmalstieg, *Mobile Collaborative Augmented Reality*, International Symposium on Augmented Reality, 2001, pp. 114-123.
- [14] T. Langlotz, D. Wagner, R. Grasset, A. Mulloni, L. Gruber, *History of Mobile Augmented Reality*, <http://www.icg.tugraz.at>, 2013.

- [15] V. Vlahakis, J. Karigiannis, M. Tsotros, M. Gounaris, L. Almeida, D. Stricker, T. Gleue, I. Christou, R. Carlucci, N. Loannidis, *ARCHEOGUIDE: First results of an Augmented Reality, Mobile Computing System in Cultural Heritage Sites*, Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage International Symposium, 2001, pp. 131 – 140.
- [16] U. Kretschmer, V. Coors, U. Spierling, D. Grasbon, K. Schneider, I. Rojas, R. Malaka, *Meeting the spirit of history*, Conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage, 2001, pp. 141-152.
- [17] R. Kooper, B. MacIntyre, *Browsing the Real-World Wide Web: Maintaining Awareness of Virtual Information in an AR Information Space*, International Journal of Human-Computer Interaction, Vol. 16/3, 2003, pp. 425-446.
- [18] M. Kalkusch, T. Lidy, M. Knapp, G. Reitmayr, H. Kaufmann, D. Schmalstieg, *Structured Visual Markers for Indoor Pathfinding*, IEEE International Workshop on ARToolKit, 2002.
- [19] A. Cheok, S. Fong, K. Goh, X. Yang, W. Liu, F. Farbiz, *Human Pacman: a sensing-based mobile entertainment system with ubiquitous computing and tangible interaction*, 2nd Workshop on Network and System Support For Games, 2003, pp. 71-81.
- [20] D. Wagner, D. Schmalstieg, *First Steps Towards Handheld Augmented Reality*, 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers, 2003, pp. 127-135.
- [21] M. Möhring, C. Lessig, O. Bimber, *Video See-Through AR on Consumer Cell Phones*, 3th IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2004, pp. 252-253.
- [22] E. Coelho, S. Julier, B. MacIntyre, *OSGAR: a scene graph with uncertain transformations*, Third IEEE and ACM International Symposium ISMAR, 2004, pp.6-15.
- [23] D. Wagner, T. Pintaric, F. Ledermann, D. Schmalstieg, *Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices*, Third International Conference on Pervasive Computing, Munich, Germany, 2005.
- [24] A. Henrysson, M. Billinghamurst, M. Ollila, *Face to Face Collaborative AR on Mobile Phones*, 4th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2005, pp. 80-89.
- [25] G. Reitmayr, T. Drummond, *Going Out: Robust Model-based Tracking for Outdoor Augmented Reality*, 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2006, pp. 109-118.

- [26] M. Kähäri, D. Murphy, *MARA - Sensor Based Augmented Reality System for Mobile Imaging*, ISMAR, 2006.
- [27] G. Klein, D. Murray, *Parallel tracking and mapping for small ar workspaces*, 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2007, pp. 225-234.
- [28] D. Wagner, G. Reitmayr, A. Mulloni, T. Drummond, D. Schmalstieg, *Pose tracking from natural features on mobile phones*, 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008, pp. 125-134.
- [29] T. Miyashita, P. Meier, T. Tachikawa, S. Orlic, T. Eble, V. Scholz, A. Gapel, O. Gerl, S. Arnaudov, S. Lieberknecht, *An Augmented Reality Museum Guide*, 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008, pp. 103-106.
- [30] N. Hagbi, O. Bergig, J. El-Sana, M. Billinghurst, *Shape recognition and pose estimation for mobile augmented reality*, 8th IEEE International Symposium, 2009, pp.65,71.
- [31] D. Wagner, A. Mulloni, T. Langlotz, D. Schmalstieg, *Real-time panoramic mapping and tracking on mobile phones*, IEEE Virtual Reality Conference, 2010, pp. 211–218.
- [32] A. Hill, B. MacIntyre, M. Gandy, B. Davidson, H. Rouzati, *KHARMA: An open KML/HTML architecture for mobile augmented reality applications*, 9th IEEE International Symposium, 2010, pp.233-234.
- [33] T. Langlotz, D. Wagner, A. Mulloni, D. Schmalstieg, *Online Creation of Panoramic Augmented Reality Annotations on Mobile Phones*, Pervasive Computing, IEEE, vol.11/2, 2012, pp.56-63.
- [34] <http://structure.io> (10.10.2014.)
- [35] P. Pejić, T. Rizov, S. Krasić, B. Stajić, *Augmented reality application in engineering*, 3rd international congress, SMAT 2014 - SIAR, Craiova, Romania, 2014.

UDK:72.012:624.073.8

RACIONALIZACIJA ARHITEKTONSKIH OBJEKATA SLOBODNE GEOMETRIJE METERIJALIZOVANIH PANELIMA

Miloš Nedeljković¹

Rezime

Tokom protekle dve decenije, arhitektura i industrijski dizajn istrpeli su digitalnu revoluciju. Tehnologija modelovanja je toliko napredovala da je moguće proizvesti izuzetno složene geometrijske oblike uz minimalno angažovanje dizajnera. Ovo istraživanje ima za cilj da prikaže kako projektanti pristupaju rešavanju problema racionalizacije, kako je moguće rešiti problem materijalizacije slobodnih formi pomoću zakrivljenih panela.

Ključne reči: racionalizacija, slobodna forma, materijalizacija panelima

1. UVOD

Često se pod pojmom racionalizacija smatra uprošćavanje, ali kroz suptilne argumente. Ovakav vid racionalizacije u arhitekturi izražava veličanstveni paradoks Mies van der Rohe-a "manje je više". Posledice ovakvog Miesovog gledišta, izrazio je Paul Rudolph: "Svi problemi se ne mogu nikada rešiti... Zaista je obeležje dvadesetog stoljeća da su arhitekti vrlo selektivni u određivanju problema koje žele da reše. Mies, na primer, pravi čudesne zgrade samo zbog toga što ignoriše mnoge aspekte jedne zgrade. Kad bi on rešio više problema, njegove bi zgrade imale daleko manje siline" [1].

Racionalizacija i optimizacija u rekonstrukciji postojećih i gradnji budućih arhitektonskih objekata ogleda se u postupcima

¹ master inž. arh., M. Sc., student doktorskih studija, Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija, misa.nedeljkovic@yahoo.com

modularnosti, fleksibilnosti, faznosti izgradnje, primene principa održivog dizajna [2].

Ovo istraživanje se fokusira na racionalno projektovanje arhitektonskih slobodnih formi objekata sa primenom tipiziranih panela za oblikovanje fasadne konstrukcije.

2. RACIONALIZACIJA ARHITEKTONSKIH OBJEKATA UPOTREBOM PANELIMA

U poslednjih nekoliko godina, geometrijski slobodni oblici postaju sve više popularni u arhitekturi. Nakon Gerijevog pionirskog rada prilagođavanja digitalne tehnologije u arhitektonskom projektovanju, arhitekti su sada u mogućnosti da koriste softverske pakete (CAD) i alate u procesu projektovanja, koji će im omogućiti da definišu preciznije komplikovane oblike na jednostavan način. Upotreba softverskih paketa i alata zajedno sa tehnoškim napretkom materijala i tehnologije izgradnje, omogućili su upotrebu elemenata slobodne geometrije u savremenoj arhitekturi [3].

U cilju realizacije složene forme, projektanti se odlučuju da površine podele na manje komponente i delove koji su lakši za transport, proizvodnju, ugradnju, a takođe se lako mogu matematički definisati linije zakrivljenja.

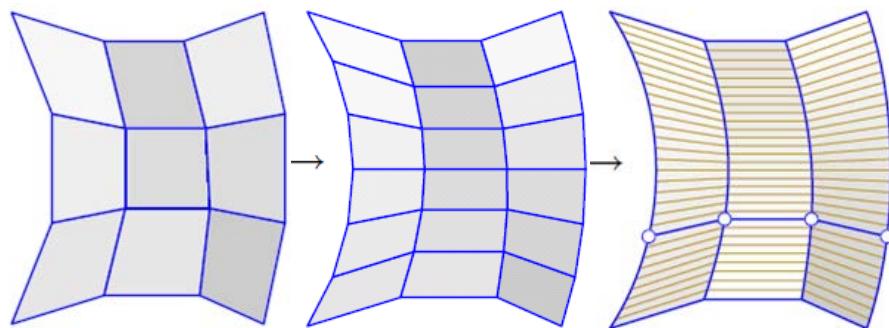
Ranije, većina istraživača i projektanata ovakvih objekata je morala da koristi samo jednostavne elemente i panele koji su imali oblik četvorouglova, krugova, delova luka, trougla, ravnih površi i panele proizvedene u kalupima za koje je postojao već ranije razrađen algoritam.

Arhitekte žele da postanu upamćeni po svojim delima. S' tim u vezi posežu za projektovanjem objekata koji će postati reperni i referentni u određenom gradskom jezgru. Vođeni tom idejom, projektanti projektuju objekte koje je teško izvesti bez upotrebe savremenih softverskih paketa.

Sa pojmom savremenih pomoćnih sredstava za projektovanje (različitih softverskih paketa), povećala se mogućnost proizvodnje i ugradnje elemenata neophodnih za postizanje neobične „slobodne forme“ arhitektonskih objekata. Softverskim paketima CAD/CAM i sličnim srodnim programima, kontrolišemo upotrebu elemenata za gradnju, a kombinacijom ograničenog broja kalupa dobijamo željeni izgled arhitektonskog objekta. Ovakav način projektovanja pomaže u kontoli ekonomskih sredstava i vodi ka racionalnom objektu.

Kompleksnost i složenost arhitektonskih objekata se povećala, projektantu je omogućena sloboda u dizajniranju svog dela. Međutim, cena je jedina prepreka koja se nameće prilikom projektovanja slobodnih arhitektonskih formi.

Na slici 1. ilustrovana je zakrivljena površ koja je jedan deo nekog budućeg objekta koji se treba materijalizovati panelima. Date su dve varijante materijalizacije: prva (levi deo slike) sačinjena je od devet panela, a druga (srednji deo slike) od osamnaest panela. Jasna je razlika u formi između prvog i drugog primera.



Slika 1. Ilustracija materijalizacije slobodne geometrije panelima na dva različita načina

Da bi se postigao željeni oblik potrebno je koristiti što više sitnih panela. I kod jednog i kod drugog primera materijalizacije postoje po četiri različita tipa panela. Kod prvog primera su ti paneli znatno većih dimenzija, ali je forma daleko različitija od željene. Drugi primer je bolji i vernije prati željeni oblik. Takođe je drugo rešenje prihvatljivije jer su paneli manjih dimenzija, lakši su za prenos, prevoz i manipulaciju na gradilištu. Stoga se drugi primer pokazao racionalnijim i optimalnijim rešenjem za materijalizaciju dela fasade ilustrovane na slici.

Projektovanje uključuje znanje o stvarnoj (realnoj) izgradnji (skupi materijali, različiti tipovi panela, pod-konstrukciju, itd.), već u procesu kreiranja oblika preko prilagođenih geometrijskih alata za modelovanje. Stoga, često se mora predvideti re-design faza [4], posle usvajanja rešenja geometrije, a ova faza je poznata kao racionalizacija. Racionalizacija podrazumeva ponovno izračunavanje geometrije sa minimalnim odstupanjem od originalnog modela, kako bi se napravila ušteda u materijalu, troškovi proizvodnje i montaže.

Tim projektanata u fazi racionalizacije pokušava da napravi određenu seriju panela sa kojima bi se mogao materijalizovati arhitektonski objekat. Modeluje se glavna konstrukcija objekta, a zatim se pokušava naći najoptimalnije rešenje. Traže se veze i međusobne zavisnosti na modelu i pokušava se sa što manje različitih tipova panela materijalizovati slobodna geometrija objekta. Ukoliko projektanti pronađu rešenje sa ne više od šest različitih tipova panela,

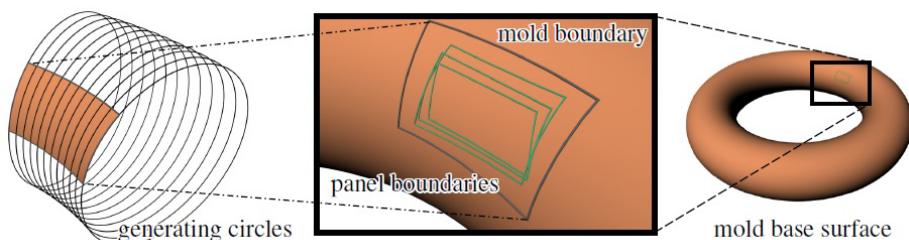
može se govoriti o racionalnom arhitektonskom objektu bez obzira na njegovu neobičnu (slobodnu) geometriju.

2.1. Paneli i njihova proizvodnja

Paneli za oblaganje fasadne konstrukcije objekata slobodne geometrije se proizvode pomoću specijalnih kalupa čija izrada zahteva veliko finansijsko ulaganje. Kada se paneli proizvode od tvrdih materijala (čelika, titanijuma, i drugih metala), proizvodnja je jeftinija jer nije potrebna izrada kalupa već se pomoću presa dobija željeni oblik panela. Korišćenjem istog kalupa više puta ili konfigurisanje mašine za izradu tipskih panela smanjuje se ukupna cena troškova koji nastaju pri proizvodnji. Kada se unese odgovarajući algoritam u računar koji kontroliše izradu panela, racionalnije je da se on ne menja i poželjno je da paneli budu što više istih dimenzija i oblika zakrivljenosti.

Izbor tipova panela zavisi od željenog materijala i raspoložive tehnologije proizvodnje. Materijali koji se najčešće koriste za izradu panela mogu biti: transparentni ili neprozirni, stakleni, armiranobetonski sa staklenim vlaknima, od gipsa, raznih metala, drveta, itd.

Prema istraživanjima najčešće zastupljeni tipovi panela imaju oblik cilindra, paraboloida, torusa (slika 2.), kupe i nezakrivljene ravne površi. Uglavnom se koriste delovi i isečci prethodno navedenih geometrijskih površi. Ukoliko se ne može od jednostruko zakrivljenih površi dobiti zahtevani panel, onda se koriste dvostruko zakrivljene geometrijske površi (hiperboličkiparaboloid, rotacione površi) [5].



Slika 2. Primer dobijanja panela iz torusne površi čija je geometrija poznata

Nezakrivljeni (planar) paneli su najjednostavniji i najlakši za proizvodnju, ali se ovim panelima ne može materijalizovati zakrivljene forme. Ovi tipovi panela se kombinuju sa panelima cilindričnog oblika kada je potrebno prekriti fasadu koja je zakrivljenjima na uglovima.

Planar panelima je ograničena mogućnost upotrebe kod objekata slobode geometrije, iako je njihov oblik najoptimalniji za proizvodnju i ugradnju.

Fasade slobodnih arhitektonskih objekata se često prekrivaju panelima koji su dvostruko zakriviljeni, jer se njime postiže željena tolerancija u divergenciji (razilaženju) i savijanju pod uglom.

Paraboloidne, torusne i kubične površi su lako primenljive za dobijanje panela. Za njih su poznate matematičke funkcije koje su neophodne za definisanje osnovnih parametara panela. Njihove linije zakriviljenja se mogu translatorno pomerati sve dok se ne dobije adekvatan oblik koji će poslužiti da od te funkcije nastane panel. Kada je poznata matematička funkcija zakriviljenja, tada se proizvodnja panela pojednostavljuje, a samim tim i cena izrade panela je prihvatljiva.

Bez obzira na veliki broj poznatih algoritama za izradu zakriviljenih panela, velika su ograničenja u pogledu racionalnosti izrade. Velika cena ulaganja je kod izrade kalupa za proizvodnju. Svaki kalup iziskuje posebne načine proračuna zakriviljenja, proračuna ivica i međusobne veza panela.

Da bi se dobio racionalan panel moraju se uvesti određena ograničenja korišćenjem nekoliko parametara. Tako na primer, za tipove panela paraboloidne, torusne i kubične forme neophodno je definisati 2, 3 i 6 oblika parametara. Iz tog razloga sledi zaključak da su paraboloidni paneli najjednostavniji i najracionalniji za izradu i najčešće primenjivani paneli za oblikovanje objekata slobodne forme.

2.2. Parametri koji definišu oblik panela

Od problema aproksimacije u velikoj meri zavisi pozicija i oblik panela. Eigensatz [6] i njegovi saradnici razlikuju sledeća dva parametra za materijalizaciju slobodne forme objekta:

- **divergencija** – postojeni razmak između dva susedna panela;
- **ugao zakriviljenja** – ugao zakriviljenosti između dva susedna panela.

Divergencija (razilaženje) panela je direktno povezana sa načinom veze dva susedna panela, uglom rotacije ukoliko je panel bez zakriviljenja. Ugao zakriviljenja panela utiče na vizuelni izgled, jer od tog ugla zavisi refleksija, prelamanje svetlosti i dinamika fasade.

Kada se panelima oblaže slobodna geometrijska forma objekata često se javljaju problemi kako napraviti i na koji način klasifikovati potrebne serije panela. Potrebno je da se odrede poželjne kolekcije tipova panela tako da ukupni troškovi proizvodnje budu svedeni na minimum, da paneli poštuju definisane pragove

divergentnosti i ugla zakrivljenja između susednih panela i da se ispoštuje prethodno definisana mreža noseće konstrukcije.

Bliži pogled ove specifikacije otkriva da svako rešenje oblaganja fasade panelima mora da ima određene probleme koji se mogu podeliti na sledeći način [6]:

- **kalup depo** – utvrditi broj i vrstu panela koje treba proizvesti;
- **zadaci** – naći optimalnu funkciju i zadatak kojim će se uspostavi veza između panela i najboljeg kalupa da se taj panel proizvede;
- **registracija** – izračunati optimalne parametre za svaki oblik kalupa i optimalno poravnavanje svakog panela takav da referentna površina bude verno usaglašena, uglovi zakrivljenja i divergencije ispunjeni i da objekat pokriven panelima zadovolji zahtevanu formu.

Prve dve stavke (kalup depo i zadatak) određuju ukupne troškove proizvodnje, dok registracija utiče na racionalizaciju čitavog arhitektonskog objekta.

Svaki projektant teži ka tome da koristi što više jednostavnijih panela, jednostavnijih kalupa, kako bi dobio jeftiniji objekat. Međutim, dodavanjem jednog skupljeg složenijeg kalupa može se smanjiti ukupni troškovi proizvodnje, nego kada bi koristili veliki broj jeftinijih jednostavnih različitih kalupa. U svakom slučaju potrebno je pronaći kompromis između prostih i složenih kalupa i panela.

Racionalizacija u građevinarstvu dolazi u različitim oblicima. Jedan od oblika je da racionalizaciju treba primeniti u standardizaciji i tipologiji elemenata kako bi se ograničila složenost i veliki utrošak u proizvodnji [7].

3. MATERIJALIZACIJA PANELIMA ZAKRILJVENE GEOMETRIJE

Slobodni oblici arhitektonskih objekata igraju sve važniju ulogu u savremenoj arhitekturi. Tehnološki napredak omogućio je proizvodnju panela velikih dimenzija sa zakrivljenjima koji omogućavaju materijalizaciju slobodnih oblika. Nove tehnologije zakrivljenih panela imaju veću cenu u zavisnosti od složenososti oblika, materijala i načina izrade.

Oblaganje je klučna komponenta procesa racionalizacije arhitektonskih objekata slobodnih geometrija. Ovaj kompleksan izazov proističe iz složenosti različitih uzajamnih ciljeva koji se odnose na geometriju objekta, estetiku i radionička ograničenja koja treba razmotriti pre početka oblaganja željene slobodne forme.

Racionalizacija arhitektonskih objekata slobodne geometrije materijalizovanim panelima

U tabeli 1. prikazane se geometrijske površi čiji se delovi i isečci mogu koristiti za dobijanje panela. U tabeli su poređane geometrijske površi koje su analizirali istraživači u svom radu [Eigensatz et al. 2010] i prikazali jednostruko i dvostruko zakrivljene površi za koje je poznat algoritam koji je neohodan za izradu panela za oblaganje.

surface types	manufacturing possibilities			double curved	usually plastic deformation of material is involved		
	glass	metal	fibre reinforced concrete or plastic				
single curved isometric to the plane, no or little plastic deformation of material							
<i>cylindrical</i> parts of right circular cylinders	machine for bending and thermal tempering	roll bending machine	configurable mold or custom hot-wire cut foam mold	general double curved 	custom molds, no thermal tempering of glass		
<i>conical</i> parts of right circular cones	configurable or custom mold, no thermal tempering	machine or reconfigurable mold	configurable mold or custom hot-wire cut foam mold	general ruled generated by a moving straight line 	straight lines can be exploited		
<i>general single curved</i> developable surfaces	custom mold, no thermal tempering		custom hot-wire cut foam mold	translational carries two families of congruent profiles 	congruent profiles can be exploited		
				rotational , cf. Figure 6 carries a family of congruent profiles 	congruent profiles can be exploited		

Tabela 1. Geometrijske površi koje se koriste za izradu panela

Uz pomoć algoritama koji su definisani u tabeli 1. i istraživanja vezanih za panele izdvojene iz dvostruko zakrivljenih površi proistekla su dva arhitektonска objekta sa slobodnom geometrijom (slika 3.).

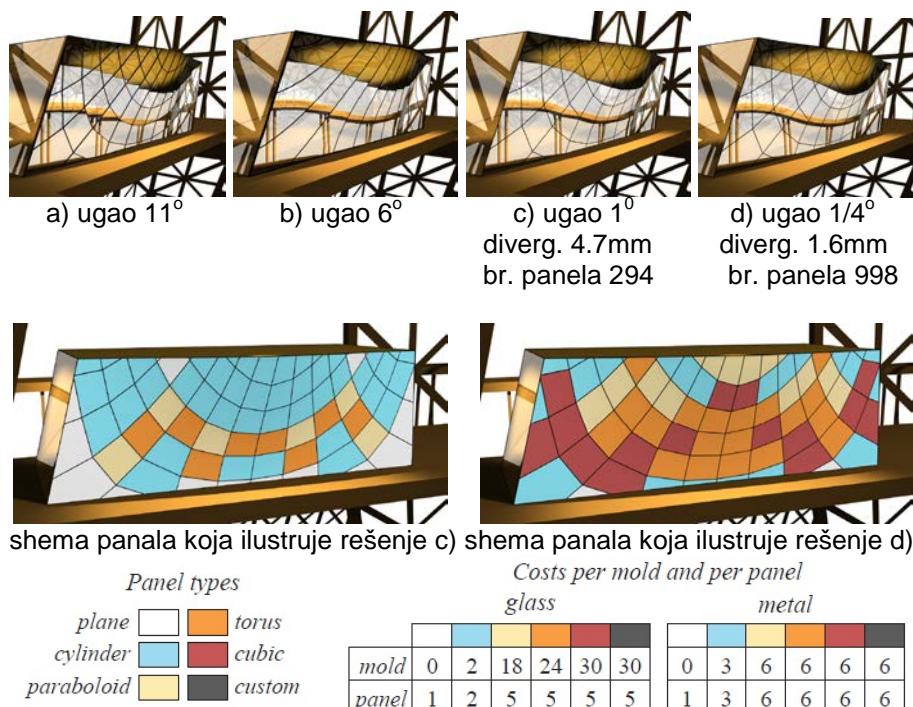


*Slika 3. – Levo: Peter Cook and Colin Fournier, Kunsthau, Graz;
Desno: Zaha Hadid Architects, Hungerburgbahn, Innsbruck*

3.1. Studija istraživanja racionalizacije upotreboom zakrivljenih panela na primeru paviljona na Ajfelovoj kuli u Parizu

Paviljon se nalazi na prvoj platformi Ajfelovog tornja u Parizu. Ova studija služi da pokaže najracionalnije rešenje fasade upotreboom panela.

Slika 4.a ilustruje korišćenje planar četvorougaone mreže panela, koja podrazumeva veoma povoljne osobine pojednostavljenja skeleta. Za oblaganje fasade ovim panelima potrebno je neke panele u gornjoj zoni zakriviti pod uglom od 11° . Na slici 4.b prikazana je kombinacija planar četvorougaone mreže sa zakrivljenim panelima u jednom pravcu. Na ovaj način, dobijeni su paneli velikih dimenzija koji su neracionalni u pogledu transportna i manipulacije na gradilištu. Ugao zakrivljenja kod ovog načina materijalizacije je 6° , a u donjem delu paneli mogu biti bez zakrivljenja.



Slika 4. Ilustracija fasade paviljona na Ajfelovoj kuli sa četiri različita rešenja

Na slici 4.c i 4.d prikazani su cilindrični paneli sa različitom divergencijom i uglom zakrivljenosti. Ova studija je rađena kako bi

pokazala kako se sa malim korekcijama ugla zakrivljenosti i razilaženja panela može dobiti dva različita rešenja. Rešenje ilustrovano primerom na slici 4.c se pokazalo racionalnijem zbog manjeg broja različitih tipova panela.

Takođe je rađeno istraživanje u pogledu različitosti materijala, a u tabelama ispod slike je prikazan broj i tip panela kada bi objekat bio materijalizovan od stakla i metala.

4. ZAKLJUČAK

Za oblaganje komplikovanih slobodnih oblika, racionalizacija je izazovan zadatak. Pre svega, jednostavne elemente koji se koriste u racionalizaciji treba dovesti do najmanjeg mogućeg odstupanja između projektovane površine i površine aproksimacije. Ukoliko se na pravilan način ispoštuje ova međuzavisnost može se reći da je arhitektonski objekat racionalno projektovan [3].

Racionalizacija doprinosi rešavanju problema u izgradnji u kasnojoj fazi, tj. post-racionalizaciji, kada se svode računice o isplativosti i održivosti novoizgrađenog objekta. Pravilno rešavanje problema koji nastaje u ranijoj fazi projektovanja, izbegava se dodatna ulaganja u kasnijoj fazi gradnje i održavanja objekta. Upotreboru tipiziranih elemenata u oblikovanju fasade objekata slobodne forme, smanjuje se cena koštanja celokupog objekta, kao i brzina i kvalitet izgradnje.

Osim toga, vizuelni izgledi realizovanih oblika, dodatno ograničavaju raspoložive stepene slobode za aproksimaciju površina.

U principu, racionalizacija se ne može obavljati standardnim CAD alatima. Zbog toga se osim projektanta konstrukcije i arhitekte u proces dizajniranja ovakvih objekata uključuju matematičari, kompjuterski stručnjaci i inženjeri koji se bave istraživanjem arhitektonskih geometrija. Arhitektonska geometrija ima za cilj dobijanje alata za arhitektonske potrebe, kojim se može modelovati, definisati i proračunati neka slobodna geometrijska forma.

5. LITERATURA

- [1] *Rečnik arhitektonskog projektovanja*, S. Maldini, ISBN:86-904433-2-0
- [2] *Parametri i metode racionalizacije u projektovanju i rekonstrukciji bolnica*, O. Nikolić, V. Niković, G. Jovanović, Zbornik radova Građevinsko – arhitektonskog fakulteta no.27, GAF, Niš, 2012.
- [3] *Special Curve Patterns for Freeform Architecture*, B. Deng, Vienna University of Tehnology, Wien, Austria, 2011.
- [4] *Architectural Geometry and Fabrication-Aware Design*, H. Pottmann, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia
- [5] *Case Studies in Cost-Optimized Paneling of Architectural Freeform Surfaces*, A. Schiftner, J. Wallner, Technische Universit"atWien and Technische Universit"at Graz, Wien and Graz, Austria
- [6] *Paneling Architectural Freeform Surfaces*, M. Eigensatz, and group, ETH Zurich / EPFL, Zurich, Switzerland, 2010.
- [7] *Parametric modelling of architectural developables*, R. vd Straat, Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Delft, 2011.

UDK:551.577.6

ANALIZA KOŠTANJA I BENEFITA PREVENTIVNIH MERA ZA UBLAŽAVANJE SUŠA

Mladen Milanović¹

Milan Gocić²

Slaviša Trajković³

Rezime

Suša, prirodni hazard, je poslednjih godina sve više prisutnija na našim prostorima, sa sve većim i značajnijim posledicama. Najveće štete u oblasti privrede suša nanosi sektoru poljoprivrede. Zato se u svetu i kod nas sve više sprovode aktivnosti koje imaju za cilj da umanje uticaj suše. Preventivne mере за borbu protiv suše zavise od učestalosti suše i visine štete koja ona prouzrokuje na privrednu.

U radu su prikazane štete koje je suša izazvala u svetu, i to u ljudstvu i materijalnim dobrima, i štete koje izaziva na našem području. Takođe, sistematizovane su i predstavljene mere za ublažavanje suša u poljoprivredi.

Ključne reči: suša, posledice suše, preventivne mere

¹ Mladen Milanović, dipl.građ.inž, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

² dr Milan Gocić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

³ dr Slaviša Trajković, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

1. UVOD

Pod sušom se podrazumeva dugotrajni period sa padavinama manjim od prosečnih [14, 15]. Suša nema univerzalni karakter, već je ona regionalna pojava. Posledice suše zavise od područja koje zahvata, odnosno od njegovih klimatskih i hidroloških karakteristika. Prostranstva koja zahvata i vreme njenog trajanja je gotovo nemoguće odrediti.

Da bi se što efikasnije odredile mere i aktivnosti u prevenciji suša neophodno je odrediti karakter suše. Za ove potrebe razvijen je veliki broj indeksa suše koji u potpunosti mogu da definišu sva četiri tipa suše i to meteorološku, hidrološku, poljoprivrednu i socio-ekonomsku [11, 15]. Jedan od najčešće korišćenih indeksa za identifikaciju meteorološke suše u svetu je SPI indeks (Standardized precipitation index), koji je razvio McKee [12]. Moguće ga je koristiti za više različitih vremenskih opsega koji se posmatraju, a njegov proračun se zasniva samo na podacima o padavinama.

Gocić i Trajković su na osnovu identifikacije suše podelili teritoriju Srbije na tri regiona i to: region 1 - severna i severoistočna Srbija, region 2 - zapadna, jugozapadna Srbija i region 3 - centralna, istočna, južna i jugoistočna Srbija. Za identifikaciju suše koristili su SPI indeks za period od 12 meseci [7, 13].

Štete od suša se ne mogu odmah sagledati već je neophodno da prođe određeno vreme. Kompleksno delovanje suše zahteva da analizu šteta treba da sagledaju stručnjaci iz svih grana privrede i društvenog života. Kolika je ozbiljnost suše i njenih posledica govori činjenica da ovaj fenomen organizovano analiziraju međunarodne organizacije: Ujedinjene nacije – Sekretarijat za međunarodne strategije za smanjenje katastrofa, Evropska komisija i Svetska meteoroška organizacija [3, 4, 5].

U radu su prikazane štete od suša u svetu, i to u ljudstvu i materijalne štete, i u Srbiji, u šumarstvu i na poljoprivrednim kulturama kao što su kukuruz i pšenica. Takođe, predstavljene su i mere borbe protiv suše, pre svega u poljoprivredi.

2. EKONOMSKE POSLEDICE SUŠA

Prema izveštaju koji je objavio National Drought Mitigation Center (<http://drought.unl.edu>), posledice suše je moguće klasifikovati u tri grupe:

- ekonomске posledice,
- ekološke posledice i
- socijalne posledice.

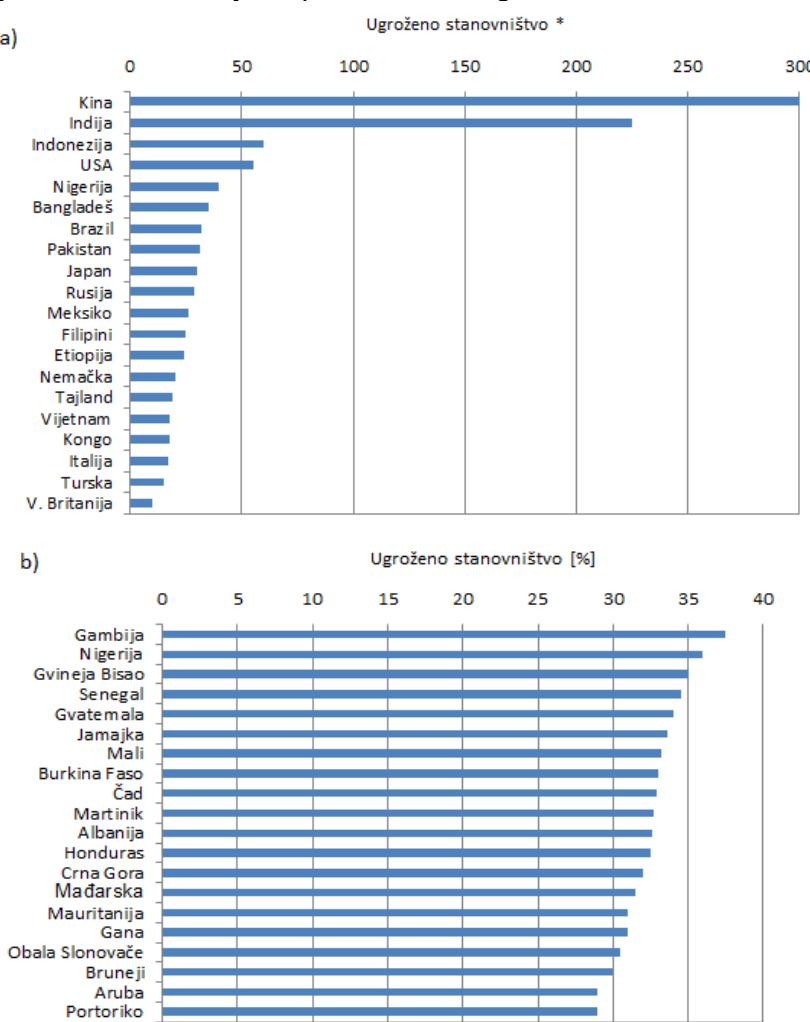
U ekonomske posledice dejstva suše spadaju one štete i gubici u privrednim granama koje su direktno ili indirektno vezane za deficit padavina. Od svih privrednih grana, poljoprivreda je naročito ugrožena sušom a posebno biljna proizvodnja [1]. Suša preko merodavnih količina vode utiče na poljoprivrednu proizvodnju a samim tim i na druge grane privrede koje su usko povezane sa poljoprivredom. Zbog nedostatka padavina štete u šumarstvu nastaju usled pojave raznih bolesti a veoma su značajni i šumski požari čiju pojavu i razvoj potpomažu suše. U grupu ekonomskih posledica suše spadaju i gubici u vodosnabdevanju naselja i u energetici.

Ekološke i socijalne posledice je teže kvantitativno odrediti jer su one posledično vezane za ekonomске štete od suša i teško je sagledati njihov pun obim. Ekološke posledice se pre svega odnose na narušavanje životne sredine, a socijalne na ugrožavanje života u njoj. Šumski požari obuhvataju sve tri grupe posledica, jer pored ekonomskih gubitaka koji se ogledaju u gubicima drvene građe, gašenju požara i gubicima u turizmu, ekoloških koje obuhvataju pojavu erozije tla, smanjenje biocenoze, dolazi do poremećaja u vodnom bilansu, prisutne su i socijalne posledice koje izazivaju migracije, stres i nestajanje živog sveta.

Kako bi se u celosti sagledale i analizirale posledice suša, a imajući u vidu da suše mogu da zahvate regione i države koje mogu biti veoma različite u privrednom, društvenom i ekološkom pogledu, posledice se moraju analizirati na [2]:

- mikro,
- regionalnom,
- nacionalnom i
- međunarodnom nivou.

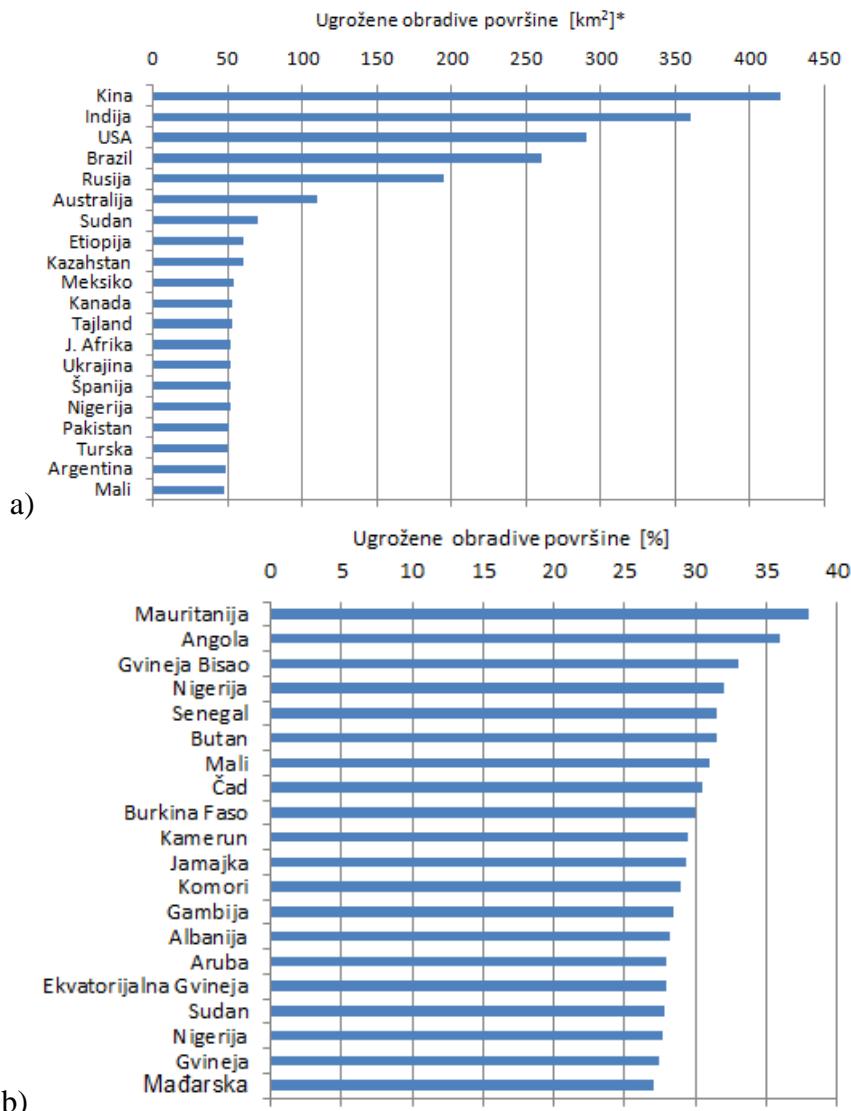
Prema izveštaju Ujedinjenih nacija – Sekretarijat za međunarodne strategije za smanjenje katastrofa [3] za period od januara 1975. do juna 2008. godine, suše su izazvale velike štete u ljudskim gubicima i u ekonomskom pogledu. Najviše ljudi od suše je umrlo u Etiopiji 1983. godine i to 300 000, u Sudanu 1983. 150 000 ljudi i u Južnom Mozambiku 1981. godine 100 000 ljudi. Najveće finansijske posledice od suša je pretrpela Kina 1994. godine koje su procenjene na 13,8 milijardi dolara. Na slici 1 a) dato je 20 zemalja čije je stanovništvo pogođeno sušama, a na 1 b) prikazane su zemlje čije je stanovništvo najviše procentualno ugroženo sušama.



* Broj ugroženih stanovnika izražen u milionima.

Slika 1 – Stanovništvo ugroženo sušama

Na slici 2 a) prikazano je 20 zemalja čije su površine obradive zemlje najviše ugrožene sušama, na osnovu SPI indeksa za šest meseci, a na 2 b) dat je prikaz procentualne površine država koje imaju najveće probleme sa sušom



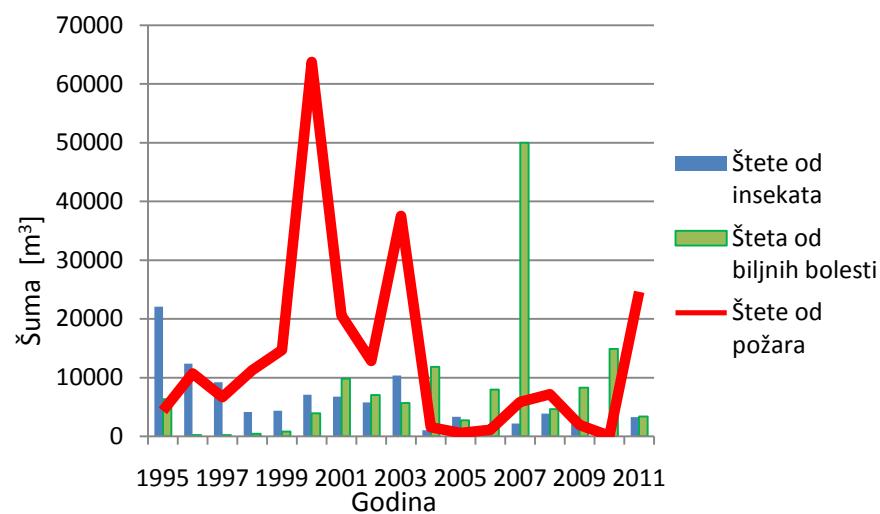
* Ugrožene obradive površine su izražene u hiljadama km².

Slika 2 – Obradive površine izložene sušama

Na osnovu podataka Evropske komisije za period od 1976. do 2006. godine može se zaključiti da je oko 17 % teritorije Evrope pogodjeno sušama, a da je ukupna šteta od suša u ovom periodu procenjena na 100 milijardi evra [4]. Portugaljija kao jedna od najjužnijih država Evrope spada u zemlje sa najvećim gubicima od suša. U Portugaliji suša nanosi najveće štete hidroenergetici, poljoprivredi i snabdevanju vodom, a štete od suša za 2005. godinu se procenjuju na 285 miliona evra (<http://www.eumetsat.int>).

U Srbiji posledice suše se ogledaju pre svega u velikim gubicima u poljoprivrednoj proizvodnji, otežanom snabdevanju vodom, ograničenim rečnim transpotom i proizvodnjom struje iz hidroelektrana [5]. Prema Svetskoj meteoroškoj organizaciji [5] u Srbiji su se od 1992. do 2012. godine desile tri katastrofalne suše, od toga su se najveće štete desile u poljoprivrednoj proizvodnji i procenjene su na 500 miliona evra godišnje. Jedna od većih suša desila se 2007. godine a glavni uzrok je taj što se u julu i avgustu desio dug talas visokih temperatura vazduha koje su bile i do 45 °C.

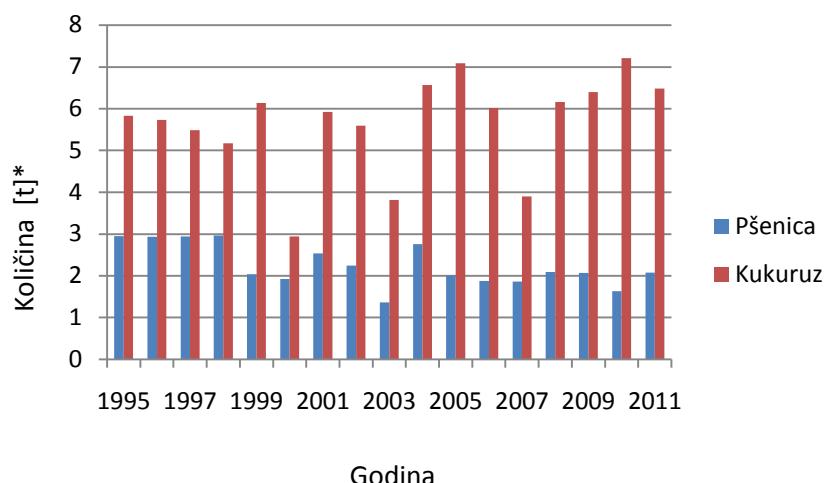
Štetno dejstvo suša se ogleda i u šumarstvu gde dolazi do povećanog broja šumskih požara. U periodu od 1998. do 2008. na teritoriji Srbije bilo je 853 šumskih požara, dok je samo u 2007. godini bilo 258 koji su spalili više od 5200 ha šuma i izazvali štetu od 40 miliona evra [5].



Slika 3 – Štete u šumama usled suša

Na slici 3, prema podacima iz Statističkog godišnjaka, koji izdaje Republički zavod za statistiku, prikazane su štete na šumama u Srbiji u periodu od 1995 do 2011 godine. Analizirane su štete od požara, pojave insekata i biljnih bolesti. Uočava se da su štete u značajnoj meri veće upravo u onim godinama kada su Srbiju zadesile katastrofalne suše.

Na slici 4 prikazana je prozvodnja pšenice i kukuruza u Srbiji za period od 1995. do 2011. godine, podaci su uzeti iz Statističkog godišnjaka. Proizvodnja u godinama pogodjenim katastrofalnim sušama je značajno smanjena.



* Vrednosti količine pšenice i kukuruza su izražene u milionima tona.

Slika 4 – Proizvodnja pšenice i kukuruza

3. PREVENTIVNE MERE BORBE PROTIV SUŠE

Na teritoriji Srbije suša se poslednjih godina sve više javlja posebno u Vojvodini i istočnim delovima zemlje [6]. Štete od suša zavise od njenog intenziteta i trajanja, ali i od raspoloživih količina vode [6]. Iz ovih razloga sve se više pažnje poklanja merama borbe protiv suše.

Mere borbe protiv suše je moguće podeliti u tri grupe [6]:

- selekciono-genetičke imaju za cilj da stvore biljke otporne na nedostatak vode,
- geografske, daju preporuku za određivanje rasporeda biljaka zavisno od karakteristika suše (rejonizacija useva) i
- agrotehničke mere predstavljaju razne vidove obrade zemljišta.

Cilj agrotehničkih mera je da obezbede vlagu biljkama u sušnom periodu, odnosno da stvore dobre uslove za prikupljanje padavina, akumuliranje vode i omoguće njenu racionalnu potrošnju [8].

U agrotehničke mere borbe protiv suša spadaju [9]: navodnjavanje, plodore, predusev, setvena struktura, obrada zemljišta, dubrenje, malčovanje, suzbijanje korova i poljozaštitni šumski pojasevi.

Navodnjavanje je najefikasnija mera koja eliminiše uticaj suše [1]. Ova mera je najsigurnija i najuspešnija ali i najskuplja a potrebni su i posebni uslovi kao što su odgovarajući lokalitet, količina i kvalitet vode. Ovom metodom poboljšava se vodni režim zemljišta i u znatnoj meri menjaju se i meteorološki uslovi prizemnog sloja vazduha i toplotni režim zemljišta.

Navodnjavanje jeste neophodno ali to nije agrotehnička mera usmerena jedino na borbu protiv suše, već predstavlja agens intenzivne poljoprivrede koja zahteva savremenu tehnologiju, sa ciljem postizanja visokih i kvalitetnih prinosa [8]. Navodnjavanje upotrebljeno samo kao sredstvo u borbi protiv suše nema nikakvog opravdanja.

Plodore, odnosno organizovana vremenska i prostorna zamena kultura u toku određenog broja godina, je mera kojom se može značajno umanjiti uticaj suše. U plodoreu razlikuju se pretkultura (predusev), glavna (sa najdužom vegetacijom) i naknadna kultura. Neprekidnim gajenjem istih useva u velikoj meri se iskorišćava zemljište, tako da se mora voditi računa o njegovoj plodnosti, odnosno obnavljanju. Cilj dobrih izmena setvene kulture je u tome da se na najbolji način iskoriste osobine biljaka (potrebne količine vode, dubina korenovog sistema, isušivanje zemljišta, sadržaj pristupačne vode), odnosno da se izvrši takav izbor vrsti i sorata koji će biti usklađen sa klimatskim uslovima staništa.

Od obrade zemljišta se očekuje poboljšanje vodnog režima zemljišta, ukoliko je zemljište obrađeno ono će efikasnije da zadrži vlagu i da spreči njenu evaporaciju. Voda u obrađenom zemljištu lakše prodire u duble slojeve pa dolazi i do stvaranja zaliha za sušni period. Postoji više sistema za obradu zemljišta uslovjenih sušnim uslovima u kojima se primenjuju: ljuštenje, osnovna obrada, površinska obrada u toku vegetacije i konzervacijska obrada [9].

Zaštita biljaka đubrenjem varira od biljke do biljke, odnosno kod nekih daje dobre rezultate a kod nekih biljaka nema nikakvih promena u borbi sa sušom.

Pod malčovanjem se podrazumeva pokrivanje zemljišta, a sa ciljem zadržavanja vode u zemljišu, borbe protiv korova, poboljšanja strukture zemljišta, vodno vazdušnog režima i topotnog režima biljaka. Od materijala koji se koristi najviše su u upotrebi folije različitih boja, treset i žetveni ostaci [10].

Suzbijanje korova je korisna agrotehnička mera koja pored drugih efekata pomaže i u očuvanju lakopristupačne vode i sprečava isušivanje zemljišta. Suzbijanjem korova koji brže rastu od useva ostaje više vode za gajenje biljke.

Podizanje poljozaštitnih šumskih pojaseva ima za cilj da smanji dejstvo suvih vetrova koji mogu biti mnogo opasniji od vrelih beskišnih dana. Ovom merom moguće je povećati vlažnost vazduha i smanjiti evaporaciju zemljišta, što za posledicu ima povećanu vlažnost zemljišta.

4. ZAKLJUČAK

Suša se sve češće javlja u svetu a tako i kod nas, nanoseći ogromne štete u svim oblastima ljudske delatnosti. Posledice suše se u najvećoj meri osećaju u ekonomskoj i ekološkoj sferi a one se dalje odražavaju i u socijalnoj sferi. U Srbiji, suša je najvažniji stresni faktor pobačaja prinosa u pojedinim godinama, pa se stoga preduzimaju mere preventivne borbe protiv suše. Primenom odgovarajućih mera moguće je u velikoj meri ublažiti a nekad i eliminisati posledice suša.

U radu su predstavljene posledice suša u svetu i kod nas i mere borbe protiv nje. Od svih navedenih mera borbe protiv suša navodnjavanje je najefikasnija mera koja u potpunosti otklanja uticaj suše, ali treba reći i da je najskuplja i da traži određene uslove.

Ostale mere su jednostavnije a samim tim i jeftinije, ali njihova efikasnost zavisi od samog karaktera suše.

Dalja istraživanja bi obuhvatila iznalaženje novih mera u borbi sa sušom i kombinovanje već postojećih sa ciljem da se dobiju maksimalni rezultati sa što manjim ulaganjima.

ZAHVALNOST

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije br. 37003 "Razvoj hidro-informacionog sistema za praćenje i ranu najavu suša".

5. LITERATURA

- [1] Miljković, N., Škorić, M.: *Suša i trend aridizacije zemljišta*, Suša i poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet – Institut za uređenje voda, Novi Sad, 2001., 23-32.
- [2] Gathara, S. T., Gringof, L. G., Mersha, E., Sinha Ray, K. C., Spasov, P.: *Impacts of desertification and drought and other extreme meteorological events*, Word meteorological organization, Commission for agricultural meteorology, Geneva, Switzerland, Decembar 2006.
- [3] United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR), ISBN/ISSN: 9789211320282, Geneva, Switzerland, 2009.
- [4] European Commission: Communication Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union, European Commission, COM 2007, Brussels, 2007.
- [5] World Meteorological Organization: *Strengthening Multi-Hazard Early Warning Systems and Risk Assessment in the Western Balkans and Turkey: Assessment of Capacities, Gaps and Needs, Regional Programme on Disaster Risk Reduction in South East Europe Activity 2 (WMO): Regional Cooperation in South Eastern Europe for Meteorological, Hydrological and Climate Data Management and Exchange to Support Disaster Risk Reduction* (IPA/2009/199-922), 2012.
- [6] Otorepec, S.: *Agrometeorologija*, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- [7] Gocic, M., Trajkovic, S.: *Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980-2010*, Journal of Hydrology 494, 2013, 32-42.

- [8] Bošnjak, Đ.: *Posledice suša i mere borbe protiv nje*, Suša i poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet – Institut za uređenje voda, Novi Sad, 2001., 194-203.
- [9] Molnar, I., Milošev, D., Kurjački, I.: *Preventivne agrotehničke mere za ublažavanje posledice suše*, Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, 35, 2001.
- [10] Nađ, B.: *Mere borbe protiv suše*, Suša i poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet – Institut za uređenje voda, Novi Sad, 2001., 71-79.
- [11] Byun, H. R., Wilhite, D. A.: *Objective quantification of drought severity and duration*, Journal of Climate 12, 1999., 2747-2756.
- [12] McKee, T., Doesken, N., Kleist, J.: *The relationship of drought frequency and duration to time scales*, Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, January 1993.
- [13] Gocic, M., Trajkovic, S.: *Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia*, Journal of Hydrology 510, 2014., 110-123.
- [14] Mishra, A. K., Singh, V. P.: *A review of drought concepts*, Journal of Hydrology 391, 2010., 202-216.
- [15] Wilhite, D. A., Glantz, M. H.: *Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions*, Water International 10, 1985., 111-120.

UDK:551.515.9

ELIMINACIJA MALIH I ZAVISNIH EPIZODA PRI IDENTIFIKACIJI DEFICITA DNEVNIH PROTOKA PO METODI KORAKA

**Vladislava Mihailović¹
Borislava Blagojević²
Vesna Đukić³**

Rezime

U ovom radu je demonstrirana primena promenljivog praga za identifikaciju epizoda deficita po metodi koraka, na tri hidrološka profila u Srbiji. Linija praga je definisana kao dnevno promenljiv prag – vremenska funkcija kvantila za referentni 30-godišnji period (1961-1990. godina). Za eliminisanje zavisnih i malih epizoda, primenjen je filter po metodi pokretnih proseka, kojom se uglačava (izglađuje) ulazni hidrogram, pri čemu je težište na nalaženju optimalne širine filtera. Na osnovu analize uticaja širine filtera na broj i karakteristike epizoda, kao i na broj malih epizoda, odabrana je širina filtera od 13 dana.

Ključne reči:

hidrološka suša, metoda koraka, promenljiv prag, dnevni protoci, metoda pokretnih proseka

¹ dr Vladislava Mihailović, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu,
vladislava.mihailovic@sfb.bg.ac.rs; vmihailovic@beotel.net

² dr Borislava Blagojević, doc. Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu,
borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

³ dr Vesna Đukić, doc. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu,
vesna.djukic@sfb.bg.ac.rs

1. UVOD

U hidrološkoj praksi, objektivna definicija i analiza hidroloških suša vrši se metodom koraka [1], u slučajevima kada je potrebno poznavanje više karakteristika u poređenju sa informacijama koje o suši daju brojni indeksi. Metoda koraka omogućava da se sušne epizode izdvajaju sa zabeleženog hidrograma u odnosu na usvojeni nivo praga. Ukoliko je prag fiksni, periodi tokom kojih je protok ispod određenog nivoa praga nazivaju se sušne epizode, a epizode deficit-a vode, ukoliko je prag promenljiv tokom godišnjeg ciklusa, kao što je napomenuto u [2]. Za objektivnu statističku analizu hidroloških suša potrebno je raspolagati njihovim kvantitativnim karakteristikama, bilo da se analiziraju sušne epizode ili epizode deficit-a. Kada se za formiranje vremenske serije kvantitativnih karakteristika koristi metoda parcijalnih serija (eng. *Partial Duration Series*, PDS), da bi analiza bila objektivna, zahtev je da izdvojeni podaci pripadaju regionu ekstrema i da se obezbedi potrebna veličina uzorka za statističku analizu. U tom smislu, smetnju objektivnoj statističkoj analizi, predstavljaju zavisne i male epizode.

U ovom radu je demonstrirana primena promenljivog praga za identifikaciju epizoda deficit-a na tri hidrološka profila u Srbiji. Pri tome je, za eliminisanje zavisnih i malih epizoda, primenjena metoda pokretnih proseka (eng. *moving average*, MA). Cilj rada je pronalaženje optimalne širine MA filtera, na bazi provere uticaja širine filtera na izdvojene karakteristike epizoda.

2. METODOLOGIJA

Ovaj rad se, u domenu metodologije, oslanja na teorijske postavke metode koraka za primenu promenljivog praga za identifikaciju epizoda deficit-a, kada se za eliminaciju zavisnih i malih epizoda primenjuje filter po metodi pokretnih proseka [2].

Linija praga je definisana kao dnevno promenljiv prag – vremenska funkcija kvantila sa dijagrama marginalnih raspodela, za referentni 30-godišnji period (1961-1990. godina). U radu su korišćeni izvedeni dijagrami marginalnih raspodela LP3 za 33 hidrološke stanice sa teritorije Srbije [3]. Dijagram marginalnih raspodela definiše režim promene hidroloških ili meteoroloških promenljivih unutar godišnjeg ciklusa i na taj način definiše tipične, „normalne“ uslove u svakom periodu godine. Linije donjih i gornjih kvantila marginalnih raspodela

Eliminacija malih i zavisnih epizoda pri identifikaciji deficitu dnevnih protoka po metodi koraka

karakterišu odstupanja od tipičnog režima, tj. predstavljaju kriterijume za meru relativnog odstupanja od prosečnih uslova za dati datum (ili period tokom godine). Nanošenjem praga na zabeleženi hidrogram dnevnih proticaja će se iz zabeležene vremenske serije, po metodi koraka, izdvojiti epizode deficitu i definisati njihove najvažnije kvantitativne karakteristike. Za eliminisanje zavisnih i malih epizoda primenjena je metoda pokretnih proseka, zbog toga što je efikasna ne samo u spajanju međusobno zavisnih epizoda, već uspešno eliminiše i male epizode, tako da u nekim slučajevima nije potrebno uvoditi dodatni kriterijum za rešavanje ovog problema [4, 5]. Prag je nanesen na nizove zabeleženih dnevnih vrednosti, kao i na nizove uglačane (izglađene) MA filterom. Cilj je da se nađe optimalna širina MA filtera, zasnovana na proveri uticaja širine filtera na izdvojene karakteristike epizoda.

Za analizu rečnih deficitu odabране su 3 hidrološke stanice, sa različitim površinama slivova (Tabela 1).

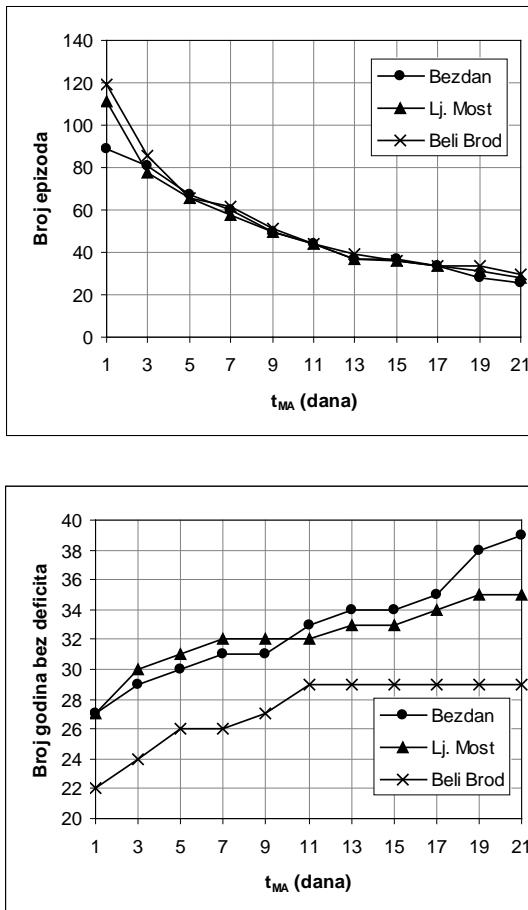
Tabela 1 Raspoloživ period osmatranja za tri hidrološke stanice, prema hidrološkoj godini

Stanica	Reka	Površina sliva (km^2)	Početak	Kraj	Broj hidrol. godina
Bezdan	Dunav	210250	1. okt. 1950.	30. 9. 2006.	56
Ljubičevski Most	V. Morava	37320	1. okt. 1950.	30. 9. 2006.	56
Beli Brod	Kolubara	1869	1. okt. 1959.	30. 9. 2006.	47

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Uticaj širine MA filtera na broj izdvojenih epizoda

Za tri odabранe stanice prvo je analiziran uticaj širine MA filtera (t_{MA}) na broj izdvojenih epizoda i na broj godina tokom kojih nije bila zabeležena nijedna epizoda deficitu (Slika 1). (Za originalnu seriju je $t_{MA}=1\text{dan}$.) Za sve tri stanice se može uočiti da broj epizoda brzo opada sa porastom širine filtera do granice od oko $t_{MA}=13\text{dana}$, a zatim nešto sporije opada sa daljim povećanjem t_{MA} . Suprotno, broj godina bez zabeleženog deficitu se povećava sa porastom t_{MA} , s tim što su uočljiva dva preloma: prvi za širinu 5 – 7 dana i drugi za 11 – 13 dana.

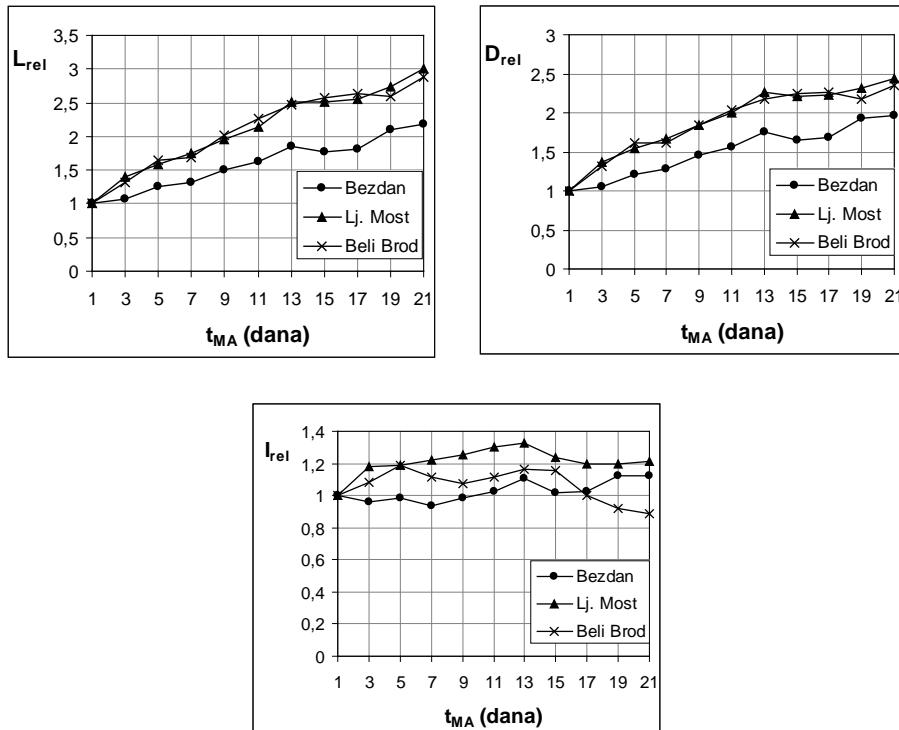


Slika 1. Broj epizoda (gore) i broj godina bez deficit-a (dole) u zavisnosti od širine MA filtera, za tri odabrana rečna profila.

Slika 2 prikazuje promenu srednjeg relativnog trajanja, srednjeg relativnog akumuluranog deficit-a i srednjeg relativnog intenziteta, sa povećanjem širine MA filtera. Prva dva dijagrama (slika 2, gore - za trajanje i akumulirani deficit) pokazuju tendenciju stalnog rasta do $t_{MA}=13$ dana za Bezdan i Ljubičevski Most i $t_{MA}=17$ dana za Beli Brod, posle čega se taj rast zaustavlja ili krive čak opadaju. Sa porastom širine filtera ulazna serija se sve više uglačava, spajaju se međusobno zavisne epizode u jednu veću i time se može objasniti nagli porast krivih. Sa daljim povećanjem t_{MA} originalna serija se toliko izmeni da se zabeleži stagnacija ili čak opadanje krivih [4]. Intenzitet (Slika 2, dole) se ne menja toliko sa promenom širine filtera, a za $t_{MA}=13$ dana dostiže

Eliminacija malih i zavisnih epizoda pri identifikaciji deficit dnevnih protoka
po metodi koraka

maksimum kod stanica Bezdan i Lj. Most. Kod stanice Beli Brod prvi maksimum je za $t_{MA}=5$ dana, a za 13 dana je zabeležen sledeći maksimum, posle čega kriva stagnira, pa zatim opada.



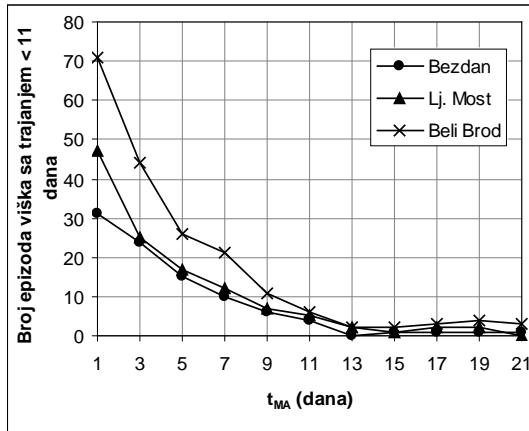
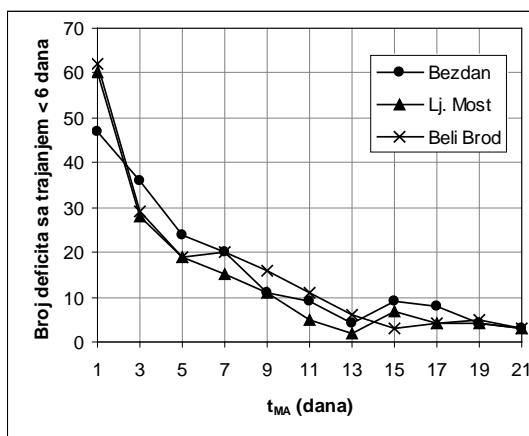
Slika 2. Srednje relativno trajanje (gore-levo), srednji relativni akumulirani deficit (gore-desno) i srednji relativni intenzitet (dole), u zavisnosti od širine MA filtera, za tri odabrana rečna profila.

3.2. Uticaj širine MA filtera na smanjenje broja malih epizoda

Osim na spajanje međusobno zavisnih epizoda, MA metoda utiče i na smanjenje broja malih epizoda. Ovde je ispitana samo uticaj širine filtera na broj deficit sa trajanjem manjim od 6 dana (Slika 3 gore). Zelenhasić i Salvai [7] su usvojili 6 dana kao kriterijum za eliminisanje međuzavisnih epizoda. Zaključak je da postoji generalna tendencija opadanja broja kratkih epizoda sa porastom širine filtera do neke tačke, a zatim se pojavljuje stagnacija ili blagi porast. Za stanice

Bezdan i Ljubičevski Most minimum krivih je za 13 dana, a u slučaju stanice Beli Brod za 15 dana.

S obzirom na to da postoji mogućnost da se uglačavanjem ulazne serije unese nova međuzavisnost između epizoda, ispitani je uticaj širine filtera na broj kratkih epizoda viška između dve susedne epizode deficitia (Slika 3, dole). Sa porastom širine filtera ovaj broj se značajno smanjuje (naročito za manje širine filtera), dostiže minimum za $t_{MA}=13$ dana, a zatim se uočava veoma blag porast.



Slika 3. Broj epizoda deficitia sa trajanjem < 6 dana (gore) i broj epizoda viška između dve susedne epizode sa trajanjem <11 dana (dole) u zavisnosti od širine MA filtera, za tri odabrana rečna profila.

3.2. Karakteristike epizoda deficitu za usvojenu širinu MA filtera

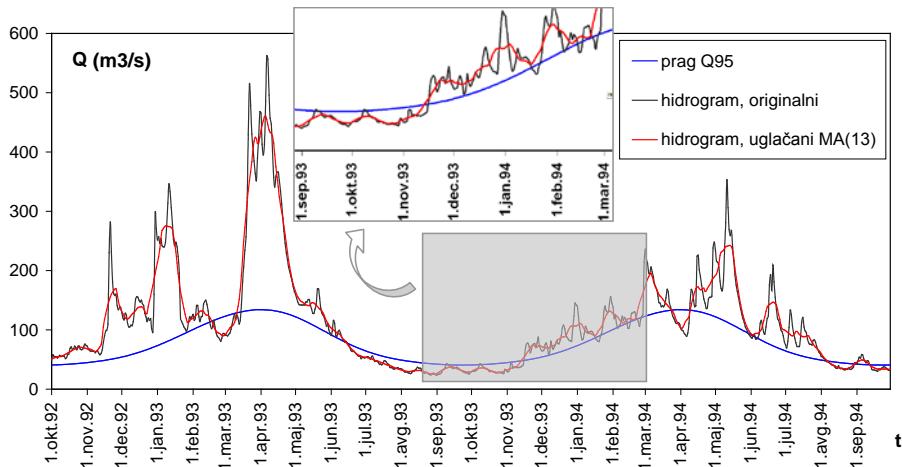
Tabela 2 prikazuje osnovne podatke o izdvojenim epizodama deficitu za sve tri stanice, za usvojeno t_{MA} .

Tabela 2 Rekapitulacija osnovnih podataka o izdvojenim epizodama deficitu, za usvojeno t_{MA} na tri razmatrane stanice.

Stanica	Broj hidrol. godina	Usvojeno t_{MA} (dana)	Br. epizoda	Br. godina bez epizoda	Br. epizoda sa trajanjem manjim od 6 dana	Br. epizoda viška sa trajanjem manjim od 11 dana
Bezdan	56	13	37	34	4	0
Lj. Most	56	13	37	33	2	2
Beli Brod	47	13	39	29	6	2

Slika 4 prikazuje ulazne hidrograme za period 1. oktobar 1992 – 30. septembar 1994. godine (dve hidrološke godine), za stanicu Ljubičevski Most, na Velikoj Moravi. Prikazani su originalni hidrogram i hidrogram koji je dobijen uglačavanjem niza po metodi pokretnih proseka, sa odabranom optimalnom širinom filtera od 13 dana. Na hidrograme je nanesen prag Q_{95} sa dijagrama marginalnih raspodela. Jedan deo dijagrama je uveličan da bi se ilustrovalo kako uglačavanje ulaznog hidrograma utiče na male i međusobno zavisne epizode. U septembru i oktobru 1993. godine, na primer, bilo je dva veoma kratka perioda tokom kojih je hidrogram bio malo iznad linije praga. Jasno je da su periodi deficitu pre i posle toga, u stvari, delovi jedne iste duge epizode i da predstavljaju međusobno zavisne događaje. Posle uglačavanja ulaznog hidrograma filterom MA(13), ove epizode su spojene u jednu. Takođe, u februaru 1994. godine, bilo je nekoliko epizoda deficitu koje predstavljaju i male i međusobno zavisne događaje, a posle uglačavanja ulaznog hidrograma one su uspešno eliminisane.

Slika 4 prikazuje i najznačajniju epizodu deficitu koja je izdvojena na stanicu Ljubičevski most. To je epizoda koja je najznačajnija i po trajanju i po zapremini akumuliranog deficitu. Epizoda traje 152 dana, od 16. juna 1993. do 13. 11.1993. (Prva sledeća epizoda traje 45 dana.) Akumulirani deficit iznosi $146,54 \times 10^3 \text{ m}^3$ i veći je za oko 33% od deficitu koji je drugi po veličini.



Slika 4. Epizode deficitne koje su izdvojene na originalnom dnevnom hidrogramu i hidrogramu uglačanom po metodi pokretnih proseka MA(13), nanošenjem promenljivog praga Q_{95} (reka V. Morava, v.s. Ljubičevski Most, period 1. oktobar 1992 – 30. septembar 1994.).

4. ZAKLJUČAK

Za rešavanje problema malih i međusobno zavisnih epizoda u ovom radu je korišćena metoda pokretnih proseka, MA, koja je pokazala zadovoljavajuće rezultate. Poseban cilj ovog rada je određivanje optimalne širine filtera MA. Za analizu su odabrana tri hidrološka profila sa područja Srbije. Na osnovu analize uticaja širine MA filtera na broj i karakteristike epizoda, kao i na broj malih epizoda, odabrana je širina filtera od 13 dana za odabrane hidrološke stanice.

Dalje istraživanje bi trebalo da obuhvati analizu pogodnosti pojedinih modela za probabilističku karakterizaciju epizoda deficitna.

Nedavno istraživanje mogućnosti povezivanja indeksa meteorološke i hidrološke suše na teritoriji Srbije, urađeno je za vremenski korak od 1, 2,..., 12 meseci [8]. Kako su najbolji rezultati dobijeni za povezivanje ovih indeksa u jednostavan model za predviđanje indeksa hidrološke na osnovu indeksa meteorološke suše za 1 mesec zakašnjenja, nameće se analiza veze ova dva indeksa za kraće vremenske korake. Jedna mogućnost je i povezivanje rezultata ovog rada sa odgovarajućim karakteristikama epizoda suša ili deficitna dnevnih padavina, po istoj metodologiji, s obzirom na to da su već

izvedeni dijagrami marginalnih raspodela za padavine na 25 reprezentativnih meteoroloških stanica sa područja Srbije [9]. Potencijalni prognostički model bi bio pogodan za uvođenje u hidroinformacioni sistem za najavu suša [10], za koji su pripremljene ontologije [11].

5. IZJAVA

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije TR37003 "Razvoj hidroinformacionog sistema za ranu najavu suša".

6. LITERATURA

- [1] Yevjevich V., 1967: An objective Approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrology Paper No. 23, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- [2] Mihailović V., Blagojević B. i Đukić V., 2014: Identifikacija epizoda deficit-a dnevnih protoka metodom koraka-teorijske postavke. Zbornik radova Građevinsko-arkitektonskog fakulteta u Nišu 29: (recenzija u toku)
- [3] Mihailović, V., 2012: Složena analiza hidroloških vremenskih serija za potrebe modeliranja ekstremnih događaja. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet.
- [4] Tallaksen L.M, Madsen H. i Clausen B., 1997: On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume, Hydrological Sciences Journal, 42(1): 15–33.
- [5] Fleig A.K, Tallaksen L.M, Hisdal H i Demuth S., 2006: A global evaluation of streamflow drought characteristics. Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, pp. 535–552.
- [6] Hisdal H. i Tallaksen L.M, 2000: At site drought definitions. In: (urednici Hisdal H. i Tallaksen L.M) Drought Event Definition, ARIDE Technical Report No.6, Department of Geophysics, University of Oslo, Norway.
- [7] Zelenhasić E. i Salvai A., 1987: A method of Streamflow Drought Analysis, Water Resources Research, 23 (1): 156–168.
- [8] Blagojević, B., Mihailović, V., Gocić, M., Trajković, S., 2013: Streamflow Drought Index modelling through Standard Precipitation Index assisted by service-oriented paradigm. Digital

- Conference Proceedings of the 1st CIGR Inter-Regional Conference on Land and Water Challenges – Bari (Italy), 10-14 September, 2013. Lamaddalena, N., Todorovic, M., Pereira, L.S. (Eds.). ISBN 2-85352-519-8. Conference e-proceedings USB\Full papers\Session 9\ S9-2, 10 p.
- [9] Mihailović V., i Radić Z.M., 2010: Marginalne raspodele kumulativnih dnevnih padavina na prostoru Srbije. Vodoprivreda 42(1-3):39-54.
 - [10] Milanović M., Gocić M., Trajković S., 2013: Analiza softverskih rešenja za predikciju i ranu najavu suše. Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, (28):45-54.
 - [11] Gocić M.L., 2009: Ontologije u oblasti hidrologije i hidrološki informacioni sistemi. Nauka + Praksa 12(1):31-34.

UDK:624.012.3:69.057

UNIFICIRANJE PANELA KOD MONTAŽNIH KONSTRUKCIJA

Milica Veljković¹
Biserka Marković²
Vuk Milošević³

Rezime

U panelnom sistemu montažne gradnje postoje različiti tipovi veza. Za svaku od njih koriste se odgovarajući paneli. Zbog toga je za izgradnju jednog objekta potrebno mnogo različitih panela što podrazumeva veliki broj različitih kalupa potrebnih za njihovo spravljanje. Izrada kalupa za prefabrikaciju elemenata je jako skupa. Unificiranjem elemenata montažna gradnja bi bila i jeftinija i jednostavnija. Zbog toga treba težiti minimalizaciji i unificiranju različitih elemenata. Jednostavnije korišćenje modularnog rastera postiglo bi se elementima istih dimenzija. U ovom radu dat je predlog novog načina vezivanja panela, koji rezultuje unificiranjem završetaka panela. Novi način izrade panela pojednostavio bi proces montaže, omogućio bi upotrebu savremenih fasada i izgradnju modernijih objekata.

Ključne reči: *montaža, prefabrikacija, prefabrikovani element, unificirani panelni elementi, sendvič panel, spojevi, AB tavanica*

1. UVOD

Montažna izgradnja predstavlja građenje objekta prefabrikovanim elementima koji se dovoze iz fabrike i spajaju na gradilištu. Prefabrikacijom elemenata postiže se brža, jednostavnija i sigurnija izgradnja objekata različitih dimenzija. Grade se više

¹ Milica Veljković, dia, student master studija, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš

² Biserka Marković, dr, redovni profesor, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš

³ Vuk Milošević, mia, asistent, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš

decenija širom sveta, a masovna primena montažne gradnje počela je posle drugog svetskog rata kao posledica razrušenih gradova i potreba pronalaženja krova ljudima koji su ostali bez svojih domova. Tada je bilo neophodno što pre obezbediti smeštaj, a montažnom gradnjom je, za vrlo kratko vreme, izgrađen veliki broj privremenih objekata.

Nagli razvoj tehnologije i industrije uzrokovan je masovno naseljavanje gradova i potrebu za novim stambenim jedinicama. Građevinci su tada dobili novi zadatak, trebalo je izgraditi trajne višespratne zgrade, otporne na zemljotres, olujne vetrove i požare, i time obezbediti stalan, siguran i kvalitetan život [1]. Upotreboom armiranog betona u montažnoj gradnji omogućen je duži vek trajanja zgrada. U fabrikama su u kalupima pravljeni sendvič-fasadni elementi sa ugrađenim instalacijama [2] koji su transportovani do gradilišta, čime je ubrzan proces izgradnje.

Novi sistem izgradnje i razvoj tehnologije proizvodnje prefabrikovanih elemenata i transporta doveli su do naglog napretka i preokreta u građevinarstvu. Prednosti montažne gradnje su: brža i efikasnija izgradnja, manji troškovi prilikom izvođenja, visok kvalitet i trajnost, velika fleksibilnost pri upotrebi modularno koordinacije.

„U Nemačkoj je 50-tih i 60-tih godina izgrađeno desetine hiljada stanova od betonskih elemenata. Danas te zgrade nisu u dobrom stanju i teško ih je koristiti i održavati. Pitanje je da li bi se više isplatila revitalizacija ili rušenje i ponovna izgradnja objekata. Veliki broj objekata od prefabrikovanih elemenata sagrađeno je i u Finskoj i Švedskoj. Pored ispucalog betona, problem mnogih objekata predstavljaju spojnice elemenata. Glavni uzrok propadanju spojnica je neadekvatna primena kita u odnosu na širinu fuge, kao i uticaj klimatskih uslova, temperaturnih promena, kiše i olujnih vetrova.“ [3]

Primena montažnog sistema izgradnje proširena je Evropom, posebno skandinavskim zemljama [4]. Na slici 1 prikazani su primeri izgrađenih objekata u montažnom sistemu. Alipašino naselje u Sarajevu izgrađeno je 1978. godine, zatim je 1985. godine izgrađena zgrada u Zvorniku. U Novom Sadu je izgrađen hotel 1980. godine, a u Nišu su izgrađeni mnogi objekti od kojih je 1982. godine Medicinski centar današnji Dom zdravlja i 1979. godine robna kuća kao i veliki broj stambenih zgrada, pogotovo duž ulice Bulevar Nemanjića. Danas se najmodernije montažne konstrukcije projektuju tako da budu rasklopive, pa je moguće koristiti ih više puta i na različitim lokacijama [5].

Unificiranje panela kod montažnih zgrada



Slika 1. – Objekti izgrađeni u montažnom sistemu

Najveću atrakciju 60-tih godina u građevinarstvu predstavlja Habitat u Montrealu (slika 2), u Kanadi, koji je napravljen 1967. godine. Ovaj značajan i vrlo prepoznatljiv objekat projektovao je kanadski arhitekta Moše Safdi (Moshe Safdie) koji je sklapanjem i kombinovanjem različitih rasporeda prefabrikovanih betonskih elemenata u obliku kutije dobio vrlo zanimljivu i funkcionalnu formu. Montažom 354 prefabrikovanih ćelija istih dimenzija napravljeno je 158 stambenih jedinica na 12 spratova.

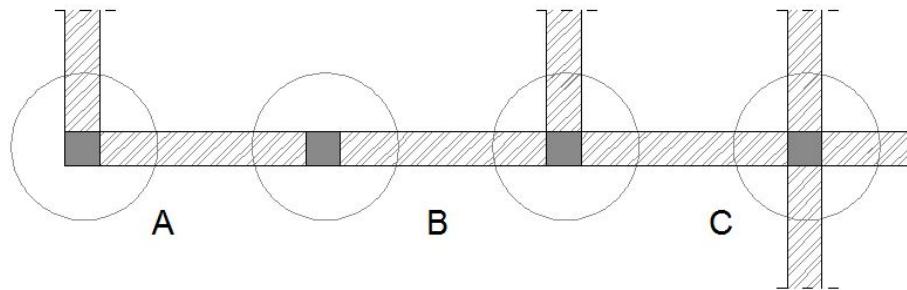


Slika 2. - Habitat u Montrealu

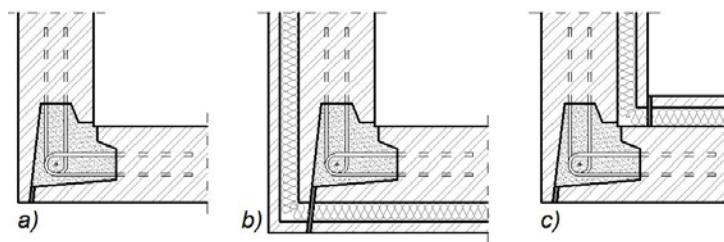
Postoje tri osnovna sistema montažne izgradnje: skeletni, panelni i čelijski [6]. Oni se upotrebljavaju u zavisnosti od vrste i namene objekta, klimatskih uslova, finansijskih mogućnosti, sredine u kojoj se objekat gradi i dr.

2. VRSTE TRADICIONALNIH PANELA I VEZA: TRENUTNO STANJE

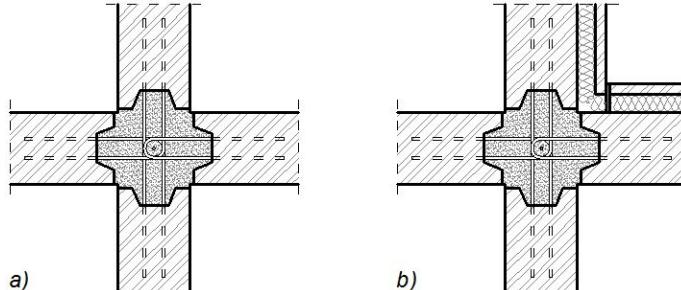
Jedan od glavnih problema u montažnoj izgradnji jesu spojevi, horizontalni i vertikalni [7,8]. U panelnom sistemu postoje različite vrste vertikalnih veza panela: sučeljavanje, suticanje i ukrštanje (slika 3). Detaljniji prikazi različitih vertikalnih spojeva panela od kojih su se do sada pravili objekti prikazani su na slikama 4-7.



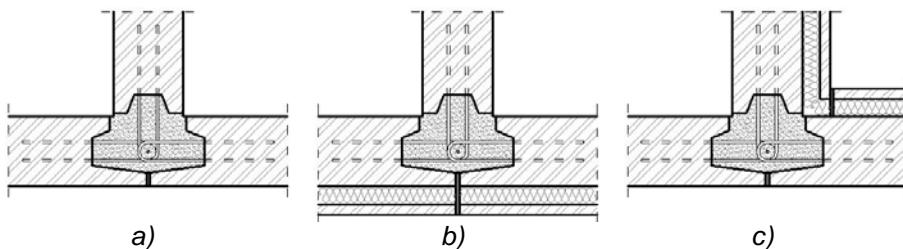
Slika 3. - Moguće kombinacije vertikalnih spojeva panela: A-sučeljavanje, B-suticanje i C-ukrštanje



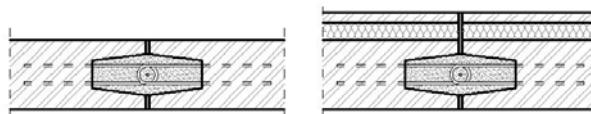
Slika 4. - Sučeljavanje 2 panela



Slika 5. - Ukrštanje 4 panela



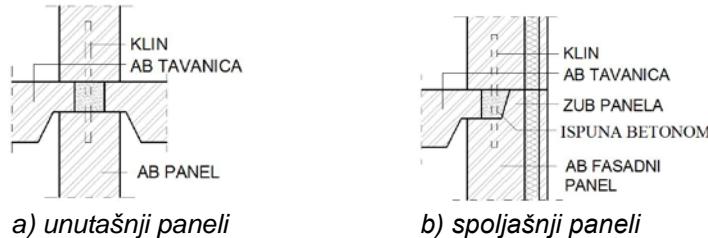
Slika 6. - Suticanje 3 panela



Slika 7. – Sučeljavanje 2 panela pod ugлом od 180 stepeni

Tradicionalni paneli projektovani su tako da sami formiraju oplatu za ispunu spoja betonom. Iako su paneli istih dimenzija i karakteristika, njihovi završeci tj. ivice se razlikuju i zbog toga je povećan broj različitih panela. Za ostvarivanje mokre veze između panela nije potrebna dodatna oplata jer završeci tj. ivice panela imaju ulogu oplate. Na slici 4 prikazane su varijante sučeljavanja dva panela. Na slici 6a paneli se nalaze u unutrašnjosti objekta, dok su na slikama 6b i 6c prikazani spoljašnji paneli. Na slici 5 prikazane su varijante ukrštanja panela, na slici 6a suticanje unutrašnjih panela, a na slici 6b i 6c suticanje spoljašnjih panela. Konstrukcija spoljašnjih panela je tzv. „sendvič panel“ koji se sastoji od nosećeg i nenosećeg dela. Noseći deo je od armiranog betona, a nenoseći je termoizolacija i zaštita termoizolacije. Sučeljavanje dva panela pod uglom od 180 stepeni prikazan je na slici 7.

Kod horizontalnih spojeva je slična situacija. Sami paneli formiraju oplatu za ispunu spoja betonom. Na slici 8 prikazana je horizontalna veza između panela i tavanice.



Slika 8 .– Horizontalna veza između panela i tavanica

Na slici 8a prikazana je veza između unutrašnjih panela i tavanica dok je na slici 8b prikazana veza između spoljašnjih panela i tavanice gde se jasno vidi razlika između unutrašnjeg i spoljašnjih panela. Unutrašnjem panelu nije potrebna dodatna oplata za betoniranje spoja, ali dodatna oplata nije potrebna ni kod betoniranja spoljašnjeg panela sa tavanicom jer je prefabrikovani panel naprevljen tako da na spoljašnjoj gornjoj ivici ima tzv. Zub.

Cilj rada je da se ispita mogućnost izrade objekta od panela i tavanica istih ili sličnih dimenzija. Rezultat ovakvog pristupa bio bi unificiranje svih elemenata odnosno završetaka elemenata, kako bi ušteda na izradi kalupa bila veća.

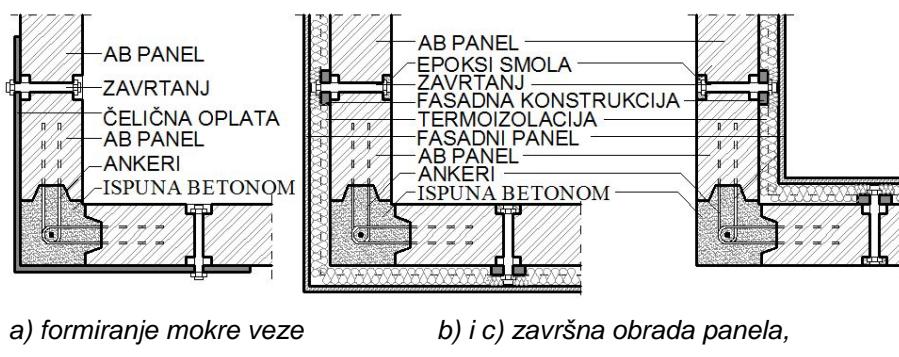
3. PREDLOG UNAPREĐENJA TRADICIONALNIH PANELA

Da bi se ispoštovao modularni raster u montažnoj izgradnji, neophodno je da se dimenzije elemenata. Zbog ekonomičnije izgradnje teži se ka minimalizaciji i unificiraju različitim elemenata.

Pod unificiranim elementima podrazumevaju se elementi sa istim završecima. Svođenjem prefabrikovanih panela na iste dimenzije postiže se bolja modularna koordinacija panela i njihovo lakše i brže montiranje na gradilištu. Cilj unificiranih elemenata je lakša i brža prefabrikacija, bez dodavanja termoizolacije spoljašnjim panelima.

Tradicionalni paneli, kao što je već pomenuto, pravljeni su tako da prilikom formiranja vertikalnih spojeva ne traže dodatnu oplatu već je moguće odmah izvesti mokru vezu. Pošto su svi unificirani paneli sa istim završecima, nastaje problem pri betoniranju različitih vertikalnih spojeva jer paneli ne mogu sami da formiraju oplatu kod svake veze. Zbog toga je potrebno napraviti oplatu od

čelika koji se premazuje leksanom ili glinenim premazima da se oplata ne bi ugradila u beton kako bi mogla da se koristi više puta. (slika 9a). Minimalna visina oplate mora biti jednaka visini panela. Debljina oplate se proračunava tako da može da izdrži dejstvo nasutog betona. Oplata se uz panel privremeno fiksira zavrtnjima visokovrednog čelika prečnika koji se dobija iz proračuna.



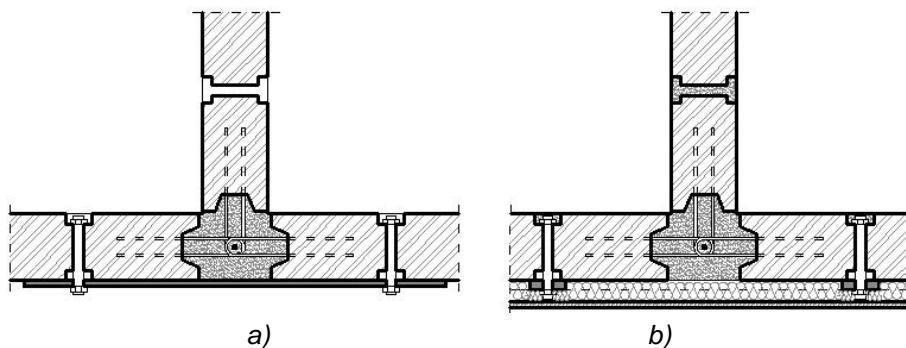
Slika 9. - Sučeljavanje panela-vertikalna veza

Svaki panel ima otvore na određenim mestima i rastojanjima, koji se koriste za privremeno montiranje oplate. Obavezno treba обратити пажњу на то да отвори не нaruše статичку стабилност panela, као и да димензије отвора одговарају задовољавајућој дебљини zavrtnja koji spaja oplatu i panel. Nakon izlivanja spojeva, oplata se skida, otvor u panelima oslobađaju. Kod panela koji se koriste kao unutrašnji, otvoru se ispunjavaju materijalom na bazi epoksi smole. Kasnije se malterišu zidovi tako da se u enterijeru ne vide otvorovi za zavrtnje. Kod panela postavljenih po obimu objekta, tj. kod спољашњих panela, otvoru se koriste за приčvršćavanje fasadnih panela. Kako zavrtanj za vezu fasadnog panela i prefabrikovanog AB panela ostaje stalno, ne bi bilo lepo da se on vidi u enterijeru. Da ne bi unutrašnji prostor bio smanjen zbog maskiranja zavrtnja, otvor za zavrtanj treba povećati onoliko koliko je potrebno za nesmetano montiranje panela, tako da zavrtanj ne viri u odnosu na unutrašnju površinu panela (slika 9a). Prazan prostor zatim treba ispuniti epoksi smolom i time stvoriti ravnu površinu panela spremnu za dalju unutrašnju obradu - malterisanje i krečenje (slike 9b i 9c).

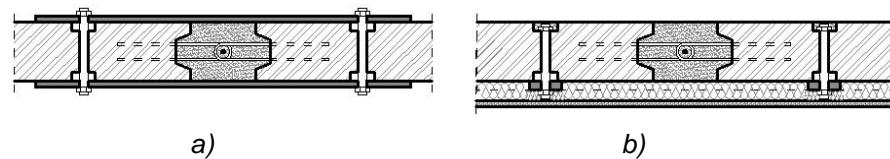
3.1. Vertikalni spojevi

Usvajanjem panela sa istim završetkom koji se javlja kod veze ukrštanja, postignuto je unificiranje panela. Isti taj panel, kod

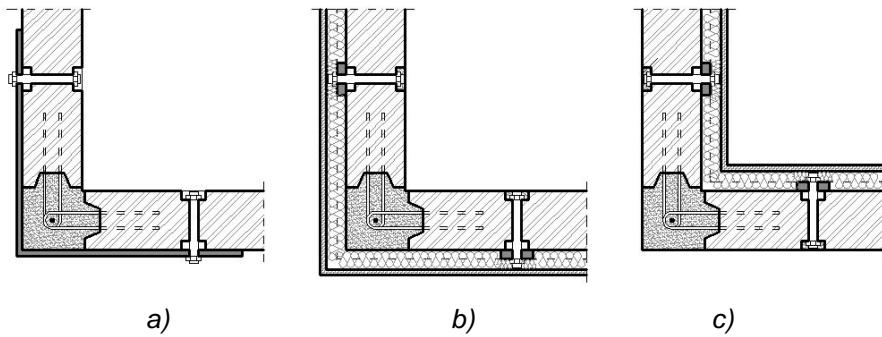
tradicionalnog sistema, pojavljuje se i kod suticanja kao unutrašnji, dok spoljašnji ima različiti završetak (slika 5). Prilikom spajanja unificiranih panela na različite načine, dobijaju se različite veze koje uslovjavaju oblik oplate. Na slikama 10-13 prikazane su mogući tipovi veza. Na slikama 10a, 11a, 12a i 13a prikazani su paneli sa čeličnim oplatama, dok su na ostalim slikama prikazani paneli posle betoniranja veza sa termoizolacijom i fasadom.



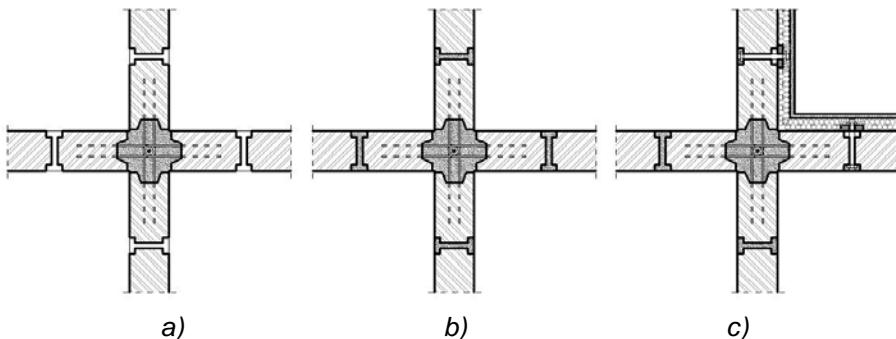
Slika 10. - Suticanje 3 panela



Slika 11. – Spoj dva panela



Slika 12. – Sučeljavanje panela



Slika 13. – Ukrštanje panela

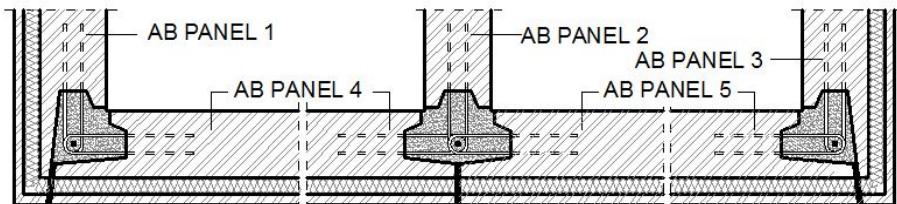
U zavisnosti od vrste veze, tj. od položaja platna u konstrukciji, mogu se uočiti dve različite oplate. Jedna ima oblik slova „L“ i koristi se pri izradi mokre veze kod sučeljavanja (slika 12). Druga vrsta oplate je u jednoj ravni i koristi se pri izradi mokre veze kod suticanja i spoja dva panela (slike 10 i 11). Kod ukrštanja unificiranih panela nije potrebna dodatna oplata (slika 13).

3.2. Rezultati

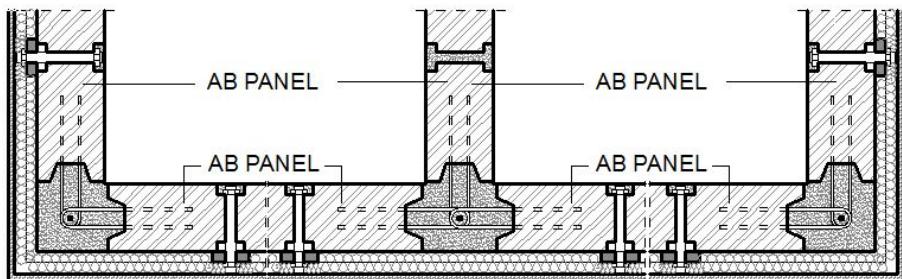
Razlika između neunificiranih (slika 14) i unificiranih (slika 15) panela najviše se primećuje u vezama. Njihove dobre i loše strane su:

- Mogućnost izgradnje celog objekta od unificiranih panela, gde je potrebno napraviti samo jedan kalup za izlivanje prefabrikovanih panela što pojednostavljuje gradnju.
- Nije potrebno mnogo mesta za sortiranje i privremeno smeštanje unificiranih panela na gradilištu, što upotreba neunificiranih panela može dosta da zakomplikuje gradnju.
- Prilikom montaže objekta ne treba voditi računa o unutrašnjim i spoljašnjim unificiranim panelima.
- Kod unificiranih je jednostavnija porudžbina prefabrikovanih panela, potrebno je reći samo broj i dimenzije istih.
- Primenom savremenih fasada poboljšan je estetski izgled okoline dok je kod objekta izgrađenih od tradicionalnih neunificiranih panela fasada monotona.
- Potrebno je više vremena i radne snage kod montaže objekta od unificiranih panela zbog dodatnih radova na oplati, ispuni otvora za šrafove i montaže fasade, dok kod neunificiranih panela to nije potrebno.

- Mokre veze ostvarene između neunificiranih panela su jače jer količina betona koja se izliva zahvata veću površinu panela, uz to je potrebna manja količina betona za spoj.



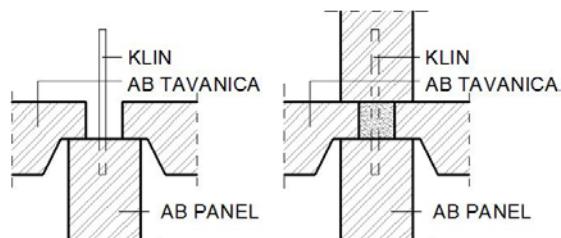
Slika 14. – Paneli koji nisu unificirani



Slika 15. – Unificirani paneli

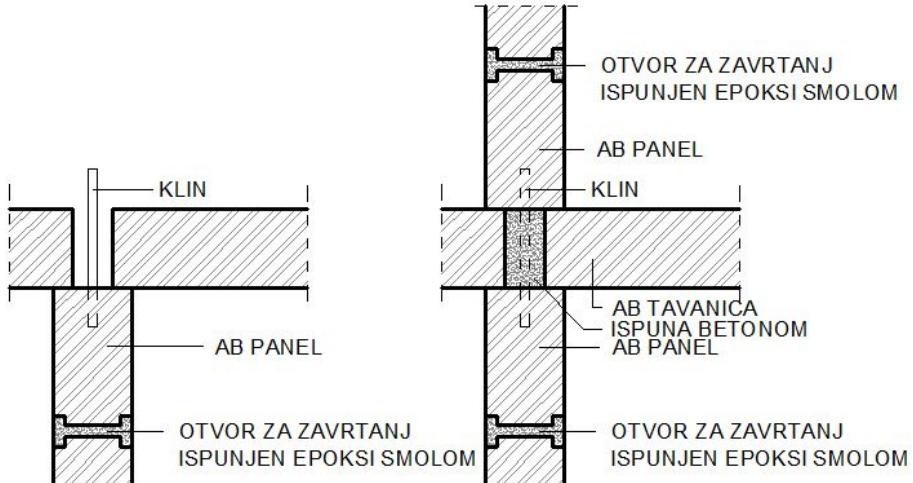
3.3. Horizontalni spojevi

Da bi zgrada bila stabilna neophodno je dobro izvesti i horizontalne spojeve. Prilikom montaže tradicionalnih unutrašnjih nosećih panela (slike 16), tavanice se oslanjaju na panel a zatim se međuprostor popunjava betonom. Montaža unutrašnjih unificiranih panela bi se izvodila na isti način, samo bi ispuna otvora za zavrtnje bila dodatni posao (slika 17).



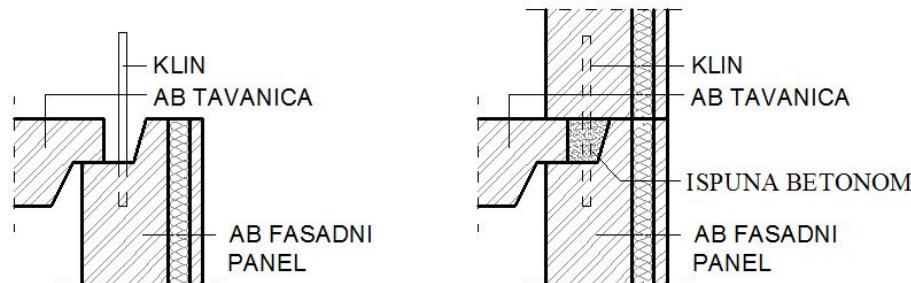
Slika 16. – Veza unutrašnjih tradicionalnih panela sa tavanicama

Unificiranje panela kod montažnih zgrada

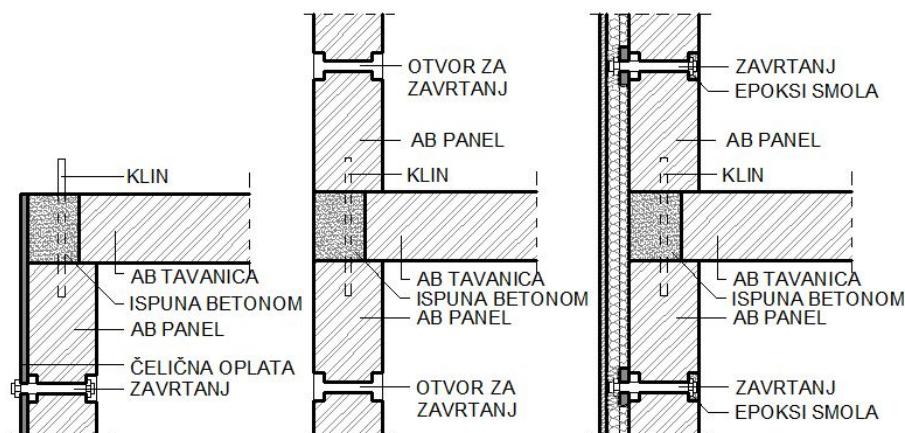


Slika 17. – Veza unutrašnjih unificiranih panela sa tavanicama

Spoljašnji paneli kod tradicionalnog i unificiranog sistema se razlikuju. Na slici 18 prikazana je postepena montaža tradicionalnog panela sa tavanicom. AB fasadni paneli prefabrikovani su tako da sa postavljenom tavanicom formiraju prostor koji se popunjava betonom. Pošto su svi unificirani paneli isti, prilikom izrade horizontalnog spoja između tavanice i panela, potrebno je napraviti oplatu. Unificirani paneli nemaju tzv. Zub koji kod tradicionalnih spoljašnjih panela služi kao oplata pri ugradnji betona. Zbog toga je potrebno napraviti čeličnu oplatu koja bi se privremeno montirala za panel uz pomoć zavrtnja (slika 19). Nakon izrade spoja, tradicionalni sistem montažne izgradnje ne traži dodatne radove jer su spoljašnji sendvič paneli prefabrikovani sa termoizolacijom i zaštitnim slojem – fasadom. Unificirani AB paneli su fleksibilniji po tom pitanju jer im se može dodati termoizolacija različite debljine, upotreba dodatne fasadne konstrukcije bi produžila vreme izgradnje ali bi omogućila veći izbor različitih fasada i njihovih kombinovanja. Monotona fasada tradicionalnih sendvič panela odavno nije aktuelna. Danas je jako bitan estetski izgled objekta, teži se primeni savremenijih materijala i zanimljivih dizajna.



Slika 18. – Veza spoljašnjih tradicionalnih panela sa tavanicom

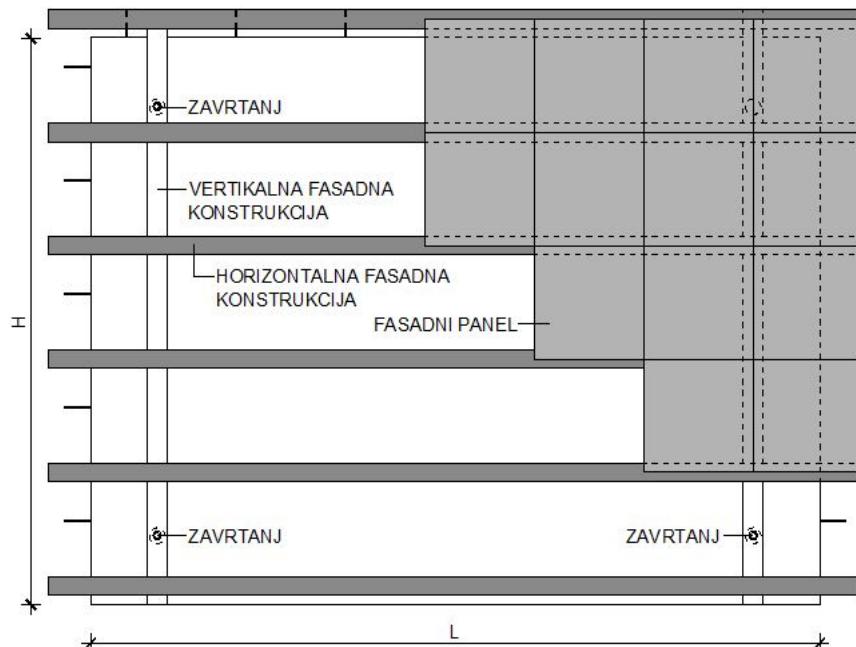


Slika 19. – Veza spoljašnjih unificiranih panela sa tavanicom

3.4. Fasade

Na slici 20 prikazan je unificirani panel u izgledu na kome se vidi da panel ima četiri otvora. Udaljenost otvora od bližeg kraja panela treba proračunati i dodatno ispitati zbog stabilnosti konstrukcije. Takođe treba proračunati i dimenzije zavrtnja i klinova koji vire iz panela. Visina panela H zavisi od svete visine sprata, dok dužina L može biti različita. Dimenzije panela zavise od vrste, namene i veličine objekta kod koga se primenjuje ova vrsta montažnog sistema. Posebnu pažnju treba posvetiti termoizolaciji kao bitnom faktoru u poboljšanju energetske efikasnosti objekta [9].

Fasadnu konstrukciju za jedan panel čine dva vertikalna i više horizontalnih čeličnih profila. Dimenzije vertikalnih panela zavise od vrste panela i njihovog proizvođača. Za vezu vertikalnih profila i panela koriste se zavrtnji. Horizontalni profili su zakačeni na vertikalne i na njih se kače fasadne ploče. One se postavljaju na rastojanju koje zavisi od dimenzije fasadnih panela.



Slika 20 . – Konstrukcija fasadnih ploča

4. ZAKLJUČAK

Unificirani elementi predstavljaju jednu novu ideju u panelnom sistemu montažne izgradnje koju tek treba testirati i pokazati njenu vrednost, pre svega, zbog svoje jednostavnosti i ekonomičnosti u odnosu na tradicionalni sistem. Do sad je korišćen tradicionalni sistem i ideja ovog rada je da da predlog za unapređenje tradicionalnog sistema. Moguća unapređenja do sada nisu dovoljno istraživana, a u ovom radu je dat samo jedan od mogućih predloga. U radu su prikazane i dobre i loše strane oba sistema, tradicionalnog i unificiranog. Za tradicionalni sistem je potrebno manje vremena za samu montažu objekta, ali mnogo više vremena za sortiranje panela pre montaže, i više finansijskih sredstava za izradu panela. Vreme koje se uštedi pri sortiranju unificiranih panela utroši se na izradu fasade, što može da bude i dobra strana jer pruža velike mogućnosti za oblikovanje fasade. Projektant ima veliki izbor, može da kombinuje različite fasadne ploče. Fasadna konstrukcija koja bi se primenjivala omogućuje kačenje i zid zavesa koja je danas jako popularna širom sveta.

Montažni sistem izgradnje je jako efikasan, treba ga maksimalno upotrebljavati, jer pored duge trajnosti, efikasne i brze izgradnje, može da omogući dugotrajan udoban i prijatan ambijent za boravak kao i za obavljanje predviđenih aktivnosti. Zbog toga je jako bitno stalno raditi na unapređivanju kako montažnih prefabrikovanih elemenata tako i mehanizacije koja je potrebna da se ti elementi bezbedno transportuju i montiraju na gradilištu. Cilj rada nije da favorizuje predloženi sistem, već samo da ga ponudi stručnoj javnosti, koja će kroz praksu pokazati ili njegovu opravdanost ili ukazati na eventualna dalja unapređenja.

5. LITERATURA

- [1] Vesić U.: *Ključni aspekti prefabrikovane gradnje višeporodičnih stambenih zgrada*, Izgradnja 66(3-4) (2012) 175-181.
- [2] Stanojević A.: *Sprovođenje instalacija u montažnim objektima*, Tehnika 69(4) (2014) 579-587.
- [3] Milan Milićević: *Zgrade od prefabrikovanih betonskih elemenata posle 40-50 godina korišćenja*, Arhitektura i urbanizam 9 (2002) 47-53.
- [4] Adler P.: *Montažne stambene zgrade-Kompendijum*, SISU group, Beograd, 2004.
- [5] Milošević V., Savić J., Marković B.: *Prefabricated membrane structures as temporary covers*, Proceedings of 13th International Scientific Conference VSU2013, Sofia, 2013, pp III224-229.
- [6] Stefanović J., Cvetković S., Petrović L.: *Primena čelijskog sistema u eko arhitekturi*, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta 28 (2013) 141-154.
- [7] Folić R.: *Spojevi i veze montažnih betonskih zgrada, Montažni građevinski objekti*, Ekonomika, Beograd, 1983, str. 117-168.
- [8] Trbojević R.: *Spojevi u sistemu modularne koordinacije, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu*, Beograd, 1977.
- [9] Marković B., Nikolić V., Stojanović M., Nikolić O., Milošević V., Marković S.: *Determining important factors for improving the energy efficiency, optimal economic and ecological characteristics of a building*, Proceedings of 16th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia SIMTERM 2013, Sokobanja, 2013. godina, pp 472-484.

UDK: 556.166(497.11)

KATASTROFALNE POPLAVE U SRBIJI SREDINOM MAJA 2014.

Slavko Zdravković¹

Stefan Conić²

Nikola Stojić³

Andrija Zorić⁴

Novica Tončev⁵

Rezime:

U radu su prikazane katastrofalne poplave koje su se dogodile polovinom maja 2014. godine u Srbiji i nezabeležene su na ovim prostorima a usledile su nakon obilnih padavina i snažnog ciklona koji je zahvatio centralni deo Balkanskog poluostrva. Procenjuje se da su poplave sa povratnim periodom od 1000 godina, visine vode i do 6 metara, pa je materijalna šteta izuzetno velika. Spasilačke ekipe, iz mnogo zemalja sveta, su najsavremenijom opremom spašavale sve što se spasti može, a prvenstveno su danonoćno evakuisali stanovništvo iz ugroženih područja.

Ključne reči: *poplava, katastrofa, žrtve, klizišta, kuće, evakuacija, spasioci.*

¹ Prof.dr,Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika,inovatora i naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za nauku,tehnologiju i razvoj u oblasti: 1221 građevinsko inženjerstvo, aseizmičko građevinarstvo, stabilnost mostova,Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

² Master građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Stipendista Ministarstva, saradnik u nastavi, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

³Dipl. građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

⁴Master građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

⁵Dipl. građ.inž., student doktorskih akademskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija

1. UVOD

Počev od 13. maja do 20. maja 2014. godine Srbiju (a i okruženje) su zahvatile obilne kiše (i preko 200 litara u dva dana) koje su izazvale katastrofalne posledice sa ljudskim žrtvama i velikom materijalnom štetom. Malo novca koji se izdvaja za zaštitu od voda, ruinirana vodoprivredna preduzeća, slaba pošumljenost, ali i neodgovornost stanovništva koje od reka i kanala pravi deponije i gradi kuće u plavnim područjima razlozi su zbog kojih je Srbija u ovim poplavama pokazala svoju nemoć. Nasipi, kanalske mreže i drenažni bunari su zapušteni i neodržavani. Na teritoriji Srbije postoji 11500 bujičnih tokova, a na 75% površine postoji problem sa erozijom. Bujične reke u brdskim predelima su odjednom ponele ogromne količine vode i nanosa u veće reke koje nisu bile u stanju da ih private pa je došlo do katastrofalnih poplava. Samo u površinskim kopovima termoelektrane "Kolubara" je dvostruko više vode nego u Vlasinskom jezeru. Dubina vode je bila i do 60 metara, a obzirom da se nalazi u depresiji (ispod nivoa reke Save) biće potrebno višemesečno ispumpavanje vode. Zbog svih ovih neprilika u Srbiji je zavedena vanredna situacija 16. maja 2014. godine i do danas, 23. maja nije ukinuta u Obrenovcu, Šapcu, Valjevu, Loznici, tj. u dva grada i 17 opština.

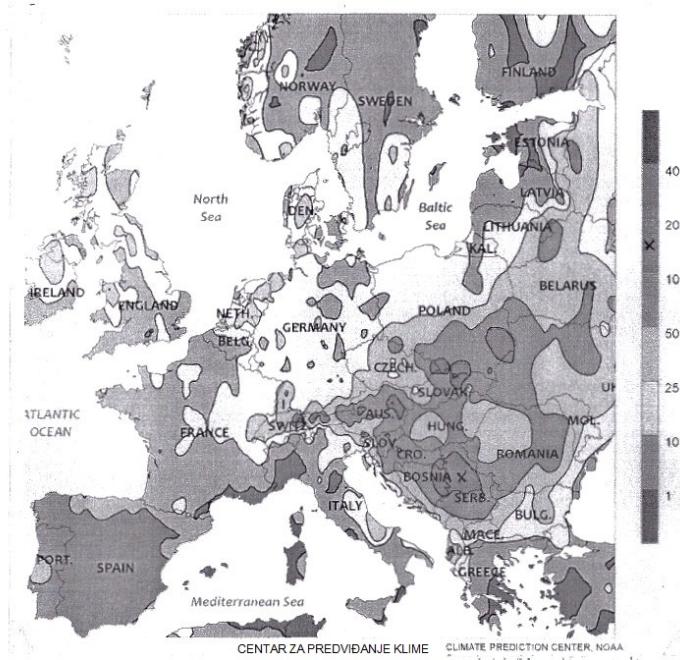
2. ŠTETE OD POPLAVA

Kao što je već rečeno, štete od poplava su katastrofalne, sa velikim brojem ljudskih žrtava i ogromnom materijalnom štetom. Da je bilo dobre prevencije šteta bi verovatno bila manja. Prema Zakonu o vodama, zaštita od bujica preneta je pre više godina sa republičkog nivoa na lokalne samouprave, ali se pokazalo da su gradovi i opštine "apsolutno nesposobni" da se time bave.

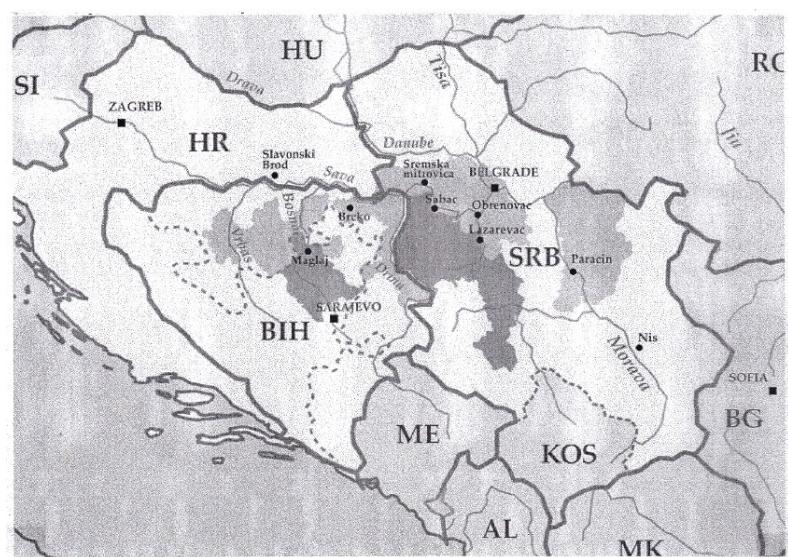
Do 23. maja (kada je tekst pisan), kada opasnost od polava još nije prošla, mogu se navesti štete od poplava. Do sada je evidentirano 33 žrtve od poplava, 538 nestalih osoba, poplavama je ugroženo 39 opština (odnosno 1 643 832 stanovnika), raseljena je 31 871 osoba, srušeno je 1 763 objekata, poplavljeno je 2 260 objekata (bez Obrenovca). Srušeno je 350 a oštećeno 10 000 kuća.

U Srbiji ima više od 140 kolektivnih centara, srušeno je 20, a oštećeno 200 mostova. Oštećeno je 20 kategorisanih puteva ili oko 4500 km a više od 1200km su u prekidu. Pokrenula su se više hiljada klizišta koja čine nenadoknadive štete.

Katastrofalne poplave u Srbiji sredinom maja 2014.



Slika 1.Evropska karta padavina maja 2014.



Slika 2.Poplave na Balkanu maja 2014.

3. VELIKE VODE U SRBIJI MAJA 2014.

Pod pojmom "velike vode" podrazumeva se stanje vodnog režima, kada se vodostaj, odnosno proticaj reke poveća i kada, skoro po pravilu, usled toga dolazi do izlivanja vode iz osnovnog korita i plavljenja priobalnog terena. Porast nivoa, odnosno proticaj je brz, da bi nakon dostignutog nivoa došlo do postepenog opadanja vodostaja, odnosno proticaja. Odgovarajući hidrogram, odnosno nivogram naziva se poplavni talas, a stanje kada se voda izliva naziva se poplava. Hidrogram velikih voda predstavlja zavisnost proticaja vode neke reke u određenom profile u funkciji vremena, kao posledica pale kiše na slivu jakog intenziteta.

Metode za proračun merodavne velike vode se, u zavisnosti od raspoloživih podataka osmatranja i merenja, mogu svrstati u sledeće grupe:

- 1) Metode proračuna velike vode na hidrološki izučenim profilima,
- 2) Metode za proračun velike vode na hidrološki nedovoljno izučenim profilima,
- 3) Metode za proračun velike vode na hidrološki neizučenim profilima,

U našoj zemlji najviše je profila pod tačkama 2 i 3. U hidrološkoj praksi je uobičajeno da se parametri hidrograma velikih voda definišu za hidrograme direktnog oticaja. U osnovi, polazi se od intenziteta bruto kiše, preko intenziteta neto kiše, do hidrograma direktnog oticaja. Na slici 3 prikazani su osnovni parametri koji definisu hidrogram direktnog oticaja u odnosu na padavine koje su ga izazvale.

Osnovni parametri hidrograma direktnog oticaja su:

Q_{\max} - maksimalna ordinata hidrograma direktnog oticaja

T_k - trajanje efektivne kiše

T_p - vreme podizanja hidrograma (od početka efektivne kiše do pojave maksimalne ordinate hidrograma direktnog oticaja)

T_r - vreme opadanja (retardacije) hidrograma (od pojave maksimalne ordinate do kraja hidrograma direktnog oticaja)

T_b - ukupno vreme direktnog oticaja – baze hidrograma

t_p - "vreme zakašnjenja" sliva – vreme od centra hidrograma efektivne kiše do pojave Q_{\max}

T_o - "vreme zakašnjenja" sliva – vreme od centra hijetograma efektivne kiše do centra hidrograma direktnog oticaja

W – zapremina hidrograma direktnog oticaja

P – ukupne bruto padavine na slivu površine F

P_{ef} - ukupne efektivne padavine koje su prouzrokovale hidrogram direktnog oticaja

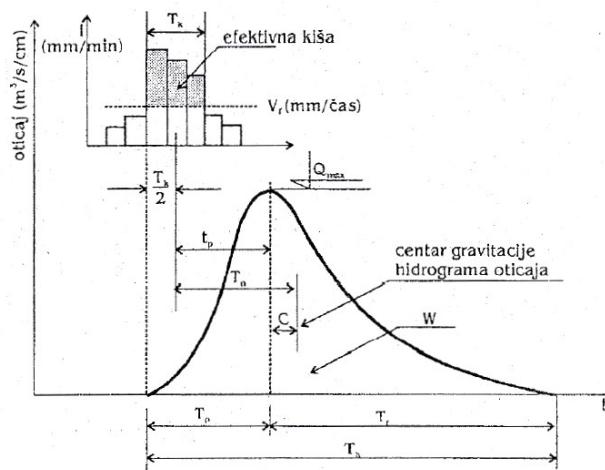
i – intenzitet bruto padavina

V_f - intenzitet infiltracije

α – koeficijent direktnog oticaja

T_c - vreme koncentracije – vreme koje je potrebno da kap vode sa najudaljenije tačke sliva, koji otiče površinski, dođe do izlaznog profila sliva

c – vreme od pojave maksimalne ordinate hidrograma do centra hidrograma direktnog oticaja.



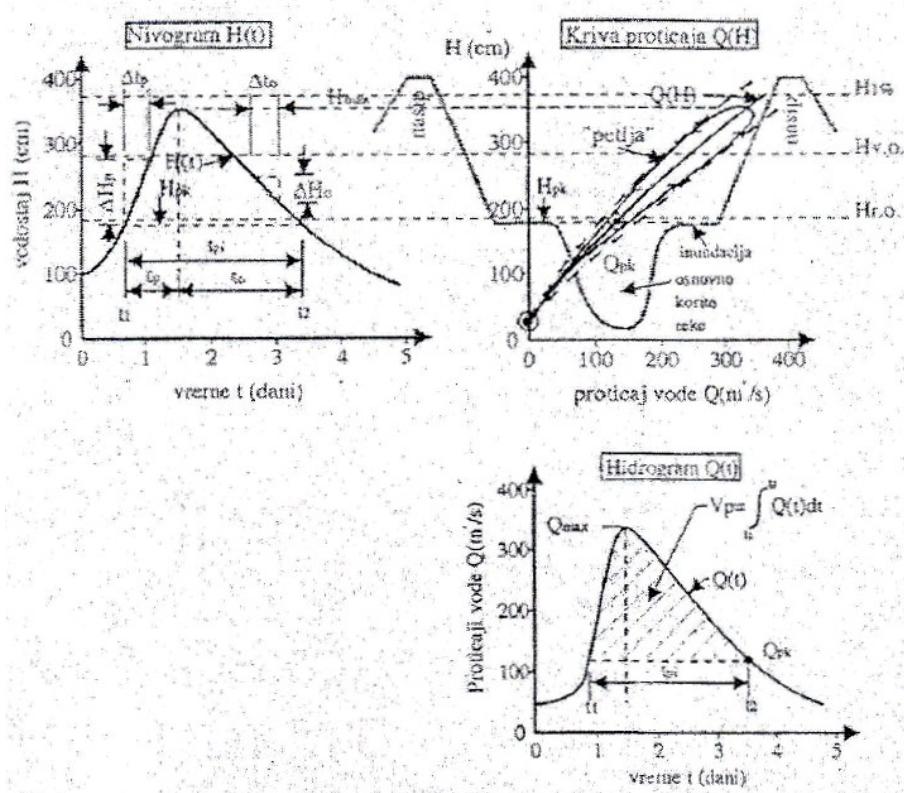
Slika 3. Parametri hidrograma direktnog oticaja

Ukupno vreme direktnog oticaja predstavlja zbir vremena podizanja i vremena retardacije hidrograma, tj.:

$$T_b = T_p + T_r \quad (1)$$

4. RIZIK OD POJAVA VELIKIH VODA

4.1. STIHIJSKA SILA VODE



Slika 4. Šematski prikaz nivograma, krive proticaja i hidrograma

Na slici 4 prikazani su parametri koji su značajni za zaštitu od poplava:

$H_{1\%}$ - vodostaj verovatnoće pojave 1%,

$H_{r.o.}$ - merodavni vodostaj za proglašenje redovne odbrane od poplava,

$H_{v.o.}$ - merodavni vodostaj za proglašenje vanredne odbrane od poplava,

H_{\max}, Q_{\max} - najveći vodostaj odnosno proticaj u periodu rada vodomjerne stанице,

H_{pk}, Q_{pk} - vodostaj odnosno proticaj pri punom osnovnom koritu reke,

t_{pi} - ukupno trajanje plavljenja inundacije ($t_2 - t_1$),

t_p - vreme porasta talasa velike vode (od H_{pk} do H_{\max}),

t_o - vreme opadanja talasa velike vode (od H_{\max} do H_{pk}),

V_p - ukupna zapremina vode koja je protekla u periodu t_{pi}

$$I_p = \frac{\Delta H_p}{\Delta t_p} \text{ - intenzitet porasta vodostaja,}$$

$$I_o = \frac{\Delta H_o}{\Delta t_o} \text{ - intenzitet opadanja vodostaja.}$$

Za planiranje, projektovanje i održavanje sistema zaštite od poplava značajno je da se svi parametri vekih voda (slika 7) odrede duž rečnog toka. Takođe je značajno da se odredi verovatnoća pojave velike vode po tzv. "povratnom periodu" pojave. Potrebno je da se odredi i "rizik pojave" neke velike vode. Ovaj rizik se izračunava pomoću jednačine:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad [\%] \quad (2)$$

gde je: P – rizik pojave velike vode,

N – broj godina u dužem period posle pojave velike vode za koji se izračunava rizik,

T – povratni period pojave velike vode.

Na primer, ako se u nekom vodotoku pojavila velika voda 2014. godine čiji bi povratni period bio 100 godina, onda je rizik pojave takve ili veće velike vode za period do 2050. godine, za povratni period od 500 i povratni period od 1000 godina, respektivno:

$$R_1 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N = 1 - \left(1 - \frac{1}{100}\right)^{36} = 30,36\% \quad (2a)$$

$$R_2 = 1 - \left(1 - \frac{1}{500}\right)^{36} = 6,96\% \quad (2a)$$

$$R_3 = 1 - \left(1 - \frac{1}{1000}\right)^{36} = 3,54\%$$

Ako bi se velika voda pojavila kroz 100 godina, tj. 2114. godine čiji bi povratni period bio, 100, 500 i 1000 godina, rizik bi bio sledeći, respektivno:

$$R_I = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N = 1 - \left(1 - \frac{1}{100}\right)^{100} = 63,40\%$$

$$R_{II} = 1 - \left(1 - \frac{1}{500}\right)^{100} = 18,14\% \quad (2b)$$

$$R_{III} = 1 - \left(1 - \frac{1}{1000}\right)^{100} = 9,52\%$$

Velika voda koja se pojavila sredinom maja 2014. godine procenjuje se sa povratnim periodom od 1000 godina, pa se na osnovu proračuna vidi da je njena pojava vrlo mala, tj. do 2050. godine je 3,54%, a kroz 100 godina 9,52%.

Kontrola poplava akumulacijama, u domenu radova na uređenju slivova je kompleksno regulisanje i iskorišćavanje ne samo u cilju zaštite dobara i ljudi nego i u cilju energetike, unapređenja poljoprivrede, industrije, saobrećaja i dr. Umanjenje stihija znači umanjenje poplavnog talasa a samim tim i umanjenje polava. Odbambene linije predstavljaju pasivnu, dok kontrola poplava predstavlja aktivnu odbranu.

4.2. NAJVEĆE POPLAVE U SRBIJI

Poplave ne bi trebalo da nas iznenađuju svake godine zato što moramo biti uvek spremni za odbranu od njih. I pre dve godine, tj. polovinom februara 2012. godine je Srbiji pretio veliki potop od naglog topnjena snežnog pokrivača pa je 36 opština upozorenje da očiste kanale za odvodnjavanje. Do porasta vodostaja i izlivanja skoro svih

reka takođe može doći, pa se opasnost od poplava može očekivati u narednom periodu.

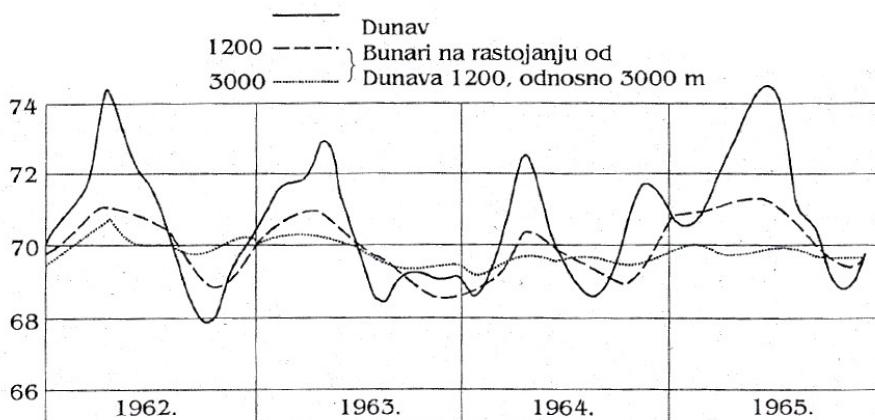
U daljem će biti navedene neke od najvećih poplava u Srbiji:

- Godine 1965. izlio se Dunav i poplavio oko 150 000ha zemlje, 16 000 kuća i 214 kilometara puteva.
- 1999. godine na slivovima glavnih pritoka Velike Morave u velikim bujičnim poplavama stradalo je osmoro ljudi.
- 2000. godine u martu i aprilu, kao posledica naglog topljenja snega na Karpatima, pod vodom su bile opštine Sečanj i Jaša Tomić.
- 2005. godine velika poplava u Banatu nanela je štetu od 12,6 miliona evra. Štetu su pretrpela i naselja u slivu Južne Morave, kao i Niškom i Jablaničkom okrugu.
- 2006. godine oko 225 000 hektara zemljišta bilo poplavljenog. Šteta je procenjena na 35,7 miliona evra.
- 2011. godine u Ljigu i Novom Pazaru poplave su izazvale pustoš. Pod vodom je bilo 1500 hektara oranica i 200 domaćinstava.

5. RIZIK OD POJAVA VELIKIH VODA

Pod pojmom podzemne vode podrazumeva se sva voda koja se nalazi ispod zemljine površine u tečnom, čvrstom ili gasovitom stanju. Sve podzemne vode obrazuju jedan gasoviti omotač, tzv. podzemnu hidrosferu, koja zajedno sa nadzemnom hidrosferom čine jedinstvenu celinu. Za istraživanje režima podzemnih voda najčešće se koriste bušotine koje se nazivaju bunari ili pijezometri. Ubacivanjem oveleživača u jedan bunar i utvrđivanjem vremena kada rastvor stigne u drugi bunar postavljen u pravcu toka, može se oceniti brzina filtracije, odrediti koeficijent filtracije i sagledati stanje podzemne vode.

Radi sagledavanja uzajamne zavisnosti površinskih i podzemnih voda, na primer između nivoa Dunava i dva bunara u Pančevačkom ritu, smeštena na 1,2km i 3,3km od Dunava, može se uočiti da amplituda promene nivoa je i do 6m. Bunar udaljeniji od Dunava (slika 5) manje menja nivo od onog bližeg.



Slika 5. Nivogrami površinskih (reka Dunav) i podzemnih voda u Pančevačkom ritu

Plitki bunari u gornjem sloju daju nivo vode i pijezometarsku kotu za taj sloj, ali ne mogu dati i pijezometarsku kotu za donji deo do kojeg treba postaviti posebne dublje bunare. Podzemna voda može teći u vidu vodotoka, po svim načelima površinskih tokova, da bi povremeno bila stavljena pod pritisak.

Pod vodnim režimom podrazumeva se čitava dinamika stalnih promena kvantitativnih osobenosti vode u prirodnim vodotocima kao i dinamika odnosa vode sa okolinom koja je okružuje. Kvantitativni je količinski aspect dinamizma vode koji proučava hidrologija, a kvalitativni se odnosi na fizičke osobine, hemijski i bakteriološki sastav vode i njega izučava hidraulika i hemija. U ovom tekstu se bavimo uređenjem vodotoka radi zaštite obala od plavljenja i nekontrolisanog razvoja rečnog korita i to posebno pri pojavi katastrofanih voda.

Prosečne vode su osnova za sagledavanje ključnih elemenata pri izboru objekata za uređenje vodnog režima kao i objekata i mera za korišćenje i upotrebu voda, zaštitu voda i zaštitu od voda. Analiza malih voda i malovodnih perioda vrši se metodom verovatnoće i matematičke statistike.

6. ZAKLJUČAK - RIZIK OD POJAVA VELIKIH VODA

Iz napred izloženog se može zaključiti da se radi o nezabeleženim poplavama na teritoriji Srbije na ogromnim

površinama. Za nekoliko dana su pale veće količine kiše nego za godinu dana, pa su poplave iznosile i do 6 metara dubine. Usled obilnih padavina i poplava aktivirala su se klizišta koja su takođe predstavljala pretnju stanovništvu, objektima i infrastrukturom. U zaštiti od plavljenja, danonoćno je učestvovao veliki broj ljudi. Mnoge domaće spasilačke ekipe, a i specijalizovane spasilačke ekipe iz više od deset zemalja sa najsavremenijom opremom (Japana, Kine, Nemačke, Slovenije, Bugarske, Hrvatske, Danske, Mađarske i dr.) Na desetine hiljada humanitarnih pomoći pristizalo je neprekidno, jer se radi o više od 30000 raseljenih ljudi smeštenih u kolektivnim kampovima.

Acknowledgement:

This research is supported by the Ministry of Education, Science and technological development of the Republic of Serbia, for project cycle 2011-2014, within the framework of the project TR36016 "Experimental and theoretical investigation of frames and plates with semi-rigid connections, from the view of the second order theory and stability analysis" of the research organization The Faculty of Civil Engineering and Architecture of University of Niš, and innovation project named "Seismo-Safe 2G3-Goswb Biulding System" (Project IF ID 476) financed by Innovation Fund of the Republic of Serbia, which is conducted in 2014. in "Projektinzenjering Tim" d.o.o. in Niš, Serbia.

7. LITERATURA

- [1] M. Nešić: Regulacija reka, Građevinska knjiga, Beograd, 1966.
- [2] S. Prohaska: Hidrologija I, Beograd, 2003.
- [3] P. Mitković: Sanacija klizišta i nedovoljno nosivog tla, AGM knjiga, Beograd, 2014.
- [4] J. Radosavljević: Prostorno planiranje i zaštita životne sredine, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš, 2010.
- [5] V. Babović; S. Bruk: Radovi mere smanjenja šteta od poplava, Građevinski kalendar, Beograd, 1982.
- [6] D. Zlatkov, S. Zdravković, S. Šaković: Education population to behave in natural disasters, Međunarodno savetovanje Rizik i bezbednosni inženjering, VTŠ Novi Sad, ISBN 978-86-6211-057-2, COBISS.RS-ID 276609031, pp. 208-213, 2013.

UDK:69.05 :658.5

PLANIRANJE I UPRAVLJANJE PROJEKTIMA U GRAĐEVINARSTVU

Života Borovac¹

Rezime

U građevinarstvu široko prihvaćeno stanovište, da se skraćenjem vremena izvršenja povećavaju troškovi izgradnje, nije moguće univerzalno prihvatiti. Uvek kada dinamika izvođenja radova dozvoljava, treba izvršiti optimizaciju po troškovima u funkciji vremena.

Problemi planiranja, upravljanja i optimalnog iskorišćenja raspoloživih resursa pri realizaciji određenih projekata u građevinarstvu, zaslužuju posebnu pažnju, jer se u njima traže izvori racionalnog poslovanja građevinskih privrednih društava u datom okruženju. Sve više dolazi do izražaja potreba za primenom metoda, pomoću kojih će se naučno obrazložiti svaki korak u okviru upravljanja projektima. Takvoj proceduri podvrgnuta je svaka odluka koja za sobom povlači posledice u vezi sa iskorišćenjem raspoloživih resursa, zato što se teži da to iskorišćenje bude optimalno ili blisko optimalnom rešenju. Opravdano je definisanje metode čijom bi se primenom rizik donetih odluka sveo na minimum.

Ključne reči: planiranje i upravljanje projektima, projekat organizacije građenja, tehničko-ekonomski projekat organizacije radova, mrežno planiranje i upravljanje, analiza strukture, analiza vremena, analiza troškova, optimizacija.

¹ Mr Života Borovac, dipl. inž. građ.

1. UVOD

U složenim i promenljivim uslovima rada u građevinarstvu, svakodnevno se nalazimo pred izazovom rešavanja različitih problema.

Savremeno upravljanje u građevinarstvu se sprovodi kroz jedan složen proizvodni i poslovni sistem koji se sastoji od uzajamno zavisnih i povezanih delova koji su objedinjeni u zajedničkom proizvodnom, poslovnom i razvojnom ciklusu.

Delovi upravljačkog procesa kao sistema su njegovi podsistemi koji se javljaju u vidu funkcije i u vidu procesa. Krajnji cilj opšte teorije sistema je optimizacija sistema.

Upravljanje projektima u građevinarstvu se bazira na primeni novih naučnih disciplina savremene nauke: opšte teorije sistema, teorije informacija, teorije verovatnoće i matematičke statistike, operacionih istraživanja, teorije grafova i moderne algebре.

Upravljanje projektima u građevinarstvu treba da obezbedi efikasnije korišćenje vremena i resursa, što treba da ima za posledicu ekonomičnu i racionalnu proizvodnju.

Koncepti realizacije investicionih projekata, rezultat su iskustava koja su sticana tokom istorije čovečanstva. Korišćenjem modernih tehnologija u današnje vreme, progres i napredak postaje brži i očigledniji nego ikad, pa samim tim i investicioni projekti postaju brži, dinamičniji, zahtevniji, a sve to u okviru mnogobrojnih ograničavajućih faktora i problema.

Uspešna realizacija investicionih projekata zahteva prethodno utvrđivanje ciljeva i zadataka i predviđanje njihovog odvijanja u vremenu i prostoru, aktivnosti i potreba u resursima za ostvarenje postavljenih ciljeva.

Upravljanje projektima kroz planiranje proizvodnje je jedini razuman pristup realizaciji izgradnje investicionih objekata. Upravljanje projektima je preduslov uspešnog i ekonomičnog izvođenja radova u planiranom roku. Upravljanjem projektima moguće je sagledavanje budućih događaja, što je jednako predviđanju, jer se na taj način olakšava preduzimanje svih potrebnih aktivnosti kojima će se eventualni problemi rešiti u optimalnom roku i uz minimalno povećanje troškova.

Osnovno je da upravljanje projektom treba da bude realno i da je u skladu sa proizvodnim mogućnostima. Uslovi pod kojima će se radovi odvijati mogu biti određeni (determinisani) i neodređeni (nepoznati) u uslovima neizvesnosti, kada se koriste metode teorije verovatnoće i probabilistike.

1.1. Značaj i uloga upravljanja u građevinarstvu

Bez planiranja, svaka proizvodnja u građevinarstvu je osuđena na stihjsko odvijanje, što je neracionalno i neekonomično. Upravljanje je jedna od najstarijih i najkompleksnijih veština i naučna disciplina, koja aktivira kreativne sposobnosti čoveka na izgradnji investicionih objekata.

Efikasno upravljanje je neophodno za normalno funkcionisanje građevinskih proizvodnih procesa, kako pojedinačnih, tako i procesa u celini. Na upravljanje procesima izgradnje u velikoj meri utiče i subjekivan izbor tehnologije građenja. Svi proizvodni procesi se moraju organizovati blagovremeno i efikasno, tako da omoguće plansko, kontinualno, kvalitetno i ekonomično odvijanje proizvodnih procesa u toku izgradnje građevinskog objekta. Da bi se to postiglo, neophodna je primena matematičkih modela i metoda za potrebe rešavanja konkretnih upravljačkih zadataka.

1.2. Cilj upravljanja u građevinarstvu

Upravljanje ma kojim procesom, pa i upravljanje u građevinarstvu ima za cilj optimalnu iskorišćenost resursa, uz maksimalni ekonomski efekat i uz minimalno vreme izvršenja.

Cilj upravljanja projektima u građevinarstvu je da predviđa realne i ostvarljive rokove izvođenja radova i predviđa sve potrebne resurse za ostvarenje tog roka. Pri tome, pored izbora metode planiranja u okviru upravljanja projektom, potrebno je imati u vidu i sve ono što može imati uticaj na ostvarenje planiranog cilja u okviru postavljenog zadatka.

Planiranje u okviru upravljanja projektom nije svrha i cilj sam po sebi, već predstavlja sredstvo za određivanje potreba u materijalu, radnoj snazi, mehanizaciji, potrebnog vremena rada i troškova.

Cilj upravljanja projektima treba da bude izvršavanje postavljenih zadataka u optimalnom roku, uz optimalne troškove. Svrha upravljanja projektima je da se utvrde rokovi i da se peduzmu sve potrebne mere da se realizacija projekta odvija bez smetnji.

2. PROJEKAT ORGANIZACIJE GRAĐENJA

Organizacija u građevinarstvu počinje i u punom svom značenju se nalazi u projektu organizacije građenja građevinskog objekta.

Projekat organizacije građenja građevinskog objekta, danas se u savremenim uslovima javlja kao veoma značajan element pripreme za građenje građevinskog objekta. Projekat organizacije građenja građevinskog objekta sadrži i razrađuje sva organizacijska pitanja i rešenja vezana za tehnologiju izvršenja, vreme trajanja, potrebu u resursima, što je međusobno povezano, usklađeno i ukomponovano u okviru vremenskog trajanja izgradnje, a u cilju povećanja i održavanja dinamike građenja, smanjenja troškova, povećanja kvaliteta i ponašanja u proizvodnom procesu.

Priprema proizvodnje deli se na tehničku i operativnu pripremu. Pod tehničkom pripremom podrazumeva se proučavanje elemenata proizvodnje, tehničke i tehnološke karakteristike, kao i osnovni organizacijski problemi. Operativna priprema služi u operativne svrhe, da pripremi i razradi odgovarajuće detalje izgradnje građevinskog objekta.

Pre početka izgradnje građevinskog objekta potrebno je da se obavi niz predradnji, koje možemo da svrstamo u sledeće korake:

- proučavanje podloga i celokupne investiciono-tehničke dokumentacije,
- proučavanje uslova u vezi sa topografijom, geologijom i geomehanikom, hidrologijom, kao i interpretacija svih podataka,
- proučavanje klimatsko–meteoroloških uslova,
- proučavanje uslova u vezi sa snabdevanjem materijalnim i radnim resursima.

U pogledu podele građevinskih radova na nekom objektu, razlikujemo sledeće vrste radova: pripremni radovi, prethodni radovi, glavni građevinski radovi i završni radovi. Podela građevinskih radova može da se izvrši i po fazama, koje mogu da obuhvate određene grupe radova, pa i grupe objekata koje po svojoj prirodi ili obimu radova čine određenu celinu. Kod svake podele na faze potrebno je predvideti vremenske reperne rokove i voditi računa o uslovlijenostima, ako one postoje.

Prilikom proučavanja tehničke dokumentacije treba utvrditi koja vrsta radova može da predstavlja usko grlo sistema, odnosno objekta (u pitanju je ograničenje u vezi fronta rada). Otkrivanje uskih grla vrši se utvrđivanjem kritičnog puta, primenom tehnike mrežnog planiranja.

Rok završetka objekta predstavlja ukupno potrebno vreme za izvršenje pripremnih, prethodnih, glavnih građevinskih i završnih radova. Rok izgradnje treba tako utvrditi da ukupni troškovi građenja budu minimalni. Primenom tehnike mrežnog planiranja, kod rada na optimalizaciji roka građenja neophodno je da se za sve vrste radova

proračuna zavisnost troškova u odnosu na vreme, kao i da se utvrde vrednosti usiljenog vremena izvršenja.

Rad na izradi projekta organizacije građenja počinje sa prethodnim proučavanjem vezanim za:

- topografske uslove, kako u pogledu mogućnosti prilaza do lokacije objekta, tako i u vezi sa lokacijom privremenih saobraćajnica i objekata vezanih za korišćenje lokalnih materijala,
- geološko-geomehaničke uslove, u vezi sa fundiranjima i korišćenjem lokalnih izvora materijala (sprovesti istražne radove),
- hidrološke uslove vezane za nadzemne i podzemne tokove,
- uslove u vezi izvođenja radova, koji mogu da imaju uticaja kako na metode rada, tako i na tehnologiju,
- uslove za snabdevanjem materijalom i energijom,
- uslove vezane za obezbeđenje radne snage iz lokalnih izvora,
- mogućnosti dopreme građevinske mehanizacije i opreme, kao i rešenja spoljnog i unutrašnjeg transporta.

Poseban problem mogu da predstavljaju pitanja privatno-pravnih odnosa prilikom zauzimanja zemljišta za potrebe građenja.

Kod rešavanja problema spoljnog transporta neophodno je izvršiti pregled postojećih saobraćajnica, snimiti postojeće stanje (propusna moć, nosivost i širina mostova i propusta). Kod postojećih lokalnih saobraćajnica potrebno je da se one prilagode potrebama gradilišta. Ukoliko su radovi dužeg trajanja i većeg intenziteta, treba predvideti i održavanje saobraćajnica.

Prethodni radovi služe isključivo da bi se glavni radovi mogli odvijati nesmetano i na vreme, kako zavise od lokalnih uslova i okolnosti njihov obim može biti veoma različit (od beznačajnih do po obimu veoma značajnih).

Svaku vrstu rada moguće je izvršiti na više načina–metoda, međutim uvek će jedan od njih biti optimalan za date uslove (ekonomski prednost). Izbor metode i tehnologije može biti ograničen, u izvesnim slučajevima, kod primene postojeće mehanizacije (metoda koja se najbolje prilagođava postojećim mašinama). Ta metoda neće biti optimalna, ali je za određene uslove najpovoljnija (ekonomsko proučavanje).

Kod rešavanja problema mehanizacije za usvojenu tehnologiju, treba poći od šireg izbora građevinskih mašina (proučavanje mogućnosti mehanizovanja sastavnih delova tehnološkog procesa, operacija i postupaka). Kod rešavanja užeg

izbora građevinske mehanizacije važno je izvršiti usklađivanje učinaka svih pojedinih mašina u sastavu koje učestvuju u jednom tehnološkom procesu. Usklađivanje učinka polazi od ključne-vodeće mašine u tom procesu. Kod izbora ne sme da se zaboravi na obezbeđenje potrebine rezerve u kapacitetu mašina.

Proračun potreba u radnoj snazi i materijalima vrši se za svaku vrstu radova posebno (po pozicijama), a kod kompleksnih radova treba da obuhvati sve operacije.

Uloga pripremних radova je u tome što se njima omogućuje brzo i racionalno izvođenje glavnih radova (nesmetano odvijanje radova). Obim i vrste pripremnih radova zavisće uglavnom od lokalnih uslova, vrste i obima glavnih radova. Kod objekata u naseljenim mestima, u neposrednoj blizini postojećih saobraćajnica, obim pripremnih radova može biti veoma mali (5% od obima glavnih radova), dok kod gradilišta van naseljenih mesta, sa velikim obimom radova gde se koriste lokalni materijali, obim pripremnih radova može biti veoma velik (do 35% od obima glavnih radova).

Ekonomski deo projekta organizacije građenja obuhvata: utvrđivanje cena pojedinih pozicija (analize cena po vrstama radova), predračun radova, i na bazi utvrđene dinamike izvršenja radova finansijski plan dinamike ulaganja sredstava.

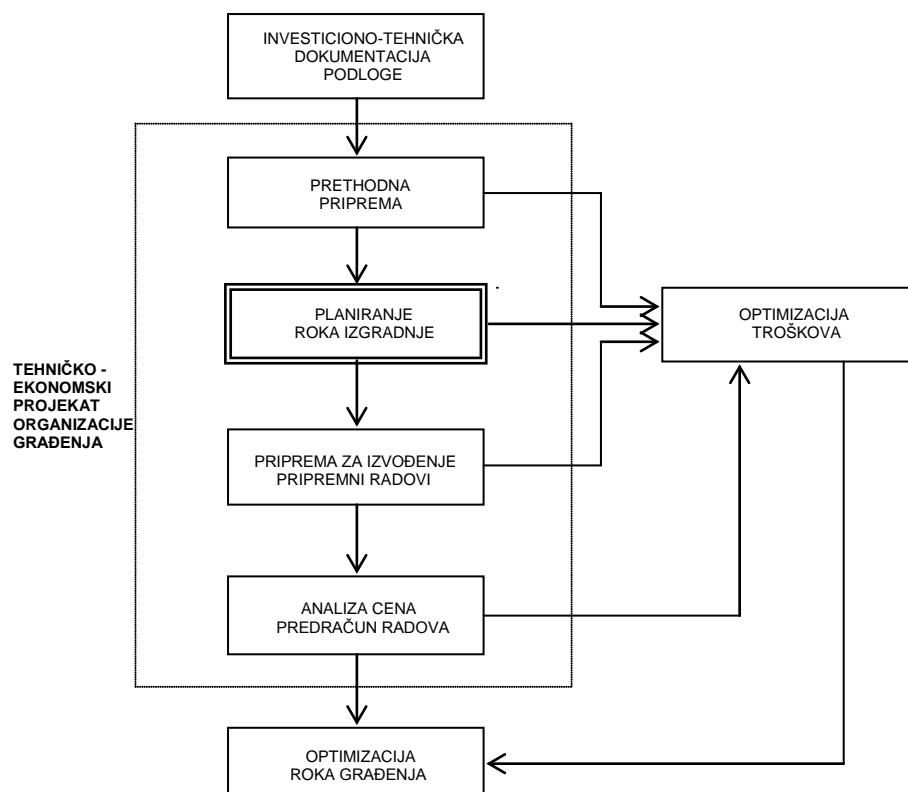
Analize cena po svojoj strukturi treba da obuhvate sve elemente koji učestvuju u realizaciji. U praksi se kod izrade analiza cena najčešće primenjuje kalkulativni faktor.

Kada su svi prethodni delovi projekta organizacije građenja završeni, treba uraditi šemu uređenja gradilišta (koja daje potpun uvid u lokaciju) i tehnički izveštaj koji predstavlja kratak rezime svih poglavljja projekta organizacije građenja, odnosno pogodni pokazatelji veličine i obima radova.

Urađeni projekat organizacije građenja ne bi trebalo tokom gradnje menjati (ako je on rezultat brižljivog proučavanja i studioznog rada), ali ne treba u slučajevima kada su uočeni izvesni propusti i nedostaci (usled manjkavosti u istražnim radovima), dobro organizovanim praćenjem odvijanja radova, da se na gradilištu ne izvrši izmena i korekcija projekta organizacije građenja. Bitno je ne menjati osnovne koncepcije, jer od njih zavisi opremanje mehanizacijom, sredstvima i materijalima.

Autor je koristeći šeme iz literature i svoja saznanja dao svoj, modifikovani predlog šeme dijagrama toka izrade projekta organizacije građenja.

slika 1. Šema dijagrama toka izrade projekta organizacije građenja



3. MREŽNO PLANIRANJE I UPRAVLJANJE

Zahvaljujući brzom razvoju nauke, tehnike i tehnologije, u periodu posle Drugog svetskog rata, stvorene su mogućnosti za rešavanje niza problema na koje se do tada nije moglo ni pomisliti, bilo što su metode potrebne za izvođenje određenih analiza bile nepoznate, ili što je broj računskih operacija koje je potrebno izvoditi pri njihovoj primeni bio ogroman. Ranije bi takve metode pre zastarevale nego što bi u praksi došle do izražaja.

Korišćenje računara omogućilo je da se trajanje procesa obrade podataka skrati i da dođe do izražaja primena "*složenih metoda*" koje su često odbacivane zbog glomaznog analitičkog aparata, a danas imaju razvijene standardne rutine za efikasnu obradu i analizu dobijenih rezultata.

Problemi planiranja, upravljanja i optimalnog iskorišćenja resursa pri realizaciji određenih projekata zaslužuju posebnu pažnju, u njima se traži mogućnost racionalnog poslovanja. Sve više dolazi do izražaja potreba za primenom metoda pomoću kojih će se naučno obrazložiti svaki složeni plan istraživanja i realizacije. Takvoj proceduri podvrgнутa je svaka odluka koja za sobom ima posledice u vezi sa iskorišćenjem raspoloživih resursa, jer osnovna je težnja da to iskorišćenje bude optimalno ili blisko optimalnom, a rizik donetih odluka što manji.

Od 1957. godine pa nadalje, razvijene su nove metode planiranja, koje nazivamo jednim imenom – *tehnika mrežnog planiranja* (TMP). Zasnivaju se na primeni moderne algebре, teorije grafova i matematičke statistike. Osnovna prednost ovih metoda, u odnosu prema klasičnim, sastoji se u tome što omogućavaju strogo razdvajanje analize strukture od analize vremena. Pod analizom strukture podrazumeva se uspostavljanje logičkog redosleda i međuzavisnosti pojedinih aktivnosti, koje treba izvršiti u okviru određenog projekta. Ovo razdvajanje analize strukture od analize vremena, omogućilo je primenu računara kod proračuna vremena početka i završetka aktivnosti, vremenskih rezervi, kritičnog puta i verovatnoće realizacije određenog projekta. Mrežni modeli koji se koriste kao osnova za analizu strukture pregledno odražavaju redosled izvršavanja pojedinih aktivnosti. Mreža nije samo pogodno sredstvo za predstavljanje plana, već sama po sebi predstavlja matematički model koji se može detaljno i tačno analizirati, na kome možemo eksperimentisati i objasniti do kakvih nas rezultata dovodi bilo koja konkretna zamisao realizacije određenog projekta.

Tehnika mrežnog planiranja i upravljanja zasnovana je na dve osnovne metode **CPM** (Critical Path Method – Metoda kritičnog puta)

i **PERT** (Program Evaluation and Review Technique – Metode ocene i revizije programa). Metode mrežnog planiranja i upravljanja, razrađene su u SAD i za kratko vreme doživele su primenu u najrazličitijim oblastima ljudske delatnosti. Danas je poznato mnogo modifikovanih varijanti tehnike mrežnog planiranja i upravljanja, koje su izvedene od dve osnovne metode CPM i PERT, i međusobno se razlikuju samo metodološki, zato što su prilagođene rešavanju specifičnih problema planiranja i upravljanja određenih projekata.

Metoda CPM je po svom postanku starija od metode PERT. Metoda CPM je deterministička metoda, došla je do izražaja u planiranju projekata kod kojih se vreme trajanja pojedinih aktivnosti može da normira i precizno odredi (kod analize vremena i rokova izvršenja ova metoda operiše samo sa jednim vremenom). Zasluge za razradu metode CPM pripadaju J.E.Kelley-u i M.R.Walker-u, 1957. godine aktivno su učestvovali u eksperimentima i primeni ove metode na projektima za hemijsku industriju.

Metoda PERT, kao druga osnovna metoda za analizu vremena i određivanje kritičnog puta, koristi se za planiranje radova koji pored rutinskog imaju i istraživački karakter, gde je normiranje vremena pojedinih aktivnosti neizvodljivo (vremena imaju više karakter slučajnih nego normiranih veličina). Metoda PERT omogućava da se računa, planira i upravlja sa određenim elementima slučajnosti.

Metoda PERT kao savršenija i sveobuhvatnija, nastala je od metode CPM kao rezultat njene nadogradnje, 1958. godine u okviru programa razvoja rakete **Polaris** iz zadatka da se stvari sistem planiranja za kombinovane radove istraživanja, razvoja, konstrukcije i izrade. Januara 1958. godine započet je rad na razvoju PERT metode pod rukovodstvom W.Fazara. Prvi rad u vezi sa metodom napisao je admiral W.F.Raborn. Zasluge za razradu metode PERT/COST, koja se koristi u analizi troškova, pripada National Aeronautics and Space Administration (NASA) i Department of Defense (DOD), koji su objavili studiju o metodi juna 1962. godine.

3.1. Faze rada tehnike mrežnog planiranja

Tehnika mrežnog planiranja i upravljanja obuhvata tri faze rada:

- analizu strukture,
- analizu vremena i
- analizu troškova (optimizacija mrežnog plana).

Prva faza TMP, analiza strukture, sastoji se u razradi tehnologije na određenom projektu, što kod primene klasičnih metoda planiranja nije uobičajeno. Krajni cilj analize strukture je konstruisanje mrežnog plana koji predstavlja tehnološki model realizacije projekta. Uvek prethodi analizi vremena i sama za sebe predstavlja zaokruženu celinu.

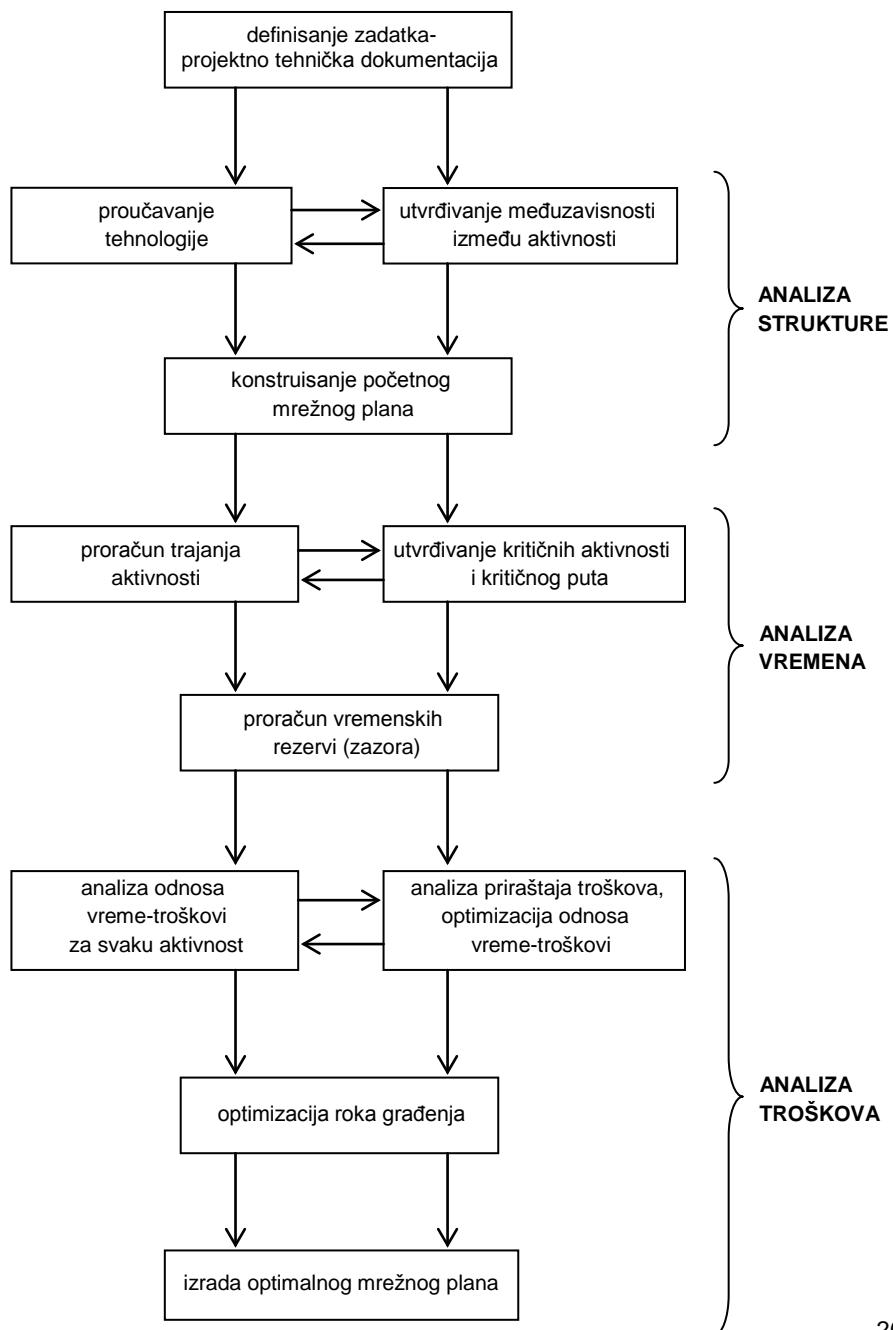
U drugoj fazi TMP, analizi vremena, mrežnom planu se daje vremenska dimenzija. Potrebno je da se za svaku aktivnost proračuna potrebno vreme izvršenja za izabranu tehnologiju radova, pravilno dimenzionisana i sinhronizovana sredstva rada uz obezbeđenje svih potrebnih resursa. Konačan cilj analize vremena je da definiše kritičan put (jedan ili više njih), i da se kod nekritičnih aktivnosti sagledaju vremenske rezerve (zazori). Kritične aktivnosti nemaju vremensku rezervu i čine kritičan put koji predstavlja vreme izvršenja projekta. Faza analize vremena sa fazom analize strukture predstavljaju zaokruženu celinu.

Treća faza TMP, analiza troškova (optimizacija troškova) predstavlja suštinu TMP, u njoj se vrši proučavanje promene troškova u funkciji vremena. Mogu da se postave dva cilja:

- da se projekat izvede za najkraće moguće vreme, uz najmanje povećanje ukupnih troškova,
- da se projekat izvede uz minimalne troškove kojima odgovara neko vreme izvršenja koje nazivamo optimalnim.

Autor je koristeći svoja saznanja i šeme iz literature dao svoj predlog šeme dijagrama toka tehnike mrežnog planiranja.

slika 2. Šema dijagrama toka tehnike mrežnog planiranja



4. ANALIZA TROŠKOVA (OPTIMIZACIJA TROŠKOVA)

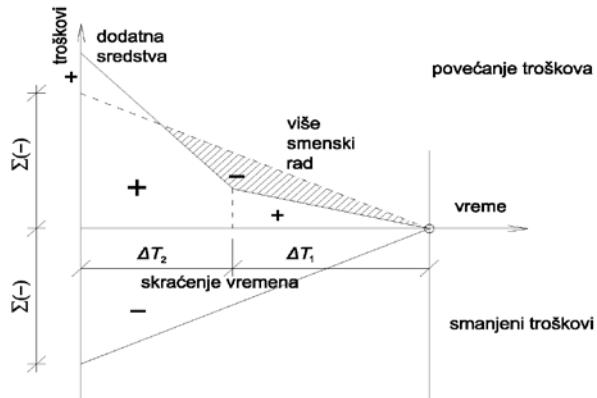
Nije jedini cilj usklađivanje međusobnih zavisnosti pojedinih aktivnosti projekta i njegovo realizovanje u određenom vremenu, cilj je i da troškovi projekta budu minimalni. Naime, radi se o iznalaženju optimalne zavisnosti troškova i vremena realizacije pojedinih aktivnosti i projekta kao celine.

U građevinarstvu prihvaćeno stanovište, da se skraćenjem vremena izvršenja povećavaju troškovi proizvodnje, nije moguće univerzalno prihvatići. Uvek kada dinamika izvođenja radova dozvoljava, treba izvršiti optimizaciju po troškovima u funkciji vremena.

Skraćivanjem vremena građenja smanjuju se uticaji troškova režije, interkalarnih kamata, a postoji i efekat usled koristi od ranijeg puštanja objekta u eksploataciju (premije). Jedan od najvećih efekata skraćenja roka je smanjenje uticaja dejstva inflacije i uticaja valutnog rizika koji su dosta veliki i opravdavaju svaku meru kojom je moguće skratiti rok trajanja projekta. O toj bi okolnosti trebali da vode računa svi investitori i svi izvođači, a ne da se preganjaju oko priznavanja ili nepriznavanja razlika u ceni, viškova ili manjkova radova i njihovog uticaja na cene pojedinačnih pozicija (aktivnosti). U cilju sagledavanja da li je opravданo sprovođenje optimizacije, treba sprovesti proveru, da li uložena sredstva i mere opravdavaju skraćenje, što se pokazuje sledećim odnosom:



slika 3. Grafik provere opravdanosti sprovođenja optimizacije

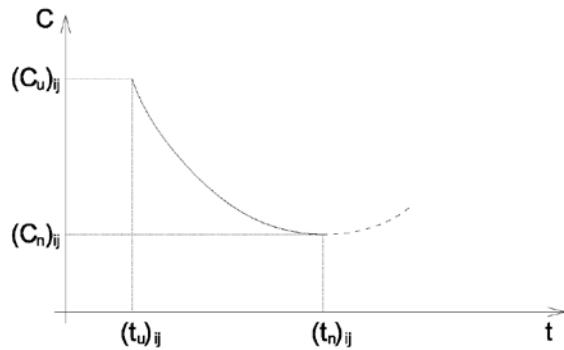


Metoda PERT/TROŠKOVI ima cilj da uspostavi vezu između troškova i vremena trajanja određenog projekta. Zbog toga je potrebno proceniti troškove svake aktivnosti u funkciji vremena njenog trajanja, ili troškove grupe srodnih aktivnosti. Najčešće se analiza troškova izvodi na istom mrežnom modelu koji se koristi u analizi vremena. U osnovi, metoda se svodi na analizu ukupnih troškova ili potreba u resursima, sa ciljem da se oni minimalizuju. To se izvodi srađivanjem prvočitnih procena troškova i vremena za svaku aktivnost s mogućim varijantama tih veličina. Trajanje aktivnosti može biti smanjeno do određene granice, to je minimalno trajanje aktivnosti – usiljeno trajanje aktivnosti, a troškovi koji nastaju pri takvom trajanju aktivnosti nazivaju se usiljeni troškovi.

4.1. Određivanje normalnog i usiljenog trajanja aktivnosti

Za svaku aktivnost $(i - j)$ može se odrediti njeno normalno i usiljeno trajanje $(t_n)_{ij}$ i $(t_u)_{ij}$, kao i odgovarajući troškovi $(C_n)_{ij}$ i $(C_u)_{ij}$, osim toga ne postoji nikakve teškoće da se za bilo koje trajanje aktivnosti $(i - j), t_{ij} \in [(t_u)_{ij}, (t_n)_{ij}]$, odrede odgovarajući troškovi.

slika 4. Grafik normalnog i usiljenog trajanja aktivnosti



Opšti izraz za prosečan prirast troškova ΔC može se napisati u obliku:

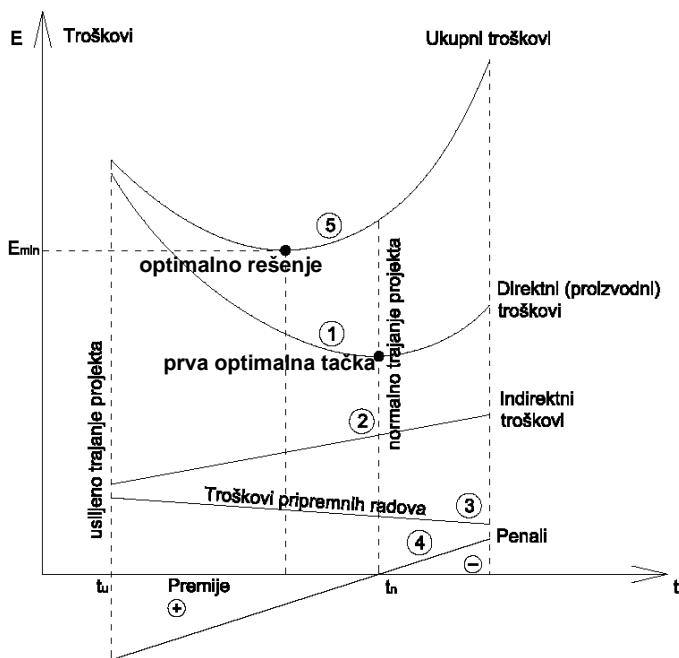
$$\Delta C = \frac{(C_d)_u - (C_d)_n}{t_n - t_u} \quad (2)$$

gde su sa $(C_d)_u$ – označeni direktni usiljeni troškovi,
 sa $(C_d)_n$ – normalni direktni troškovi,
 a sa t_u i t_n – usiljeno i normalno trajanje aktivnosti.

Pažnja je orijentisana na direktne troškove koji neposredno zavise od vremena (prikazani su krivom 1), ako se u model unesu indirektni troškovi (kriva 2), troškovi pripremnih radova (kriva 3) i penali – premije (kriva 4), koji kada se sabiju daju krivu 5, na kojima se vidi pomeranje optimalne tačke na kraće vreme izvršenja radova.

Sve ovo ukazuje da u strogim analizama troškova treba uzimati u obzir, pored direktnih troškova i indirektne troškove, penale, kamate, dobit i efekat inflacije. Direktni troškovi su primarni i njihovoj analizi treba obratiti posebnu pažnju, mada se uključivanjem indirektnih troškova (troškova režje i drugo), može skratiti trajanje aktivnosti na vreme koje odgovara optimalnoj tački, jer su tada troškovi najmanji.

slika 5. Grafik analize troškova za normalno i usiljeno trajanje projekta i pomeranja optimalne tačke²



² Autor je modifikovao grafik iz literature: [13] Trajković, Dima: Organizacija građenja I, Građevinski fakultet, Niš, 1995.

Savremena kretanja u procenjivanju troškova projekta, uz računarsku podršku, analiziraju troškove u funkciji vremena realizacije projekta, utvrđivanje optimalnog roka građenja sa najmanjim troškovima.

Koncept upravljanja projektima sadrži tri osnovna modula:

- upravljanje vremenom,
- upravljanje resursima i
- upravljanje troškovima realizacije projekta.

Primena tehnike mrežnog planiranja u planiranju i upravljanju realizacije projekta, predstavlja početnu i primarnu fazu procesa upravljanja projektima. Glavna pažnja, kod planiranja realizacije građevinskog objekta u svim fazama, je usmerena na smanjenje troškova i skraćenje roka realizacije projekta.

5. PRIMER OPTIMALNOG REŠENJA ROKA GRAĐENJA

U primeru koji je razmatran u ovom radu, izvršena je optimizacija roka građenja, određen je onaj rok pri kome su troškovi građenja najmanji. Pronalaženje optimalnog roka građenja urađeno je kroz više iteracija (šest) smanjivanjem normalnog vremena izvršenja pozicija koje su na kritičnom putu (usiljeno vreme izvršenja) i smanjenjem vremenskog opsega u kome se nalazi optimalno rešenje (nalaženjem novog vremena izvršenja između dva vremena izvršenja za koje su troškovi najmanji).

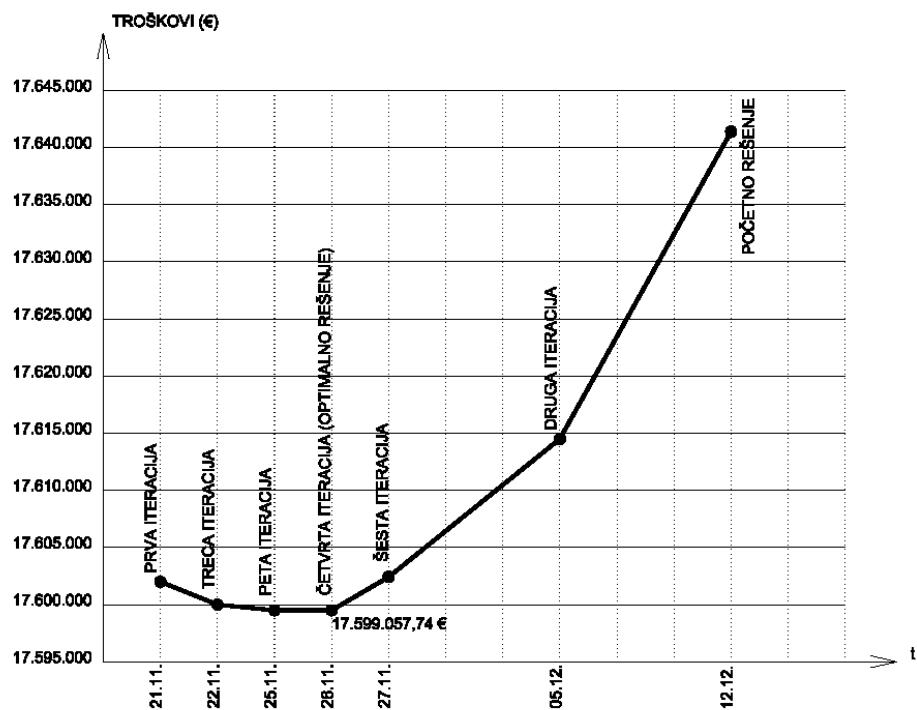
Dat je grafik optimalnog roka građenja sa najmanjim troškovima. Pokazano je da su troškovi za usiljeno vreme realizacije projekta manji od troškova za normalno vreme izvršenja projekta.

Pokazano je da nije moguće univerzalno prihvati, u građevinarstvu prihvaćeno stanovište, da se skraćenjem vremena izvršenja projekta povećavaju troškovi njegovog izvršenja.

Optimalno vreme realizacije projekta je od 04. februara do 26. novembra sa troškovima projekta od 17.599.057,74 €.

slika 6. *Grafik dobijanja optimalnog rešenja - kriva optimizacije*

KRIVA OPTIMIZACIJE



6. ZAKLJUČAK

Realizacija građevinskih projekata, predstavlja veoma složen proces, koji obuhvata veliki broj faza i niza aktivnosti.

Savremena kretanja u procenjivanju troškova projekta, uz računarsku podršku, analiziraju troškove u funkciji vremena realizacije projekta, utvrđivanje optimalnog roka građenja sa najmanjim troškovima.

Koncept upravljanja projektima sadrži tri osnovna modula:

- upravljanje vremenom,
- upravljanje resursima i
- upravljanje troškovima realizacije projekta.

Primena tehnike mrežnog planiranja u planiranju i upravljanju realizacije projekta, predstavlja početnu i primarnu fazu procesa upravljanja projektima. Glavna pažnja, kod planiranja realizacije

građevinskog objekta u svim fazama, je usmerena na smanjenje troškova i skraćenje roka realizacije projekta.

U građevinarstvu prihvaćeno stanovište, da se skraćenjem vremena izvršenja povećavaju troškovi proizvodnje, nije moguće univerzalno prihvati. Uvek kada dinamika izvođenja radova dozvoljava, treba izvršiti optimizaciju po troškovima u funkciji vremena.

U primeru konkretizacije upravljanja, izvršena je optimizacija roka građenja, određen je onaj rok pri kome su troškovi građenja najmanji. Pronalaženje optimalnog roka je urađeno kroz više iteracija, smanjivanjem normalnog vremena izvršenja pozicija na kritičnom putu i smanjenjem vremenskog opsega u kome se nalazi optimalno rešenje i pronalaženjem novog vremena izvršenja između dva najmanja. Pokazano je da su troškovi za usiljeno vreme realizacije projekta manji od troškova za normalno vreme izvršenja projekta, ali ni oni nisu optimalni. Optimalno rešenje realizacije projekta je 26. novembar, sa troškovima projekta od 17.599.057,74 €.

7. LITERATURA

- [1] Borovac, Života: *Savremene metode planiranja i upravljanja u građevinarstvu, Magistarski rad*, Građevinsko-Arhitektonski fakultet, Niš, 2013.
- [2] Ivković, Branislav, Arizanović, Dragan: *Organizacija i tehnologija građevinskih radova sa rešenim problemima*, Nauka, Beograd, 1990.
- [3] Ivković, Branislav, Popović, Željko : *Upravljanje projektima u građevinarstvu*, Nauka, Beograd, 1995.
- [4] Krastavčević, Momir: *Neka zapažanja kod građenja u rokovima*, Savetovanje: *Savremene metode planiranja i tehnologija mehanizovanih radova u građevinarstvu*, Savez građevinskih inženjera i tehničara Srbije, Gornji Milanovac,1985.
- [5] Postnjikov, Aleksej, Praščević, Živojin: *Savremene metode planiranja u građevinarstvu, Savetovanje: Savremene metode planiranja i tehnologija mehanizovanih radova u građevinarstvu*, Savez građevinskih inženjera i tehničara Srbije, Gornji Milanovac,1985.
- [6] Pašalić B: *Modeliranje u mrežnom planiranju*, Građevinska knjiga, Beograd, 1983.
- [7] Petrić, Jovan: *Operaciona istraživanja*, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [8] Petrić, Jovan: *Mrežno planiranje i upravljanje*, Informator, Zagreb, 1983.

- [9] Petrić, Jovan, Šarenac, Lazar, Kojić, Zdravko: *Operaciona istraživanja II zbirka rešenih zadataka*, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
- [10] Petrović, Radivoj: *Specijalne metode u optimizaciji sistema*, Tehnička knjiga, Beograd, 1975.
- [11] Radulović, Aleksandar: *Tehnika mrežnog planiranja*, Privredna štampa, Beograd, 1981.
- [12] Trajković, Dima: *Savremene metode planiranja i optimizacija sistema u građevinarstvu sa rešenim primerima*, Građevinski fakultet, Niš, 1994.
- [13] Trajković, Dima: *Organizacija građenja I*, Građevinski fakultet, Niš, 1995.
- [14] Trbojević, Bogdan: *Organizacija građevinskih radova*, Građevinska knjiga, Beograd, 1981.
- [15] Trbojević, Bogdan: *Projektovanje organizacije građenja i programiranje izgradnje građevinskih objekata*, Građevinska knjiga, Beograd, 1983.
- [16] Trbojević, Bogdan: *Značaj i uloga planiranja u građevinarstvu, Savetovanje: Savremene metode planiranja i tehnologija mehanizovanih radova u građevinarstvu*, Savez građevinskih inženjera i tehničara Srbije, Gornji Milanovac, 1985.
- [17] Zlatanović, Milorad: *Upravljanje transportnim procesima izgradnje saobraćajnica*, Građevinsko-Arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 1999.
- [18] Microsoft, *Project, version 2010*, prevod, CET, Beograd.
- [19] CPM: *Savremeno upravljanje projektima*, materijal sa specijalističkog seminara, Beograd, 1998.
- [20] *Normativi i standardi rada u građevinarstvu, Niskogradnja*, Građevinska knjiga, Beograd, 1983.
- [21] *Cenovnik radova na izgradnji i modernizaciji puteva*, JP Putevi Srbije, Beograd, 2002., 2008., 2011...

INDEKS AUTORA

- **Blagojević dr Borislava dipl. inž. grad.**
docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 31-46,
81-90, 157-166
- **Borovac Života, dipl. inž. grad.**
str. 193-210
- **Conić Stefan, master inž. grad.**
Student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet
u Nišu, str. 181-192
- **Dimitrijević Jelena dipl. inž. grad.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 101-110
- **Đukić dr Vesna,**
docent, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, str. 81-90, 157-166
- **Gocić dr Milan, dipl. inž. el.**
docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 91-100, 145-156
- **Jovanović Vanja, master inž. grad.**
Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 15-30
- **Keković Miloš, master inž. grad.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet
u Nišu, str. 69-80
- **Kostić Aleksandra dipl. inž. arh.**
Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 111-120
- **Krasić dr Sonja dipl. inž. arh.**
Vandredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u
Nišu, str. 121-134
- **Lukić Predrag, master inž. grad.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet
u Nišu, str. 15-30, 121-134
- **Marković dr Biserka, dipl. inž. arh.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 167-180
- **Marković Nemanja, dipl. inž. grad.**
saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 1-14

- **Mihailović dr Vladislava,**
profesor, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, str. 81-90, 157-166
- **Milanović Mladen, dipl. inž. građ.**
Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 145-156
- **Milošević Vuk master inž. arh.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 167-180
- **Nedeljković Miloš, master inž. arh.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 135-144
- **Nejković mr Valentina, dipl. inž. el.**
Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 91-100
- **Nestorović dr Tamara, dipl. maši. inž.**
profesor, Mechanics of Adaptive Systems, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Ruhr University Bochum, str. 1-14
- **Pejić Petar, dipl. inž. arh.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 15-30, 121-134
- **Petković dr Dušan, dipl. inž. građ.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 15-30
- **Petrović Milan, master inž. građ.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 47-68
- **Stanković dr Danica dipl. inž. arh.**
docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 111-120
- **Stojić dr Dragolsav, dipl. inž. građ.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 1-14, 15-30, 69-80
- **Stojić Nikola, dipl. inž. građ.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 15-30, 181-192
- **Tončev Novica, dipl. inž. građ.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 181-192
- **Trajković dr Slaviša, dipl. inž. građ.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 145-156

- **Vacev dr Todor, dipl. inž. građ.**
docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 47-68
- **Vasilevska dr Ljiljana dipl. inž. arh.**
vandredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u
Nišu, str. 31-46
- **Vasilevska Magdalena master inž. arh.**
Student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet,
Univerzitet u Nišu, str. 31-46
- **Veljković Milica,**
Student master studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u
Nišu, str. 167-180
- **Zdravković dr Slavko, dipl. inž. građ. red.**
Prof., Akademik Srpske kraljevske asocijacije akademika,inovatora i
naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za
nauku,tehnologiju i razvoj,Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet
u Nišu, str. 69-80, 181-192
- **Zlatkov mr Dragan, dipl. inž. građ.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 69-80
- **Zorić Andrija, master inž. grad.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet
u Nišu, str. 181-192
- **Živković mr Srđan, dipl. inž. građ.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 47-68

**ZBORNIK RADOVA
GRAĐEVINSKO-
ARHITEKTONSKOG
FAKULTETA
NIŠ**

**broj
29/2014**

**University of Niš
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

COLLECTION OF PAPER ABSTRACTS

NO 29, 2014

PUBLISHER

Faculty of Civil Engineering and Architecture
Aleksandra Medvedeva 14
Niš, Serbia

Tel: +38118 588-202

+38118 588-181

<http://www.gaf.ni.ac.rs/>



FOR THE PUBLISHER

PhD Petar Mitković, full prof.

EDITOR-IN-CHIEF

PhD Dragoslav Stojić, full prof.

EDITORIAL BOARD

PhD Slaviša Trajković, full prof.

PhD Danica Stanković, assistant prof.

PhD Zoran Grdić, full prof.

PhD Gordana Topličić-Ćurčić, assistant prof.

Vladan Nikolić, assistant

TECHNICAL EDITOR

M. Sc. Radovan Cvetković, assistant

TECHNICAL ADAPTION

M. Sc. Predrag Lukić

ENGLISH LANGUAGE LECTOR

BA. Phil Goran Stevanović

Papers are reviewed

ISSN 1452-2845

Printed by Unigraf
Number of Copies Printed 250

MODELING OF LAMB TALASA USED FOR DAMAGE DETECTION OF THIN STEEL PLATES

Nemanja Marković¹
Dragoslav Stojić²
Tamara Nestorović³

Abstract

Damage detection of thin steel and aluminum plates based on propagation of Lamb waves is firstly implemented in aircraft industry. In the recent years, detection with aid of piezoelectric plates (PZT) is very popular. Using the PZT sensors which are glued to the structure, it is possible to actively observe the conditions of the structures without the physical presence of any personnel. In the recent years started the application of the mentioned method of detection of damage in civil engineering, but it has not been practically introduced yet. Simultaneously with the development of the method, the numerical models which may help in the improvement of the method and better practical application on actual structures have been developed. This paper presents the explicit finite elements method (MKE) with the diagonal matrix for modeling of Lamb wave propagation in thin steel plates.

Key words: explicitly finite element modeling, wave propagation, detection of defects and Lamb waves.

¹ Nemanja Marković, grad. Civ. Eng., PhD student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² dr Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ dr Tamara Nestorović, prof., Mechanics of Adaptive Systems, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Ruhr University Bochum.

CAUSES OF BRIDGE STRUCTURE DAMAGE

Predrag Lukic¹
Dragoslav Stojić²
Dušan Petković³
Vanja Jovanović⁴
Nikola Stojić⁵
Petar Pejić⁶

Abstract

The paper presents the damage of individual structural parts of bridge structures. The risk of occurrence and progressive development of damage brought about permanent research, evaluation and assessment of the causes and consequences of damage. On this basis, the first step is general classification of damage, as well as the basic causes of defects and damage, i.e. defining of the possible damage causes. The condition research, and monitoring of the bridge structures behavior represent a basis for successful management of bridges.

Key words: *Damage, bridge structure, damage classification, causes, bridge management.*

¹ Predrag Lukić, M. Sc.,PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

² dr Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³dr Dušan Petković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

⁴ Vanja Jovanović, M. Sc., Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

⁵Nikola Stojić, grad. Civ. Eng., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

⁶Petar Pejić, M. Sc.,PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

SURFACE LINEAR TECHNICAL ELEMENTS IN INTEGRATED STORMWATER MANAGEMENT APPROACHES

Ljiljana Vasilevska¹
Borislava Blagojević²
Magdalena Vasilevska³

Abstract

This paper reviews and discusses the utilisation, design and engineering aspects of technical elements application in the contemporary stormwater management approaches. The research focus is on the surface linear technical elements- dry and wet swales, infiltration channels, as well as the materialization of linear public open space. Hydraulic engineering aspect includes general view of hydrological, hydraulic and stormwater quality segment in contemporary urban drainage approach. The aspect of the surface linear technical elements is highlighted. The benefits of technical elements application in urban design process are discussed from the standpoint of environmental comfort, safety, security and integrity of spatial urban spaces on the lower levels of their spatial-functional organization.

Key words: *Urban drainage, dry and wet swales, infiltration channels, porous pavement, urban space, utilisation potential, morphologic potential.*

¹ Ljiljana Vasilevska, assoc. prof. Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, ljiljana.vasilevska@gaf.ni.ac.rs; vasilevskaljiljana@gmail.com

² Borislava Blagojević, ass. prof. Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

³ Magdalena Vasilevska, M. Sc.,PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

DETERMINATION OF ROTATIONAL RIGIDITY OF SEMI-RIGID JOINTS IN STEEL STRUCTURES

Srđan Živković¹
Todor Vacev²
Milan Petrović³

Abstract

This paper employs the componental method to perform an in-detail analysis of the procedure of determination of rotational rigidity of semi-rigid joints in steel structures, in accordance with the EC3:1-8. The beam-column joints were considered, both welded and bolted. The paper illustrates the calculation procedure in the form of the numerical example of the beam-column type for the type of joints which can be most frequently encountered in our engineering practice – as bolted systems with projecting plate and high quality bolts, without transversal struts on the web of the column.

Key words: steel structure, Eurocode, semi-rigid joints, rotational rigidity of the joint, end plate

¹ Srđan Živković, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Todor Vacev, grad. Civ. Eng. assoc. prof. The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Milan Petrović, M. Sc., PhD student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

IMPACT TRANSVERSE REINFORCEMENT THE ULTIMATE BEARING CAPACITY AND DUCTILITY GIRDER

Slavko Zdravković¹
Dragoslav Stojić²
Dragan Zlatkov³
Miloš Keković⁴

Abstract

At monotonous, and especially at cyclic loading, the mechanism of concrete and reinforcement bond is very complex. Anchoring of steel in the concrete to the most depends on the tensile strength of concrete. Bracing of cross sections of reinforced concrete columns and beams is of great importance for their bearing capacity and ductility, since the laterally braced concrete can withstand high stresses and deformations. Wrapping concrete with stirrups has a large effect on the longitudinal bars in the columns and beams and to their bending and increase of bearing capacity of the entire cross-section.

Key words: Key words: *transversal reinforcement, lateral bracing, stirrups*

¹ Slavko Zdravković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAII ,former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Dragan Zlatkov, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

⁴ Miloš Keković, M. Sc., PhD student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

IDENTIFICATION OF WATER DEFICIT EPISODES BY THE METHOD OF RUNS- THEORETIC BACKGROUND

**Vladislava Mihailović¹
Borislava Blagojević²
Vesna Đukić³**

Abstract

The method of runs is an efficient and widely used method for drought episodes identification. The drought episodes are separated on the recorded hydrograph according to the adopted threshold level. The periods in which the flow is below a certain threshold level are referred to as drought episodes for a fixed threshold level, and episodes of water deficit for the varying threshold level during the annual cycle. For each episode several quantitative characteristics can be estimated, and time series of these indicators can then be statistically analyzed. In the statistical analysis problems arise in modeling, due to the large number of small, statistically insignificant episodes, as well as a mutual dependence between some of the adjacent episodes. This paper discusses the theoretical assumptions of the method of runs for identification of water deficit episodes by a daily varying threshold level. It is proposed that the daily hydrograph is smoothed by the moving averages method, in order to eliminate the mutually dependent and small episodes.

Key words: *hydrological drought, method of runs, varying threshold level, moving averages method.*

¹ dr Vladislava Mihailović, University of Belgrade, Faculty of Forestry,
vladislava.mihailovic@sfb.bg.ac.rs; vmihailovic@beotel.net

²dr Borislava Blagojević, assist. prof., University of Niš, Faculty of Civil Engineering
and Architecture, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

³dr Vesna Đukić, assist. prof. University of Belgrade, Faculty of Forestry,
vesna.djukic@sfb.bg.ac.rs

CONTEMPORARY WEB TECHNOLOGIES FOR INTERACTIVE LEARNING OF TECHNICAL FACULTY STUDENTS

Valentina Nejković¹
Milan Gocić²

Abstract

Development of contemporary technologies resulted in a great change of thinking of the coming generations, and the way they acquire information and learn new things. The academic education should take into consideration those changes and implement certain modifications and adaptations of the traditional teaching, with the goal of improvement of the teaching process. It is necessary to develop certain models of the system founded in contemporary information technologies, followed by the changes of learning modes of the present day students. In this paper is proposed the model of the system based on contemporary web technologies and which is designed for interactive learning of the technical faculties' students.

Key words: e-learning system, interactive learning, web 2.0, technical sciences.

¹ Valentina Nejković, grad. Elec. Eng. MSc., assistant, The Faculty of Electronic Engineering of Niš

² Milan Gocić, grad. Elec. Eng. PhD., assistant prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

SOME OF THE EXTRAORDINARY TERMAL INSULATION TYPES OF BIOLOGICAL ORIGIN

Jelena Dimitrijević¹

Abstract

From "green building" standpoint each component in the process of building industry should meet the minimum requirements prescribed in respect of the selection of materials for building, through the production process and at the end of the maintenance of the same object. The paper presents a few rare insulation materials, commercially present and popular all over the world but not in Serbia. Some of them are completely unknown to people who are not engaged in construction industry. In this regard, it is necessary to learn beforehand about them in terms of quality and performance.

Key words: *insulation material, sheep wool, hemp, straw, wood and cellulose*

¹ Jelena Dimitrijević, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

MODELS OF ENERGY EFFICIENT PRESCHOOL BUILDINGS

Kostić Aleksandra¹
Danica Stanković²

Abstract

Human activities in the natural environment are more and more expansive and contribute to a greater harmful effects on the environment. The state of the existing natural resources and the environment pollution level arise the need for more intense involvement of the sustainable ecological thinking into architectural sfere. A significant number of the preschool buildings in Serbia dates from a period of time when there were no energetic aspects of architecture involved in the building process. This paper deals with the „energy efficient architecture“ concept and with examining the opportunities for the implementation of its principle into the existing number of preschool buildings. In this paper project solutions of such facilities have been analysed throughout the world, with the ecological and sustainable building caracheristics, and which can serve as a model for transforming the existing preschool facilities all around Serbia into the green facilities. The basic goal of this research is defining practical steps of the energy transformation which can provide a healthy, comfortable and progressive eco environment for a child in a preschool building.

Key words: energy efficient architecture, principle, energy transformation, preschool building, child.

¹ Aleksandra Kostić, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, aleksandrakostic85@gmail.com

² Danica Stanković, ass. prof. Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, danica.stankovic@gaf.ni.ac.rs

AUGMENTED REALITY SYSTEMS IN ARCHITECTURE Historical development

Petar Pejić¹
Sonja Krasić²
Predrag Lukić³

Abstract

Augmented reality is the technology by which the users' perception of the real world is complemented with virtual objects. This technology augments the real environment with computer generated images, 3d models, text or sound. The augmented reality represents a contemporary technology which has been finding increasing application in various fields of life. As it allows mixing of presentation of actual and virtual worlds, it is very suitable for presenting of different architectonic visualization.

This paper presents a chronological overview of the most important discoveries (hardware, software and conceptual) that have contributed to the creation of contemporary augmented reality systems. We conducted analysis of the importance and influence on three-dimensional architectural models presentation development using augmented reality

Key words: Augmented Reality, Historical development, Architecture, System, Hardware, Software

¹Petar Pejić, M. Sc., PhD Student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš,

²Sonja Krasić, PhD, Associate Professor, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš,,

³ Predrag Lukić, M. Sc. PhD Student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš..

RATIONALIZATION OF ARCHITECTONIC FREE GEOMETRY BUILDINGS MATERIALIZED BY PANELS

Miloš Nedeljković¹

Abstract

In the course of the previous two decades, architecture and industrial design underwent a digital revolution. The modeling technology became so advanced that it is possible to produce extremely complex geometrical forms with the minimum engagement of the designers. The goal of this research is to present how designers approach the rationalization issue, and how the problem of materialization of free forms using curved panels is treated.

Key words: *rationalization, free form, materialization using panels.*

¹ Miloš Nedeljković, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

COST – BENEFIT ANALYSIS OF PREVENTIVE MEASURES FOR DROUGHT MITIGATION

Mladen Milanović¹
Milan Gocić²
Slaviša Trajković³

Abstract

Drought, a natural hazard is recently increasingly present in our areas, with the growing consequences. The highest damage from the drought is sustained by agriculture. For this reason, both globally and locally are conducted the activities which have a goal of reducing the drought impact. The preventive measures for struggle against drought depend on the drought frequency and degree of impact on agriculture.

The paper presents the damage caused globally by the drought, both in terms of human casualties and material values, as well as the damage caused in our areas. Also, the measures for mitigation of drought in agriculture have been presented.

Key words: *drought, drought impacts, preventive measures*

¹ Mladen Milanović, grad. Civ. Eng., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Milan Gocić, grad. Elec. Eng. PhD., assistant prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Slaviša Trajković, grad. Civ. Eng. PhD, full. prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

ELIMINATION OF SMALL AND MUTUALLY DEPENDENT EPISODES DURING IDENTIFICATION OF DAILY FLOWS DEFICIT BY THE METHOD OF RUNS

**Vladislava Mihailović¹
Borislava Blagojević²
Vesna Đukić³**

Abstract

In this paper we demonstrate the use of a varying threshold level for identifying water deficit episodes by the method of runs. At three hydrological stations in Serbia we define the threshold as a daily varying threshold level – the time quantile function from the marginal distribution diagrams for the 30-year reference period (1961-1990). In order to eliminate the mutually dependent and small episodes we smoothen the daily hydrograph by the method of moving averages. The paper focus is on finding the optimal width of the moving average filter. We analyze the influence of the filter width to the number of episodes and their quantitative characteristics. The selected filter width is 13 days.

Key words: *hydrological drought, method of runs, daily flows, varying threshold level, moving averages method.*

¹ dr Vladislava Mihailović, University of Belgrade, Faculty of Forestry,
vladislava.mihailovic@sfb.bg.ac.rs; vmihailovic@beotel.net

²dr Borislava Blagojević, assist. prof., University of Niš, Faculty of Civil Engineering,
borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

³dr Vesna Đukić, assist.prof., University of Belgrade, Faculty of Forestry,
vesna.djukic@sfb.bg.ac.rs

UNIFICATION OF PANELS FOR PREFABRICATED CONSTRUCTION

Milica Veljković¹
Biserka Marković²
Vuk Milošević³

Abstract

Different types of joints are used in the panel system of prefabricated construction. For each of them the appropriate panels are employed. Therefore, for building an object many different panels are needed, which requires a number of different molds for their production. Making molds for prefabrication of elements is very expensive. By unifying elements, prefabricated construction would be cheaper and simpler. Hence, we should aspire to minimize and unify different elements. Easier use of a modular grid would be achieved using elements of the same size. This paper presents a proposal for a new bonding of panels, which results in unifying their ends. A new way of making panels simplifies the building process and allows the use of modern facades and building of modern objects.

Key words: assembly, prefabrication, precast element, unified panel elements, sandwich panel, joints, AB ceiling

¹ Milica Veljković, MSc student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

² Biserka Marković, grad. Arch. Eng. PhD, full. prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Vuk Milošević, MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

CATASTROPHIC MID-MAY FLOODS IN SERBIA IN 2014

Slavko Zdravković¹
Stefan Conić²
Nikola Stojić³
Andrija Zorić⁴
Novica Tončev⁵

Abstract

The paper presents catastrophic floods which occurred during May 2014 in Serbia, unrecorded in these areas, and they ensued after massive rainfall and intense cyclone which caught the central of the Balkan peninsula. It is estimated that the floods of the 1000 year return period, water table up to 6 meters, so the material damage is extremely high. Rescue teams, from many countries of the world, used the most contemporary equipment to salvage what could be saved, and primarily evacuated the population from the endangered areas.

Key words: flood, catastrophe, casualties, landslides, houses, evacuation, rescuers.

¹ Slavko Zdravković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAII ,former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Stefan Conić, M. Sc.,PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

³Nikola Stojić, grad. Civ. Eng., PhD student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

⁴Andrija Zorić, M. Sc.,PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

⁵Novica Tončev, grad. Civ. Eng., PhD student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

CONSTRUCTION PROJECT PLANNING AND MANAGEMENT

Života Borovac¹

Abstract

The shorter time of work execution is, the greater costs are, is the viewpoint widely spread in construction industry, but it is not acceptable to assume it as a rule. Cost optimization in relation to duration of work execution should be always considered, whenever it is applicable regarding to the programme of works.

Problems of planning, management and optimal usage of available resources during realization of specified projects in construction industry, shall be considered in due care. Investigation of those problems is source of rational business activities of construction companies in real environment. There is a great necessity for application of methods by use of which, each step within project management shall be scientifically explained. Each decision based on those procedures shall have consequences in connection with usage of available resources, with intention to achieve optimal solution of resource usage, or almost optimal. Therefore, there are valid reasons for defining of methods, application of which shall minimize risks of applied decisions, as practicable as possible.

Key words: Project Planning and Management, Study of Construction Organization, Technical-Economic Study of Construction Organization, Project Network Analysis, Structure Analysis (of Activities), Duration Analysis, Cost Analysis, Optimization.

¹ Života Borovac MSc (Civ.Eng.)

CONTENTS

Nemanja Marković Dragoslav Stojić Tamara Nestorović	Modeling of lamb talasa used for damage detection of thin steel plates	1
Predrag Lukić Dragoslav Stojić Vanja Jovanović Dušan Petković Nikola Stojić Petar Pejić	Causes of bridge structure damage	15
Ljiljana Vasilevska Borislava Blagojević Magdalena Vasilevska	Surface linear technical elements in integrated stormwater management approaches	31
Srđan Živković Todor Vacev Milan Petrović	Determination of rotational rigidity of semi-rigid joints in steel structures	47
Slavko Zdravković Dragoslav Stojić Dragan Zlatkov Miloš Keković	Impact transverse reinforcement the ultimate bearing capacity and ductility girder	69
Vladislava Mihailović Borislava Blagojević Vesna Đukić	Identification of water deficit episodes by the method of runs- theoretic background	81
Valentina Nejković Milan Gocić	Contemporary web technologies for interactive learning of technical faculty students	91

ZBORNIK RADOVA GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKOG FAKULTETA no.29

Jelena Dimitrijević	Some of the extraordinary thermal insulation types of biological origin	101
Kostić Aleksandra Danica Stanković	Models of energy efficient preschool buildings	111
Petar Pejić Sonja Krasić Predrag Lukić	Augmented reality systems in architecture historical development	121
Miloš Nedeljković	Rationalization of architectonic free geometry buildings materialized by panels	135
Mladen Milanović Milan Gocić Slaviša Trajković	Cost – benefit analysis of preventive measures for drought mitigation	145
Vladislava Mihailović Borislava Blagojević Vesna Đukić	Elimination of small and mutually dependent episodes during identification of daily flows deficit by the method of runs	157
Milica Veljković Biserka Marković Vuk Milošević	Unification of panels for prefabricated construction	167
Slavko Zdravković Stefan Conić Nikola Stojić Andrija Zorić Novica Tončev	Katastrophic mid-may floods in serbia in 2014	181
Života Borovac	Construction project planning and management	193

INDEX OF AUTHORS

- **Blagojević Borislava grad. Civ. Eng. PhD**
assistant professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.31-46, 81-90, 157-166
- **Borovac Života, grad. Civ. Eng.**
pg. 193-210
- **Conić Stefan, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 181-192
- **Dimitrijević Jelena, grad. Civ. Eng.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 101-110
- **Đukić Vesna, PhD**
assistant professor, The Faculty of Forestry, University of Belgrade, pg. 81-90, 157-166
- **Gocić Milan, grad. Elec. Eng. PhD.**
assistant professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 91-100, 145-156
- **Jovanović Vanja, master Civ. Eng.**
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 15-30
- **Keković Miloš, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 69-80
- **Kostić Aleksandra, grad. Arch. Eng.**
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 111-120
- **Krasić Sonja grad. Arch. Eng. PhD**
Associate professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.121-134
- **Lukić Predrag, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 15-30, 121-134
- **Marković Biserka grad. Arch. Eng. PhD**
Full professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.167-180
- **Marković Nemanja, grad. Civ. Eng.**
associate, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 1-14

- **Mihailović Vladislava, PhD**
professor, The Faculty of Forestry, University of Belgrade, pg.81-90,
157-166
- **Milanović Mladen, grad. Civ. Eng.**
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 145-156
- **Milošević Vuk, master Arch. Eng.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.
167-180
- **Nedeljković Miloš, master Arch. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and
Architecture of Niš, pg. 135-144
- **Nestorović dr Tamara, dipl.maši. inž.**
professor, Mechanics of Adaptive Systems, Faculty of Civil and
Environmental Engineering, Ruhr University Bochum, str.1-14
- **Pejić Petar, master Arch. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and
Architecture of Niš, pg. 15-30, 121-134
- **Petković Dušan, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.
15-30
- **Petrović Milan, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and
Architecture of Niš, pg. 47-68
- **Stanković Danica grad. Arch. Eng. PhD**
assistant professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of
Niš, pg.111-120
- **Stojić Dragoslav, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 1-
14, 15-30, 69-80
- **Stojić Nikola, grad. Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and
Architecture of Niš, pg. 15-30, 181-192
- **Tončev Novica, grad. Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and
Architecture of Niš, pg. 181-192
- **Trajković Slaviša, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.
145-156

- **Vacev Todor grad. Civ. Eng. PhD**
assistant professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.47-68
- **Vasilevska Ljiljana grad. Arch. Eng. PhD**
associate professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 31-46
- **Vasilevska Magdalena, master Arch. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 31-46
- **Veljković Milica**
student of master studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 167-180
- **Zdravković Slavko, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAII ,former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 69-80, 181-192
- **Zlatkov Dragan, grad. Civ. Eng. MSc**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 69-80
- **Zorić Andrija, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 181-192
- **Živković Srđan, grad. Civ. Eng. MSc**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 47-68

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

624

ZBORNIK radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta / главни и одговорни urednik Dragoslav Stojić. – 2003, br. 19- . – Niš (Aleksandra Medvedeva 14) : Građevinsko-arhitektonski fakultet, 2003 (Niš: Grafika Galeb). -24 cm

Годиšње. – Је nastavак: Zbornik radova Građevinskog fakulteta (Niš) = ISSN 0350-8587 ISSN 1452-2845 = Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta (Niš)

COBISS.SR-ID 126989324