

**ZBORNIK RADOVA  
GRADJEVINSKO-  
ARHITEKTONSKOG  
FAKULTETA**

Niš | 2012 | broj 27

**IZDAVAČ**

Građevinsko-arhitektonski fakultet  
Niš, Aleksandra Medvedeva 14

**ZА IZDAVAČA**

dr Petar Mitković, red. prof.

**GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK**

dr Slaviša Trajković, vanr. prof.

**REDAKCIJA**

dr Dragoslav Stojić, red. prof.

dr Nikola Cekić, red. prof.

dr Đorđe Đorđević, red. prof.

dr Zoran Grdić, vanr. prof.

dr Branko Turnšek, docent

mr Marina Trajković, asistent

**TEHNIČKA OBRADA**

mr Milan Gocić

**LEKTOR ZA ENGLESKI JEZIK**

Goran Stevanović, diplomirani filolog za engleski jezik i književnost

---

**Radovi su recenzirani****ISSN 1452-2845**

---

štampa M KOPS CENTAR

Tiraž 100

## 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 27 po redu Zbornik, čime se poštaje dinamika izdavanja jednog broja godišnje. Sadrži petnaest 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.

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.

Dekan

Prof. dr Petar Mitković



## SADRŽAJ

mr Milena Dinić	Urbano rasplinjavanje u post-socijalističkim gradovima Evrope .....	1
mr Biljana Matejević	Istorijski razvoj dinamičkog planiranja u građevinarstvu .....	13
Mladen Milanović mr Milan Gocić dr Slaviša Trajković	Analiza modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti na području Srbije za vremenski period od 1980. do 2010. godine .....	29
dr Aca Milićević Vanja Jovanović	Kolovozni zastori od prefabrikovanih betonskih elemenata .....	37
mr Ivana Milojković Dragoljub Milojković	Klimatske promene na pilot slivu reke Nišave .....	45
Vuk Milošević dr Dragan Kostić	Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova membranskih konstrukcija .....	59
Aleksandra Mirić dr Goran Jovanović	Razvoj stambenih struktura od praistorije do prethelenetskog perioda .....	71
Biljana Mladenović dr Slavko Zdravković mr Dragan Zlatkov Predrag Petronijević Dragana Turnić	Analiza uticaja deformacije smicanja na savijanje kružnih i prstenastih ploča .....	85
Olivera Nikolić Vladan Nikolić dr Goran Jovanović	Parametri i metode racionalizacije u projektovanju i rekonstrukciji bolnica .....	95

ZBORNIK RADOVA GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKOG FAKULTETA no.27

---

dr Slobodan Ranković Milenko Milinković dr Dušan Petković Darko Živković	Ispitivanje tipske hale sa ferocementnom ispunom na uticaj probnog opterećenja .....	107
Mirko Stanimirović dr Goran Jovanović Tanja Obradović	Forma hrama .....	115
dr Maja Stanojević Gocić	Komunikativni pristup i komunikativne potrebe studenata tehničkih nauka .....	125
mr Dragan Zlatkov dr Slavko Zdravković Milovan Stanojev	Seizmički proračun potpornih zidova na dopunski pritisak tla prema evrokodu 8 .....	133

# URBANO RASPLINJAVANJE U POST-SOCIJALISTIČKIM GRADOVIMA EVROPE

Milena Dinić<sup>1</sup>

## Rezime

*Post-socijalističko suburbanno rasplinjavanje je fenomen koji je centralnu i istočnu Evropu zahvatio relativno kasno, u drugoj polovini devedesetih, ali u potpunosti po zapadnoevropskom/severnoameričkom modelu sprawl-a. Zemljiste izvan velikih socijalističkih stambenih naselja zauzima se razvučenim individualnim stanovanjem, a granice između urbanog i ruralnog postaju nejasne. Nova izgradnja često dolazi u konflikt sa postojećim urbanim tkivom u rubnim područjima grada, gde dominiraju veliki socijalistički stambeni kompleksi i bespravna gradnja. Neke kvalitetne planske mehanizme, kojima je moguće ublažiti savremene malformacije rasplinjavanja gradova, nudi koncept pametnog rasta.*

**Ključne reči:** urbano rasplinjavanje, suburbija, restruktuiranje urbanih funkcija, pametan rast

## 1. UVOD

Ideja o „domu u predgrađu“, u bezbednom okruženju sa malim brojem dobro odabralih suseda, daleko od centralne gužve, buke i zagađenja, javila se dvadesetih godina 20. veka. Porast standarda i ubrzana motorizacija pospešuju odliv stanovništva iz centra. Kriza gradskog jezgra na globalnom nivou produbljuje se posle II svetskog rata, gradovi nekontrolisano rastu, a procesom urbanizacije pritisnuto je i obodno poljoprivredno zemljiste. Rezultat su predgrađa koja se „protežu“ na ogromnim površinama rubnih delova grada - „urban sprawl“. Ovaj

---

<sup>1</sup> Milena Dinić, mr, dipl. inž. arh., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš

termin ima negativnu konotaciju i mogao bi biti preveden kao „urbani polip“<sup>[8]</sup> ili „urbano rasplinjavanje“<sup>2</sup>. Prema organizaciji Smart Growth America, „sprawl“ se definije kao *proces u kome širenje izgradnje na slobodnom vangradskom zemljištu daleko prevazilazi potrebe demografskog rasta*. Ove urbane malformacije karakterišu: mala gustina naseljenosti, strogo odvojeno stanovanje, trgovina i mesta rada, slabo pristupačna saobraćajna mreža sa velikim blokovima i nepostojanje razvijenih, dobro organizovanih centara. Kao nuspojave navedenog javljaju se i teškoće u transportu, uniformnost stanovanja, nemogućnost pešačkog saobraćaja i socijalna segregacija.

Do početka devedesetih godina 20. veka proces urbanog rasplinjavanja bio je karakterističan za Sjedinjene Države i zemlje zapadne Evrope, kao bogatija društva koja su sebi mogla priuštiti komforniji i luksuzniji vid stanovanja na velikim parcelama. Međutim, sa padom komunizma i prelaskom na tržišnu privredu i današnji post-socijalistički gradovi nalaze se u procesu nekontrolisanog širenja gradske periferije.

## 2. GENEZA SPRAWL-A

Urbano rasplinjavanje predstavlja dominantan vid urbanog razvoja u Sjedinjenim Državama u poslednjih nekoliko decenija, dok je taj proces u manjoj meri prisutan na evropskom kontinentu. Razlog tome treba tražiti u ogromnim dostupnim površinama zemljišta u SAD-u [9]. Za razliku od Evrope gde prostora nema dovoljno, prostranstvo američkog kontinenta proizvelo je gradove orijentisane ka automobilu. Urbani rast američkih gradova dostiže ogromne razmere, a nacionalni trend u urbanističkom planiranju znatno je pospešio proces sub-urbanizacije. Milioni ljudi iselili su se u mirna predgrađa u potrazi za „američkim snom“ – posedovati svoju kuću sa dvorištem. Državna politika i programi podsticali su proces sub-urbanizacije - izgradnjom državnih autoputeva, niskom cenom benzina i davanjem poreskih olakšica za kupovinu kuće u predgrađu ili relociranje poslovanja u predgrađa.

Danas u SAD-u više ljudi stanuje u predgrađima nego u centralnim gradskim zonama, i većina novog poslovanja locira se upravo tamo. Novi „ivični gradovi“ figuriraju danas kao trgovacki/komercijalni centri, odvlačeći ekonomiju iz tradicionalnih centara.

---

<sup>2</sup> prevod koji susrećemo u domaćoj literaturi

Suburbani predstavnici su brojniji u gradskoj vlasti, što rezultira time da se razvojna politika i regulativa više fokusira na potrebe suburbanog stanovništva. Gradski zvaničnici naročito podstiču poslovanje u predgrađima, jer se otvaraju nova radna mesta i povećavaju lokalni prihodi. Zato na sve načine pokušavaju da prodaju zemljište zainteresovanim investitorima – pomažu raščišćavanje brownfields lokacija, snižavaju cene zemljišta, nude poreske olakšice ili ulažu u lokalnu infrastrukturu.

Urbana struktura evropskih gradova je znatno kompaktnija. Kapitalistički gradovi zapadne Evrope takođe su iskusili „razvučeni“ obrazac urbanog razvoja, mada u manjoj meri od severnoameričkih (Slika 1).



Slika 1. Urbano rasplinjavanje u Americi, Albukerki (levo) i Evropi, London (desno).

## 2.1. Pojava sprawl-a u post-socijalističkom gradu

Scenario urbanog rasplinjavanja izbegnut je jedino u socijalističkim gradovima u centralnoj i istočnoj Evropi (CEE<sup>3</sup>), pre svega zahvaljujući političkoj ideologiji koja je prožimala sve segmente društva, uključujući i planiranje gradova. Centralizovano planiranje omogućavalo je da se načela CIAM-a prilagođavaju potrebama i zahtevima socijalističkog društva. U tom smislu, prva evidentna razlika između socijalističkog i kapitalističkog grada može se uočiti u prostornoj organizaciji stambenih zona. Socijalistički gradovi bili su kompaktniji od kapitalističkih, koje oduvek karakterišu predgrađa male gustine naseljenosti. Decentralizacija stanovanja u socijalističkom gradu odvijala se pod kontrolom države, i to u formi velikih stambenih

<sup>3</sup> CEE – skraćenica u literaturi za centralnu i istočnu Evropu (Central and Eastern Europe)

kompleksa kolektivnog stanovanja sa velikom gustom naseljenosti. Za razliku od suburbije zapadnoevropskih gradova, ovi kompleksi imali su jasno definisanu urbanu granicu i nisu uzrokovali depopulaciju gradskog centra.

Druga ključna razlika između socijalističkog i kapitalističkog grada tiče se organizacije komercijalnih sadržaja. U socijalističkom gradu komercijalni sadržaji bili su veoma malo zastupljeni jer većina socijalističkih zemalja ili nije uopšte dozvoljavala privatno poslovanje, ili je to činila u maloj meri. Nedostatak komercijalnih sadržaja bio je karakterističan i za periferiju i za gradski centar, u kome su dominirale društvena i stambena funkcija.

Za dalje proučavanje CEE gradova od značaja je klasičan koncentrični model socijalističke urbane prostorne strukture koji je ustanovio Hamilton [12]. Po njemu, socijalistički grad se sastoji iz niza prepoznatljivih zona (Slika 2):

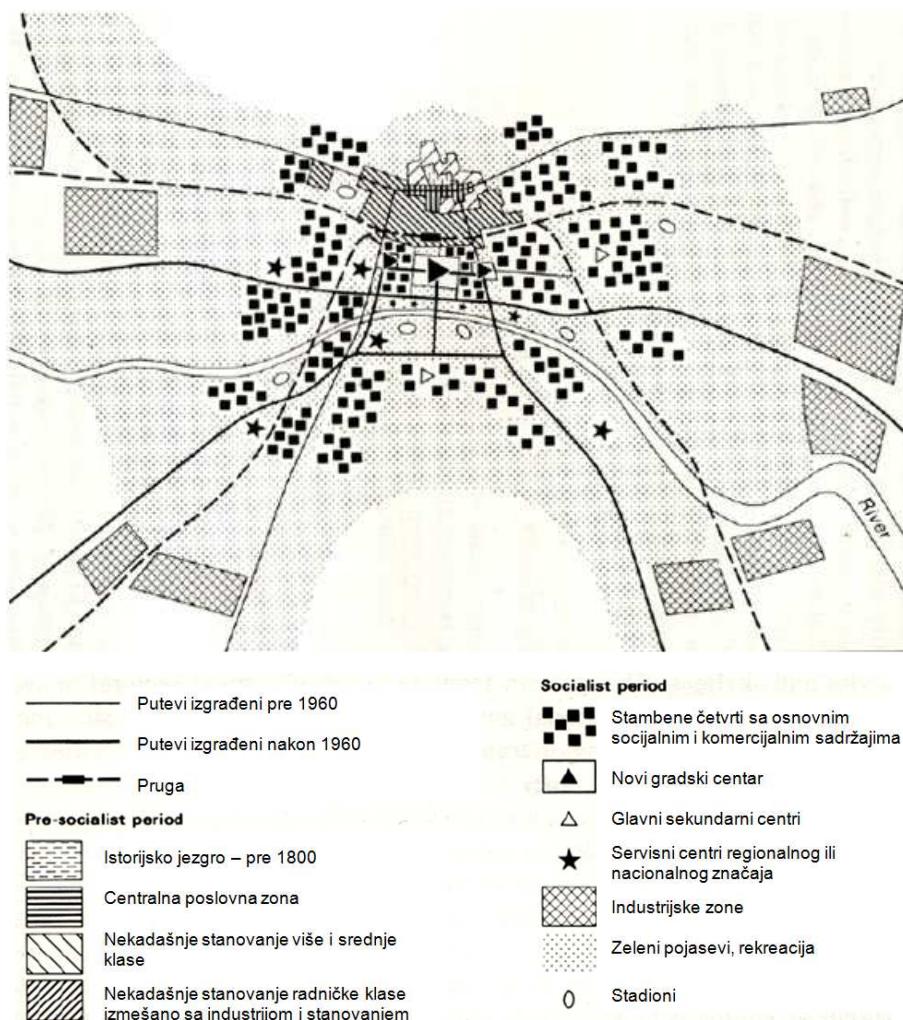
1. istorijsko srednjevekovno ili renesansno jezgro;
2. komercijalna, stambena i industrijska područja u centralnoj gradskoj zoni iz kapitalističkog perioda;
3. zona tranzicije ili obnove, gde moderna izgradnja postepeno i progresivno menja nasleđene gradske ili zaostale seoske karakteristike;
4. socijalističko stanovanje iz pedesetih godina;
5. integrisana socijalistička naselja i stambene četvrti iz 1960-tih i 1970-tih godina;
6. otvoreni ili pošumljeni izolacioni pojasevi;
7. industrijske ili slične zone;
8. otvoreni prostori, šume, brda i turistički kompleksi.

Koncentrični model pruža samo grubu sliku prostornih razvojnih obrazaca u socijalističkom gradu. Ove gradske zone nisu uvek koncentrične, niti se uvek dodiruju. Umesto toga, oni su čak veoma međusobno isprepletani, sa istorijskim i novim četvrtima koje se mešaju sa industrijskim zonama i otvorenim prostorima. Na osnovu ovog bazičnog modela moguće je prepoznati njegove varijante u razvoju velikih CEE gradova i gradova srednje veličine. Sa današnje vremenske distance, ovaj model možemo dopuniti još nekim karakterističnim područjima:

9. nove poslovne četvrti u blizini starog gradskog jezgra  
(između zona 1 i 2)

## Urbano rasplinjavanje u post-socijalističkim gradovima Evrope

10. stambena područja iz perioda kasnih devedesetih do danas (između zona 6 i 7)
11. velike suburbane zone izvan grada, u potpunosti zavisne od automobila.



*Slika 2. Model urbanog rasta tipičnog istočnoevropskog grada.*

Nakon pada socijalističkog sistema 1989. godine odigravaju se velike promene u perifernom urbanom tkivu CEE gradova, i to u svega nekoliko godina. Proces restrukturiranja urbanih funkcija, prevashodno stambene, izvan centralne gradske zone odvijao se u dva

karakteristična prostorna formata: 1) veliki socijalistički stambeni kompleksi nastali u periodu 1960.- 1980., i 2) suburbana periferija koja se trenutno razvija. K. Stanić podvlači sličnost karakteristika post-socijalističkog CEE grada sa severnoameričkim obrascima urbanog razvoja [21]. Od monocentričnih naselja velikih gustina u kojima dominira socijalno stanovanje i javni prevoz, CEE gradovi se transformišu u razvučena metropolitenska područja sa više centara, gde privatizacija dostiže zabrinjavajući stepen. Privatizuje se sve od stanovanja, preko usluga i transporta do javnog zajedničkog prostora. S druge strane, CEE gradovi ispoljavaju određene razlike u odnosu na zapadnoevropske modele urbanizacije, gde su se slični procesi prilagođavanja urbanog razvoja odvijali mnogo sporije, tokom čitave druge polovine 20. veka. Kapitalistički gradovi tako su imali vremena da uoče negativne efekte i regulišu ih donošenjem odgovarajućih zakona.

Na brojnim primerima restrukturiranja tipičnog socijalističkog grada u periodu nakon pada komunizma može se uočiti da je nekadašnja oštra ivica koja je razgraničavala gusto urbano tkivo od svog okruženja postala nejasna zahvaljujući izgradnji suburbanog luksuznog stanovanja malih gustina [23]. Pojavila su se nova čvorista aktivnosti. Gradski centar je poprimio komercijalni karakter i počeo da liči na tipičan CBD kapitalističkog grada. Pojedini komercijalni sadržaji, kao velike poslovne zone i hipermarketi, locirali su se u/oko socijalističkih stambenih naselja i u novonastaloj suburbiji. Ovakav razvoj omogućen je pre svega ekonomskim faktorima (pojava bogatih društvenih slojeva), potom porastom stepena motorizacije i, konačno, restitucijom zemljišta u većini bivših socijalističkih država.

U postsocijalističkom periodu planiranje u većini CEE zemalja zasniva se uglavnom na dva principa koja su preuzeta kao primeri dobre prakse iz razvijenijih zemalja, i to: disperzija centralnih funkcija i policentrizam [21]. Ovakve prostorne karakteristike kapitalističkih gradova smatrane su ključnim odrednicama za razvoj modernog post-socijalističkog grada. Takva razvojna strategija se poklapala sa potrebom za decentralizacijom političke moći i resursa, i ujedno potrebama tržišta da se proširi na nove gradske teritorije. Međutim, dok je ideja o afirmisanju policentrične urbane strukture bila u potpunosti opravdana s obzirom na koncentraciju funkcija poslovanja i usluga u centrima CEE gradova u periodu socijalizma, politika ohrabrivana intenzivnog novog razvoja na urbanoj periferiji nije dala željene rezultate [16]. Iako je osnovni cilj te ideje bio dekoncentracija urbanih funkcija i rasterećenje gradskog jezgra, proces ubrzane

suburbanizacije doveo je do velike količine nove izgradnje na periferiji, istovremeno zaobišavši brojna urbana područja kojima su investicije bile potrebnije. Ovakva politika dovila je do nastanka urbanih sprawlova i na području CEE gradova.

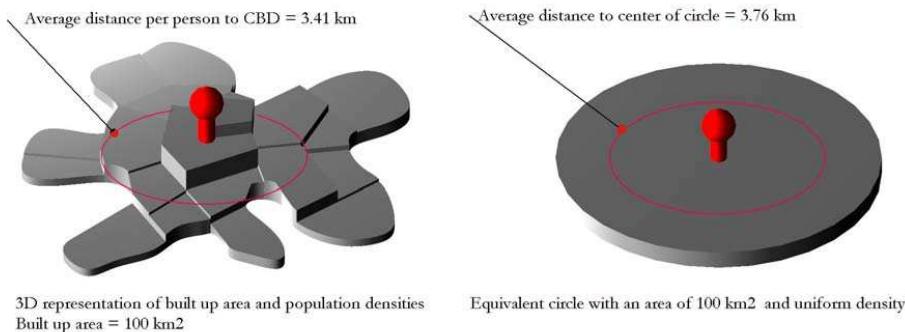
### **3. INDEKS RASPLINJAVANJA**

Pojava „sprawl“-a predstavlja svojevrsni fenomen naše epohe, a njenim efektima bave se brojni istraživači i institucije, kao što su SGA, SCN, EPA<sup>4</sup>. Kao svojevrstan pokazatelj „razvučenosti“ grada može se usvojiti „indeks rasplinjavanja“ (sprawl index), koji kvantifikuje vrednost disperzije stanovništva na metropolitenskom području. A. Bertaud definiše indeks rasplinjavanja urbanog područja kao količnik između prosečne distance do gradskog jezgra po stanovniku, i prosečne distance do centra gravitacionog područja [3]. Gravitaciono prodrugačje ima proizvoljan oblik, ali se za potrebe proračuna aproksimizira - sačinjava ga cilindar sa kružnom osnovom površine jednake ukupnoj izgrađenoj površini područja, dok je visina cilindra vrednost prosečne gustine naseljenosti (Slika 3). Jedan od ciljeva razvoja savremenog grada je da održi nisku vrednost ovog indeksa.

Bivši socijalistički gradovi imaju visoke vrednosti indeksa rasplinjavanja zbog visokih gustina u svojim predgrađima. Samim tim uslovljeno je i povećanje prosečne distance do jezgra po stanovniku. Indeks rasplinjavanja je nezavistan od broja stanovnika i prosečne gustine naseljenosti, ali je direktno uslovljen distribucijom zona gustina u okviru izgrađenog područja.

---

<sup>4</sup> Smart Growth America (SGA) – koalicija nacionalnih, državnih i lokalnih organizacija koje rade na unapređenju planiranja i izgradnje gradova i metropolitenskih područja. Uključuje brojne poznate nacionalne organizacije koje promovišu zaštitu istorijskog nasleđa, životne sredine, poljoprivrednog i slobodnog zemljišta, revitalizaciju susedstva i slično; Sustainable Communities Network (SCN) – povezuje stanovništvo i prihode, i podstiče interakciju između stanovnika u cilju kreiranja zdravih, vitalnih i održivih naselja; US Environmental Protection Agency (EPA) – agencija za zaštitu životne sredine.



*Slika 3. Proračun indeksa rasplinjavanja.*

Levo: 3D prikaz izgrađenog područja i gustine naseljenosti. Prosečna distanca po stanovniku do gradskog centra iznosi 3,41 km, a površina izgrađenog područja 100 km<sup>2</sup>. Desno: Ekvivalentno kružno područje površine 100 km<sup>2</sup> i uprosečena gustina naseljenosti, dok je prosečna distanca do centra kruga 3,76 km.

$$\text{Vrednost indeksa rasplinjavanja} = 3,41 / 3,76 = 0,91.$$

#### 4. PAMETAN RAST KAO MOGUĆE REŠENJE URBANOG RASPLINJAVANJA

Dosadašnji nekontrolisani rast grada u 20. veku značajno je ugrozio prirodne resurse. Briga za okruženje i održivi razvoj zahtevaju da se smanji konstantni porast broja automobila i ograniči razvoj urbanih područja. Pritisak na obodno poljoprivredno zemljište postao je zabrinjavajuće veliki. Gradovi koji žele da podignu kvalitet življenja moraju preduzeti mere u kontrolisanju urbanih polipa. Preporuke koje u tom smislu nudi organizacija Smart Growth America su:

- Ponovno investirati u zapuštene četvrti i obezbediti brojnije mogućnosti stanovanja;
- Rehabilitovati napuštenu nepokretnu imovinu;
- Podstići novu izgradnju ili rekonstrukciju u već izgrađenim područjima;
- Kreirati i razvijati napredne centre sa sadržajima mešovitih funkcija;
- Podržati Strategije za upravljanje razvojem;
- Sprovesti takvu politiku transporta koja odgovara „pametnom rastu“.

Pametan rast (smart growth) je jedan od popularnih koncepata koji promoviše centar kao zonu najveće gustine sadržaja - fokus svih aktivnosti i bori se protiv urbanog rasplinjavanja. Pametnim rastom unapređuju se naselja i čuva životna sredina. Najčešći instrument u sprovodenju pametnog rasta je zoniranje. Ne postoji univerzalni i jedinstveni obrazac pametnog rasta, već se implementacija nekih globalnih principa sprovodi lokalno, u zavisnosti od okolnosti<sup>5</sup>.

Na osnovu pozitivnih iskustva zajednica koje su primenile koncept pametnog rasta, Sustainable Communities Network predlaže sledeće principe održivog planiranja gradova:

- Kreirati širok dijapazon mogućnosti stanovanja;
- Kreirati naselja po meri pešaka;
- Podstići saradnju zajednice i investitora;
- Negovati prepoznatljiva atraktivna naselja koja imaju snažan genius loci<sup>6</sup>;
- Sprovoditi razvojne odluke koje su očekivane, transparentne i efikasne sa aspekta troškova;
- Mešati različite funkcije;
- Očuvati otvorene prostore, poljoprivredno zemljište, prirodne lepote i ugrožena područja;
- Omogućiti različite transportne opcije;
- Pojačati i usmeriti razvoj ka postojećim naseljima;
- Koristiti prednosti kompaktног razvoja.

Ovim konceptom redukuju se troškovi investiranjem u postojeću infrastrukturu i objekte. Mešanjem različitih funkcija koje su locirane na maloj razdaljini u okviru jednog područja, naselja svojim stanovnicima i posetiocima omogućavaju pešačko kretanje. Skraćuje se vreme i smanjuju troškovi transporta, podstiče pešački orijentisan način života i smanjuje zagađenje. Prisustvo ljudi pojačava aktivnost prostora i socijalne interakcije. Mešovite funkcije nose sa sobom i značajne finansijske prednosti. Različiti vidovi stanovanja omogućavaju starijima da zadrže svoja prebivališta, mladima da stvore svoje domove, a ostalim strukturama porodica da pronađu ono što im najviše odgovara. Pametnim rastom naglašava se značaj susedstva, lokalni stanovnici uključuju se u donošenje razvojnih odluka. Rezultat su održive zajednice sa visokom koncentracijom aktivnosti (stanovanje,

<sup>5</sup> Neki američki gradovi, koji su implementacijom principa pametnog rasta ostvarili izvanredne rezultate, što je formalno potvrdila EPA, su: Arlington - Virginia; Minneapolis i Saint Paul - Minnesota; Davidson - North Carolina; Denver - Colorado.

<sup>6</sup> duh mesta – termin prema: Rossi, A.: *Arhitektura grada, „Građevinska knjiga“*.

rad, slobodno vreme), i visokim kvalitetom života koji proistiće iz brojnih mogućnosti za posao. Najbrojnije kritike pametnom rastu upućuju se zbog povećanja vrednosti zemljišta u toj meri da ljudi sa prosečnim prihodima sebi više ne mogu priuštiti individualne kuće. U krajnjoj liniji, ovaj vid stanovanja zaista društvu i životnoj sredini nameće mnogo veće troškove nego kolektivno stanovanje, te se shodno tome mora i vrednovati.

## 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Aktuelni obraci ubrzanog razvoja gradova istočne i centralne Evrope sa nekontrolisanim bujanjem suburbije predstavljaju ozbiljnu prepreku održivom razvoju čitavog regiona. Kako su gradovi u socijalizmu strukturirani bez uvažavanja tržišne logike i zakona, njihova post-socijalistička transformacija zahtevala je značajne promene u distribuciji urbanih funkcija. Nažalost, većina promena u urbanoj strukturi odvijala u negativnom pravcu, pod pritiskom važnijih političko-ekonomskih ciljeva. U vreme socijalizma u fokusu politike planiranja uglavnom se nalazila gradska periferija, na kojoj su se zidali veliki stambeni blokovi i industrijski kompleksi. Post-socijalistički period ponovo se fokusira na suburbiju, gde uz velika socijalistička stambena naselja niču novi šoping centri, poslovni kompleksi i rezidencijalno stanovanje. Međutim, za razliku od socijalističkog perioda, novi tržišni mehanizmi usmerili su pažnju investitora ka postojećim nedovoljno iskorisćenim lokacijama, kreirajući na taj način neprirodan spoj luksuznih radnji/stanova oslonjenih neposredno na oronule stambene ili industrijske strukture.

Socijalistički gradovi su, za razliku od svojih kapitalističkih parreta, uprkos brojnim nedostacima zadržali kompaktniju formu sa mešovitim funkcijama, efikasnijim korišćenjem resursa i boljom opremljenosti javnim prostorima. Socijalistički gradovi takođe imaju vitalne centre, manju socijalnu segregaciju i bolji javni transport. Najveći izazov za urbane planere u post-socijalizmu je da očuvaju pozitivne elemente iz socijalističkog nasleđa, umesto da ponavljaju greške zapadnoevropskih i američkih planera, kao što su sprawl-ovi i devastacija istorijskog nasleđa (naročito arhitekture Moderne). Ono što treba primeniti iz savremene zapadne prakse jesu mehanizmi koje propagira koncept pametnog rasta. Ove smernice zapravo su postulati tradicionalnog planiranja gradova na koje nailazimo tokom čitave istorije gradogradnje: kompaktni razvoj koji uključuje mešovite funkcije,

nudi različite mogućnosti vidova stanovanja, brojne opcije prevoza i saobraćajne obrasce prilagođene pešaku i biciklu, a u cilju promovisanja zdrave populacije i zdravih naselja.

## 7. LITERATURA

- [1] Andrusz, G.; Harloe, M.; Szelenyi, I. (editors): *Cities After Socialism: Urban and Regional Change and Conflict in Post-Socialist Societies*, Blackwell Publishers, Oxford, 1996.
- [2] Bertaud, A.; Renaud, B.: *Cities Without Land Markets: Location and Land Use in the Socialist City*, Policy Research Working Paper Series 1477, The World Bank Transportation, Water, and Urban Development Department, Transport Division and Financial Sector Development Department, June, 1995.
- [3] Bertaud, A.: *The Spatial Development of Budapest*, 1999. Izvor: [http://alain-bertaud.com/images/AB\\_Budapest\\_new2a.pdf](http://alain-bertaud.com/images/AB_Budapest_new2a.pdf)
- [4] Bertaud, A.: *The Spatial Structures of Central and Eastern European cities: more European than Socialist?*, International symposium on post-communist cities the Russian and East European Center (REEC) "Winds of Societal Change: Remaking Post-communist Cities", University of Illinois at Urbana-Champaign, 2004.
- [5] Bodnar, J.: *Fin De Millenaire Budapest: Lessons from a Post Socialist City, Metamorphoses of Urban Life*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 2001.
- [6] Calthorpe, P.; Fulton, W.B.: *The Regional City: Planning for the End of Sprawl*, Washington, D.C.: Island Press, 2001.
- [7] Coupland, A. (editor): *Reclaiming the City - Mixed Use Development*, Spon, London, 1997.
- [8] Dinić, M.: *Mešovite funkcije u obnovi gradskog centra*, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2009.
- [9] Dinić M., Mitković P.: „Planning regulations in the USA and their implications on urban design in the central city zone“; Facta universitatis, series Architecture and civil engineering, vol.9, No 2, str. 289-299, Univerzitet u Nišu, Niš, 2011.
- [10] Duany, A.; Plater-Zyberk, E.; Speck, J.: *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*, North Point Press, New York, 2000.
- [11] Fodor, E.: *Better not Bigger: How to Take Control of Urban Growth and Improve Your Community*, Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 1999.

- [12] French, R.A.; Hamilton, F.E.I. (editors): *The Socialist City: Spatial Structure and Urban Policy*, Wiley, Chichester, New York, 1979.
- [13] Jacobs, J.: *The Death and Life of Great American Cities*, Random House, New York, 1961.
- [14] Le Corbusier: *Atinska povelja*, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1998.
- [15] Mumford, E.P.: *The CIAM Discourse on Urbanism 1928-1960*, MIT Press, Massachusetts, 2002.
- [16] Nedović-Budić, Z.: *Adjustment of planning practice to the new eastern and central European context*, Journal of the American Planning Association 67(1): 38.-52., 2001.
- [17] Nuissl, H.; Rink, D.: *Urban sprawl and post-socialist transformation: The case of Leipzig (Germany)*, UFZ-Bericht Nr. 4/2003, 2003.
- [18] Real Estate Research Corporation: *The Cost of Sprawl: Environmental and Economic Costs of Alternative Residential Development Patterns at the Urban Fringe*, Washington, DC: US Government Printing Office, 1974.
- [19] Rossi, A.: *Arhitektura grada*, „Građevinska knjiga“.
- [20] Schmitz, A.: *The New Shape of Suburbia*, Urban Land Institute, Washington D.C., 2003.
- [21] Stanilov, K. (editor): *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformations in Central and Eastern Europe after Socialism*, Springer, Dordrecht, 2007.
- [22] Sykora, L.; Ouredníček, M.: *Sprawling post-communist metropolis: commercial and residential suburbanisation in Prague and Brno, the Czech Republic*, u: Razin, E.; Dijst, M. J.; Vázquez, C. (editors): *Employment deconcentration in European metropolitan areas: market forces versus planning regulations*, Springer, Dordrecht, 2007.
- [23] Tsenkova, S.; Nedović-Budić, Z. (editors): *The urban mosaic of post-socialist Europe: space, institutions and policy*, Physica-Verlag HD, New York, 2006.
- [24] Van Kempen, R.; Dekker, K.; Hall, S.; Tosics, I.: *Restructuring Large Housing Estates in Europe*, The Policy Press, Bristol, 2005.

# ISTORIJSKI RAZVOJ DINAMIČKOG PLANIRANJA U GRAĐEVINARSTVU

Biljana Matejević<sup>1</sup>

## Rezime

*U ovom radu opisuje se nastanak i razvoj dinamičkog planiranja, uopšte, sa akcentom na nastanak i istorijski razvoj četiri najzastupljenije tehnike planiranja u građevinarstvu. Izloženo je o primeni gantograma, ciklograma, ortogonalnog i mrežnog plana, kroz istoriju, u građevinarstvu u svetu, kao i na našim prostorima. Tokom razvoja planiranja, svaka nova tehnika zasnivala se na otklanjanju nedostataka prethodne ili njenom usavršavanju, pa je svaka sledeća bila bolja i kvalitetnija od prethodne.*

**Ključne reči:** dinamičko planiranje, građevinarstvo, gantogram, ciklogram, ortogonalni plan, mrežni plan, razvoj.

## 1. UVOD

Smatra se da je početak razvoja savremenog planiranja vezan za nastanak paralelnog dinamičkog plana - gantograma, neposredno pre početka prvog svetskog rata. Međutim, može se reći da je planiranje staro koliko i čovečanstvo. Koreni koncepta planiranja nalaze se u dosta dalekoj prošlosti (piramide u Egipcu, vavilonski kralj Hamurabi, Kineski zid, itd.).

Veliku misteriju za građevinare predstavlja izgradnja egipatskih piramida. Keopsova piramida u Gizi, izgrađena negde između 2650. i 2550. god. pre n. e. ima kvadratnu osnovu stranice 230 m i visoka je oko 147 m. Izgrađena je od kamenih blokova težine 2-5 t, a ugrađeno

---

<sup>1</sup> Mr Biljana Matejević, dipl. inž. građ., asistent Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu

je 2.5 miliona komada. Građenje je trajalo 20 godina, pomoću oskudnih sredstava kao što su: poluge, valjci, užadi. Ogromna masa od 100 000 radnika koji su svakodnevno radili na pripremi i građenju piramide, bili su organizovani prema načelima organizovanja vojnih jedinica, podelom na družine. Egipatskim pismom bilo je zapisano na piramidama koliko je potrošeno za rotkve, luk i beli luk. (*Herodot*).

Svojim zakonima, vavilonski kralj *Hamurabi* (2285-2231. god. p.n.e.) u organizaciju rada uveo je planiranje, kontrolu proizvodnje, vođenje knjiga o građenju, sračunavanje potrebnog broja radnika i radnih dana, što predstavlja početke uvođenja normiranja i planiranja rada.

Podaci o izgradnji velikog Kineskog zida (oko 2200. god. p.n.e.) jasno ukazuju da je već tada vođena evidencija o utrošku hrane, kao i da je vršena kontrola učinaka.

## **2. RAZVOJ PARALELNOG DINAMIČKOG PLANA (GANTOGRAMA)**

Modernija istorija planiranja počinje sa *Gantt*-om (1861-1919). Prvi planovi, koji pored trajanja rada, pokazuju i realno kalendarsko vreme, javljaju se nekoliko godina pre prvog svetskog rata, poznati kao gantogrami. Ime su dobili prema američkom inženjeru i savetniku koji ih je razvio, *Henry Gantt*-u - „*Gantt chart*“. U stvari, prvi gantogram je osmislio *Karol Adamiecki*, poljski inženjer i ekonomist, pod imenom „*Harmonogram*“ ili „*Harmonograf*“. Ali, kako on to nije objavio sve do 1931. godine, ovaj plan nosi ime po *Gantt*-u, koji je 1910. svoju verziju objavio u časopisu *The Engineering Magazine*. *Henry Gantt* je formulisao jednostavnu grafičku metodu koja prikazuje plan proizvodnog procesa u vremenu.

Važno je napomenuti da je *Gantt* kreirao više različitih tipova planova. Osim toga, *Gantt* je osmislio planove tako da stručnjaci koji ih koriste mogu brzo sagledati da li radovi napreduju po planu, ispred plana ili kasne. Savremeni softveri projekt menadžmenta uključuju ovu funkciju i danas.

*Gantt* je 1903. godine opisao dve vrste bilansa: „*man's record*“ („zapis ljudstva“), koji pokazuje šta svaki radnik treba da uradi i šta je uradio, i „*daily balance of work*“ („dnevni bilans rada“), koji pokazuje količinu rada koja je planirana i količinu rada koja je završena.

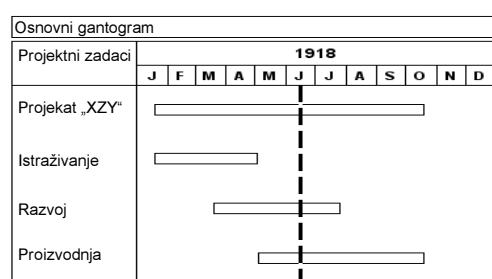
U članku *Rad, zarade i profit (Work, Wages, and Profits)* u časopisu *The Engineering Magazine*, objavljeno u originalu 1916. godine, *Gantt* diskutuje o planiranju. On predlaže da poslovođa svakog dana ima „*redosled rada*“ kao spisak poslova koje treba uraditi tog

dana. Pored toga, diskutuje o potrebi koordinacije aktivnosti u cilju izbegavanja smetnji. Međutim, on takođe upozorava da i najbolje planiranje može da bude beskorisno, ako je ignorisano u posmatranoj situaciji.

U *Organizing for Work* (u originalu objavljeno 1919.), Gantt je utvrdio dva principa za svoje planove: prvi, mera aktivnosti je količina vremena potrebna za njeno izvršenje; i drugi, prostor na planu može biti iskorišćen za prikaz aktivnosti koje treba da budu izvršene za to vreme. Gantt prikazuje plan napredovanja radova za svaki mesec u godini, koristeći tanke horizontalne linije, a u dodatku, debljim horizontalnim linijama pokazuje broj aktivnosti izvedenih tokom godine.

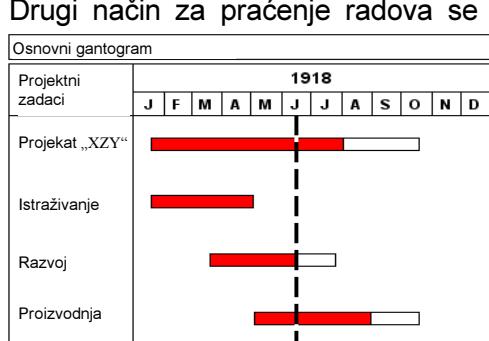
Na sledećim slikama (sl.1-6) prikazana je evolucija gantograma [7]. Na slici 1 prikazan je jednostavan primer koji je mogao biti korišćen

otprilike u vremenu kada je gantogram pronađen. Slika 2 pokazuje gantogram kod koga su pravougaonici, kojima su predstavljene pozicije, bili obojeni u jednom delu, što je pokazivalo koliki je deo pozicije bio završen.



Slika 1. Jeden od prvih gantograma

Drugi način za praćenje radova se daje na slici 3; ispod planiranih pozicija, u drugoj boji iscrtavane su završene pozicije.

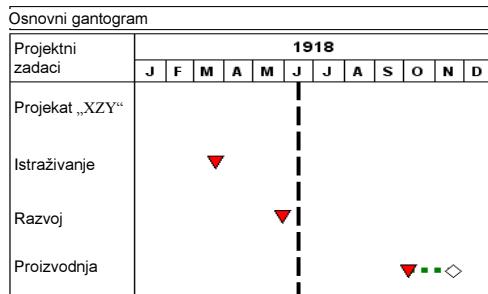


Slika 2. Verzija gantograma za praćenje izvršenog rada

Drugi tip plana, (slika 4) koji se koristio sa gantogramom, je osnovni plan graničnih (ili ključnih) događaja (“Milestone chart”). Ovaj tip plana prikazuje samo važne datume događaja ili prekretnica u projektu.

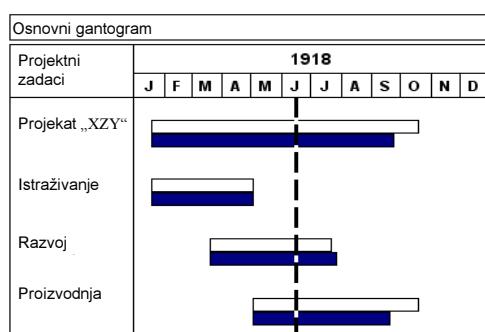
*Milestone chart* su veoma popularni danas, pogotovo za pisanje izveštaja. Značajna prednost je što pružaju laku komunikaciju sa velikom količinom informacija na relativno malom prostoru za prezentaciju. Primer na slici 5 pokazuje globalno napredovanje dva značajna projekta.

ZBORNIK RADOVA GRAĐEVISKO-ARHITEKTONSKOG FAKULTETA no. 27



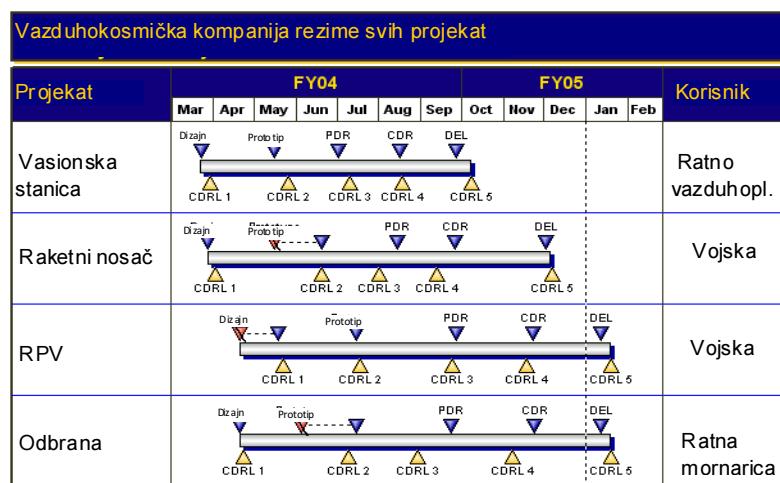
Slika 3. Druga verzija gantograma za praćenje

Kombinacijom gantograma i *milestone chart* dobijen je logičan prikaz na slici 6. Za prikazivanje pozicije korišćen je pravougaonik, a značajni datumi su prikazani simbolom u obliku romboida.

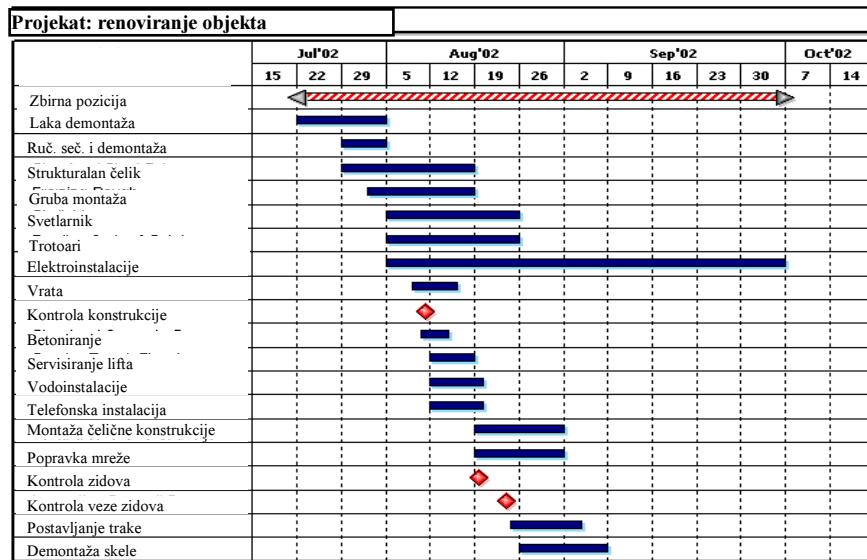


Slika 4. Plan ključnih događaja

Gantogram je korišćen kao vizuelno sredstvo za prikazivanje planiranog i stvarnog napredovanja projekta. Bio je to vrlo važan pronalazak 20-ih godina prošlog veka. Metoda prikaza plana bila je brzo prihvaćena, naročito u građevinarstvu, i predstavlja temelj na kome se zasnivaju sve kasnije razvijene metode planiranja.



Slika 5. Plan značajnih datuma



Slika 6. Gantogram sa značajnim datumima

### 3. RAZVOJ LINEARNIH DINAMIČKIH PLANOVA (CIKLOGRAMA I ORTOGONAKNOG PLANA)

Razvoj industrijske, lančane proizvodnje doveo je do unapređenja gantograma, iz koga se razvio ciklogram – posebna vrsta plana pogodna za radove koji se ciklično ponavljaju. Sličan njemu je i ortogonalni plan koji je primenjiv za objekte sa izraženom jednom dimenzijom. Različite varijante ovih (linearnih) planova pod različitim imenima javile su se i razvijale od ranih 60-ih godina prošlog veka. Međutim, iako su različiti oblici ovih planova bili prisutni jednako dugo kao i mrežni planovi, njihov razvoj i prihvatanje od strane industrije je bio mnogo sporiji.

Za projekte sa istim delovima koji se ponavljaju više puta, kao što su spratovi, kuće, deonice, itd, u literaturi se sreće veliki broj metoda planiranja koje su dostupne pod mnoštvom različitih imena. Neke od njih su: „Line of Balance“ (Linija balansa), (O'Brien 1969, Carr i Meyer 1974, Halpin i Woodhead 1976, Harris i Evans 1977.); „Construction Planning Technique“ (Tehnika planiranja gradnje), (Peer 1974, Selinger 1980.); „Repetitive Scheduling Model“ (Ponavljajući model planiranja), (Carr i Meyer 1974.), itd. Sve su ovo varijante dinamičkog plana, u našoj literaturi poznatog kao ciklogram.

Za puteve, cevovode, tunele, itd, gde se napredovanje radova meri u smislu horizontalne dužine, nalaze se metode pod imenima kao

što su: „*Time Versus Distance Diagrams*“ (*Dijagrami vreme nasuprot razdaljine*), (Gorman 1972); „*Linear Balance Charts*“ (*Dijagrami linija balansa*), (Barrie i Paulson 1978.); „*Linear Scheduling Method*“ (*Metoda linearog planiranja*), (Johnston 1981, Chrzanowski i Johnston 1986, Russell i Casselton 1988.); i dr. Pomenute metode kod nas su poznate kao ortogonalno planiranje.

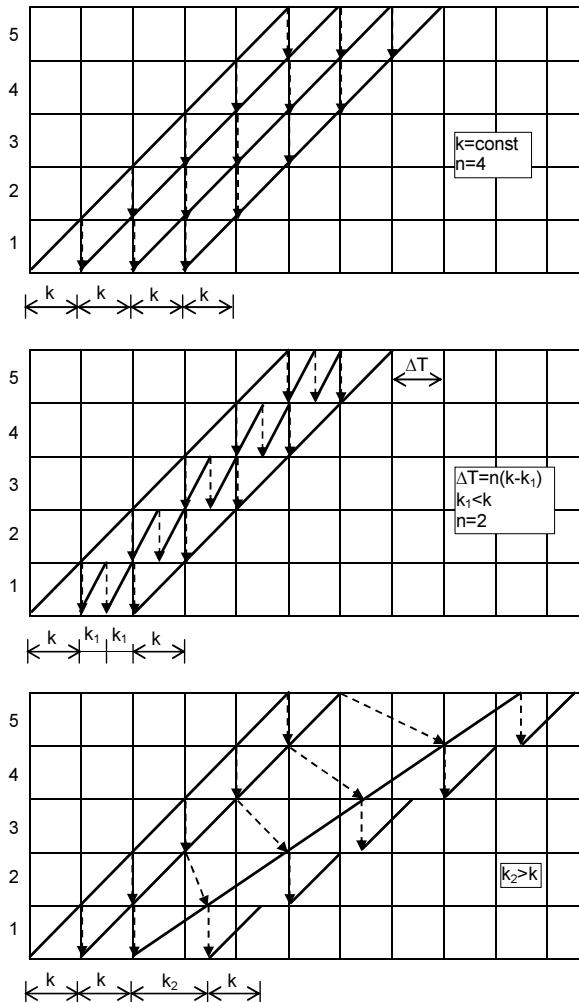
Mada je svaka od ovih metoda razvijena za ispunjenje svojih pojedinačnih ciljeva, sve su u suštini slične u tome da planiraju rad nanošenjem inteziteta aktivnosti koje se ponavljaju u vremenu.

„*Line of Balance*“, ili kraće *LOB* stvorena je od strane Goodyear Company ranih 1940-ih godina. Dalji razvoj ove tehnike je vezan za US Navy Department, koji koristi ovu tehniku za planiranje i praćenje napredovanja industrijskih procesa. Aprila 1942. kancelarija vojnopolomorskog materijala Departmenta US Navy opisala je „*LOB*“ tehnologiju kao: „*LOB* je tehnika za skupljanje, interpretaciju i prezentovanje u grafičkom obliku, glavnih faktora obuhvaćenih u procesu od sirovih materijala do izrade finalnog proizvoda u funkciji vremena. Ona je glavni alat menadžmenta, i koristi principe izvršenja naredbe za prikaz jedine od najvažnijih komponenata u industriji finalnih proizvoda uz saglasnost sa faznim zahtevima isporuke“.

Kasnije je ova tehnika bila razvijana od strane National Building Agency za planiranje izgradnje objekata sa jedinicama koje se ponavljaju, gde se od samog početka uključuje faktor resursa, verujući da će ovakvo planiranje biti realnije.

Carr i Meyer (1974.) zaključili su da *LOB* metoda može biti korisna u građevinarstvu pri planiranju izgradnje istih delova (jedinica) koje se ponavljaju. Ardit i Aloulak (1986.) su identificovali nedostatke *LOB* tehnike posle primene u građevinarstvu. Oni su ukazali da se mora posvetiti posebna pažnja pri oceni brzine napredovanja, jer je metoda osjetljiva na greške u proceni trajanja aktivnosti. Oni su, takođe, preporučili pažljiv odabir skale crtanja i korišćenja više boja za poboljšanje preglednosti plana. *LOB* je bila uspešno primenjivana tehnika planiranja u građevinskim preduzećima u Finskoj, Brazilu, Australiji, itd, gde je korišćena za poboljšanje toka proizvodnje. Na slici 7 prikazani su tipovi linearnih planova [9] (ciklograma) u zavisnosti od inteziteta radova na pojedinim aktivnostima.

Sarraj je 1990. godine razvio i prezentovao algoritam koji je rezultirao matematičkim *LOB* modelom. Po Sarraj-u, korišćenje ove metode u njenom matematičkom obliku omogućilo je razvoj rasporeda proizvodnje i isporuke bez crtanja dijagrama; grafička prezentacija je samo upotrebljavana za ilustrativnu svrhu u postupku kontrole.



Slika 7. Neki od prvih ciklograma

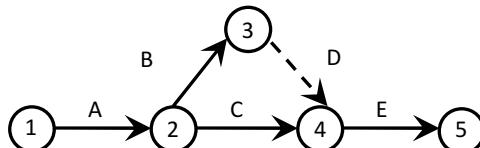
Rani pokušaj razvoja kompjuterske aplikacije od strane Arditija i Psarros-a (1987.) bio je ograničen na rešavanje osnovnog problema *LOB* i nije bio dizajniran da savlada mnoge probleme koji su kasnije identifikovani. Ova aplikacija je nazvana *SYRUS* (*A System for Repetitive Unit Scheduling*). Druga generacija računarskih programa razvijena je 1993. i nazvana *RUSS*. *Harmelink* je 1995. prezentovao softver za izradu linearnih planova koji bazira na *AutoCad*-u. Koristeći tehnologiju *LOB*, razvijen je kompjuterizovan sistem *CHRISS* za planiranje izgradnje višespratnica.

#### 4. RAZVOJ MREŽNIH DINAMIČKIH PLANOVA

Pojava sve složenijih projekata kod kojih planiranje postojećim metodama nije davalо zadovoljavajuće rezultale, kao i težnja za metodom planiranja koja bi omogućila primenu računara, doveli su do razvoja mrežnog planiranja. Prve teorije mrežnog planiranja nastale su istovremeno u Americi i u Francuskoj. Potencijalna teorija koja je ukorenjena u Francuskoj nije našla širu primenu u praksi iz razloga velike apstraktnosti.

Krajem 1956. godine, firma *DuPont Corporation* započela je rad na razvoju sistema planiranja za radove na održavanju i generalnom remontu u hemijskoj industriji u saradnji sa *Remington Rand Corporation*. Početkom 1957. godine izrađen je predlog mrežnog planiranja vremena, čija je značajna tačka bila razdvajanje analize vremena od analize strukture. Ovaj postupak je u prvo vreme bio nazvan "Production Planning and Scheduling System" (Sistem planiranja proizvodnje), a zatim "Critical Path Method" (Metoda kritičnog puta) ili skraćeno CPM. Metoda je bila vrlo uspešno primenjena pri izgradnji novih proizvodnih pogona, a zatim i pri planiranju remontnih radova.

Zasluge za razradu metode pripadaju James E. Kelly-ju i Morgan R. Walker-u, koji su počeli sa razvojem algoritama nazvanih „Activity-on-Arrow“ (Aktivnosti sa strelicama), prikaz na slici 8.

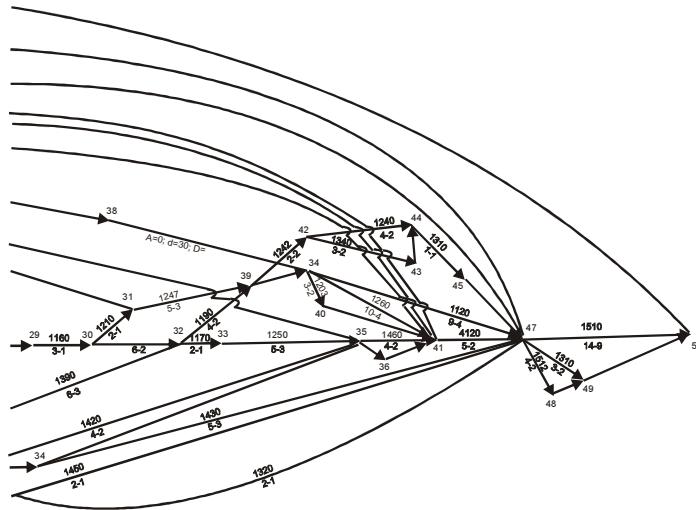


Slika 8. Mrežni plan sa strelicama

Analizom prvog mrežnog plana sa strelicama [10] (slika 9), 24. jula 1957. godine, od strane George Fischer-a, predložene prepostavke su bile kompletirane i koncept dokazan. Ovaj mrežni plan sa strelicama imao je 61 aktivnost, 8 vremenskih ograničenja i 16 fiktivnih aktivnosti.

Nakon aktivnog učešća u pomenutim eksperimentima u hemijskoj industriji napisana je i prva originalna studija sa iznetim osnovnim postavkama koja je bila objavljena marta 1959. godine.

U planiranju razvojnog programa za projekat „Polaris“, u toku 1958. godine, učestvovali su, pod rukovodstvom W. Fazar-a, američka mornarica (Special Project Office of the Navy), kao naručilac, firma



Slika 9. Deo mrežnog plana sa strelicama (George Fisher, 1957.)

*Lockheed Missile System Division* i konsultantska kuća *Booz, Allen and Hamilton*. Osnovni uslov održavanja ove saradnje bio je poštovanje rokova isporuke od strane pojedinih kooperanata i firmi koje su bile u vezi sa ovim razvojnim programom. Razvijena je nova metoda planiranja: „*Program Evaluation and Review Technique*“ (Tehnika procene i revizije programa) ili skraćeno *PERT*.

Prvi originalni rad u vezi sa metodom *PERT* napisao je admiral *W.F. Raborn*. Primenom metode *PERT* na projektu „*Polaris*“ postignuto je skraćenje rokova za čak dve godine.

Nešto kasnije, firma *American Management Association*, je prilagodila sistem *PERT* širokim potrebama i svim tipovima funkcija upravljanja u privredi.

Kao osnovne originalne studije o ovoj metodi pominju se izveštaji američke mornarice „*Summary report Phase I*“ iz jula 1958. i „*Summary report Phase II*“ iz avgusta 1958. godine. *PERT* metoda je 1963-1968 primenjena na projekat *Apollo* (osvajanje Meseca).

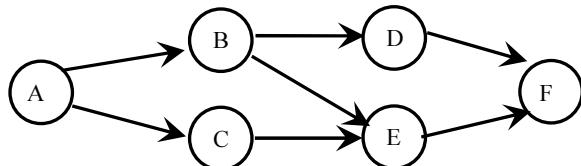
Zasluga za razradu *PERT/COST* metode pripada *Department of Defence (DOD)* i *National Aeronautic and Space Administration (NASA)*, koji su prvu studiju o toj metodi napisali juna 1962. godine.

U Evropi je, 1958. godine, u Francuskoj savetodavna firma „*SEMA*“ za gradnju atomske centrale, razvila metodu pod nazivom „*Potential-Methode*“ (Metoda potencijala). Ova metoda bazira na analogiji sistema potencijala u električnoj mreži. Kasnije je prihvaćena i razvila se u „*Metra-Potential-Methode*“ (Potencijalna metrička metoda)

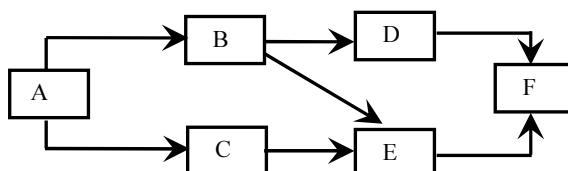
ili skraćeno *MPM* i zasniva se na proceni potencijalnih mogućnosti u vremenu i troškovima, pa je u pitanju stohastička metoda.

Dr Alan B. Pritsker je 1966. prvi put opisao „*Graphical Evaluation and Review Technique*“, skraćeno *GERT* (*Grafička tehnika ocene i revizije programa*) metodu mrežnog planiranja. Ova metoda, kao i *PERT* metoda, ima mogućnost procene verovatnoće trajanja aktivnosti, ali se od nje razlikuje po tome što daje procenu verovatnoće nastupanja događaja, zasnovanu na statističkim podacima. Metoda *GERT* je primenjena na probijanju dugog tunela u geološki nedovoljno izučenim uslovima, gde se dopunske informacije mogu dobijati samo u procesu građenja tunela. Inače, primena ove metode u građevinskoj praksi vrlo je retka.

John Fondahl je 1977. godine potpuno elaborirao, iako je definisana takođe u vreme nastanka *CPM* i *PERT*, „*Precedence Diagramming Method*“ (*Metoda prvenstva*), skraćeno *PDM*, kao metodu pogodnu za planiranje uz primenu računara. Kompanija *IBM* je ovu metodu ugradila u odgovarajuće programe za primenu računara i ostalih proizvođača softvera. *PDM* metoda se zasnivala na konceptu *Activity-on-the node* (Aktivnosti u čvoru). Varijante ove metode su: prikazivanje aktivnosti krugovima (sl. 10) ili kutijama (sl. 11).



Slika 2.10 – Mrežni plan sa krugovima po metodi PDM



Slika 11. Mrežni plan sa kutijama po metodi PDM

Iz pomenutih, postepeno se razvio čutav niz novih metoda, koje su delom samo njihove varijacije. Poznato je više stotina raznih modifikovanih metoda tehnike mrežnog planiranja koje su izvedene od dve osnovne metode: *CPM* i *PERT*.

U stručnoj literaturi modifikacije ovih metoda imaju razne skraćenice i one se međusobno razlikuju metodološki, jer su mnoge od

njih prilagođene potrebama određenih preduzeća. Navode se neke od njih: *TOPS (The Operational PERT System - Operacioni PERT Sistem)*, *CPS (Critical Path Scheduling - Planiranje kritičnog puta)*, *CPPS (Critical Path Planing and Scheduling - Planiranje i rasporedjivanje kritičnog puta)*, *CPA (Critical Path Analysis - Analiza kritičnog puta)*, *RAMPS (Resource Allocatin and Multi - Project Scheduling-Raspored resursa i planiranje raznovrsnih projekata)*, i dr.

Veliki broj programskih paketa za planiranje, koji je danas u primeni, zasniva se na pomenutim metodama. Neki od poznatijih programa su: *MS Project*, *Primavera*, *Optima*, *AdeptTracker Professional*, *Project Management Deluxe*, *Concept Draw Project*, *AccuPlan*, *Yapp the project calculator*, *RiskyProject*, *Easy Resource Planner*, *RiskyProject Lite*, *TargetProcess:Suite*, *LeadingProject*, *AV Schedule it*, *Chieve Planner*, *Multi Project Planner*, *Time Tiger*, *Topicscape*, *GanttProject*, *GanttPV*, i dr.

U poslednjoj dekadi prošlog veka razvijene su neke nove metode za planiranje i kontrolu građenja, kao što su: *Critical Chain Method (Metoda kritičnog lanca)*, *Last Planner System (Sistem konačnog planiranja)*, kombinacija *CPM/LOB*, itd. Ove prilično nove metode su uspešno primenjene u nekim kompanijama i trebalo bi ih fokusirati na građevinarstvo.

## 5. POČETAK PRIMENE DINAMIČKIH PLANOVA U GRAĐEVINARSTVU

Svi navedeni dinamički planovi, pored ostalih oblasti, vrlo se uspešno primenjuju i u građevinarstvu za planiranje pripreme i izvođenja radova na izgradnji objekata.

Početak primene savremenih planova u građevinarstvu, povezan je sa nastankom gantograma. Gantogram je prvi put primenjen za planiranje velikih projekata, kao što su: *Hoover Dam – gravitaciona brana u Americi*, čija je izgradnja trajala od 1931. do 1936. godine, putna mreža Amerike 1956. godine, itd.

Nekoliko praktičara su primenili „*LOB*“ metodu u građevinskoj industriji kao metodu planiranja. *Lamsden (1968.)* je modifikovao *LOB* tehniku i primenio je u planiranju izgradnje kuća. On je objasnio u detalje principe ove metode, njenu prezentaciju i analizu.

Među prvim objektima čija je izgradnja bila planirana metodom kritičnog puta, bila je hidroelektrana na jezeru *Beaver* u Americi, završena februara 1964. godine.

## **6. POČETAK PRIMENE DINAMIČKIH PLANOVA NA NAŠIM PROSTORIMA**

S obzirom na to da do II svetskog rata naši inženjeri nisu gradili neke impozantnije objekte, već su gotovo uvek bili angažovani strani izvođači, primena gantograma i ostalih konvencionalnih metoda planiranja kod nas, može da se veže za 50-e godine prošlog veka.

Ministarstvo građevina FNRJ je, 1948. godine, donelo rešenje o privremenim propisima za operativno planiranje i evidenciju u građevinarstvu, kao dopunu i izmenu Uputstva iz 1947. godine. U ovim propisima se govori o uvođenju operativnih planova u građevinarstvu. „Operativni plan građenja (kompletan operativni plan), sastoji se iz sledećih operativnih planova:

- 1) OP napredovanja građevinskih radova (kalendarski grafikon);
- 2) OP zanatskih radova;
- 3) OP radne snage i kadrova;
- 4) OP materijala;
- 5) OP mehanizacije;
- 6) OP transporta;
- 7) OP finansija.“

U ovom Uputstvu se govori i o podeli operativnih planova po vremenskom periodu, na kvartalne, mesečne, dekadne, dnevne. Detaljno su opisani i objašnjeni svi pomenuti operativni planovi i dati su formulari za njihov obračun.

O grafičkom prikazivanju izvođenja radova stoji: „Mesečni OP služi i kao grafikon napredovanja radova. Svako veče evidentičar ispod rubrike predviđeno povlači plavu liniju zaključno sa tim danom a ispod ove crvenu liniju čija dužina odgovara količini izvršenih radova u odnosu na planirane. Kada povuče vertikalnu crtu na kraju dana, rukovodilac odmah vidi koje pozicije su u zakašnjenju a koje premašuju plan.“

Na osnovu ovog dela Uputstva, može se zaključiti da se radi o praćenju radova putem gantograma.

O primeni ortogonalnih planova i ciklograma tokom istorije kod nas nisu nađeni nikakvi podaci u dostupnoj literaturi.

Prvi pokušaji za uvođenje tehnike mrežnog planiranja u Jugoslaviji počeli su 1966. godine. Tada je formirana radna grupa entuzijasta za tehniku mrežnog planiranja u sastavu: Jovan Petrić, Helmut Jaeger, Miloš Sindić, Blažo Marković i drugi. Ova grupa je

radila na okupljanju naučno-stručnog kadra za ovu oblast, na terminologiji iz tehnike mrežnog planiranja i upravljanja, prevođenju inostranih radova iz ove oblasti, pripremanju svega potrebnog za održavanje kurseva, seminara, itd.

Institut za organizaciju rada i automatizaciju poslovanja iz Beograda 1966. godine počeo je sa objavljivanjem publikacija i organizovanjem kurseva iz tehnike mrežnog planiranja. Već od februara 1967. do 1970. godine, samo u Beogradu, kurseve je pohađalo više od 4 500 stručnjaka različitih specijalnosti. Kursevi za tehniku mrežnog planiranja organizovani su i u Zagrebu i Ljubljani, a organizovao ih je Jugoslovenski zavod za produktivnost rada i Institut za sisteme planiranja i upravljanja iz Beograda.

Paralelno sa obučavanjem kadra, Institut je, 1967. godine, konkretno primenio, ovu metodu u niz radnih organizacija. Neke od njih su: Hemiska industrija „Pančevo“, Pančevo; „Željezara Smederevo, Smederevo; Hemiska industrija „Zorka“, Šabac; Hemiska industrija „Viskoza“, Loznica; Industrija motora, „Rakovica“; „Mašinska industrija“, Niš; „Rade Končar“, Zagreb, „14. oktobar“, Kruševac; Rudarsko-topioničarski basen, Bor; Hidroenergetski sistem „Đerdap“; „Magnohrom“, Kraljevo; i dr.

Tehnika mrežnog planiranja našla je svoju primenu naročito u građevinarstvu Jugoslavije. Verovatno zbog specifičnosti građevinarstva, ova tehnika je doživela potpunu afirmaciju, a značajnu ulogu je odigrala i investiciona politika i sve češći zahtevi investitora da mrežni planovi budu sastavni delovi ponude u ugovoru. Ističu se sledeća preduzeća u primeni ove metode: GP „Komgrap“, Beograd; „Partizanski put“, Beograd; GP „Energoinvest“, Sarajevo; „Rad“, Beograd; „Mostogradnja“, Beograd; „Hidrogradnja“, Beograd; „Trudbenik“, Beograd; „Planum“, Beograd; „Neimar“, Novi Sad; „Vojvodina put“, Ruma; Direkcija za izgradnju i rekonstrukciju grada, Beograd; „Vranica“, Sarajevo; i mnoga druga.

Prvo savetovanje o primeni mrežnog planiranja i upravljanja na ovim prostorima održano je u Opatiji 1968. godine. U narednom periodu, počelo se i sa uvođenjem računara u ove svrhe, tako da se, prema podacima iz 1969. godine, broj radnih organizacija u SFRJ koje imaju ugovor za nabavku računarske opreme, popeo na 137. Tematika tehnike mrežnog planiranja našla je svoje mesto i u časopisima, dnevnim i stručnim novinama: „Industrijska istraživanja“, „IT novine“, „Tehnika“, „Informator“, „Ekonomска политика“, „Produktivnost“, „Izgradnja“, „Politika“, „Borba“, „Oslobodenje“ i dr. Institut za naučno-tehničku dokumentaciju i informacije u Beogradu u saradnji sa

pomenutom grupom, izdao je specijalizovani broj svog časopisa „Naučno-tehnički pregled“ (br.2/1967), gde je dat prikaz osnova tehnike mrežnog planiranja. U ovom časopisu je tokom 1966. godine objavljeno 11 stručnih članaka o tehniči mrežnog planiranja. Preveden je i niz knjiga sa stranih jezika.

Posle izvršene obuke svojih kadrova, Direkcija za izgradnju i rekonstrukciju grada Beograda, 1968. godine, primenila je tehniku mrežnog planiranja za izgradnju: podzemnog pešačkog prolaza „Albanija“, dela terazijskog tunela ispod Terazija i podzemnog pešačkog prolaza „Balkan“. Ovo su bili prvi objekti čija je izgradnja planirana primenom ove tehnike. Radovi su uspešno završeni, a izvođači su bili: „Trudbenik“, „Tunelogradnja“ i „Hidrotehnika“. Sledeće godine, TMP je primenjena na izgradnji „Mostarske petlje“ i rekonstrukciji Radničke ulice koja je obuhvatala i izgradnju nadvožnjaka.

## **7. ZAKLJUČAK**

Opisan je nastanak planiranja, uopšte, kao i nastanak i istorijski razvoj četiri najzastupljenije tehnike planiranja u građevinarstvu. Na osnovu dostupne literature, izloženo je o primeni gantograma, ciklograma, ortogonalnog i mrežnog plana, kroz istoriju, u građevinarstvu u svetu, i na našim prostorima. Tokom razvoja planiranja, svaka nova tehnika planiranja se zasnivala na otklanjanju nedostataka prethodne tehnike ili njenom usavršavanju, pa je naravno, svaka sledeća bila bolja, kvalitetnija i sveobuhvatnija od prethodne.

Na osnovu ovog istraživanja o primeni planova tokom istorije, može se zaključiti da je primena paralelnog plana – gantograma bila vrlo zastupljena u planiranju realizacije različitih projekata. Po pronalasku lineranih tehnika planiranja (ortogonalni plan i ciklogram), dobilo se na kompletnosti planova uvođenjem, pored vremena, i prostora kao pokazatelja mesta odvijanja radova. Tehnika mrežnog planiranja, kao najnovija od razmatranih, jeste i najkompletnija, ali i najkompleksija. Mogućnost određivanja kritičnog puta i optimizacije, svakako su najbitnije stvari koje ovoj tehnici daju veliku prednost. Nakon pronalaska ove tehnike, zavladalo je veliko interesovanje za nju, pa je i na našim prostorima, već posle nekoliko godina, početo sa raznim proučavanjima, usavršavanjima i samom primenom ove tehnike.

## 8. LITERATURA

- [1] Ardit, D., Tokdemir, O.B.: ALISS Project, 2003.  
([www.iit.edu~aliss/history.htm](http://www.iit.edu/~aliss/history.htm))
- [2] Matejević, B.: Primena dinamičkih planova u građevinarstvu, magistarski rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2010.
- [3] Mattila, K., Park, A.: Comparison of Linear Scheduling Model and Repetitive Scheduling Method, Journal of construction engineering and management, ASCE, 2003, str. 56-64
- [4] Petrić, J.: Operaciona istraživanja, Savremena administracija, Beograd, 1976.
- [5] Petrić J.: Mrežno planiranje i upravljanje, Informator, Zagreb, 1983.
- [6] Pišec, S.: Razvoj projektnega vodenja, seminar – projektno vodenje, 2005.
- [7] Podaci vezani za istorijski razvoj dinamičkog planiranja u građevinarstvu  
([www.projectsmart.co.uk/evolution\\_of\\_project\\_management.htm](http://www.projectsmart.co.uk/evolution_of_project_management.htm), [www.ganttchart.com](http://www.ganttchart.com))
- [8] Rešenje o privremenim propisima za operativno planiranje i evidenciju u građevinarstvu, Beograd, 1948.
- [9] Trofin Iulian, Impact of uncertainty on construction project performance using linear scheduling, University of Florida, 2004.
- [10] Weaver Patrick, A brief history of scheduling – back to the future, Canberra, 2006.



# **ANALIZA MODIFIKOVANOG TORNTVAJTOVOG INDEKSA VLAŽNOSTI NA PODRUČJU SRBIJE ZA VREMENSKI PERIOD OD 1980. DO 2010. GODINE**

**Mladen Milanović<sup>1</sup>**  
**Milan Gocić<sup>2</sup>**  
**Slaviša Trajković<sup>3</sup>**

## **Rezime**

*Uticaj suše, odnosno štete koje je nanosila društvu a posebno privredni je problem koji nije lako odrediti. Za uspešnu borbu protiv suše potrebno je proceniti njen stvarni početak, trajanje i kraj, a takođe je teško odrediti njen intenzitet i uticaje. Procenjuje se da šteta nastala usled suše u ovoj godini samo u Nišavskom upravnom okrugu iznosi 5,8 milijardi dinara. Zato je potrebno iznaći pouzdane i standardizovane pokazatelje koji bi definisali ovu pojavu u prostoru i vremenu kao i njen intenzitet.*

*Mere borbe protiv suše podrazumevaju predviđanje i monitoring suše, kao i procenu efekata koji se zasnivaju na vrednostima brojnih indeksa suše. U svetu se koristi više indeksa suše a jedan od najstarijih je modifikovani Torntvajtov indeks vlažnosti.*

*U radu je predstavljen proračun modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti na području Srbije, i to za sledeće gradove: Beograd, Dimitrovgrad, Kragujevac, Kraljevo, Loznica, Negotin, Niš, Novi Sad, Palić, Sombor, Vranje i Zlatibor, za vremenski period od 1980. do 2010. godine.*

**Ključne reči:** suša, predviđanje, monitoring, procena efekata, indeks suše, modifikovani Torntvajtov indeks vlažnosti

---

<sup>1</sup> Mladen Milanović, dipl.građ.inž, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

<sup>2</sup> mr Milan Gocić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

<sup>3</sup> dr Slaviša Trajković, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu

## 1. UVOD

Osnovni meteorološki elemeniti (temperatura i padavine) nisu dovoljni za određivanje klimatskih karakteristika nekog područja. Indeksi suše su često izraženi samo jednim brojem, ali mogu da pruže mnogo više korisnih informacija za predviđanje i borbu protiv suše od sirovih, tj. izmerenih podataka. Cilj iznalaženja indeksa suša je da se kvantitativno odrede, analiziraju i prezentuju osnovne karakteristike klime u posmatranom periodu.

Veličine koje se koriste za sračunavanje indeksa su padavine, koje u najvećoj meri uslovjavaju sušu, zatim temperatura, vlažnost vazduha, evapotranspiracija, vlažnost zemljišta, vetar, oticanje itd.

Jedan od najpotpunijih prikaza klime predstavlja indeks po metodu Torntvajta koji spada u grupu pouzdanih indirektnih računskih indeksa.

Modifikovani Torntvajtov indeks, za razliku od klasičnog, tačnije izračunava vrednosti manjka i viška vlage u zemljištu. Ovaj indeks daje precizniji odnos osnovnih klimatskih parametara u vegetacionom periodu i predstavlja realan pokazatelj padavinskog režima [7].

Suše su po prirodi regionalne, obično pokrivaju šira područja, traju duže nego drugi hidrološki ekstremi npr. poplave. Zbog toga je posebno potrebno proučavati suše kroz regionalni kontekst.

Iz tih razloga u ovom radu je sproveden proračun modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti za gradove Beograd, Dimitrovgrad, Kragujevac, Kraljevo, Loznica, Negotin, Niš, Novi Sad, Palić, Sombor, Vranje i Zlatibor, kako bi se obuhvatila cela teritorija Republike Srbije i na taj način najbolje sagledale karakteristike suše u našim područjima i odredio tip klime u zemlji.

Modifikovani Torntvajtov indeks vlažnosti spada u red najstarijih indeksa vlažnosti i u literaturi postoje brojni primeri proračuna i praćenja suša uz pomoć ovog indeksa [1 - 8]. Kod klasifikacije klime vlažna klima ima pozitivne vrednosti Torntvajtovog indeksa vlažnosti a sušna klima negativne vrednosti [6].

Analiza modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti na području Srbije za vremenski period od 1980. do 2010. godine

## 2. PODACI I OBLAST PROUČAVANJA

Za proračun indeksa suše korišćeni su podaci za 12 gradova sa teritorije Republike Srbije (slika 1), za period od 1980. do 2010. godine. Podaci su preuzeti iz meteoroloških godišnjaka koje izdaje Republički hidrometeorološki zavod Srbije ([www.hidmet.gov.rs](http://www.hidmet.gov.rs)) – RHMSS.

Po svom geografskom položaju Srbija većim delom pripada regionu jugoistočne Evrope i u Panonskoj niziji. Prosečna godišnja temperatura u Srbiji je  $10,9^{\circ}\text{C}$ , a prosečna godišnja količina padavina je 896 mm. Najviše kiše ima u junu i maju a najmanje su u februaru i oktobru.



Slika 1 Prosečne padavine u meteorološkim stanicama izražene u mm

### 3. METODOLOGIJA

U radu je primjenjen proračun modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti.

#### 3.1 Modifikovani Torntvajtov indeks vlažnosti

Torntvajt je 1948. godine [4] odredio indeks vlažnosti kao

$$I_m = 100 \cdot \frac{S - 0.6 \cdot D}{ET_0}, \quad (1)$$

gde je:

$I_m$  – indeks vlažnosti,

$S$  – višak vlažnosti,

$D$  – manjak vlažnosti,

$ET_0$  – referentna evapotranspiracija.

Torntvajt i Maters su 1955. godine [5] izraz (1) integralili preko prosečnog godišnjeg viška vlažnosti, gde je  $S \rightarrow \max[(r - E), 0]$  pa je sada  $I_m$ :

$$I_m = 100 \cdot \left[ \frac{r}{ET_0} - 1 \right], \quad (2)$$

gde je  $r$  – srednja vrednost godišnjih padavina.

Jednačina (2) predstavlja Torntvajtov godišnji indeks vlažnosti i koristi se kod određivanja tipa klime.

Za izračunavanje  $ET_0$  korišćena je formula Torntvajta [4], koja se zasniva na temperaturi i predstavlja funkciju srednje mesečne temperature:

$$ET_0 = \begin{cases} 0, & T_{avg} < 0^\circ C \\ 16 \cdot \left( \frac{10 \cdot T_{avg}}{I} \right)^a, & 0^\circ C \leq T_{avg} \leq 26.5^\circ C \\ -0.43 \cdot T_{avg}^2 + 32.24 \cdot T_{avg} - 415.85, & T_{avg} > 26.5^\circ C \end{cases} \quad (3)$$

Analiza modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti na području Srbije za vremenski period od 1980. do 2010. godine

---

$$I = \sum_{k=1}^{12} (0.2 \cdot T_k)^{1.514}, \quad (4)$$

$$a = 0.000000675 \cdot I^3 - 0.0000771 \cdot I^2 + 0.01792 \cdot I + 0.49239, \quad (5)$$

gde je:

$ET_0$  – referentna evapotranspiracija za standardni mesec od 30 dana i trajanje osunčanosti u danu od 12 sati ( $\text{cm mesec}^{-1}$ ),

$T_{avg}$  – srednja mesečna temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$I$  – godišnji termički indeks koji predstavlja sumu svih mesečnih termičkih indeksa koji su nelinearna funkcija temperature,

$a$  – koeficijent koji je funkcija godišnjeg termičkog indeksa.

#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu jednačine (3) sračunata je vrednost referentne evapotranspiracije za teritoriju Srbije čije su vrednosti prikazane i tabeli 1.

*Tabela 1. – Rezultati proračuna referentne evapotranspiracije po metodi Penman – Monteith za period od 1980. do 2010.*

Meteorološka stanica	$ET_0 (\text{mm dan}^{-1})$
Beograd	1,782
Dimitrovgrad	1,577
Kragujevac	1,694
Kraljevo	1,675
Loznica	1,714
Negotin	1,705
Niš	1,731
Novi Sad	1,669
Palić	1,664
Sombor	1,651
Vranje	1,641
Zlatibor	1,380

Modifikovani Torntvajtov indeks vlažnosti sračunat je na osnovu prosečnih godišnjih padavina dobijenih sa 12 meteoroloških stanica za

period od 1980. do 2010. godine i sračunate referentne evapotranspiracije po metodi Torntvajta.

U tabeli 2. prikazani su rezultati proračuna modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti.

*Tabela 2. – rezultati proračuna modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti*

Meteorološka stanica	I <sub>m</sub>	Tip klime
Beograd	-9,137	C1
Dimitrovgrad	1,806	C2
Kragujevac	-6,843	C1
Kraljevo	2,556	C2
Lozница	14,288	C2
Negotin	7,821	C2
Niš	61,123	B3
Novi Sad	6,2075	C2
Palić	41,267	B2
Sombor	23,959	B1
Vranje	2,343	C2
Zlatibor	27,655	B1

Na osnovu sračunatih vrednosti modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti urađena je klasifikacija klime za Srbiju prema tabeli 3.

*Tabela 3. – Klasifikacija klime u zavisnosti od modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti [3].*

I <sub>m</sub>	Oznaka	Tip klime
>100	A	Vrlo humidna
100-80	B4	Humidna
80-60	B3	Humidna
60-40	B2	Humidna
40-20	B1	Humidna

**Analiza modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti na području Srbije za vremenski period od 1980. do 2010. godine**

---

20-0	C2	Poluhumidna
0-(-20)	C1	Polusušna – manje humidna
-20-(-40)	D	Polusušna
-40-(-60)	E	Sušna

Na osnovu sračunatog modifikovanog Torntvajtovog indeksa vlažnosti za prosek od 31 godinu i tabele 3 uočava se da je na području teritorije Srbije klima humidna.

## **5. ZAKLJUČAK**

Na osnovu analize meteoroloških podataka za period od 1980. do 2010. godine vidi se da su u periodu od 1990 – 2004. godine, vrednosti klimatskih elemenata ekstremniji, odnosno, više ili manje odstupaju od višegodišnjeg proseka. Takođe, izvedena analiza pokazuje da se i sušne i kišne godine javljaju neregularno.

Na osnovu sprovedenog proračuna može se zaključiti da na području Srbije je klima humidna.

Izračunavanjem modifikovanog Torntvajtovog indeksa dobijaju se neophodne podloge za potrebe analiza i procenu rizika od poljoprivredne suše u cilju ublažavanja neželjenih posledica.

## **ZAHVALNOST**

Rezultati istraživanja prikazani u radu su finansirani u okviru projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije br. 37003 "Razvoj hidroinformacionog sistema za praćenje i ranu najavu suša".

## **6. LITERATURA**

- [1] Ayers, A.M., Wolock, M.D., Mccabe, J.G., Hay, E.L., Tasker, D.G.: *Sensitivity of Water Resources in the Delaware River Basin to Climate Variability and Change*, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2422, Denver, 1994.
- [2] Hall, N.R.: Thornthwaite's moisture index as a measure of the intensity to which harvested cropland is devoted to corn under

- natural climatic conditions, The department of geography Oregon state university, 1968.
- [3] Sensoy, S., Demircan, M., Ulupinar, Y., Balta, I.: Climate of Turkey, Turkish State Meteorological Service, Ankara, Turkey, 2008.
  - [4] Thornthwaite, C.W.: An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review* 38(1), 1948, 55-94.
  - [5] Thornthwait, C.W., Mather, R.J.: The water balance, *Publications in Climatology* 8(1), 1955, 1-104.
  - [6] Vembu, K., Vipulanandan, C.: Correlation of Thornthwaite Climate Index (TI) with Rainfall and Suction in Houston, CIGMAT-2010 Conference & Exhibition, 2010, II-1, II-2
  - [7] Vukin, M., Isajev, V.: Uticaj klimatskog indeksa na debljinski prirast 40 linija polusrodnika crnog bora, *Glasnik šumarskog fakulteta*, Beograd, 2006, 93, 31-48.
  - [8] Willmott, J.C., Feddema, J.J.: A more rational climatic moisture index, *Professional Geographer* 44(1), 1992, 84-87.
-

# KOLOVOZNI ZASTORI OD PREFABRIKOVANIH BETONSKIH ELEMENATA

Aca Milićević<sup>1</sup>  
Vanja Jovanović<sup>2</sup>

## Rezime

*Od početka 1951.godine, a naročito poslednjih godina znatno je povećano korišćenje betonskih blokova usled: zamene novim betonskim materijalima, potrebe za izradom kolovoznih zastora u različitim varijantama oblika, boja i teksture, mogućnosti primene za različita saobraćajna opterećenja i na površinama gde može doći do sleganja.*

*U radu su prikazane: opšte karakteristike zastora od prefabrikovanih betonskih elemenata, karakteristike materijala, dimenzionisanje, način postavljanja, odvodnjavanje, zahtevi za izvođenje i održavanje kao i oblici prefabrikovanih elemenata sa šemama popločavanja i pojedinim primerima primene u Nišu.*

**Ključne reči:** kolovozni zastori, prefabrikovani betonski elementi

## 1. UVOD

Pod prefabrikovanim betonskim elementima podrazumevaju se tipski elementi prilagođeni serijskoj proizvodnji u fabrici betona. Zbog serijske proizvodnje su ekonomični u eksploataciji, jednostavni u primeni i brzini ugradnje i ujednačenog kvaliteta.

Prefabrikovani betonski elementi su namenjeni popločavanju saobraćajnih površina, i imaju širok spektar upotrebe u različitim okruženjima kao što su dvorišta, parkinzi, saobraćajne staze itd. Karakteristični su po raznolikosti oblika i boja, tako da je velika mogućnost kombinovanja.

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

<sup>2</sup> Master inženjer građevinarstva

Njihova primena u praksi je pokazala veliku povoljnost. Često se javlja potreba za vanrednim intervencijama, kao što su razne intervencije na podzemnim instalacijama vodovodne, kanalizacione, električne i druge mreže, gde su se ovi elementi pokazali kao pogodni pošto se mogu brzo i lako izvaditi iz zastora i ponovo ugraditi.

Proizvode se od prirodnog materijala, koji su neškodljivi po okolinu, tehnologijom vibro-presovanja ili tehnologijom livenja. Mogu biti jednoslojni i dvoslojni. Kod dvoslojnih donji sloj je nosivi a gornji sloj zaštitni.

## 2. OPŠTE KARAKTERISTIKE

Prefabrikovani betonski elementi koji se koriste za izradu kolovoznog zastora proizvode se po recepturi koja obezbeđuje čvrstoću na pritisak od  $40 N / mm^2$ . Eksperimentima je utvrđeno da su ovi zastori pogodni kao saobraćajna podloga za brzine do  $50 km / h$ .

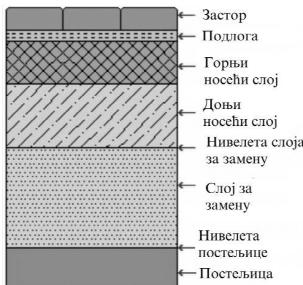
Prednosti zastora od prefabrikovanih betonskih elemenata su višestruke:

- Otpornost na dejstvo ciklusa mržnjenja i otapanja
- Lako održavanje i popravka
- Olakšan pristup instalacijama
- Tolerišu se mala pomeranja u posteljici
- Jednostavno građenje bez skupe mehanizacije
- Mogu da posluže kao privremeni zastor
- Velika trajnost i koefficijent trenja
- Upozoravaju vozača da su skrenuli sa voznih traka
- Mali troškovi održavanja
- Veliki izbor boja i oblika – što daje prijatan estetski izgled

U zavisnosti od namene koriste se različite debljine betonskih elemenata kao i slojevi u podlozi. Ploče debljine 6 cm koriste se za popločavanje površina gde se odvija pešački ili laki putnički saobraćaj malog intenziteta, kao što su parkovi, šetališta, trotoari, platoi itd. Ploče debljine 8 cm koriste se za popločavanje površina gde je intenzivniji putnički saobraćaj i teretni saobraćaj „umerenog“ intenziteta, kao što su ulice, platoi industrijskih objekata, benzinske stanice itd.

Na slici 1. prikazan je opšti model kolovozne konstrukcije sa zastorom od prefabrikovanih betonskih elemenata, a u zavisnosti od namene kolovozne konstrukcije pojedini slojevi mogu biti izostavljeni.

## Kolovozni zastori od prefabrikovanih elemenata



Slika 1. Poprečni presek kolovoza od prefabrikovanih betonskih elemenata

### 3. KARAKTERISTIKE MATERIJALA

Karakteristike materijala koji se koriste za izradu prefabrikovanih betonski elemenata su kvalitet i poreklo prirodnog agregata i hidrauličkog veziva. Bitnu ulogu imaju i fizičko-mehaničke karakteristike gotovih elemenata, koje treba da odgovaraju fizičko-mehaničkim karakteristikama betona za klasične betonske kolovozne konstrukcije. To su sledeće karakteristike:

- Tehnološka svojstva sveže betonske mase: homogenost, ugradljivost, kohezivnost, stabilnost, prenosivost, obradljivost.
- Konsistencija sveže betonske mase;
- Fizičko-mehaničke osobine očvrslog betona: čvrstoća betona na pritisak, čvrstoća betona na zatezanje, čvrstoća betona na čisto savijanje, čvrstoća betona na dinamičko opterećenje, vodopropustljivost betona, otpornost prema dejstvu mraza i soli, otpornost na habanje, otpornost na hemijske agense, deformacijske karakteristike betona.

### 4. DIMENZIONISANJE

Kolovozne konstrukcije od prefabrikovanih betonskih elemenata se dimenziонишу kao fleksibilne kolovozne konstrukcije po AASHTO metodi za fleksibilne kolovozne konstrukcije.

Potrebno je voditi računa o karakteristikama materijala u gornjem nosećem sloju, donjem nosećem sloju, sloju za zamenu i posteljici, kao i sloju od hidroizolacionog materijala.

Problem dimenzionisanja ovih kolovoznih zastora je analiza zastora od blokova (ploča) i sloja pesaka. Na osnovu istraživanja „složeni modul“ (blok+pesak), posle izgradnje iznosi  $350 \text{ MPa}$ , a

posle 10 000 ponavljanja prelaza standardnog opterećenja iznosi oko  $3100 \text{ MPa}$ .

Preporučene marke betona prefabrikovanih elemenata za određena saobraćajna opterećenja su:  $40 \text{ MPa}$  za vrlo teško,  $35 \text{ MPa}$  za teško,  $30 \text{ MPa}$  za ostala saobraćajna opterećenja.

Moduli slojeva zavise od tipa materijala od koga je projektovan sloj podlage. Vrednosti su u granicama  $20\text{-}300 \text{ MPa}$  za sitnozrni prirodni material u posteljici,  $100\text{-}200 \text{ MPa}$  za nevezani šljunak,  $2500\text{-}7000 \text{ MPa}$  za bitumenizirani šljunak,  $3500\text{-}7000 \text{ MPa}$  za cementom stabilizovani lokalni material,  $7000\text{-}14000 \text{ MPa}$  za cementom stabilizovani šljunak.

## 5. NAČIN POSTAVLJANJA BETONSKIH ELEMENATA U ZASTOR

Zastori od betonskih elemenata mogu se raditi na više načina, zavisno od njihovih dimenzija. Polaganje može biti ručno ili pomoću pneumatske hvataljke na malim dizalicama.

Ploče se polažu, a zatim nabijaju vibro pločama. Površine vibro-ploča su između  $0,35 \text{ m}^2$  i  $0,50 \text{ m}^2$ , a centrifugalne sile su između 16 i 20 kN sa frekvencijama od 75 do 100 Hz.

Postoje pet načina izrade spojnica, zavisno od vrste materijala.

Prvi način polaganja se odnosi na polaganje većih betonskih elemenata u krupnozrni cementni malter (cement:pesak=1:3). Debljina sloja maltera je od 25 do  $50 \text{ mm}$ . Veličine elemenata su:  $450\times600 \text{ mm}$ ,  $600\times600 \text{ mm}$ ,  $750\times600 \text{ mm}$ ,  $900\times600 \text{ mm}$ , a debljine  $50\text{-}100 \text{ mm}$ . Debljine su od  $50\text{-}100 \text{ mm}$  koje predhodno moraju biti definisane. Spojnice se ispunjavaju cementnim malterom.

Drugi način polaganja je da se blokovi polažu u sloj peska, ali se posle sabijanja vibro-pločama spojnice ispunjavaju malterom. Pesak koji se istisne iz spojnica ukloni se četkom, a zatim se spojnice ispune cementnim malterom i izfuguju. Širina spojnica se kreće od 10 do  $12 \text{ mm}$ .

Treći način polaganja je da se blokovi polažu na podlogu od masivnog betona debljine od 100 do  $150 \text{ mm}$ . Spojnice se ispunjavaju cementnim malterom.

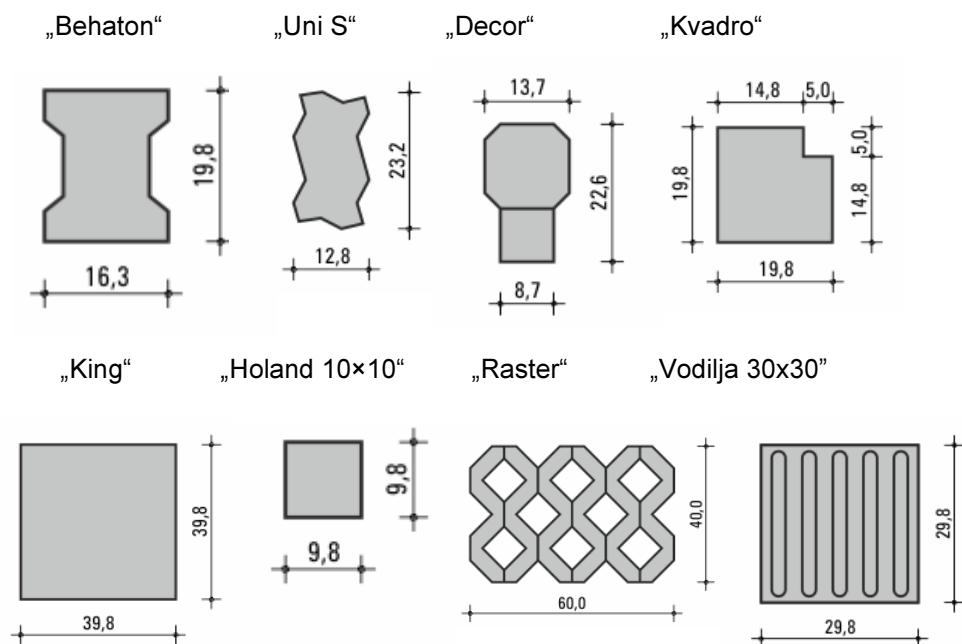
Kod četvrtog i petog načina spojnice se ispunjavaju asfaltnim mastiksom i katranom. Ova dva načina se izbegavaju zbog mogućnosti prljanja betonskih elemenata bitumenom i katranom, a čišćenje je skupo i štetno zbog hemijskih preparata koji sadrže kancerogene materije trećeg stepena.

## 6. NAČIN POSTAVLJANJA BETONSKIH ELEMENATA U ZASTOR NA PEŠAČKIM STAZAMA

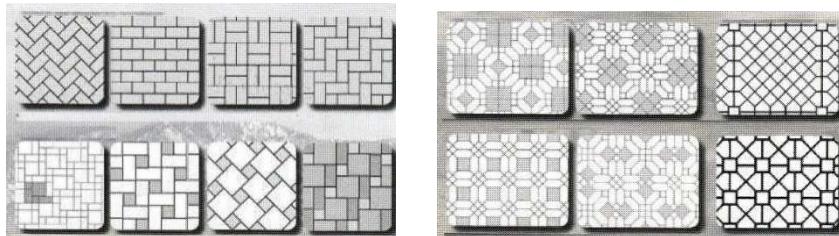
U zastor na pešačkim stazama betonski blokovi se polažu na podlogu od peska debljine od 2 do 5 cm. Posle polaganja blokovi se sabijaju vibro-pločama i ostavljaju se spojnice čiji su otvori od 3 do 6 mm, koje se ispunjuju peskom. Ovi betonski blokovi su manjih dimenzija zbog manjeg opterećenja. Dimenzije blokova su: 400x400 mm, 300x300 mm, 450x450 mm, debljine 50-80 mm. Propisan je i granulometrijski sastav materijala koji se koristi kao podloga za polaganje betonskih elemenata.

## 7. OBЛИCI PREFABRIKOВANIХ ELEMENATA I ŠEME POPLOČAVANјА

Postoje različiti oblici i boje tako da daju veliki izbor kombinacija.



Slika 2. Oblici prefabrikovanih betonskih elemenata



Slika 3. Moguće šeme popločavanja

## 8. ODRŽAVANJE ZASTORA OD BETONSKIH BLOKOVA

Sastoje se od četiri osnovna koraka i to: čišćenje i pranje zastora (najmanje jednom dnevno), redovan pregled zastora i otkrivanje oštećenja, analiziranje oštećenja i otkrivanje uzroka, popravke oštećenih delova.

Oštećenja koja se mogu javiti u zastorima od blokova su sledeća: pukotine, lomovi betonskih elemenata, neravnine, smanjenje otpornosti na trenje. Pukotine se saniraju zamenom elemenata ili čišćenjem i ispunom, lomovi zamenom oštećenih elemenata i podloge, neravnine zamenom materijala u podlozi po potrebi i u posteljici, smanjene otpornosti na trenje zamenom elemenata.

## 9. PRIMERI PRIMENE ZASTORA OD PREFABRIKOVANIH BETONSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU GRADA NIŠA

### 9.1. Trg Kralja Milana

Površina koja je ranije imala namenu parkirališta, popločana je, tako da je adaptirana u pešačku zonu, slika 4.



Slika 4. Zastor na trgu Kralja Milana u Nišu

## 9.2. Ulica Vožda Karađorda

U ulici Vožda Karađorda urađeno je popločavanje trotoara. Za popločavanje ovih trotoara korišćene su betonske ploče kvadratnog oblika u crvenoj boji, kao i betonske ploče vodilje, koje služe kao orijetacija slepim osobama, slika 5.



*Slika 5. Zastor od prefabrikovanih betonskih elemenata na pešačkoj stazi u ul. Vožda Karadordža*

## 9.3. Plato ispred Elektronskog fakulteta

Popločana površina se koristi za parkiranje vozila, a predstavlja i pešačku zonu, slika 6.



*Slika 6. Površine na platou ispred Elektronskog fakulteta*

## 9.4. Parkiralište iza Studenskog doma – Paviljon IV

Na parkingu iza Studentskog doma primenjene su tzv. betonske ploče „Raster“. Ove ploče funkcionišu po sistemu beton – trava, a njihova prednost je estetski izgled, šarolikost elemenata i travnate vegetacije, slika 7.



Slika 7. Parkiralište iza Studentskog doma – Paviljon IV

## 10. ZAKLJUČAK

Radi unapređenja kvaliteta životne sredine, u novije vreme se sve više koriste prefabrikovani betonski elementi – blokovi za izradu zastora kolovoznih konstrukcija saobraćajnica u okviru stambenih zona, pešačkih zona, na atraktivnim lokacijama, biciklističkim i pešačkim stazama, na rekreativnim površinama, servisnim saobraćajnicama, parkiralištima i tome slično.

Pored prijatnog izgleda, zastor od blokova obezbeđuje vrlo jaku i fleksibilnu površinu, jednostavni su za gradnju i održavanje bez upotrebe skupe mehanizacije, otporni su na dejstvo mraza, toleriše mala pomeranja u osnovi, odlične su hrapavosti, ekonomični su i velike trajnosti.

Mogu se uspešno primenjivati za saobraćajnice na kojim je brzina vozila ograničena na 50 km/h (stambene zone, pešačke zone, parkirališta itd.), kao i na raskrsnicama u zonama pojačanog kočenja i ubrzavanja, na većim poduznim nagibima, benzinskim pumpama, autobuskim stanicama, halama, industrijskim i aerodromskim platformama.

## 11. LITERATURA

- [1] Svetlana Stojadinović: Kolovozni zastori od betonskih blokova, PIS 3-4/1985
- [2] Aleksandar Cvetanović, Borivoje Banić: Kolovozne konstrukcije, 2007
- [3] Aleksandar Cvetanović, Borivoje Banić: Priručnik za radnike iz puteva, 2008

# **KLIMATSKE PROMENE NA PILOT SLIVU REKE NIŠAVE**

**Ivana Miljojković<sup>1</sup>**  
**Dragoljub Miljojković<sup>2</sup>**

## **Rezime**

*Na pilot slivu reke Nišave, sprovedena je analiza osnovnih klimatoloških faktora, temperature i padavina kao i hidroloških veličina za dve stанице Dimitrovgrad i Niš. Izabrane su dve karakteristične stанице, najniža Niš 202 mm i najviša Dimitrovgrad 454 mm. Analiza klimatoloških faktora je vršena za relevantne periode 1961-1990. i 1981 – 2010.godine, a hidrološka analiza za tri relevantna perioda 1961 – 1990, 1971 – 2000, i 1981 – 2010. Klimatske promene su evidentne na slivu Nišave. Povećane su srednje i srednje maksimalne temperature. Srednja maksimalna temperatura u julu za relevantni period 1981-2010 je povećana za 1,9 °C u Nišu i 1,2 °C u Dimitrovgradu, u odnosu na period 1961-1990. Promenjen je režim padavina, smanjene su padavine a povećani su ekstremi. Srednjegodišnje padavine u Dimitrovgradu su smanjene sa 635,5 mm na 624,7 mm za period od 20 godina, a u Nišu sa 589,6 mm na 580,3 mm. Smanjene su padavine u periodu januar-jun, a povećane u periodu jul-decembar.*

**Ključne reči:** klimatski faktori, temperatura, padavine klimatske promene.

## **1. UVOD**

Klima nekog područja se definiše na osnovu klimatoloških parametara, koji se izražavaju preko srednje vrednosti, ekstrema ili drugih statističkih veličina tokom nekog intervala vremena (meseci, godine, vekovi). Danas se klima definiše kao dinamički sistem u kome učestvuju, i jedni na druge deluju: atmosfera, okeani, ledeni i snežni pokrivač, litosfera i biosfera uključujući i čoveka. Svaka od ovih komponenata u klimatskom sistemu ima sopstvene zakonitosti i dinamiku, na koje deluju druge komponente i tako ih menjaju.

---

<sup>1</sup> Ivana Miljojković, master inž.građ, GAF student doktorskih studija, stipendista Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije

<sup>2</sup> Mr Dragoljub Miljojković, dipl. inž.građ., JVP „Srbijavode“ Beograd

Kada se govori o klimatskim promenama, označavaju se pre svega negativne posledice uticaja čovečanstva na činioce klimatskog sistema. Klimatskim promenama je najviše ugrožena atmosfera jer joj se menja sastav zbog nekontrolisanog sagorevanja fosilnih goriva. Povećani efekat „staklene bašte“ je doveo do porasta srednje globalne temperature vazduha od  $0.3^{\circ}\text{C}$  do  $0.6^{\circ}\text{C}$  u odnosu na predindustrijski period. Zbog straha od nepovratnih klimatskih promena proučavanje klime je postalo strateško pitanje, pa je borba protiv klimatskih promena koje uzrokuje čovek, postala predmet međunarodnih konvencija, panela, programa i projekata, koji predlažu i sprovode mere za očuvanje postojeće klime i čovekove okoline.

## **2. OSNOVNE KLIMATSKE KARAKTERISTIKE NA TERITORIJI SRBIJE**

Klima Srbije je umereno-kontinentalna sa izraženim lokalnim karakteristikama [1]. Prostorna raspodela parametara klime uslovljena je geografskim položajem, reljefom i lokalnim uticajem, ekspozicijom terena, prisustvom rečnih sistema, vegetacijom, urbanizacijom itd. Značajan uticaj na vreme i klimu u Srbiji imaju Alpi, Sredozemno more i Đenovski zaliv, Panonska nizija i dolina Morave, Karpati i Rodopske planine kao i brdovito planinski deo sa kotlinama i visoravnima. Ravničarski predeo na severu zemlje i pravac prostiranja kotlina reka sever - jug, omogućuju duboko prodiranje polarnih vazdušnih masa na jug.

### **2.1 Temperaturni režim na slivu Nišave**

Reka Nišava je desna pritoka Južne Morave. Površina sliva u našoj zemlji je  $3.024 \text{ km}^2$ , a ukupna površina  $4.094 \text{ km}^2$ . Predmet ovog rada je deo sliva na teritoriji Srbije. Sliv Nišave obuhvata područje sledećih opština: Niš, Gadžin Han, Bela Palanka, Babušnica, Pirot i Dimitrovgrad.

Podaci korišćeni u ovom radu su merenja RHMZ-a Srbije koji su dostupni na sajtu iste institucije. Klimatološka merenja i osmatranja se vrše tri puta dnevno u 7, 14 i 21 sat po lokalnom vremenu [4]. Srednje dnevne temperature vazduha računaju su po formuli:

$$T_{sr} = \frac{T_7 + T_{14} + 2T_{21}}{4} \quad (1)$$

gde indeksi označavaju termin očitavanja temperature [4]. Srednjemesečne temperature vazduha određuju se kao aritmetičke sredine srednjednevnih vrednosti u datom mesecu.

Maksimalna i minimalna temperatura vazduha očitava se u 21 sat i beleži za taj dan [4]..

Srednje mesečne temperature, kao i mesečni ekstremi, koriste se za opisivanje temperaturnog režima neke lokacije.

Prosečna godišnja temperatura vazduha za period 1961–1990. bila je 11,4 °C na području grada Niša, a za period 1981-2010 11,9 °C. Za područje Dimitrovgrada prosečna godišnja temperatura povećana je sa 9,7 °C na 10,00 °C za isti period.

U Nišu temperaturni režim pokazuje trend porasta za sve mesece i za sve statističke veličine: srednje maksimalne temperature, srednje minimalne temperature i srednje normalne temperature (srednjemesečne i srednje godišnje temperature). Povećanje srednjemaksimalnih temperatura je najizraženije u letnjim mesecima i iznosi za juni 1,2 °C, juli 1,8 °C,a za avgust 1,6 °C za relevantni period 1981 – 2010 u odnosu na period 1961 – 1990. Srednjemaksimalna godišnja temperatura za isti period je porasla sa 17.3 °C na 18.1 °C.

Srednje minimalne temperature pokazuju pozitivan trend (porasta), pa je najveći porast srednje minimalne temperature u januaru i iznosi 1.3 °C, povećanje sa -3.5 °C na -2.2 °C, dok je srednjaminimalna godišnja temperatura povećana sa 6.2°C na 6.8 °C.

Srednje normalne temperature pokazuju porast u istom periodu za mesece juli i avgust od 1.2 °C, dok je srednja normalna godišnja temperatura povećana sa 11.4 °C na 11.9 °C.

U tabeli 1 prikazani su temperaturni uslovi za Niš, a u tabeli 2 za Dimitrovgrad za relevantne periode [4].

*Tabela 1 Temperaturni režim u Nišu za relevantne periode 1961-1990 i 1981-2010*

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Niš 1961-1990													
sr.max	3.8	7.1	12. 3	18	22. 9	25. 9	28	28. 5	24. 8	18. 9	11. 7	5. 4	17. 3
sr.min	- 3.5	1. 3	1.8	6.1	10. 4	13. 4	14. 5	14. 4	11. 1	6.5	2.4	-1.4	6.2
sr.nor	-0.2	2.5	6.7	11.9	16. 6	19. 5	21. 3	21. 1	17. 2	11. 9	6.4	1. 7	11. 4

Niš 1981-2010													
sr.max	5	7.5	13	18.4	23. 8	27. 1	29. 8	30. 1	25	19. 3	11. 9	6. 1	18. 1
sr.min	- -2.2	1. 4	2.3	6.4	11	13. 8	15. 4	15. 4	11. 5	7.4	2.6	-0.8	6.8
sr.nor	0. 6	2. 4	7	12. 2	17. 1	20. 4	22. 5	22. 3	17. 4	12. 3	6.4	2. 1	11. 9

Tabela 2 Temperaturni režim u Dimitrovgradu za relevantne periode 1961-1990 i 1981-2010

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Dimitrovgrad 1961-1990													
sr.max	2.9	5.7	10.8	16.5	21.3	24.3	26.7	26.9	23.5	17.6	10.5	10.5	15.9
sr.min	- 4. 8	2.8	0.1	4.3	8.5	11.5	12.6	12.4	9.4	5.1	1.2	1.2	4.6
sr.nor	- 1. 3	0.9	4.9	10	14.6	17.5	19.3	19	15.4	10.4	5.2	5.2	9.7
Dimitrovgrad 1981-2010													
sr.max	4	6.1	11.4	16.9	22	25.3	27.8	28.1	23.4	17.8	10.5	5.1	16.5
sr.min	4.3	3.6	-0.1	4.1	8.5	11.6	13	12.9	9.4	5.4	1	-2.6	4.6
sr.nor	-0.7	0.6	5	10.1	14.9	18.2	20.1	19.8	15.3	10.5	5	0.8	10

Temperaturni režim u Dimitrovgradu takođe pokazuje pozitivan trend, ali nešto umerenije. Kada su u pitanju srednjemaksimalne temperature za period od januara do oktobra, pokazuju povećanje od 0.4 °C u februaru, martu i aprilu, do 1.2 °C u avgustu. Srednje maksimalne temperature u septembru, oktobru i novembru pokazuju manje povećanje i ono iznosi od 0.1 °C do 0.2 °C, dok je decembar znatno hladniji u periodu 1981-2010. gotovo za 5.4 °C (smanjenje sa 10.5 °C na 5.1 °C). Na godišnjem nivou srednjemaksimalne temperature su povećane sa 15.9 °C na 16.5 °C.

Srednje minimalne temperature pokazuju blagi porast samo u periodu jun – avgust, dok su za ostale mesece uglavnom manje. Najveće povećanje je za avgust mesec i iznosi 0.5 °C. Na godišnjem nivou srednja minimalna temperatura je na istom nivou i iznosi 4.6 °C. Srednje normalne temperature pokazuju porast u istom periodu za mesece juli i avgust od 0.8 °C, dok je srednja normalna godišnja temperatura povećana sa 9.7 °C na 10 °C.

Od ostalih klimatoloških parametara u posmatranom periodu došlo je do promena i broja tropskih dana u Nišu sa 36.3 na 49, a u Dimitrovgradu sa 21.5 na 30 tropskih dana prosečno godišnje.

Relativna vlažnost je u Nišu smanjena sa 70.7 na 70, a u Dimitrovgradu povećana sa 72.1 na 73 % prosečno godišnje relativne vlažnosti. [1]

## 2.2 Režim padavina

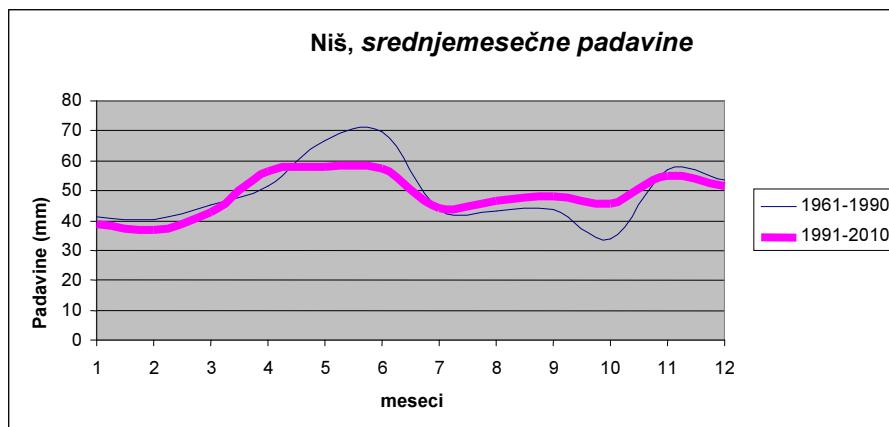
Visina dnevnih padavina meri se u periodu od 24 sata od 7 sati prethodnog dana do 7 sati tekućeg dana kada se registruju.

U tabelama 3 i 4 prikazan je režim padavina na klimatološkim stanicama Niš i Dimitrovgrad za relevantne periode analize 1961-1990 i 1981-2010 godina. Prikazane su srednje mesečne padavine i srednje godišnje padavine za obe stanice kao i maksimalne dnevne padavine po mesecima i godišnje u posmatranom periodu.

U Nišu se uočava da su srednje godišnje padavine smanjene sa 589.6 mm na 580.3 mm u posmatranom periodu. Takođe je značajno da postoji smanjenje padavina u periodu januar-juni i novembar-decembar, dok je povećanje srednjemesечnih padavina zabeleženo u periodu jul – oktobar. Uočava se nepovoljniji raspored padavina sa aspekta potreba poljoprivrede [2]. Maksimalne dnevne padavine se povećavaju u periodu kada se smanjuju srednjemesечne padavine, odnosno u periodu maj – avgust.

*Tabela 3 Režim padavina u Nišu za relevantne periode*

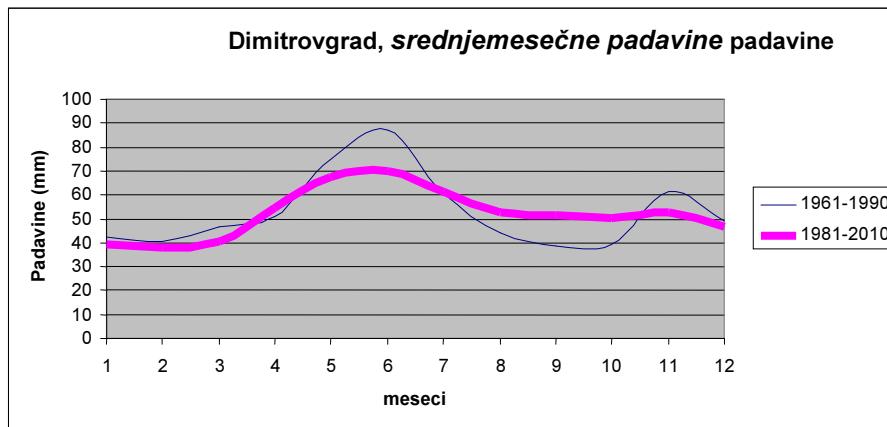
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
<b>Niš 1961-1990</b>													
sr	41.3	40. 3	45.3	51 .3	66 .7	69.7	43.6	43.3	43 .6	34.1	56.8	53 .6	589. 6
dn.		34.		33					71				
max	24.2	8	26.2	.2	32	47.5	48.2	39.4	.2	47.3	28.1	28.9	71.2
<b>Niš 1981-2010</b>													
sr	38. 8	36. 8	42 .5	56. 6	58	57.3	44	46.7	48	45.5	54.8	51 .5	580. 3
dn.		28. 8	27.9	.2	41 .5	56.8	46.7	50.6	.6	32.8	37.4	33	56.8
max	24.2												



Slika 1. Niš, srednjemesečne padavine za relevantne periode

Tabela 4 Režim padavina u Dimitrovgradu za relevantne periode

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Dimitrovgrad 1961-1990													
sr.	42.2	40.5	46.5	51.1	74.9	87.1	60.7	44.1	38.9	39.1	61.4	49	635.5
mes	40.8	47.9	40.8	46.4	41.5	44.8	39.8	39.3	36.8	49.1	33.9	38.4	91.8
Dimitrovgrad 1981-2010													
sr.	39.5	38.1	40.2	54.3	67.2	70	61.1	52.5	51.8	50.2	52.8	46.9	624.7
mes	28.7	24.1	33.1	46.4	57.1	57	32.3	50.8	84.5	44.5	46.6	31	123.3



Slika 2. Dimitrovgrad, srednjemesečne padavine za relevantne periode

U Dimitrovgradu u posmatranim periodima srednjemesečne padavine su smanjene u periodima januar-mart, maj-juni i novembar-decembar, kao i na srednjegodišnjem nivou. Srednjegodišnje padavine su smanjene sa 635.5 mm na 624.7 mm. Najveće srednjemesečno smanjenje padavina beleži se u junu mesecu i iznosi 17.1 mm.

### 2.3 Hidrološki trendovi

Na neposrednom toku reke Nišave postoje 4 hidrološke stanice, Niš, Bela Palanka, Pirot i Dimitrovgrad [3]. Merenja na profilu Niš su započeta 1951.god, a na profilu Dimitrovgrad 1959.god. Karakteristični izmereni proticaji na profilu Niš su:

$$Q_{\min} = 1.48 \text{ m}^3/\text{sec} \text{ zabeleženo 03.10.1994 i 11.11.2011.god.}$$

$$Q_{\max} = 670.00 \text{ m}^3/\text{sec} - zabeleženo 19.02.1955.god.$$

$$Q_{sr} = 29.3 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Na profilu Dimitrovgrad zabeleženi su karakteristični proticaji:

$$Q_{\min} = 0.005 \text{ m}^3/\text{sec} \text{ zabeleženo 21.01.2002.god.}$$

$$Q_{\max} = 97.50 \text{ m}^3/\text{sec} - zabeleženo 06.08.2005, 26.11.2007 i 19.05.2010.god.$$

$$Q_{sr} = 1.94 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Hidrološke analize sprovedene su za četiri relevantna perioda: 1959(51)-2011, 1961-1990, 1971-2000, i 1981-2010.godina.

*Tabela 5 Nišava Dimitrovgrad, srednjemesečni proticaji*

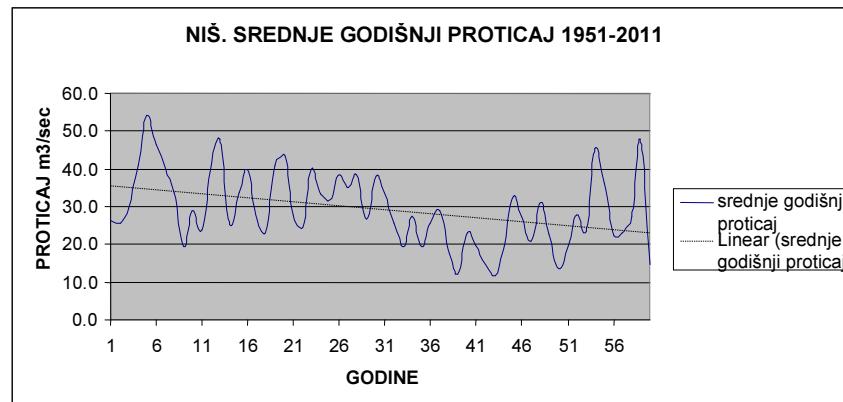
periodi/mess	Q sr. mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1959-2011	1.7 1	3.0 7	3.6 2	3.6 0	2.8 2	1.9 7	1.27	.85 8	.734	.998	1.09 3	1.55 3
1961-1990	1.7 6	3.3 0	3.9 1	3.5 2	3.0 3	2.0 5	1.47	.72 7	.75	1.02	1.09 1	1.57 1
1971-2000	1.4 2	2.1 2	3.0 3	3.3 5	2.8 6	1.9 4	1.12 8	.65 2	.74 1	1.06 4	1.09 1	1.64 6
1981-2010	1.5 7	2.6 6	3.5 1	3.7 6	2.7 1	1.9 0	1.12 7	.94 0	.68 0	.900	1.05	1.59

*Tabela 6 Nišava Niš, srednjemesečni proticaji*

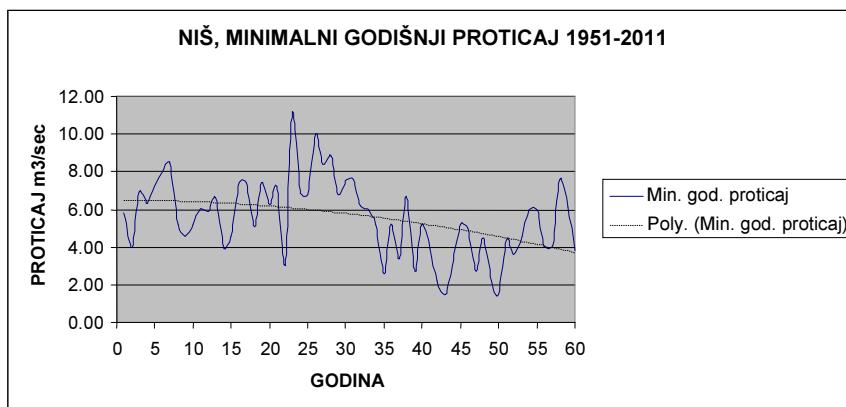
periodi/mess	Q sr. mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1951-2011	28.9	40.5	51. 8	56. 8	45. 0	31. 1	17. 5	11.2 9	10.5 4	13.6 7	18.1 9	25.9 7
1961-1990	27. 6	43.6	56. 9	60. 1	50. 7	33. 6	19. 4	10.9	10.5	12.9	17.2	23.7
1971-2000	24. 4	32. 6	44. 4	50. 4	43. 5	28. 5	16. 2	10.2	10.5	13.8	17.7	24.7
1981-2010	24. 3	32. 2	44. 8	49. 7	35. 8	24. 8	14. 2	10.3	9.2	12.5	16.3	23.2

Na osnovu izmerenih proticaja na hidrološkim stanicama Dimitrovgrad i Niš u tabelama 5 i 6 su prikazani izračunati srednjemesečni proticaji prikazani u četiri grupe: srednjemesečni proticaji za period merenja, kao i za relevantne periode 1961-1990, 1971-2000 i 1981-2010. godina. Takođe je sprovedena analiza i trendova srednjemesečnih proticaja kako po mesecima tako i srednjegodišnjih proticaja, srednjihminimalnih proticaja i srednjemaksimalnih proticaja za periode merenja. Na slikama 3, 4 i 5 prikazani su trendovi karakterističnih proticaja reke Nišave na hidrološkoj stanci Niš koji su negativni.

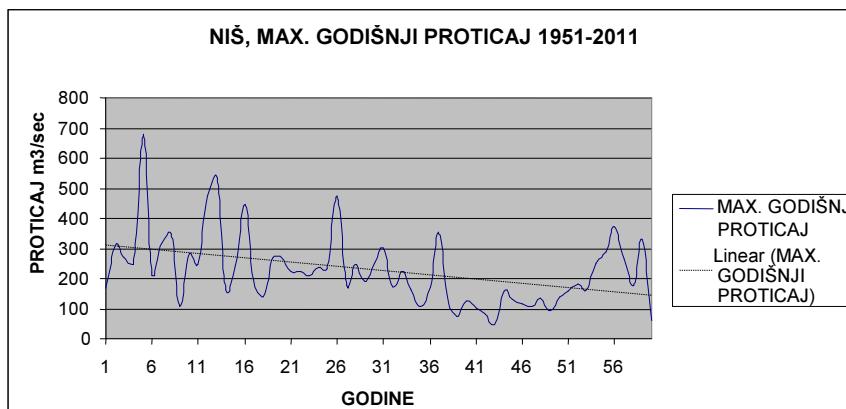
## Klimatske promene na pilot slivu reke Nišave



Slika 3. Nišava, trend srednjegodišnjih proticaja na hidrološkoj stanici Niš

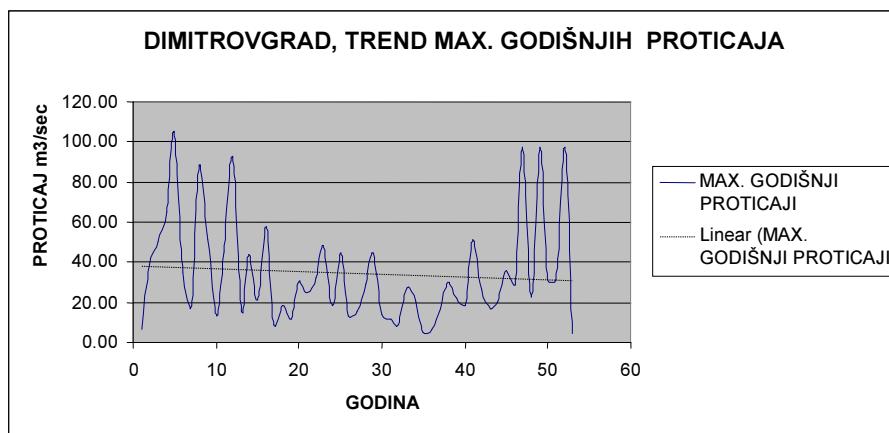


Slika 4. Nišava-Niš , trend minimalnih godišnjih proticaja



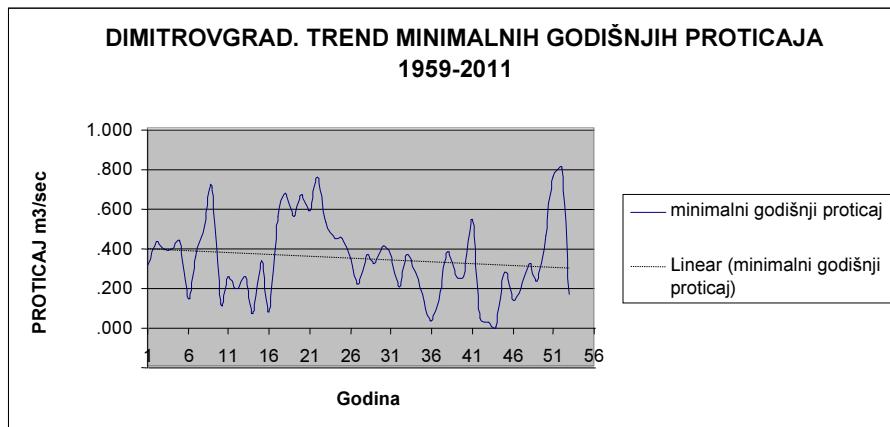
Slika 5 Nišava – Niš, trend maksimalnih godišnjih proticaja

Na slikama 6, 7 i 8 prikazani su trendovi maksimalnih godišnjih proticaja, minimalnih godišnjih proticaja i srednjegodišnjih proticaja na hidrološkoj stanicici Dimitrovgrad, koji su takođe negativni ali blaže izraženi. Na slici 8 prikazan je grafik srednjemesečnih proticaja za relevantne periode: za ukupno vreme hidroloških merenja 1959-2011. godine i relevantne periode 1961-1990, 1971-2000, i 1981-2010. godine. Uočljive su promene srednjemesečnih proticaja za period januar-maj. U odnosu na ukupni period merenja 1959-2011. uočava se da je u periodu 1961-1990. godine bilo povećanje srednjemesečnih proticaja, ali su srednjemesečni proticaji za periode 1971-2000. i 1981-2010. godine bili znatno manji za isti period.

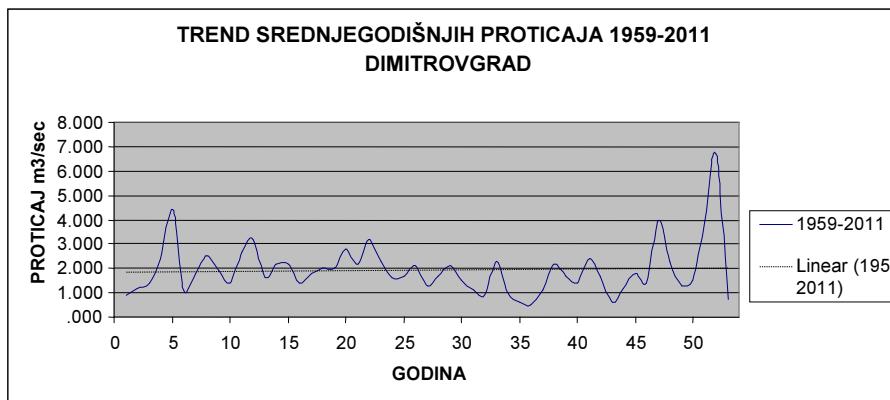


Slika 6 Nišava – Dimitrofgrad, trend maksimalnih godišnjih proticaja

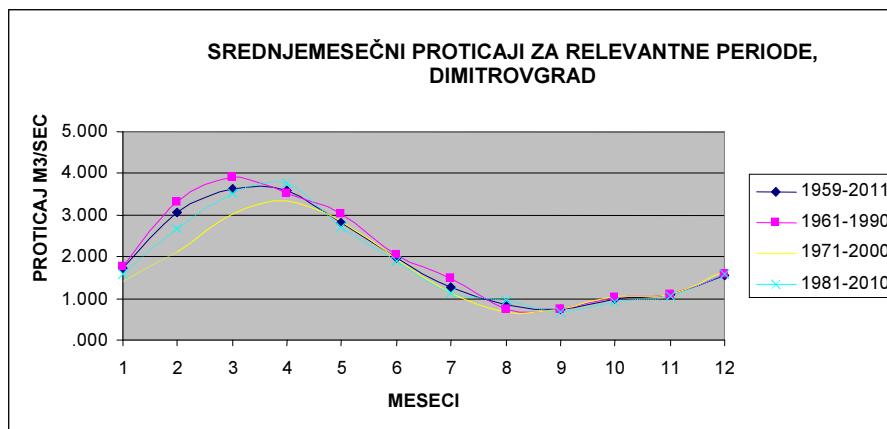
Klimatske promene na pilot slivu reke Nišave



Slika 7 Nišava – Dimitrofgrad, trend minimalnih godišnjih proticaja



Slika 8 Nišava – Dimitrofgrad, trend srednjegodišnjih proticaja



Slika 9 Nišava – Dimitrovgrad, srednjemesecni proticaji za relevantne periode

### 3. ZAKLJUČAK

Klimatske promene na slivu reke Nišave se evidentne. One se ogledaju u promjenjenom temperaturnom režimu, povećanju srednje mesečnih i srednjegodišnjih temperatura za relevantne periode, kao i povećanjem srednjemaksimalknih temperatura naročito u letnjem periodu. Značajno je povećan je broj tropskih dana u Nišu i Dimitrovgradu. Režim padavina se menja, kako u pogledu količina jer se padavine smanjuju tako i vremenska neravnomernost, jer se padavine smanjuju u vegetativnom periodu a povećavaju u jesenjem periodu.

Hidrološki režim Nišave se menja, tako da su svi trendovi negativni. Smanjuju se srednjemesecni proticaji za svaki mesec pojedinačno u periodu od početka merenja do 2011.godine, ali i trend srednjegodišnjih proticaja je negativan. Takođe su negativni i trendovi godišnjih srednjeminimalnih i srednjemaksimalnih proticaja.

### LITERATURA:

- [1] Milojković Dragoljub, Milojković Ivana "Research for hydrological and meteorological data-serbian part" projekat 2007 cb16ipo006-2009-1-53\_12, Niš 2012.

- [2] Miljojković Dragoljub: *Primena metodologije evropske okvirne Direktive o vodama za uspostavljanje monitoring sistema upravljanja kvalitetom vode sliva reke Nišave*, Magistarska teza, Niš 2010
- [3] Potić Olivera, Miljojković Dragoljub, Miljojković Ivana "Projekat procena rizika od poplava osnova za održivi razvoj u gornjem delu sliva Nišave br: 2007 cb16ipo006- 2009-1-53\_12 „ Niš 2012
- [4] [www. hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/index.php](http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/index.php)



# ZAVISNOST MEMBRANSKIH SILA OD PREDNAPREZANJA I GRANIČNIH USLOVA MEMBRANSKIH KONSTRUKCIJA

Vuk Milošević<sup>1</sup>  
Dragan Kostić<sup>2</sup>

## Rezime

Membranski konstruktivni sistem ima najmanju sopstvenu težinu od svih trenutno korišćenih konstruktivnih sistema. Ovaj površinski sistem karakterišu dvostruka zakrivljenost i veliki rasponi, i čine ga atraktivnim i jako popularnim u svetu. Budući da ima debljinu od samo 1 mm, mora konstantno biti izložen silama zatezanja. Kao konstruktivni materijal koristi se specijalni obloženi tekstil koji ima veliku otpornost na zatezanje. Sile zatezanja su ključne za stabilnost membranske konstrukcije, i kao takve bile su predmet ovog istraživanja. U radu je prikazana i diskutovana zavisnost membranskih sile, koje moraju biti zatežuće, u odnosu na prednaprezanje i granične uslove konstrukcije. Istraživanje je sprovedeno metodom varijacija na matematičkom eksperimentu. Kao matematički model uzeta je konstrukcija dimenzija  $10 \times 10$  m, oblika hiperboličkog paraboloida. Variranjem pojedinih parametara i upoređivanjem rezultata došlo se do zaključaka o tome koji su uslovi potrebni za optimalne intenzitete sila u konstrukciji.

**Ključne reči:** Membranske konstrukcije, prednaprezanje, granični uslovi, membranske sile

## 1. MEMBRANSKE KONSTRUKCIJE

Membranski konstruktivni sistem predstavlja jedan od podtipova šatorastog konstruktivnog sistema. Poslednjih decenija u svetu postoji trend izgradnje amorfnih [2], ali i što lakših i tanjih

---

<sup>1</sup> Vuk Milošević, mia, doktorant, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš

<sup>2</sup> Dragan Kostić, dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš

konstrukcija [14], a membrane u ovom pogledu predstavljaju do sada najsavršeniji tip konstrukcija. Njihova sopstvena težina je manja od  $2 \text{ kg/m}^2$  [4]. Uzrok tome je što glavni konstruktivni materijal ima debiljinu od oko 1 mm, a pri tome može da premosti raspone i do 100 m, te sa pravom pripada vrsti površinskih konstrukcija [8]. Postoje dve najkorišćenije vrste membranskog materijala i to su poliesterska vlakna obložena PVC-om, i fiberglas obložen PTFE-om [5,12]. Ovi materijali odlično primaju zatezanje, ali zbog svoje strukture i male debljine praktično nemaju otpornost na pritisak, i imaju velike deformacije pod dejstvom opterećenja normalnog na površ [13]. Zbog toga je za stabilnost konstrukcije neophodno da ona u svakom trenutku bude zategnuta. Ovo se postiže prednaprezanjem konstrukcije [10]. Intenzitet prednaprezanja mora biti takav da se ni u najnepovoljnijem slučaju opterećenja ne izgubi sila zatezanja. Sa druge strane neophodno je dobro proceniti prednaprezanje i opterećenja jer materijal može da podnese samo određeni intenzitet zatezanja, u zavisnosti od tipa materijala. Lokalna pojava pritiska u konstrukciji manifestuje se pojmom nabora [9]. Dakle, membranske sile zatezanja su jedan od dva najvažnija faktora za postojanje membranske konstrukcije, i kao takve uzete su za predmet ovog istraživanja. Osim prednaprezanja i spoljašnjeg opterećenja, intenzitet i raspored ovih sila zavisi i od drugih faktora kao što su ivični oslonci i geometrija konstrukcije. Geometrija je drugi najvažniji faktor stabilnosti, pri čemu je neophodan uslov da forma konstrukcije uvek mora biti dvostruko zakrivljena.

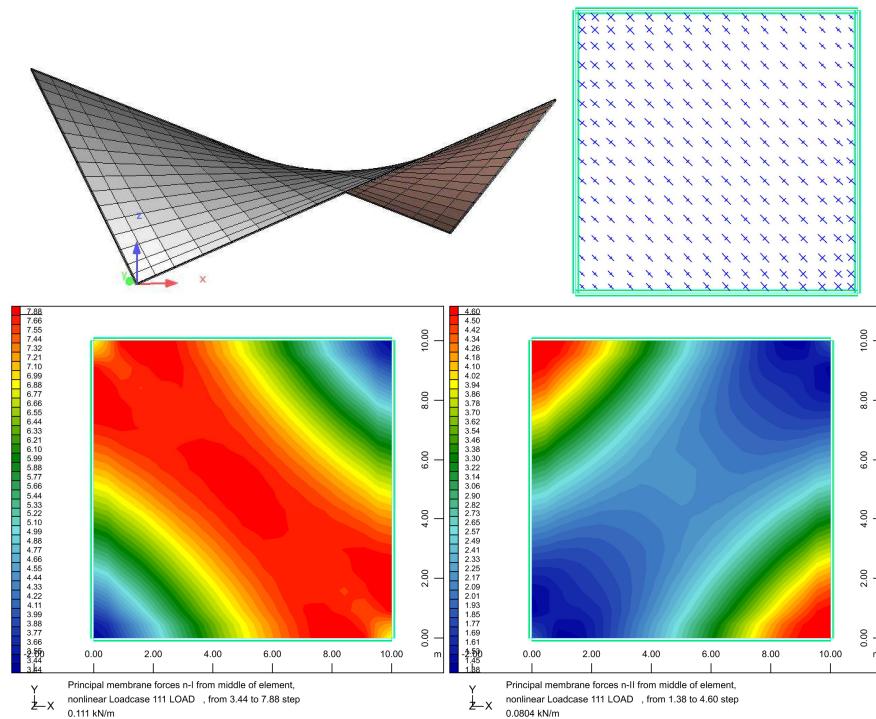
## 2. ISPITIVANJE ZAVISNOSTI

Ispitivanje zavisnosti intenziteta membranskih sile u odnosu na prednaprezanje, ivično oslanjanje i geometriju oslonaca vršeno je numeričkim eksperimentisanjem na modelima. Pored ovih postoje i drugi parametri koji utiču na membranske sile, ali su pomenuti izabrani kao najuticajniji. Kao model formirana je membranska konstrukcija dimenzija  $10 \times 10 \text{ m}$ , oblika hiperboličkog paraboloida koji nije minimalna površ [11], ali je karakterističan za ovaj tip konstrukcija [6]. Rezultati proračuna na matematičkom modelu dobijeni su rešavanjem metodom velikih deformacija u softveru Sofistik, koji koristi metod konačnih elemenata. Svi parametri modela osim prednaprezanja, ivičnog oslanjanja i geometrije oslonaca ostaju nepromenjeni, a variranjem ovih parametara dobijeni su različite vrednosti sile i ugiba koji su analizirani i diskutovani da bi se dobila saznanja o njihovom uticaju na membranske sile. Modeli

su opterećeni spoljašnjim opterećenjem od  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Glavna vlakna u materijalu se prostiru u pravcu od jednog izdignutog oslonca prema drugom, a pomoćna normalno u odnosu na glavna, odnosno od jednog nižeg oslonca prema drugom.

## 2.1. Prednaprezanje

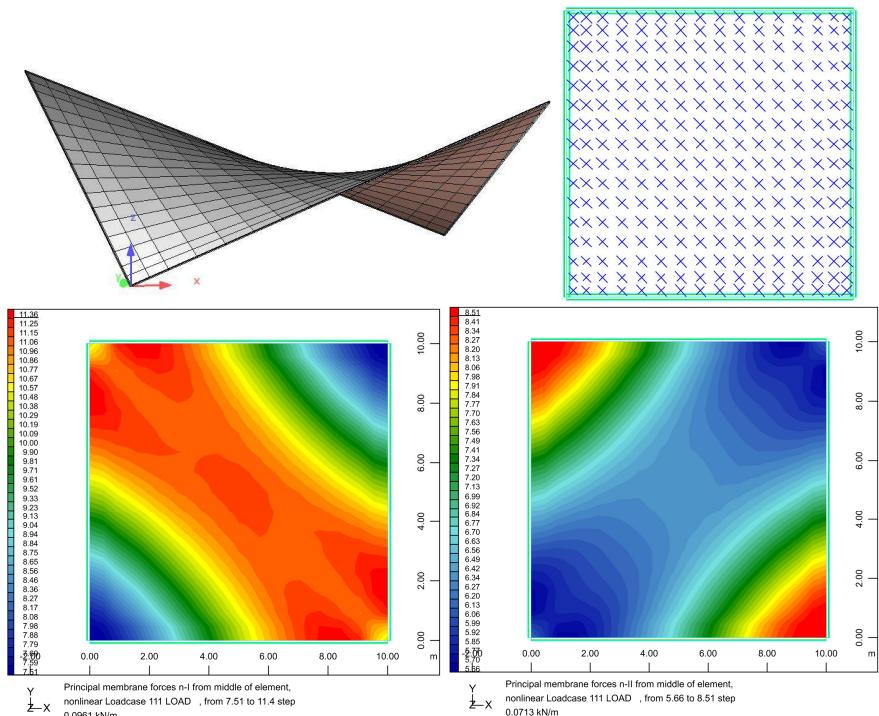
Preporučeni minimalni intenzitet prednaprezanja za PVC materijale je 1,3%, a za PTFE 2,5% od prosečne nosivosti na zatezanje u oba pravca [1]. Model 1 ima intenzitet prednaprezanja  $4 \text{ kN/m}$  u oba pravca. Ivično oslanjanje je kruto. Geometrija oslonaca je takva da su viši oslonci na koti  $4 \text{ m}$  u odnosu na niže. Izgled modela i raspored intenziteta sile pod opterećenjem prikazani su na slici 1. Sile u glavnom pravcu vlakana variraju od  $3,44 \text{ kN/m}$  do  $7,88 \text{ kN/m}$ , a u pomoćnom od  $1,38 \text{ kN/m}$  do  $4,60 \text{ kN/m}$ .



Slika 1. Model 1, pravci sile, i intenziteti u glavnom i pomoćnom pravcu

Model 2 se od modela 1 razlikuje samo po tome što su sile prednaprezanja u oba pravca povećane na  $8 \text{ kN/m}$ . Povećanjem

intenziteta prednaprezanja konstrukcija dobija na krutosti . Do promene forme konstrukcije ne dolazi jer je povećanje izvršeno proporcionalno u oba pravca [3]. Sile u glavnom pravcu sada variraju od 7,51 do 11,4 kN/m, a u pomoćnom od 5,66 do 8,51 kN/m. Kod modela 1 najveći intenzitet sile se u odnosu na sile prednaprezanja povećao za 3,9 kN/m, a kod modela 2 za 3,4 kN/m. Možemo da zaključimo da se povećanje intenziteta prednaprezanja nije pozitivno odrazilo na povećanje sila pod uticajem opterećenja, jer je povećanje maksimalnih sila približno isto, iako je prednaprezanje duplo veće. Sasvim slično se dogodilo i sa promenom minimalnih sila u konstrukciji.



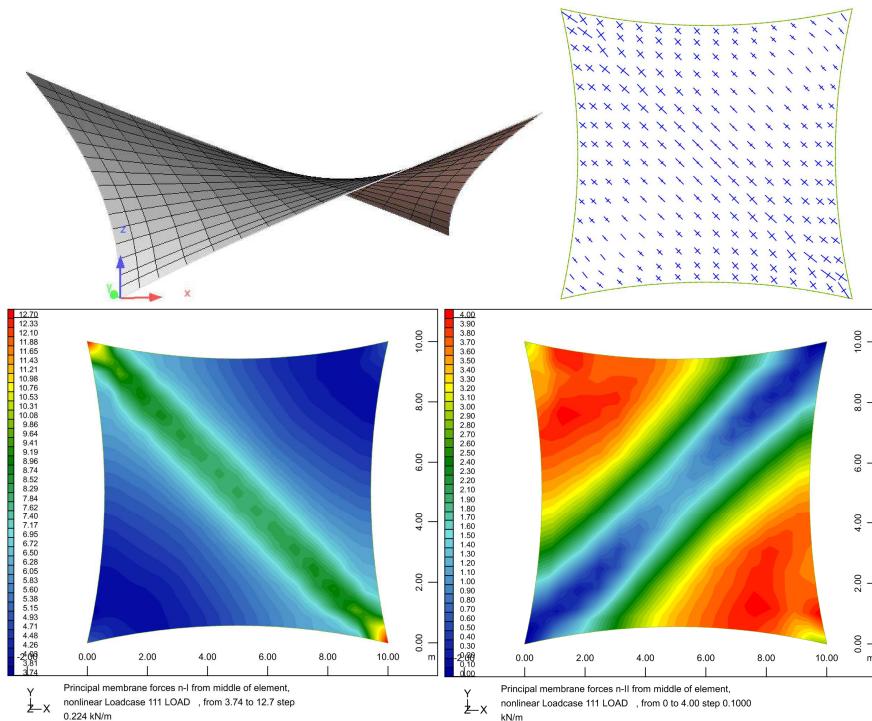
Slika 2. Model 2, pravci sile, i intenziteti u glavnom i pomoćnom pravcu

## 2.2. Ivično oslanjanje

Model 3 ima iste sile prednaprezanja kao model 1 ali mu je izmenjeno ivično oslanjanje, pa umesto linijskih nepokretnih oslonaca ima ivične kablove prednapregnute sa 100 kN. Na ovaj način se povećava elastičnost konstrukcije. Sile u glavnom pravcu variraju od

## Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova membranskih konstrukcija

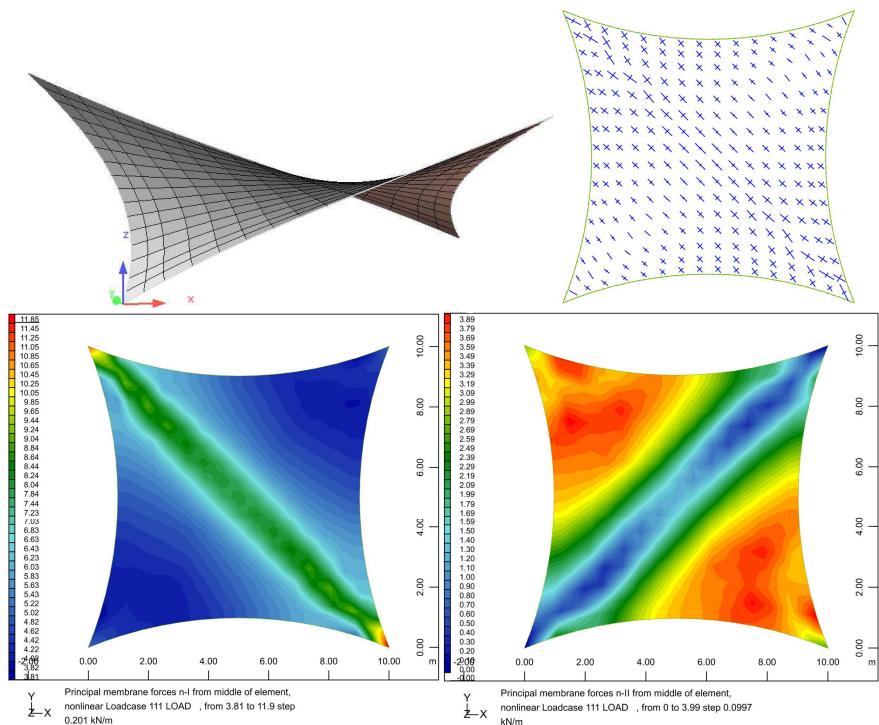
3,74 do 12,7 kN/m, a u pomoćnom od 0 do 4 kN/m. Primetna je koncentracija maksimalnih sila u uglovima na višim osloncima. Ovo teoretski jeste problem, ali se u praksi on najčešće rešava detaljima veza, tako da sam materijal platna ne prima ove sile. Uočljivo je da u pojedinim tačkama u pomoćnom pravcu zatezanje spada na 0, što je na granici dozvoljenog. Budući da se vrednost 0, odnosno gubitak prednaprezanja, javlja samo u pojedinim tačkama, a ne celim oblastima, ovo se može smatrati prihvatljivim. Činjenica da su ove tačke na samim uglovima platna, koji bi u daljem toku proizvodnje ionako bili odstranjeni i zamjenjeni metalnim vezama potkrepljuje tvrdnju da ovo nije od značaja, ali je pravilo da se ova granica ne sme prekoracići, odnosno da se ne sme javiti pritisak. Ovo bi se moglo desiti u slučaju da se poveća intenzitet spoljašnjeg opterećenja. Sa druge strane, protiv pojave pritiska u ovom konkretnom slučaju bi se moglo primeniti veće prednaprezanje u glavnom u odnosu na pomoćni pravac.



Slika 3. Model 3, pravci sila, i intenziteti u glavnom i pomoćnom pravcu

Model 4 ima sve karakteristike iste kao i model 3, osim sto je prednaprezanje ivičnih kablova smanjeno na 60 kN. Na ovaj način

konstrukcija dobija na fleksibilnosti, deformacije se povećavaju, a sile opadaju u odnosu na model 3. Sile u glavnom pravcu se kreću od 3,81 do 11,9 kN/m, a u pomoćnom od 0 do 3,99 kN/m. Razlog za smanjenje maksimalnog intenziteta sila u odnosu na model 3 nalazi se upravo u većim deformacijama, jer one dovode do veće zakrivljenosti konstrukcije. Pri ovakvim uslovima i zadatim parametrima ugibi su najveći, pa postoji mogućnost da one budu i neprihvatljivo velike. Očigledno je da se uvođenjem elastičnih ivičnih oslonaca znatno povećavaju maksimalni intenziteti sila, a minimalni se ujedno smanjuju. Razlika u promeni maksimalnih sila pod uticajem opterećenja između modela 1 i 4 je 100%.



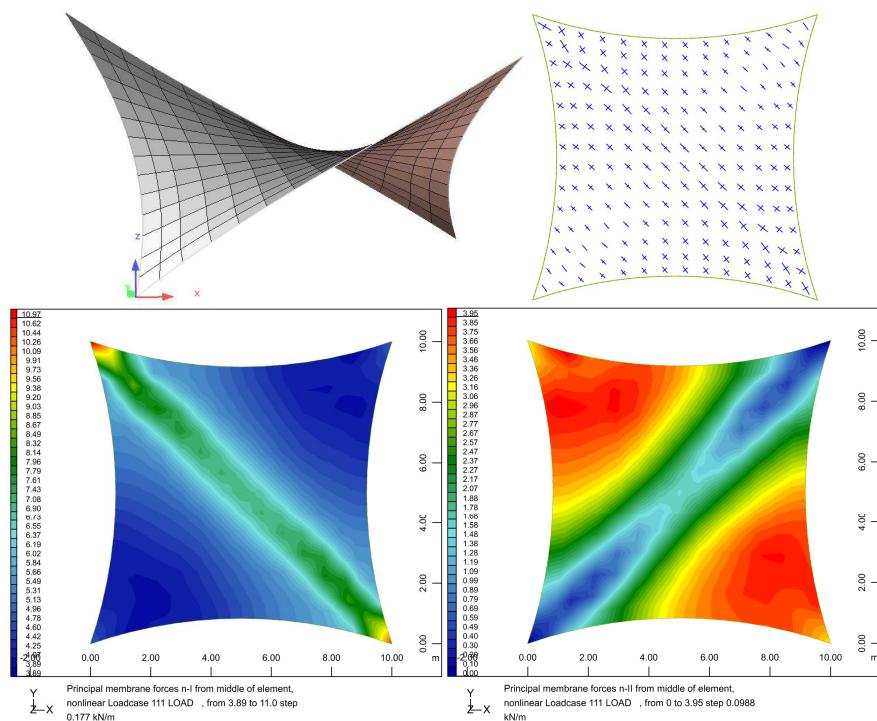
Slika 4. Model 4, pravci sile, i intenziteti u glavnom i pomoćnom pravcu

### 2.3. Geometrija – zakrivljenost

Model 5 se u odnosu na sve ostale modele razlikuje po tome što su viši oslonci podignuti za još 2 m. Korišćeni su ivični kablovi sa intenzitetom prednaprezanja od 80 kN. Prednaprezanje je 4 kN/m u oba

## Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova membranskih konstrukcija

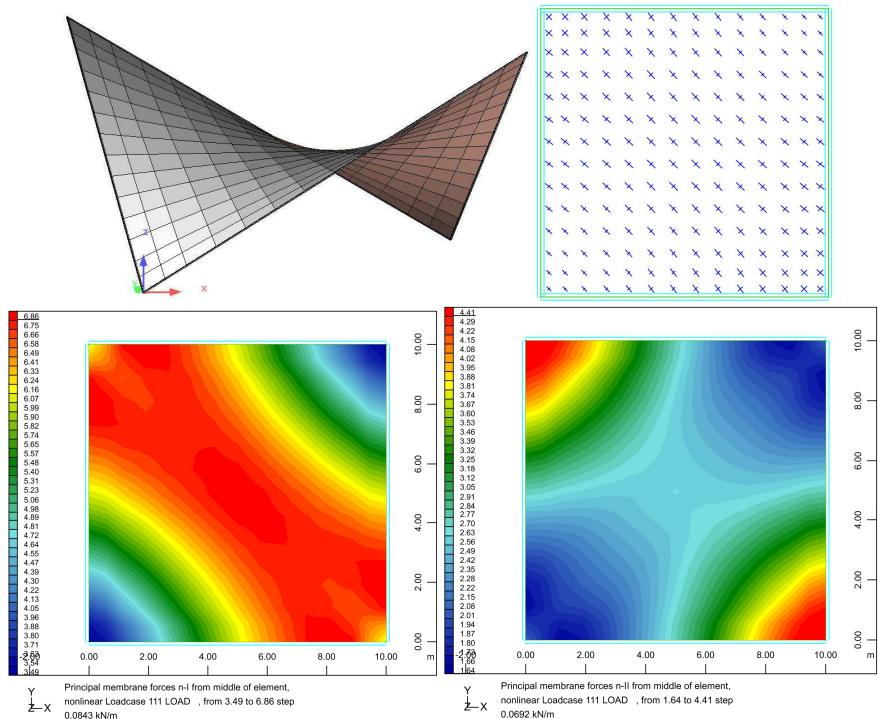
pravca. Intenzitet sile u glavnom pravcu variraju od 3,89 do 11,0 kN/m, a u pomoćnom od 0 do 3,95 kN/m. Maksimalne i minimalne sile zatezanja se i kod ovog modela grupisu u uglovima, i to maksimalne u pravcu glavnih vlakana i na višim osloncima, a minimalne u pomoćnom pravcu na nižim osloncima. Intenzitet maksimalnih sile je za oko 10% manji u odnosu na modele 4 i 5, a minimalne sile su i dalje na donjoj granici.



Slika 5. Model 5, pravci sile, i intenziteti u glavnom i pomoćnom pravcu

Model 6 je isti kao i model 5, osim što su korišćeni nepokretni oslonci umesto ivičnih kablova. Intenziteti sile u glavnom pravcu variraju od 3,49 do 6,86 kN/m, a u pomoćnom od 1,64 do 4,41 kN/m. Maksimumi i minimumi nisu tako oštro koncentrisani u uglovima kao kod modela 3, 4 i 5. Očigledno je da vrsta ivičnog oslanjanja pored intenziteta u mnogome utiče i na raspored sile. Intenziteti sile su kod ovog modela najpovoljniji, jer je povećanje od intenziteta prednaprezanja do maksimalnog intenziteta pod spoljnim opterećenjem najmanje. Minimalne sile zatezanja koje se javljaju pod zadatim opterećenjem su dovoljnog intenziteta da dozvoljavaju i povećanje spoljašnjeg opterećenja. Kod ovog modela su i ugibi konstrukcije pod spoljnim

opterećenjem najmanji u odnosu na sve ostale prikazane tipove modela [7].



Slika 6. Model 6, pravci sile, i intenziteti u glavnom i pomoćnom pravcu

Tabela 1. Pregled parametara i rezultata svih modela

	<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>	<b>Model 4</b>	<b>Model 5</b>	<b>Model 6</b>
<b>Visina oslon.</b>	0 i 4 m	0 i 4 m	0 i 4 m	0 i 4 m	0 i 6 m	0 i 6 m
<b>Ivično oslanj.</b>	Kruto	Kruto	Kablovi 100 kN	Kablovi 60 kN	Kablovi 80 kN	Kruto
<b>Predn. u oba pr.</b>	4 kN/m	8 kN/m	4 kN/m	4 kN/m	4 kN/m	4 kN/m
<b>Sile u gl. pr.</b>	3,44-7,88 kN/m	7,51-11,4 kN/m	3,74-12,7 kN/m	3,81-11,9 kN/m	3,89-11,0 kN/m	3,49-6,86 kN/m
<b>Sile u pom pr.</b>	1,38-4,60 kN/m	5,66-8,51 kN/m	0-4 kN/m	0-3,99 kN/m	0-3,95 kN/m	1,64-4,41 kN/m

### 3. DISKUSIJA

Postoje dva ograničenja koja se tiču intenziteta membranskih sila. Prvo je vezano za njihovu donju granicu i kaže da one ne smeju biti manje od nule, odnosno da ne smeju preći u sile pritiska. Drugo ograničenje odnosi se na gornju granicu i ono zavisi od tipa primjenjenog materijala i faktora sigurnosti koji se u praksi primjenjuju. Generalno, možemo reći da je bolje da maksimalne sile budu što manje, jer bi nam to omogućilo primenu materijala manje nosivosti, koji je jeftiniji.

Analizom rezultata varijacije prednaprezanja i zakrivljenosti na numeričkom modelu možemo da zaključimo da intenzitet prednaprezanja, ivično oslanjanje i forma odnosno zakrivljenost zaista utiču na intenzitet membranskih sila pod spoljašnjim opterećenjem. Upoređivanjem rezultata ispitivanja modela 1 i 2 zaključuje se da povećanje prednaprezanja malo utiče na promenu povećanja sila pod opterećenjem. Budući da je ova promena približno ista, možemo zaključiti da povećanje intenziteta prednaprezanja nema pozitivne efekte, jer se maksimalni intenzitet membranske sile pod opterećenjem povećava i približava gornjoj granici. Pozitivan efekat povećanja prednaprezanja mogao bi se ogledati u eliminaciji sila pritiska ukoliko se one javljaju pod opterećenjem. Dakle, povećanje prednaprezanja utiče na povećanje i minimalnih i maksimalnih sila, što je nepovoljno za maksimalne, a može biti povoljno za minimalne sile.

Upoređivanjem rezultata ispitivanja modela 1, 3 i 4 zaključujemo da se prelaskom sa krutog na elastično ivično oslanjanje znatno se udaljavaju ekstremi membranskih sila, odnosno maksimumi se povećavaju, a minimumi smanjuju. Takođe ovi ekstremi se grupišu na uglovima konstrukcije i zauzimaju izuzetno mali deo površine. Međutim, daljim povećanjem elastičnosti ivičnih oslonaca maksimalne sile se smanjuju zbog povećanja deformacija pod opterećenjem, a samim tim i zakrivljenosti u glavnom pravcu.

Zakrivljenost je ispitivana na modelima 1, 3, 5 i 6. Rezultati pokazuju da povećanje zakrivljenosti pozitivno utiče na ublažavanje ekstremnih intenziteta sila. Veća zakrivljenost znači da su radijusi krivine manji, odnosno da su sile manje. Ovde je u pitanju početna zakrivljenost konstrukcije u oba pravca, a ne povećanje zakrivljenosti u jednom, a smanjenje u drugom, kao nakon opterećenja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje pokazuje vezu između intenziteta prednaprezanja, ivičnog oslanjanja i zakrivljenosti konstrukcije sa intenzitetima membranskih sile i njihovim rasporedom. Svaki od ovih parametara ima drugačiji uticaj na membranske sile, pa je potrebno poznavati njihov karakter da bi se pravilno primenjivali, odnosno da bi se sile zatezanja održavale u dozvoljenim granicama pod različitim spoljašnjim opterećenjima. Ovaj rad daje prikaz pravaca rešenja problema variranjem parametara konstrukcije, i kao takav ima i praktičnu primenu. Prednaprezanje ne treba da bude nepotrebno veliko, ali mora da obezbedi da sile ostanu zatežuće. Korišćenje krutih oslonaca pruža optimalne intenzitete i raspored sile, a poželjno je da zakrivljenost bude što veća.

- [1] Brian Forster, Marijke Mollaert: *European Design Guide for Tensile Surface Structures*, TensiNet, Brussels, 2004, pp. 354
- [2] Ilić Bratislav, Terzović Jefto: *Optimizacija trodimenzionalnih dvostruko zakrivljenih amorfnih formi u arhitekturi*, Nauka + Praksa, no. 13, 2010, str. 29-32
- [3] Kostić Dragan, Milošević Vuk: *Application of the Saddle Shape Form for Covering the Stadium in Niška Banja*, TensiNet Symposium 2010, Sofia, 2010, pp. 281-290
- [4] Kostić Dragan, Milošević Vuk: *Modeliranje šatorastih sistema u zavisnosti od graničnih uslova*, Teorijska i eksperimentalna istraživanja konstrukcija i njihova primena u građevinsrstvu, Niš, 2010, knjiga 2, str. A175-185
- [5] Kostić Dragan, Milošević Vuk: *Modelovanje geometrije šatorastog krova nadstrešnice stadiona u Niškoj Banji*, Građevinarstvo – nauka i praksa, Žabljak, 2010, knjiga 1, str. 323-329
- [6] Kostić Dragan, Velimirović Nikola, Milošević Vuk: *Geometric Aspects of Elastic Structural Systems*, XVI Geometrical Seminar, Vrnjačka Banja, 2010, pp. 65-81
- [7] Milošević Vuk, Kostić Dragan: *The Problem of Large Deflections in Membrane Structures*, IV International Symposium PhIDAC 2012, Niš, 2012, pp. 388-394
- [8] Milošević Vuk, Nikolić Vojislav: *The Form-Force Relation in Membrane Structures*, 3rd International Scientific Conference moNGeometrija 2012, Novi Sad, 2012, pp. 271-278

Zavisnost membranskih sila od prednaprezanja i graničnih uslova  
membranskih konstrukcija

---

- [9] Punurai Wonsiri, Tongpool Wasan, Morales Jose Hector: *Implementation of Genetic Algorithm for Optimum Cutting Pattern Generation of Wrinkle Free Finishing Membrane Structures*, Finite Elements in Analysis and Design, Vol. 58, 2012, pp. 84-90
- [10] Valdes J.G., Miquel J., Onate E.: *Nonlinear Finite Element Analysis of Orthotropic and Prestressed Membrane Structures*, Finite Elements in Analysis and Design, Vol. 45, 2009, pp. 395-405
- [11] Velimirović Ljubica, Radovojević Gordana, Stanković Mića, Kostić Dragan: *Minimal Surfaces for Architectural Constructions*, Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, Vol. 6, No. 1, 2008, pp. 89-96
- [12] Vrećić Svetlana: *Primena tekstila u arhitekturi*, Nauka + Praksa, Vol. 12, no. 1, 2009, str. 243-246
- [13] Wu Tung-Yueh, Ting Edward: *Large Deflection Analysis of 3D Membrane Structures by a 4-node Quadrilateral Intrinsic Element*, Thin-Walled Structures, Vol. 46, 2008, pp. 261-275
- [14] Zdravković Slavko, Zlatkov Dragan, Dragana Turnić: *Elastična stabilnost konstrukcija*, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, no. 26, 2011, str. 147-153



# **RAZVOJ STAMBENIH STRUKTURA OD PRAISTORIJE DO PRETHELENSKOG PERIODA**

**Aleksandra Mirić<sup>1</sup>**  
**Goran Jovanović<sup>2</sup>**

## **Rezime**

*U ovom radu su kroz pregled osnovnih karakteristika stambenih struktura karakterističnih perioda i geografskih područja i njihovu komparativnu analizu opisane uzročno posledične veze razvoja stambene arhitekture od ranog kamenog doba do prethelenskog perioda. Posmatrana je teritorija koja obuhvata tri velika područja na kojima su se razvijala kultura i civilizacija, pa sa njima i stambena arhitektura starog veka: Mesopotamija, Egipat i južna Grčka, zapadna obala Male Azije i ostrva Egejskog mora. Narođi koji su naseljavali pomenuti prostor su, bez obzira na različitosti faktora koji utiču na strukturu domaćinstva, a samim tim i stambenog objekta, prenosom akumuliranog znanja i iskustava kroz prostor i vreme najviše uticali na oblikovanje zgrada za život zrele antike, a kroz nju srednjevekovne i savremene Evrope.*

## **Ključne reči**

*Stanovanje, kultura stanovanja, koliba, kuća, palata, stare civilizacije*

## **1. UVOD**

Poznavanje stambene arhitekture drevnih civilizacija nužan je korak ka razumevanju kontinuiteta njenog razvoja i razumevanju spleta

---

<sup>1</sup> Aleksandra Mirić, dipl.inž.arh, doktorant-istraživač l'Institut de recherche sur l'architecture antique- IRAA, Eks an Provans, Francuska

<sup>2</sup> Dr Goran Jovanović, dipl.inž.arh, docent na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu

kompleksnih okolnosti koje su uticale na formiranje savremenih stambenih struktura.

Iako je u odnosu na mogući celokupni fond graditeljskog nasledja veoma mali broj stambenih zdanja u potpunosti istražen (što povećava rizik uopštavanja i tumačenja pojedinačnih objekata „pars pro toto“) i iako su mnogi objekti tokom vremena prepravljeni-rušeni i nadzidnjivani, moguće je propratiti njihovu evoluciju kroz izrazito dugačak vremenski period. Velika geografska disperzija arheoloških ostataka drevnih kuća kod kojih se prepoznaju slični elementi arhitekture, dekoracije i funkcionalne organizacije upućuju na moguć uticaj i verovatnu razmenu iskustava i znanja prostorno udaljenih naroda.

U ovom radu će kroz pregled osnovnih karakteristika stambenih struktura karakterističnih perioda i geografskih područja i njihovu komparativnu analizu biti reči o uzročno posledičnim vezama razvoja stambene arhitekture. Osim tipološkog pristupa koji se odnosi na analizu geometrijskih odnosa osnova objekata, položaj vrata, prozora i ognjišta, pregled korišćenih materijala i tehnika gradjenja u odnosu na geografski položaj i klimatske faktore, kao i razmatranje estetskih karakteristika objekata, stambene strukture drevnih civilizacija posmatraće se i kroz prizmu kompleksnih društvenih i kulturno-istorijskih faktora.

## 2. PREGLED STAMBENIH STRUKTURA

### 2.1. Razvoj stambenih objekata od australopitekusa do prvih zemljoradnika

Medju elementima paleolitske realnosti tragovi struktura prvih staništa uticali su, uz otkriće umetnosti najranije praistorije, na kreiranje slike o čovekovim pretcima kao mislećim bićima. Pre više od 3.5 miliona godina [18], hominidi- čak i na nivou australopitekusa i homo habilis-a, u potpunosti zavisni od spoljnih faktora na koje su veoma malo mogli uticati upotrebo primitivnog oruđa i oružja, počeli su sebi tražiti zaklone i kreirati skloništa čiji je izgled bio određen dužinom trajanja boravka, aktivnostima i kompleksnošću društvenih odnosa. Upravo zbog raznolikosti uslova u kojima su prvi ljudi živeli, uzrokovanih geografskom disperzijom, kao i zbog ogromnih vremenskih distanci, nemoguće je predstaviti apsolutno preciznu globalnu linearnu evoluciju stambenih struktura, tako da se model pojednostavljuje posmatranjem osnovnih perioda preistorije.

Nasuprot ustaljenom mišljenju starijih naučnika, paleolitski čovek nije bio samo pasivni korisnik zatečenih prirodnih skloništa [15]. Prema svojim potrebama, prvi čovek, tragač za plodovima i lovac,

prinudjen da se u potrezi za hranom stalno kreće, nije u najranijem paleolitu koristio samo pećine kao zaklon, već je i modifikovao tlo mesta boravka, kopao jame ili dubio niše u stenama. Takođe, podizao je zatkline od vetra u formi nasipa ili veoma niskih zidova od zemlje, kamena ili drveta koje je prekrivao lišćem i životinjskom kožom [10]. Tokom srednjeg paleolita unapredjeni su mehanizmi zaštite od hladnoće i vlage, tako da su u podove primitivnih staništa ugradjivani obluci ili polagane grane. Na unutrašnje zidove pećina oslanjani su noseći elementi preko kojih je razapinjana životinska koža, čime se pregradjivao prostor i obezbedjivao veći topotni konfor. Osim kamena i drveta, kao gradjevinski materijal korišćene su i kosti velikoh sisara [10]. Stambenu organizaciju karakterisala je prosta funkcionalna odredjenost unutar jednostavnih graditeljskih struktura koje su često bile grupisane u primitivna sela.

U mezolitu, kao ni ranije u paleolitu i kasnije u mladjem neolitu, prvi stambeni objekti nisu imali vertikalne zidove, već se pokrivna konstrukcija izdizala konusoidno ili šatorasto odmah od tla. Objekti su najčešće bili od blata, kamena, a pokrivač od organske materije. Ovom načinu gradjenja prethodio je dug razvojni put, u mnogome uslovljen promenom klime, što je uticalo na preorientaciju prvih lovaca ka zemljoradnji i odgajanju domaćih životinja. Tako je potreba za prostorom za odlaganje hrane i smeštaj životinja uticala na usložnjavanje funkcionalne organizacije prostora [10]. Kod većine nalazišta iz ovog perioda uobičajeno je otkriće ognjišta koje se nalazi unutar šatorastih kolibastih struktura, ili u njihovoј neposrednoj blizini.

Najraniji neolit obeležava pojava prvih urbanih angloemeracija. Primitivna sela su u stvari bila grupacije funkcionalno nezavisnih stambenih struktura na jednom prostoru. Karakteristika ovih naseobina bila je kontinuitet trajanja, običaj revitalizacije starijih objekata i gradjenje na njihovim temeljima [15]. I pored toga što su u ovom periodu ovalne forme osnova objekata počele da zamenjuju četvorougaone, jednosobne ili višesobne strukture [7,10], tehnika gradjenja ostala je ista, a drvo i kamen su i dalje bili dominantni graditeljski materijali.

Zajednička karakteristika svih naselja iz bronzanog doba je tendencija ka reokupaciji naseljenih prostora, što omogućava pojednostavljanje tipologije urbanih celina na slobodnostojeće kuće sa okućnicom, zaseoke i sela [13]. Kuće iz bronzanog doba imaju složeniju organizaciju, a svedočanstva dekorativne umetnosti su sve prisutnija u ostacima stambene arhitekture ovog perioda. Osim manjeg broja manjih gradjevina okrugle osnove [13], stambeni objekti su bili četvorougaoni, većih dimenzija i pravilne geometrije. Ostaci zidova su uglavnom vertikalni, relativno malih debljina, gradjeni nad kamenim

temeljima. Na mnogim lokalitetima postoje tragovi drvenih dovratnika i elemenata enterijera, poput zidanih klupa, ognjšta i peći koje su često ornamentalno dekorisane. Značajno otkriće bila je mogućnost upotrebe glinenih pločica kao krovnog pokrivača [14]. Društveno raslojavanje, primetno i u ranijim periodima, tokom metalnog doba bilo je intenzivnije. Ostaci objekata se medju sobom razlikuju prema primjenjenoj tehnici i materijalima, oblikovanju, dimenzijama i funkcionalnoj organizaciji. U zrełom bronzanom dobu gradile su se i centralno pozicionirane gradjevine javnih funkcija koje su služile administrativnoj i privrednoj organizaciji urbanih celina, kao i verskim aktivnostima stanovnika. Ovi objekti, veći i po strukturi razvijeniji od objekata za stanovanje predstavljaju svojevrsne proto palate [7].

## 2.2. Stanovanje u Mesopotamiji

Fizička dispozicija geografski jasno definisane teritorije Mesopotamije odredila je prirodne uslove koji nisu favorizovali razvoj arhitekture zidene od kamena. Za manje objekte, zaklone i kolibe korišćene su dugačke trske, dok je arhitektura trajnijeg i monumentalnijeg karaktera bila gradjena od materijala koji je na celoj teritoriji bio dostupan-aluvijalnog mulja ravnice [12]

Najstarije graditeljske forme otkrivene na teritoriji Mesopotamije, uglavnom drvene ramovske konstrukcije sa ispunom od pletara i blata, su okrugle i svojom geometrijom i dimenzijama podsećaju na ostatke koliba srednjeg paleolita [17]. Mogućnost konstruisanja vertikalnih zidova koji se sučeljavaju pod pravim uglom predstavljalo je veliko otkriće. Sobe prvih četvorougaonih stambenih zdanja bile su jako izdužene čime se smanjivao raspon koji su drvene grede morale da premoste. Funkcionalna analiza prostorija kuća pronadjenih u Mesopotamijskom basenu ukazuje na to da su ovi objekti predstavljali bazu za boravak porodice koja se bavila poljoprivredom [17] i koja je uz prostorije za boravak formirala i ostave.

Prvi tragovi stambenih objekata unutar urbanih struktura primetni su već u 4.milenijumu p.n.e. Različite dimenzije kuća ukazuju na raslojenost društva, međutim, ono što je zajedničko za sve objekte je pojava centralnog prostora oko koga su u pravilnim nizovima bile grupisane prostorije različitih dimenzija i namena. Primarna namena centralnog prostora, osim za komunikaciju unutar zatvorenog kompleksa, bila je provetrvanje i osvetljavanje.

Nalazi kuća iz 3.milenijuma p.n.e. na teritoriji Mesopotamije su brojni. Osim centralnog prostora koji je mogao biti otvoren ili natkriven, pojava prostorije koja je znatno veća od ostalih i koja se po pravilu oslanja na centralni prostor sa strane nasuprot ulazu karakteristična je

za ovaj period. Ova soba je prema tumačenju mnogih autora bila namenjena prijemu gostiju i dnevnom boravku ukućana [17].

Prototip forme koju u istoriji arhitekture nazivamo mesopotamijskom kućom nastao je u 2.milenijumu p.n.e. U stvarnosti, ona prati logični tehnološki napredak prethodnih epoha i usvaja karakteristične elemente- centralni prostor i veliku sobu za prijem i boravak. Kuće iz Ura, gusto naseljene urbanizovane sredine u kojoj je potreba za povećanjem korisne površine zadovoljavana ekstenzijom po verikali, unose novinu- sprat do koga se stizalo stepeništem iz centralnog prostora. Komunikacija na spratovima bila je obezbedjena preko galerije koja je bila otvorena prema centralnom prostoru. Zbog postojanja tragova zanatskih aktivnosti u prizemlju može se pretpostaviti da je razlog nadogradnje objekata potreba domaćinstva da razvija komercijalne aktivnosti [4]. Bez obzira na mogućnost horizontalnog proširenja, brojne seoske kuće su takodje imale sprat. U većini slučajeva, neolitski stanovnik mesopotamskih sela je prizemlje koristio za skladištenje zaliha, dok je na spratu živeo.

Osim navedenih tipova kuća, u gradovima Mesopotamije su pronađeni i ostaci potpuno jednostavnih struktura, grupacije od 2 ili 3 sobe pravilnih četvorougaonih oblika, koje su često uz funkciju stanovanja podrazumevale i zanatske radionice [17].

### 2.3. Stanovanje u asirskoj i vavilonskoj kulturi

Stambena arhitektura asirske i vavilonske kulture izučavana je analizom otkrivenih struktura, ali i brojnih epigrafskih nalaza koji predstavljaju opise asirskih i vavilonskih gradilišta [11]. Orientacija stambenih objekata neoasirskog i neobabilonskog perioda zavisila je od geografskih i klimatskih faktora. U najvećem broju slučajeva fasada kuće bila je spoljni zid glavne prostorije, orijentisane prema jugu dvorišta i okrenute tako da prima najmanju moguću količinu svetla [5]. Iako je prethodna tvrdnja uopštenje koje je zavisilo od kulturoloških i geografskih razlika, ona je u mnogome opravdiva klimom Mesopotamije koju karakterišu surovo visoke temperature.

U Vavilonu je običaj bio da se kuće podižu na veštacki oformljenim terasama čime se savlađivao pad terena, zatravale ruševine starijih građevina i postizao psihološki efekat nadmoćnosti vlasnika objekta. Dominantni gradjevinski materijal je bila nepečena opeka [5]. Temelji su uglavnom građeni od opeke i kamena i bili su nešto širi od nadzemnog dela zida koji je po pravilu bio od opeke i blatnog maltera. Blatni malter, a u nekim oblastima i malter od gipsa, korišćeni su za malterisanje unutrašnjih zidova, kao i fasada. U naraskošnjim kućama koje su u funkcionalnoj organizaciji posedovale

glavnu prostoriju moze se primetiti da je zid preko koga se ta soba oslanjala na centralni prostor uvek nešto deblji, što se može objasniti potrebom za povećanjem termičkog konfora objekta.

Većina kuća je, kao i kod ranijih mesopotamijskih kultura imala centralnu prostoriju kvadratnog oblika koja je mogla biti nenatkrivena, na koju su se oslanjale sobe uglavnom oblika izduženog pravougaonika. Postojanje ovakve prostorije registrovano je i kod vešespratnih objekata, ona je bila viša od krovnih terasa, imala otvore na potkrovnim delovima zida i služila je osvetljavanju i ventiliranju prostorija koje su oko nje bile rasporedjene [5].

Jedinstvena ulazna vrata predstavljala su bitno odvajanje društvenog od porodičnog prostora. U neoasirskim kućama ova separacija je posebno naglašena. Retko se pasaž koji povezuje vestibul i sobu za boravak nalazio u istoj osi kao i ulaz, čime se obezbedjivala privatnost stanovnika. Takođe, svi hodnici su vratima, koja su se po pravilu otvarala prema enterijeru [5], bili odvojeni od preprostora i sobe. Kod neobabilonskih kuća se iz centralnog dvorišta ulazilo u glavnu prostoriju čiju su intimu obično obezbedjivala dvokrilna vrata. I kod asirskih, i kod vavilonskih kuća na centralni prostor, koji se prema analazi pronadjenih pokretnih nalaza ne čini zonom jasno odredjenih aktivnosti, oslanjala se glavna prostorija koja je često bila ukrašena zidnim slikama. Glavne sobe su imale prepoznatljiv položaj i morfološke karakteristike. Prostorije za kuvanje, po pravilu opremljene pećima, su obično bile u neposrednoj blizini kuće, sagradjene tako da je neometeno provetranje bilo moguće [5].

#### **2.4. Stanovanje u Persiji**

Kultura persijanaca hronološki se nadovezala na asirsku, tako da je mesopotamski način gradjenja i stanovanja, uz određene modifikacije i jasan uticaj helenske umetnosti [1], bio opšte prihvaćen. Arhiteltonska tradicija na koju su mogli da se pozovu persijski suvereni imala je 3 različita izvora, asirske palate, grad Vavilon i iranske tvrdjave iz gvozdenog doba. Zanemarivši funkcionalnu organizaciju asirskih palata koje su po pravilu bile podeljene na javni i intimni deo, persijanci su prihvatali odredjene elemente dekora oko ulaznih vrata, izražene magijske simbolike. Koncept centralnog dvorišta i izduženih prostorija koji je na nekim objektima primenjen prihvaćen je od Vavilonaca [3].

Od ukupnog graditeljskog fonda persijske kulture [18], najbolje su očuvani delovi palata. U njihovom su gradjenju, posle osvajačkih pohoda persijskih careva, učestvovali zarobljenici, što objašnjava asirske i vavilonske elemente na novosagradijenim objektima. Palate su često imale terase poput vavilonskih kuća, ali i podrume koji su bili

karakteristični za grčke gradjevine. Na pretežno planinskoj teritoriji, kao gradjevinski materijal za izradu palata korišćeno je drvo, kamen i glina. Bile su impozantnih dimezija [9] i pored odeljenja za vladare imale su i velike sale za prijem, takozvane „apadane“ sa mnogobrojnim kamenim stubovima. Poseban značaj stambene arhitekture persijanaca je u tome što su oni, za razliku od vavilonaca i asiraca koji su svodovima premošćavali raspone, koristili kamene stubove koji su nosili odozdo ravnu tavanicu od drvenih greda [9]. Ostaci persijskih palata sačuvani su tragove raskošne dekoracije. Gledjosanim opekama, čije su se mnogobrojne nijanse postizale pečenjem na različitim temperaturama, po mesopotamijskom uzoru, oblagane su fasade.

## 2.5. Stanovanje u Egiptu

Plodno tlo doline Nila na kome se razvijala egipatska kultura [9], je razlog veoma guste naseljenosti ove površine, na kojoj su stambeni objekti, bilo da su oni u okviru složenog društvenog uredjenja pripadali robovima, slobodnim gradjanim ili vladarima, kroz celu istoriju egipatske arhitekture bili gradjeni od čerpiča, nabijene zemlje i trske. Nasuprot tome što je Egipt obilovao dobrom glinom za opeku (koja je osim retkih izuzetaka korišćena nepečena, sušena na suncu) [6] i odličnim kamenom [21], od ovih materijala gradjena je samo monumentalna arhitektura.

I pored toga što je trošnost graditeljskog materijala uzrokovala propadanje stambenih objekata, iz analize ostataka temeljne zone i tumačenjem maketa i zidnih slika koje su pronadjene u grobnicama bogatih Egipćana može se zaključiti o osnovnim karakteristikama ovog tipa gradjevina. Reč je o prizemnim ili nisko spratnim objektima dominantno podužnog plana, sa ravnim prohodnim krovom. Kao i u ostalim orijentalnim civilizacijama, i u Egiptu je karakteristika funkcionalne organizacije svih stambenih objekata takva da omogućava odvojenost porodičnog života od ulice, tako da su prostorije nizane po dubini parcele, duž ose kretanja, od javnih i ceremonijalnih do onih namenjenih okupljanju ukućana i privatnih, tako da se ovi objekti u pojednostavljenoj šemi mogu predstaviti sa dva težišta. Izolacija prema eksterijeru u gusto naseljenom urbanom tkivu, u kome su pravougaone parcele bile pravilno raspoređene unutar ortogonalne šeme komunikacija, postizana je podizanjem visokih fasadnih zidova naslonjenih na ulični front, a u kvartovima u kojima su kuće imale dvorište, oko njega je podizan visoki ogradni zid. Na fasadnim zidovima kuća u nizu otvaran je mali broj prozora redukovanih dimenzija, što ne samo da je stanare štitilo od visokih temperatura, već i od pogleda radoznalih prolaznika. Ulaz u objekat je

bio veoma naglašen, nekad monumentalan [3]. Unutar objekta podvojenost haremaka postizana je grupisanjem prostorija oko unutrašnjih dvorišta u jasno definisane prostorne celine medju kojima su bile strogo kontrolisane komunikacije.

Konfor egipatskih kuća bio je podredjen potrebama zaštite od visokih temperatura. Termička zaštita se, uz redukciju broja i površine otvora postizala postavljanjem zastora i kapaka na njima, povećevanjem debljine najošunčanijih zidova i izradom debelog sloja izolacije od nabijene zemlje na nivou tla i sloja gline na nivou krova. Uvek kada je za to bilo prilike, Egipćani su dvorišne prostore i krovne terase opremali tako da ukućanima omoguće senovite kutke. Senici pod baldahinima, aleje palmi, veliki kavezi sa pticama i plitki vodenii bazeni su dvorišta bogatijih kuća činili prostorima za odmor [3].

U poznjim periodima stambene arhitekture Egipta uticaj helenske arhitekture bio je sve jači, tako da se po dimenzijama impozantne sobe za prijem definišu kao androni, ukrašenih podova i sa ložama za banket sofe. Tehničke prostorije, poput kuhinje sa pećima bile su udaljene od soba za prijem. Posebno mesto u kući zauzimalo je kupatilo, kome se, kao i u Grčkoj, poklanjalo puno pažnje [2].

## 2.6. Egejska stambena arhitektura

Plodni prostori Južne Grčke, zapadne obale Male Azije i ostrva Egejskog mora, naročito Krita, bili su pogodni za život, tako da je to treće veliko područje na kome se razvila kultura i civilizacija. Upravo zbog povoljne konfiguracije terena i prijatne klime, Krit je bio nastanjen još od rane praistorije. Iako je poznavanje kritske stambene arhitekture nekompletno, zna se da su prvi stambeni objekti, kolibe, bile kružne forme. Svi mlađi stambeni objekti su četvorougaoane osnove [20] i u temeljima i ponekad zidovima gradjeni od više vrsta kamenja [3] kojim je ovaj prostor obiloval i opeka od nepečene gline, dok je za konstruktivne elemente poput tavaničnih greda, slobodnih podupirača i serklaža u zidovima korišteno drvo.

Relativno je malo ostataka gradjanskih stanova, dok su palate vladara sačuvane u dovoljnoj meri da se, iako su tokom vremena bile dozidjivane i prepravljane, može utvrditi osnovna koncepcija u njihovom razvoju. Iako su manje, sve one imaju sličnosti sa palatama asirskih i vavilonskih kraljeva. Stanovnici Krita nisu bili ratnici, a vladari su održavali prijateljske veze sa velikim zemljama, tako da palate nisu bile utvrđenja već otvoreni objekti u kojima je vladar, osim što je u njima živeo, obavljao razne javne dužnosti. Višestruka namena ovih objekata uticala je na njihovu kompleksnu prostornu organizaciju, tako da se vladarske palate sa Krita mogu smatrati nekom vrstom

urbanističkih centara sa mnoštvom manjih ili većih odeljenja nasumično grupisanih oko više unutrašnjih dvorišta. Tamo gde su na prostrana dvorišta bile oslonjene stambene odaje gradjeni su pokriveni tremovi na stubovima i popločane staze što je omogućavalo udobnu i laku komunikaciju preko otvorenih prostora u vlažnim danima, kada je višak vode odvodjen kanalizacionim kanalima [8]. Unutrašnja dvorišta služila su indirektnom osvetljavanju prostorija i njihovom provetranjanju čime se delimično neutralisao uticaj visokih temperatura leti, a kiša zimi, ali su omogućavala i, ne toliko strogu poput one na istoku, fizičku podelu prostorija za stanovanje za žene i za muškarce. Prostорије за stanovanje obuhvatale su i čitave grupe soba za vodjenje domaćinstva, skladišta i riznice [19]. Zidovi kritskih palata bili su dekorisani kamenim pločama, reljefima i freskama.

Oko vladarskih palata gradjene su slobodnostojeće kuće bogatih građana, dok su na gusto naseljenoj periferiji podizani skromni stanovi. O izgledu ovih objekata govore ne samo arhitektonski ostaci već i pronadjene makete i glinene pločice sa predstavama stambenih zgrada. Stambeni objekti podizani su i na više spratova. Stepenište od kamena i blagi uspon obezbedjivali su udobnu vezu sa gornjim spratovima i otvorenim ravnim terasama. Ravne terase po pravilu su bile od gline nabijene preko jakih drvenih oblica. Skromnije gradjevine bile su natkrivane dvovodnim krovovima umesto ravnim terasama. Podovi u sobama su bili od nabijene zemlje ili popločani nepečenom opekom, dok su podovi u dvorištima bili od kamenih ploča, što je omogućavalo održavanje visokog stepena higijene.

Koliba okrugle i ovalne osnove je bila prvi dom stanovnika Mikene i Tirinta. Kasnije se pojavio karakteristični četvrtasti tip kuće, „megaron“ [19]. On se sastojao od jednog jedinog prostora u čijoj je sredini bilo ognjište, a dim je izlazio kroz otvor na dvovodnom krovu konstruisanim sa drvenim rožnjačama i rogovima. Ispred kuće je bio otvoreni trem koji su nosili produženi bočni zidovi i drveni stubovi [3].

Dok je u životu stanovnika Krita trgovina bila glavna delatnost, mikenski kneževi bili su u stalnim borbama, što je uticalo na to da je njihova graditeljska aktivnost bila usmerena ka zidanju utvrđenja-palata koje su i danas dobro očuvane, u kojima je živela vlastela, dok je narod naseljavao prostor van bedema i živeo u poljima, zaseocima i selima [19] u stanovima koji su sačuvani u tragovima.

Mikenska palata je, za razliku od kritske, bila prava tvrdjava u kojoj je bila smeštena celokupna uprava zemlje, podignuta na uzvišenju i opasana jakim odbranbenim zidom. Položaj palate na uzvišenju doprinosio je monumentalnosti kompleksa koja je naglašavana specifičnom skulpturalnom obradom prilaznih kapija karakteristične trapezaste geometrije. Megaron je bio bazični element

mikenskih palata. Više megarona, od kojih je u najvećem živeo kralj, od ostalih soba bilo je odvojeno predvorjem i tremom sa pogledom na dvorište, a medju sobom povezano hodnicima, tremovima i dvorištima.

Dvorišta unutar kojih su bili zidani stambeni objekti običnih stanovnika Mikene bila su opasana drvenom ili zidanom ogradom. Kod većih objekata se iz prednjeg dvorišta sa pomoćnim prostorijama dolazilo u glavno dvorište sa raskošnim vrtovima u kome su bile prostorije za stanovanje okružene tremom. Duž podužne ose objekta prostrala se odaja za muškarce sa ognjištem. U dnu parcele bila je grupa prostorija za žene sa odajama za rad. Iznad odeljenja za boravak žena ponekad je postojao sprat sa njihovim spavačim sobama. Ponekad je postojao i podrum, namenjen ostavi namirnica.

S obzirom da je u Mikeni bilo kamena i drveta u izobilju, ovi materijali korišćeni su na način koji je istovetan zidanju kritskih zdanja. Čerpič je sadržao dosta slame i bio je slabijeg kvaliteta, ali je ipak bio korišćen za mešovito zidanje sa kamenom i drvetom. Veliki broj pronadjenih objekata imao je sprat koji je po pravilu bio od drveta. Ovakve konstrukcije malterisane su blatnim, a kasnije krečnim malterom. Krovovi su obično bili dvovodni, pokriveni trskom, škriljcem, pa i metalnim pločama, ili su bili ravne terase od nabijene zemlje preko drvenih oblica [5].

### **3. UPOREDNA ANALIZA KARAKTERISTIČNIH ELEMENATA STAMBENIH OBJEKATA PRETHELENSKOG SVETA**

U dosadašnjem izlaganju fokus istraživanja stambene arhitekture hronološki i geografski razudjenog materijala bio je na sistematizaciji dosadašnjih istraživanja arheoloških ostataka objekata koji su u manjoj ili većoj meri sačuvani od nestajanja. Uporedna analiza ovih podataka moguća je samo ukoliko se uzmu u obzir uslovi nastajanja gradjevina-unutrašnji i spoljašnji faktori posmatranih perioda i područja koji su u prethodnim poglavljima ukratko pobrojani. Budući da je reč stambenoj arhitekturi koja je u potpunosti odredjena potebama njenih korisnika, neophodno je prilikom određivanja uzročno posledičnih veza i sleda njenog razvoja u obzir uzeti i karakteristike zajednica (u najširem smislu reči), koje su u objektima stanovali [16].

Ukoliko se upoređuje veličina zgrada u osnovi može se zaključiti da je usavršavanje tehnika gradjenja i bolje poznavanje graditeljskih materijala omogućilo da se tokom vremena grade ne samo postojaniji, već i prostraniji objekti. Tako je, od jednostavnih koliba proste drvene konstrukcije prekrivene životinjskom kožom i suvom vegetacijom, preko malih kuća sa zidovima od drvene

ramovske konstrukcije sa ispunom od pletara i blata i objekata od obradjenog kamena i nepečene i pečene opeke, civilizacijski napredak doveo do mešovitog načina zidanja koji je omogućio znatno povećanje korisne površine i zidanje višespratnih zdanja.

Što se tiče oblika osnove gradjevina, tokom vremena došlo je do promene oblika osnove stambenih objekata od okruglog i ovalnog ka četvrtastom. Prema mnogim autorima razlog podizanja konstrukcije nad okruglom osnovom leži u nepoznavanju tehnike premošćavanja velikih raspona i načina ukrućivanja uglova. Takodje kod okruglih objekata su jedine odluke koje je graditelj morao doneti bile prostorna dispozicija ulaza (u zavisnosti od pravaca duvanja dominantnih vetrova) i ugao prekrivanja krova, što je u mnogome uprošćavalo proces izgradnje. Ovakav koncept odgovarao je paleolitskom lovci-tragaču za koga je koliba predstavljala zaklon, centar okupljanja, ali ne i prostor za vršenje bilo kakve proizvodjačke delatnosti. Za razliku od formi nad okruglom osnovom kod kojih je korisna površina povećavana grupisanjem više pojedinačnih objekata i njihovim povezivanjem nadkrivenim pasažima, kod četvrtastih oblika bilo je dovoljno multiplicirati paralelopipede koji dele zajednički zid, čime se stvorila mogućnost jednostavnog gradjenja višesobnih objekata.

Veći broj soba unutar stambenih zgrada omogućavao je definisanje njihove funkcionalne namene, tako da je sa tog aspekta moguće primetiti usložnjavanje strukture objekata za život od prvih koliba do palata drevnih civilizacija kompleksne prostorne organizacije. Kod jednosobnih ili dvosobnih gradjevina sobe su multifunkcionalne, dok je sa porastom broja prostorija unutar istog objekta moguće izbeći ili na najmanju meru svesti preklapanje zona različitih životnih aktivnosti. Takodje, analizom brojnih primera objekata koji su pomenuti u prethodnom poglavljima može se zaključiti da je kod višesobnih kuća, bez obzira na njihovu površinu, jedna prostorija uvek bila veća.

Raspored soba je takodje bio uslovljen navikama koji su zavisile od društvenih odnosa. Kod prvih višesobnih objekata raspored je bio linijski u odnosu na ulaz, iz jedne sobe se ulazio u drugu, odnosno jedan je put vodio do porodičnih prostorija. Ovakvi objekti omogućavali su vizuelnu komunikaciju izmedju javnog i privatnog prostora, i prostorija medju sobom unutar privatnog prostora jer su otvori vrata bili u istoj osi. Radijalni raspored prostorija u koje se ulazi iz zajedničkog neutralnog predprostora, bilo da je u pitanju dvorište ili hodnik, omogućio je zadovoljavanje potrebe za diferenciranjem hijerarhijskog značaja različitih prostorija i različitog nivoa privatnosti. Kod radijalnog rasporeda soba položaj ulaza bio je takav da nije dozvoljavao neverbalni dijalog izmedju odvojenih celina, a obezbedjivao kontrolu mogućih kontakata sa spoljnim svetom. Ova

činjenica posebno je bila bitna u kulturama kod kojih je stambeni objekat imao odvojenaodeljenja za žene i muškarce, kao i u sredinama u kojima je bilo neophodno povećati stepen sigurostii članova. U poslednjem slučaju, bilo da su u pitanju palate ili kuće običnih gradjana retko se pasaž koji povezuje vestibul i sobu za boravak nalazio u istoj osi kao i ulaz u zgradu.

S obzirom da je najveći broj objekata kamenog doba pronadjen u negativu-otiscima konstruktivnih elemenata u tlu, a iz kasnijih perioda retki su objekti čiji su ostaci viši od temeljnih zidova, ili tragova zidova prizemlja, podovi su ti na osnovu kojih se može zaključivati o nameni prostorija i njihovom značaju u hijerarhiji stambenih struktura. S obzirom da su objekti rane praistorije uglavnom jednosobni, pod je jedinstveno obradjivan, sa izuzetkom ognjišta koje je najčešće bilo centralno pozicionirano. Kod mlađih struktura razlikuje se obrada podova, oni su u prostorijama za rad i prozvodnju, kuhinjama, radionicama, kao i površinama koje nisu natkrivene, vodonepropusni. Težnja za fizičkom diferencijacijom prostora ogleda se i u nivou dekorisanosti podova, načinu polaganja podnih ploča koji kod mnogih stambenih objekata drevnih civilizacija izlazi iz okvira nužno funkcionalnog i postaje dekorativan.

Iz najranije praistorije, uključujući i pećinsko stanovanje, potiču dokazi da je prvi čovek kao misleće biće osećao potrebu da se iskaže kroz vizuelne predstave svojih emocija. Crteži i plitke gravure geometrijskih i figuralnih motiva bili su prvi elementi dekoracije stambenih struktura. Kada su u pitanju mlađi periodi istorije, iz analize malog broja očuvanih objekata može se zaključiti da su u skladu sa nivoom dekorisanosti podova bili dekorisani i zidovi. Raskošne zidne obloge, freske i zidni mozaici, koje su pronadjene u pojedinim prostorijama govore o njihovom značaju i poruci koju je vlasnik htio da pošalje posetiocima svog doma.

Kod većine pronadjenih objekata jedinstvena ulazna vrata predstavljala su bitnu separaciju društvenog od porodičnog prostora, vrata kuće su poput vrata grada [16] označavala mesto prelaska iz javnog u privatni život. Sa razvojem sveta sve više pažnje posvećivano je naglašavanju ulaza jer je on bio jedno od sredstava informisanja okoline o statusu vlasnika objekata, njegovim idejama i verovanjima, ideološkoj i etničkoj pripadnosti. Dok je u objektima rane praistorije bio nenaglašen, tokom vremena različite civilizacije pristupile su sa mnogo pažnje dekorativnoj obradi arhitektonskih elemenata ulaza. U skladu sa društvenim prilikama menjala se njegova pozicija u odnosu na glavni korpus zgrade, tako da su od skoro isključivo centralnog položaja tokom kamenog doba, u mlađim periodima gradjeni objekti kod kojih je ulaz bio van ose simetrije, pozicioniran prema spoljnim uglovima kuća.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Od prvih australopitekusa do prethelenskog perioda, bez obzira na raznolikost uslova života, ljudi su težili podeli mesta boravka i udruživanju u grupe koje su funkcionalne kao socijalne i ekonomske celine. Ova domaćinstva, bez obzira na njihovu formu (odredjenu pravilima funkcionisanja porodice, izvorima prihoda, osnovnim delatnostima i sl.) naseljavala su objekte koji su tokom vremena u skladu sa potrebama i mogućnostima u okviru stanja trenutnog tehnološkog razvoja menjala svoju arhitektonsku strukturu. Civilizacijski napredak je u geografski različitim uslovima tokom vremena doneo sve veću raznolikost tipova stambene arhitekture koja je u svim svojim karakteristikama bila prilagodljena specifičnim potrebama korisnika koji su određeno područje naseljavali.

Bolje poznavanje tehnika gradjenja i graditeljskih materijala, kao i potreba jasne diferencijacije zona aktivnosti, hijerarhijskog strukturisanja prostora po značaju i zadovoljavanja sve veće potrebe za privatnošću dovela je do toga da, tokom vremena, stambeni objekti postaju prostraniji i višesobni. Unutar ovakvih objekata primetan je različiti odnos prema mogućnostima neverbalne komunikacije između prostorija koje su ostvarivane linearnim ili radikalnim rasporedom, kao i različitim odnosom prema dispoziciji otvora. Tokom kasnijih istorijskih perioda ljudi su težili sve većem odvajajući privatnog života od očiju javnosti, kao i oblikovanju svojih domova na način takav da se omogući distinkcija različitih delova prema polu korisnika. Društvena pravila i običaji su, uz karakteristike terena na kojima je gradjeno, uticali i na dispoziciju stambenih objekata u odnosu na spoljnju sredinu, tako da su na različitim geografskim područjima tokom posmatranih perioda favorizovane arhitektonске strukture koje otvorenim dvorištima omogućavaju komuniciraju sa okolinom, ili zatvorena dvorišta koja poput utvrđenja štite porodicu od kontakata sa okolinom.

Razvoj kompleksnih društvenih odnosa uticao je i na arhitektonsko oblikovanje enterijera i eksterijera stambenih objekata koji su s vremenom postali jedan od medijuma komunikacije vlasnika i članova domaćinstva sa okolinom. Način dekoracije fasada i soba namenjenih prijemu bio je podređen simbolici koja je odražavala ideje, verovanja i ideale porodica.

Sa razvojem sveta i sve strožim društvenim pravilima koje je civilizacijski razvoj doneo i elementi fizičke i simboličke povezanosti stambenih struktura sa spoljnim svetom bile su sve kompleksnije. Zrela antika, osim što je, zarad jasnog odvajanja privatne od javne funkcije

gradjevina donela prve društvene objekte kao poseban tip arhitekture, postavila je i temelje razvoju konfora življenja unutar stambenih zgrada za buduće periode, o čemu će biti reči nekom drugom prilikom.

## 5. LITERATURA

- [1] Babelon, E., *Manuel d archeologie orientale*, Paris 1888
- [2] Ballet, P., *La vie quotidienne a Alexandrie 331-30 avant J.C.*, Paris, 1999
- [3] Benoit, A., *Art et Archeologie: Les civilisations, du Proche-Orient ancien*, manuelle de l ecole du Louvre, 2003
- [4] Benoit, F., *L Architecture Antiquite, Manuels d histoire de l art*, Paris, 1911
- [5] Castel, C., *Habitat urbain neo assyrien et neo babylonien (de l espace bati a l espace vecu)*, Paris, 1992. Tome 1
- [6] Choisy, A., *L art de batir chez les egyptiens*, Paris, 1904.
- [7] Chourmouziadis, Ch., *Built space and Neolithic Builders*, pg. 41. u „A history of the Greek City, BAR International Series 2050, Oxford, 2009
- [8] Gerasimovska, D., *Antički kukji vo Makedonija*, Skopje, 1996
- [9] Deroko, A., *Arhitektura starog sveta*, Beograd, 1962
- [10] Desbrosse R., Kozłowski, J., *Les habitats prehistoriques des australopithecines aux premiers agriculteurs*, 2001
- [11] Ellis, R. S., *Fondation deposits in ancien Mesopotamia*, London, 1968, op.cit., p.17-18 i p.185
- [12] Frankfort, H., *The Art and Architecture of the Ancient Orient*, London 1956
- [13] Harding, A. F., *European societies in the bronze age*, Cambridge, 2000
- [14] Konsola, D. N., *Early urbanisation in Mainland Greece*, u „A history of the Greek City, BAR International Series 2050, Oxford, 2009
- [15] Kotsakis, K., *The neolithic settlement- Space of Production and Ideology*, u editor A. Ph. Lagopoulos, „A history of the Greek City, BAR International Series 2050, Oxford, 2009
- [16] Leng, F., *Structural Changes in Archaic Greek World*, u Bradley, A. Ault and Lisa, C. Navett, *Ancient House and Households*, Philadelphia, 2005
- [17] Margueron, J.-C., *Les Mesopotamiens, le cadre de vie et de pensee*, Vol.2, Paris, 1991
- [18] Milić, B., *Razvoj grada kroz stoljeća*, Zagreb, 1990
- [19] Nestorović, B. N., *Arhitektura starog veka*, Beograd
- [20] Rider, B. C., *Ancient Greek Houses*, Chicago, 1964
- [21] Ziegler, C., Bovot, J.-L., *Art et archeologie, l Egypte ancienne*, Manuels de l ecole du Louvre, Paris, 2001

# **ANALIZA UTICAJA DEFORMACIJE SMICANJA NA SAVIJANJE KRUŽNIH I PRSTENASTIH PLOČA**

**Biljana Mladenović<sup>1</sup>**

**Slavko Zdravković<sup>2</sup>**

**Dragan Zlatkov<sup>3</sup>**

**Predrag Petronijević<sup>4</sup>**

**Dragana Turnić<sup>5</sup>**

## **Rezime**

*Zanemarivanje deformacije smicanja, tj. klizanja u ravnima upravno na ravan ploče, pri proračunu transverzalno opterećenih ploča veće debljine dovodi do rezultata koji odstupaju od stvarnog ponašanja ploče, posebno u slučajevima ploča opterećenih velikim koncentrisanim silama, u zonama ploče blizu konture i oko otvora ako njegov prečnik nije veliki u poređenju sa debljinom ploče. Da bi se utvrdilo koliko je to odstupanje kod kružnih i prstenastih izotropnih ploča, sproveden je proračun prema Mindlin-ovoј teoriji savijanja ploča koja uzima u obzir uticaj deformacije smicanja, i rezultati upoređeni sa odgovarajućim vrednostima dobijenim prema klasičnoj Kirchhoff-ovoј teoriji savijanja tankih ploča koja taj uticaj zanemaruje. U radu su date osnovne jednačine Mindlin-ove teorije u polarnom koordinatnom sistemu, kao i njihova rešenja u funkciji rešenja Kirchhoff-ove teorije. Na numeričkim primerima je određena procentualna razlika ugiba razmatranih ploča sračunatih prema ove dve teorije, na osnovu čega je izveden zaključak o značaju uzimanja u obzir uticaja deformacije smicanja pri proračunu.*

**Ključne reči:** teorija savijanja ploča, Mindlin, Kirchhoff, polарне координате, savijanje, smicanje, ugib.

---

<sup>1</sup> Mr, dipl.inž.građ, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>2</sup> Dr, dipl.inž.građ, Ekspert Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>3</sup> Mr, dipl.inž.građ, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

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

<sup>5</sup> Dipl.inž.građ, student doktorskih studija, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

## 1. UVOD

Stanje napona i deformacija u izotropnoj ploči izloženoj savijanju u elastičnoj oblasti ponašanja materijala zavisi, između ostalog, od odnosa njene debljine prema ostalim dimenzijama. U zavisnosti od tog odnosa u proračun se mogu uvesti pretpostavke, koje više ili manje odgovaraju stvarnom ponašanju ploče, kako bi se pojednostavilo rešavanje problema. Pretpostavke se odnose na deformaciju poprečnog preseka i normalni napon za ravni paralelne srednjoj ravni. Na osnovu uvedenih pretpostavki teorije savijanja ploča se mogu klasifikovati u dve grupe: klasična Kirchhoff-ova teorija, kod koje je zanemaren uticaj poprečne deformacije smicanja, i teorije savijanja sa uticajem deformacije smicanja [1].

Teorije savijanja sa uticajem deformacije smicanja najčešće koriste polinome za prikazivanje komponenti pomeranja po visini poprečnog preseka, a u zavisnosti od stepena tih polinoma razlikuju se teorije prvog i višeg reda. Teorije prvog reda proširuju kinematiku klasične teorije uključujući ukupnu deformaciju poprečnog smicanja u svoje kinematičke pretpostavke, t.j. pretpostavlja se konstantna deformacija smicanja po visini poprečnog preseka. Takve su Mindlin-ova i Reissner-ova teorija savijanja ploča. Teorije savijanja ploča višeg reda koriste polinome višeg reda za prikazivanje komponenti pomeranja po visini poprečnog preseka, čime uzimaju u obzir krivljenje poprečnog preseka, ali uvode dopunske nepoznate veličine čije je fizičko značenje često teško objasniti. Jednu od teorija savijanja ploča trećeg reda predložio je Reddy [2].

U zavisnosti od uvedenih pretpostavki, teorije savijanja ploča opisuju problem jednom ili sa više parcijalnih diferencijalnih jednačina različitog reda. U literaturi postoji i podela teorija ploča saglasno redu tih parcijalnih diferencijalnih jednačina. Tako je, na primer, Kirchhoff-ova teorija četvrtog reda, a Reissner-ova i Mindlin-ova su teorije šestog reda.

Imajući u vidu različite teorije koje uzimaju u obzir deformaciju smicanja, teorije prvog reda savijanja ploča su jednostavnije i sa manjim troškovima proračuna a daju dovoljno tačan opis globalnog odgovora (na primer ugibe, kritična opterećenja i sopstvene frekvence) za tanke do umereno debele ploče. Teorije trećeg reda malo povećavaju tačnost u odnosu na rešenje po teoriji prvog reda na račun znatnog povećanja napora u toku proračuna [3]. S toga je za analizu uticaja deformacije smicanja kod kružnih i prstenastih izotropnih ploča u ovom radu korišćena Mindlin-ova teorija.

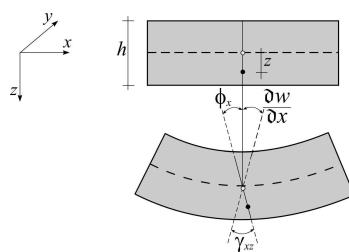
U radu su date osnovne jednačine Mindlin-ove teorije u polarnom koordinatnom sistemu, i prikazano izvođenje rešenja tih

jednačina u funkciji rešenja Kirchhoff-ove teorije [2]. Pomoću izvedenih izraza je izračunat maksimalni ugib za statički određene kružne i prstenaste ploče opterećene ravnomernim transverzalnim opterećenjem po površini ploče. Na numeričkim primerima je određena procentualna razlika ugiba, sračunatog prema Mindlin-ovoj i Kirchhoff-ovojoj teoriji savijanja ploča, i izведен zaključak o značaju uzimanja u obzir uticaja deformacije smicanja pri proračunu [3].

## 2. OSNOVNE PREPOSTAVKE I JEDNAČINE MINDLINOVE TEORIJE SAVIJANJA PLOČA U POLARNOM KOORDINATNOM SISTEMU

Mindlinova teoriju savijanja ploča uzima u obzir uticaj deformacije smicanja pri savijanju ploča [4]. Izvedena je polazeći od sledećih prepostavki:

- linjski element ploče koji je pre deformacije bio upravan na srednju ravan ploče ostaje i posle deformacije ravan i nepromenjene dužine, ali ne i obavezno upravan na deformisani srednji ravan ploče;
- prilikom deformacije se ne menja dužina, kao ni ugao između linjskih elemenata srednje ravni;
- napon  $\sigma_z$  smatra se malim u odnosu na ostale komponentalne napone i može se zanemariti.



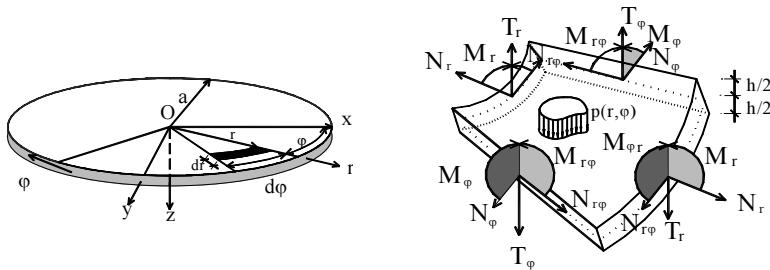
Slika 1. Prepostavljena deformacija poprečnog preseka u Mindlinovoj teoriji savijanja ploča

Prepostavlja se da su komponente pomeranja  $u$  i  $v$  proporcionalne u odnosu na  $z$ , a ugib  $w$  ne zavisi od  $z$ :

$$\begin{aligned} u &= z \phi_x(x, y) \\ v &= z \phi_y(x, y) \\ w &= W(x, y) \end{aligned} \tag{1}$$

Sa  $\phi_x$  i  $\phi_y$  su označena obrtanja poprečnih preseka oko  $y$  i  $x$  ose respektivno, a  $W(x,y)$  je funkcija ugiba nezavisna od  $z$ . Dakle, klizanje po visini poprečnog preseka je konstantno, tako da presek i posle deformacije ostaje ravan, bez krivljenja, Sl.1.

Za analizu savijanja kružnih i prstenastih ploča pogodno je formulisati problem u polarnom koordinatnom sistemu prikazanom na Sl. 2. Koordinata  $r$  uzima se radijalno od centra ploče,  $\varphi$  koordinata je u tangencijalnom pravcu a  $z$  je koordinata upravna na ravan ploče. U opštem slučaju, za proizvoljno transverzalno opterećenje i granične uslove, pomeranja ( $u, v, w$ ) su funkcije promenljivih  $r, \varphi$  i  $z$ .



Slika 2. Kružna ploča u polarnom koordinatnom sistemu (levo); sile u presecima kružne ploče napregnute na savijanje (desno).

U slučaju opterećenja i graničnih uslova koji ne zavise od koordinate  $\varphi$ , t.j. rotacionosimetričnog opterećenja, pomeranje  $v$  je identički jednako nuli a  $u$  i  $w$  su funkcije samo koordinata  $r$  i  $z$ , tj.  $u = z \phi_r(r)$  i  $w = W(r)$ .

Za rotacionosimetrično savijanje, pri konstantnim materijalnim i geometrijskim karakteristikama izrazi za presečne sile prema Mindlin-ovoј teoriji su [4]:

$$\begin{aligned} M_r^M &= D \left( \frac{d\phi_r^M}{dr} + \frac{v}{r} \phi_r^M \right), \quad M_\varphi^M = D \left( v \frac{d\phi_r^M}{dr} + \frac{1}{r} \phi_r^M \right), \\ T_r^M &= K_s G h \left( \phi_r^M + \frac{dw^M}{dr} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

i jednačine ravnoteže:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dr} (r T_r^M) &= -rq, \\ r T_r^M &= \frac{d}{dr} (r M_r^M) - M_\varphi^M. \end{aligned} \quad (3)$$

### 3. VEZE JEDNAČINA MINDLIN-OVE I KIRCHHOFF-OVE TEORIJE ZA KRUŽNE I PRSTENASTE PLOČE

#### 3.1. Izvođenje izraza za sile u presecima i ugib ploče

Izrazi za presečne sile u polarnom koordinatnom sistemu prema Kirchhoff-ovoj teoriji su [5]:

$$\begin{aligned} M_r^K &= -D \left( \frac{d^2 W^K}{dr^2} + \frac{\nu}{r} \frac{dW^K}{dr} \right), \quad M_\phi^K = -D \left( \nu \frac{d^2 W^K}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dW^K}{dr} \right), \\ T_r^K &= -D \left( \frac{d^3 W}{dr^3} + \frac{1}{r} \frac{d^2 W}{dr^2} - \frac{1}{r^2} \frac{dW}{dr} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

a jednačine ravnoteže su:

$$\frac{d}{dr} (r T_r^K) = -rq, \quad r T_r^K = \frac{d}{dr} (r M_r^K) - M_\phi^K. \quad (5)$$

Diferencijalna jednačina je dobro poznata,

$$\frac{d^4 W^K}{dr^4} + \frac{2}{r} \frac{d^3 W^K}{dr^3} - \frac{1}{r^2} \frac{d^2 W^K}{dr^2} + \frac{1}{r^3} \frac{dW^K}{dr} = \frac{Z(r)}{D}, \quad (6)$$

a njen rešenje za jednakopodeljeno opterećenje po površini ploče je funkcija ugiba u obliku:

$$W^K = \frac{pa^4}{64D} (\rho^4 + C_1 + C_2 \rho^2 + C_3 \ln \rho + C_4 \rho^2 \ln \rho), \quad (7)$$

gde je  $\rho = \frac{r}{a}$ .

Izrazi za sile u presecima  $M_r^K$ ,  $M_\phi^K$  i  $T_r^K$  se dobijaju kada se odgovarajući izvodi funkcije (7) unesu u izraze (4).

Izrazi za presečne sile i ugib u Mindlin-ovoj teoriji mogu se izvesti u funkciji od istih veličina u Kirchhoff-ovoj teoriji [2], što je prikazano u nastavku. Veza je uspostavljena preko jednakosti opterećenja.

Uvodi se nova veličina  $M$ , zbir momenata

$$M = \frac{M_r + M_\phi}{1 + \nu}. \quad (8)$$

Pomoću jednačina (4) i (5) može se pokazati da je

$$M^K = -D \left( \frac{d^2 W^K}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dW^K}{dr} \right) = -D \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dW^K}{dr} \right) \quad (9)$$

$$i \quad \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dM^K}{dr} \right) = -q . \quad (10)$$

Sledeća jednakost se može izvesti na osnovu definicije (8) i jednačina (5):

$$r \frac{dM^K}{dr} = \frac{d}{dr} \left( r M_r^K \right) - M_\phi^K = r T_r^K . \quad (11)$$

Slično se može dobiti:

$$M^M = D \left( \frac{d\phi_r^M}{dr} + \frac{1}{r} \phi_r^M \right) = D \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \phi_r^M \right), \quad (12)$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dM^M}{dr} \right) = -q , \quad (13)$$

$$r \frac{dM^M}{dr} = \frac{d}{dr} \left( r M_r^M \right) - M_\phi^M = r T_r^M . \quad (14)$$

Iz jednačina (5) i (3) sledi:

$$r T_r^M = r T_r^K + C_1 , \quad (15)$$

dok je iz jednačina (11), (14) i (15)

$$r \frac{dM^M}{dr} = r \frac{dM^K}{dr} + C_1 \quad (16)$$

$$\text{ili } M^M = M^K + C_1 \log r + C_2 , \quad (17)$$

gde su  $C_1$  i  $C_2$  konstante integracije.

Zatim se iz jednačina (11), (14) i (17) dobija

$$\phi_r^M = - \frac{dW^K}{dr} + \frac{C_1 r}{4D} (2 \log r - 1) + \frac{C_2 r}{2D} + \frac{C_3}{rD} . \quad (18)$$

Pomoću jednačina (4), (2) i (18) mogu se dobiti veze:

$$M_r^M = M_r^K + C_1 \left( \frac{1+v}{2} \log r + \frac{1-v}{4} \right) + C_2 \frac{1+v}{2} - C_3 \frac{1-v}{r^2} , \quad (19)$$

$$M_\phi^M = M_\phi^K + C_1 \left( \frac{1+v}{2} \log r - \frac{1-v}{4} \right) + C_2 \frac{1+v}{2} + C_3 \frac{1-v}{r^2} . \quad (20)$$

Najzad, iz jednačina (2), (17) i (18) sledi da je

$$\frac{dW^M}{dr} = -\phi_r^M + \frac{1}{K_s Gh} \left( T_r^K + \frac{C_1}{r} \right), \quad (21)$$

i imajući u vidu da je  $T_r^K = \frac{dM^K}{dr}$  dobija se funkcija ugiba u obliku

$$W^M = W^K + \frac{M^K}{K_s Gh} + \frac{C_1 r^2}{4D} (1 - \log r) + \frac{C_1}{K_s Gh} \log r - \frac{C_2 r^2}{4D} - \frac{C_3 \log r}{D} + \frac{C_4}{D} \quad (22)$$

Integralne konstante se određuju iz graničnih uslova.

### 3.2. Određivanje integracionih konstanti

Slede granični uslovi za različite uslove oslanjanja.

Za slobodnu konturu treba da je:

$$rT_r^M = rT_r^K = 0, \quad rM_r^M = rM_r^K = 0; \quad (23)$$

za slobodno oslonjenu:

$$W^M = W^K = 0, \quad rM_r^M = rM_r^K = 0; \quad (24)$$

i za uklještenu konturu:

$$W^M = W^K = 0, \quad \phi_r^M = \frac{dW^K}{dr} = 0. \quad (25)$$

Za punu kružnu ploču treba da je u centru ploče, za  $r=0$ , usled simetrije

$$\phi_r^M = \frac{dW^K}{dr} = 0, \quad (26)$$

a direktno iz jednačine (15) za  $r=0$  sledi da je  $C_1 = 0$ .

Na osnovu graničnih uslova (23) do (26), pomoću jednačina (15), (18), (19), (20) i (22), mogu se odrediti vrednosti integracionih konstanti za različite tipove kružnih i prstenastih rotacionosimetričnih ploča [3].

Zadaci određivanja presečnih sila i deformacije kružnih i prstenastih rotacionosimetričnih ploča mogu se podeliti na statički određene i neodređene.

Statički određeni su sledeći tipovi ploča:

- puna kružna ploča slobodno oslonjena duž konture,
- puna kružna ploča uklještena duž konture,

- prstenasta ploča sa jednom slobodno oslonjenom i drugom slobodnom konturom,
- prstenasta ploča sa jednom uklještenom i drugom slobodnom konturom.

Za sve statički određene probleme kružnih i prstenastih ploča integracione konstante imaju isti oblik:

$$C_1 = C_2 = C_3 = 0 \text{ i } C_4 = -\frac{D\bar{M}^K}{kGh}. \quad (27)$$

$$\text{gde je } \bar{M}^K = -D \left( \frac{d^2 W^K}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dW^K}{dr} \right)_{r=R} \quad (28)$$

vrednost Marcus-ovog momenta na konturi na kojoj je ugib  $W$  jednak nuli, t.j.  $R$  može imati vrednost  $a$  (spoljašnji poluprečnik ploče) ili  $b$  (unutrašnji poluprečnik ploče).

Statički neodređeni su sledeći tipovi prstenastih ploča:

- prstenasta ploča sa slobodno oslonjenim konturama, unutrašnjom i spoljašnjom;
- prstenasta ploča sa uklještenim konturama, unutrašnjom i spoljašnjom;
- prstenasta ploča sa jednom uklještenom i drugom slobodnom konturom.

Za ova tri tipa statički neodređenih problema prstenastih ploča, sa unutrašnjom konturom ( $r=b$ ) i spoljašnjom ( $r=a$ ), određene su vrednosti integracionih konstanti iz navedenih graničnih uslova, i date u [3].

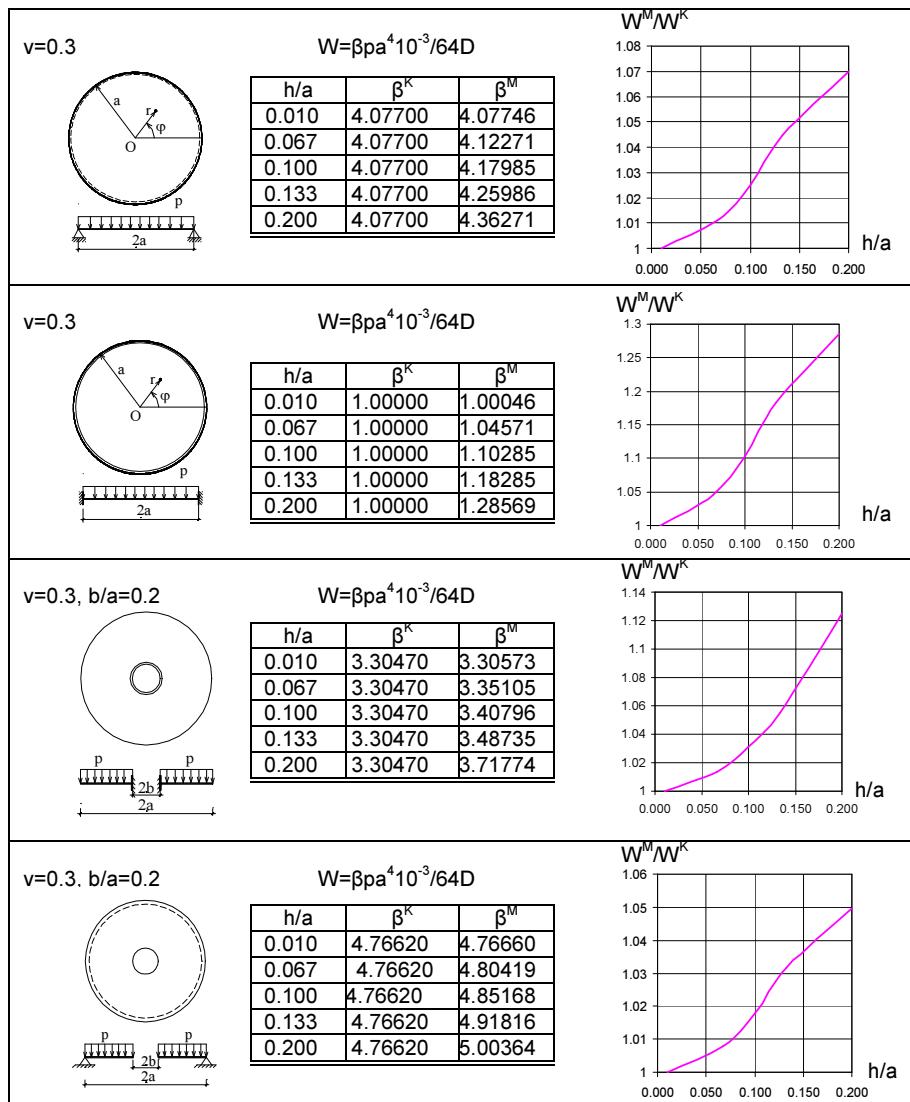
Sa određenim vrednostima konstanti mogu se napisati konačni izrazi za funkcije: ugiba  $W^M$ , obrtanja poprečnog preseka  $\phi_r$  i presečnih sila  $M_r$ ,  $M_\phi$  i  $T_r$  na osnovu izraza (22), (18), (19), (20) i (15), respektivno.

#### 4. NUMERIČKI PRIMERI

Za svaku od razmatranih ploča, maksimalni ugib  $W$  je, za odgovarajuće  $p=r/a$ , izražen pomoću koeficijenta  $\beta^K$  na osnovu funkcije (7) prema Kirchhoff-ovojoj teoriji, odnosno preko  $\beta^M$  na osnovu funkcije (22) prema Mindlin-ovojoj teoriji. Vrednosti  $\beta^K$  i  $\beta^M$  su izračunate i date u Tabeli 1. Za izabrane odnose  $h/a$ , gde je  $h$  debљina ploče i  $a$  odgovarajući poluprečnik, izračunat je odnos  $W^M/W^K$  i prikazan pomoću dijagrama, tj. upoređeni su rezultati dobijeni prema gore navedenim teorijama savijanja ploča, od kojih samo Mindlin-ova uzima u obzir uticaj deformacije smicanja na savijanje ploča.

## Analiza uticaja deformacije smicanja na savijanje kružnih i prstenastih ploča

*Tabela 1. Koeficijenti  $\beta$  za izračunavanje maksimalnog ugiba kod statički određenih ploča*



## 5. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena analiza uticaja smicanja na savijanje kružnih i prstenastih ploča upoređivanjem rezultata dobijenih proračunom prema Mindlin-ovoj teoriji, koja uzima u obzir deformaciju smicanja, sa rezultatima primenom Kirchhoff-ove teorije savijanja tankih ploča, koja ovaj uticaj zanemaruje.

Može se primetiti da su presečne sile kod statički određenih rotacionosimetričnih kružnih i prstenastih ploča jednake prema Mindlin-ovoj i Kirchhoff-ovoj teoriji. Razlika usled deformacije smicanja uočljiva je u izrazu za ugib. U slučaju statički neodređenih prstenastih ploča pri proračunu prema Mindlin-ovoj teoriji postoje vidne razlike u odnosu na Kirchhoff-ovu teoriju u svim izrazima, i to kao posledica uzimanja u obzir deformacije smicanja.

Od razmatranih kružnih rotacionosimetričnih ploča najveće odstupanje ugiba je kod pune uklještene ploče za odnos  $h/a=0.20$ , odnosno ugib je 22,22% veći ako se izračuna prema Mindlin-ovoj teoriji. Kod navedenih primera prstenastih ploča razlika vrednosti ugiba sračunatih prema klasičnoj i Mindlin-ovoj teoriji je najviše 11.1%. Dobijeni rezultati navode na zaključak da je kod ploča kod kojih je odnos  $h/a \geq 0.1$  uticaj deformacije smicanja značajan i da se mora uzeti u obzir pri proračunu, odnosno da se proračun mora vršiti prema teorijama koje uzimaju u obzir deformaciju smicanja.

**Napomena:** Rad je iz oblasti istraživanja projekta br. TR 36016 pod nazivom „Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukruglim vezama sa aspekta teorije drugog reda i stabilnosti“, čiji je nosilac Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, a finansijski je podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u periodu 2011-2014.god.

## 6. LITERATURA

- [1] Girkman, K.: *Površinski sistemi nosača*, prevod sa nemačkog, Građevinska knjiga, Beograd, 1965.
- [2] Wang,C. M., Reddy,J. N., Lee,K. H.: *Shear deformable beams and plates* , Elsevier, Oxford, 2000.
- [3] Mladenović, B: Analiza uticaja smicanja pri savijanju debelih ploča, magistarski rad, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2001.
- [4] Mindlin, R.D.: Influence of Rotatory Inertia and Shear on Flexural Motions of Isotropic, Elastic Plates, *Journal of Applied Mechanics*,18, 31-38, 1951.
- [5] Timošenko, S.,Vojnovski-Kriger, S.: *Teorija ploča i ljudski*, prevod sa engleskog , Građevinska knjiga, Beograd, 1962.
- [6] Hajdin, N.: *Teorija površinskih nosača*, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [7] Milićević M., Stevanović S., Zdravković S.: *Teorija površinskih nosača-zbirka rešenih zadataka*, Univerzitet u Nišu, Građevinski fakultet,Niš, 1992.

# **PARAMETRI I METODE RACIONALIZACIJE U PROJEKTOVANJU I REKONSTRUKCIJI BOLNICA**

**Olivera Nikolić<sup>1</sup>**

**Vladan Nikolić<sup>2</sup>**

**Goran Jovanović<sup>3</sup>**

## **Rezime**

*U ovom radu biće analizirani parametri i metode koji se koriste za racionalizaciju i optimizaciju troškova pri adaptaciji postojećih i gradnji novih objekata bolnica i dati primeri njihove primene u zapadno evropskim i američkim zdravstvenim centrima. Uvođenje postupaka modularnosti, fleksibilnosti, faznosti izgradnje i primene principa održivog dizajna u planiranju i projektovanju bolnica za rezultat imaju rezultat dinamično rešenje, zgradu koja odgovara trenutnim zahtevima, reaguje na promene u potrebama i omogućava korišćenje narednim generacijama. Na ovaj način opravdavaju se investiciona ulaganja i postiže isplativost objekta na dug vremenski period.*

**Ključne reči:** *Racionalizacija, optimizacija, bolnica, fleksibilnost, modularnost, održivost*

## **1. UVOD**

Bolnice su složeni objekti u pogledu funkcije, organizacije i tehnologije opreme. Za njihovo planiranje potreban je interdisciplinarni

---

<sup>1</sup> Olivera Nikolić, dipl. inž. arh., student doktorskih studija, saradnik u nastavi, Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu, o\_milosavljevic@yahoo.com

<sup>2</sup> Vladan Nikolić, dipl. inž. arh., student doktorskih studija, asistent, Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu, vladan\_nikolic@yahoo.com

<sup>3</sup> Goran Jovanović, dr, dipl. inž. arh., docent, Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu, jovanovicg1@sbb.rs

pristup kako bi se postigla kvalitetna, efikasna izgradnja i fleksibilnost. Potrebno je odgovoriti na zahteve različitih korisnika i omogućiti brzu transformaciju zbog stalnih promena usled istraživanja i primene inovacija. Fleksibilnost postaje srž svih modifikacija, adaptacija, rehabilitacija i renoviranja i prati napredak medicinske nauke.

U ovom radu biće sagledani činioci koji utiču na racionalizaciju i optimizaciju troškova pri gradnji novih ili adaptaciji postojećih objekata zdravstvene zaštite i nege.

Izgradnja i opremanje objekta bolnice zahteva velika investiciona ulaganja pa su očekivanja o isplativosti objekta na dug vremenski period opravdana. Samom izgradnjom objekta ne prestaje proces investicija, on se nastavlja stalnim praćenjem tehnološkog napretka u dijagnostici i lečenju, što podrazumeva i promene u prostornom sklopu bolnice. Da bi promene bili moguće, a da pritom ne iziskuju prevelika ulaganja, što bi ugrozilo ekonomsku održivost objekta, potrebno je isplanirati i predvideti sve moguće transformacije.

Savremena istraživanja u arhitekturi bave se pronalaženjem optimalnih rešenja koja se prevashodno ogledaju u standardizaciji, modularnoj gradnji, upotrebi konstruktivnih sistema koji omogućavaju fleksibilnu organizaciju prostora i upotrebi principa održive arhitekture, o čemu će više reći biti u nastavku rada.

## 2. OSNOVNI PRINCIPI RACIONALIZACIJE I OPTIMIZACIJE BOLNIČKIH OBJEKATA

Medicinski objekti projektuju se na osnovu funkcionalnih zahteva koji su aktuelni u datom trenutku. U medicini promene su stalne u svemu pa i u funkcionalnim celinama zdravstveni objekta. Da bi se produžio životni vek bolnica i odgovorilo novim zahtevima, potrebno je utvrditi određene principe u planiranju i projektovanju bolnica kako bi gradnja ili rekonstrukcija postojećih objekta bila racionalna i isplativa.

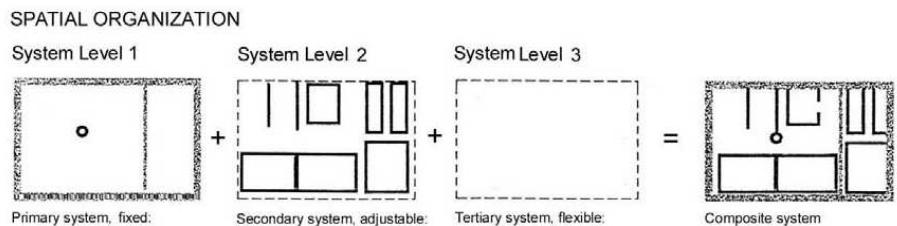
Racionalizacija i optimizacija u rekonstrukciji postojećih i gradnji budućih zdravstvenih objekata ogleda se u sledećim postupcima:

- modularnost
- fleksibilnost
- faznost izgradnje
- primena principa održivog dizajna

2004. godine, **Kendall** u svom radu “*Open building: an architectural management paradigm for Hospital architecture*”, izvodi

kategorizaciju različitih komponenti zgrade u smislu funkcionalnosti i perioda trajanja.

On zgradu deli na sisteme prostornog sklopa i tehničke sisteme. Elementi prostornog sklopa **primarnog nivoa** su noseći elementi i uvek su fiksni. Elementi sekundarnog nivoa su prilagodljivi, a tercijalnog su fleksibilni i mobilni.



Slika 1. Projektovanje po principu sistema, INO Hospital, Bern, Švajcarska

Po kategorizaciji, **primarni sistem** je fiksan i njegov vek trajanja je oko 100 godina. Sistem čine parcela, omotač zgrade, konstruktivni sistem. **Sekundarni sistem**, uglavnom čine unutrašnji konstruktivni element i instalacije: unutrašnji zidovi, podne obloge, tavanice, komunikacioni sistemi, instalacije sigurnosnih sistema, osvetljenje. Vek trajanja ovih elemenata sistema je oko 20 godina. **Tercijalni sistem** uzima svoj procenat udela u krajnjoj ceni zgrade, a sastoji se od sledećih elemenata: medicinska oprema, nameštaj, inventar. Predviđeno trajanje ovih elemenata je 5-10 godina. [4]

Raščlanjivanja i sagledavanje zgrade kroz sisteme ima uticaj na planiranje bolničkih objekata, bilo da je u pitanju projektovanje novih ili adaptacija postojećih. Posmatranjem prostorno – funkcionalnog sklopa bolnice kao organizma koji se razvija, troškovi projektovanja, izgradnje i održavanja objekta mogu se predvideti i na njih se može uticati.

### 3. MODULARNOST U PROJEKTOVANJU ZDRAVSTVENIH OBJEKATA

Principi primene modula u projektovanju i izvođenju zdravstvenih objekata imaju više značan pozitivan efekat na aspekte organizacije prostornog sklopa, uspostavljanja veze među funkcionalnim celinama i ekonomski aspekti.

Australijski arhitekta Lawrence Nield, veruju da modularno projektovanje treba izvoditi na način na koji se projektuju hangari, po uzoru na zgrade aerodroma, kod kojih je etaža oslobođena vertikalnih

konstruktivnih elemenata čime se lako prilagođava nameni. Stalna istraživanja na ovom polju usavršavaju modularni pristup. Ideja koja stoji iza modularne arhitekture je ta da ona odgovara svrsi u svakom trenutku, različitim aktivnostima i radnim uslovima. Ovaj koncept zasniva se, u konstruktivnom pogledu, na sistem stubova određenog raspona i sistemu za distribuciju smeštenom u jezgru tako da je u budućnosti moguća laka rekonfiguracija i/ili podela prostora.[2]

Jim O Jonassen , i dr. (2001) istraživao je dvodimenzionalnu i trodimenzionalnu mrežu prostora bolničkog objekta i identifikovao „prostor polja“ i „univerzalni gradivni blok“ kao module koji mogu poslužiti rasporedu različitih funkcija bolnice. Na primer, tri modula kocke od 30m x 30m dovoljni su da se rasporede funkcije dijagnostikovanja i lečenja, stacionarne i ambulantne nege, kao i servisne usluge.[3] Ova mreže pogodna je i za projektovanje parkiranja u etažama objekta pod zemljom. Jonassen preporučuje i kvadratni blok modula od 10m x 10m, ali napominje da ove dimenzije variraju u zavisnosti od lokalnih zakonodavnih propisa i planskih smernica.

#### **4. FLEKSIBILNOST U PROJEKTOVANJU ZDRAVSTVENIH OBJEKATA**

U poslednjih nekoliko decenija planiranja bolnica, projektanti i dizajneri usmeravaju pažnju na arhitekturu koja stavlja ljude u centar projekta. Naučni i tehnološki napredak, kontinualne promene sanitarnih propisa, značaj odnosa između klinika i istraživanja, povećana pažnja ka održivosti i komforu, prouzrokuju potrebu za strukturnom, organizacionom i rukovodećom adaptacijom zdravstvenih ustanova.

Kvalitet i efikasnost usluga su blisko povezani sa pažljivim programiranjem, planiranjem, izgradnjom i održavanjem objekta. Fleksibilnost postaje srž svih modifikacija, adaptacije, rehabilitacije i renoviranja, sledeći napredak medicinske nauke. Propisi nisu dovoljni da se garantuje pristup fleksibilnosti u planiranju bolnica i da se obezbedi kvalitet zdravstvenih usluge.

Objekti zdravstvenog sistema moraju biti koncipirani tako da odgovore promenama u načinu rada i pružanju uslugu. Trenutno je u zgradama previše nosećih, čvrstih zidova koji ograničavaju vizuelnu i akustičnu vezu pacijenta i zaposlenih, zgrade su u osnovama ograničene i ne mogu da odgovore promenama funkcije, mala svetla visina ograničava ispunjenost standarda za ugradnju ventilacije i električnih sistema i ne omogućava povezivanje nove opreme. Same

lokacije ne dozvoljavaju proširivanje i obnovu koja je od suštinskog značaja za sadašnji i budući zdravstveni sistem.

Primena postupka fleksibilnosti utiče na ukupnu cenu koštanja projekta. Fleksibilnost može da smanji troškove na duže staze kroz olakšanu konverziju ili proširenje prostora, nadgradnju, a može predstavljati i opasnost.

Planiranje bolnica organizovano je u sledećim fazama:

- Strateško planiranje
- Master programiranje / master planiranje
- Funkcionalno programiranje
- Dizajn razvoja

U svakoj od ovih faza, planeri, projektanti, osoblje i menadžment dužni su da istraže mogućnosti u pogledu fleksibilnosti koje odgovaraju toj fazi i da pruže smernice ka narednoj fazi. Svaka faza ima mogućnosti za uvodenjem strategije fleksibilnosti. Ako se pažljivo razmotriti svaki korak procesa planiranja i projektovanja zgrade, **rezultat će biti dinamično rešenje** koje rešava trenutne zahteve, reaguje na promene u potrebama i omogućava korišćenje narednim generacijama.

#### **4.1. Fleksibilnost u strateškom planiranju**

Strateški plan, dokument misije i vizije, definiše dugoročnu ulogu organizacije koja mora biti fleksibilna i promenljiva. Njime se predviđaju promene u programu i pružanju usluga. Ove promene biće rezultat novih programske prilike, menjanja demografije, nove tehnologije, novog pristupa u pružanju usluga, itd. Strateški plan treba ponavljati svakih nekoliko godina i prilagođavati na odgovarajući način. Sve zdravstvene organizacije imaju osnovne ciljeve. Otvorene planiranje može im olakšati mogućnost za dodavanja i uklanjanja u okviru ukupnog infrastrukturnog plana. Time će dobiti različite skale - nivoe detalja koji pokazuju šta se može desiti ako dodje do promena u lecenju ili lokaciji. [1]

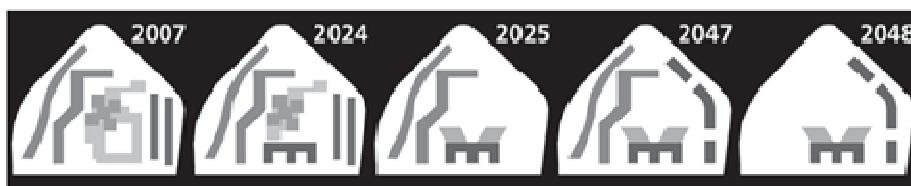
#### **4.2. Fleksibilnost u master planiranju**

Izrada master plana je prva faza planiranja ka realizaciji fizičkog plana bolnice. Master program razvija se na osnovu strateškog plana, njime se, detaljnim opisom, definišu programi i usluge, kapacitet i kadrovske projekcije. Ove informacije koriste se za procenu potrebnog prostora za svaki od funkcionalnih blokova (tj.

programi, usluge ili odeljenja). Odnosi između ovih blokova, takođe, su dokumentovani.

U isto vreme, prikupljaju se detaljne informacije u vezi lokacije (postojeće ili nove) za razvoj objekta. Istražuju se, pored mnogih elemenata i adekvatnost lokacije za pozicioniranje objekta, njena pozicija u odnosu na stanovništvo kome će služiti objekat, blizina glavnih saobraćajnica. Druge analize kao što su ispitivanje tla, topografske analiza i obrasci toka saobraćaja, kao i kapacitet, pristupi, komunalne usluge (tj. voda, struja, kanalizacija) moraju se utvrditi i smatrati adekvatnim za sadašnjost, kao i za budućnost. Ove informacije, zajedno sa informacijama master programa, pomažu arhitekatama i planerima u identifikovanju ograničenja i mogućnosti lokacije, postepene izgradnje i razvoja preliminarnih procena kapitalnih troškova.

Doskorašnji trend u planiranju i projektovanju bolnica bio je da se bolnica posmatra kao jedan entitet.



Slika 3 - Strategija u budućem planiranju Martini Hospital u Groningenu, prikazana kroz četiri kvadranta

Spratovi velikih površina pružaju značajne mogućnosti za proširenjem odeljenja kao odgovor na promene zahteva. Međutim, ima odeljenja koja se nalaze duboko unutar sprata, okruženi drugim odeljenjima, za njihovo proširenje potrebno je izmeštanje ostalih. Kompromisno rešenje bilo bi razvijanje fizički izolovanih odeljenja, što rezultira disfunkcionalnim aranžmanom i povećava operativne troškove. Koncept kampusa zdravstvene zaštite omogućava progresivni razvoj u pravcu krajnjeg rešenja. Za ekspanziju, susedstvo i održivost bolnice kao celine, kao i pojedinih odeljenja, najbolje rešenje je kampus pristup. Očekuje se da zgrada bolnice traje 30 godina, a kampus koncept omogućava kontinuirano obnavljanje bez ograničenja kroz strateško uklanjanje pojedinačnih objekata koje su nadživeli svoj vek korisnog trajanja.

Primer zdravstvenog kampusa je Kliničko bolnički centar u Nišu. Klinički centar Niš prostire se na površini od 9 hektara u širem centru grada sa 25 odvojenih objekata paviljonskog tipa.[5] Razvoj i usvajanje promena u zdravstvenom sistemu Srbije, usloviće potrebu za novim objektima u Centru, što lokacija dozvoljava. U ovom slučaju

moguće je izvesti proširenje postojeće zgrade ili sagraditi novu, bez ometanja i prekida rada na nekoj od klinika.

Primer samostalnog zdravstvenog objekta u Srbiji je Vojnomedicinska akademija u Beogradu. Kompleks VMA prostire se na površini od 21 hektar, a sama zgrada na 180.000 m<sup>2</sup>. Podeljena je u više od 60 tehničko-tehnoloških celina, sa oko 6.000 prostorija. Kako formom predstavlja celinu na kojoj nije moguće vršiti bilo kakve intervencije proširenja, sve promene u rasporedu funkcija mogu se dešavati jedino unutar strukture.

I pored prednosti gradnje u zdravstvenom kampusu, vrlo često se bolnice, zbog ograničenja lokacije ili drugih razloga, grade kao samostalni objekti. Zanimljiv je primer tzv. otvorene zgrade bolnice INO Hospital u Bernu. Zgrada je posmatrana kroz primarni i sekundarni sistem. U oba sistema bilo je potrebno postići određeni nivo fleksibilnosti kako bi zgrada bila isplativa kroz vremenski period od sto godina. Usvojena rešenja su rešenja pobednika arhitektonskog konkursa iz 1997. godine za primarni, a iz 1998. godine za sekundarni sistem.

Svaki primarni sistem određuje strukturu i utvrđuje uslove sa drugim sistemima. Primarni sistem formira osnovu tipskog sprata, u slučaju bolnice Ino Hospital mreža stubova u rasponu od 8.4m x 8.4m čini strukturalnu mrežu u kojoj su moguća dalje fleksibilna podešavanja. [4]

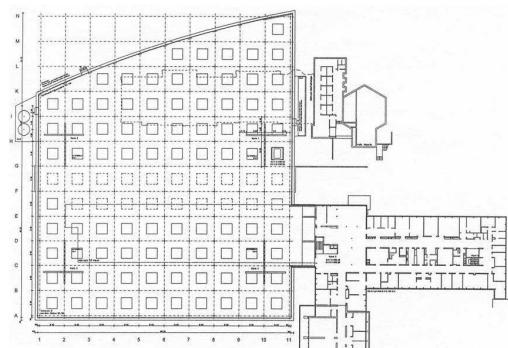
Fleksibilnost u sistemu pored konstruktivne mreže postignuta je inovacijom u strukturi betonske ploče. Naime, kvadrat dimenzija 3.6x3.6m u sredini polja od 8.4x8.4m čini nearmirana betonska ploča, debljine 20cm. Na taj način omogućeno je lako otvaranje ploče za vertikalni probor ventilacije, mašinskih instalacija, prirodnog osvetljenja, bez narušavanja statike objekta. Na ovaj način prostor etaže je potpuno fleksibilan i jednostavan za organizaciju ma kojih funkcija.

Na zgradi je primenjen i princip zelenog krova sa krovnim prozorima. Fasada zgrade osmišljen je kao sistem duplih zidova radi očuvanje energije i prirodne ventilacije. Spoljašnji zid je sistem fiksnih staklenih ploča koje se oslanjaju se laki sistem čeličnih nosača odvojenih od strukture zgrade. Unutrašnji sloj čine drveni prozori sa životnim vekom od 75 godina, ali uz redovno održavanje mogu trajati i koliko sam primarni sistem. Životni vek primarnog sistema po Kendalu je 100 godina, ovakve inovacije u strukturi primarnog sistema konstataciju čine opravdanom.

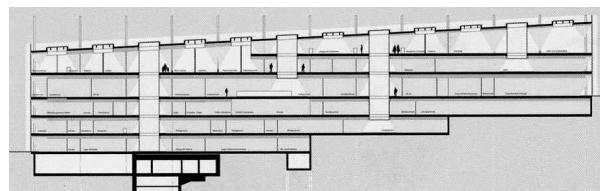
Dugoročni razvoj lokacije trebao bi da bude predviđen master planiranjem, tako da se opcije za vertikalno i horizontalno proširenje na licu mesta identifikovati na samom početku. Na osnovu zoniranja i

akata koji artikulišu dozvoljenu izgradnju, arhitekti i inženjeri mogu na odgovarajući način mapirati broj parametara koji će olakšati buduće proširenje i fleksibilnost izgradnje.

Veličina lokacije određuje da li će se objekat razvijati horizontalno ili vertikalno. Vertikalna rešenja, kao prva faza razvoja, dovešće do očuvanja najvećeg dela lokacije za buduće potrebe, pri tom treba voditi računa o površini sprata u osnovi i mogućnosti da li će se određeno odeljenje širiti na jednom ili je potrebno više spratova kao i kakva će biti veza velikog broja spratova sa kasnijom horizontalnom ekspanzijom.



Slika 4 - Strategija u budućem planiranju Martini Hospital u Groningenu, prikazana kroz četiri kvadranta



Slika 5 - podužni presek – Ino hospital, Bern

Horizontalno rešenje, s druge strane, pruža najveću mogućnost da se stvore odeljenja koja odgovaraju trenutnim zahtevima. Međutim, postoje aspekti o kojima treba unapred razmišljati. Površine spratnih etaža mogu biti prevelike, postoji problem podjednakog pristupa dnevnom svetlu u svim delovima objekta. Odeljenja su okružena sličnim odeljenjima, čime je ograničena mogućnost da se izvrši lako proširenje, ekonomski isplativo. Da li će buduće proširenje biti nastavak horizontalnih elemenata, stvarajući pri tom osnovu još većeg obima, ili će se planirati vertikalno proširenje? Koliki je procenat izgubljenih investicija ako predviđeno vertikalno proširenje ne bude izvedeno?

Razumevanje objekata, kao dinamičkih sistema, a ne strukture od opeke i maltera, i razumevanje potencijalnih potreba za ekspanzijom izvan rokova tekućeg projekta, zahteva viziju koja predviđa dizajn sistema horizontalne i vertikalne cirkulacije (hodnici i osnovni prostori). Lako proširivi cirkulacioni putevi obezbeđuju efikasno kretanje pacijenata, osoblja i materijala.

#### **4.3. Fleksibilnost u funkcionalnom planiranju**

Pod funkcionalnim programiranjem podrazumeva se detaljan opis budućih funkcija i operacije funkcionalnih oblasti (npr. programi, usluge, odeljenja), opisuje se stvarno trenutno i projektovano opterećenje, identificuje osoblje, projektovani obim posla. U ovoj fazi projekta fleksibilnost se ogleda u predviđanjima promene tehnologije koje bi izazvale promene u praksi.

#### **4.4. Fleksibilnost u projektovanju i izgradnji**

Tokom projektovanja bolnice, koriste se saznanja o potrebnom prostoru iz funkcionalnog programa, ali i dalje postoji mogućnosti kreativnog izraza u dizajnu. Arhitekta, koristeći funkcionalnu program kao vodič, stvara alternativna rešenja u saradnji sa korisnicima kako bi razvio raspored koji je funkcionalan u sadašnjosti i fleksibilan za buduće korisnike. Pitanja koja treba razmotriti, a koji se odnose na fleksibilnost uključuju:

- materijale i sisteme
- ordinacije i sobe pacijenata
- nameštaj
- mašinski, električni i komunikacioni sistemi

Izbor građevinskog materijala može imati uticaj na blagostanje pacijenta. Međutim, on takođe može ozbiljno ograničiti mogućnost da se promena u prostoru izvrši brzo i ekonomično. Detaljnog analizom potrebno je osigurati da izabrani materijali nisu za jednokratnu upotrebu niti su previše restriktivni prilikom promene prostora.

Kroz plafonski prostor u bolnicama treba da prođe primarni kanal za distribuciju instalacija. Mašinski, električni i komunikacioni sistemi najčešće se isporučuju u prostorije preko plafona.

Kao što je identifikovano u prethodnim fazama, koncept lociranja pojedinih blokova u blizini prostora koji može apsorbovati širenja drugog prostora od suštinskog je značaja za smeštaj potrebnih odeljenja. Odeljenja kod kojih se očekuje ekspanzija lociraju se pored spoljašnjih zidova, čime se omogućava podrška prostora promenama u tehnologiji.

Pri projektovanju jedinica stacionarne nege pacijenta vodi se računa o obezbeđivanju privatnosti kako pacijenta, tako i njegove porodice kao i o stvaranju atmosfere prilagođene potrebama pojedinca. To je razlog sve češćeg projektovanja dvokrevetnih soba i apartmana. Raster konstruktivnih elemenata, uvođenje prirodnog osvetljenja, pozicija sanitarnog čvora, primena lакih pregrada i modularnog nameštaja omogućavaju fleksibilnu organizaciju jedinica.

U funkcionalnom programiranju, predviđa se korišćenje otvorenih prostora i modularnog nameštaja, u procesu projektovanja ovi aspekti se dalje razvijaju. Na primer, korišćenjem sistema nameštaja koji ima sposobnost da se rekonfiguriše omogućeno je efikasnije korišćenje prostora i osoblja.

## **5. PRIMENA PRINCIPA ODRŽIVOG DIZAJNA U RACIONALIZACIJI TROŠKOVA**

Pri projektovanju i izgradnji bolnica sve češće se koriste održive tehnologije, obnovljivi resursi i sistemi dizajnirani da smanje potrošnju energije i emisiju ugljenika. Na taj način postižu se i bolje performanse zgrade u smislu smanjene potrošnje energije, poboljšanje unutrašnjeg vazduha i okruženje koje je podrška lečenju.

Bolnice generišu ogromne količine otpadnog materijala u vidu hrane, papira i plastike, od kojih se većina ne reciklira. One su relativno veliki korisnici materijala, energije i vode. Ne samo da ova upotreba povećava troškove izgradnje većine bolnica, ona, takođe, dovodi do povećanja operativnih troškova tokom životnog veka objekta, pogotovo što cena prirodnih resursa i dalje raste.[6]

Istraživanja su pokazala da okruženje pomaže u procesu ozdravljenja. U zdravijim zgradama borave zdraviji pacijenti i osoblje.[6]

Sve veći broj bolnica zainteresovan je za održivi pristup zdravstvenom dizajnu. Postoji i doza zabrinutosti koja se uglavnom odnosi na početna ulaganja, raspored i povratak investicija. Primeri iz prakse pokazali su da se organizovanim pristupom u dizajnu i implementacijom održivog metoda, izgradnja zdravstvenog objekta košta manje.

Dell Children's Medical Center u Ostinu, Teksas, je prva bolnica u svetu koja je dobila LEED platinasti sertifikat. Ovo je sertifikat zahteva izuzetno visoke standarde održivosti. Zgradu dečje bolnice od 169 kreveta, projektovali su stručnjaci iz Karlsberger architects-a. Pri njenom projektovanju vodilo se računa o sledećem: da ona služi medicinskim potrebama zajednice, da se u njoj efikasno organizuje program bolnice i da se obezbedi budući rast.

Zgrade niskog, horizontalnog profila uklapa se izgledom u okruženje. Unutar objekta korišćeni su atrijumi radi dovođenja prirodnog osvetljenja i prirodni materijali

Konstruisana je tako da koristi 92% recikliranih materijala. Izgrađena je na mestu nekadašnjeg Robert Miler Municipal aerodroma. Pri izvođenju bolnice upotrebljeno 47 hiljada tona materijala dobijenog od stare piste za građenje parkinga i podzemne garaže.

Pri projektovanju objekta velika pažnja poklonjena je prirodnom osvetljenju, što omogućava prisustvo brojnih prozora različitih oblika i veličina. U najodrživijoj bolnici na svetu, 80% potreba za dnevnim svetлом, postiže se prirodnim osvetljenjem,

Bruto površina bolnice iznosi 43670m<sup>2</sup>, a izgradnja objekta koštala je 200 miliona dolara.

Za razliku od Dell Children's Medical centra u Ostinu, čiji je osnovni koncept baziran na održivoj arhitekturi, postoje bolnice sličnih površina i ukupnih troškova kod kojih dizajn nije vođen principima zelene arhitekture. Kao primer poslužiće nam Baylor Outpatient Cancer Center u Dalasu i Chickasaw Nation Medical Center u mestu Ada u Oklahomi.

Baylor Outpatient Cancer Center ima površinu od 43385m<sup>2</sup>, kapacitet od 120 postelja i ukupni troškovi njegove izgradnje iznosili su 154 miliona dolara. Površina Chickasaw Nation Medical Center-a iznosi 34431 m<sup>2</sup>, kapacita je 72 postelje, a ukupna cena realizacije projekta iznosila je 145 miliona dolara. Ukupni troškovi Baylor Outpatient Cancer centra 20 % su manji od troškova pri izgradnji Dell Children's Medical centra u Ostinu, dok su kod Chickasaw Nation Medical Center-a troškovi umanjeni za svega 6%.

Istraživanje pod nazivom 'Energy Efficiency in Buildings: Business Realities and Opportunities' koje je sprovela organizacija World Business Council for Sustainable Development, navodi se da su kod objekata građenim po principima zelene arhitekture troškovi izgradnje uvećani za 5%, ali da je njihov značaj na životnu sredinu kroz smanjenje emisije ugljendioksida znatno veće, s obzirom na činjenicu da zgrade uzimaju 40% učešća u ukupnoj emisiji ugljendioksida u atmosferi.

## 6. ZAKLJUČAK

Zdravstveni sistem u Srbiji podleže reformama u skladu sa evropskim standardima. Većina zdravstvenih objekata u zemlji građena je u periodu pre drugog svetskog rata i sedamdesetih godina prošlog veka pa njihovi prostorni sklopovi i konstruktivni sistemi ne

odgovaraju potrebama savremene medicine. Rekonstrukcija i adaptacija takvih objekata je neisplativa.

Korisnicima zdravstvenih usluga i zaposlenima u zdravstvu potrebni su objekti koji mogu da zadovolje sve uslove modernog i efikasnog lečenja. To podrazumeva gradnju novih objekata projektovanih po parametrima koji zadovoljavaju stalne promene i transformacije, a to opet iziskuje velika ulaganja državnog i privatnog sektora. Najbitniji parametar koji utiče na dugoročnu isplativost objekta je fleksibilnost. Druga grupa parametra odnosi na standardizaciju i modularnost u gradnji. Treću grupu parametara čine principi održive arhitekture. U savremenom projektovanju mora se voditi računa o potrošnji energije i emisiji ugljendioksida u atmosferu.

## 7. LITERATURA

- [1] Astley Phil: *Beyond Estates Strategy? Beyond Master Planning? Open Planning For Future Healthcare Environments*, Proceedings from International Conference "Changing roles, New roles, New challenge", Noordwijk, 5-9 October 2009.
- [2] Carthey, J., Chow, V., Jung, Y. M. and Mills, S., Future Directions Project Flexibility and Adaptability Report: An International Review for the NSW Context, UNSW Health Infrastructure, NSW Health, New South Wales, Australia, 2009, str. 21-26
- [3] Jonassen O Jim, Klemenic Ron, Leinenwever Mark, Health Facility Flexibility and Humanity, An Agenda for the 21st Century, in Design and Health: The Therapeutic Benefits of Design, Swedish Building Council Centre Publishing, Stockholm, 2001., str. 260
- [4] Kendall Stephen, Open Building: an Architectural Management Paradigm For Hospital Architecture, in Designing Value: New Directions in Architectural Management Proceedings of the CIB W096, Architectural management , Publication no. 307, Technical university of Denmark, Lyngby, Denmark, November 2005., str. 278
- [5] Krstić Nebojša, Klinički centar Niš- rekonstrukcija i strategija daljeg razvoja, Glasnik - Jubilarni broj, Klinički centar Niš, Niš, 2006,str. 8
- [6] Rechel Bernd and other, *Investing in hospitals of the future*, World Health Organization, Germany, 2009., str. 233

# ISPITIVANJE TIPSKE HALE SA FEROCEMENTNOM ISPUNOM NA UTICAJ PROBNOG OPTEREĆENJA

**Slobodan Ranković<sup>1</sup>**  
**Milenko Milinković<sup>2</sup>**  
**Dušan Petković<sup>3</sup>**  
**Darko Živković<sup>4</sup>**

## Rezime

*U radu je prezentovano ispitivanje tipske hale sa ispunom od fero cementnih elemenata (koruba) na uticaje od statičkog opterećenja. Konstrukcija hale je originalno rešenje i proizvod firme "MILINKOVIĆ company" iz Boljevaca kod Surčina. Prikazani su rezultati ispitivanja glavnih poligonalnih (lučnih) armiranobetonmskih elemenata raspona 16,5 m. Ispitivanje je sprovedeno za uticaje od sopstvene težine i uticaje od probnog (zamenjujućeg) opterećenja. Ispitivana je faza simetričnog i faza antimetričnog probnog opterećenja. Praćene su globalne i lokalne deformacije nosača u skladu sa propisima za ispitivanje objekata visokogradnje. Rezultati su prikazani u formi dijagrama za različite faze opterećenja.*

**Ključne reči:** *Ispitivanje, fero cement, hala.*

---

<sup>1</sup> Slobodan Ranković, Dr inž., asistent, GAF Niš, slobodan.rankovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> Milenko Milinković, dipl.inž.el., "Milinković company", milinkovic@open.telekom.rs

<sup>3</sup> Dušan Petković, Dr inž., red. prof., GAF Niš, dusan.petkovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Darko Živković, Mr inž., asistent, GAF Niš, darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs

## 1. UVOD

Ferocement je tanak kompozit koji sadrži slojeve žičane mreže relativno malog prečnika otvora utopljene u matricu maltera. Mreža može biti načinjena od metala ili nemetalnih materijala, kao što su sintetička i prirodna vlakna. Ovom vrstom kompozita rešavaju se brojni problemi primene diskretizovanih armaturnih šipki od čelika ili FRP elemenata [5]. Ferocement nudi brojne poželjne osobine kao što su: čvrstoća, žilavost vodonepropustljivost, lakoća, otpornost na spoljne uslove, trajnost i povoljna cena [4]. Može se reći da objedinjene ove osobine nije moguće sresti kod drugih materijala danas, pa je za očekivati da će ferocement postati sve zastupljeniji tanki armirani materijal u stanogradnji i izradi privrednih objekata.

U konkretnom slučaju radi se o originalnoj primeni ferocementa za izradu tipskih elemenata (koruba), koji su iskorišćeni kao ispuna kod tipske hale čiju noseću strukturu čine armiranobetonski nosači lukčnog oblika povezani sekundarnim, takođe armiranobetonskim, nosačima. Preko ove ispune nalazi se sloj za izolaciju od simprolita, koji ujedno predstavlja i završni sloj. Neki elementi (korube) imaju kružne otvore (prozore), za osvetljenje i ventilaciju [4].

Karakteristike ovakve (originalne) hale su brza i jeftina gradnja, odlična seizmička stabilnost, dobra zvučna i hidro izolacija. Nabrojane prednosti preporučuju ovaj sistem gradnje za mnoge vrste industrijskih objektata i naročito sportske hale.

## 2. KARAKTERISTIKE ISPITIVANE TIPSKE HALE

Ispitivana konstrukcija je hala poligonalnog poprečnog preseka sa 14 segmenata koji se oblikom približavaju lučnom (polukružnom) preseku. Unutrašnji prečnik luka je 16 m, a spoljašnji 17 m. Statički sistem hale, uzet u statičkim analizama, je dvozglobni luk sa zategom u nivou poda. Konstrukcija hale sastoji se od armiranobetonskih lukova u poprečnom pravcu, podužnih armiranobetonskih greda i gotovih montažnih ferocementnih koruba, koje su originalno rešenje kompanije "Milinković" (Slika 1), a imaju ulogu oplate i ispune konstruktivnog sistema [4]. Ovi elementi (korube) bili su predmet zasebnog ispitivanja [2] i ovde neće biti tretirani. Noseći armiranobetonski lukovi na koje se oslanjaju ferocementne korube su na osovinskom odstojanju od 4 m i trapeznog su poprečnog preseka, visine 50 cm. Hala se "sklapa" od temelja ka vrhu simetričnim ređanjem ferocementnih elemenata sa obe strane luka prema temenu. Elementi se tokom montaže oslanjaju na tipsku

čeličnu skelu, zahtevanog geometrijskog oblika, nakon čega se vrši armiranje i monolitizacija AB poprečnih lukova i podužnih greda, pri čemu fero cementne korube imaju i ulogu oplate. Posle monolitizacije i očvršćavanja AB nosača čelična skela se oslobađa odpuštanjem držača. Temeljenje objekta je na trakastim temeljima, širine 115 cm. U ravni oslonaca poprečnih lukova nalaze se čelične zatege koje sprečavaju razmicanje temelja, omogućavaju povoljniju preraspodelu sile i centrično opterećenje temelja.

Dužina hale je  $400\text{cm} \times 14 = 5600$  cm, a korisna širina 16 m. Sama hala je nezavisna konstrukcija u odnosu na sve ostale konstrukcije u gabaritu hale. Kvalitet upotrebljenih materijala je: beton MB 30, armatura RA 400/500 i MAR 500/560.

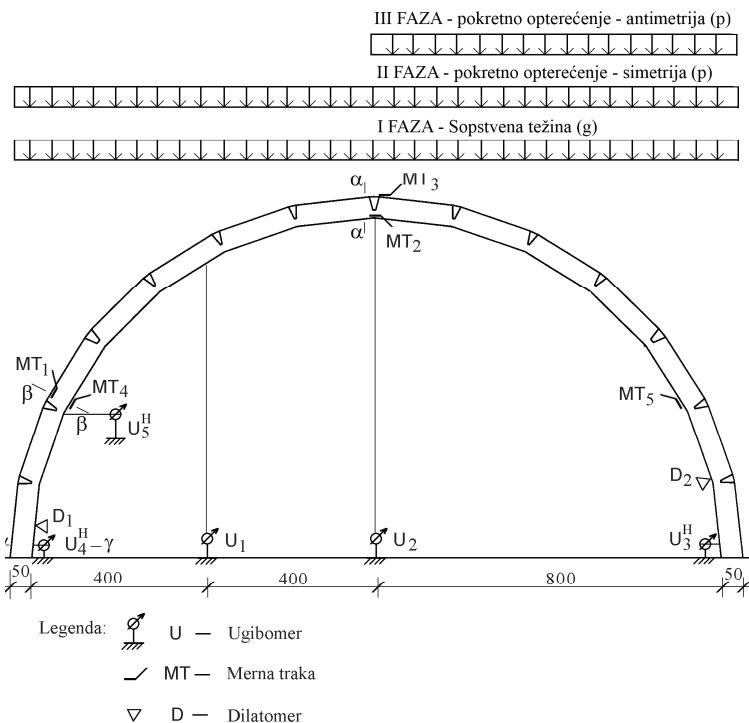


Slika 1. Izgled i unutrašnja konstrukcija ispitivane hale

### 3. ISPITIVANJE NA UTICAJ PROBNOG OPTEREĆENJA

Za ispitivanje je odabran jedan od unutrašnjih lukova (Slika 2) koji po statičkim analizama, u odnosu na krajnje lukove, trpi veće uticaje (poprečni luk  $H_2$ ). Ispitivanje je sprovedeno u skladu sa propisima za ovu vrstu radova [6], prema posebno sačinjenom programu ispitivanja [3]. Merenja su vršena za uticaje usled statičkog opterećenja i to u tri osnovne faze: 1) uticaj sopstvene težine, 2) uticaj simetrično nanetog zamenjujućeg (probognog) opterećenja i 3) tical antimetrično nanetog zamenjujućeg opterećenja.

**U prvoj fazi** ispitivanja oslobođena je skela, koja je podupirala konstrukciju i služila za montažu fero cementnih elemenata i monolitizaciju AB elemenata (poprečnih lukova i podužnih greda). Time je bilo omogućeno merenje uticaja usled dejstva sopstvene težine konstrukcije pri opuštanju skele. Uticaj sleganja skele u fazi montaže fero cementnih elemenata i monolitizacije nije praćen, tako da se ne može sa sigurnošću konstatovati taj parametar.



Slika 2. Šeme opterećenja i raspored instrumenata u poprečnom preseku glavnog nosača ( $p_{max}=140 \text{ daN/m}^2$ , odnosno  $p_{max}=560 \text{ daN/m}$ ).

**U drugoj fazi** ispitivan je uticaj zamenjujućeg (korisnog) opterećenja koje je nanešeno u više jednakih koraka do maksimalnog, sa koeficijentom sigurnosti.

**U trećoj fazi**, prilikom rasterećenja konstrukcije, tretiran je slučaj antimetričnog opterećenja (maksimalno opterećenje na jednoj polovini raspona).

U skladu sa statickom sistemom i oblikom hale u poprečnom pravcu, zamenjujuće opterećenje je nanošeno kao koncentrisano u temenima poligona. Opterećenje je aplicirano preko platformi koje su vešane putem čeličnih sajli. Itenzitet pripadajućeg opterećenja zbog nejednakog nagiba krovnih ravnih povećava se sa smanjenjem poprečnog nagiba prema temenu tj. sredini raspona. Time su najpribližnije aproksimirani stvarni uticaji u eksploataciji, s obzirom da se opterećenje sa ferocementnih koruba prenosi na podužne grede, a sa njih na poprečne poligonalne (lučne) nosače u temenima poligona.

Druga faza (zamenjujuće korisno opterećenje) nanešena je u 4 jednakih koraka do maksimalnog ( $100 \text{ daN/m}^2$ , odnosno  $400 \text{ daN/m}$ ). U poslednjem koraku izvršeno je preopterećenje za 40%, radi postizanja koeficijenta sigurnosti i simuliranja ukupnih  $140 \text{ daN/m}^2$ .

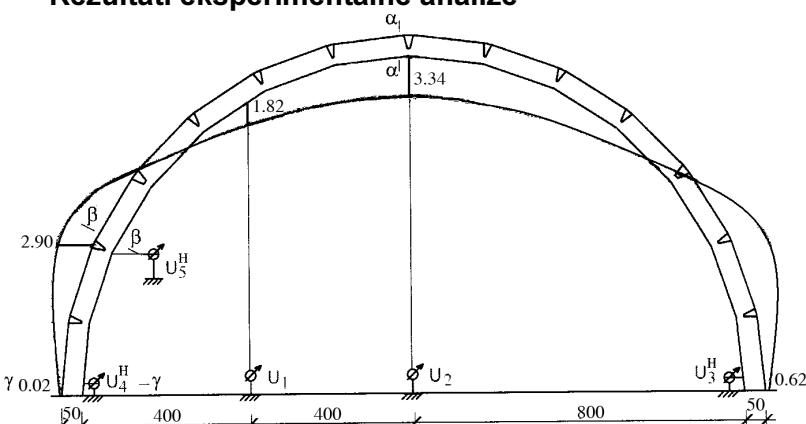
U trećoj fazi, prilikom rasterećenja konstrukcije, proveren je uticaj antimetrije, koji može pretstavljati nepovoljniju konstelaciju opterećenja kod lučnih nosača.

Opterećenje druge faze (eksploraciono opterećenje) zadržano je na konstrukciji 16 sati nakon čega je izvršeno rasterećenje uz očitavanje zaostalih vrednosti na instrumentima u narednih 8 sati tokom rasterećenja.

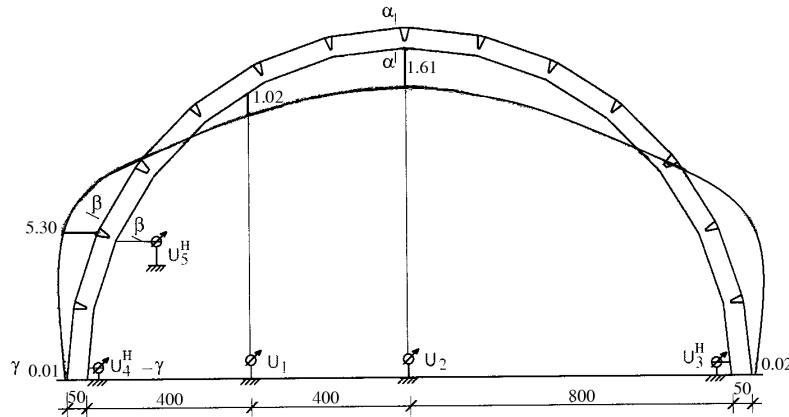
**Izbor mernih preseka** izvršen je u skladu sa očekivano najvećim uticajima, na bazi statičkih analiza konstrukcije. Kao karakteristični preseci u kojima se očekuju maksimalni naponi savijanja izabrani su presek u temenu luka (presek α-α) i bočni presek između druge i treće korube od tla (presek β-β). Maksimalne sile pritiska (normalne sile) merene su u oslonačkim presecima (presek γ-γ). Deformaciona linija definisana je na osnovu merenja vertikalnih i horizontalnih pomeranja (ugiba) u polovini raspona, četvrtini raspona, osloncima i preseku β-β. Merenje sile u zatezi koja povezuje oslonce poprečnih lukova nije bilo izvodljivo s obzirom na to da je urađena AB ploča u nivou tla. Ispitivanje ferocementnih koruba obrađeno je u [2].

**Raspored mernih instrumenata** izvršen je u skladu sa principom opasaivanja preseka instrumentima. Korišćena je odgovarajuća oprema (ugibomeri, merne trake, dilatomeri) za praćenje deformacija i naprezanja u karakterističnim presecima u kojima se očekuju maksimalni uticaji dobijeni računskom analizom. Davači su vezani za mernu stanicu primenom višekanalnog mernokvizitskog sistema SPIDER8 proizvodnje HBM i povezani sa personalnim računarom, a obrada podataka izvršena je originalnim HBM softverskim paketom CATMAN.

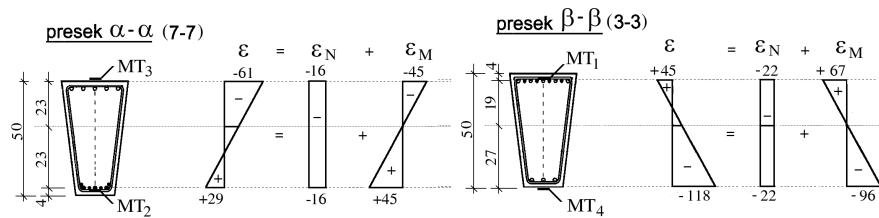
#### Rezultati eksperimentalne analize



Slika 3 – Dijagram merenih ugiba u I fazi (sopstvena težina - g); U [mm].



Slika 4 – Dijagram merenih ugiba u II fazi – simetrija;  $U[\text{mm}]$   
(eksploatacionalno opterećenje sa koefic. sigurnosti  $p=140 \text{ daN/m}^2$ )



Slika 5 – Dijagrami merenih ukupnih dilatacija u preseku  $\alpha-\alpha$  i  $\beta-\beta$  ( $g+p_{\max}$ ).  
 $\varepsilon [\times 10^{-6}]$

- Presečne sile dobijene na osnovu merenih dilatacija (napona)

#### Presek $\alpha-\alpha$

$$N_{mer} = \sigma_N \cdot A_b = -5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \cdot 1200 \text{cm}^2 = 6000 \text{daN} = 60 \text{kN} \quad (1)$$

$$Mx_{mer} = \sigma_{Mx} \cdot \frac{J_x}{y_{\max}} = 14 \cdot \frac{247362}{23} = 150568 \text{daNm} = 15,06 \text{kNm} \quad (2)$$

#### Presek $\beta-\beta$

$$N_{mer} = \sigma_N \cdot A_b = -7 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \cdot 1200 \text{cm}^2 = 8400 \text{daN} = 84 \text{kN} \quad (3)$$

$$Mx_{mer} = \sigma_{Mx} \cdot \frac{J_x}{y_{\max}} = 29 \cdot \frac{247362}{27} = 265685 \text{daNm} = 26,57 \text{kNm} \quad (4)$$

#### Presek $\gamma-\gamma$

$$N_{mer} = \varepsilon \cdot E_b \cdot A_b = \sigma_b \cdot A_b = -50 \cdot 10^{-6} \cdot 0.3 \cdot 10^{+6} \cdot 1200 = 180 \text{kN} \quad (5)$$

- Poređenje računskih i merenih veličina ugiba i deformacija

- Ugib u polovini raspona poprečnog lučnog nosača od ukupnog opterećenja (g+1.4p)

$$\eta = \frac{U_{rac}}{U_{mer}} = \frac{16.43 + 1.4 \cdot 3.47}{3.34 + 1.61} = \frac{21.29}{4,95} = 4.3 > 1,0 \quad (6)$$

- Horizontalno pomeranje u preseku  $\beta$ - $\beta$  od ukupnog opterećenja (g+1.4p)

$$\eta = \frac{U_{rac}}{U_{mer}} = \frac{4.63 + 1.4 \cdot 2.65}{2.9 + 5.3} = \frac{8.34}{8,2} = 1.02 > 1,0 \quad (7)$$

## 2.1. Ocena rezultata ispitivanja

Vizuelnim pregledom konstrukcije i ispitivanjem na uticaj statičkog opterećenja, ustanovljeno je sledeće:

1) U fazi opterećenja usled dejstva sopstvene težine, koje je aplicirano opuštanjem skele (I faza), ispitivani elementi od armiranog betona ponašali su se u skladu sa proračunskim prepostavkama, pri čemu su maksimalne merene vrednosti ugiba i dilatacija u betonu odnosno armaturi bile znatno manje od dozvoljenih. Maksimalni vertikalni ugibi izmereni su u sredini raspona lučnog nosača, a maksimalna horizontalna pomeranja u nivou trećeg ferocementnog elementa. Maksimalne dilatacije izmerene su u preseku  $\beta$ - $\beta$ . U ovoj fazi vidljivih prslina nije bilo.

2) U fazi simetrično nanetog eksploracionog opterećenja sa koeficijentom sigurnosti  $\gamma=1,4$  (II fazi) ispitivani nosač ponašao se elastično. Maksimalne vrednosti vertikalnog ugiba izmerene su u preseku  $\alpha$ - $\alpha$ , a horizontalnog pomeranja u preseku  $\beta$ - $\beta$ . Pomeranja oslonaca su zanemarljive vrednosti. Merene dilatacije na armaturi i betonu pokazale su maksimalne vrednosti usled eksploracionog opterećenja u preseku  $\beta$ - $\beta$  i manje su od dozvoljenih i proračunskih. Deformacije su nakon rasterećenja imale povratni efekat, odnosno zaostali ugibi su u četvrtini raspona 22%, a u polovini raspona 16% od maksimalno merenog, što je manje od propisima dozvoljenih 25%. Ni u ovoj fazi opterećenja vidljivih prslina nije bilo.

3) U poslednjoj fazi (III fazi) konstrukcija je opterećena antimetrično (do polovine raspona), a očitana pomeranja i deformacije nisu pokazivali prekoračenja.

4) Za zbirne uticaje I i II faze (g+p) izmerena su maksimalna vertikalna pomeranja (ugibi) u preseku  $\alpha$ - $\alpha$  od ( $U_{2mer}=4,95$  mm) i horizontalna pomeranja u preseku  $\beta$ - $\beta$  ( $U_{5mer}=8,2$  mm). Maksimalne merene dilatacije u čeliku ( $\epsilon_{mer}=+45 \times 10^{-6}$ ) i betonu ( $\epsilon_{mer}=-118 \times 10^{-6}$ ) očitane su takođe u preseku  $\beta$ - $\beta$ . Ove dilatacije izazivaju napone u armaturi od  $95$  daN/cm $^2$  i betonu od  $36$  daN/cm $^2$ , što je manje od

dozvoljenih naponu. U oslonačkim presecima γ-y merene vrednosti dilatacija pokazuju da naponi nisu prekoračeni, a ukupne merene presečne sile prate proračunske vrednosti i manje su od njih.

5) Merenja u fazi montaže ferocementnih elemenata (koruba) nisu sprovedena, tako da uticaji usled slegnja čelične skele nisu analizirani u ovom radu.

6) Ispitivanje ferocementnih koruba (elemenata ispune i ujedno oplate) obrađen je u [2].

#### 4. ZAKLJUČAK

Merenjem dobijene veličine ugiba i dilatacija pokazuju da ispitivana hala, od armiranobetonskih lučnih nosača i podužnih greda, sa ispunom od ferocementnih elemenata (koruba), poseduje zahtevane karakteristike u pogledu nosivosti i upotrebljivosti uz potrebne koeficijente sigurnosti. Ponašanje konstrukcije je elastično, a maksimalni naponi su u dozvoljenim granicama za odgovarajuće materijale.

Na osnovu sprovedenih ispitivanja na uticaj probnog (zamenjujućeg) opterećenja i dobijenih rezultata može se zaključiti da ovde primjenjeni (originalni) konstruktivni sistem ispunjava sve zahteve za tehnički ispravnu konstrukciju čime se, uz napred navedene brojne prednosti, preporučuje za izradu višenamenskih hal.

#### 7. LITERATURA

- [1] Entoine E. Naaman: *Ferrocement and laminated cementitious components*, Tehno press 3000, Ann Arbor, Michigan, USA, str. 183-193.
- [2] Izveštaj o ispitivanju br. IK 04/08: *Ferrocementni tipski elementi*, GAF Niš.
- [3] Izveštaj o ispitivanju br. IK 01/09: *Tipska hala sa ferrocementnim elementima*, GAF Niš.
- [4] Milinković M.: *Experience with Prefabricated Ferrocement Panel for the Construction of Ferrocement Halls*, 9<sup>th</sup> International Symposium on Ferrocement and Thin Reinforced Cement Composites, p 11-19, Bali, Indonesia, 2009.
- [5] Ranković S., Folić R. Mijalković M.: *Ojačanje AB greda FRP armaturom postavljenom unutar zaštitnog sloja betona*, Zbornik radova GAF Niš br. 24., 2009. god., str. 35-44.
- [6] SRPS U. M1. 047 iz 1987. godine.

# **FORMA HRAMA**

**Mirko Stanimirović<sup>1</sup>**  
**Goran Jovanović<sup>2</sup>**  
**Tanja Obradović<sup>3</sup>**

## **Rezime**

*U ovom radu se principi projektovanja u arhitekturi povezuju sa načelima teorije forme u stvaranju pravila vizuelne forme arhitekture. Forma hrama, koja zavisi od unutrašnjeg i spoljašnjeg poretku u skladu sa teološkim programom, može se predstaviti pojednostavljenim formama, kombinacijom pet Platonovih tела. Analizom poznatijih hramova i njihovih svedenih formi prikazuje se slobodno i raznoliko oblikovanje objekata iste funkcije.*

**Ključne reči:** Arhitektura, hram, teorija forme.

## **1. O ARHITEKTURI**

Prostor, forma, funkcija, poruka, veza sa okolinom i značenje, kao osnovni elementi projektovanja građevina, pri raznim načinima realizacije određuju stilove i epohe u arhitekturi. Položaj, definicija, dimenzije i oblikovanje prostora su najbitniji zadaci arhitekture<sup>1</sup>.

Dobro funkcionisanje neke građevine je osnovna svrha arhitekture. A i svrha i funkcija su i neraskidivoj vezi sa socijalnom ulogom, estetskom i formalnom organizacijom, duhovnim i kulturnim

---

<sup>1</sup> Mirko Stanimirović, dipl. inž. arh, aistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,

<sup>2</sup> Dr Goran Jovanović, dipl. inž. arh, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,

<sup>3</sup> Tanja Obradović, dipl. inž. arh, Ministarstvo građevinarstva i urbanizma, Niš

<sup>1</sup> Grčki αρχιτεκτονική, latinski architectura - umetnost građenja, način stvaranja građevine.

potrebama, prirodom mesta i materijala, igrom svetlosti i formom. Tehničko i estetsko funkcionisanje opisuje arhitekturu kao umetnost koja ima upotrebnu vrednost. Takav opis u isto vreme povlači tanku liniju između umetnosti i funkcije.

Izbor forme daje poruku o nameni. Različitim formama, izborom boja i materijala, građevina može da se uklopi u svoju okolinu. Svaka građevina ima individualni iskaz i karakter, koji se pokazuje kroz oblik, funkciju ili organizaciju.

Vitruvije uči da se arhitektura sastoji od reda, rasporeda, euritmije, simetrije, primerenog oblika i ekonomije. Red je pravilno slaganje delova zgrade. Raspored je zgodno postavljanje predmeta. Euritmija je prijatan oblik i lep izgled. Simetrija je sklad među delovima same zgrade. Primeren oblik je besprekoran izgled zgrade. Ekonomija je dobro iskorišćavanje građevinskog materijala i prostora. „Sve te građevine se moraju graditi tako da se pazi na čvrstoću (*firmitas*), svrhu (*utilitas*) i lepotu (*venustas*). O čvrstoći se vodi računa ako se temelji kopaju do tvrdog tla, a materijal za gradnju bira pažljivo i bez štednje; o svrsi, ako položaj mesta nema mane i smetnje za upotrebu, a raspored je, u odnosu na kraj, dobar i odgovara određenoj vrsti građevine; o lepoti, kada je oblik zgrade dopadljiv i lep, a odnos delova ima potrebne proporcionalne odnose.“<sup>2</sup>

Korbizije smatra da je arhitektura jedna od najbitnijih potreba čoveka, jer je kuća prvo oruđe koje je napravljeno. Za arhitekte je napisao upozorenja vezana za oblik, površinu, plan i proporcije. „Arhitekta, raspoređujući forme, ostvaruje red koji je čista tvorevina njegova duha; kroz forme on silovito uzbudjuje naša čula, izazivajući plastične emocije; harmonijom koju stvara, on budi u nama duboke odjeke, daje nam meru nekoga reda za koji osećamo da je u skladu sa poretkom u svetu, on izaziva raznolika gibanja u našem razumu i srcu, mi onda doživljavamo lepotu.“<sup>3</sup>

Za Korbizijea je arhitektura znalačka, pravilna i raskošna igra oblika okupanih u svetlosti. „Naše su oči načinjene tako da vide forme na svetlosti; senke i svetla mesta otkrivaju forme; kocke, kupe, lopte, cilindri ili piramide su velike prvo bitne forme koje svetlost otkriva; njihova nam je slika čista, jasna i opipljiva, bez dvomislenosti.“ On veruje da se svi slažu da su to lepe forme, najlepše forme.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Vitruvije, Deset knjiga o arhitekturi, str. 22.

<sup>3</sup> Le Korbizije, Ka pravoj arhitekturi, str. 3.

<sup>4</sup> Le Korbizije, nav. delo, str. 16.

## 2. O TEORIJI FORME

Kao školski predmet, teorija forme je postavljena na moderne osnove početkom XX veka u školi Bauhausa<sup>5</sup>. Kao predmet rađala se iz kreativne prakse koja je pokušavala da nađe zajednički jezik modernog shvatanja umetnosti i proizvodnje. Njihova istraživanja i istraživanja njihovih sledbenika, pokazala su da forma nije samo deo fizičkog prostora, nego i duhovnog, estetskog, filozofskog, kulturnog i socijalnog uopšte.

Slično je teoriju forme razvijao i K. Bogdanović, proučavajući formu kroz svetlost, prostor, liniju kao činilac forme, oblik, boju, ritam i odnose forma-sadržaj i čovek-prostor. Po njemu svaka svesna namera čoveka da nešto učini nailazi na dva načela u shvatanju forme: relaciju postojanja i odnosa formi u neživoj i živoj prirodi. Na to se nastavlja neodvojivo svojstvo ljudskog bića, odnos lepog i korisnog. To je osećanje za uspostavljanje odnosa delova prema celini i osećaj određenog reda, mere, proporcije, odnosa forme i boje. Načelo samerljivosti težinskih odnosa je način na koji su stvarane forme u prirodi. To znači da su delovi neke celine predstavljeni u donjim zonama, jer deluju teže od ostalih. To načelo zadržalo se u svim graditeljskim formama koje je od davnina stvarao čovek. Sve forme viđene u realnosti i uobrazili, podelio je na predstave i kompozicije. Prve su one kojima se lako prepoznaće lik prema nekom poznatom modelu koji ima svoj naziv i poreklo. Forma u prostoru ili kompozicija ima određenu konturu, ali lik se ne može odrediti pomoću poznatog imena.<sup>6</sup>

## 3. O VIZUELNOJ FORMI ARHITEKTURE

Rudolf Arnhajm postavlja pitanje ima li razloga da se toliko pažnje poklanja izgledu zgrada. Tražio je opravdanje za proučavanje forme u arhitekturi. Primetio je da su opažajne sile koje organizuju vizuelne oblike i deluju na izraz ovaploćene u geometriji arhitekture sa čistotom koja može da se nađe samo još u muzici. Oblikovanje je stvaranje opipljivih i vidljivih oblika jedne zgrade. Reakcija na istorijsko razdoblje i protest protiv novijeg pohoda za pojednostavljenje je

---

<sup>5</sup> Nemački Bauhaus – kuća graditelja, ili punim imenom Državna škola Bauhaus u Vajmaru je bila državna škola za arhitekturu i primenjene umetnosti.

<sup>6</sup> Kosta Bogdanović i Bojana Burić, Teorija forme, str. 7.

smatranje da je oblikovanje suvišno. Forma treba da se proučava obazirući se na praktične i socijalne funkcije zgrada. Možda predstave arhitekata ne treba da budu uzbudljivije od predstava običnih ljudi, tako da ne treba da se isporučuje nešto što niko neće da primeti. Prosečni ljudi na ulici razmišljaju o radijatorima, promaji i stepeništima, a ne o planovima i modulima. Isto tako, neće govoriti o svetlosti i vazduhu, ali će biti pod dubokim uticajem njihovog kvaliteta. Iz svega navedenog zaključuje se da je zgrada u svim svojim vidovima činjenica ljudskog duha. R. Arnhajm misli da se svest javlja na više različitih nivoa, koji nisu uvek svesni. Zbog etike i samopoštovanja, opravdava najinteligentnije viđenje, bez obzira na mišljenja klijenata, naučnika ili potrošača.

„Forma je doživljaj čula vida i sluha, čula opažanja, topote i hladnoće, mišićnog ponašanja, kao i misli i težnji koje iz toga proističu. Vizuelna forma jedne zgrade ne može da se razume ukoliko se ne uzme u obzir njena funkcija.“<sup>7</sup>

Robert Venturi tvrdi da protivrečnost može da stvori uspešne odnose: oblikovanje spolja prema unutra, kao i iznutra prema spolja, stvara nužne napetosti, koje doprinose nastajanju arhitekture. „Pošto se unutrašnjost razlikuje od spoljašnjosti, zid – to mesto prelaza – postaje arhitektonski događaj. Arhitektura se dešava tamo gde se sreću unutrašnje i spoljašnje sile primene i prostora... Arhitektura, kao pregradni zid između unutrašnjosti i spoljašnjosti, postaje prostorni dokumenat ovog rešenja i njegove drame.“<sup>8</sup>

#### 4. FORME HRAMA

Iako je svaki predmet određen svojom neposrednom okolinom, haos našeg načina života, prema R. Arnhajmu, može da se razume samo ako ga posmatramo odozgo, da pođemo od celine i da pojedinačne elemente razmatramo u njihovom kontekstu. Svakako, red ostaje skriven od takvog pristupa. U proučavanjima opažanja, psiholozi su pažnju ograničili na najjednostavniji slučaj odnosa figura – osnova. Figura ima prepoznatljiv oblik, koji je njena odrednica u situaciji. Pošto nema granica, osnova nema oblika, nego samo neka opšta prostorna svojstva.

<sup>7</sup> Rudolf Arnhajm, Dinamika arhitektonske forme, str. 10.

<sup>8</sup> Robert Venturi, Složenosti i protivrečnosti u arhitekturi, str. 98.

Zgrada dobija veličinu na osnovu hijerarhije potpodela, koje vode od malih jedinica ka većim. Istovremeno zgrada stiče veličinu, dok nam se oči penju od malih jedinica ka sve većim. Veličina je uglavnom stvar unutrašnjih odnosa.

Teoretičar Konrad Fidler<sup>9</sup> je govorio o procesu duhovne asimilacije, pomoću koje se svi tragovi karakteristika građevinskog materijala, sve slučajnosti građevinske tehnike, brišu iz posmatračeve svesti. Ono što ostaje je čista forma zgrade, fizički oblik koji ukazuje na harmonične proporcije kao nosioce lepote i koji se povezuje sa izvesnim značenjima. Određena funkcija definiše niz oblika, ali uprkos tehničkim ograničenjima uvek ostaje nešto malo slobode da se pokaže ličnost stvaraoca dela. Da se ne bi u to malo slobode pokazivala samo formalna lepota, potrebno je da se definise harmonija svih delova, bilo u kom predmetu, sklopljenih sa takvom srazmerom i povezanošću da ništa ne bi moglo da se doda, oduzme ili promeni a da se ne nanese šteta.

Kada je Hans Hollein pitao Miesa šta je najteži zadatak u arhitekturi, on mu je odgovorio da su to bar i crkva. Funkcija jednog bara ili crkve je jednostavna, ali šta će od toga nastati, zavisi od kreativnosti arhitekte. R. Arnhajm je stalno morao da pravi razliku između uspešnih i neuspešnih zgrada zato što samo najbolji primerci ilustruju vizuelna svojstva neopterećena slučajnostima.

U vreme sukoba egocentrične i arhitekture motivisane profitom, upotrebljivost i prilagođenost arhitekture su dobili drugorazredni značaj. Vremenu se suprotstavila crkvena arhitektura, primenjujući oblike nasleđene srednjovekovne moravske škole u nas. Iznikli su i objekti obojeni svačim, samo ne kreativnošću i inovacijom. Svi znaju šta treba da bude crkva, a ipak postoji toliko različitih objekata. Tako je eliminisana jedna od nepoznatih u proučavanju forme u arhitekturi.

Da bi se napravio model hrama, treba da se definise osnovni koncept. Le Korbizijeove crkvene građevine su neuspešne u teološkom smislu, ali u umetničkom pogledu, kako tvrde neki kritičari, veliki umetnik je dosegao najviše domete. Za Ronšan se smatra da nije sagrađena bolja crkva posle Bruneleskijeve (Brunelleschi) Kapele Paci (Pazzi) iz 1446. godine i da je „najveća građevina našeg doba“.<sup>10</sup>

Model ili unutrašnje ustrojstvo hrišćanskog hrama, u toku njegovog razvoja, određivano je ne toliko estetskim zahtevima, koliko

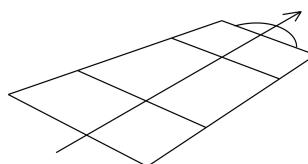
---

<sup>9</sup> Konrad Fiedler (1841-1895), nemački teoretičar umetnosti.

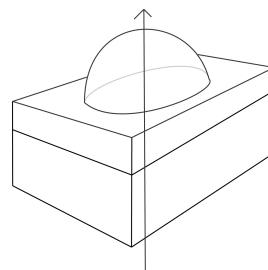
<sup>10</sup> Martin Pardi, Le Korbizije i teološki program, str. 391-401.

potrebama hrišćanskog bogosluženja. Otud, nije mogućno baviti se na ispravan način problemom građenja crkve, ukoliko se nedovoljno zna šta se u hramu dešava za vreme bogosluženja pa, dakle, i o sadržini i toku najglavnijeg opštehrhišćanskog bogosluženja, imajući u vidu posebnost pravoslavnog (ili tzv. "istočnog") obreda.

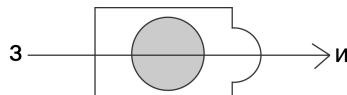
Struktura pravoslavnog hrama može da se predstavi jednim modelom, koji ima tri sloja u horizontalnom i vertikalnom smislu (slike 1, 2 i 3). Horizontalna struktura je unutrašnji poredak: pročelje, brod i oltar. Vertikalna predstavlja spoljašnji poredak: kupola (nebeski svod), kvadratna osnova (stvoreni svet) i prelazni sloj između njih (koji kazuje da je ovozemaljski život prolazan, a da je večan posle njega). Treći opis modela je njegov položaj zapad-istok.



Slika 1- Unutrašnji poredak<sup>11</sup>



Slika 2 - Spoljašnji poredak<sup>12</sup>



Slika 3 - Položaj u odnosu na strane sveta<sup>13</sup>

Primeri koji slede, nakon ovog opštег dela, posmatrani su kao elementi prostora. Platon<sup>14</sup> je u Timaju govorio da je prostor majka i

<sup>11</sup> Sopstveno istraživanje.

<sup>12</sup> Isto.

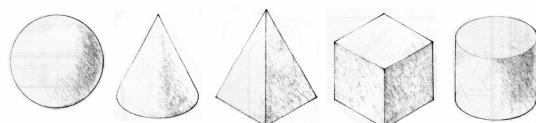
<sup>13</sup> Isto.

<sup>14</sup> Platon (427-347 p.n.e.), antički grčki filozof, učenik Sokrata, učitelj Aristotela.

prihvativatelj svega što se rodilo kao vidljivo i svim drugim čulima opažljivo. Zamišlja ga kao univerzalnu prirodu koja prihvata sva tela, koja moraju uvek isto da se zovu jer dok prima sve stvari ne napušta svoju suštinu i nikada ne dobija formu neke stvari koja ulazi u nju.

Prostor je za Platona ništavilo koje postoji kao entitet u spoljašnjem svetu, naš kao predmeti koje on može da obuhvati. Čak i bez takvih predmeta, prostor bi i dalje postojao, kao prazna, beskrajna posuda.<sup>15</sup>

Platon od presokratovaca prihvata postojanje četiri osnovna elementa (zemlja, vazduh, vatra i voda), ali ih on ne može smatrati istinskim bivstvom, jer se nalaze u stanju stalne promene, nastajanja i propadanja, pa o njima govori kao o svojstvima. Ta se svojstva pojavljuju u "primateljici", "nekoj nevidljivoj vrsti, bezobličnoj, sveprimajućoj u umnom" (Tim. 51a 7–b1). Prostor ili primateljka, dakle, nije materija od koje potiču prvo bitna svojstva, nego ono u čemu se oni pojavljuju kao nestali. Poslednji elementi tako oblikovanog kosmosa su, prema Platonu, geometrijske figure, i to trouglovi. Od njih su sačinjeni pravilni poliedri: tetraedar, oktoedar, ikosieder, heksaedar i dodekaedar. Ovi su pravilni poliedri, kojih ne može biti više od pet, kasnije nazvani "pet Platonovih tela". Prva četiri dovode se u vezu s četiri osnovna elementa: vatri, vazduhu, vodi i zemlji. Dodekaedar se pak uzima kao oblik kosmosa. Iz ovih osnovnih tela i čestica nastaju svi drugi oblici i tela.<sup>16</sup>



Slika 4 - Platonova tela-Frank Ching<sup>17 18</sup>

Frenk Čing je posmatrao arhitektonske forme kroz pet osnovnih elemenata, malo modifikovanih u odnosu na Platona, ali sa istom suštinom. Njegova knjiga Arhitektura: forma, prostor i red sadrži, između ostalog, crteže objekata i njihovo poređenje sa osnovnim formama (loptom, kupom, piramidom, kockom i valjkom).

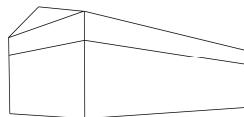
<sup>15</sup> R. Arnhajm, nav. delo, str. 16.

<sup>16</sup> <http://sh.wikipedia.org/wiki/Platon#Fizika>, 2008-06-02

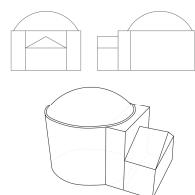
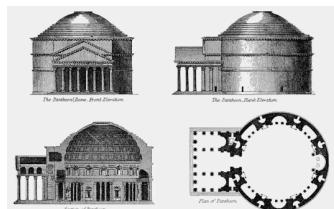
<sup>19</sup> Frank (Francis D. K.) Ching (1943), američki arhitekta i pisac.

<sup>18</sup> Francis D. K. Ching, Die kuns..., str. 42-44.

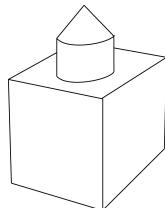
## 5. PRIMERI



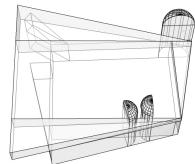
Slika 5 - Partenon



Slika 6 - Panteon

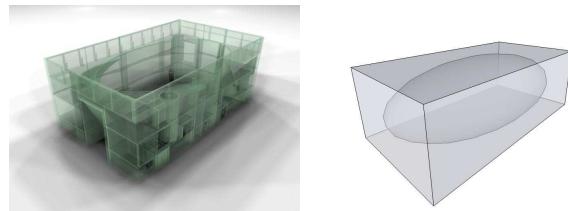


Slika 7 - Kapela Paci

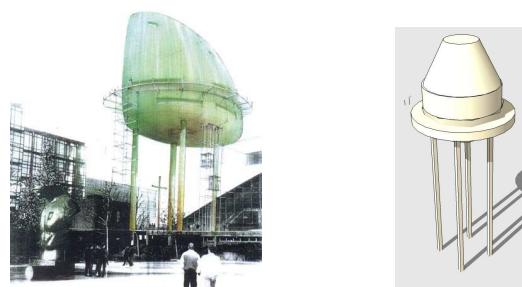


Slika 8 - Ronšan

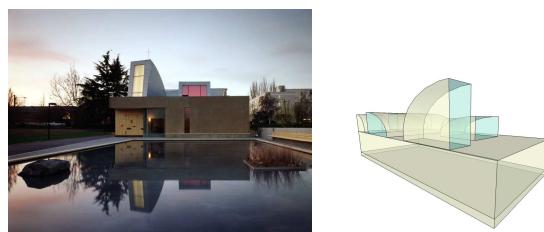
Forma hrama



Slika 9 - Crkva Sv. Frensisa



Slika 10 - Notre-Dame de la Pentecôte



Slika 11- Kapela Sv. Ignacija



Slika 12 - Crkva Rođenja presvete Bogorodice

**6. ZAKLJUČAK**

Jednostavni koncept hrama može se oblikovati na različite načine. Forme koje su nadživele vreme, najprimenljiviji su modeli. Naviknuti smo na njih tako da ih smatramo simbolima. One su toliko snažne da oblikuju prostor oko sebe. Hramovi se grade na najistaknutijim mestima, posebno izabranim samo za tu namenu, osim u slučaju skrivanja. Da li može da se unapredi ili prevaziđe vekovima dokazan Partenon ili neki drugi hram izgrađen sa takvim odnosima delova i celine da nam ispunjava srce? Da li mogu da se prevaziđu jednostavne melodije? Priroda svaki proces pokušava da uradi na najjednostavniji način. Tako se i hramovi svode na kvadar, valjak ili piramidu. Najsavršeniji simbol neba prikazan je kroz kupolu. Ipak, postoje primeri koji i bez takvog simbola, obavljaju i unapređuju funkciju liturgije i u isto vreme predstavljaju crkvu. Skromnost, glavna odlika pravoslavlja, je ključ koji rešava te probleme. Njemu suprotnost je pokazivanje moći, isticanje, vladanje. Otuda velike kupole i tornjevi.

„Pošto sve ljudske misli moraju da se odigravaju u medijumu opažajnog prostora, arhitektura, namerno ili ne, predstavlja ovaploćenja misli kada izmišlja i gradi oblike.“<sup>19</sup>

## 6. LITERATURA

- [1] Arnhajm, Rudolf.: *Dinamika arhitektonske forme*, Univerzitet umetnosti u Beogradu, 1990.
- [2] Bogdanović, Kosta, Burić, Bojana.: *Teorija forme*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2004.
- [3] Ching, Francis D. K.: *Die kunst der architectur - Gelstaltung als Zusammenklang von Form, Raum und Ordnung*, Wiesbaden und Berlin, 1983.
- [4] Le Korbizije.: *Ka pravoj arhitekturi*, GK, Beograd, 1999.
- [5] Pardi, Martin.: *Le Korbizije i teološki program*, AFB, 1999.
- [6] Venturi, Robert.: *Složenosti i protivrečnosti u arhitekturi*, Građevinska knjiga, Beograd, 1999.
- [7] Vitruvije, *Deset knjiga o arhitekturi*, GK, Beograd, 2000.

---

<sup>19</sup> R. Arnhajm, nav. delo, str. 238.

# KOMUNIKATIVNI PRISTUP I KOMUNIKATIVNE POTREBE STUDENATA TEHNIČKIH NAUKA

Maja Stanojević Gocić<sup>1</sup>

## Rezime

*Rad ima za cilj da objasni značaj komunikativnog pristupa u nastavi engleskog jezika za posebne namene kojoj pripada i akademska nastava namenjena studentima tehničkih nauka kao budućim inženjerima. Komunikativni pristup kao savremeni pristup omogućava razvoj komunikativne kompetencije studentata što predstavlja i glavni cilj nastave i, između ostalog, omogućava studentima da se uspešno bave svojom budućom profesijom.*

**Ključne reči** engleski jezik za posebne namene, komunikativni pristup, komunikativna kompetencija, analiza potreba

## 1. UVOD

Studenti tehničkih nauka kao budući inženjeri treba da ovladaju jezičkim veštinama engleskog jezika, gramatičkim pravilima i terminologijom struke kako bi se uspešno bavili svojim budućim zanimanjima. Važnost učenja engleskog jezika, koji danas predstavlja globalni, svetski jezik i međunarodni jezik komunikacije, je neosporna [1], ali je neophodno posvetiti posebnu pažnju prilagođavanju akademske nastave engleskog jezika potrebama studenata tehničkog usmerenja kako bi uspešno ovladali terminologijom struke i istu koristili u različitim komunikativnim situacijama, a posebno u komunikaciji sa ekspertima iste ili srodne struke. Nastava engleskog kao stranog jezika (ELT-English language teaching) namenjena budućim inženjerima treba da obuhvati sve jezičke veštine (čitanje, pisanje, slušanje i govorenje), kako bi se oni osposobili za samostalnu i uspešnu pisanu i usmenu komunikaciju, kao i

---

<sup>1</sup> dr Maja Stanojević Gocić, Visoka škola primenjenih strukovnih studija, Vranje

autonomno korišćenje stručne literature na engleskom jeziku. Na taj način se inženjeri osposobljavaju i za celoživotno obrazovanje. U tom smislu poželjno je da studenti najpre ovladaju terminologijom, tj. tehničkim vokabularom i gramatičkim pravilima, a da zatim razvijaju komunikativne veštine u toj meri da mogu unaprediti svoju komunikativnu kompetenciju. To je i glavni cilj komunikativnog pristupa nastavi, a da bi se on ostvario neophodna je upotreba autentičnih materijala i adekvatnih vežbanja kojim bi studenti usavršili svoje komunikativne veštine.

S obzirom da je reč o nastavi koja predstavlja deo engleskog jezika za posebne namene (ESP-English for Specific Purposes) neophodno je izvršiti i odgovarajuću analizu potreba, koja se može izvesti putem upitnika, anketa, pismenih i usmenih intervjuja, kako bi se nastava prilagodila specifičnim potrebama studenata. Nastava bi takođe trebalo da prati savremene društvene tokove i koristi savremene metode i nastavna sredstva, što podrazumeva upotrebu savremenih tehnologija da bi motivisala studente i zadovoljila njihova raznovrsna interesovanja, uključila ih u moderne tokove i omogućila ne samo usavršavanje opšteg engleskog i kolokvijalnog jezika koji se koriste u svakodnevnoj komunikaciji, medijima, i sl., već i jezika struke, što predstavlja nimalo lak zadatak s obzirom na činjenicu da su pomenuti studenti u srednjoj školi izučavali opšti engleski jezik, te da im tehnička terminologija predstavlja nepoznanicu.

Engleski jezik za posebne namene deli se na engleski jezik za akademske potrebe (EAP- English for Academic Purposes) i engleski jezik za potrebe zanimanja koji se još naziva i engleski jezik za stručne namene ili stručni engleski kao drugi jezik (EOP/EVP/VESL-English for Occupational Purposes/English for Vocational Purposes/Vocational English as a Second Language) [2]. Pokretači koji su doprineli razvoju engleskog jezika za posebne namene su globalno širenje engleskog jezika kao jezika savremenog poslovanja, nauke i tehnologije i pojava komunikativnog pristupa koji je označio raskid sa tradicionalnim strukturalnim pristupom i prelaz sa samog jezika na potrebe onih koji uče jezik [3].

U radu će biti analiziran komunikativni pristup nastavi engleskog jezika i komunikativne potrebe studenata tehničkih nauka.

## **2. KOMUNIKATIVNI PRISTUP NASTAVI ENGLESKOG JEZIKA**

Komunikativni pristup danas predstavlja dominantni princip u nastavi čiji je primarni cilj postizanje komunikativne kompetencije. Ovaj

pristup je usmeren ka sticanju aktivnog znanja stranog jezika koje će se kasnije koristiti u raznim komunikativnim situacijama. Za razliku od lingvističke kompetencije, koja podrazumeva poznavanje gramatičkih pravila jednog jezika, komunikativna kompetencija podrazumeva poznavanje pravila kojima se uspešna i efikasna komunikacija prilagođava sagovorniku, komunikativnoj situaciji i socijalnom kontekstu u kome se odvija. Ona podrazumeva znanje o odgovarajućim pravilima upotrebe jezika, kao i znanje o jezičkim formama, njihovom značenju i funkciji.

Postoje četiri dimenzije komunikativne kompetencije: gramatička, sociolingvistička, diskursna i strategijska. Ašić [4] navodi da gramatička kompetencija podrazumeva poznavanje sintakse i leksičke, sociolingvistička se odnosi na svest o prihvatljivosti nekog iskaza u odnosu na situaciju u kojoj je izgovoren, diskurzivna kompetencija pokazuje da li je govornik u stanju da napravi koherentan i kohezivan diskurs, dok je strateška kompetencija zasnovana na poznavanju komunikativnih strategija i sposobnosti da se uspešno vodi razgovor. Na taj način se komunikacijom postiže neki unapred postavljeni cilj.

Lončarević i Subotić [5] komunikativni metod objašnjavaju pomoću više konceptualnih prilaza koji postavljaju komunikaciju na najvažnije mesto u učenju jezika, a kao jedna od istaknutih metoda u okviru ovog pristupa nastavi je i funkcionalno-pojmovna metoda koja organizuje jezičko gradivo s ciljem razbijanja globalnog koncepta jezika na celine u komunikativnim situacijama u kojima se koriste. U okviru ovog metoda čenje jezika se zasniva na učenju funkcionalnih kategorija jezika (personalne, interpersonalne, direktivne, referentne i imaginativne).

Veljković Stanković [6] kao opšte odlike komunikativnog pristupa navodi sledeće: „(a) korišćenje jezičkih inputa impostiranih u komunikativnu situaciju; (b) izrazitija povezanost obrazovnih i funkcionalnih ciljeva; (v) koherentnost nastavnih materijala; (g) eksteriorizacija nastavnih ciljeva (jer je motivacija za rad veća kada je svrha učenja poznata i od strane učenika prihvaćena); (d) kontekstualizovanost nastavnih sadržaja (novih i već obrađenih), materijala i predznanja učenika.“ Ova autorka objašnjava da analiza časova koji koriste komunikativni pristup pokazuje da uspeh nastave zavisi od koherentnosti i komunikabilnosti nastavnih ciljeva, sadržaja, kao i upotrebljenih jezičkih materijala. U tom smislu metodologija nastave se povezuje sa pragmatikom i sociolingvistikom. Na primer, poznavanje i ispitivanje različitih vrsta diskursa, koje je po svojoj prirodi pragmičko, kao i koherentnost i kohezija u diskursu značajni su za nastavni proces. Antić [7] navodi tipove diskursa na osnovu

odnosa među komunikatorima i to: profesionalno orijentisani diskurs i naučni diskurs (oba postoje u komunikaciji među ekspertima), ali pominje i asimetričnu komunikaciju (u naučnim časopisima, priručnicima i udžbenicim gde pošaljilac poruke poseduje veći nivo znanja od primaoca). Komunikacija se samim tim može analizirati u lingvističkom smislu pomoću svojih elemenata, a to su medij (kanal), pošiljalac, primalac, poruka i kod [8]. Komunikacija, a samim tim i tip diskursa, zavisi od toga da li se komunikacija odvija među kolegama profesionalcima ili na relaciji između inženjera i laika, odnosno ljudi van inženjerske struke. Na taj način studenti će brže i lakše usvojiti nova znanja, a takođe će biti implementiran princip učanja kroz rad.

Šafranj [9] navodi da komunikativni pristup ima bogatu teorijsku osnovu, jer prepostavlja sledeće: jezik je sistem za izražavanje značenja; osnovna funkcija jezika je da omogući komunikaciju; struktura jezika odražava njegovu funkcionalnost i komunikativnost; osnovne jedinice jezika nisu proste gramatičke i strukturalne kategorije, već kategorije sa funkcionalnim i komunikativnim značenjem koje se ispoljava u govoru. Stoga autorka napominje da bi udžbenik kao jedno od nastavnih sredstava trebalo da inicira i omogući autentičnu komunikaciju na stranom jeziku, a prvenstveno „da inicira interakciju između učenika i nastavnika, i učenika među sobom putem grupnog rada, rada u parovima, situacionog dijaloga, diskusijama, debatama, kroz šale, igre, pesme i tome slično. Ove aktivnosti treba da obezbede uspešan i zanimljiv rad na ostvarivanju ciljeva komunikativnog pristupa.“

Komunikativni pristup, dakle, podrazumeva i upotrebu autentičnog jezičkog materijala, autentičnih tekstova i vežbanja, odnosno autentičkog govora koji se koristi u realnim kontekstima. Kada govori o ulozi profesora u okviru ovog pristupa, Larsen-Freeman [10] navodi da profesor ima ulogu fasilitatora u nastavnom procesu, ali je on menadžer nastavnih aktivnosti i da je njegova glavna odgovornost da uspostavi situacije koje mogu da promovišu i unaprede komunikaciju. Tokom ovih aktivnosti on ima i ulogu savetnika, jer odgovara na pitanja studenata i kontroliše njihovu komunikaciju, a pri tom može da bude i komunikator i da aktivno učestvuje u komunikativnim aktivnostima zajedno sa studentima.

### **3. KOMUNIKATIVNI PRISTUP U NASTAVI ENGLESKOG JEZIKA NAMENJENA BUDUĆIM INŽENJERIMA**

Kaewpet [11] navodi da su komunikativne potrebe očiglednije kada analiza potreba pokaže kako engleski jezik za posebne namene pospešuje jezičku upotrebu i kakvi su diskursi u kojima učenici moraju delovati, ali da ima pre malo potpunih analiza komunikativnih potreba inženjera, iako mnogobrojni radovi upravo ukazuju na te potrebe. Osim toga, autor na osnovu svog istraživanja zaključuje da studenti-budući inženjeri i inženjeri mogu da učestvuju u životnim i realnim komunikativnim događajima na sledeći način: slušajući prezentacije na sastanku, seminaru ili konferenciji, izvodeći usmene prezentacije, učestvujući u profesionalnim razgovorima, čitanjem profesionalnih tekstova i pisanjem izveštaja, a neki od njih mogu predstavljati i deo same nastave.

Budući inženjeri moraju imati komunikativne sposobnosti kako bi mogli da objasne tehničke procese, diskutuju i daju savete, kao i da bi radili u timu i učestvovali u kreiranju politike u svojoj kompaniji. Kada razgovaraju sa kolegama od njih se traži jasnost i preciznost, a u razgovoru sa klijentima pojednostavljenost i izbegavanje tehničkih termina [12].

Da bi se komunikativni princip sproveo u delo, odnosno da bi oživeo u praksi, neophodno je ne samo da se studentima prezentuje gradivo, daju gramatičke definicije i praktične vežbe koje sadrže određenu gramatičku jedinicu, već da se osposobe za praktičnu primenu stečenog znanja u konkretnim govornim situacijama. Takođe, nije dovoljno samo nabranjanje i memorisanje tehničkih termina i elaborisanje njihovih definicija, već i njihova konkretna upotreba u odgovarajućem kontekstu, koja, između ostalog, i služi njihovom lakšem i bržem usvajanju. Prema tome, mora postojati kontekstualizacija nastavnih sadržaja o čemu govori i Veljković Stanković [6].

U nastavi namenjenoj inženjerima treba uspostaviti interakciju na relaciji student-student i student-profesor. To bi značilo da u nastavu treba uključiti dijaloge. Šafranji [9] napominje da „dijalog treba da predstavlja i sredstvo i cilj. On bi trebalo da pomogne učenicima da uvežbaju i usvoje određenu jezičku materiju koju će koristiti u slobodnom razgovoru, prvo u učionici između sebe, a zatim i u susretu sa strancem. U simuliranju govornih situacija treba povremeno unositi elemente kreativnosti, jer samo tako dijalog postaje sredstvo učenikovog korišćenja jezika kroz koji on može izraziti svoje mišljenje, dileme, sud ili svoja osećanja.“

Kao jedan vid komunikacije nastavnik može promovisati i prezentaciju seminarskih radova studenata. Studenti bi trebalo da pišu seminarske radove na zadate teme i da usmeno prezentuju te radove. O studentskim prezentacijama kao obliku nastave engleskog jezika govori Novakov [13]. Nakon prezentacija treba ih podsticati da postavljaju pitanja i međusobno diskutuju. Pored toga, studenti mogu uvežbavati pisanje poslovnih mejlova, a može se organizovati i simulacija različitih događaja i situacija poput intervjua za posao, organizovanje sastanaka, konferencija, ili igranje različitih uloge (engl. role play) npr., zaposlenih u nekoj kompaniji kojima se mogu realizovati određene nastavne jedinice.

Pismena komunikacija može biti podsticana čitanjem članaka iz novina ili različitih sadržaja sa interneta i u tom pogledu mogu se primeniti savremene informacione ili multimedijalne tehnologije poput Web 2.0, predstavljenog skupom alata, tehnologija i poslovnih strategija za prikaz sadržaja u elektronskim medijima, multimedijalnih kurseva jezika i snimljenih materijala postavljenih na sajtu fakulteta ili upotrebe web sajtova koji su pogodni za učenje jezika. Pored toga, socijalne mreže, forumi, blogovi i vikići poboljšavaju nastavu engleskog jezika, kao i interaktivne vežbe, animirani filmovi, kolaborativno učenje i učenje na daljinu ostvaruje se komunikacija sa studentima [12]. Na taj način komunikativni pristup koristi autentični jezik u nastavi engleskog jezika za posebne namene i zadovoljavaju se komunikativne potrebe studenata.

#### 4. ZAKLJUČAK

Engleski jezik je od naročitog značaja za inženjere kao glavni međunarodni jezik nauke i kao efikasno sredstvo koje im omogućuje da se upoznaju sa profesionalnim tekstovima napisanim na engleskom jeziku.

Norland i Pruett-Said [14] navode da su prednosti nastave engleskog jezika za posebne namene to što se u njoj ispunjavaju specifične potrebe studenata, koriste autentični materijali i intenzivno obrađuje usko određeni predmet, polje ili delokrug rada. Nedostaci se ogledaju u tome što se dešava da šire potrebe ili šire znanje engleskog bude zanemareno.

U tom smislu primena komunikativnog pristupa u ovoj nastavi može anulirati ovako opisani nedostatak, jer će nesumnjivo proširiti opšta znanja studenata, obogatiti njihov rečnik i omogućiti primenu termina u kontekstu i usmeriti ih da uspešno komuniciraju u različitim

situacijama, odnosno razvijaju strategijsku kompetenciju koja im omogućava adekvatnu komunikaciju.

## 5. LITERATURA

- [1] Pritchard, R.M.O., Nasr, A. (2004) Improving reading performance among Egyptian students: principles and practice, English for Specific Purposes 23, 425-445.
- [2] Hutchinson, T. & A. Waters (1987) English for Specific Purposes, Cambridge: Cambridge University Press.
- [3] Savić-Nenadović, Z. (2010) Needs analysis in tailoring E.S.P: courses, Reči (3), Beograd, Fakultet za strane jezika BK, 161-172.
- [4] Ašić, T. (2011) Nauka o jeziku, Beograd, Beobook, Kragujevac: FILUM.
- [5] Lončarević, M., Subotić, Lj. (2010) Uloga gramatike u nastavi stranog jezika, Norma, vol. 15, br. 1, str. 61-78.
- [6] Veljković Stanković, D. D. (2010) Komunikativni pristup u nastavi srpskog jezika, Uzdanica, Jagodina, br. 1, 7-17.
- [7] Antić, Z. (2010) Teaching different forms of medical communication as a part of E.M.P. course, Reči, br. 3, Beograd, Fakultet za strane jezika BK, 153-161.
- [8] Radovanović, M. (1986) Sociolinguistica, Novi Sad: Književna zajednica Novog Sada, Dnevnik.
- [9] Šafranj, J. (2009) Pragmatički aspekt udžbenika engleskog jezika, Pedagogija, vol. 64, br. 1, 133-144.
- [10] Larsen-Freeman, D. (1986) Techniques and principles in language teaching, Oxford: OUP.
- [11] Kaewpet, C. (2009) Communication needs of Thai civil engineering students, English for Specific Purposes (28), 266-278.
- [12] Stanojević-Gocić, M. (2011) Smernice u nastavi engleskog jezika namenjenoj budućim inženjerima, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš, br. 26, 129-137.
- [13] Novakov, P. (2008) Studentske prezentacije kao oblik nastave engleskog jezika, Pedagoška stvarnost, vol. 54, br. 9-10, 981-989.
- [14] Norland D.L., Pruett-Said, T. (2006) A Kaleidoscope of Models and Strategies for Teaching English to Speakers of Other Languages, Westport, CT: Libraries Unlimited/Teacher Ideas Press, 52-53.



# **SEIZMIČKI PRORAČUN POTPORNIH ZIDOVA NA DOPUNSKI PRITISAK TLA PREMA EVROKODU 8**

**Dragan Zlatkov<sup>1</sup>**  
**Slavko Zdravković<sup>2</sup>**  
**Milovan Stanojev<sup>3</sup>**

## **Rezime**

*Dopunski aktivni seizmički pritisak tla usled dejstva korisnog opterećenja na slobodnoj horizontalnoj površini nosača iza potpornog zida je od posebnog značaja.*

*U radu je dat potporni zid neograničene dužine u pravcu „z“ za određivanje ukupnog dopunskog aktivnog seizmičkog pritiska usled dejstva korisnog opterećenja, kao i uticajna linija za takvo dejstvo.*

*Prema Evrokodu 8 potporne konstrukcije se projektuju tako da i nakon zemljotresa, bez ozbiljnijih oštećenja, trajnih deformacija klizanja i naginjanja usled nepovratnih deformacija temeljnog tla, ispune zahteve funkcije i/ili estetike. Za analizu ovih konstrukcija koriste se postupci dinamike tla i dinamike konstrukcija sa uvođenjem nelinearnog ponašanja tla u interakciji sa potpornom konstrukcijom i inercijalnih efekata, pridružene mase zemljišta, konstrukcije i dr. Pored toga treba uzeti u obzir hidrauličke efekte zbog prisustva vode u tlu. Date su formule Monobe-a i Okabe-a za određivanje koeficijenata pritiska tla. Napomenuto je da se svaka metoda može smatrati prihvativjom za procenu sigurnosti koja se zasniva na postupcima dinamike konstrukcija i tla.*

**Ključne reči:** potporni zid, dinamika tla, korisno opterećenje, EC7 i EC8, kvazi-statička metoda, granično stanje loma

---

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

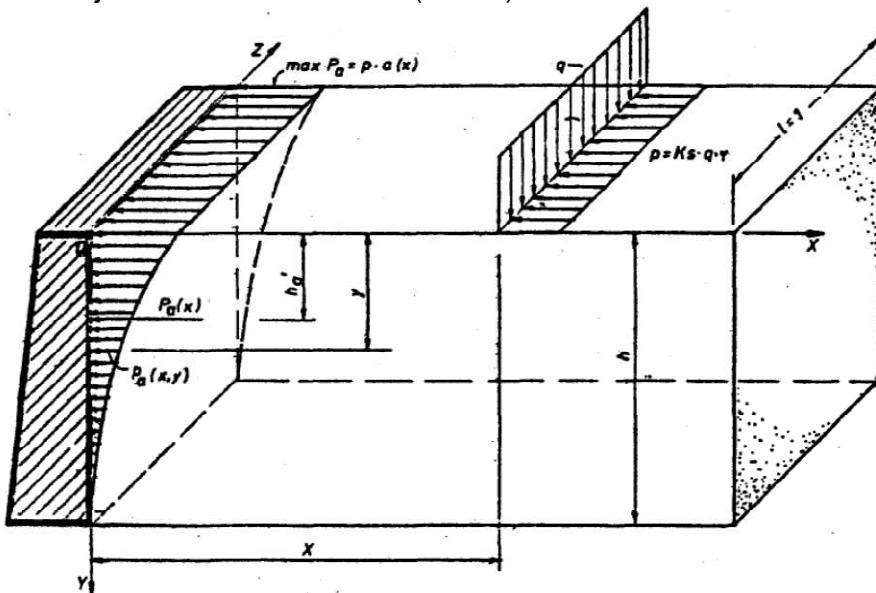
<sup>2</sup> Dr, redovni profesor, Ekspert Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>3</sup> Master inž. grad, student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

## 1. UVOD

Ako kod potpornih zidova morskih i rečnih pristaništa, kejova i obalotvrda, na slobodnoj površini nasipa iza zida postoji vertikalni korisni teret vrlo velikog intenziteta (skladišta, kranovi, železnički koloseci i slično), postojanje ovakvog korisnog opterećenja izaziva dodatni aktivni seizmički pritisak na vertikalnu površinu zida neposredno uz nasip.

Potporni zid ima neograničenu dužinu u pravcu ose „z”, vertikalnu zadnju stranu u ravni „yz”, tako da korisno opterećenje ima konstantan intenzitet u pravcu ose „z” i nalazi se na odstojanju „x” od zadnje vertikalne strane zida (slika 1).



Slika 1. Dopunski aktivni seizmički pritisak na kejski zid usled dejstva korisnog opterećenja

Intenzitet horizontalnog aktivnog seizmičkog pritiska  $p_a(x, y)$ , rezultanta ovog pritiska  $P_a(x)$  i položaj (krak) rezultante određuje se prema sledećim obrascima (račun se sprovodi za jediničnu dužinu zida,  $l = 1$ , slika 1):

$$p = K_S \cdot \Psi \cdot q \quad (1)$$

$$p_a(x, y) = p - a(x)[1 - (\frac{y}{h}) - (\frac{y}{h})^2 + (\frac{y}{h})^3] \quad (2)$$

$$\max p_a = p \cdot a(x) \quad (\text{za } y = 0) \quad (3)$$

Seizmički proračun potpornih zidova na dopunski pritisak tla prema  
Evrokodu 8

$$P_a(x) = \frac{5}{12} \cdot \max p_a \cdot h = \frac{5}{12} \cdot p \cdot a(x) \cdot h \quad (4)$$

$$h_a' = 0,28h \quad (5)$$

$$a(x) = 1 - \frac{1}{60} \left( \frac{x}{h} \right) [25 - 39\left( \frac{x}{h} \right) + 8\left( \frac{x}{h} \right)^2] \quad (\text{za } 0 \leq \frac{x}{h} \leq 3) \quad (6)$$

gde je:

$a$  - indeks koji označava aktivni seizmički pritisak

$x, y, z(m)$  - geometrijske koordinate

$h(m)$  - ukupna visina nasipa (zasipa) iza zida

$h_a'$  - položaj (krak) rezultante aktivnog pritiska

$l(m)$  - dužina zida u pravcu ose „z” (obrazci su dati za  $l=1$ )

$q(kN/m)$  - vertikalno korisno opterećenje konstantnog intenziteta na odstojanju „x” od zadnje strane zida (slika 1)

$p(kN/m)$  - horizontalni inercijalni teret konstantnog intenziteta, koji deluje na slobodnoj površini nasipa na rastojanju „x” od zadnje strane zida ( $p = K_S \cdot \Psi \cdot q$ )

$p_a(x, y)(kN/m)$  - intenzitet horizontalnog aktivnog seizmičkog pritiska,

koji deluje na zadnju stranu zida u proizvoljnoj tački (y)

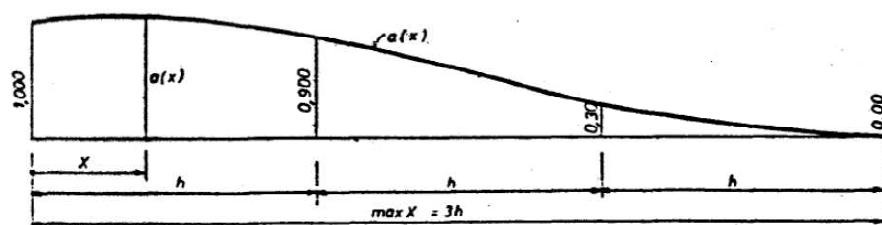
$\max p_a(kN/m)$  - maksimalni intenzitet horizontalnog aktivnog seizmičkog pritiska koji deluje na zadnjoj strani zida u tački  $y=0$  (slika 1)

$P_a(x)(kN)$  - rezultanta horizontalnog aktivnog seizmičkog pritiska

$a(x)$  - bezdimenzionalna funkcija, koja predstavlja uticajnu (influentnu) liniju za  $\max p_a$ , odnosno za  $P_a(x)$  usled dejstva tereta  $q_i$  na rastojanju  $x_i$  od zida ( $0 \leq x_i \leq 3h$ , slika 2)

$\Psi$  - koeficijent redukcije ( $\Psi = 0,75$ , član 23, tabela 5 [3])

$K_S$  - koeficijent seizmičkog intenziteta



Slika 2. Uticajna linija za dejstvo korisnog opterećenja

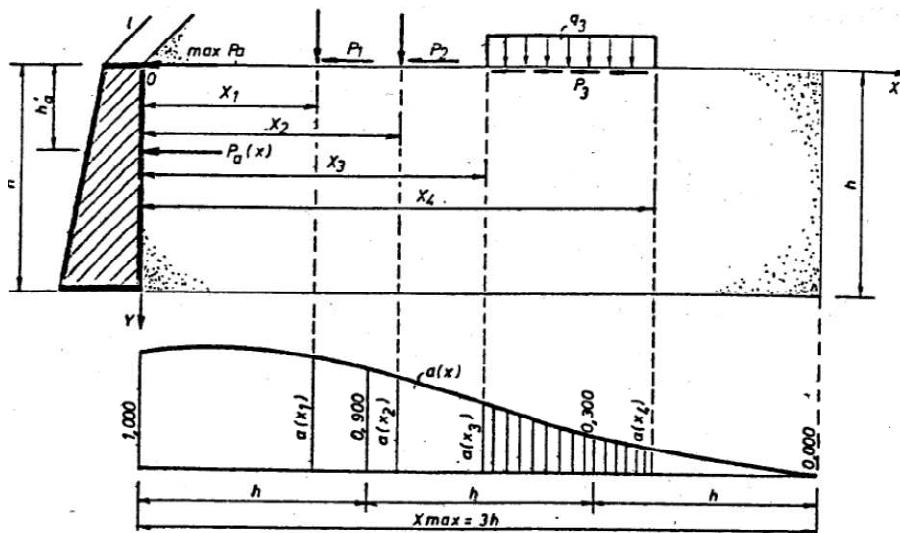
$$p_1 = K_S \cdot \Psi \cdot q_1 \quad ; \quad p_2 = K_S \cdot \Psi \cdot q_2 \quad ; \quad p_3 = K_S \cdot \Psi \cdot q_3 \quad ; \quad \Psi = 0,75 \quad (7)$$

$$\max p_a = \sum_{i=1}^3 p_i \cdot a(x_i) ; \quad (\text{za } y=0, \text{slika 3}) \quad (8)$$

$$\max p_a = p_1 \cdot a(x_1) + p_2 \cdot a(x_2) + p_3 \int_{x_3}^{x_4} a(x) dx \quad (9)$$

$$P_a(x) = \frac{5}{12} \cdot \max p_a \cdot h \quad (10)$$

$$h_a' = 0,28h \quad (11)$$



Slika 3. Određivanje ukupnog dopunskog aktivnog seizmičkog pritiska usled dejstva korisnog opterećenja

## 2. EVROKOD 8, POTPORNI ZIDOVИ

Pritisici tla na potporne građevine predstavljaju bitna delovanja koja utiču na određivanje graničnih stanja, stoga se u EC7 predviđa podrobna analiza ovih uticaja. U Nacrtu Pravilnika [1] potporne konstrukcije se analiziraju šire nego u delu 5 EC8 [2], a još šire u lit. [3]. Član 50 [8] recimo, daje dopunske pritiske tla usled dejstva korisnog opterećenja na zid na slobodnoj površini nasipa iza zida, o kojima nema ništa u ovom delu Evrokoda. U delu 5 [3] se razmatra izbor tipa konstrukcije, procena sigurnosti tla i daju se metode proračuna potporne konstrukcije.

Za analizu se preporučuje uprošćena, kvazi-statička metoda. Osnovni model za kvazi statičku metodu se sastoji od potporne konstrukcije (i njenog temelja), dela tla iza konstrukcije za koji se

Seizmički proračun potpornih zidova na dopunski pritisak tla prema  
Evrokodu 8

---

prepostavlja da je u stanju aktivne granične ravnoteže. Aktivno i pasivno stanje se definiše slično prema našem Nacrtu propisa [1]. Tako, aktivno stanje u tlu nastaje ako se javi dovoljno veliko pomeranje zida za vreme projektnog zemljotresa, dato u EC7 [5]. Kod fleksibilnih konstrukcija nastaje usled savijanja, a kod masivnih konstrukcija usled klizanja ili rotacije. Kod kvazi-statičke analize seizmička dejstva se predstavljaju nizom horizontalnih i vertikalnih seizmičkih sila koje su jednake proizvodu odgovarajućih gravitacionih sila i seizmičkog koeficijenta. Horizontalni ( $k_h$ ) i vertikalni ( $k_v$ ) seizmički koeficijenti za sve mase mogu da se određuju na osnovu izraza:

$$k_h = \alpha / r \quad k_v = 0,5k_h \quad (12)$$

gde je  $\alpha$  projektni koeficijent ubrzanja tla. Faktor  $r$  predstavlja odnos između vrednosti ubrzanja koje izaziva maksimalno stalno pomeranje koje postojeće veze dozvoljavaju i vrednosti koje odgovara stanju granične ravnoteže (početak pomeranja). To znači da je  $r$  veće za one zidove koji mogu da podnesu veća pomeranja (preporučuje se u tabeli 7.1 [4]).

Za određivanje koeficijenata pritiska tla preporučuju se formule Monobe-a i Okabe-a:

a) za aktivno stanje

$$\beta \leq \Phi - \Theta$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\Psi + \Phi - \Theta)}{\cos \Theta \cos^2 \Psi \cos(\Psi - \Phi - \delta) [1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \delta) \sin(\Phi - \beta - \Theta)}{\sin(\Psi + \Theta + \delta) \sin(\Psi - \alpha)}}]^2} \quad (13)$$

$$\beta > \Phi - \Theta \quad K_{EA} = \frac{\sin^2(\Psi + \Phi - \Theta)}{\cos \Theta \cos^2 \Psi \sin(\Psi - \Phi - \delta)} \quad (14)$$

b) za pasivno stanje (nema otpora smicanja između tla i zida)

$$K_{EP} = \frac{\cos^2(\Psi + \Phi - \Theta)}{\cos \Theta \cos^2 \Psi \cos(\alpha - \Psi + \delta) [1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi - \delta) \sin(\Phi + \beta - \Theta)}{\cos(\Psi + \beta) \cos(\Psi - \alpha)}}]^2} \quad (15)$$

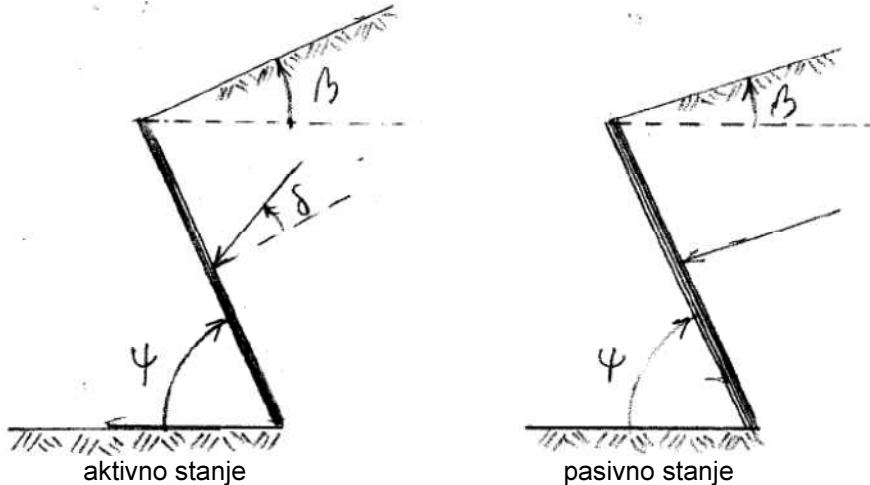
U prethodnim izrazima korišćene su sledeće oznake:

$\Phi$  - ugao otpora smicanja tla

$\Psi, \beta$  - uglovi nagiba zida i površine ispune u odnosu na horizontalu (slika 4)

$\delta$  - ugao otpora smicanja između tla i zida (slika 4)

$\Theta$  - ugao dat u tabeli 3 [5]  
 $K$  - koeficijent pritiska tla (statički + dinamički)



Slika 4. Konvencija za uglove u izrazima za koeficijente pritiska tla

Izraz za pasivno stanje koristi se prvenstveno za vertikalne zidove ( $\Psi = 90^\circ$ ), tj. u nedostatku detaljnije studije usvaja se da napadna tačka sile usled dinamičkog pritiska tla leži na sredini visine zida, odnosno, gde i statička sila, ako zid može da rotira oko svoje stope. Pretpostavlja se da raspodela pritiska na zidu, usled statičkog i dinamičkog dejstva, deluje pod uglom nagiba  $\delta$  u odnosu na normalu na zid, ne većem od  $(2/3)\Phi$  za slučaj aktivnog stanja, a da je jednak nuli u slučaju pasivnog stanja (slika 4, [3]).

Ukupna projektna sila  $E_d$  koja deluje na potpornu konstrukciju je rezultanta statičkog i dinamičkog pritiska zemljišta:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \mp k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd} \quad (16)$$

gde je:

$H$  - visina zida

$E_{ws}$  - hidrostatički pritisak vode

$E_{wd}$  - hidraulički pritisak vode (definisan u tekstu)

$\gamma^*$  - zapreminska masa tla (definisana u E5-E7)

Kod dinamički popustljive ispune uticaji izazvani statičkim dejstvom u tlu i vodi razmatraju se razdvojeno. U tom slučaju, hidrodinamički pritisak vode  $E_{wd}$  se dodaje hidrostatičkom pritisku. Usvaja se da napadna tačka

## Seizmički proračun potpornih zidova na dopunski pritisak tla prema Evrokodu 8

---

sile usled hidrodinamičkog pritiska vode leži ispod vrha zasićenog sloja na dubini koja je jednaka 60% visine tog sloja.

Da bi obezbedila nosivost konstrukcije u toku zemljotresa predviđa se dokaz da se, pri kombinaciji seizmičkog dejstva sa drugim mogućim opterećenjima, ravnoteža dostiže bez prekoračenja projektne nosivosti zida i oslonačkih elemenata konstrukcije. U tu svrhu je potrebno ispitati odgovarajuće oblike graničnih stanja loma konstrukcije prema EC7 [5].

Uopšteno, potporne konstrukcije moraju biti tako koncipirane i projektovane da u potpunosti ispune svoju funkciju za vreme i posle projektnog zemljotresa bez znatnih oštećenja konstrukcije. Stalna pomeranja u obliku kombinovanog klizanja i preturanja mogu biti prihvatljiva, samo ako su u skladu sa funkcionalnim i/ili estetskim zahtevima. Mora se obezbediti da, pri projektnom zemljotresu, temeljno tlo nikada ne dođe čak ni blizu mogućnosti za likvifikaciju.

Što se tiče metoda analize, svaka priznata metoda koja se zasniva na postupcima dinamike konstrukcije i tla, a oslanja se na iskustvo i osmatranje, mora se, u principu, smatrati prihvatljivom za procenu sigurnosti neke potporne konstrukcije pri čemu treba uzeti u obzir sledeće činjenice: opšte nelinearno ponašanje tla za vreme dinamičke interakcije sa potpornom konstrukcijom; inercijalni uticaji mase tla, mase konstrukcije i mase svih ostalih gravitacionih opterećenja koja mogu da učestvuju u procesu interakcije; hidrodinamičke uticaje nastale usled pritiska vode u tlu iza zida i/ili usled vode na spoljnoj strani zida; kompatibilnost između deformacije tla, zida i sidrene zetege (ako je prisutna). Potrebno je izvršiti kontrole opšte stabilnosti (u skladu sa odgovarajućim pravilima) i lokalnog loma tla. Kako je već rečeno, ravnoteža mora da se dostigne bez prekoračenja projektne nosivosti zida i ostalih elemenata, i ne sme doći ni blizu pojave likvifikacije.

### 3. ZAKLJUČAK

Kada na slobodnoj površini nasipa iza zida postoji vertikalni korisni teret vrlo velikog intenziteta on izaziva dodatne aktivne pritiske tla iza zida, dok su za određivanje intenziteta horizontalnog aktivnog seizmičkog pritiska dati izrazi za njegovo određivanje. Najjednostavniji način za njegovo određivanje je korišćenje uticajnih linija koje su u radu i date. One su date za maksimalno tri dužine vretkalne visine zida ( $3h$ ).

U EC8 delu 5 svaka priznata metoda koja se zasniva na postupcima dinamike konstrukcija i tla, a oslanja se na iskustvo i osmatranje, mora se, u principu, smatrati prihvatljivom za procenu sigurnosti neke potporne konstrukcije, pa i zida. Osnovni model uprošćene kvazi-statičke analize mora se sastojati od potporne konstrukcije i njenog temelja, dela iza konstrukcije za koji se pretpostavlja da je u stanju aktivne granične ravnoteže, i eventualne, od mase tla na stopi zida za koji se pretpostavlja da je u stanju pasivne ravnoteže. Seizmičko dejstvo se u ovom cilju mora prikazati nizom horizontalnih i vertikalnih statickih sila koje su jednake proizvodu odgovarajućih sila i seizmičkih koeficijenata. Vertikalna seizmička dejstva

moraju se usvojiti da deluju u onom smeru za koji se dobijaju najnepovoljniji uticaji. Aktivno i pasivno stanje se definiše slično našem Nacrtu Pravilnika.

Ukupna proračunska sila koja deluje na zid u slučaju zemljotresa, mora se sračunati uzimajući u obzir uslove granične ravnoteže u obliku kombinovanog klizanja i preturanja tako da potorna konstrukcija za vreme i posle zemljotresa bude bez značajnih oštećenja i ispunjava svoju funkciju. Proračunski pritisak zemlje i vode mora da zadovolji jednakost uslova samo ako je mogućnost pojave likvifikacije u materijalu ispunje ili prirodnom tlu iz konstrukcije rigorozno sprečena.

Dokaz stabilnosti i nosivosti potrebno je izvršiti za kontrole: opšte stabilnosti i lokalnog loma tla, i stabilnost se mora sprovesti u skladu sa pravilima kvazi-statičke metode, a granična nosivost temelja mora se proveriti na lom klizanjem i na lom usled prekoračenja nosivosti kao što je navedeno odgovarajućim članom EC8 i pozivanjem na odgovarajuće članove EC7.

Kod svih konstrukcijskih elemenata mora se proveriti ispunjenost uslova, da je projektna nosivost elemenata sračunata na isti način kao i u slučaju neseizmičkih situacija, jednaka ili veća od proračunskih dejstava, dobijenih prema postupku opisanom u odgovarajućem članu EC8 koji se odnosi na metode analize.

Ovo istraživanje je sprovedeno u okviru programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011-2014 u oblasti Saobraćaj, urbanizam i građevinarstvo, projekat broj 36016, pod nazivom „Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije drugog reda i stabilnosti”, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet.

#### 4. LITERATURA

- [1] Savezni zavod za standardizaciju: Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i proračun inženjerksih objekata u seizmičkim područjima, br. 07-93/96.20, Beograd (Nacrt), april 1983.
- [2] R. Folić (editor): Evrokod 8-EC8, Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Deo 5: Temelji, potporni zidovi i geotehnički aspekti, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1997.
- [3] Mira Petronijević, Radomir Folić: Evrokod 8, Deo 5: Temelji, potporni zidovi i geotehnički aspekti, Drugo Jugoslovensko savetovanje Evrokodova i Jugoslovensko konstrukterstvo, Posebna izdanja EC5-EC8, Beograd, str. 231-246, 1997.
- [4] Evrokodovi 8: Paris, ENV 1998-5; 1994: Fundation, retaining structures and geotechnical aspects, Beograd, 1997.
- [5] P. Anagnosti: Evrokod 7: Geotehničko dimenzionisanje, Jugoslovensko savetovanje, Evrokodovi i Jugoslovensko građevinsko konstrukterstvo, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, str. 275-287, 1975.





## INDEKS AUTORA

- **Dinić mr Milena, dipl. inž. arh.**  
asistent, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš, str. 1 – 12
- **Gocić mr Milan, dipl. inž. el.**  
asistent, Građevinsko-arkitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 29 – 36
- **Jovanović dr Goran, dipl. inž. arh.**  
docent, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš, str. 71 – 84, 95 – 106, 115 - 124
- **Jovanović Vanja, master inž. građ.**  
str. 38 - 44
- **Košić dr Dragan, dipl. inž. građ.**  
docent, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš, str. 59 – 69
- **Matejević mr Biljana, dipl. inž. građ.**  
asistent, Građevinsko-arkitektonski fakultet u Nišu, str. 13 - 27
- **Milanović Mladen, dipl. građ. inž.**  
Građevinsko-arkitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 29 - 36
- **Milinković Milenko, dipl. inž. el.**  
"Milinković company", str. 107 - 114
- **Miličević dr Aca, dipl. inž. građ.**  
vanredni profesor, Građevinsko-arkitektonski fakultet u Nišu, str. 38 – 44
- **Milojković mr Dragoljub, dipl. inž. građ.**  
JVP „Srbijavode“ Beograd, str. 45 - 57
- **Milojković Ivana, master inž. građ.**  
Građevinsko-arkitektonski fakultet, student doktorskih studija, stipendista Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, str. 45 - 57
- **Milošević Vuk, mia**  
doktorant, Građevinsko-arkitektonski fakultet Niš, str. 59 – 69
- **Mirić Aleksandra, dipl. inž. arh.**  
doktorant-istraživač l'Institut de recherche sur l'architecture antique-IRAA, Eks an Provans, Francuska, str. 71 - 84
- **Mladenović mr Biljana, dipl. inž. građ.**  
asistent, Građevinsko-arkitektonski fakultet, Niš, str. 85 – 94
- **Nikolić Olivera, dipl. inž. arh.**  
saradnik u nastavi, Građevinsko-arkitektonski fakultet, Niš, str. 95 – 106

- **Nikolić Vladan, dipl. inž. arh.**  
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 95 – 106
- **Obradović Tanja, dipl. inž. arh.**  
Ministarstvo građevinarstva i urbanizma, Niš, str. 115 – 124
- **Petković dr Dušan, dipl. inž. grad.**  
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 107 - 114
- **Petronijević Predrag, dipl. inž. grad.**  
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 85 – 94
- **Stanimirović Mirko, dipl. inž. arh.**  
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 115 – 124
- **Stanojev Milovan, master inž. grad.**  
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 133 – 140
- **Stanojević Gocić dr Maja**  
Visoka škola primenjenih strukovnih studija, Vranje, str. 125 - 131
- **Trajković dr Slaviša, dipl. inž. grad.**  
vanr. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 29 – 36
- **Turnić Dragana, dipl. inž. grad.**  
asistent, student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 85 – 94
- **Ranković dr Slobodan, dipl. inž. grad.**  
asistent, student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 107 - 114
- **Zdravković dr Slavko, dipl. inž. grad.**  
red. prof., Ekspert Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 85 – 94, 133 - 140
- **Zlatkov mr Dragan, dipl. inž. grad.**  
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 85 – 94, 133 - 140
- **Živković mr Darko, dipl. inž. grad.**  
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, str. 107 - 114





**ZBORNIK RADOVA  
GRADJEVINSKO-  
ARHITEKTONSKOG  
FAKULTETA**

Niš | 2012 | broj 27

**University of Niš  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE  
COLLECTION OF PAPER ABSTRACTS  
NO 27, 2012**

**PUBLISHER**

Faculty of Civil Engineering and Architecture  
Aleksandra Medvedeva 14  
Niš, Serbia

**FOR THE PUBLISHER**

PhD Petar Mitković, full prof.

**EDITOR-IN-CHIEF**

PhD Slaviša Trajković, assistant prof.

**EDITORIAL BOARD**

PhD Dragoslav Stojić, full prof.  
PhD Nikola Cekić, full prof.  
PhD Đorđe Đorđević, full prof.  
PhD Zoran Grdić, assistant prof.  
PhD Branko Turnšek, associate  
MsC Marina Trajković, assistant

**TECHNICAL ADAPTION**

MsC Milan Gocić

**ENGLISH LANGUAGE LECTOR**

BA. Phil Goran Stevanović

---

**Papers are reviewed**

**ISSN 1452-2845**

---

Printed by M KOPS CENTAR  
Number of Copies Printed 150

# **URBAN SPRAWL IN POST-SOCIALIST CITIES IN EUROPE**

**Milena Dinić<sup>1</sup>**

## **Abstract**

*Post-socialist urban sprawl is a phenomenon that has affected Central and Eastern Europe rather late, in the second half of the nineties, but entirely according to the Western European/North American sprawl pattern. Land outside large socialist housing estates is occupied with sprawling detached housing, and the boundaries between urban and rural areas are becoming blurred. New development is often conflicted with the existing urban fabric at city periphery, which is dominated by large socialist housing complexes and illegal construction. Some quality planning mechanisms that can mitigate the anomalies of modern urban sprawl are offered by the concept of smart growth.*

**Key words:** *urban sprawl, suburbia, restructuring of urban functions, smart growth*

---

<sup>1</sup> Milena Dinić, architect, assistant, Faculty of Civil Engineering and Architecture Niš

# HISTORICAL DEVELOPMENT OF DYNAMIC PLANNING IN CIVIL ENGINEERING

Biljana Matejević<sup>1</sup>

## Abstract

*In this paper is described the emergence and development of dynamic planning, with the emphasis of emergence and historical development of four most common techniques of planning in civil engineering. Application of Gantt charts, cyclogram, orthogonal and network plan through history, both locally and globally, was discussed. During the development of planning, each new technique was based on removing the deficiencies of the previous technique and its perfection, so every successive technique was of better quality than the preceding one.*

**Key words:** *dynamic planning, civil engineering, Gantt chart, cyclogram, orthogonal plan, net plan, development.*

---

<sup>1</sup> Biljana Matejević, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

# **ANALYSIS OF MODIFIED THORNTHWAITE HUMIDITY INDEX ON THE TERRITORY OF SERBIA IN THE PERIOD 1980 – 2010**

**Mladen Milanović<sup>1</sup>**

**Milan Gocić<sup>2</sup>**

**Slaviša Trajković<sup>3</sup>**

## **Abstract**

*The effects of droughts, i.e. the damage to the society and economy is a problem which cannot be easily determined. For the successful combat against droughts, it is necessary to estimate their real onset, duration and end, and it is also difficult to determine its intensity and effects. It is estimated that the damage because of drought only in Nisavski administrative district is 5,8 billion dinars. For this reason it is necessary to find reliable and standardized indicators which would define this phenomenon in time and space as well as its intensity.*

*Drought mitigating activities comprise prediction and monitoring of droughts, as well as estimation of the effect based on the values of numerous drought indices. Around the world, several drought indices are in use, and one of the oldest is the modified Thornthwaite humidity index.*

*In the paper is presented the calculation of modified Thornthwaite humidity index on the territory of Serbia, for the following cities and towns: Belgrade, Dimitrovgrad, Kragujevac, Kraljevo, Loznica, Negotin, Niš, Novi Sad, Palić, Sombor, Vranje and Zlatibor, in the period 1980 - 2010.*

**Key words:** drought, prediction, monitoring, estimation of effects, drought index, modified Thornthwaite humidity index

---

<sup>1</sup> Mladen Milanović, grad. Elec. Eng., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>2</sup> Milan Gocić, grad. Elec. Eng. MSc., assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>3</sup> Slaviša Trajković, grad. Civ. Eng. PhD, assoc. prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

# **SURFACING MADE OF PREFAB CONCRETE BLOCK PAVING**

**Aca Milicevic<sup>1</sup>**  
**Vanja Jovanovic<sup>2</sup>**

## **Abstract**

*Since 1951, and in the recent years, usage of concrete blocks has been intensified due to emergence of new concrete materials, need to construct the surfacing in a variety of forms, colors and texture, and due to the potential for application for various traffic loads and in the areas where the settling might occur.*

*The paper presents: general characteristics of surfacing made of prefab concrete blocks, material characteristics, designing procedure, mounting method, drainage, requirements for construction and maintenance and forms of prefabricated elements with paving patterns and examples of application in the city of Nis.*

**Key words:** *surfacing, prefabricated concrete elements*

---

<sup>1</sup> Aca Milicevic, PhD, Professor, Faculty of Civil Engineering University of Nis  
<sup>2</sup> Vanja Jovanovic, M.Sc.civ.eng.

# **CLIMATE CHANGE ON PILOT NIŠAVA RIVER BASIN**

**Ivana Miljković<sup>1</sup>**  
**Dragoljub Miljković<sup>2</sup>**

## **Abstract**

*An analysis of the basic factors of climate, temperature and precipitation and hydrological values for the two stations Nis and Dimitrovgrad was conducted on the pilot river basin Nišava. Two typical stations were selected, the lowest Nis 202 masl and highest Dimitrovgrad 454 m above the sea level. Analysis of climatic factors was performed for the relevant period 1961-1990 and 1981 - 2010 and hydrological analysis for the three relevant periods from 1961 to 1990, 1971 - 2000, and 1981 - 2010. Climate change is evident in the Nišava basin. Mean and mean maximum temperature are increased. Mean maximum temperature in July for the relevant period 1981-2010 was increased by 1.9 ° C in Nis and 1.2°C in Dimitrovgrad, compared to the period 1961-1990. Rainfall pattern is changed, precipitation is reduced and extremes are increased. Mean annual precipitation in Dimitrovgrad was reduced from 635.5 mm to 624.7 mm for a period of 20 years, and in Nis from 589.6 mm to 580.3 mm. Precipitation was reduced in the period January-June, and increased in the period July-December.*

**Key words:** *climatic factors, temperature, precipitation, climate change.*

---

<sup>1</sup> Ivana Miljković, master Civ. Eng., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, student of doctoral studies, scholarship holder of the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia

<sup>2</sup> Dragoljub Miljković, grad. Civ. Eng. MSc, JVP „Srbijavode” Belgrade

# THE DEPENDENCE OF MEMBRANE FORCES ON PRETENSIONING AND BOUNDARY CONDITIONS IN MEMBRANE STRUCTURES

Vuk Milošević<sup>1</sup>  
Dragan Kostić<sup>2</sup>

## Abstract

Membrane structures have the lowest dead weight among all currently used structural systems. This surface structural system is characterized by double curvature and large spans that make it attractive and very popular in the world. Since its thickness is only 1 mm, it has to be constantly tensioned. Special coated textile materials with high tension resistance are used as structural material for the membranes. Tension forces are the most important factor for the stability of the structure, and as such they were selected for this research. The dependence of membrane forces on pretensioning and boundary conditions was analyzed and discussed in this paper. The method of varying the parameters of the mathematical experiment was used in this research. As a model, a 10x10 m saddle shaped membrane was selected. Conclusions about the conditions for optimal membrane force intensities were drawn upon varying certain parameters and comparing the results.

**Key words:** Membrane Structures, Pretensioning, Boundary Conditions, Membrane Forces

---

<sup>1</sup> Vuk Milošević, MArch, PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

<sup>2</sup> Dragan Kostić, PhD, assistant professor, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

# **DEVELOPMENT OF RESIDENTIAL STRUCTURES FROM PREHISTORIC TIMES TO PRE-HELLENISTIC PERIOD**

**Aleksandra Mirić<sup>1</sup>**  
**Goran Jovanović<sup>2</sup>**

## **Abstract**

*The paper before you intends to show causal connections in history of residential architecture from early Stone Age to pre-Hellenic period by giving retrospective on basic characteristics of residential structures for respective periods and territories. Territories elaborated in this Paper are three vast areas where early cultures and civilizations flourished, at the same time developing residential architecture of ancient period: Mesopotamia, Egypt and southern Greece, Mediterranean coast of Asia Minor and islands in Aegean Sea. In spite of different factors that affect the household structures, thus affecting residential architecture as well; population that inhabited these areas transferred knowledge and experiences between each other, finally making a key influence on shaping of buildings in the high ancient period, medieval and modern Europe.*

## **Key words**

*Housing, culture of housing, cottages, houses, palaces, ancient civilizations*

---

<sup>1</sup> Aleksandra Mirić, architect, doctorant researcher at l'Institut de recherche sur l'architecture antique- IRAA, Aix en Provence, France

<sup>2</sup> Dr Goran Jovanović, architect, docent at The Faculty of Civil Engineering and architecture, Niš

# **ANALYSIS OF SHEAR STRAIN EFFECTS ON CIRCULAR AND RING SLABS BENDING**

**Biljana Mladenović<sup>1</sup>**  
**Slavko Zdravković<sup>2</sup>**  
**Dragan Zlatkov<sup>3</sup>**  
**Predrag Petronijević<sup>4</sup>**  
**Dragana Turnić<sup>5</sup>**

## **Abstract**

*Neglecting of shear strain, that is, sliding in planes perpendicular to the slab plane, at calculating transversally loaded thick slabs produces results deviating from the actual behavior of the slab, especially in the cases of slabs loaded by high concentrated forces, in the zones of the slab near the contour or around the aperture if its diameter is not large in comparison to the slab thickness. In order to determine what this deviation is for circular and ring isotropic slabs, a calculation according to the Mindlin slab bending theory was performed, taking into account the shear strain, and the results were compared to the corresponding values obtained according to the classic Krichhoff theory of thin slab bending which neglects this effect. In the paper are given basic equations of the Mindlin theory in a polar coordinate system, as well as their solutions in the function of solution of the Kirchhoff theory. In numerical examples, the percentage difference of deflection of considered slabs calculated according to these two theories was determined, on whose basis the conclusion on importance of taking into consideration the effects of shear stress in calculation was drawn.*

**Key words:** slab bending theory, Mindlin, Kirchhoff, polar coordinates, bending, sharing, deflection.

---

<sup>1</sup> Matejević Biljana, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>2</sup> Zdravković Slavko, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>3</sup> Zlatkov Dragan, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>4</sup> Petronijević Predrag, grad. Civ. Eng. PhD, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>5</sup> Turnić Dragana, grad. Civ. Eng., assistant, student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

# **PARAMETERS AND METHODS OF RATIONALIZATION IN THE DESIGN AND RECONSTRUCTION OF HOSPITALS**

**Olivera Nikolić<sup>1</sup>**

**Vladan Nikolić<sup>2</sup>**

**Goran Jovanović<sup>3</sup>**

## **Abstract**

*In this paper the parameters and methods used to rationalize and optimize the cost of reconstruction of existing and construction of new hospitals will be analyzed and examples of their use in Western European and American medical centers will be given. Introducing procedures modularity, flexibility, phased construction and application of the principles of sustainable design in the planning and design of hospitals resulted in a dynamic solution, a building that corresponds to the current requirements, responding to the changing needs and allowing the use future generations to use it. In this way, the hospital building investments are justified and profitability is achieved for a long period of time.*

**Key words:** Rationalization, optimization, hospital, flexibility, modularity, sustainability

---

<sup>1</sup> Olivera Nikolić, arch., PhD student of architecture, research in Faculty of Civil Engineering and Architecture, o\_milosavljevic@yahoo.com

<sup>2</sup> Vladan Nikolić, arch., PhD student of architecture, assistant, Faculty of Civil Engineering and Architecture, vladan\_nikolic@yahoo.com

<sup>3</sup> Goran Jovanović, PhD arch., docent, Faculty of Civil Engineering and Architecture, jovanovicg1@sbb.rs

# **TESTING OF A STANDARDIZED HALL WITH FERRO-CEMENT INFILL ON THE EFFECT OF TEST LOAD**

**Slobodan Ranković<sup>1</sup>**

**Milenko Milinković<sup>2</sup>**

**Dušan Petković<sup>3</sup>**

**Darko Živković<sup>4</sup>**

## **Abstract**

*The paper presents a testing of a standardized hall with the infill of ferro-cement elements on the effects of the static load. The structure of the hall is an original solution and product of the "MILINKOVIĆ company" from Boljevci near Surčin. The results of testing of main polygonal (arch) reinforced concrete elements of the span 16,5 m were presented. The testing was conducted for the dead load and test load effects. Both the symmetrical and antimetric test load phases were examined. The global and local deformations of the girders according to the regulations for testing of high-rise structures were monitored. The results are presented in the form of a diagram for various load phases.*

**Key words:** tests, ferro-cement, hall.

---

<sup>1</sup> Slobodan Ranković, grad. Civ. Eng. PhD, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, slobodan.rankovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>2</sup> Milenko Milinković, grad. Elec. Eng., "Milinković company", milinkovic@open.telekom.rs

<sup>3</sup> Dušan Petković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, dusan.petkovic@gaf.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Darko Živković, grad. Civ. Eng. Msc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, darko.zivkovic@gaf.ni.ac.rs

# THE FORM OF A TEMPLE

**Mirko Stanimirović, Goran Jovanović, Tanja Obradović<sup>1</sup>**

## Abstract

*In this paper the design principles of architecture and theory of form create rules of architectural visual form. The form of a temple, in accordance with theological programme, depends on internal and external space model. It can be simplified in combination with five Platonic bodies. Analysis of famous temples shows different possibilities of the same design features.*

**Key words:** Architecture, Temple, Theory of Forms.

---

<sup>1</sup> Mirko Stanimirović, grad. eng. Arh, assistant, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš  
Goran Jovanović, PhD, grad. eng. Arh, docent, G Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš  
Tanja Obradović, grad. eng. Arh, Ministry of Civil Engeneering and Urban Planing

# **COMMUNICATIVE APPROACH AND COMMUNICATIVE NEEDS OF THE TECHNICAL SCIENCES STUDENTS**

**Maja Stanojević Gocić<sup>1</sup>**

## **Abstract**

*The goal of the paper is to explain the importance of communicative approach in the Teaching of English language for the special purposes, where the academic teaching intended for students of the technical sciences, as the future engineers also belongs. The communicative approach as a contemporary approach allows development of communicative competence of the students which is the main goal of the teaching process, and, among other things allows the students to successfully practice their future profession.*

**Key words:** *English language for special purposes, communicative approach, communicative competence, needs analysis*

---

<sup>1</sup> Maja Stanojević Gocić, High School of Applied Occupational Studies, Vranje

## **ADDITIONAL SOIL PRESSURE ACCORDING TO EUROCODE 8**

**Dragan Zlatkov<sup>1</sup>**  
**Slavko Zdravković<sup>2</sup>**  
**Milovan Stanojev<sup>3</sup>**

### **Abstract**

*Additional active seismic soil pressure due to the action of live load on a free horizontal surface of a girder behind the retaining wall is particularly important.*

*In the paper is given the retaining wall of an unlimited length in the direction „z“ for determination of the total additional active seismic pressure due to the live load action, and the effective line for such an action.*

*According to Eurocode 8, retaining structures are designed so that after the earthquakes, with no serious damage, permanent sliding and tilting deformations due to irreversible deformations of foundation soil they can meet the functional and/or aesthetic requirements. The procedures of soil dynamics and structural dynamics are used for the analysis of these structures with introduction of a non-linear behavior of soil in interaction with the support structure and inertial effects, joined soil and structure mass etc. Apart from that, hydraulic effects due to the presence of water in the soil should be taken into consideration. The formulas of Monobe and Okabe for determination of soil pressure coefficients are given. It was mentioned that each method can be considered acceptable for the assessment of safety if it is based on the structural and soil dynamics procedures.*

**Key words:** retaining wall, soil dynamics, live load, EC7 and EC8, quasi-static method, ultimate failure state

---

<sup>1</sup> Zlatkov Dragan, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>2</sup> Zdravković Slavko, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

<sup>3</sup> Stanojev Milovan, master Civ. Eng., student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš



## CONTENTS

Milena Dinić	Urban sprawl in post-socialist cities in Europe .....	1
Biljana Matejević	Historical development of dynamic planning in civil engineering .....	13
Mladen Milanović Milan Gocić Slaviša Trajković	Analysis of modified thornthwaite humidity index on the territory of Serbia in the period 1980 – 2010 .....	29
Aca Miličević Vanja Jovanović	Surfacing made of prefab concrete block paving .....	37
Ivana Milojković Dragoljub Milojković	Climate change on pilot Nišava river basin .....	45
Vuk Milošević Dragan Kostić	The dependence of membrane forces on pretensioning and boundary conditions in membrane structures .....	59
Aleksandra Mirić Goran Jovanović	Development of residential structures from prehistoric times to pre-hellenistic period .....	71
Biljana Mladenović Slavko Zdravković Dragan Zlatkov Predrag Petronijević Dragana Turnić	Analysis of shear strain effects on circular and ring slabs bending .....	85
Olivera Nikolić Vladan Nikolić Goran Jovanović	Parameters and methods of rationalization in the design and reconstruction of hospitals .....	95

ZBORNIK RADOVA GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKOG FAKULTETA no.27

---

Slobodan Ranković Milenko Milinković Dušan Petković Darko Živković	Testing of a standardized hall with ferro-cement infill on the effect of test load	.....	107
Mirko Stanimirović Goran Jovanović Tanja Obradović	The form of a temple	.....	115
Maja Stanojević Gocić	Communicative approach and communicative needs of the technical sciences students	.....	125
Dragan Zlatkov Slavko Zdravković Milovan Stanojev	Additional soil pressure according to eurocode 8	.....	133

## INDEX OF AUTHORS

- **Dinić Milena, grad. Arch. Eng., MSc.**  
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 1 – 12
- **Gocić Milan, grad. Elec. Eng. MSc.**  
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 29 – 36
- **Jovanović Goran, grad. Arch. Eng. PhD**  
docent, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 71 – 84, 95 – 106, 115 - 124
- **Jovanović Vanja, master Civ. Eng.**  
pg. 38 - 44
- **Kostić Dragan, grad. Civ. Eng. PhD**  
Assistant professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 59 – 69
- **Matejević Biljana, grad. Civ. Eng. MSc**  
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 13 - 27
- **Milanović Mladen, grad. Elec. Eng.**  
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 29 - 36
- **Milinković Milenko, grad. Elec. Eng.**  
"Milinković company", pg. 107 - 114
- **Miličević Aca, grad. Civ. Eng. PhD**  
associate professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 38 – 44
- **Milojković Dragoljub, grad. Civ. Eng. MSc**  
JVP „Srbijavode” Belgrade, pg. 45 - 57
- **Milojković Ivana, master Civ. Eng.**  
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, student of doctoral studies, scholarship holder of the Ministry of Education and science of the Republic of Serbia, pg. 45 - 57
- **Milošević Vuk, mia**  
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 59 – 69
- **Mirić Aleksandra, grad. Arch. Eng.**

student of doctoral studies – researcher l’Institut de recherche sur l’architecture antique- IRAA, Ex en Provence, France, pg. 71 - 84

- **Mladenović Biljana, grad. Civ. Eng. MSc.**

assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 85 – 94

- **Nikolić Olivera, grad. Arch. Eng.**

Teaching associate, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 95 – 106

- **Nikolić Vladan, grad. Arch. Eng.**

assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 95 – 106

- **Obradović Tanja, grad. Arch. Eng.**

Ministry of Civil engineering and Town planning, Niš, pg. 115 – 124

- **Petković Dušan, grad. Civ. Eng. PhD**

full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 107 - 114

- **Petronijević Predrag, grad. Civ. Eng. PhD**

assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 85 – 94

- **Stanimirović Mirko, grad. Arch. Eng. PhD**

assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 115 – 124

- **Stanojev Milovan, master Civ. Eng.**

student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 133 – 140

- **Stanojević Gocić Maja, PhD**

High School of Applied Occupational Studies, Vranje, pg. 125 - 131

- **Trajković Slaviša, grad. Civ. Eng. PhD**

assoc. prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 29 – 36

- **Turnić Dragana, grad. Civ. Eng.**

assistant, student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 85 – 94

- **Ranković Slobodan, grad. Civ. Eng. PhD**

assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 107 - 114

- **Zdravković Slavko, grad. Civ. Eng. PhD**

full prof., Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 85 – 94, 133 - 140

- **Zlatkov Dragan, grad. Civ. Eng. MSc**  
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.  
85 – 94, 133 - 140
- **Živković Darko, grad. Civ. Eng. Msc**  
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.  
107 - 114



CIP - Каталогизација у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

624

**ZBORNIK radova Građevinsko- arhitektonskog fakulteta** / glavni i odgovorni urednik Slaviša Trajković. – 2003, br. 19- . – Niš (Aleksandra Medvedeva 14) : Građevinsko- arhitektonski fakultet, 2003 (Niš : M Kops Centar). - 24 cm

Годишње. – Је nastavак: Zbornik radova Građevinskog fakulteta (Niš) = ISSN 0350-8587 ISSN 1452-2845 = Zbornik radova Građevinsko- arhitektonskog fakulteta (Niš)

COBISS.SR-ID 126989324

**Inženjerska komora Srbije  
Beograd  
Bulevar vojvode Mišića 37/II**

