

UDK 72.011.72:727.3(497.11 Niš)

ARHITEKTONSKO DEFINISANJE PROSTORA U DVORIŠTU ZGRADE BANOVINE U NIŠU

Vuk Milošević¹, Dragan Kostić²

Rezime: U ovom radu prikazano je arhitektonsko rešenje pokrivanja dvorišta zgrade Banovine membranskom konstrukcijom. Predstavljen je položaj objekta i njegov značaj za grad Niš, kao i uloga koju je ovaj objekat imao u istoriji. Proces izbora najadekvatnijeg konstruktivnog sistema izvršen je temeljno i kao rezultat dao je membransku konstrukciju dvostruko zakrivljenog oblika. Prednosti i mane ovog sistema su elaborirane i dovedene u vezu sa konkretnim objektom. Dat je i tehnički opis projekta pokrivanja dvorišta, sa svim bitnim karakteristikama konstrukcije.

Ključne reči: Membranske konstrukcije, lake prostorne strukture, zategnute konstrukcije

ARCHITECTONIC DEFINING OF SPACE IN THE BANOVINA BUILDING COURTYARD

Abstract: This paper presents the architectural design of the membrane atrium cover of the Banovina building. The location of the building, along with its historical role and its significance to the city of Niš is analyzed and presented. The process of selection of the most suitable structural system was carried out most thoroughly, and as a result double curved membrane structural system was selected. Advantages and disadvantages of this system are explored and applied to the analyzed building while a technical description of the structure with all important aspects is also presented.

Key words: Membrane structures, lightweight structures, tensile structures

¹ Student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, vukamer@yahoo.com

² Docent, dr, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1 LOKACIJA

Zgrada Banovine se nalazi u gradu Nišu, u opštini Crveni Krst. Locirana je u urbanističkom bloku oivičenom ulicama Univerzitetski trg, Kej Mike Paligorića, Dobrička i Šumatovačka. Blok je površine oko pola hektara. Primenjen je ivični tip izgradnje u bloku, s' tim što objekat ima unutrašnje dvorište. Dvorište je površine 1000 m², i ima direktan pristup jedino iz Šumatovačke ulice. Izlaz iz objekta u dvorište omogućen je na 9 mesta. Zgrada je spratnosti P+2 i izgrađena je u neorenesansnom stilu. Krov je kos, dvovodni. Funkcija objekta je administrativna.

Objekat se nalazi u strogom centru grada na 300 m udaljenosti od centralnog gradskog trga. Smešten je na desnoj obali reke Nišave uz koju se prostire svojom dužom stranom. U neposrednoj blizini objekta nalazi se niška tvrđava, koja predstavlja centralni gradski park. Takođe, u tvrđavi se nalazi i letnja pozornica koja se koristi za održavanje kulturno-umetničkih manifestacija tokom letnjih meseci. Kapaciteta je oko tri hiljade sedećih mesta, ali nije pokrivena i zbog toga nije upotrebljiva u slučaju nepovoljnih vremenskih uslova. Budući da ovaj projekat predviđa pokrivanje dela unutrašnjeg dvorišta zgrade Banovine, taj prostor bi mogao da služi i kao zamena za letnju pozornicu. Pri tome treba imati u vidu blizinu ova dva prostora, čija je udaljenost manja od 300 metara, ali i manji kapacitet gledalaca koji dvorište zgrade Banovine može da primi.

Objekat je vrlo dostupan, kako stanovnicima grada, koji do njega dolaze gradskim prevozom, tako i gostima iz drugih sredina, budući da je glavna autobuska stanica na 400 metara udaljenosti. Pored toga, objekat se nalazi na ukrštanju pešačkih komunikacija. Kej pored objekta je jedna od najprometnijih pešačkih zona u gradu, a sa druge strane objekta, na rastojanju od 100 metara locirana je gradska zelena pijaca.

Dvorište zgrade Banovine, koje je predmet ovog rada je već dobro poznato Nišlijama. Ovaj prostor se često koristi za priredbe i svečanosti u organizaciji Univerziteta u Nišu, ali i kao mesto za okupljanje mladih u večernjim časovima. Cilj ovog projekta je unapređenje prostora u dvorištu, tako da bolje odgovori zahtevima svojih korisnika i kvalitetnije reprezentuje Univerzitet u Nišu, i grad Niš. Utvrđeno je da bi se pokrivanjem dvorišta podigla upotrebnost ali i estetska vrednost cele zgrade Banovine. Za

pokrivanje prostora u dvorištu predviđena je primena jednog od najsavremenijih i najatraktivnijih konstruktivnih sistema danas, šatorastih konstrukcija. Spoj istorijskih objekata i ovog modernog tipa konstrukcija pokazao se kao uspešan na brojnim primerima u svetu.

2 ISTORIJAT

Zgrada Okružnog načelstva započeta četiri godine po oslobođenju od Turaka 1878., bila je u svoje vreme najreprezentativnija zgrada ondašnjeg Niša. Prvi deo zgrade pušten je u rad u leto 1887. godine. Bio je to samo ugaoni deo sadašnje velike zgrade, prizemlje i sprat sa ulazima na Keju Mike Paligorića (Načelstvo) i iz Dobričke ulice (Kapetanija i Sud) [1]. Izgrađena po planovima bečkog arhitekta, čije je ime do danas ostalo nepoznato, bila je frontalno okrenuta ka Nišavi. Zgrada predstavlja prvi javni objekat u Nišu, čija pojava simbolizuje težnju savremenim stremljenjima u arhitekturi i izgradnji grada.

Početak Prvog svetskog rata, od 26. jula 1914. do 16. oktobra 1915., Niš je bio ratna prestonica Srbije a u ovoj zgradi nalazilo se sedište Srpske Vlade i Ministarstva inostranih dela. U utorak, 28. jula 1914. godine, ovde je stigla zvanična objava rata Srbiji od Austrougarske, na način jedinstven u diplomatskim odnosima - putem telegrama. Nakon toga, od leta 1914. do jeseni 1915. godine sve akcije srpske vlade sa stranim diplomatskim predstavnicima i članovima Jugoslovenskog odbora odvijale su se u ovoj zgradi. Sa balkona ove zgrade 1917. tri evropska vladara ondašnjih centralnih sila, Austrije, Nemačke i Bugarske, posmatrali su poslednju paradu svojih vojnih jedinica pred svoj veliki poraz u I svetskom ratu. Ovde je 4. septembra 1914. godine potpisan i poznati "Niški sporazum", između Srbije i Albanije, koji je na vlast u Albaniji doveo Esad pašu Toptanija i koji je predviđao savez između Srbije i Albanije.

Nakon Prvog svetskog rata Niš je postao sedište Moravske banovine. Zgrada je tada dograđivana više puta, za potrebe smeštaja administracije. Drugi sprat dograđen je 1931. godine na starom delu objekta, a 1935. zgrada je dobila današnji izgled, dogradnjom dela u Šumatovačkoj ulici i pročelja sa ulazom, koje je okrenuto prema Stambol kapiji niške tvrđave. Ti radovi izvedeni su prema projektu beogradskog arhitekta, Petra Gačića. Posle Drugog svetskog rata ovde je bilo sedište sreza a od 1966. godine Univerziteta i mnogih drugih institucija.



Slika 1 – Zgrada Banovine u različitim fazama

IZBOR KONSTRUKTIVNOG SISTEMA

Odabir adekvatne konstrukcije za pokrivanje dvorišta zgrade Banovine bio je dugačak proces koji je prošao kroz nekoliko faza. Trebalo je najpre odrediti da li dvorište treba da bude u potpunosti pokriveno. Natkrivanje dvorišta tako da se dobije potpuno zatvoreni prostor rezultiralo bi formiranjem dvostruke fasade. Dvostruke fasade imaju nekoliko prednosti, pri čemu se kao najbitnija ističe ušteda energije koja se koristi u objektu [2]. Savremeni tipovi stakala na fasadama omogućavaju bolju energetska efikasnost [3]. Dalji napredak može se ostvariti integracijom fotonaponskih panela u prekrivač dvorišta [4]. Međutim, ovakvo rešenje ima i svoje negativne strane. Pre svega, ono iziskuje jako velika početna finansijska ulaganja, iako bi se ona tokom vremena polako otplaćivala kroz manju potrošnju energije u objektu. Sa druge strane, potpunim pokrivanjem dobio bi se zatvoren prostor koji bi bio otuđen od spoljašnjosti, što nije bila želja projektanta.

Trebalo je dakle izabrati konstruktivni sistem koji će samo delimično pokrivati dvorište, tako da se ono može koristiti u toplijem delu godine, ali će pružiti zaštitu od sunca, kiše i vetra. Poslednjih godina u svetu postoji tendencija projektovanja neortogonalnih, krivolinijskih pa čak i amorfnih objekata i struktura [5]. Pri tome, očigledan je trend primene što lakših i

tanjih konstruktivnih sistema [6]. Kao logičan odgovor na ove trendove pojavila se sve češća upotreba šatorastih konstrukcija. I same šatoraste konstrukcije su vremenom evoluirale, i njihov najnapredniji podtip koji se danas koristi zove se membranski konstruktivni sistem. Membrane u potpunosti odgovaraju na zahteve moderne arhitekture. Veoma su lake i njihova sopstvena težina iznosi samo oko 1 kg/m^2 . Ovo je posledica izuzetno malih poprečnih preseka koji se primenjuju za osnovni konstruktivni element i koji iznose oko 1 mm. Nisu pravolinijske, već su njihove forme uvek dvostruko zakrivljene sa negativnom Gausovom krivinom [7]. Postoji povezanost između njihove male težine i zakrivljene forme. Mali poprečni presek konstrukcije onemogućava prijem sila pritiska. Zbog toga se za konstruktivni materijal koriste specijalna tekstilna platna koja odlično primaju zatezanje [8,9]. Da bi se obezbedilo da se u materijalu javlja zatezanje pod svim predviđenim spoljašnjim opterećenjima neophodno je da forma konstrukcije bude dvostruko zakrivljena i to obavezno sa negativnom Gausovom krivinom. Osim toga, obavezno je i unošenje zatežućih sila prednaprezanja prilikom montaže konstrukcije.

I membranske konstrukcije imaju svoje nedostatke, koji se pre svega ogledaju u lošim termičkim karakteristikama. Zbog svoje male debljine one skoro da ne pružaju nikakvu zaštitu od spoljašnje

temperature, i upravo zbog toga se najčešće koriste za natkrivanje, a ne za potpuno pokrivanje prostora. Kako je upravo ovo slučaj i u dvorištu zgrade Banovine, tako ovaj njihov nedostatak nema nikakvu ulogu u konkretnom projektu. Još jedan problem koji se javlja kod membrana su i njihovi veliki ugibi. U poređenju sa drugim konstruktivnim sistemima, membrane imaju značajno manju krutost, a u poređenju sa tradicionalnim građevinskim materijalima membranski materijali imaju znatno veću elastičnost. Kako membrane nemaju veliku sopstvenu težinu koja bi se mogla suprotstaviti spoljašnjim opterećenjima, one moraju da na opterećenje odgovaraju promenom forme. Maksimalni ugibi membrana su upadljivo veći od onih koje imaju druge vrste konstrukcija. Problem velikih deformacija jedna je od aktuelnih tema istraživanja kod membrana [10-13].

Proračun ove konstrukcije vršen je u programu Sofistik. Sofistik je program koji koristi metod konačnih elemenata i ima specijalizovane module za proračun membranskih konstrukcija [14]. Dobijanje konačne forme konstrukcije je kompleksan matematički problem [15,16] koji se takođe rešava upotrebom softvera. U ovom konkretnom slučaju analizirana su 24 različita slučaja spoljašnjeg opterećenja od vetra, snega i koncentrisanog opterećenja. Na osnovu dobijenih rezultata kasnije je vršeno dimenzionisanje elemenata konstrukcije.

Jedan od problema koji se pojavio prilikom projektovanja konstrukcije jesu preveliki ugibi membrane usled spoljašnjeg opterećenja, što je i bilo očekivano. Ovaj problem uočen je još u ranim fazama projekta, tako da je uspešno rešen bez velikih posledica. Rešavanje se odvijalo kroz dva pristupa. Jedan je promena forme konstrukcije, a drugi povećanje unutrašnjih sila. Povećanje zakrivljenja konstrukcije dokazano pozitivno utiče na smanjenje ugiba, ali ima i negativne posledice koje se ogledaju u narušavanju arhitektonske zamisli o obliku konstrukcije i smanjenju funkcionalnosti ukoliko zakrivljenost postane prevelika [17]. Povećanje intenziteta sila prednaprezanja takođe smanjuje ugibe membrane zbog toga što povećava krutost konstrukcije [18]. Na ovaj način se, međutim, manje utiče na ugibe, a postoji opasnost da se sile toliko povećaju da dođe do loma konstruktivnog materijala. Kako bi se ugibi konstrukcije u dvorištu zgrade Banovine sveli na razumnu meru primenjena su oba načina, pa je upotrebljena nešto zakrivljenija forma nego što je najpre bilo planirano, i povećane su sile prednaprezanja koje se unose u konstrukciju tokom montaže.

Jedna od velikih prednosti membranskog konstruktivnog sistema je i njegova izuzetno brza montaža. U ovom slučaju montaža je nešto komplikovanija jer su sve veze zglobne, i konstrukcija nije samostalno stabilna dok se sve zatege ne montiraju. Montaža se vrši u fazama kroz postavljanje i postepeno povećavanje sila zatezanja u zategama. Vrlo je bitan redosled postavljanja i dotezanja, gde se ne smeju zatezati zatege susednih, već naspramnih stubova. Sama membrana se ne zateže direktno, već indirektno preko stubova i ivičnih kablova. Iako je samu montažu kod konstrukcija ovog nivoa kompleksnosti najčešće moguće završiti za manje od jednog dana, posle izvesnog vremena potrebno je proveriti intenzitete sila u membrani i kablovima, i izvršiti eventualno naknadno dotezanje.

4 TEHNIČKI OPIS

Konstrukcija se nalazi u unutrašnjem dvorištu zgrade Banovine u Nišu. U potpunosti je nezavisna od postojećeg objekta, te interakcija između njih ne postoji. Ovakav izbor projektanti konstrukcije napravili su zbog starosti postojećeg objekta, odnosno želje da se u postojeći objekat ne unose sile iz novoprojektovane konstrukcije. Na taj način izbegnuto je ispitivanje postojećeg objekta, ali je sa druge strane bilo neophodno predvideti čelične stubove na koje će se konstrukcija osloniti. Namena konstrukcije je da natkrije prostor unutrašnjeg dvorišta i da ga arhitektonski definiše. Tip konstrukcije je šatorasti, podtip membranski. Kao glavni noseći element koristi se PVC membrana. Površina natkrivenog prostora je oko 600 m². Najviša tačka pokrivača nalazi se na visini 12 metara od poda, a najniža na 3 metra. Oblik pokrivača je dvostruko zakrivljen, sedlasti, blizak formi minimalne površi [19].

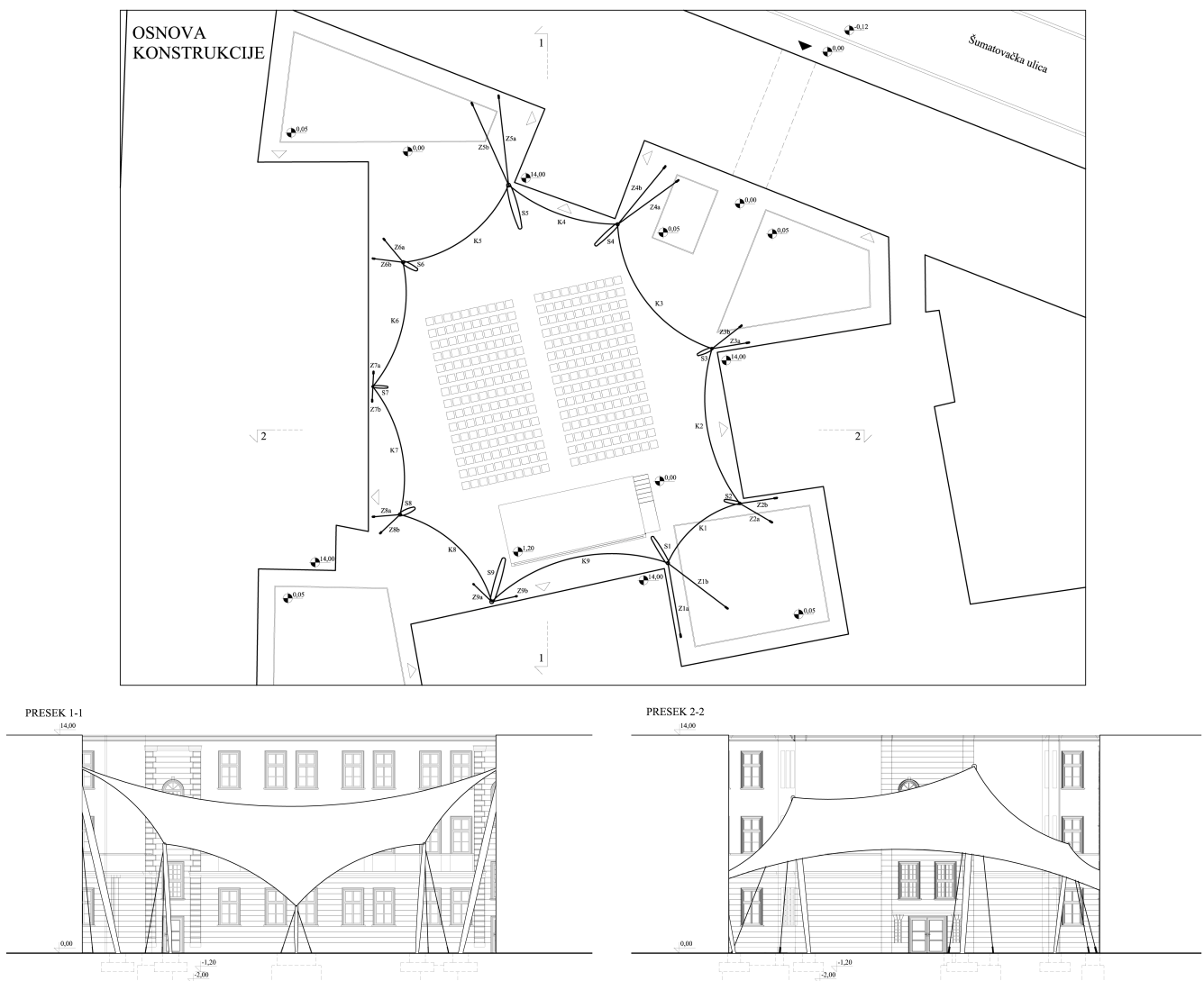
Prema sračunatim silama koje se javljaju u membrani prilikom različitih slučajeva opterećenja usvojena je PVC membrana tipa III. Debljina membrane je 1,2 mm, a težina 1050 g/m². Način proizvodnje membrane i šema sečenja predstavljaju zasebne probleme karakteristične za membranske konstrukcije [20,21]. Membrana je prethodno napregnuta sa 8 kN/m u oba pravca, što je u granicama preporučljivog za dati tip membrane. Prednaprezanje se u membranu unosi putem ivičnih kablova, sa kojima je membrana vezana na svim ivicama. Ovih kablova ima 9 komada. Usvojeni presek za sve kablove je otvoreno zavojno užje, konstruisano sa 91 žicom prečnika 3,25 mm, a ukupni prečnik kabla je 36 mm. Ivični kablovi služe kao

elastični oslonci, i prenose opterećenje sa membrane na stubove.

Stubovi su čelični, cevastog poprečnog preseka. Vretenastog su oblika. Poprečni presek na vrhu i dnu stuba je isti, dok je u sredini veći. U konstrukciji postoji 9 stubova, od toga 5 različitih vrsta. Svi stubovi su nagnuti ka spolja u odnosu na centar konstrukcije. Na vrhu je svaki stub vezan sa po dva ivična kabla, i sa po dve zatege. Stubovi su u dnu vezani za temeljnu stopu zglobno, putem veze sa čepom.

Zatege koje su vezane za vrh stuba i za zasebnu temeljnu stopu su takođe otvorena zavojna užad, prečnika 36 mm. One igraju ključnu ulogu u

stabilizaciji konstrukcije, ali i u fazi montaže. Ovih zatega ima ukupno 18 komada, odnosno po dve za svaki stub. Njihov položaj je takav da primaju sile zatezanja u svim slučajevima opterećenja konstrukcije i da ne ometaju funkcionalno korišćenje prostora. Zatege su takođe prednapregnute, i sračunate tako da se ni u jednoj fazi montaže, ni slučaju opterećenja, ne javlja lančanica. Na donjem kraju, vezane su za sopstveni armiranobetonski temelj.



Slika 2 – Osnova i preseki novoprojektovanog stanja

Temelji konstrukcije podeljeni su na dve grupe, temelji stubova i temelji zatega. Temelji stubova su armiranobetonski i u obliku temeljnih stopa samaca, fundirani na dubini od 120 cm. Primaju od stuba sile

pritiska. Temelji zatega su takođe armiranobetonski, ali primaju sile zatezanja. Oni se svojom težinom odupiru ovim silama. Izuzetak je temelj TS7 koji služi

kao temelj i za stub i za zatege. Razlog tome je blizina stuba i zatega.

Konstrukcija služi kao pokrivač za montažnu binu koja se nalazi na južnoj strani, i gledalište kapaciteta 300 sedećih mesta. Sedišta nisu fiksirana, već se koriste stolice koje je po potrebi moguće ukloniti i prostor koristiti u druge svrhe. U izuzetnim situacijama moguće je povećati broj sedećih mesta uz moguće ugrožavanje vidljivosti sa nekih pozicija.

Bitno je napomenuti da je i problem korišćenja sanitarnih čvorova rešen, budući da zgrada Banovine ima veliki broj sanitarnih čvorova koji su lako dostupni iz dvorišta. Prostor poseduje kako nisko, tako i visoko zelenilo. Pod je pokriven kamenim pločama dimenzija 50x50 cm. Pristup dvorištu je iz Šumatovačke ulice. Odmah po prolazu kroz pasaž i ulasku u dvorište uočava se membrana bele boje koja dominira prostorom i čini ga jednim od bisera grada.



Slika 3 – Vizualizacija novoprojektovanog stanja

5 ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeno je rešenje natkrivanja dvorišta zgrade Banovine membranskom konstrukcijom. Primenom ove konstrukcije povećala bi se upotrebljivost prostora u dvorištu, jer bi se on mogao koristiti i tokom kišnih dana, što ranije nije bilo moguće. Takođe, podigla bi se i ambijentalna i estetska vrednost prostora kroz upotrebu ovako savremene i po formi dvostruko zakrivljene konstrukcije. Membranska konstrukcija u dvorištu zgrade Banovine bila bi prva te vrste u ovoj regiji, što bi se moglo iskoristiti za dalja naučna istraživanja na ovom konstruktivnom sistemu. Zbog značajne uloge koju je zgrada Banovine u istoriji imala, i važnosti koju danas ima za grad Niš, ona zaslužuje da bude oplemenjena predloženom membranskom konstrukcijom, jer će na taj način osigurati i status objekta od turističkog značaja u budućnosti.

LITERATURA

- [1] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=760406&page=3> 18.9.2013
- [2] *Dvostruke fasade kao korak ka energetski održivim objektima*, V. Milošević, D. Đurić-Mijović, Nauka + Praksa, 2010., Vol. 13, str. 81-85
- [3] *Architectural glass: types, performance and legislation*, J. Savić, D. Đurić-Mijović, V. Bogdanović, Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2013., Vol. 11, No. 1, str. 35-45
- [4] *Integracija fotonaponskih modula u fasadni omotač zgrade*, D. Jovanović, D. Đurić-Mijović, Nauka + Praksa, 2011., Vol. 14, str. 9-14
- [5] *Optimizacija trodimenzionalnih dvostruko zakrivljenih amorfnih formi u arhitekturi*, B. Ilić, J. Terzić, Nauka + Praksa, 2010., Vol. 13, str. 29-32
- [6] *Elastična stabilnost konstrukcija*, S. Zdravković, D. Zlatkov, D. Turnić, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, 2011., Vol. 26, str. 147-153
- [7] *European design guide for tensile surface structures*, B. Forster, M. Mollaert, TensiNet, 2004., str. 354
- [8] *Primena tekstilnih konstruktivnih materijala u arhitekturi*, V. Milosevic, Tekstilna industrija, 2013., Vol. LX, No. 2, str. 33-39
- [9] *Primena tekstila u arhitekturi*, S. Vrečić, Nauka + Praksa, 2009., Vol. 12, No. 1, str. 243-246
- [10] *Large deflection analysis of 3D membrane structures by a 4-node quadrilateral intrinsic elements*, T.-Y. Wu, E. C. Ting, Thin-Walled Structures, 2008., Vol. 46, str. 261-275
- [11] *The analog equation method for large deflection analysis of heterogeneous orthotropic membranes: a boundary-only solution*, J. T. Katsikadelis, G. C. Tsiatas, [10] *Large deflection analysis of 3D membrane structures by a 4-node quadrilateral intrinsic elements*, T.-Y. Wu, E. C. Ting, Thin-Walled Structures, 2008., Vol. 46, str. 261-275
- [11] *The analog equation method for large deflection analysis of heterogeneous orthotropic membranes: a boundary-only solution*, J. T. Katsikadelis, G. C. Tsiatas, [11] *The analog equation method for large deflection analysis of heterogeneous orthotropic membranes: a boundary-only solution*, J. T. Katsikadelis, G. C. Tsiatas, Engineering Analysis with Boundary Elements 2001., Vol. 25, str. 655-667
- [12] *Calculating roof membrane deformation under simulated moderate wind uplift pressures*, B. A. Baskaran, B. Murty, J. Wu, Engineering Structures, 2009., Vol. 31, str. 642-650
- [13] *The problem of large deflections in membrane structures*, V. Milošević, D. Kostić, IV International Symposium PhIDAC 2012, 2012., Niš, str. 388-394
- [14] *Analysis and design of membrane structures: Results of a round robin exercise*, P. D. Gosling, Engineering Structures, 2013., Vol. 48, str. 313-328
- [15] *Structural optimization and form finding of light weight structures*, K.-U. Bletzinger, E. Ramm, Computers and Structures, 2001., Vol. 79, str. 2053-2062
- [16] *Form finding of membrane structures by the updated reference method with minimum mesh distortion*, J. Bonet, J. Mahaney, International Journal of Solids and Structures, 2001., Vol. 38, str. 5469-5480
- [17] *Form and Function: The significance of material properties in the design of tensile fabric structures*, B. Bridgens, M. Birchall, Engineering Structures, 2012., Vol. 44, str. 1-12
- [18] *Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova membranskih konstrukcija*, V. Milošević, D. Kostić, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, 2012., Vol. 27, str. 59-70
- [19] *Minimal surfaces for architectural constructions*, Lj. Velimirović, G. Radivojević, M. Stanković, D. Kostić, Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2008., Vol. 6, No. 1, str. 89-96
- [20] *Spline-based and stress-monitored patterning of fabric structures*, J. S. Brew, W. J. Lewis, Computers and Structures, 2013., Vol. 119, str. 203-214
- [21] *Implementation of genetic algorithm for optimum cutting pattern generation of wrinkle free finishing membrane structures*, W. Punurai, W. Tongpool, J. H. Morales, Finite Elements in Analysis and Design, 2012., Vol. 58, str. 84-90

