

**ZBORNİK RADOVA
GRAĐEVINSKO-
ARHITEKTONSKOG
FAKULTETA
NIŠ**

broj
28/2013

IZDAVAČ

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



ZA IZDAVAČA

Dekan dr Petar Mitković, red. prof.

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Direktor dr Dragoslav Stojić, red. prof.

REDAKCIJA

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

TEHNIČKI UREDNIK

mr Radovan Cvetković, asistent

TEHNIČKA OBRADA

Predrag Lukić, master inž. građ.

LEKTOR ZA ENGLLESKI JEZIK

Goran Stevanović, dipl. fil.

Radovi su recenzirani

ISSN 1452-2845

štampa Unigraf
Tiraž 250

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 28 po redu Zbornik, čime se poštuje dinamika izdavanja jednog broja godišnje. Sadrži osamnaest radova iz skoro svih oblasti građevinarstva i arhitekture. Svi radovi su recenzirani od strane dva priznata stručnjaka iz odgovarajuće naučne oblasti, odnosno discipline.

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

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

Prema kategorizaciji domaćih naučnih časopisa Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Odbora za saobraćaj urbanizam i građevinarstvo za 2013. godinu, Zbornik je svrstan u kategoriju časopisa M52.

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

Glavni i odgovorni urednik,

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

Dekan,

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

SADRŽAJ

dr Ljiljana Vasilevska dr Borislava Blagojević	Integrirano upravljane atmosferskim vodama u okviru stambenih područja: Studija slučaja, Quartiers Verts, Beč	.....	1
Jasmina Tamburić Predrag Lukić	Trajnost i oštećenja nosećih konstrukcija	.....	15
dr Slavko Zdravković dr Tomislav Igić mr Biljana Mladenović	Evrokod 8, projektovanja seizmički otpornih konstrukcija	.....	35
Mladen Milanović mr Milan Gocić dr Slaviša Trajković	Analiza softverskih rešenja za predikciju i ranu najavu suše	.....	45
Ivana Veličković	Arhitektura u funkciji umetnosti u XXI veku- studija art centra	.....	55
dr Dušan Petković dr Dragoslav Stojić Predrag Lukić Vanja Jovanović	Roštiljni sistemi mostovskih konstrukcija po teoriji Leonhardt-a	.....	67
dr Slavko Zdravković mr Dragan Zlatkov Dragana Turnić	Klasifikacija tla i seizmičko dejstvo prema Evrokodu 8	.....	79
dr Dragoslav Stojić Stefan Conić	Udar vozila u konstruktivne elemente	.....	93
Mladen Milanović mr Milan Gocić dr Slaviša Trajković	Primena matrica kovarijanse i korelacije na podacima dobijenim standardizovanim idneksom padavina	.....	103
Vanja Jovanović Predrag Lukić Nikola Jovanović	Inteligentni sistemi autoputeva budućnosti	.....	113

dr Slavko Zdravković	Seizmička analiza mostova prema Evrokodu 8	.....	121
mr Radovan Cvetković dr Dragoslav Stojić Nemanja Marković	Sanacija drvene konstrukcije aneksnog dela objekta zatvorenih bazena u Kruševcu	.....	131
Jelena Stefanović Stefan Cvetković Lana Petrović	Primena ćelijskog sistema u eko arhitekturi	.....	141
Vanja Jovanović Predrag Lukić Jasmina Tamburić	Fasadni sistemi sa niskom emisijom štetnih gasova „Polli- Brick“	.....	155
dr Slavko Zdravković dr Dragoslav Stojić Stefan Conić	Seizmička analiza drvenih zgrada prema Evropskoj normativi 1998-1:2004-Evrokod 8-1	.....	165
Miloš Nedeljković	Fotonaponske ćelije kao deo krovne konstrukcije	.....	173
dr Snežana Đorić-Veljković dr Sofija Rančić dr Predrag Janković	Primena optičkih vlakana za uvođenje svetlosti u objekte	.....	185
dr Dragan Milićević dr Sreten Tomović Miloš Trajković	Hidrološko hidraulička analiza reke Toplice za potrebe modeliranja kvaliteta vode	.....	195

UDK:551.577(436.1)

INTEGRISANO UPRAVLJANJE ATMOSFERSKIM VODAMA U OKVIRU STAMBENIH PODRUČJA: STUDIJA SLUČAJA, QUARTIERS VERTS, BEČ

**Ljiljana Vasilevska¹
Borislava Blagojević²**

Rezime

U radu se razmatraju uloga, značaj i koristi primene koncepata integrisanog upravljanja atmosferskim vodama u urbanom tkivu, koji su novina za planersku praksu u našoj zemlji. Težište istraživanja je na primeni WSUD (Water Sensitive Urban Design) koncepta u stambenim područjima. Kroz analizu studije slučaja stambenog kompleksa Quartiers Verts u Beču sagledani su i obrazloženi primenjeni elementi i mere, kao i efekti njihove primene sa hidrotehničkog, ekološkog, upotrebno i oblikovnog aspekta. U radu se ukazuje da su koristi primene WSUD koncepta višestruke, a da se kao najznačajnije mogu izdvojiti: sprečavanje i ublažavanje posledica klimatskih promena kroz poboljšanje mikroklimе i pospešivanje infiltracije, smanjenje potrošnje energije, formiranje i očuvanje biodiverziteta, poboljšanje oblikovnih karakteristika objekata i javnih prostora i kao konačan rezultat, poboljšanje kvaliteta stanovanja i življenja.

Ključne reči: *WSUD koncept, WSUD elementi, WSUD mere, stambeno područje, Quartiers Verts.*

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

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

1. UVOD

Uticao urbanizacije na hidrološki ciklus, primećen je i dokumentovan krajem XIX veka u SAD [1]. Tokom XX veka ovaj uticao se i dalje povećavao kako zbog industrijalizacije, tako i zbog porasta zahteva za komforom života u urbanim sredinama. Posledice ovih povećanja ogledaju se u promenama klimatskih parametara, oticaja i kvaliteta vodotokova. U poredjenju sa prirodnom sredinom, u urbanoj sredini su povećane: površine pod vodonepropusnim materijalima, stepen kanalisnosti površine i količina otpadnih voda.

Izgradnja urbanog tkiva podrazumeva, između ostalog, uklanjanje vegetacionog pokrivača, sabijanje tla, izgradnju nepropusnih površina, kanalisanje i odvodjenje površinskih voda. Promene koje se dešavaju na izlazu urbanog sliva u odnosu na prirodni sliv su sledeće: 1) zapremina površinskog oticaja raste zbog porasta padavina; 2) skraćuje se vreme porasta poplavnog talasa i vreme koncentracije, čime se ubrzava proces oticaja; 3) povećava se vršni protok poplavnog talasa; 4) u periodu malih voda oticao se smanjuje zbog slabog obnavljanja podzemnih voda; i 5) kvalitet voda se smanjuje zbog otpadnih voda, čime raste temperatura vode i koncentracija zagađivača [1].

U tradicionalnom pristupu odvodjenja atmosferskih voda sa urbanih slivova, teži se priključivanju svih nepropusnih površina u sistem, brzom odvodjenju prikupljenih količina voda na što veću udaljenost, ukoliko je u pitanju mešoviti tip kanalizacije, da bi se prečišćavanje otpadnih voda obavilo centralizovano. Kod separatnog sistema, kišna voda se najkraćim putem odvodi do najbližeg vodotoka uz primarno prečišćavanje, a u našim uslovima, često i bez njega.

U drugoj polovini XX veka, postalo je jasno da tradicionalni pristup kanalisanju urbanih sredina nije održiv sa različitih stanovišta zahteva zaštite životne sredine. Novi pristup je zahtevao smanjivanje pritiska na sistem za odvođenje i prečišćavanje atmosferskih voda, odnosno, smanjenje oticaja sa sliva i vršnih protoka, zaštitu kvaliteta površinskih voda i decentralizovano prečišćavanje objektima uklopljenim u okolinu - lokalno zadržavanje prikupljenih voda. Pored toga, porasli su zahtevi za očuvanjem ili obnavljanjem zelenih površina u urbanim sredinama i očuvanjem staništa biljnih i životinjskih vrsta.

Krajem XX veka je razvijeno nekoliko koncepata upravljanja otpadnim vodama, koje je odlikovao integrisani pristup problematici, kroz težnju da se u najmanjoj mogućoj meri odstupa od prirodnog hidrološkog

ciklusa preko uslova koji vladaju u urbanom slivu. Prve primenjene mere obuhvatile su: bioretencije (kišne bašte) [1], a zatim i zelene krovove, porozna popločanja, zatravljene rigole i kanale. U SAD je pristup razvijan pod nazivom 'Izgradnja malog uticaja' (*Low Impact Development (LID)*), u Kanadi 'Mere kontrole atmosferskih voda' (*Stormwater Control Measure (SCM)*), u Velikoj Britaniji 'Održivi sistemi za odvođenje voda' (*Sustainable Drainage Systems (SuDS)*) i 'Održive šeme za odvođenje urbanih voda' (*Sustainable Urban Drainage Schemes (SUDS)*), a u Australiji 'Urbanističko projektovanje i planiranje koje uzima u obzir vodu' (*Water Sensitive Urban Design (WSUD)*). Svaki od navedenih koncepata ima svoje specifičnosti. *LID* pristup je zasnovan na očuvanju ekosistema, kod *SUDS* pristupa se ističe stvaranje prijatnog ambijenta, a *WSUD* karakteriše korišćenje kišne vode kao tehničke vode.

Primena navedenih koncepta, kako kroz systemske tako i kroz parcijalne pristupe, posebno dobija na značaju u *stambenim područjima*. Značaj njihove primene se, pored integriranog upravljanja otpadnim vodama i ekoloških i ekonomskih koristi koje proističu iz toga, ogleda u novom planerskom i projektantskom kontekstu koji daje mogućnosti da se na održiv, društveno racionalan i odgovoran način unaprede vrednosti stambene sredine i kvalitet stanovanja. Ključni kriterijumi za ocenu kvaliteta stanovanja i življenja, kao što su: 1) ekološki komfor, 2) bezbednost i privatnost stanovanja, 3) urbanističko-arhitektonska celovitost i identitet područja, kao i 4) zadovoljavajući nivo socijalnih interakcija, mogu se primenom *WSUD* koncepta dovesti na viši nivo, kako u novoplaniranim, tako i u već izgradjenim stambenim područjima (*retrofitting*). Koncept je od posebnog značaja za tretman javnih, polujavnih i/ili privatnih otvorenih prostora, budući da od načina njihove organizacije u procesu urbanističkog projektovanja, kao i tipološke strukture, upotrebnog i oblikovnog potencijala i kvaliteta otvorenih prostora u mnogome zavisi i kvalitet stanovanja u stambenim područjima [2].

WSUD koncept podržava stanovanje i način života koji vode računa o životnoj sredini (*environmentally friendly*). Karakteristične mere (zeleni krovovi, kišne bašte, otvorene vodene površine itd.) su svakako u funkciji realizacije kvalitetnijih otvorenih prostora, u smislu njihove: 1) površine, 2) divrezifikacije i širokog spektra tipova, sadržaja i formi, 3) dostupnosti i bezbednosti, 4) formiranja ili očuvanja biodiverziteta i 5) socijalne održivosti. Mnogobrojni primeri iz zemalja koje su u institucionalni kontekst ugradile i kroz planersku praksu primenile neke od navedenih koncepata integriranog upravljanja otpadnim vodama, potvrđuju značaj i višestruku korist njihove primene u stambenim

područjima. *Hammarby Sjostad* u Štokholmu, *Arkadien Winnenden* u blizini Štutgarta, *Armstrong Place Townhouses* u San Francisku, *Tassafaronga Village* u Oklandu, *Tanner Springs Park*, *Pearl District* u Portlandu, su samo neki od primera stambenih područja u čiji su urbanističko-arhitektonski sklop ugradjeni elementi i mere nekog od koncepata, često kao okosnica urbanističkog i arhitektonskogrešenja.

Kako je integrisano upravljanjeatmosferskim vodama u urbanom području novina za planersku praksu u našoj zemlji, dilj ovog rada je da se prikaže najopštije prihvaćen pristup, kao i značaj i koristi njegove primene kroz analizu konkretnog primera. U radu se na odabranom primeru stambenog kompleksa *Quartiers Verts* u Beču (Austrija) ilustruju prednosti primene *WSUD* koncepta.

2. METODOLOGIJA

U uvodnom delu rada, gde razmatramo generalnu problematiku integrisanog upravljanja atmosferskim vodama i mogućnost njihove primene u stambenim područjima, primenjen je deskriptivni metod. Samo istraživanje je sprovedeno kroz studiju slučaja, koja svojim karakteristikama nudi adekvatan okvir za sagledavanje, kako primene, tako i efekata primene *WSUD* koncepta. U istraživanju studije slučaja primenjene su metode analize i opservacije. Metoda analize je primenjena u razmatranju relevantne literature, kao i seta strateških i razvojnih dokumenata i ekspertiza iz oblasti integrisanog upravljanja atmosferskim vodama koje se odnose na grad Beč i Austriju. Iste su navedene u poglavlju Literatura. Metod opservacije je primenjen u sagledavanju: 1) karakteristika urbanističko-arhitektonskog sklopa istraživanog područja; 2) mera i aktivnosti koje su sprovedene u okviru implementacije *WSUD* koncepta; 3) ocene efekata primene. Efekti primene su razmatrani sa hidrotehničkog, ekološkog, upotrebno i oblikovnog aspekta.

3. PRIMENA *WSUD* KONCEPTA: STUDIJA SLUČAJA QUARTIERS VERTS, LAVATERSTRASSE 5 , BEČ

3.1. Osnovne karakteristike područja

Stambeni kompleks *Quartiers Verts* ("Zelena četvrt") se nalazi u predgrađu *Donaustadt*, na levoj obali Dunava (*Slika 1A*), između ulica *Erzherzog-Karl-Strasse*, *Lavaterstrasse* i *Aspernstrasse* (*Slika 1B*), u

delu Beča koji je poslednjih godina pod intenzivnom stambenom i infrastrukturnom izgradnjom. Iako predstavlja zaseban i prepoznatljiv urbanističko-arhitektonski sklop, kompleks je oblikovno i funkcionalno uklopljen u neposredno okruženje (Slika 1B). Sa njegovom izgradnjom se započelo juna 2009. godine, a kompleks je završen decembra 2010. godine. Investitori su *GEWOG Gemeinnützige Wohnungsbau GmbH* i *WBV-GPA Wohnbauvereinigung für Privatangestellte Gem. GmbH*, a projektanti *CPA Architektur ZT KG (Arch)*, *Au-böck und Kárász (LArch)*. Na površini od oko 4ha izgradjeno je 136 stambenih jedinica, 3 poslovna prostora i podzemna garaža sa 141 parking mestom - *GEWOG* je na 9300m² bruto razvijene građevinske površine realizovao 61 stan, 7 kuća u nizu, 1 poslovni prostor i 70 garažnih parking mesta, dok je *WBV-GPA* na 9700m² bruto razvijene građevinske površine realizovao 56 stanova, 12 kuća u nizu, 2 poslovna prostora i 71 garažno parking mesto [3].



Slika 1. Quartiers Verts - Makro i mikrolokacija. (Izvor: Google Maps)

Urbanistički koncept je zasnovan na kombinaciji klasične ivične izgradnje uz *Lavaterstrasse* i slobodno postavljenih objekata niže spratnosti u unutrašnjosti kompleksa. Ipak, kao što i samo ime kompleksa sugeriše, lajtmotiv i okosnica urbanističkog koncepta je život u "zelenoj zoni" (Slika 2). Zelene površine i otvoreni prostori su projektovani kroz varijetete i uz primenu velikodušnih standarda, a sve u nameri da se stanovnicima ponudi visok kvalitet stanovanja na selu sa svim sadržajima gradske strukture. Površine između zgrada, delimično privatne, delimično polujavne, kao i prostor za igru dece, bašte i pešačke staze naglašavaju specifičan karakter stambenog

kompleksa, dok relativno nizak stepen zauzetosti (oko 40%) i gustina stanovanja (oko 110 st/ha) potvrđuju nameru projektanta i investitora.

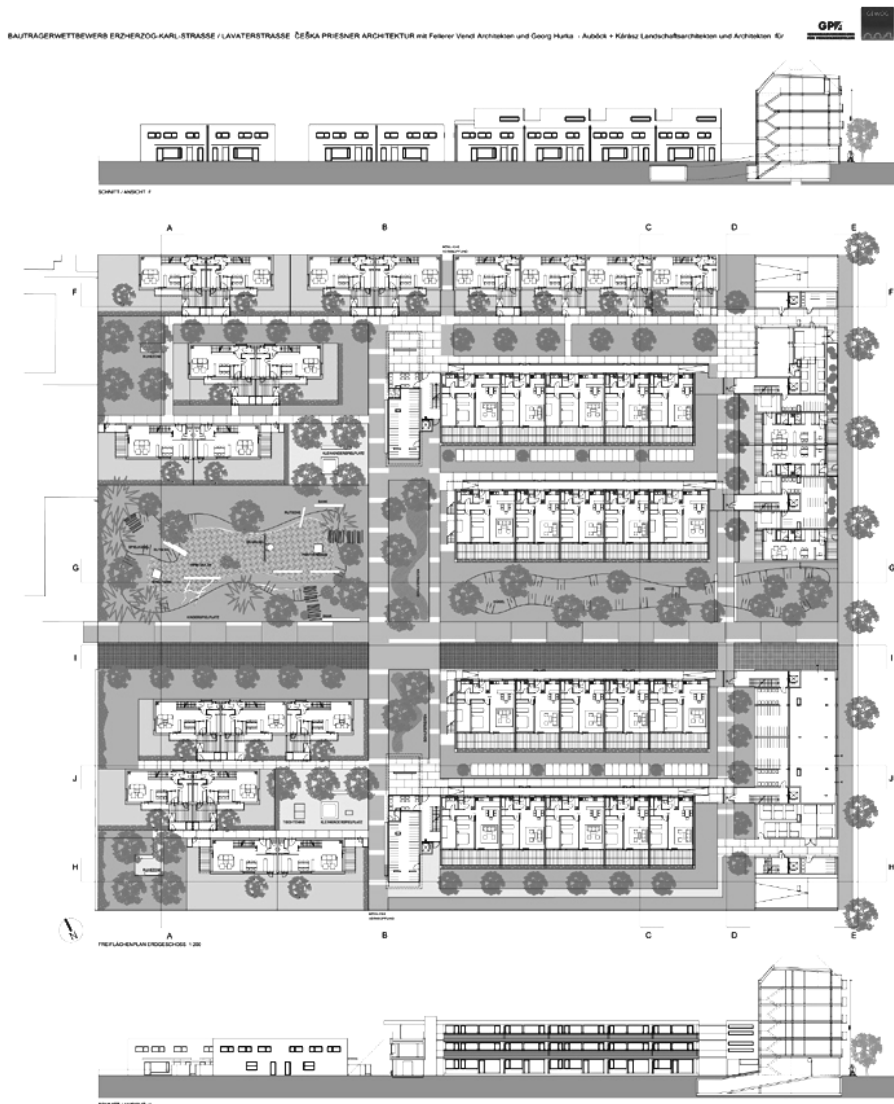


Slika 2. Quartiers Verts - model. (Izvor: <http://www.wbv-gpa.at/angebot/bestehende-wohnauser/1220/1240/beschreibung>)

Urbanistička kompozicija, dispozicija i gabariti svih objekata, njihovo međusobno rastojanje, orijentacija, kao i arhitektonsko rešenje samih stanova zasnovani su na pozitivnim principima bioklimatskog projektovanja (*Slika 3*). U prizemlju petospratnih traktova uz Lavaterstrasse, u jugo-istočnom delu kompleksa, smeštene su kancelarije, ordinacija, prostorije za deponovanje smeća, prostorije za bicikle, prostorije za zajedničko obezbeđenje, rampe za pristup podzemnoj garaži, kao i veza sa centralnom zonom kompleksa, dok su na spratovima stanovi sa dvostranom orijentacijom.

U centralnoj zoni kompleksa su organizovane dve podceline sa trospratnim terasastim zgradama (*Slika 3*, *Slika 7*). Njima je pristup obezbeđen preko komunikacija koje su natkrivene vodootpornim pergolama. Sve terase imaju jugozapadnu orijentaciju, a u svim apartmanima tu orijentaciju prati i dnevni boravak, dok su pomoćne prostorije orijentisane ka tremovima (*Slika 7B*). Na spratovima je dnevni boravak povezan sa terasama, a u prizemlju sa individualnim dvorištima (*Slika 7A*). Na zapadnom kraju terasastih zgrada je poprečno postavljena zgrada u kojoj se nalaze zajedničke prostorije, multifunkcionalni prostor i zajedničke terase (*Slika 5A*). U severoistočnom i jugozapadnom delu kompleksa organizovane su dvospratne i trospratne kuće u nizu, grupisane u dve ili četiri jedinice, sa duplexima i sopstvenim baštama (*Slika 3*, *Slika 6*). Uz pristupne prilazne staze baštama nalaze se pokriveni parkinzi za bicikle.

Integrirano upravljanje atmosferskim vodama u okviru stambenih područja:
Studija slučaja 'Quartiers Verts', Beč



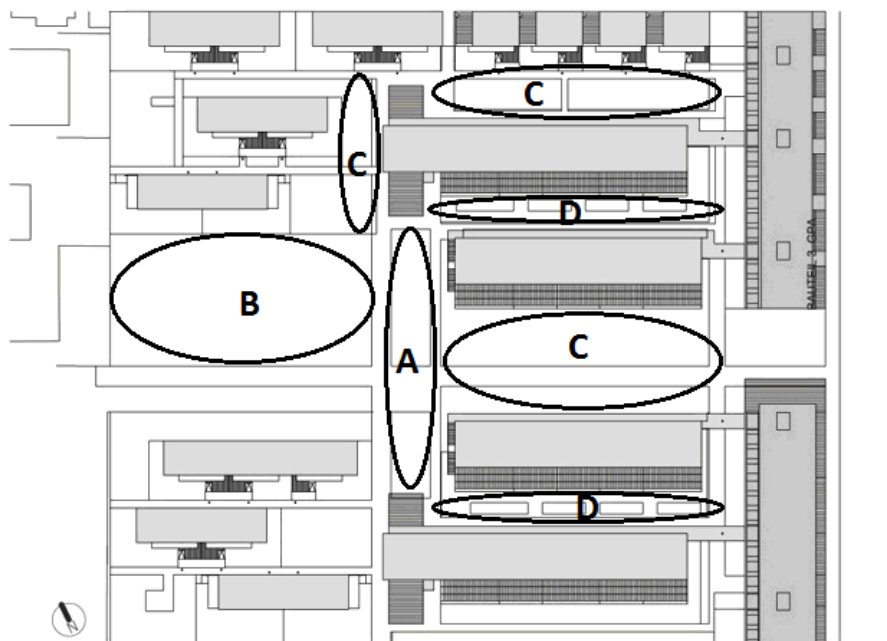
Slika 3. Quartiers Verts - Osnova prizemlja sa parternim uredjenjem i karakteristični preseci. (Izvor: https://www.wohnservice-wien.at/wsw/upload/content/1218_SITUATIONS_EG_PLAN.JPG)

Zajedničke karakteristike objekata su sledeće: 1) sve stambene jedinice su fleksibilne i organizacija se može prilagoditi zahtevima stanara 2) svi objekti su niskoenergetski, izgradjeni u skladu sa ekološkim građevinskim propisima (*IBO ÖKOPASS für Wohnhausanlagen*). Smanjenje potrošnje energije sprovedeno je, na primer, i kroz: 1) optimalno korišćenje pasivne solarne energije u

dnevnim boravcima koji su orijentisani ka sunčanoj strani (samo je mali deo prozora okrenut ka severu), 2) kompaktnu strukturu objekata, 3) uštede u energiji zbog promena u ponašanju stanovnika usled blizine metroa i 4) primenu elemenata i mera *WSUD* koncepta.

3.2. Karakteristični *WSUD* elementi

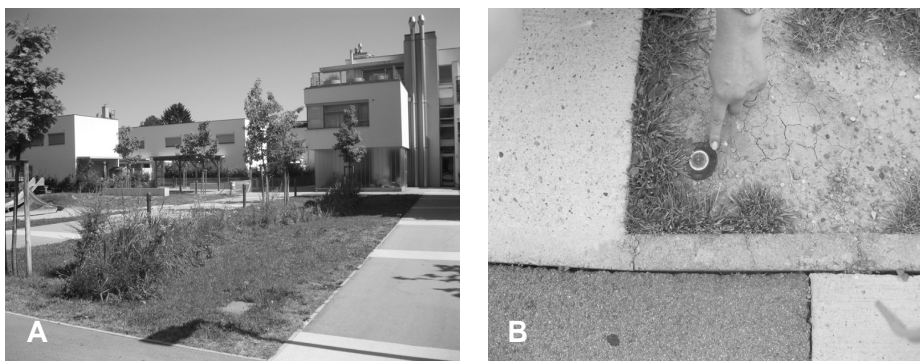
Stambeni kompleks *Quartiers Verts* je reprezent načina kako su elementi *WSUD* koncepta, kao izraz institucionalnog i planerskog konteksta i aktuelnog zakonodavnog okvira Austrije u ovoj oblasti, sagledani kroz proces urbanističkog planiranja i dosledno implementirani kroz proces projektovanja i realizacije [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Takav pristup je rezultovao unapredjenjem ekoloških, ekonomskih i socijalnih karakteristika kompleksa i, u krajnjoj liniji, poboljšanju stepena kvaliteta stanovanja i življenja.



Slika 4. *Quartiers Verts* – Situacija sa oznakama položaja karakterističnih elemenata i primenjenih *WSUD* mera. Sve terasate zgrade i zgrade u nizu imaju ekstenzivne zelene krovove. A- kišna bašta u centralnoj zoni kompleksa. B – dečije igralište na veštački modelovanom terenu, u depresiji, na vodopropusnoj podlozi. C- zelene i pešačke površine sa elementima za usporavanje oticaja, zadržavanje i kanalisanje kišne vode. D- zeleni krov podzemne garaže. (Modifikovano sa: : https://www.wohnservice-wien.at/wsw/news/article.php?id=1218&project_id=&proj_info=)

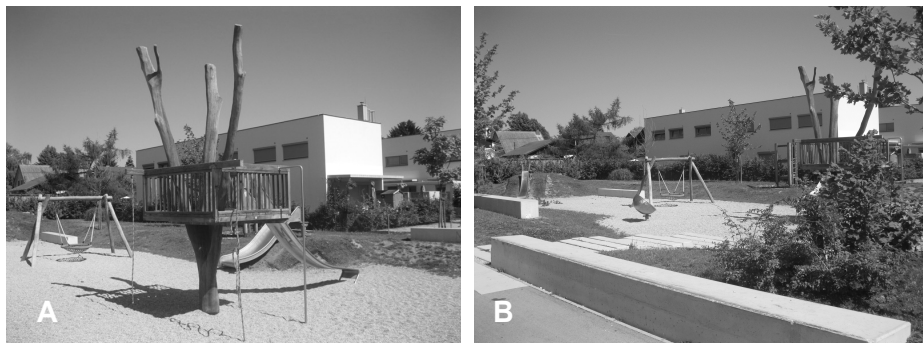
U tekstu koji sledi osvrnućemo se na najznačajnije elemente koncepta, posebno na one koji se odnose na definisanje sistema upravljanja atmosferskom vodom. Kao karakteristični elementi sistema javljaju se: 1) zeleni krovovi (oko $\frac{3}{4}$ krovnih površina su ekstenzivni zeleni krovovi), 2) depresije za prikupljanje/zadržavanje površinske vode u otvorenim prostorima, 3) infiltracione rigole za vodu prikupljenu sa krovova.

Sistem funkcioniše na sledeći način: prikupljene vode sa krovova usmeravaju se u podzemni procedni rov. Voda struji u odgovarajuće infiltracione bunare. U zoni šetališta stvorene su dve depresije u kojima se u slučaju veće količine padavina formiraju vodene površine. Stambene zgrade su postavljene na prirodnom tlu, pošto je samo mali deo otvorenog prostora lociran iznad podzemne garaže (*Slika 3- preseki*). Preduzete intervencije u odnosu na zatečeni sistem odvodjenja otpadnih voda su obuhvatile isključivanje vode koja se prikupljala sa kosih krovova objekata pored ulice i vodila u mešoviti sistem kanalizacije [4].



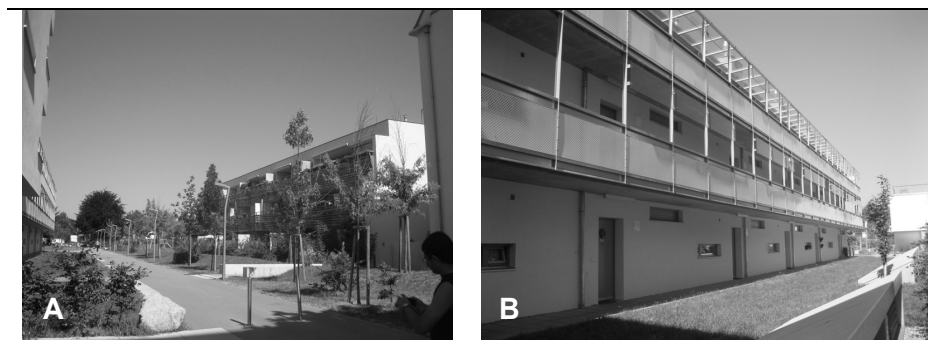
Slika 5. Kišna bašta u centralnom delu kompleksa. (Izvor: autori)

Često korišćen element *WSUD* pristupa je kišna bašta (*Slika 5A*). U ovom slučaju, ona se nalazi u centralnoj zoni kompleksa, oslonjena na primarne pešačke tokove. Izvedena je u depresiji koja služi za vidno zadržavanje atmosferskih voda. Visoka vlažnost ovog zemljišta pogoduje primeni specifičnog biljnog pokrivača, čime je obogaćen biodiverzitet područja. Ovakve površine se najčešće opremaju barskim i močvarnim rastinjem, tako da se često za njih koristi i naziv 'tršćaci'. Kada vlažnost zemljišta opadne, ono se navodnjava (*Slika 5B*). Na ovaj način, ublažavaju se posledice suše. *WSUD* pristup generalno, kroz primenu različitih mera, eliminiše posledice klimatskih promena, ili doprinosi ublažavanju istih.



Slika 6. Dečije igralište. (Izvor: autori)

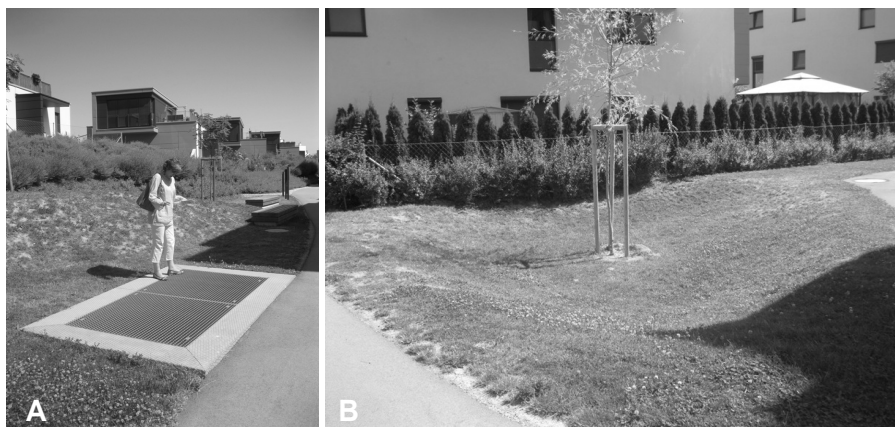
Dečije igralište, koje zauzima najveći deo slobodnog otvorenog prostora, nalazi se u severozapadnom delu kompleksa, oslonjeno je na primarne pešačke tokove i lako dostupno. Organizovano je na vodopropusnoj podlozi, što je postignuto posipanjem osnovnog tla tucanikom (Slika 6A). Primenom ove vrste podloge ispunjen je i kriterijum bezbednosti i sigurnosti korisnika. Funkcija prikupljanja padavina postignuta je nagibom okolnih površina ka igralištu i depresijom terena (Slika 6B). Istovremeno, u upotrebnom smislu je data mogućnost za različite vrste aktivnosti korisnika, dok je u oblikovnom smislu veštačkim modelovanjem terena postignuta dinamika prostora.



Slika 7. Otvoreni prostori i zelene površine. (Izvor: autori)

Na zelenim površinama je posađeno nisko, srednje i visoko zelenilo, koje se u WSUD pristupu koristi za usporavanje oticaja i zadržavanje vode (Slika 7A, Slika 5A). Voda sa okolnih površina se vodi ka korenovom sistemu drveća. Zelena površina na Slici 7B predstavlja zeleni krov podzemne garaže. Pešačke staze u kvartu su izvedene od vodopropusnog, poroznog materijala. Privatnost

stambenih jedinica u prizemlju je obezbedjena odgovarajućim rastojanjima u odnosu na pešačke komunikacije i visinskom diferencijacijom (podizanjem) terasa/dvorišta u odnosu na pešačke površine (Slika 7A). Sa oblikovnog aspekta, primenom blagih kosina postignuta je dinamika prostora, dok je sa aspekta *WSUD* koncepta stvorena mogućnost za brže odvodnjavanje željenih površina i usmeravanje atmosferske vode ka elementima koji ih odvede i zadržavaju.



Slika 8. A - podzemni rezervoar za prikupljanje kišnice. B- depresija za prikupljanje padavina bočnim dotokom sa okolnih površina. (Izvor: autori)

Zadržavanje većih zapremina atmosferskih voda primenom različitih *WSUD* elemenata, vrši se u retenzionim i detenzionim basenima. Ovaj princip zaštite od poplava se odavno koristi kao aktivna mera na prirodnim vodotokovima, gde se u vreme trajanja poplavnog talasa, voda usmerava prema kasetama. U principu, svi objekti te vrste funkcionišu na sličan način: voda se sakuplja sa površine i ispušta infiltracijom (retenzioni baseni) ili površinskim oticajem (detenzioni baseni) sporije nego što u njih dospeva; višak dotoka u odnosu na oticaj se privremeno zadržava u basenu ili depresiji [10]. Zbog iste funkcije, za ove basene se koristi zajednički naziv 'R/D' baseni.

Na slici 8- A, prikazan je poklopac podzemnog rezervoara koji ima funkciju R/D basena. Iz ovog rezervoara, voda se koristi u tehničke svrhe. Veštački stvorene depresije u kvartu u vreme trajanja kiša i topljenja snega, vrše R/D funkciju (Slika 5-IA, Slika 6, Slika 8-B). Ove površine su osetljive na stvaranje brazdi u tlu, zato što svoju funkciju vrše kontinuiranim bočnim dotokom. Pojava brazdi bi dovela do

koncentracije toka vode i povećanja brzina, a samim tim i do erozije površinskog sloja zemljišta, filtarskog sloja (ukoliko postoji) i kasnijeg narušavanja funkcije. Ovo je jedan od osnovnih razloga za zabranu vožnje bicikla u kvartu.

R/D baseni se uopšte često koriste kao *WSUD* elementi zbog doprinosa obnavljanju zaliha podzemnih voda. Pored toga, voda koja kroz različite slojeve zemljišta stiže u niže slojeve se samoprečišćava. U slučajevima kada se očekuje prodiranje zagađene vode u podzemnu vodu, vrši se ugradnja složenijih filtarskih slojeva u podpovršinske slojeve zemljišta. Ovo je najčešće slučaj kod odvodjenja voda sa saobraćajnica.

Funkcionisanje R/D basena zavisi od odgovora na dva pitanja: 1) U kojoj meri se žele oponašati uslovi oticanja koji su vladali pre izgradnje? 2) Koliko precizno se želi predviđanje funkcionisanja hidrološkim modelom, tako da novoizgrađeni objekti dostižu postavljene uslove oticanja? Odgovori na ova pitanja su predmet hidrološke analize i izbora kriterijuma u hidrotehničkom delu planiranja i projektovanja [10]. Pored izbora stepena zaštite područja od štetnog dejstva voda i troškova zaštite, u *WSUD* pristupu se postavljaju i kriterijumi i vrše proračuni, a neretko i terenska ispitivanja transporta i taloženja nanosa i hidrauličkih uslova tečenja površinskih voda, kao i strujanja podzemnih voda [11].

4. ZAKLJUČAK

Koristi primene elemenata *WSUD* koncepta u sklopu stambenog kompleksa su višestruke. Kroz odabrani slučaj *Quartiers Verts* u Beču, objašnjene su i ilustrovane različite prednosti *WSUD* koncepta urbanističkog planiranja i projektovanja nad tradicionalnim pristupom u kome se zasebno rešavaju urbanistički, hidrotehnički i pejzažni aspekt prostora.

Nekoliko najznačajnijih prednosti primene *WSUD* pristupa su: 1) Poboljšanje kvaliteta urbane funkcije stanovanja; 2) Poboljšanje oblikovnih karakteristika prostora, gde su *WSUD* elementi u funkciji dizajna; 3) Prepoznatljivost lokacije; 4) Poboljšanje mikroklimе; 5) Smanjenje pritiska na postojeći sistem za odvođenje otpadnih voda i uštede koje iz toga proizilaze.

Nemerljiva prednost *WSUD* koncepta nad tradicionalnim je njegova uloga u eliminaciji ili ublažavanju posledica klimatskih promena. Pored toga što stvaraju povoljnu mikroklimu, *WSUD* elementi ublažuju efekte suše, predstavljaju meru za odbranu od plavljenja i onemogućavaju stvaranje toplotnih ostrva u urbanim sredinama [12].

U razvijenim zemljama, lokalne vlasti donose svoja dokumenta, kriterijume i uputstva za primenu *WSUD*, tako da su ona prilagođena socijalnim, klimatskim, demografskim, ekonomskim i drugim uslovima koji su karakteristični za svaku od tih sredina. Verovatno najsveobuhvatnija definicija *WSUD* je izložena u preporukama grada Melburna u Australiji: '*WSUD* predstavlja pomak u razmišljanju u smeru integrisanog upravljanja vodama, gde se sva voda smatra resursom. Integrirano upravljanje vodnim ciklusom obuhvata: kišnicu, atmosfersku vodu, podzemnu vodu, pijaću vodu iz vodovoda, otpadnu vodu od kupanja i pranja veša (*greywater*), otpadnu vodu od toaleta i iz kujne (*blackwater*) i vodu iz kanalizacije (*water mining*)' [13]. *WSUD* koncept prikazan u radu, tretira prva dva od navedenih elemenata i predstavlja okosnicu pristupa koji se i dalje razvija i usavršava, najviše zahvaljujući tome što je široko prihvaćen u svetu.

5. IZJAVA

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

6. LITERATURA

- [1] Dietz, M.E. (2007) *Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions*, Water Air Soil Pollut (2007) 186:351–363, DOI 10.1007/s11270-007-9484-z
- [2] Vasilevska Lj. (2012) *Towards more User-Friendly Public Open Space in Low-rise High Density Housing Areas*, Proceedings of 1st International Conference on Architecture & Urban Design, ICAUD, Epoka University, Department of Architecture, Tirana, (2012) pp. 855–864, ISBN 9789928-135-01-8

- [3] Ostu-stettin, Hoch-und tiefbau GmbH, Dostupno na: www.oestu-stettin.at/admFiles/projekte/12_Oestu_Projektfolder_Lavaterstrasse_Ansicht.pdf
- [4] Grimm, K. (2010) *MA 22 – Umweltschutz (Hrsg.): Integratives Regenwassermanagement – Motivenbericht*. Magistrat der Stadt Wien
- [5] Grimm, K. (2010) *MA 22 – Umweltschutz (Hrsg.): Integratives Regenwassermanagement – Beispielsammlung*. Magistrat der Stadt Wien
- [6] - *MA 22 – Umweltschutz (Hrsg.): Regenwassermanagement - Rechtliche Grundlagen*, Magistrat der Stadt Wien
- [7] Hauber, *Modernes Regenwassermanagement*, dostupno na: <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/gerhard-hauberdreiseitel.pdf>
- [8] Grimm, K. , Kroiss (2012) *Möglichkeiten des Regenwassermanagements (Grimm) / Rechtliche Grundlagen des Regenwassermanagements (Kroiss) – Beispielsammlung*, dostupno na: <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/grimm-kroiss.pdf>
- [9] Kaiser, Detzlhofer (2012) *Regenwasserbewirtschaftung - Planung und Ausführung in Deutschland (Kaiser) / Regenwassermanagement in der Wohnbausanierung am Beispiel Wohnhausanlage am Friedrich-Engels-Platz (Detzlhofer)*, dostupno na: <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/kaiser-detzlhofer.pdf>
- [10] Booth, D. B., and Jackson, R. (1997) *Urbanization of aquatic systems: Degradation thresholds, stormwater detection and the limits of mitigation*, Journal of the American Water Resources Association, 33(5), 1077–1089.
- [11] Blagojević, B., Milićević, D. and Potić O. (2013) *Agent based assessment of stormwater re-use potential of LID control facilities at the site of Vlasina Lake, Serbia*, Water Science and Technology, 68.3, 705–713
- [12] Celestine Morgan (lead author), Cristian Bevington, David Levin, Peter Robinson, Paul Davis, Justin Abbott, Paul Simkins (2013) *Water Sensitive Urban Design in the UK – Ideas for built environment practitioners*, Publication C723, CIRIA, London, RP976, ISBN 978-0-86017-726-5
- [13] *City of Melbourne, WSUD Guidelines, Applying the Model WSUD Guidelines*, An Initiative of the Inner Melbourne Action Plan, dostupno na: http://www.melbourne.vic.gov.au/Sustainability/SavingWater/Documents/WSUD_part1.pdf

TRAJNOST I OŠTEĆENJA NOSEĆIH KONSTRUKCIJA¹

Jasmina Tamburić²
Predrag Lukić³

Rezime

Trajnost konstrukcija se razmatra u zavisnosti od materijala od koga su napravljene kao i od namene, odnosno od dejstava kojim su izložene. Svi materijali za građenje vremenom gube svoje početne karakteristike i nastaje proces deterioracije materijala. Oštećenje sistema noseće konstrukcije je veoma važan faktor koji utiče na stabilnost, funkcionalnost i estetiku objekta. U ovom radu biće razmatrene noseće konstrukcije od tri osnovna materijala, a to su betonske, čelične i drvene konstrukcije.

Ključne reči: *Trajnost konstrukcija, noseće konstrukcije, materijal, betonske konstrukcije, čelične konstrukcije, drvene konstrukcije*

1. UVOD

Trajnost materijala zavisi pre svega od vrste materijala, njegovih elasto-mehaničkih, fizičkih i hemijskih svojstava, a veoma je važan faktor sredine, odnosno ambijenta u kome se objekat nalazi. Svi materijali za građenje vremenom gube svoje početne karakteristike i nastaje proces deterioracije materijala.

¹ Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na Naučnom projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj TR 36045

² Jasmina Tamburić, dipl. inž. arh., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu,

³ Predrag Lukić, master inž. građ., student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu,

U želji da se dobije večita konstrukcija u istoriji su građene konstrukcije prevelikih dimenzija sa veoma velikim koeficijentom sigurnosti. Danas su precizno definisani koeficijenti sigurnosti kako za materijale tako i za opterećenja, te nema opravdanja za građenjem ovakvih objekata. Jedan od načina produženja trajanja konstrukcije je izbor materijala sa većim vekom trajanja ili povećanjem dimenzija preseka, odnosno debljine zaštitnog sloja armature, kao i antikorozivna zaštita. Veliki značaj kod trajnosti ima pravilno projektovanje i izvođenje objekta. Ovde treba napomenuti da ljudska briga, nadgledanje, popravljanja, čišćenje i održavanje ima veoma veliki značaj kod trajnosti materijala i konstrukcija [5].

2. TRAJNOST KONSTRUKCIJA OD BETONA

Kvalitet betona u smislu trajnosti, zavisi od karakteristike transporta– permeabilnost (propustljivost) i koeficijent difuzije. Ove karakteristike betona omogućuju interakcija sredine i betona. Kroz beton zaštitnog sloja provode se voda, ugljendioksid, kiseonik, hloridni joni. Trajnost se često definiše kao sposobnost betona da se odupre prodoru štetnih agenasa. Zato transportne karakteristike betona određuju potencijalne mehanizme deterioracije. Ukoliko se oni razviju, utiču na otpornost pa samim tim i na sigurnost konstrukcije, na upotrebljivost, stanje na površini betona, kao i na globalni izgled objekta, koji takođe može biti jedan od funkcionalnih zahteva. Svako unapređenje principa projektovanja, tehnologija građenja ili rušenja kao i upravljanja eksploatacijom betonskih konstrukcija, obezbeđuje značajan doprinos opštem cilju: postizanju procesa održivog razvoja.

Pod korozijom betona se podrazumeva degradacija betona i betonskih konstrukcija izloženih različitim agresivnim delovanjima. Postoje više korozivnih delovanja na beton kao što je alkalno-silikatna reakcija, sulfatna korozija, dejstvo morske vode, kiselinska korozija, eflorescencija, kristalizacija soli, korozija armature i dr.

Deterioracija ili pogoršanje stanja konstrukcije od betona odvija se kroz [7]:

1. Koroziju armature i koroziju kablova za prethodno naprezanje – rezultat ovog procesa su:
 - Prsline u betonu i smanjivanje kapaciteta nosivosti usled redukcije poprečnog preseka armature ili,

- Kablova za prethodno naprezanje; glavni uzrok korozije je smanjen kvalitet betona u zaštitnom sloju usled:
 - Karbonizacije zaštitnog sloja,
 - Dejstva hlorida,
 - Kombinacije oba procesa.

2. Oštećenja usled deterioracije betona – razlozi potiču ili od sastava betonske mešavine ili od dejstva sredine, najčešće:

- Ciklusi smrzavanja i odmrzavanja,
- Ispiranje,
- Alkalno- agregatna reakcija,
- Reakcija sulfata sa aluminatima u betonu,
- Odloženo formiranje etringita,
- Mikro- biološka dejstva.

Klase stanja konstrukcije u eksploataciji prema nemačkoj klasifikaciji su:

- Klasa 1 - dobro stanje bez vidljivih znakova deterioracije,
- Klasa 2 - stanje sa vidljivim znacima deterioracije,
- Klasa 3 - pogoršano stanje sa izraženim znacima deterioracije,
- Klasa 4 - loše stanje,
- Klasa 5 - alarmantno stanje.

Betonske konstrukcije [1] slika 1.



klasa 2

klasa 3

klasa 4

Slika 1.- Klase stanja betonske konstrukcije

Čelične konstrukcije [1] slika 2.



klasa 2

klasa 3

klasa 4

Slika 2.-Klase stanja čelične konstrukcije

3. Trajnost konstrukcija od čelika

Prilikom projektovanja konstrukcija od čelika treba imati u vidu trajnost čelika kao materijala koji je podložan hemijskoj koroziji i vrlo osetljiv na požarna opterećenja. Stoga je neophodna adekvatne zaštita da bi konstrukcija, odnosno njeni delovi bili funkcionalni sve vreme eksploatacije.

4. Trajnost konstrukcija od drveta

Trajnost drveta je osobina da duže ili kraće vreme zadrži nepromenjena prirodna svojstva, a posebno: anatomsku građu, boju, tvrdoću, čvrstoću. Parametri koji utiču na trajnost drveta mogu se podeliti u dve grupe:

- *Unutrašnji*: građa drveta, hemizmi, zapreminska masa, individualne osobine stabla,
- *Spoljašnji*: vreme seče, postupak sa drvetom posle seče, mikroorganizmi, insekti, vlažnost, mehaničke povrede, način upotrebe.

Mehanizmi deterioracije kod drvenih konstrukcija mogu biti: usled oštećenja drveta, bio-hemijska deterioracije strukture, insekti: mehanička deterioracije strukture, dejstvo UV zraka, mehanička oštećenja.

4.1 Klase ugroženosti konstrukcija

Od drveta i proizvoda na bazi drveta prema standardu EN 335-1 [2] i EN 335-2 [1], u svemu prema tabeli 1, kao i dejstva prema tabeli 2.

Tabela 1.- Klase ugroženosti

Klase ugroženosti	Uslovi eksploatacije
1	Stalno zaštićeno od kvašenja (ispod krova)
2	Stalno zaštićeno od kvašenja (ispod krova) ali sa povremenim vlažnim ambijentom i promenljivom vlažnošću
3	Ne nalaze se ispod krova i nemaju kontakta sa zemljom ili su zaštićene, ali su često izložene kvašenju ili su stalno izložene kvašenju.
4	Izložene su stalnoj vlažnosti i imaju kontakta sa zemljom i vodom
5	Stalno su izložene dejstvu morske vode

Tabela 2.-Dejstva

	Oblast primene	Dejstvo	Moguće posledice
1	Bez padavina	Vlažnost vazduha Temperatura Vetar i sunce (delimično)	Žutilo do braon mrlje Naprsline, najčešće na ivicama
2	Vremenski uticaji bez kontakta sa zemljom	Vlažnost vazduha Temperatura Vetar i sunce (intenzivno) Padavine (kiša), prašina, prljavština	Vlaženje, potamnivanje Nprslina, najčešće na ivicama, deformacije, truljenje, erozija, korozija
3	Vremenski uticaji sa kontakta sa zemljom i vodom	Isto kao 2, ali sa dugotrajnom vlažnošću i kontaktu sa zemljom. Česta promena vlažnosti. Sloj vode. Podzemna voda	Isto kao 2 i ubrzana trulež i često meka trulež

4.2 Klase otpornosti

Prirodna trajnost EN 350-2 [3] važi za konstrukcije u kontaktu sa zemljom: klase ugroženosti 4 prema EN 335-1 [2], prema tabeli 3.

Tabela 3.- Prirodna trajnost

Klasa	Definicija	Trajnost uopšte (godine)	Trajnost tropskih vrsta (godine)
1	Veoma trajne	više od 25	više od 15
2	Trajne	15 do 25	10 do 15
3	Umereno trajne	10 do 15	5 do 10
4	Slabo trajne	5 do 10	2 do 5
5	Nisu trajne	Manje od 5	Manje od 2

Primeri za određenu vrstu drveta su dati u tabeli 4:

Tabela 4.- Klase i karakteristike drveta

Klasa	Trajnost	Tehnički naziv	Zapreminska masa
1	Veoma trajne	Tik	1030 800 680
1 do 2	Trajne	Bagrem, Divlji kesten	740 650
2	Trajne	Hrast Bongosi	1060 930 710 590 370
3	Umereno trajne	Duglasia	660

Klase trajnosti date su u tabeli 5. za različite uslove eksploatacije i klase ugroženosti:

Tabela 5.- Klase ugroženosti

Klase ugroženosti	Uslovi eksploatacije	Klase trajnosti
1	Stalno zaštićeno od kvašenja (ispod krova) unutrašnji elementi	5 ili bolje
2	Stalno zaštićeno od kvašenja (ispod krova) ali sa povremenim vlažnim ambijentom i promenljivom vlažnošću	3 ili bolje 4 i 5 sa impregnacijom' (' prema prilikama)
3	Ne nalaze se ispod krova i nemaju kontakta sa zemljom ili su zastićene, ali su često izložene kvašenju ili su stalno izložene kvašenju.	2 i bolje 3 sa impregnacijom' 4 i 5 sa impregnacijom
4	Izložene su stalnoj vlažnosti i imaju kontakta sa zemljom i vodom kontakt sa betonom	1 2 sa impregnacijom' 3 i 5 sa impregnacijom
5	Stalno su izložene dejstvu morske vode, rashladni tornjevi (pristaništa obaloutvrde)	1 2 do 5 sa impregnacijom

Prirodna trajnost prema EN 350-2 [3] data je u tabeli 6.

Tabela 6.- Klase ugroženosti

Klasa trajnosti	Vrsta drveta	Zapreminska masa kg/m ³	Dejina beljiovine cm	Poreklo
1	Teak	680	2-5	Azija
1-2	Bagrem divlji kesten	740 630	2 1	Evropa
2	Bongossi hrast bangkirai	1060 710 930	2-5 2-5	Afrika Evropa
2-3	Sipo/ mahagoni	640	5-10	Afrika

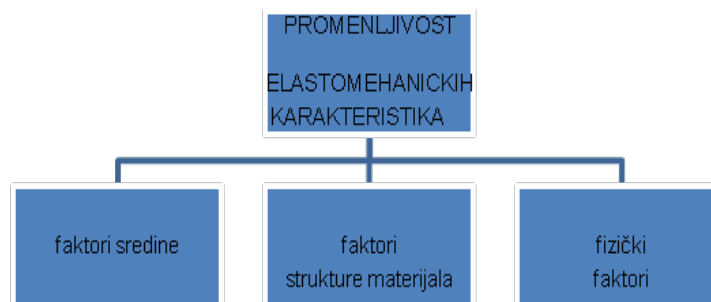
3	Douglasie	530	2-5	Severna Amerika
3-4	Ariš	600	2-5	Evropa
	Douglasie	510	2-5	Evropa
	Bor	520	2-10	Evropa
4	Smreka	460		Evropa
	Jela	460		Evropa
5	Bukva	710		Evropa
	Topola	440		Evropa

Najveću prirodnu trajnost evropskog drveta ima divlji kesten i bagrem

5. UZROCI OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJA I PREVENCIJE

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

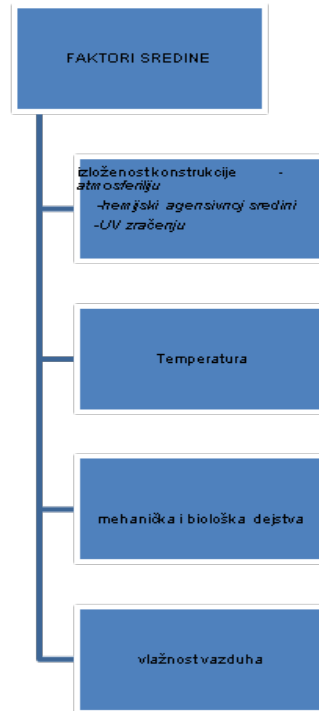
Negativan uticaj faktora životne sredine manifestuje se kroz pad elastomehaničkih karakteristika materijala noseće konstrukcije. Osim faktora sredine, bitan značaj za promenljivost nosivosti i krutosti konstrukcije imaju faktori strukture materijala i fizički faktori [1], slika 3.



Slika 3.-Promenljivost elastomehaničkih karakteristika

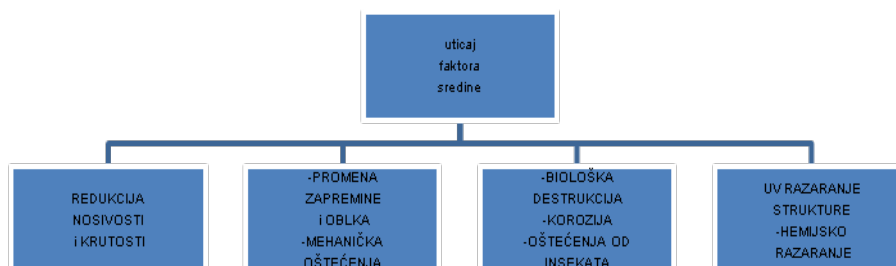
Uticaj faktora životne sredine na konstrukciju manifestuje se kroz različita dejstva. To su najčešće mehanička i biološka dejstva,

izloženost konstrukcije (*atmosferiliju -hemijski agresivnoj sredini -UV zračenju*) kao i temperatura i vlažnost sredine, slika 4.



Slika 4.- Faktori sredine

Faktori sredine utiču na redukciju nosivosti i krutosti nosećih sistema, promene zapremine i oblika, kao i mehanička oštećenja. Moguća je korozija, biološka destrukcija i oštećenja od živih organizama (insekti, školjke), hemijsko razaranje i fenomen dejstva UV zraka, slika 5.



Slika 5. -Uticaji faktora sredine

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

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

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

6. GREŠKE U IZVOĐENJU

Kod betonskih konstrukcija [4]:

- Najčešće je loš kvalitet betona kao posledica nekvalitene izrade, nepravilne ugradnje i održavanja ,
- Neadekvatna nega betona,
- Loše kompaktiranje (vibriranje) betona,
- Nepravilno izvođenje radnih prekida betoniranja,

- Nedovoljni zaštitni slojevi betona
- Oštećenja zaštitnog sloja betona i sličnih površinskih defekata, kao što je, na primer:
- Segregacija betona, kao posledica javlja se korozija armature i karbonizacija betona i nastanak prslina širina većih od dozvoljenih graničnih vrednosti u zavisnosti od agresivnosti sredine.

Kod čeličnih i drvenih konstrukcija:

- Neadekvatni izbor kvaliteta materijala, nepravilna ugradnja spojnih sredstava,
- Neadekvatni prečnik rupe u odnosu na mehanička spojna sredstva, nepravilno naleganje spojnih ravni.

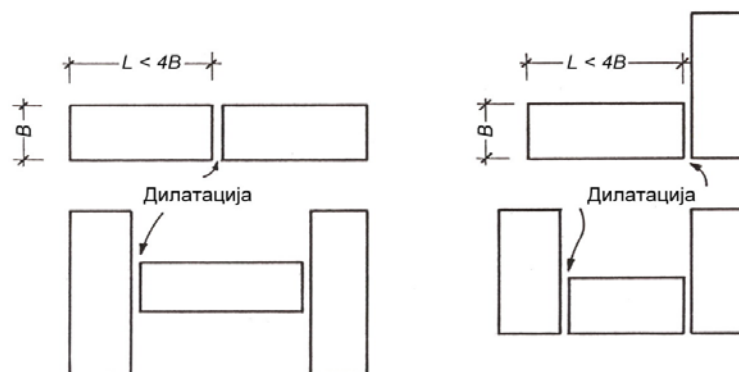
7. PREVENCIJA I ODRŽAVANJE

7.1 Konstrukcijske mere

Položaj seizmičkih razdelnica pre svega zavisi od gabarita i oblika osnove objekta. Pri deformacijama usled temperaturnih oscilacija, od skupljanja betona, nejednagog sleganja tla i iz drugih razloga. Kod razuđenih objekata može da dođe do pojave pukotina

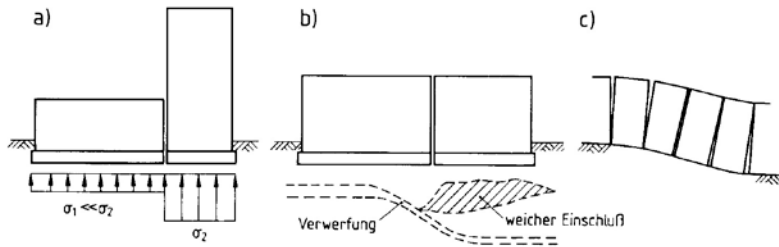
7.2 Popravka krovnog pokrivača ili fasadne obloge

Dilatacije uslovljene gabaritom objekta, slika 6.



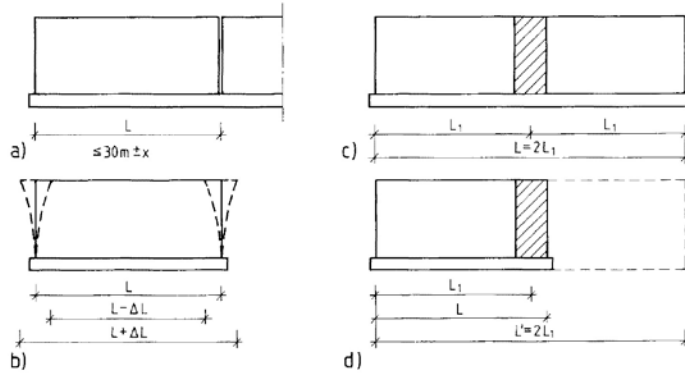
Slika 6.-Dilatacije gabaritom

Dilatacije uslovljene visinom objekta, odnosno raličitim opterećenem temelja i uslovima fundiranja, slika 7.



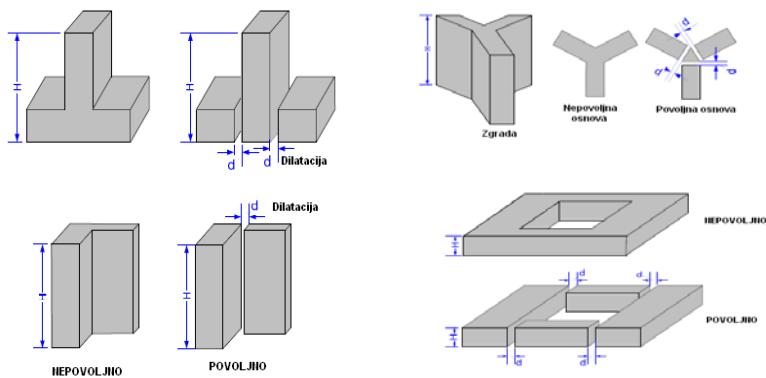
Slika 7.-Dilatacije visinom

Temperatura-skupljanje betona-zida, slika 8.



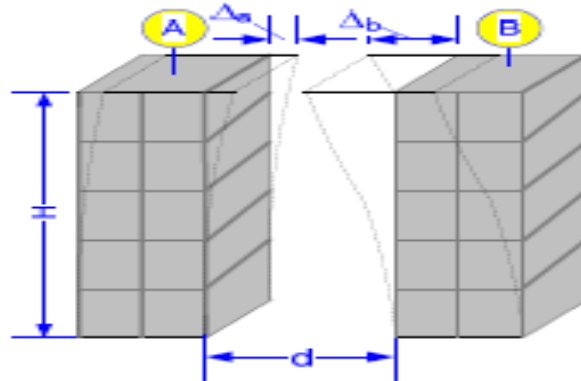
Slika 8.-Temperatura skupljanja

Seizmičke dilatacije- povoljni i nepovoljni oblici, slika 9.



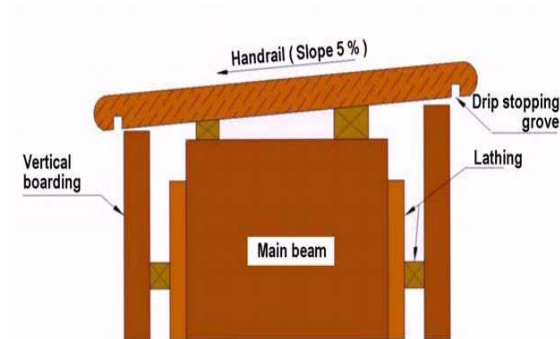
Slika 9.- Povoljni i nepovoljni oblici dilatacija

Sudar delova zgrade je prikazan na slici 10.



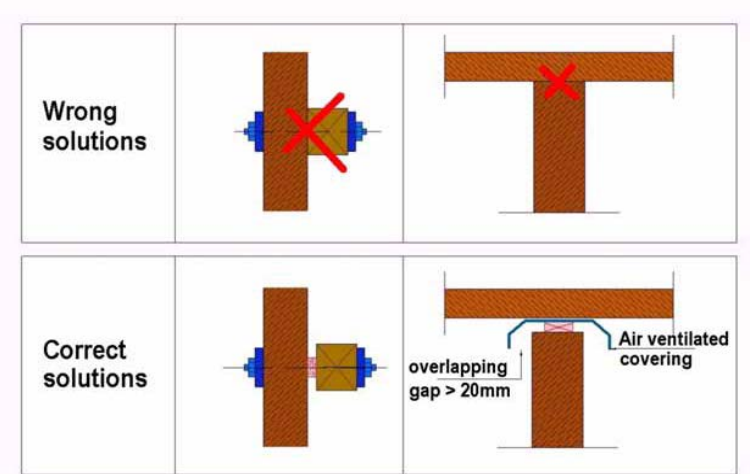
Slika 10. Sudar delova zgrade

Konstruisanje zaštitnih obloga konstrukcije koja je izložena kvašenju, (naročito kod drvenih i čeličnih konstrukcija), slika 11, gde je zaštitna obloga estetski i zaštitni element koji se kroz određeno vreme menja, a konstrukcija ima duži vek trajanja.



Slika11. Obloga glavne noseće grede

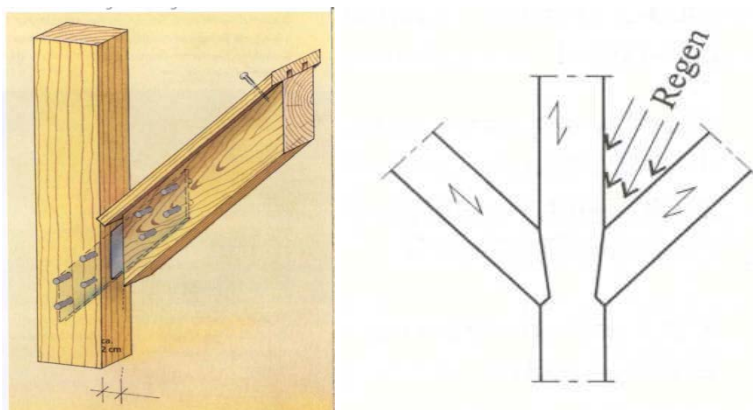
Konstruisanje detalja nosećih konstrukcija na osnovu analize nepovoljnih uticaja na osetljivim mestima dodira elemenata veza, ili kod ležajeva, gde se sakuplja vlaga i nečistoća. Veštım konstrukcijskim merama može da se obezbedi provetravanje kao i pristup za čišćenje i pregled tih mesta, slika 12.



Slika 12. Primeri veza elemenata od drveta koji su izloženi kvašenju

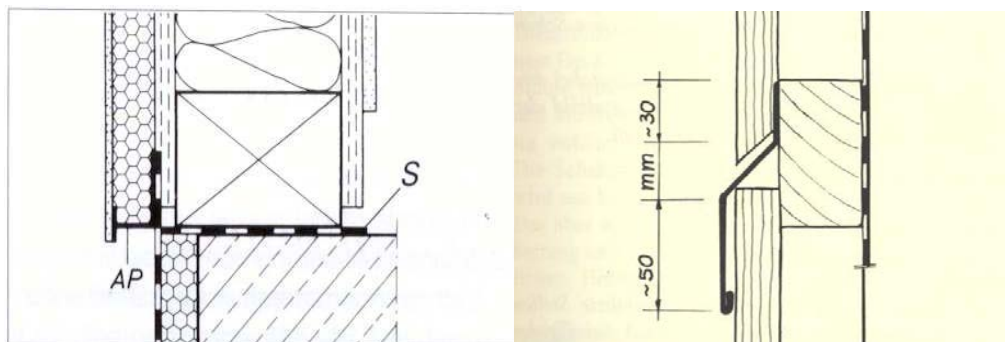
- Spojne ravni su pripojene jedna uz drugu, u spoju elemenata se zadržava vlaga i to je slabo mesto,
- Spojne ravni su ovojene jedna od druge podmetačima, u spoju elemenata se omogućuje ventilacija i prosušivanje.

Rešenje detalja veza koji su izloženi atmosferilijima, na primeru kosnika od drveta, umesto klasične veze na zasek koja brzo propada usled upijanja vode na mestu spoja, preporučuje se veza sa profilisanim metalnim limom koji omogućuje potpuno distanciranje drvenih elemenata i pravilno ventiliranje spoja, odnosno omogućuje njihovo brzo prosušivanje, slika 13.



Slika 13.-Detalj veze

Pravilno rešenje odvodnjavanja fasade, sa okapnicom koja sprečava kvašenje donjih elemenata, slika 14.



Slika 14.-Detalj okapnice

7.3 Preventivne mere

Preventivna mera zaštite krovne konstrukcije ili nosećeg fasadnog elementa može biti i popravka krovnog pokrivača ili fasadne obloge. Pravilno rešenje oslonaca, gde se drvo ne oslanja direktno na temelj, već preko profilisane metalne papuče ili specijalnog oslonca. Ovakva veza se dobro ventilira, pristupačna je za kontrolu i održavanje, slika 15.



Slika 15.Detalj oslonaca

- Preventivna mera zaštite armirano-betonske konstrukcije izložene atmosferiliju i hloridima je izrada ili popravka hidroizolacije, pravilno odvodnjavanje, pravilno postavljanje slivnika i rešenje okapnica.
- Preventivna mera zaštite čelične konstrukcije je antikorozivna zaštita i njena popravka tokom vremena.

- Kod metalnih konstrukcija izbegavaju se detalji koji imaju udubljenja gde može da se skuplja voda, na takvim mestima se obično predviđa perforacija radi bržeg oticanja vode i prosušivanja.
- Ostale prevencije: Monitoring konstrukcije, redovna kontrola, ispitivanja, dijagnostika stanja i blagovremeno popravljjanje oštećenih delova objekta.

8. SANACIJA I OJAČANJE OBJEKATA (ZAKON O PLANIRANJU I IZGRADNJI)

8.1 "Službeni glasnik RS", br. 47/2003, Član 2

25) "Rekonstrukcija" jeste izvođenje građevinskih i drugih radova na objektu, kojima se: vrši dogradnja; utiče na stabilnost i sigurnost objekta; menjaju konstruktivni elementi; menja tehnološki proces; menja spoljni izgled objekta; povećava broj funkcionalnih jedinica; utiče na bezbednost susednih objekata, saobraćaja i životne sredine.

28) "Sanacija" jeste izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećem objektu kojima se vrši popravka uređaja, postrojenja i opreme, odnosno zamena konstruktivnih elemenata objekta, kojima se ne menja spoljni izgled, ne utiče na bezbednost susednih objekata, saobraćaja i životne sredine.

Poslednjih godina investicije održavanja i sanacija konstrukcija prevazilaze ulaganja u gradnju novih objekata, uključivši i betonske konstrukcije za koje se dugo smatralo da im je trajnost znatno veća o realne. Vrednost objekta treba da se posmatra za ceo životni ciklus konstrukcije, gde spadaju troškovi planiranja i projektovanja, troškovi održavanja i sanacija, kao i troškovi rušenja, ako se dokaže da je isplativije da se gradi novi objekat nego da se stari popravlja.

Zbog toga je od posebnog značaja regulativa koja se tiče ne samo radova na sanaciji već i na učestalost i način pregleda i ispitivanja konstrukcija u cilju dobijanja podataka za ocenu stanja i potrebnih intervencija na pojedinim elementima konstrukcije. Pod terminom sanacija podrazumevaju se radovi kojima se konstrukcija dovodi u prvobitno stanje nosivosti i upotrebljivosti, a pojačavanjem

se postiže modifikacija nosivosti ili krutosti konstrukcije za preuzimanje povećanog opterećenja.

Veoma je važno proceniti trenutak kada je ugrožena sigurnost i funkcionalnost objekta, da bi se preduzele odgovarajuće mere popravke i sanacije. Pored opšte procene stanja konstrukcija, često je potrebna i procena nosivosti i upotrebljivosti. Procena nosivosti i upotrebljivosti se najčešće vrši vizuelnim pregledom, a za važnije konstrukcije postoji sistem redovno praćenja stanja konstrukcija-monitoring. Radi utvrđivanja stanja konstrukcije, vrši se ispitivanje materijala različitim laboratorijskim metodama, a često se vrše i ispitivanja konstrukcija probnim opterećenjem. Ti rezultati se koriste kao podloga za izradu projekta sanacije.

Jedan od preduslova za plansko održavanje je redovno nadgledanje kao skup mera koji se sprovodi na objektu da bi se utvrdila potreba i obim radova koje je potrebno izvesti tokom održavanja. Nadgledanjem se obezbeđuju podaci i informacije za adekvatno upravljanje objektima. U Modelu propisa za betonske i prednapregnute konstrukcije CEB-FIB iz 1993. godine preporučeno je da vreme između dva detaljna pregleda, za stambene zgrade, ne bude duže od 10 godina. Za drumske mostove se propisuje na 6 godina, a za železničkimostove na 2 godine.

Definisane su sledeće vrste pregleda za konstrukcije:

- Tekući – četiri puta godišnje,
- Jednom godišnje ili svake druge godine,
- Jednostavni svake druge ili svake treće,
- Glavni svake pete godine,
- Posebni po potrebi.

9. METODI SANACIJE

- Smanjivanje opterećenja konstrukcijskih elemenata,
- Prenošnje opterećenja na susedne konstrukcijske elemente dovoljnih nosivosti,
- Smanjivanje raspona konstrukcija, koje nemaju zadovoljavajuću nosivost,

- Promena sistema konstrukcija, koje nemaju zadovoljavajuću nosivost,
- Ojačanje konstrukcija postupcima prednaprezanja,
- Ojačanje putem povećanja preseka dodatnim površinama betona i/ili čelika,
- Ojačanje poprečnih preseka putem lepljenja dodatnih lamela od čelika, staklenih vlakana, karbonskih vlakana i sl.

Radovi na sanaciji (rekonstrukciji) mogu se podeliti na:

1. **Reparaturne** sanacije - radi produženja upotrebljivosti i trajnosti objekta
2. **Konstruktivske** sanacije – koje se odnose na nosivost konstrukcije

Za popravku konstrukcija odnosno zahtevano pojačanje konstrukcije koriste se specijalni sanacioni materijali. Vrsta ovih materijala zavisi od vrste materijala konstrukcije [6].

Kod **betonskih** konstrukcijs koriste se:

- a) Mikroarmirani betoni -kompozitni materijali armirani čeličnim, prirodnim, organskim, staklenim mineralnim, karbonskim, polipropilenskim i drugim sintetičkim vlaknima različitog oblika i dimenzija.
- b) Polimer betoni i malteri i polimer modifikovani beton. Za izradu polimer-betona najčešće se koriste sintetičke smole (epoksidna smola, poliesterska smola, fenol-formaldehidna smola).
- c) Hidroizolacioni malteri. Zaštitni malteri ,cementni malteri sa dodatkom hemijski aktivnih sredstava za vodonepropistoljivost (aditivi zaptivači ili aditivi hidrofobi) koriste se kao kruti hidroizolacioni sistemi, kako izradnji novih objekata tako i pri sanacijama.
- d) Reparturni malteri. Brojna koroziona oštećenja betona i armature saniraju se reparturnim malterima. Komponentni materijali za spravljenje ovih maltera su:

- Veziva (cement + voda, polimer),
- Punioci (kvarcni pesak, kameno brašno, adheziono brašno),
- Dodaci (minerali, polimeri, aditivi).

e) Ugljeničnii staklena vlakana (Fiber glas) u vidu traka, mreža i šipki na površini konstrukcije (near surface mounted NSM)

Kod **čeličnih** konstrukcija koriste se:

a) Čelični elementi, epoksidne smole, poliesterske smole, fenol-formaldehidne smole i lepkovi. Najpoznatiji je vodootporni rezorcinski lepak sa visokim mehaničkim karakteristikama. Za sanaciju se koriste i proteze od metala ili šipki od sintetičkim materijala, a za zaštitu površina koristi se akrilni premazi i paste. Injektiranje i zaštitni premazi.

b) Čelične konstrukcije najčešće se saniraju zavarivanjem, u novije vreme i lepljenjem elemenata, povećanjem preseka elemenata ili dodavanjem zatege. Pravilno izvođenje zaštite od korozije jedno je od presudnih faktora koji utiču na vek trajanja konstrukcije. Prilikom projektovanja konstrukcije potrebno je definisati i način zaštite od korozije. Zaštita od korozije se odnosi na sve čelične konstrukcije izrađene od elemenata debljine veće od 3 mm. Postupci koji se mogu primeniti za površinsku zaštitu čelika od korozije su:

- kontinuirani postupak izvođenja metalnih prevlaka,
- elektronski postupak nanošenja, elektrostatičko prekrivanje prahom,
- postupak pečenja (emajliranja), postupak vrućeg prskanja itd.

10. ZAKLJUČAK

Trajnost, nosivost, funkcionalnost i upotrebljivost nosećih konstrukcija pre svega zavisi od trajnosti materijala od kojih su napravljene. Trajnost materijala je u neposrednoj vezi sa uslovima

okoline u kojoj se konstrukcija nalazi. Svi građevinski materijali su podložni koroziji te je neophodna njihova adekvatna zaštita. Sama zaštita se radi počev od projektovanja konstrukcije, pa do finalnih obrada površina nakon izvođenja. Za trajnost konstrukcija neophodan je redovni pregled i održavanje. Zato treba praviti plan, termine pregleda, kontrole i održavanja konstrukcija i sprovoditi planirane aktivnosti. Projektovanje konstrukcija prema upotrebnom veku je savremeni koncept projektovanja koji se već uveliko primenjuje.

11. LITERATURA

- [1] . Mičić, T., Stojić, D.: *Predavanja na doktorskim studijama na predmetu :Reliabilty of structures*, Niš 2012.
- [2] ÖNORM EN 335-1 Durability of wood and wood-based products– Definition of use classes Part 1: General, Edition: 2006-10-01, Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.
- [3] EN 335-2:1992, Durability of wood and wood-based products - Definition of use classes - Part 2: Application to solid wood , Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels 2006.
- [4] Marinković, S., Ignjatović, I. : *Savremeni koncept obezbeđivanja trajnosti betonskih konstrukcija -projektovanje prema upotrebnom veku*, Inženjerska komora Srbije, Beograd 2008.
- [5] Ačić, M., Jevtić, D. : *Trajnost betonskih konstrukcija u uslovima korozione sredine*, stručni časopis Tehnika - Naše građevinarstvo, vol. 62, br. 3, str. 1-14, Beograd 2008,
- [6] Folić, R., Malešev, M. : *Održavanje i sanacija konstrukcija*, stručni časopis Materijali i konstrukcije vol.48, br. 3-4, str 62-80, Beograd 2005.
- [7] Grdić, Z.: *Korozija i trajnost betona*, XI YUCORR International Conference „Saradnja istraživača različitih struka u oblasti korozije i zaštite materijala i životne sredine”, Knjiga radova, Tara, 17.05. – 20.05.2009., p.p. 17 – 27.

EVROKOD 8, PROJEKTOVANJE SEIZMIČKI OTPORNIH KONSTRUKCIJA

Slavko Zdravković¹
Tomislav Igić²
Biljana Mladenović³

Rezime

Celokupna teritorija naše zemlje je u seizmički aktivnom području. Projektovanjem i građenjem seizmički otpornih konstrukcija značajno se smanjuje rizik pojave teških oštećenja, gubitaka ljudskih života i rušenje objekata. Intenzivna istraživanja u oblasti seizmičkog inženjerstva, ali i iskustva nakon jakih zemljotresa doprinela su dragocenom saznanju iz ove oblasti. Noseće konstrukcije moraju da izdrže bez rušenja najveći referentni zemljotres za područje na kome se grade. Referentni povratni period takvog zemljotresa je 475 godina ili verovatnost prekoračenja od 10% za 50 godina. Drugi zahtev prema EC 8 odnosi se na ograničenje oštećenja za povratni period zemljotresa od 95 godina ili verovatnoće prekoračenja od 10% za 10 godina. Sposobnost nelinearnog ponašanja konstrukcije zavisi od svojstva materijala tj. njene duktilnosti, tj. da trpi nelinearne deformacije a da pri tome ne dođe do loma. Klasifikacija tla i interakciji tla i konstrukcije prema EC 8 posvećuje se posebna pažnja, bez obzira na vrstu tih konstrukcija (zgrade, mostovi i dr.). Evrokod 8, uvodii faktor ponašanja q u projektni spektar, za elastičnu analizu.

Ključne reči *Evrokod 8, projektni spektri, nelinearne deformacije, faktor ponašanja, kategorije tla.*

¹ Prof.dr Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika, inovatora i naučnika-SKAI, Ekspert bivšeg Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14. Niš

² Dr redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14. Niš

³ Mr asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14. Niš

1. UVOD

Zemlje sa aktivnim seizmičkim područjima, u koje spada i naša zemlja, u cilju usavršavanja metoda projektovanja i građenja, teorijski i eksperimentalno istražuju ponašanje konstrukcija pod opterećenjem koje simulira zemljotrese. Usavršavanje ovih propisa u zemljama Evropske zajednice, je deo u Evrokodu 8. Njihova primena povezuje se sa donošenjem Nacionalnog dokumenta za primenu (NAD). Izrada takvog dokumenta i uvođenje Evrokodova u našoj zemlji je nužno, jer je u nekim zemljama već urađeno.

U EC 8 zahteva se podela nacionalnih teritorija na seizmičke zone, zavisno od stepena seizmičke aktivnosti sa maksimalnim ubrzanjem na osnovnoj steni konstantnim za celu zonu. Smatra se da se samo ovim parametrom može obuhvatiti potencijal povredljivosti objekata (sa čime se autor ne slaže), što se ne može u potpunosti opravdati. Mape se daju za usvojeni povratni period od 475 godina i faktorom značaja 1,0. Kod nas se primenjuju karte izdate 1987 godine (sa povratnim periodom od 500 godina, za najveći broj objekata). Principi, kao i ostali Evrokodovi obuhvataju opšte stavove i definicije za koje ne postoji alternativa, ali dozvoljava se korišćenje alternativnih pravila, uz dokaz da obezbeđuju sigurnost kao i pravila EC 8.

Za dobijanje konstrukcije otporne na zemljotres, od posebnog značaja je postizanje sposobnosti apsorpcije i disipacije energije, jer se odvija proces interakcije konstrukcija-tlo a i proces koji prati pretvaranje kinetičke u potencijalnu energiju, i obrnuto, kao kontinualni proces deformisanja sistema. Najpre imamo elastičan karakter, zatim postelastičan sa stalnim deformacijama. Fazi loma prethode velike stalne deformacije. Elastična analiza konstrukcija ne daje objektivne ocene sigurnosti i određivanje ekonomskog efekta, kao plastičnog uz pojavu plastičnih zglobova kod jakih zemljotresa čime se nivo seizmičkog odgovora svodi na željenu meru metodom programiranog (planiranog) ponašanja konstrukcije sa aspekta nosivosti na unapred određena mesta sa mogućnošću disipacije energije unete zemljotresom.

2. OPŠTE NAPOMENE

U Evrokodu 8 kao osnovni cilj istaknuto je da u eventualnom zemljotresu koji se može dogoditi u eksploatacionom veku objekta: životi budu zaštićeni (znači da se konstrukcija ne sme srušiti), oštećenja objekta budu ograničena, a objekti od posebnog značaja za javnu zaštitu moraju i posle zemljotresa biti u funkciji. Slučajna

pobuda zemljotresa i ograničeni resursi za sprečavanje njegovih efekata uslovljavaju dostizanje ovog cilja samo u probabilističkom smislu, tj. sa određenim stepenom verovatnoće. Stepem zaštite u pojedinim zemljama varira u zavisnosti od relativnog značaja seizmičkog rizika u odnosu na rizike drugog porekla i na globalni ekonomski status zemlje. Razlike u analizi seizmičkog hazarda i seizmičkog rizika u pojedinim zemljama utiču na razlike u načinu definisanja seizmičkih dejstava i moraju biti prilagođene specifičnim uslovima. Zahteve treba prilagoditi donošenjem nacionalnog dokumenta za primenu (NAD) svake zemlje, za različite tipove objekata saglasno njihovom značaju i povratnom periodu zemljotresa. Konstrukcije u seizmičkim područjima moraju se projektovati tako da određenim stepenom pouzdanosti ispune sledeće zahteve: da se konstrukcija ne sme srušiti i da oštećenja moraju biti ograničena. Da bi se zadovoljili ovi zahtevi proveravaju se granično stanje nosivosti i granično stanje upotrebljivosti. Da bi konstrukcija bila otporna na dejstvo zemljotresa mora imati moć sposobnosti apsorpcije i disipacije energije. Od posebnog je značaja izbor odgovarajućeg načina fundiranja. Izboru konstruktivnih detalja i adekvatnih modela, kao i neophodnih proračuna kojima se dokazuje nosivost i raspoloživa duktilnost. Znači, prema EC 8 mora se zadovoljiti pored otpornosti i uslov duktilnosti. U proračunu se balans između otpornosti i duktilnosti uvodi faktorom ponašanja. Često se u svakodnevnoj inženjerskoj praksi, ponekad i stručnoj literaturi, poistovećuju pojmovi seizmičkog rizika i seizmičkog hazarda, iako ovi pojmovi imaju sasvim različito značenje u definisanju dejstva zemljotresa kao prirodnog fenomena. Seizmički rizik se definiše kao očekivani stepen gubitka prouzrokovanih efektima budućih zemljotresa. Seizmički hazard se definiše se kao prirodni hazard i predstavlja verovatnoću najavlivanja zemljotresa određenih karakteristika. Pri seizmičkom rejoniranju za odgovarajući povratni period računa se sa "najverovatnijom verovatnoćom" od 63% (63,2%). Definisanje seizmičkog rizika često ima mnogo pojednostavljenja, nedorečenosti a naročito manjkavosti ako ne uvažava geotehnička svojstva lokacije. Pri proračunu se uglavnom koristi uporedna analiza konvencionalnog projektovanja i programiranog ponašanja. Za važnije objekte, projektno opterećenje uglavnom se zadaje u vidu projektog spektra ili projektog akcelrograma.

3. ZGRADE

Evrokod 8 daje različita pravila za projektovanje različitih vrsta objekata. Na primer, kod zgrada najbitniji kriterijum za regularnost u

osnovi je ograničenje uticaja torzije, a zgrada se može smatrati regularnom ako je simetrična u odnosu na dva upravna pravca, sažetog oblika sa ograničenim ispadima. Posledice neregularnosti u osnovi i po visini nastale usled ispune moraju da se uzmu u obzir. Za regularnost po visini zahteva se da nema naglih promena krutosti i masa, pa se može pretpostaviti da osnovni oblik oscilovanja nema bitnog uticaja na više oblike oscilovanja. Iz tih razloga tehnički seizmički propisi proračunavaju objekte i samo za prvi ton uz izvesne adekvatne korekcije koje nadomeštaju uticaj viših tonova.

Temelji, potporne konstrukcije i geotehnički aspekti odnose se na zahteve, kriterijume i pravila za lokaciju i temeljno tlo, kao i dinamička interakcija tlo-konstrukcija za uprošćenu analizu potpornih konstrukcija.

Međuspratne konstrukcije, uključujući i krov, imaju važnu ulogu u ukupnom seizmičkom odgovoru zgrada, jer deluju kao horizontalne dijafragme koje predaju inercijalne sile od zemljotresa na vertikalne nosive elemente i istovremeno ih povezuju tako da deluju kao celina za horizontalne seizmičke uticaje.

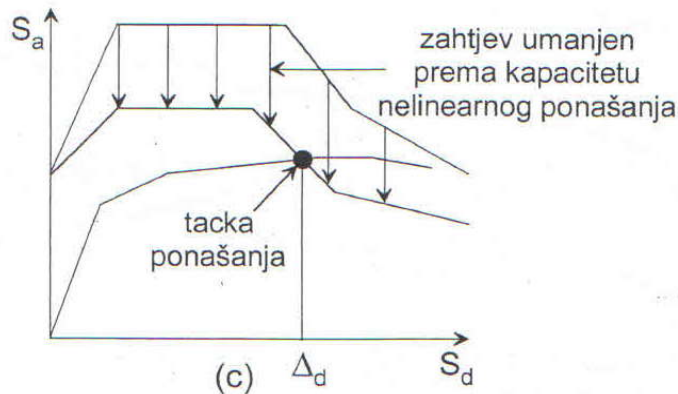
Poslednja verzija predloga novih evropskih seizmičkih propisa EC 8, uvodi 5 osnovnih kategorija tla: A, B, C, D i E, i dve posebne S_1 i S_2 , kao i izvesne izmene u obliku spektara. Svako seizmičkoj zoni se pridružuje maksimalno ubrzanje tla PGA (peak ground acceleration). Uvodi se novi pojam niske seizmičnosti kada odredbe propisa EC 8, odnosno EN 1998 ne moraju biti poštovane.

Zemljotresno dejstvo u EC 8 je obrađeno vrlo opsežno i detaljno spektrima sa proračunskim ubrzanjem a_g , brzinom ili pomeranjem tla, uvećanim faktorima implifikacije zavisno od prigušenja konstrukcije i periode T.

Za raspodelu horizontalnih seizmičkih sila po visini koriste se horizontalna pomeranja masa, tj. ordinate svojstvenih vektora odgovarajućih oblika oscilovanja. Horizontalna sila F_i se za ravanske modele koncentriše u svim spratovima za sve mase m_i , gde se uticaj torzije posebno uvodi.

Najnoviji pristup za sagledavanje nelinearnog ponašanja konstrukcije (sl.1) je i dalje dat preko projektnih spektara ubrzanja, tj. seizmičkog opterećenja, ali je sada neposredno uključen nelinearni odgovor konstrukcije. Dakle, predstavlja kapacitet noseće konstrukcije koji sa merodavnim zahtevima zemljotresa daje tkz. tačku ponašanja. Elastični zahtev zemljotresa se redukuje zavisno kapacitetu nelinearnog ponašanja posmatrane konstrukcije. Primenom

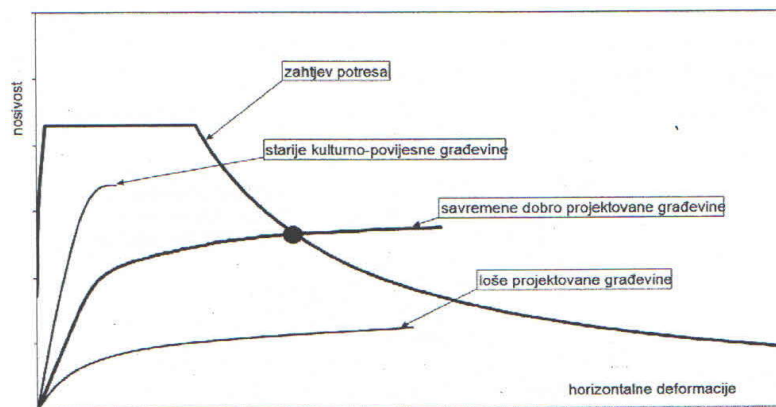
nelinearne statičke analize dobija se kriva linija koja opisuje ponašanje, odnosno predstavlja kapacitet noseće konstrukcije u preseku sa merodavnim zahtevom zemljotresa i daje takozvanu tačku ponašanja (performance point).



Slika 1.- Najnoviji pristup sagledavanja nelinearnog ponašanja konstrukcije

Opisani pristup (sl.1) svoju primenu pronalazi u analizi postojećih građevina, kako zgrada tako i mostova, tako da je ova procedura već uključena u nova izdanja seizmičkih propisa, a poslednjih desetak godina je publikovan značajan broj radova koji se bavi ovom problematikom.

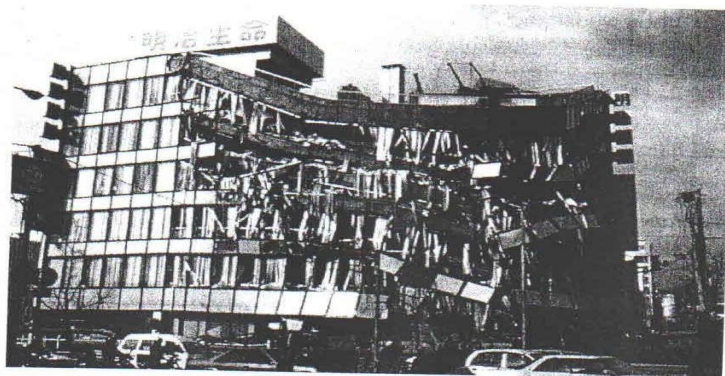
Analitičke metode podrazumevaju proračun očekivanog odgovora konstrukcije na neki pretpostavljeni zemljotres, a najčešće prema preporučenom zahtevu koji postavlja merodavni seizmički propis za metodu spektra kapaciteta dobijen push-erovom analizom.



Slika 2.- Kapaciteti nosivosti različitih građevina

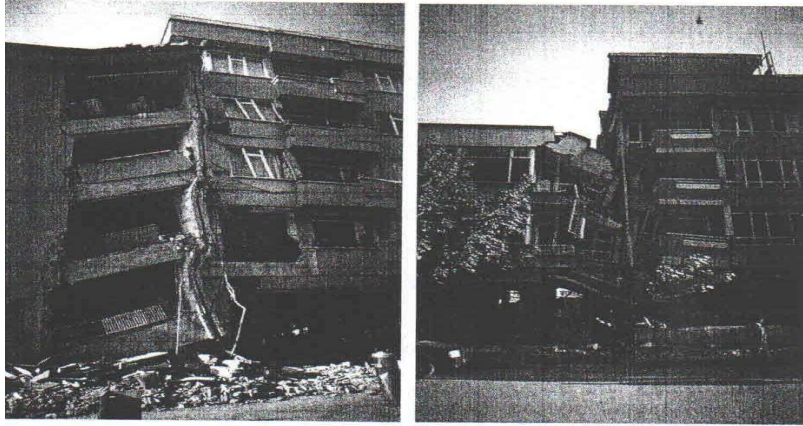
Za ilustraciju analitičkog postupka seizmičke evaluacije na Sl.2 su prikazani kapaciteti nosivosti različitih građevina, kao i zahtev zemljotresa predstavljen projektnim spektrom iz tehničkih propisa. Na osnovu razmatranja kapaciteta konstrukcije i zahteva koji ona mora ispuniti, mogu se predvideti eventualne mere na poboljšanju njenih svojstava. Na Sl.2 srednjom krivom je prikazana dobro projektovana građevina čija kriva kapaciteta ispunjava zahtev zemljotresa za relativno umeren iznos horizontalnih deformacija. Može se reći da pokazuje skladan odnos između nosivosti i duktilnosti. Ovakva kriva ponašanja se može očekivati kod savremenih konstrukcija kod čijeg projektovanja su poštovana uputstva savremenih tehničkih propisa. Gornja linija predstavlja veoma krutu, ali i krutu konstrukciju, dok donja kriva predstavlja izuzetno „mekanu“ konstrukciju male nosivosti.

Projektovanju zgrada posvećena je posebna pažnja i to: karakteristikama seizmički otpornih sgrada, analizi konstrukcije i dokazu sigurnosti.



Slika 3.- Nesimetrična zgrada (uticaj torzije), zemljotres u Kobeu Japan, 1995

Prvi deo se odnosi na projektovanje, dok u delu analize konstrukcija razmatraju se: proračunski modeli, slučajni torzioni efekti (sl.3), metode analize i to: metoda ekvivalentnih bočnih sila, multimodalna spektralna analiza, nelinearne metode i to nelinearna statička („pushover“) analiza i nelinearna analiza vremenskog odgovora. Kombinacija efekata komponenata seizmičkog dejstva obrađuje: horizontalne komponente seizmičkog dejstva i vertikalnu komponentu seizmičkog dejstva. Dalje se analizira proračun pomeranja i nenosećih elemenata. U svim napred navedenim analizama dati su odgovarajući izrazi na osnovu kojih se te analize sprovode.



*Slika 4.- Sudari dve susedne zgrade (neadekvatna dilatacija),
zemljotres Adapazari Turska 1999*

Dokaz sigurnosti se sprovodi za granično stanje nosivosti, globalni i lokalni uslov duktilnosti, otpornost temelja i uslov seizmičke dilatacije (slika 4). Granično stanje nosivosti razmatra ograničenje relativnog spratnog pomeranja.

Posebna pravila su data za betonske zgrade, čelične zgrade, spregnute konstrukcije zgrada od čelika i betona, drvene zgrade i zidane zgrade. Za betonske zgrade daju se pravila projektovanja prema programiranom ponašanju sa aspekta kapaciteta. Za čelične zgrade kriterijumi za projektovanje i pravila za konstruisanje detalja za disipativno ponašanje konstrukcije zajedničko je za sve tipove konstrukcije, isto se daje i za spregnute konstrukcije.

Za drvene zgrade se razmatra primena materijala i svojstva disipativnih zona i klase duktilnosti i faktora ponašanja.

Pravila za zidane zgrade odnose se na minimalne čvrstoće elemenata za zidanje, kao i pravila za „jednostavne zidane zgrade“.

Bazna izolacija daje odredbe u pogledu uređaja za izolaciju i konceptualno projektovanje bazno izolovanih zgrada. Mora se imati na umu da će ovde u daljem biti navedeni samo neki od traženih uslova, a da se u pravilniku razmatraju svi mogući relevantni uslovi koji se moraju analizirati pri konstruisanju, u ovom slučaju, seizmički otpornih zgrada bez obzira na materijal od koga se izvode, u pogledu nosivosti, otpornosti i sigurnosti. Na kraju su dati informativni Aneksi:

- Elastoplastični spektar odgovora pomeranja;

- Određivanje ciljnih pomeranja za nelinearnu statičku („pushover“) analizu;
- Proračun ploča spregnutih greda od čelika i betona na spojevima greda i stubova kod okvirnih sistema.

4. MOSTOVI

Iako se celokupna teritorija naše zemlje nalazi u seizmički aktivnom području, za sada ne postoji regulativa za proračun inžerskih konstrukcija (mostovi, vijadukti i dr.) na dejstvo sila zemljotresa. Zbog toga je povoljna okolnost pojava Evrokoda 8-2 i mogućnost njegove primene i kod nas. Standardni postupak Evrokoda 8-2 koristi proračun primenom linearne teorije projektnog spektra podelom sa faktorom ponašanja q , čime se uvodi povoljan uticaj nelinearnog ponašanja konstrukcije, tj. apsorpcije seizmičke energije pri dejstvu zemljotresa. Zemljotresno opterećenje se unosi preko vrednosti a_{gR} , za odgovarajuću kategoriju tla, za povratni period 475 godina, preporučuje se vrednost prekoračenja $P_{NCR}=10\%$, i vreme trajanja konstrukcije $T_L=50$ godina ili osrednjeg povratnog perioda T_R . Ponašanje konstrukcije mosta može biti idealno elastično, u osnovi elastično, ograničeno duktilno i duktilno, što je u vezi sa faktorom ponašanja q . Faktor duktilnosti konstrukcije μ_d definisan je kao koeficijent krajnjeg pomeranja d_u i pomeranja na granici elastičnosti d_y . Krajnje pomeranje d_u definisano je kao maksimalno pomeranje pod uslovom da je konstrukcija sposobna da izdrži najmanje pet punih ciklusa pomeranja, bez čeličnih izbočavanja za čelične preseke, ili bez opadanja otpornosti za čelične duktilne elemente i bez opadanja ne više od 20% otpornosti za armiranobetonske duktilne elemente konstrukcije.

Da bi most pri projektnom zemljotresu očuvao integritet konstrukcije, neki delovi mogu imati oštećenja koja ne ugrožavaju saobraćaj posle zemljotresa. Predviđa se primena bazne izolacije ili korišćenje posebnih elemenata za disipaciju energije čija se pozitivna svojstva moraju dokazati ispitivanjem. Potenciraju se specijalna elastomerna ležišta. Zahteva se da most ne sme da se sruši i da oštećenja moraju biti ograničena. Znači, potrebno je ostvariti pravilnu ravnotežu između zahteva za fleksibilnošću osloničkih ležišta i drugih elemenata (stubova).

Dimenzionisanje stubova vrši se prema smičućim silama seizmičke proračunske situacije koju nije moguće ostvariti bez

seizmičke analize konstrukcije koja se sprovodi za vrednost ubrzanja tla odgovarajuće kategorije i važnosti građevine.

Prilikom dejstva zemljotresnih sila, kako je već rečeno, konstrukcija se ponaša duktilno (na primer, koeficijent duktilnosti $q=3,5$). Sila za seizmičku proračunsku situaciju dobija se na osnovu kombinacije dejstva iz EN 1990:2002 [7]. U Evrokodu 8-2, za mostove sa normalnim transportom ovaj uticaj se i ne uzima u proračun. Takođe, vertikalna komponenta zemljotresnog dejstva na stubove u područjima niske i srednje seizmičnosti može se zanemariti, a u područjima visoke seizmičnosti vertikalne komponente treba uzeti samo u izuzetnim slučajevima kada je njihov uticaj od značaja.

U Evrokodu 8-2 navedeno je i više Aneksa koji doprinose boljem računanju i osiguranju opstanka konstrukcije za vreme zemljotresnog dejstva i potrebno je zadovoljiti njihove zahteve.

5. ZAKLJUČAK

Noseće konstrukcije građevina, zavisno od materijala od koga su izgrađene i od vrste konstruktivnog sistema, poseduju manju ili veću sposobnost nelinearnog ponašanja, a da pri tome ne dođe do loma. Evrokod 8 već u delu o projektnim spektrima definiše tri stepena duktilnosti: nisku ili prirodnu (DCL), srednju ili ograničenu (DCM) i visoku ili punu duktilnost (DCH). U zavisnosti od vrste materijala i konstruktivnog sistema može se umanjiti ukupno seizmičko opterećenje koje apliciramo na konstrukciju, a što je kvalitativno izraženo preko koeficijenta ponašanja q . Zato što je noseća konstrukcija izložena višestrukome cikličnom naprezanju uz pojavu neelastičnih deformacija neophodno je osigurati njeno duktilno ponašanje, jer se želi izbeći krti lom. Obzirom da se pri dejstvu zemljotresa radi o izuzetnom opterećenju koje se ne događa tako često, to nije ekonomski ni funkcionalno opravdano projektovati konstrukciju koja bi se elastično ponašala. U Evrokodu 8 kao osnovni cilj istaknuto je da u eventualnom zemljotresu koji se može dogoditi u eksploatacionom veku objekta ljudi budu zaštićeni i oštećenja objekta budu ograničena, a objekti od javnog značaja za javnu zaštitu moraju posle zemljotresa biti u funkciji (bolnice, mostovi i dr.). Zahteve treba prilagoditi donošenjem Nacionalnog dokumenta za primenu (NAD) svake zemlje, za različite tipove objekata saglasno njihovom značaju i povratnom periodu zemljotresa. Od posebnog je značaja izbor odgovarajućeg načina fundiranja u zavisnosti od datih kategorija tla: A, B, C, D i E i dve posebne S1 i S2. Zemljotresno dejstvo u EC8

je obrađeno vrlo opsežno i detaljno spektrima sa proračunskim ubrzanjem a_g , brzinom ili pomeranjem tla uvećanim faktorima amplifikacije zavisno od prigušenja konstrukcije i periode T.

Evrokod 8 daje različita pravila za projektovanje različitih vrsta objekata (zgrade, mostove i dr.). na primer, seizmički propisi proračunavaju objekte i samo za prvi ton uz izvesne adekvatne korekcije koje nadomeštaju uticaj viših tonova.

Zbir efektivnih modalnih masa za razmatranje svojstvenih oblika vibracija iznosi najmanje 90% od ukupne mase konstrukcije. Svi tonovi sa efektivnim modalnim masama koje su veće od 5% od ukupne mase konstrukcije su uzeti u obzir.

6. LITERATURA

- [1] Eurocode 0: *Basis of structural design*, CEN European Committee for Standardization, Bruselss, EN 1990:2002.
- [2] Eurocode 8: *Design of Structures for Earthquake Resistance-Part 2: Bridges*, European committee for Standardization, CEN, Brussels, EN 1998-2:2005.
- [3] Evrokod 8: *Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, deo 2: mostovi*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1998.
- [4] Evrokod 8-EN 1998-1:2004: *Evropski standard, proračun seizmički otpornih konstrukcija, deo 1: opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade*, Beograd, 2009.
- [5] Mehmed Čaušević: *Dinamika konstrukcija*, Golden marketing, Tehnička knjiga, Zagreb, 2010
- [6] Mustafa Hrasnica: *Aseizmičko građenje*, Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet, Sarajevo, 2012
- [7] Slavko Zdravković: *Elementi za seizmičku izolaciju i apsorbciju kod drumskih mostova*, Građevinski kalendar 2013, Savez građevinskih inženjera Srbije, Beograd, 2013, str. 69-127

ANALIZA SOFTVERSKIH REŠENJA ZA PREDIKCIJU I RANU NAJAVU SUŠE

Mladen Milanović¹
Milan Gocić²
Slaviša Trajković³

Rezime

Suša na našim prostorima je u protekloj dekadi sve prisutnija, a naneta šteta je izuzetno velika. S toga, bitna komponenta u predikciji suše jeste obezbeđivanje blagovremenih i pouzdanih klimatskih informacija.

U radu su najpre analizirana softverska rešenja, a zatim predložene komponente za prognozu suše koje predstavljaju osnovni deo hidro-informacionog sistema za ranu najavu i upozorenje.

Ključne reči: suša, rana najava i prognoza, modeli za predikciju suše.

1. UVOD

Za razliku od drugih elementarnih nepogoda koje se javljaju naglo i nenajavljeno i imaju relativno kratko trajanje na uglavnom određenoj teritoriji, suša se pojavljuje polagano, retko izaziva ljudske gubitke, dugo traje i može da zahvati veliko prostranstvo iako njenu

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

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

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

prostornu raspodelu nije moguće unapred tačno odrediti. Suša se javlja u svim regionima sveta i nanosi štetu u ekonomskoj i socijalnoj sferi [12, 14].

Koliko je sama pojava kompleksna ukazuje i činjenica da ne postoji jedinstvena i opšteprihvaćena definicija suše. Ovo je razumljivo jer stručnjaci iz različitih naučnih disciplina ali i iz raznih klimatskih regiona imaju bitno različite kriterijume za procenu i indentifikaciju suše. Različite fizičke, biološke i društveno-ekonomske kriterijume pri definisanju suše, nemoguće je primeniti iz jednog regiona u drugi. U [13] se kaže da je *“suša određeni vremenski period tokom kojeg je smanjeno snabdevanje vlagom, odnosno manje je od očekivanog ili klimatski očekivanog odgovarajućeg snabdevanja vlagom”*. Odnosno, suša se dešava kada se pojavi značajan deficit vode u vremenu i prostoru. Glavni uzrok nastanka suše je nedostatak padavina u odnosu na uobičajene količine koje padnu na određenom području i u analiziranom vremenskom periodu. Za sagledavanje suše pored padavina moraju se analizirati i hidrološke, klimatske i hidrogeološke katakteristike terena.

Suše se mogu klasifikovati u četiri kategorije: meteorološka, hidrološka, poljoprivredna i socio-ekonomska suša [12].

Meteorološka suša nastaje usled smanjene količine padavina u odnosu na višegodišnji prosek ili izostankom padavina u određenom vremenskom periodu. Može se naglo razviti i isto tako i prestati. Hidrološke suše predstavljaju pad nivoa ili nestanak voda kao posledica suša. Poljoprivredna suša nastaje usled nedostatka vode u površinskom sloju tla a uslovljena je meteorološkom i hidrološkom sušom. Socio-ekonomska suša nastaje usled manjka vode koja utiče na život ljudi i ekonomiju.

Kako suša nanosi ogromne štete u svim oblastima ljudske delatnosti, javila se potreba proučavanja samog fenomena, praćenja suše, njene rane najave i upravljanja, a u cilju smanjenja rizika i prognoziranja suše.

2. PRAĆENJE SUŠE I RANA NAJAVA

Vreme ima veliki značaj i uticaj na ljudske aktivnosti, pa je razumljiva težnja da se predvide vremenske nepogode. Predviđanje vremena, posebno nepogoda staro je koliko i sam čovek. Zajedno sa naučnim saznanjima razvijala se i meteorologija a prognoze su se zasnivale na merenjima klimatskih parametara. Delovanje protiv suše je

multidisciplinarna aktivnost i obuhvata sledeće osnovne čionioce [7]: praćenje, ranu najavu, procenu rizika i ublažavanje posledca. Planom delovanja protiv suše moraju se obuhvatiti svi raspoloživi resursi, indentifikovati ugrožene grupe odnosno zajednice, integrisati interesne grupe, obezbediti širenje, kontrolu i reviziju plana. Ključna komponenta pri predikciji suše jeste obezbeđivanje blagovremenih i pouzdanih klimatskih podataka. Praćenje suše je od suštinske važnosti za implementaciju delovanja protiv suše.

Za pouzdano i kvalitetano praćenje suše potreban je širok spektar klimatskih i hidroloških podataka kao što su: padavine, temperatura, evapotranspiracija, protok, nivoi u rezervoaru.

Posledica nedovoljnog broja osmatračkih stanica je da meteorološki i hidrološki osmatrački sistem često nije u mogućnosti da obezbedi u dovoljnom obimu potrebne podatke za tačnu procenu. Takođe, kvalitet i obimnost dostupnih podataka mogu da predstavljaju ograničavajući faktor pri izradi kvalitetnog sistema za upozorenje i ranu najavu suše. Postojeća mreža za prenos podataka mora da omogući dobru pokrivenost i automatsko izveštavanje.

Suša često zahvata ogromna prostranstva, obuhvatajući više regiona ili država. Stoga je neophodna razmena podataka u punom obimu između država. U većini zemalja visoki troškovi usluga meteoroloških servisa ograničavaju dobijanje informacija za blagovremene procene i dalje istraživanje.

U većini slučajeva dugoročno predviđanje suša nije pouzdano. Prisutna je velika nesigurnost u prognozi na osnovu modela pa se zato savetuje kombinovanje ovakvog pristupa sa drugim predviđanjima na osnovu iskustva, koji se zasnivaju na aktuelnim indikatorima suša, istorijskoj učestalosti kiša i nekim spoljnim faktorima kao indikatorima predviđanja. Često i sama prognoza ne sadrži operativne podatke (početak i kraj kišne sezone, količinu padavina...) koji bi bili od praktičnog značaja [5].

Jedan od najvažnijih činilaca koji prethodi samoj pojavi je rana najava i predikcija suše, jer od prognoze u mnogome zavisi uspešnost dalje borbe. Rana najava i upozorenje omogućuju da se preduzmu određene radnje u cilju izbegavanja ili smanjenja rizika od dejstva suše a isto tako i pripremu za delovanje nakon suše.

3. MODELI ZA PREDIKCIJU SUŠE

Razvojem računarske tehnike omogućeno je prognoziranje vremena na osnovu fizičkih i matematičkih zakona. Naime, proučavanje i prognoza atmosferskih kretanja vrši se rešavanjem jednačine kretanja, jednačina kontinuiteta – zakon o održanju mase, prvog principa termodinamike i jednačine gasnog stanja. Matematička formulacija ovih zakona predstavlja sistem nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina koji je potrebno da bude zatvoren i da su poznati početni i granični uslovi. Analitičko rešavanje sistema ne daje zadovoljavajuće rezultate jer su početni podaci dati u konačnom broju diskretnih tačaka [1]. Takođe, fizički model koji se rešava nije identičan stvarnoj atmosferi zbog toga što se u jednačine već unose neke aproksimacije, a čak ni te pojednostavljene jednačine fizičkog modela nije moguće rešiti analitički. Stoga se za potrebe prognoze vremena, proučavanja klime i druga istraživanja koriste približna numerička rešenja do kojih se dolazi pomoću numeričkih modela atmosfere. To zahteva da se najpre definiše fizički model, tj. da se izaberu jednačine koje treba rešavati, da se razvije numerički model za njihovo rešavanje i da se izradi softverski paket za primenu modela[1].

Primenom super računara koji mogu u kratkom vremenskom periodu da obrade mnoštvo podataka, moguće je numeričko rešavanje složenih jednačina kojima se opisuje stanje u atmosferi.

Domen integracije se predstavlja trodimenzionalnom mrežom tačaka u kojima se određuju vrednosti atmosferskih parametara. Počevši od trenutnog stanja, za svaku tačku u svakom koraku određenog vremena, rešava se sistem jednačina za određene parametre. Ulazni podaci se koriste za izračunavanje izlaznih podataka. Samim tim, rešenja jednačina dinamike i termodinamike atmosfere, koja su dobijena na osnovu opaženih početnih uslova, koriste se za prikazivanje budućeg stanja atmosfere putem izrade karata a sam postupak se naziva numeričko prognoziranje vremena [1, 2].

Ovakav način prognoziranja klime nije savršen, ali je jedini kojim se dobijaju pouzdani rezultati, pri čemu se kalibracija modela vrši za simuliranje klime u periodu u kome se poznaje klima. Model je zapravo kompjuterski program koji obezbeđuje meteorološke informacije o budućem stanju atmosfere.

S obzirom na domen numeričkog modela koriste se globalni, koji pokrivaju celu planetu (GFS, ECMWF, UKMO) i regionalni za ograničenu geografsku oblast (ETA, ALADIN, WRF). Regionalni modeli rade na slabijim računarima i visoke su rezolucije i osnovna razlika je u

tome što je kod regionalnih modela znatno gušća mreža tačaka u kojima se vrši računanje, nego kod globalnih modela. Numerički modeli veoma fine rezolucije se koriste za manje i ograničene oblasti, dok se početni i bočni uslovi uzimaju iz globalnih modela koji imaju znatno grublju rezoluciju.

Od modela koji se koriste kod nas i u svetu najpre treba pomenuti **ETA** model [4], koji je razvijen u saradnji Instituta za meteorologiju Univerziteta u Beogradu i Nacionalnog meteorološkog centra SAD iz Vašingtona. Naziv dolazi od vertikalne eta koordinate koja se koristi u modelu, a njena definicija je originalna ideja Fedora Mesingera. Eta model se koristi u preko trideset meteoroloških institucija u svetu, prvenstveno za istraživanja, a od tog broja šest institucija se koristi i za računanje operativne prognoze vremena.

ETA model je regionalni model, gde su prognostičke promenljive: prizemni pritisak, virtuelna temperatura, specifična vlažnost, komponente vetra i turbulentna kinetička energija. Model koristi metod mreže tačaka na polurazmaknutoj Arakavinoj E mreži [4] i koristi se za operativne potrebe, za izradu prognostičkog materijala za kratkoročne prognoze vremena, do tri dana unapred i za istraživanja procesa u atmosferi. Oblast modela pokriva Evropu, Istočni Atlantik i sever Afrike.

WRF (Weather Research and Forecast) [11] je novija generacija mezoskopskog sistema za predviđanje vremena. Kao softverska infrastruktura omogućuje rad dvaju modela NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model) i ARW (Advanced Research WRF). Model NMM je pogodan za operativne svrhe a ARW se koristi za različita atmosferska istraživanja.

NMM je razvio Zaviša Janjić u NCEP (National Center for Environmental Prediction) i namenjen je operativnoj prognozi a nastao je iz ETA modela. Model je brz u radu i dosta se koristi u svetu [10].

Globalni atmosferski nehidrostatski model NMM-B (Non hydrostatic Multiscale Model on B-Grid) [10] kod koga je hidrostatska aproksimacija otklonjena, pogodan je za neke nove režime strujanja u atmosferi, odnosno procese malih razmera. Model pruža najdetaljniju prognozu padavina, a rešavanjem jednačina koje opisuju atmosferu prognoziraju se pojave kao pojedinačne nepogode, na primer, horizontalna rezolucija modela je oko 10 km, broj numeričkih tačaka 92x118. Domen obuhvata Balkan i Jadransko more [6].

GFS (Global Forecast System) je globalni prognostički model kojeg je razvila američka NOAA za nacionalnu meteorološku službu

NWS, a koriste ga i brojne druge meteorološke službe u svetu. GFS se izvodi svakih 6 sati (00, 06, 12 i 18 UTC) i pruža prognoze atmosferskih promenljivih na 26 vertikalnih nivoa u horizontalnoj rezoluciji od 0,5 stepeni.

ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasting) [9] je evropski centar za srednjoročne prognoze u Redingu u Engleskoj, a njihov model je globalni prognostički model u horizontalnoj rezoluciji od 25 km. Prognostičke karte se ažuriraju u 10 UTC i 23 UTC.

4. INFORMACIONI SISTEMI ZA PRAĆENJE SUŠE

Informacioni sistemi za praćenje suše se zasnivaju na indikatorima suše ili na nekim drugim klimatskim ili hidrološkim parametrima.

Glavni nedostatak postojećih sistema za praćenje je taj što nisu empirijski ispitani u smislu vremenskih skala i uticaja. Rano upozorenje može da se bazira na praćenju suše i podrobnom poznavanju uticaja suše na različite sisteme, primenom modela za predviđanje uticaja suše [5].

Osnovne komponente sistema za ranu najavu i upozorenja su [8]:

- osmatrački (meteorološki i hidrološki) sistem,
- sistem veza,
- sistem za prognozu nepogoda i
- sistem za objavljivanje upozorenja.

Ovakav sistem mora biti zasnovan na nauci, razvoju savremenih tehnologija, zakonskoj osnovi, ovlašćenim stručnim institucijama i koordinaciji svih učesnika od lokalne do nacionalne zajednice.

5. PREDLOG HIDRO-INFORMACIONOG SISTEMA ZA PREDIKCIJU SUŠE

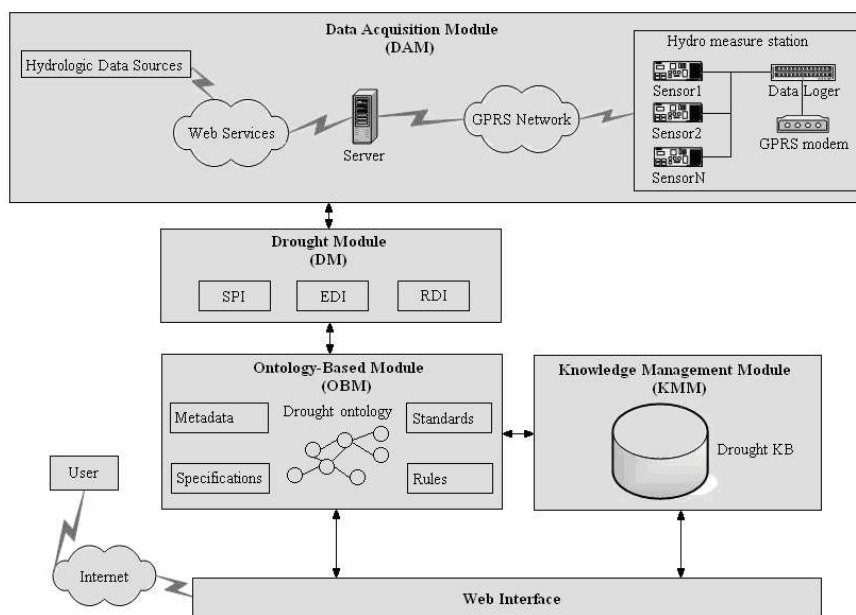
Prilikom razvoja sistema mora se uzeti u obzir: analiza potreba korisnika, katalog podataka, model podataka za projektovanje i razvoj, ontologija i opis modela i njegova implementacija. Takođe, tu spada i razvoj modela podataka i implementacija veb servisa [3].

Komponente za ranu najavu koji će koristiti optimalan skup hidro-meteoroloških parametara zajedno sa planom praćenja adekvatnih parametara treba zapravo da služi kao osnova za donošenje odluka koje imaju za cilj smanjenje efekata suše.

Sistem za predikciju suša sadržaće sledeće komponente [3]:

- Modul za prikupljanje podataka – koji treba da prikuplja podatke sa hidroloških stanica,
- Modul suša – objektno orijentisan model za proračun indikatora suše,
- Modul za upravljanje znanjem – njegova funkcija je da sakuplja znanje o suši iz literature,
- Ontološki – baziran modul – koristi ontologije na polju suša,
- Korisnički interfejs – omogućava pristup podacima iz informacionog sistema.

Na slici 1 prikazan je detaljan opis arhitekture hidro-informacionog sistema za praćenje suše.



Slika 1 – Hidro-informacioni sistem za praćenje suša

6. ZAKLJUČAK

Kompleksnost problematike koja se odnosi na upravljanje sušom ukazuje na potrebu sistemskog rešavanja problema. U radu je ukazano na značaj praćenja suše, ranu najavu i upozorenja kao i na prognoziranje suše. Predstavljeni su aktuelni numerički meteorološki modeli za određivanje stvarnog stanja i progroze suše u budućnosti i predlog hidro-informacionog sistema za predikciju i ranu najavu suše. Neophodno je uspostaviti jedinstvenu bazu podataka o elementarnim nepogodama koja će omogućiti dalja istraživanja. Koordinacija i uspostavljanje operativnih procedura je nužna u sistemu rane najave sa institucijama i agencijama uključenim u upravljanje sušom.

ZAHVALNOST

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

7. LITERATURA

- [1] Mesinger, F.: *Dinamička meteorologija – analitička rešenja o numeričke metode*, Beograd, 1976.
- [2] Gavrilov, M., Gburčik, P., Janjić, Z.: *Numerička simulacija trodimenzionalnog polja vetra*, ELEKTRA IV – Konferencija o uzajamnosti zaštite životne sredine i efikasnosti energetskih sistema, Tara, 11-15 septembar 2006, 1 – 6.
- [3] Gocić, M., Trajković, S.: *Hydro-information system for drought monitoring*, Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering 10 (2), 2012, 209 – 214.
- [4] Popović, J.: *ETA Model in Weather Forecast*, Master of Science Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2006.
- [5] Vicente-Serrano, et. al.: *Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems*, Applied Geography 34, 2012, 471 – 486.
- [6] *Weather Research & Forecasting NMM, Version 3 Modeling System User's Guide*, 2013.
- [7] Wilhite D.A., Svoboda M.D.: *Drought Early Warning Systems in the Context of Drought Preparedness and Mitigation*. Proceedings of an Expert Group Meeting, AGM-2, WMO/TD No. 1037, Lisabon, Portugal, 5-7 Sept. 2000.

- [8] *Zakon o meteorološkoj i hidrološkoj delatnosti* (Službeni glasnik RS br 88/2010).
- [9] Persson, A.: *User Guide to ECMWF forecast products 3.2*, 2003.
- [10] Janjić, Z. I.: *Nonsingular Impementation of the Mellor-Yamada Level 2.5 Scheme in the NCEP Meso model*, NCEP Office Note, No. 437, 2002.
- [11] *WRF-NMM Version 3 Modeling System Users Guide*, 2013.
- [12] Byun, H.R., Wilhite, D.A.: *Objective quantification of drought severity and duration*, Journal of Climate 12, 1999, 2747-2756.
- [13] Palmer, W.C., 1965: *Meteorological Drought. US Weather Bureau Technical Paper*, Washington D.C., No 45, 1965, 58.
- [14] Wilhite, D.A.: *Quantification of Agricultural Drought for Effective Drought Mitigation and Preparedness: Key Issues and Challenges*. In: Sivakumar Proceedings of the WMO/UNISDR Expert Group Meeting on Agricultural Drought Indices, Organization. AGM-11, WMO/TD No. 1572; WAOB-2011., 2-4 June 2010, 13-21.

UDK:727.7“20“

ARHITEKTURA U FUNKCIJI UMETNOSTI U XXI VEKU – STUDIJA ART CENTRA

Ivana Veličković¹

Rezime

Art centri kao objekti kulture posvećeni su svakom pojedincu koji želi da učestvuje u aktivnostima koje oni nude. U modernom društvu, koje se sve brže razvija, potrebno je imati mesto za opuštanje, zabavu i slobodne aktivnosti. Baveći se temom razvoja, funkcije i uticaja art centara, nailazimo na urbanističke, tehničko-tehnološke, funkcionalne, ali i socijalne parametre. Svi oni na drugačiji način definišu budući art centar, njegovo funkcionisanje i uticaj na društvo. Kao pokazatelj svega toga, naveden je primer koji u velikoj meri već sve to ostvaruje. Ovaj rad je nastao kao deo istraživanja vezanog za master rad.

Ključne reči: Art centar, socijalni uticaj, funkcionalne celine i parametri, tehničko-tehnološki parametri, urbani kontekst, analiza

1. UVOD

Stvaranjem kulturnih centara, čovek je stvorio mesto za animaciju ljudi, za dobru socijalnu atmosferu i kontakte među ljudima, za opuštenost, dokolicu, zajedničke akcije, susrete, ideje, prijateljstva, odnosno ambijent za okrilje društveno-kulturnih aktivnosti. Međutim, sa povećanjem populacije, došlo je i do povećavanja gradova, samim

¹ diplomirani inženjer arhitekture, student master studija, Građevinsko -arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

tim i potrebe za većim brojem centara za kulturu, ali i njihovom raznovrsnošću. Tako je, zahvaljujući različitim afinitetima ljudi na različitim prostorima, došlo do osnivanja kulturnih centara sa nešto specifičnijim namenama, od kojih je jedna proizišla u stvaranje art centara, koji omogućavaju svakom od nas da ostvari želju da sopstvenim rukama stvori nešto što odražava nas same i da doživi umetnost kao vizuelno ili taktilno iskustvo.

2. O ART CENTRIMA

Art Centar² se razlikuje od drugih kulturnih ustanova, kao što su umetničke galerije ili muzeji. To je funkcionalni društveni centar sa specifičnim nadležnostima da podstakne umetničku praksu i da obezbedi sadržaje kao što su teatarski prostor, galerijski prostor, prostor za održavanje muzičkih performansa, prostore za radionice, obrazovne ustanove, tehničku opremu, itd.

Prema Milivoju Ivaniševiću, ovi centri predstavljaju most između publike i ostalih kulturnih institucija i iz tog razloga je u njima moguće naći vrlo raznovrsne kulturne i obrazovne sadržaje: od obrazovanja i raznih vrsta radionica, do predstava profesionalnih pozorišta, koncerata klasične muzike i baleta.

U Sjedinjenim Američkim Državama, art centrima uglavnom se smatraju ustanove usmerene ka otkrivanju, stvaranju i omogućavanju dostupnih prostora za pojedince zainteresovane za umetnost ili objekti koji se iznajmljuju pre svega umetnicima, galerijama ili kompanijama koje su uključene u kreiranje umetnosti. U Britaniji, osnivanje umetničkih centara počelo je posle Drugog svetskog rata, a njihova popularnost se tokom godina značajno menjala, od centara za srednju klasu, preko modernih centara za elitu, do današnje funkcije, opsluživanja cele zajednice. U ostatku Evrope se smatralo da ovi umetnički centri imaju pozitivan uticaj na društvo, pa su mnogi od njih 70-ih, 80-ih i 90-ih, započeli kao skvotirani³ prostori, koji su kasnije legalizovani. Kod nas su art centri veoma malo zastupljeni, a njihove osnovne funkcije se uglavnom mogu naći u manjim privatnim studijama, zvaničnim kulturnim institucijama ili kao deo kulturnih centara.

U današnjoj praksi najveći broj art centara je smešten u objekte koji su prethodno bili izgrađeni za neke druge funkcije, a

² *Art (eng)* – umetnost; centar za umetnost

³ *Skvotiranje (eng, squatting)* – zaposedanje prostora bez dozvole vlasnika

potom konvertovani, ili skvotirani, pa kasnije legalizovani, dok je veoma mali broj objekata koji su izgrađeni upravo kao art centri. U praksi se javlja i potreba da se pojedini prostori, koji u datom momentu nisu okupirani programom samog centra, iznajme pojedincima ili kompanijama, kako bi se obezbedilo više finansija za njihovo funkcionisanje, jer je veliki broj ovih centara neprofitabilnog karaktera. Takođe, ovakva vrsta objekta se ne gradi često, već se koriste decenijama, i zato treba da budu inovativni, da odgovaraju kako današnjim vrstama umetnosti, tako i umetnostima koje su u razvoju ili još uvek ne postoje.

Neki od najpoznatijih art centara u svetu su *MAC*⁴ u Birmingemu (Engleska, UK), *Le Lieu unique*⁵ u Nantu (Francuska), *Hyde Park Art Center*⁶ u Čikagu (Ilinois, SAD) i svakako *Southbank Centre*⁷ u Londonu (Engleska, UK; slika 1), koji je ujedno i najveći art centar u Evropi. Dok se kod nas mogu pomenuti *Art centar Beograd*, *Centar za kulturu i umetnost Aleksinac*, *Dečiji kulturno obrazovni i rekreativni centar Niš*.



Slika 1 - Southbank Centre, London, Velika Britanija

Art centri mogu imati i nešto uže polje delovanja, pa tako mogu biti namenjeni isključivo deci, odraslima ili manjinskim zajednicama, ali je uobičajenija njihova podela na centre za scensku umetnost i centre za vizuelnu umetnost. Centar za scensku umetnost sastoji se od dva ili više scenska prostora i pratećih prostorija, odnosno to je višenamenski scenski prostor namenjen raznim vrstama scenskih umetnosti, uključujući ples, muziku i pozorište. Primeri najpoznatijih centara za scensku umetnost su svakako *John*

⁴ *MAC (eng, Midlands Arts Centre)* – Midlenski Art Centar; Midlend – oblast koja obuhvata centralnu Englesku

⁵ *Le Lieu unique (fra)* – jedinstvena lokacija

⁶ *Hyde Park Art Center (eng)* – Hajd Park Art Centar

⁷ *Southbank Centre(eng)* – Sautbank Centar

*F. Kennedy Center for the Performing Arts*⁸ u Vašingtonu (SAD), *Lincoln Center for the Performing Arts*⁹ u Njujorku (SAD; slika 2) i *Sydney Opera House*¹⁰ u Sidneju (Australija). Na našim prostorima ovakva vrsta centara nije zastupljena, već su ili deo nekih kulturnih centara ili su to privatni studii namenjeni nekoj od scenskih umetnosti, pa se tako mogu pomenuti *Centar scenskih umetnosti Armiani* (Beograd), koji je prerastao u školu baleta, *Umetnički centar Talija* (Beograd), namenjen folkloru ili *Studnetski Kulturni Centar Niš*.



Slika 2 - *Lincoln Center for the Performing Arts, Njujork, SAD*



Slika 3 - *The Visual Arts Center of Richmond, Virđžinija, SAD*

Centar za vizuelnu umetnost¹¹ obezbeđuje nastavu za više odseka vizuelnih umetnosti kao što su crtanje, slikanje, keramika, fotografija, skulptura, ali i galerijski prostor za izložbe i ostale pomoćne prostorije. Takođe, podstiče proučavanje proizvodnje, korišćenja i kulturnog značenja umetnosti, artefakata, arhitekture, urbanizma, fotografije, filma, i podržava istraživanja u vizuelnim umetnostima iz različitih pristupa istoričara, kritičara i teoretičara umetnosti. U svetu su ovakvi centri uglavnom u sklopu departmana za umetnost univerzitetskih centara, dok je veoma mali broj

⁸ *John F. Kennedy Center for the Performing Arts (eng)* – Džon F. Kenedi centar za scensku umetnost

⁹ *Lincoln Center for the Performing Arts (eng)* – Linkoln centar za scensku umetnost

¹⁰ *Sydney Opera House (eng)* – Sidnejska opera

¹¹ *Vizuelna umetnost* – likovna (slikanje, crtanje, vajanje, fotografija...) i primenjena (industrijski dizajn, grafički dizajn, modni dizajn, dizajn enterijera...) umetnost

individualnih. Jedan od njih je *The Visual Arts Center of Richmond*¹² (Virđžinija, SAD; slika 3). U Srbiji je, za razliku od sveta, gde su više zastupljeni centri za scensku umetnost, veći broj centara za vizuelnu umetnost, od kojih se mogu izdvojiti *Pero Art Centar* (Beograd) i *Centar za savremenu umetnost Strategie Art* (Beograd).

Svi ovi centri se mogu još definisati prema gravitacionom području, broju korisnika i stepenu pristupačnosti na: centre metropola, regionalne centre, gradske centre, opštinske centre, centre u urbanim, ruralnim ili morskim odmaralištima, specijalizovane centre i centre za jednokratne manifestacije. A to kakav će centar biti utiče na njegovu veličinu, tip i namenu.

Na osnovu svega, može se reći da je art centar društveni centar koji podiže svest o vizuelnoj i scenskoj umetnosti, čineći umetnost dostupnom svima i obezbeđujući okruženje za kreiranje i prikupljanje znanja kroz nastavu, izložbe i performanse.

2.1 Socijalni uticaj art centara

Kao što je već pomenuto art centre odlikuje velika raznovrsnost funkcija, koje nikakvim pravilnicima nisu jasno određene, već u tom pogledu postoji velika sloboda u njihovom odabiru. Zbog toga se, prilikom osnivanja nekog ovakvog centra, najviše vodi računa o afinitetima potencijalnih korisnika i potrebama grada, opštine ili mesne zajednice u kojima će se taj centar nalaziti, a uvođenjem neke od funkcija koje nisu na spisku afiniteta, podstiče se razvoj korisnika i u nekom novom pravcu. Oblikovanje nekog ovakvog prostora, takođe, pomaže da se društvo izgradi na pravom sistemu vrednosti. Na taj način centar utiče na zajednicu, oplemenjuje je i menja je, a to je jedna od osnovnih prednosti osnivanja ne samo art centara, već svih kulturnih institucija. Za razliku od zvaničnih institucija koje se programski i funkcionalno dele na scenski i gledališni prostor i pri tom gledaocima (korisnicima) pružaju isključivo mogućnost posmatranja profesionalnog umetničkog spektakla, art centri nude aktivnost amaterima i promociju njihovih znanja putem javnih manifestacija, jer prirodno je od čoveka očekivati da ne bude samo pasivan posmatrač raznih priredbi i programa koji se nude, već i da se sam kulturno ili stvaralački ispoljava, a tu potrebu i želju može i treba stalno da razvija art centar.

¹² *The Visual Arts Center of Richmond* (eng) – Cenatar za vizuelnu umetnost Ričmonda

2.2 Funkcionalne celine art centra

Kod kulturnih institucija uobičajena je jasna funkcionalana podeljenost na javni prostor (prostor za posetioce), prostor namenjen za prikaz ili izvođenje nekog dela i pomoćne prostorije, gde je kretanje posetilaca ograničeno na prvu i delimično drugu grupu prostorija. U slučaju art centra dolazi do izvesne promene, jer objekti ovog tipa sadrže i određene edukativne programe, koji mogu biti usko povezani sa scenskim ili nekim tehničkim zanimanjima, pa njihov pristup može biti proširen i na ostale prostorije. Tako učenici plesa, glume ili režije, mogu imati pristup sceni i pomoćnim scenskim prostorijama, a ne samo prostoru za posetioce.

Kao posledica velikog broja različitih sadržaja na istom mestu, art centar može da sadrži više funkcionalnih celina koje se međusobno razlikuju. Sve one zahtevaju određenu površinu, volumen, boju i opremu u enterijeru, akustiku, strukturu poda ili zida, osvetljenje... Neki od ovih zahteva, kao što su površina i volumen, direktno zavise od broja gledalaca, odnosno kapaciteta i veličine samog centra, dok drugi zavise od specifičnosti namene prostora. Različite funkcionalne celine art centra zahtevaju različite tehničko-tehnološke karakteristike prostora, koje utiču na mogućnost izvedbe određene aktivnosti u tom prostoru, način na koji će ona biti oblikovana i na kompletan dizajn prostora. Ove karakteristike su najizraženije kod teatra ili galerijskog prostora, gde je u nedostatku tehnologije moguće postaviti samo određenu vrstu produkcije. Na taj način opremljenost tehnologijom, pored gabarita prostora, može da deluje kao ograničavajući faktor, pogotovo pri izboru savremenih dela, ali može da predstavlja i spektar alata za veće mogućnosti kreativnog izražavanja.

2.3 Urbani kontekst i urbani parametri

Raznovrsnost funkcionalnih celina art centara dovodi do mogućnosti njihovog oblikovanja na više različitih načina. Kao posledica njihove lokacije, u centralnim gradskim zonama uklapaju se u gradske blokove i pretežno razvijaju u visinu ili obrazuju slobodnu formu, na nešto ređe naseljenim lokacijama. U gradskim sredinama odražavaju okolnu arhitekturu i u skladu su sa njom, a u ruralnim predelima kompozicija zgrade je deo pejzaža i njegov vizuelni fokus. Mogu biti organizovani kao celina ili više različitih volumena, od kojih svaki čini jedna funkcionalna oblast. Najpogodnije je kada su smešteni na parcelama čija je zauzetost objektom 20–25%, dok je

ostatak namenjen zelenilu, odmoru ili eventualnom proširenju. Opšta kompozicija treba da sadrži karakter javnog, estetski dobro oblikovanog i reprezentativnog objekta. Monumentalni karakter volumena se odražava u odnosima prema okolnim izgrađenim strukturama, među kojima ovi objekti najčešće dominiraju svojom razmerom, istaknutom horizontalnom i vertikalnom regulacijom, materijalizacijom, kao i ambijentalnim i stilskim karakteristikama.

Dobro funkcionisanje svakog objekta zavisi od niza faktora, od kojih je veoma bitna njegova urbanistička dispozicija. Zbog toga je neophodno sagledavanje lokacije kako u širem, tako i u užem okruženju. Urbanistički kriterijumi u širem okruženju veoma su bitni sa aspekta sagledavanja lokacije objekata u odnosu na druge objekte iste ili slične namene. Može se dogoditi da u regionu ne postoje slični objekti, da postoji jedan sličan objekat ili više njih. Njihov broj i međusobna udaljenost direktno utiču na karakter objekta, pa tako, ukoliko u određenoj sredini postoji samo jedan, on obezbeđuje različite vrste aktivnosti i ima veće gravitaciono područje koje se nekada ne svodi samo na datu sredinu, već i na njenu okolinu. Sa druge strane ukoliko u jednoj sredini postoje dva objekta slične namene, oblast njihove aktivnosti ima specifičniju namenu i manje gravitaciono područje, a samim tim i manji broj korisnika. U ovom slučaju, veoma je bitna i njihova međusobna udaljenost, jer ukoliko ona nije velika to utiče na konkurentnost između njih i smanjenje broja posetilaca, ali i omogućuje izbor centra i samim tim kvalitet života stanovnika. U suprotnom, kada je međusobna udaljenost veća, dolazi do ravnomernijeg raspoređivanja korisnika. Treba naglasiti i značaj postojanja svih vidova saobraćaja i stepen njihovog razvoja, zbog izuzetnog uticaja na posećenost kuturnog objekata. Potrebno je da on bude povezan sa glavnim saobraćajnicama u naselju, kako bi bio omogućen pristup motornim vozilima, ali i na dovoljnoj udaljenosti od njih, kako buka od frekventnog saobraćaja ne bi uticala na odvijanje aktivnosti u njemu. Veoma je važno i da u okolini postoji dovoljan broj stajališta linija javnog gradskog prevoza, ali i blizina glavne železničke ili autobuske stanice, ukoliko je reč o regionalnom art centru.

Urbanistički kriterijumi u užem okruženju sagledavaju lokaciju art centara u odnosu na prirodne i stvorene elemente. Tako prisustvo i blizina vodene površine doprinosi atraktivnosti okruženja, utiče na stvaranje posebnih mikroklimatskih uslova i predstavlja veliki potencijal za organizovanje javnih otvorenih površina. Prilikom odabira terena za gradnju art centra, potrebno je obratiti pažnju i na njegov nagib, jer utiče na pristup objektu i mogućnost kretanja stanovnika sa invaliditetom, a dobra insolacija, zajedno sa povoljnim

uticajem vetra, doprinosi prijatnosti boravka na otvorenim površinama ispred objekata i omogućava eksploataciju energije sunčevog zračenja. Kada govorimo o stvorenim elementima užeg okruženja, treba naglasiti da je veoma važno da li se objekat nalazi u istorijskom gradskom jezgru, kao deo uličnog niza, na atraktivnom trgu ili organizovan kao slobodnostojeći objekat, jer to utiče na mogućnost stvaranja više različitih pristupa, odnosno ulaza (ulaz za posetioce, ekonomski ulaz, ulaz za službenike, ulaz za izvođače), što uvek doprinosi kvalitetu funkcionalnog rešenja, a samim tim i funkcionisanja. Takođe, od pomenutih elemenata zavisi i povezanost sa autobuskim stajalištima, taksij službama, ali i postojanje mirujućeg saobraćaja. Veliki problem za sve javne građevine, pa tako i za objekte namenjene art centrima, je parkiranje motornih vozila. Osim što bi trebalo da obezbede parking za putnička vozila, objekti većeg kapaciteta bi trebalo da imaju i parkinge za autobuse, motore i bicikle, kao i za dostavna vozila uz ekonomski pristup. Broj parking mesta i veličina slobodne površine ispred objekata proističu od broja posetilaca, kao i broja zaposlenih.

3. EAST BAY CENTAR ZA SCENSKE UMETNOSTI

Arhitekta: **Mark Cavagnero Associates**

Lokacija: **Ričmond, Kalifornija, SAD**

Izgradnja: **2009–2011.**

Otvoren: **Oktobar 2011.**

Investitor: **Grad Ričmond**

Cena projekta: **16 miliona dolara**

Površina objekta: **16.000 kv.ft (približno 1490m²)**

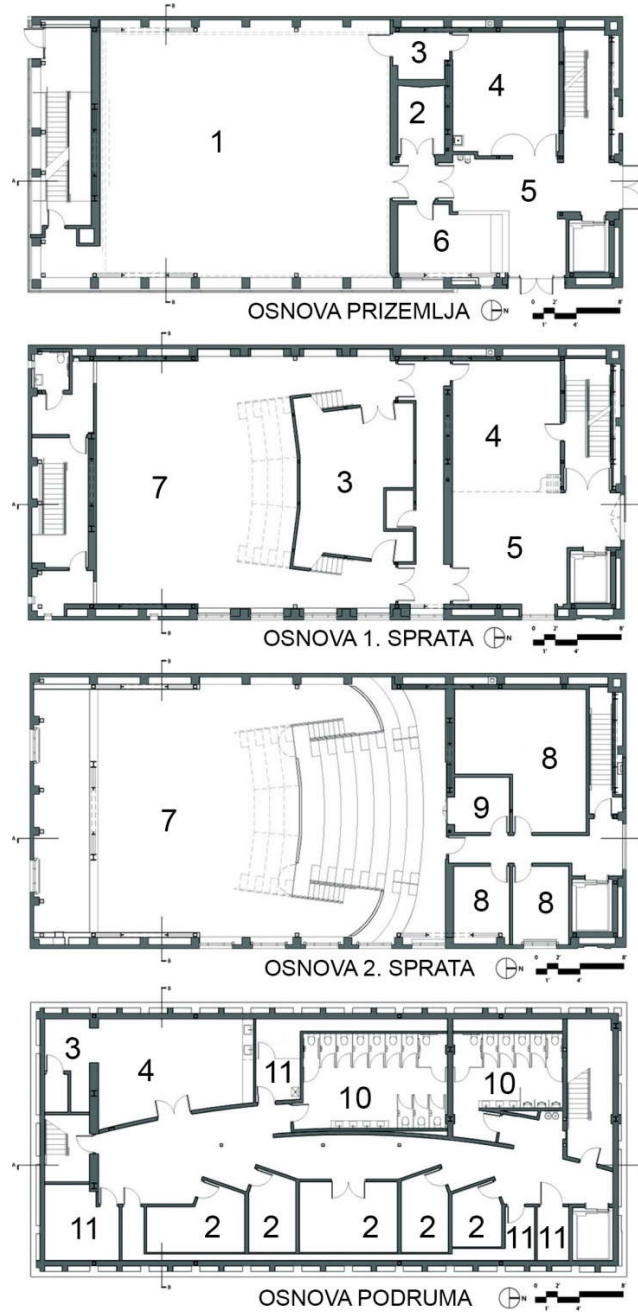


Slika 4 – Eksterijer objekta

East Bay centar za scenske umetnosti je mesto za obuku mladih ljudi iz zajednice. Fokusira se na podsticanje mladih talenata i okupljanje kulturne tradicije različitih porekla stanovnika zajednice: Afroamerikanaca, Azijanata, Latinoamerikanaca i Evropejskih Amerikanaca. Smešten je u istorijski značajnu Vinters zgradu (Winters Building) iz 1920. godine. Zgrada je dobila ime po svojim prvobitnim vlasnicima, nemačkim emigrantima Adolfu i Elizabet Vinters, na čiji je zahtev arhitekta isprojektovao plesnu dvoranu, koja je pre osnivanja art centra mnogo godina kasnije, takođe, imala funkciju prodajnog prostora i banke.

Rekonstrukcija je uključila potpuno novu strukturu i sisteme u okviru istorijske ljuske. U nivou prizemlja napravljena je staklena fasada sa ritmično raspoređenim otvorima, kako bi prikazala unutrašnji duh centra i istovremeno nadopunila staru fasadu sa gornjih spratova koja je prefarbana u belo, posle skidanja starog maltera, čime je sva fasadna plastika došla do izražaja.

Svaki od četiri nivoa je dizajniran da pruži fleksibilnost edukativnim, scenskim i administrativnim sadržajima. Projekat obuhvata dva velika scenko-edukativna prostora: teatar kapaciteta za 200 posetilaca i višenamensku prostoriju, kao i učionice, prostorije za vežbu, kancelarije... Sve ove prostorije su akustički izolovane, kako bi svi korisnici mogli da vežbaju bez međusobnog ometanja. Strukturalni dizajn uključuje ubacivanje nove čelične konstrukcije unutar istorijske ljuske. Specijalno dizajnirani čelični okviri sa ojačanjem imaju dvostruki cilj: da zgrada bude otporna na opterećenja od vetra i zemljotresa, kao i da se jedinstveni arhitektonski detalji integrišu u različitim prostorima.



LEGENDA: 1 višenamenska prostorija, 2 prostorija za vežbu, 3 ostava, 4 greenroom/učionica, 5 foaje, 6 recepcija, 7 teatar, 8 kancelarija, 9 kontrolna soba, 10 sanitarni čvor, 11 tehnička prostorija

Slika 5 – Osnove objekta



Slika 6 – Teatar



Slika 7 – Foaje

Originalna ideja ove konverzije nije bila samo poboljšanje kvaliteta edukacije u centru, već i stvaranje podstreka za društvenu promenu u gradu, koji je ranije imao problema sa drogom i kriminalom. Osnivanjem ovakvog centra mladi su usmereni ka obrazovanju i sopstvenom unapređivanju, pa menjajući sebe, ujedno menjaju i zajednicu.

4. ZAKLJUČAK

Razmatranje funkcije art centra i njegovog uticaja na društvo, dovelo nas je do zaključka da pozicioniranje jednog takvog objekta, u manje ili više aktivno okruženje, oplemenjuje, motiviše i podstiče razvoj njegovih korisnika. Profesionalnim produkcijama, omogućavanjem praktičnog iskustva korisnicima i njihovu javnu prezentaciju, ali i svojom arhitekturom, ovakav objekat postaje neka vrsta obeležja naselja ili grada u kome se nalazi i mesto okupljanja cele zajednice. Zbog toga je važno da se na osnovu grada ili nekog njegovog dela uz sportsko – rekreativni centar nađe i neki kulturni objekat sa sličnim sadržajem, kako bi njegovi korisnici imali mogućnost sopstvenog razvoja u nekoj od oblasti umetnosti, a da to nije usko vezano za njihovo profesionalno opredeljenje.

Analizom primera iz ove oblasti, primećujemo da uloga art centara nije prestala sa razvojem modernog društva, njegove brzine života i sve veće asocijalizacije ljudi, već da je njihovo funkcionisanje u korak sa razvojem društva moguće i, čak šta više, poželjno. Takođe, sa napretkom materijala i tehnologije, arhitektura art centara, i svih objekata kulture uopšte, postala je fleksibilnija, reprezentativnija i inovativnija, pa i oni sami predstavljaju umetnost u nekom smislu.

5. LITERATURA

- [1] *Building for social change, United States, East Bay Center for the Performing Arts*, A. Syrkett, Architectural Record br. 03, Njujork, 2012., str. 58-60
- [2] *Theatre Buildings: a design guide, edited by Judith Strong*, Association of British Theatre Technicians (ABTT), Taylor & Francis e-Library, 2010.
- [3] *South Bank complex, London's finest art gallery*, G. Perkin, Concrete Quarterly br. 78, London, 1968., str. 2-6
- [4] *Buildings for the Performing Arts, A design and development guide, Second Edition*, I. Appleton, Elsevier Limited, Oxford, 2008.
- [5] *Specifičnosti osvetljenja izložbenih i prodajnih prostora*, M. Stojšić, Beograd, 2009.
- [6] *Mocućnosti i potrebe doma kulture*, M. Ivanišević, časopis Kultura broj 33/34, Beograd, 1976., str. 130-144
- [7] *Arhitektura pozorišta XX veka*, R. Dinulović, Clio, Beograd, 2009.
- [8] *Tehničko-tehnološko stanje i potencijali pozorišnih zgrada u Srbiji (Arhitektura scenskih objekata u Republici Srbiji)*, R. Dinulović, Departman za arhitekturu i urbanizam, Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad, 2011.

ROŠTILJNI SISTEMI MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA PO TEORIJI LEONHARDT-A

Dušan Petković ¹
Dragoslav Stojić ²
Predrag Lukić ³
Vanja Jovanović ⁴

Rezime

U ovom radu analizirana je približna metoda za proračun uticaja roštiljnih sistema mostovskih konstrukcija. Za iznalaženje ove metode zasluge pripadaju Nemačkom stručnjaku Fritz Leonhardt-u. Njegovo rešenje se ograničava samo na torziona meke roštiljne sisteme. Razmatrani su roštiljni sistemi koji imaju jedan, ili više od jednog poprečnog nosača, na osnovu čega dobijamo koeficijente koje je izveo Leonhardt opitima na modelima. Za usvojeno dispoziciono rešenje mosta sa šest poprečnih nosača prikazan je numerički primer. Dobijeni rezultati su prikazani numerički i grafički.

Ključne reči: približna metoda, roštiljni sistemi, Leonhardt, poprečni nosač, koeficijenti

¹ dr Dušan Petković, red. prof., Građevinsko-arhitekotonski fakultet, Univerzitet u Nišu

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

³ Predrag Lukić, master inž. građ., student doktorskih studija, Građevinsko-arhitekotonski fakultet, Univerzitet u Nišu

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

1. UVOD

Roštiljni sistem nosača predstavlja sistem od dve grupe nosača, koji se međusobno ukrštaju i obrazuju roštilj od nosača. Prvu grupu čine glavni nosači, a drugu grupu čine poprečni nosači. Mesta gde se ukrštaju ovi nosači nazivamo čvornim tačkama [1]. U njima su glavni nosači čvrsto vezani sa poprečnim nosačima, tako da se može smatrati da prodiru jedan kroz drugog, ne smanjujući svoju krutost na savijanje na mestu ukrštanja. Za analizu roštiljnih sistema sva opterećenja svodimo u čvorove, slično kao kod rešetkastih nosača [2]. Roštiljne sisteme kao i glavne nosače delimo na slobodno oslonjene i na kontinualne. Ugao ukrštanja između nosača može biti proizvoljan ili prav ugao, što je i najčešće slučaj u konstrukcijama mostova.

Roštiljni sistemi mostovskih konstrukcija oslanjaju se na stubove samo preko glavnih nosača. Glavni nosači takvih roštiljnih sistema su uglavnom puni nosači, i to jednozidni ili dvozidni. Pošto je torziona krutost jednozidnih nosača neznatna, roštiljni sistemi sa jednozidnim glavnim nosačem se nazivaju torziono meki, dok se oni sa sandučastim glavnim nosačem nazivaju torziono kruti [1].

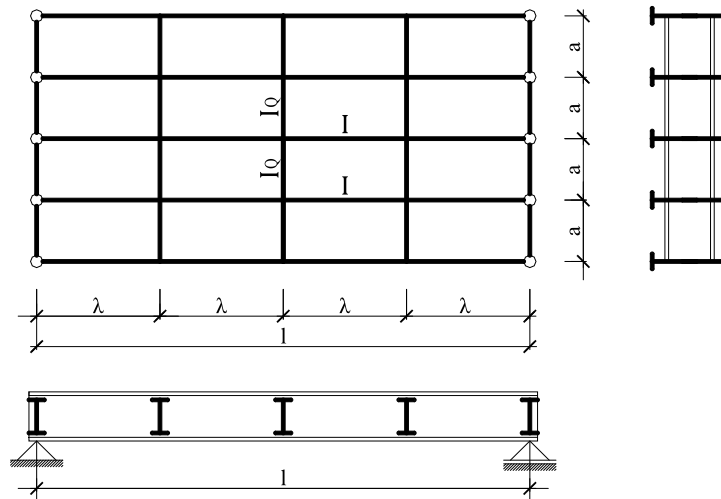
Osobine roštiljnih sistema u statičkom smislu zasnivaju se na tome da opterećenje koje deluje na jedan nosač prenese na susedne elemente, tj. da ostale grede roštiljnog sistema angažuje u prenošenju opterećenja [3].

Statički proračun roštiljnih sistema nosača zasniva se na iznalaženju ekstremnih uticaja momenata savijanja i transversalnih sila u presecima glavnih i poprečnih nosača na najnepovoljnijem mestu. Opterećenje prema kojem se računaju roštiljni sistemi deluje upravno na ravan roštilja.

2. ROŠTILJNO DELOVANJE

Primena roštiljnih sistema za noseću konstrukciju, naručito kod drumskih mostova (slika 1), sastoji se u tome što se relativno veliko koncentrisano opterećenje, zbog krutosti savijanja poprečnih nosača, raspodeljuje na sve glavne nosače. Kod zglavkaste veze poprečnih nosača sa glavnim nosačem, raspodela ograničava na dva glavna nosača između kojih se nalazi koncentrisani teret. Prema tome, roštiljni

sistem nosača mostovskih konstrukcija, za prijem koncentrisanog opterećenja pruža mogućnost uštede materijala za glavne nosače, ali se pritom povećava utrošak materijala za poprečne nosače[1].



Slika 1. Roštiljni sistem slobodno oslonjen na dva kraja

U slučaju ravnomerno podeljenog opterećenja na celoj širini mosta, roštiljni sistem ne dolazi do izražaja, pošto glavni nosači primaju svoj deo opterećenja bez preraspodele na poprečne nosače.

Kada su u pitanju roštiljni sistemi bez torziona krutosti, kakve ćemo dalje posmatrati u ovom radu, raspodeljujući uticaji roštiljnog sistema zavise pre svega od odnosa momenta inercije poprečnih i glavnih nosača I_Q / I , kao i od odnosa dužine i osovinskog razmaka glavnog nosača l / a .

Roštiljna krutost z ovih odnosa na veličinu poprečne raspodele opterećenja na pojedine glavne nosače u tačnoj teoriji roštiljnih sistema data je sledećim izrazom:

$$z = \left(\frac{l}{2 \cdot a} \right)^3 \cdot \frac{I_Q}{I} \quad (1)$$

gde su :

- l - dužina glavnog nosača,

- a - osovinski razmak glavnog nosača,
- I_Q - moment inercije poprečnog nosača,
- I - moment inercije glavnog nosača.

Ukoliko je roštiljna krutost sistema z veća, utoliko je bolja poprečna raspodela opterećenja.

3. LEONHARDT-OVA METODA

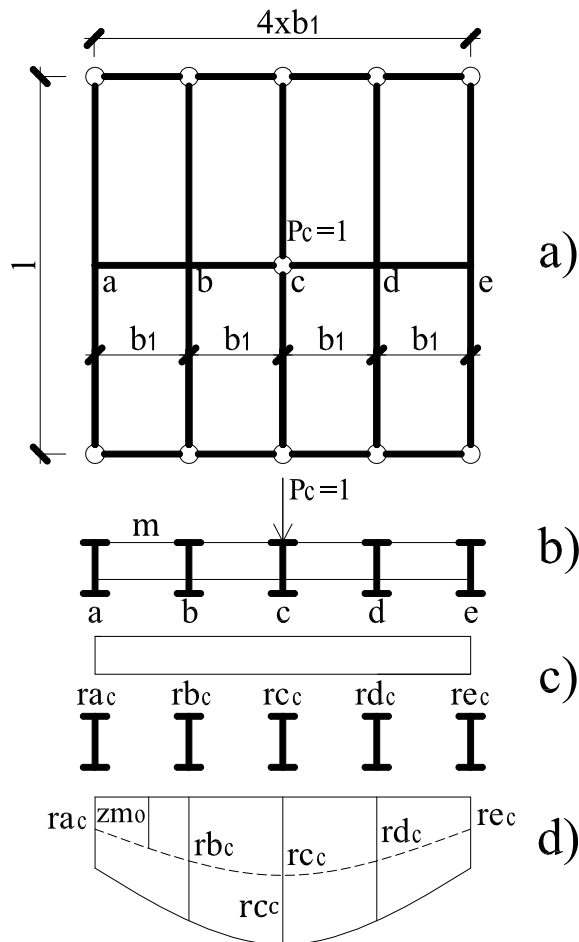
Za iznalaženje približne metode proračuna roštiljnih sistema zasluge pripadaju nemačkom stručnjaku Fritz Leonhardt-u. Njegovo rešenje se ograničava samo na torziona meke roštiljne sisteme [4].

3.1. Roštiljni sistemi koji imaju jedan poprečni nosač

Posmatrajmo most koji sadrži više podužnih nosača i ima samo jedan poprečni nosač (slika 2). Ukoliko ga opteretimo silom $P=1$ u tački C na poprečnom nosaču, pod dejstvom ove sile poprečni nosač se deformiše i zauzima položaj (slika 2d).

Prikazane tačke imaju vertikalna pomeranja z , a između poprečnog i podužnog nosača nastaju reakcije $r_{ac}, r_{bc}, r_{cc}, r_{dc}$, i r_{ec} (slika 2c). Iz vertikalne ravnoteže poprečnog nosača proizilazi:

$$r_{ac} + r_{bc} + r_{cc} + r_{dc} + r_{ec} = \sum_{i=1}^n r_{ic} = P_c = 1 \quad (2)$$



Slika 2. Roštiljni sistem sa jednim poprečnim nosačem

Bilo koji podužni nosač roštiljnog sistema, pošto je opterećen samo silom r_{bc} koja deluje na polovini njihovog raspona, dobija ugib proporcionalan r_{bc} , a čija veličina zavisi od uslova oslanjanja ove grede. U najčešćem slučaju, kada je greda slobodno oslonjena na svoja dva kraja imamo poznati odnos za ugib (3):

$$f = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_p} \quad (3)$$

Odakle sledi:

$$Z_{bc} = \frac{r_{bc} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_p}, \quad r_{bc} = K_b \cdot Z_{bc} \quad (4)$$

gde je:

$$K_b = \frac{48 \cdot E \cdot I_p}{l^3} \quad (5)$$

Ako zamenimo (4) sa njegovim izrazima u uslovu ravnoteže (2) dobijamo:

$$\begin{aligned} K_a \cdot Z_{ac} + K_b \cdot Z_{bc} + K_c \cdot Z_{cc} + K_d \cdot Z_{dc} + K_e \cdot Z_{ec} = \\ = \sum_{i=1}^n K_i \cdot Z_{ic} = P_c = 1 \end{aligned} \quad (6)$$

Princip reciprociteta po Maksvel-u kaže da je pomeranje Z_{mc} proizvedeno u tački m , jediničnom silom koja deluje u tački C , jednako pomeranju Z_{cm} proizvedenom u tački C jediničnom silom koja deluje u tački m . Elastičnu liniju koja dobija poprečni nosač pod dejstvom sile $P=1$, predstavlja uticajnu liniju vertikalnog pomeranja grede C pod dejstvom jediničnog opterećenja koje se šeta nad poprečnim nosačem. Množeći ordinate uticajne linije sa konstantom K_c dobija se uticajna linija reakcije r_{cm} prenete preko poprečnog nosača na gredi C .

Dakle, uticajna linija se dobija množeći odnosom I_c / I_i odgovarajuće ordinate dijagrama reakcija r_{ci} nastalih u svakoj gredi pod uticajem fiksne sile $P=1$. Otuda dobijamo da suma ordinate uticajne linije ima vrednost (7), i jednaka je jedinici samo u slučaju kada svi nosači imaju jednake momente inercije:

$$\sum_{i=1}^n r_{ci} = \sum_{i=1}^n \frac{I_c}{I_i} r_{ci} \quad (7)$$

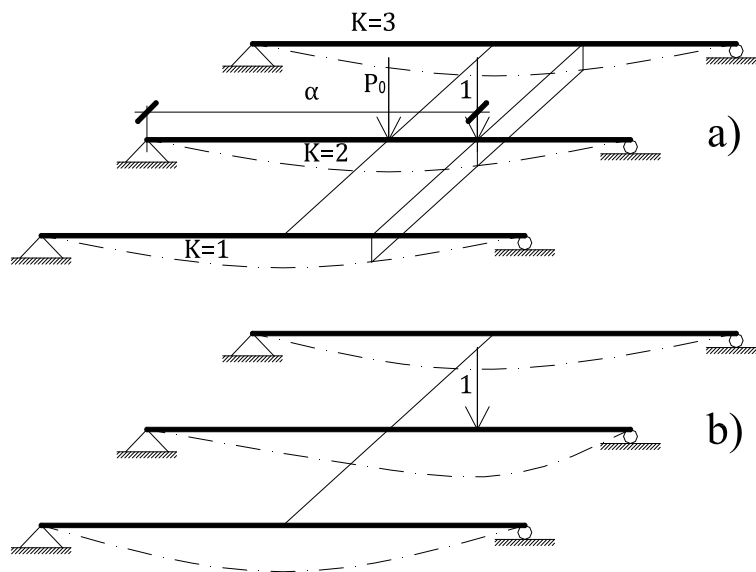
Leonhardt predlaže vrednosti koeficijenata raspodele za roštiljne sisteme mostovskih konstrukcija sa 3, 4, 5, 6, 7 i 8 nosača, čiji su krajnji nosači jači:

$$C = \frac{I_0}{I}, \quad n = \frac{2 \cdot a}{l}, \quad Z = \frac{C}{n^3}, \quad d = \frac{I_{krajnji}}{I_{srednje}} \quad (8)$$

3.2. Roštilj od greda koje imaju više od jednog poprečnog nosača

Ukoliko roštiljni sistem greda ima više od jenog poprečnog nosača, raspodela sila je složenija i vrši se jednovremenim radom svih poprečnih nosača. Iz tih razloga dat je opis kada roštiljni sistem sadrži veći broj poprečnih nosača.

Predpostavićemo da je samo jedan poprečni nosač opterećen i u slučaju beskonačno krutih poprečnih nosača, reakcije susednih poprečnih nosača su nule (slika 3).



Slika 3. Prikaz reakcije poprečnih nosača

U slučaju elastičnih poprečnih nosača, reakcije imaju konačne vrednosti i postaju veće ukoliko su poprečni nosači vitkiji u odnosu na podužne nosače. Pošto se iz konstruktivnih razloga najčešće daje velika krutost poprečnim nosačima, mogu se zanemariti u prvoj aproksimaciji reakcije susednih poprečnih nosača prema reakcijama

opterećenog poprečnog nosača i mogu se približno računati koeficijenti poprečne raspodele kao kod slučaja roštiljnog sistema sa jednim poprečnim nosačem. Usvaja se da vrednost ovih koeficijenata ne zavisi od položaja opterećenog poprečnog nosača.

Ovom usvojenom hipotezom može se zaključiti da zakon za konstruisanje uticajnih linija, koji važi za roštilje sa jednim poprečnim nosačem,

$$M_x = M_{ox} \cdot r + M_x' \cdot r' \quad (9)$$

ostaje važeći iako roštiljni sistem ima dva ili više poprečna nosača koji su simetrično postavljeni u odnosu na sredinu mosta, tj. takvi da je:

$$r_{bb1} = r_{bb2} = r_{bb} \quad (10)$$

Leonhardt je na osnovu opita na modelima konstantovao da više poprečnih nosača povećavaju poprečnu raspodelu opterećenja. On predlaže da zamenimo n poprečnih nosača momentom inercije I , jednim fiktivnim poprečnim nosačem momenta inercije $n \cdot I$.

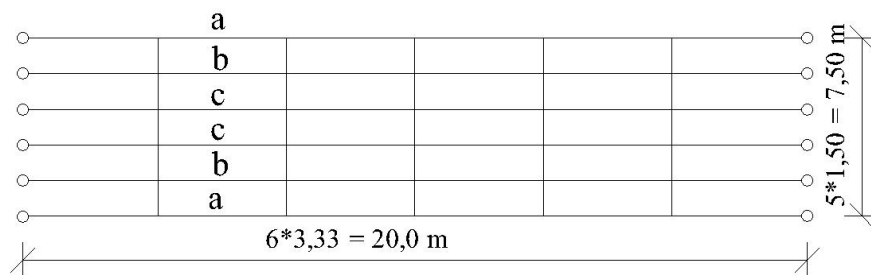
Ova zamena nije dopuštena, pošto ne postoji jedan poprečni nosač koji je ekvivalentan n stvarnim poprečnim nosačima u pogledu raspodele sila. Međutim, može se usvojiti ova zamena u smislu aproksimacije i mogu se koristiti koeficijenti koje je izveo Leonhardt opitima na modelima prikazanim u tabeli 1 [2].

Tabela 1. Leonhardt-ovi koeficijenti u zavisnosti od broja poprečnih nosača

Koeficijent i	Broj poprečnih nosača
1	1-2
1,6	3-4
2	5 i više

4. NUMERIČKI PRIMER

Usvojeno je dispoziciono rešenje mosta sa jednim otvorom, koji se premošćuje slobodno oslonjenim roštiljem nosača raspona $l = 20\text{ m}$. Roštiljni sistem nosača čine šest podužnih prednapregnutih nosača „T“ preseka na međusobnom razmaku $1,5\text{ m}$, kao i šest poprečnih nosača koji čine delove kolovozne ploče $6 \cdot 3,33 = 20\text{ m}$ (slika 4).



Slika 4.- Sistem roštiljnih nosača

Momenti inercije glavnog nosača na polovini raspona su:

- srednji nosač b i c , $I = 0,12563\text{ m}^4$,
- krajnji nosač a , $I_R = 0,12563\text{ m}^4$,

dok je moment inercije za poprečni nosač, $I_Q = 0,0022\text{ m}^4$.

Odnos momenta inercije krajnjeg i srednjeg nosača, kao i odnos momenta inercije poprečnog i srednjeg nosača je:

$$d = \frac{I_R}{I} = \frac{0,12563}{0,12563} = 1$$

$$c = \frac{I_Q}{I} = \frac{0,0022}{0,12563} = 0,017671$$

Stepen poprečne raspodele z , dobijamo na sledeći način:

$$z = \frac{i \cdot c}{n} = \frac{i \cdot c}{2 \cdot \frac{a}{l}} = \frac{2 \cdot 0,017671}{2 \cdot \frac{1,5}{20,00}} = 10,4717$$

Gde koeficijent i dobijamo na osnovu tabel 1.

Prema tabelama koje je dao Leonhardt u zavisnosti od broja glavnih nosača, u našem slučaju šest, dobijamo najpre imenitelj pa zatim ordinate uticajnih linija za nosače *a*, *b* i *c*, koji su prikazani na slici 4.

$$N_6 = 38 \cdot d + 10 \cdot z + 78 \cdot d \cdot z + 4z^2 + 2 \cdot d \cdot z^2 = 1617,4486$$

$$N'_6 = 22 \cdot d + 6 \cdot z + 130 \cdot d \cdot z + 20z^2 + 50 \cdot d \cdot z^2 = 9122,106$$

Ordinate uticajnih linija za nosač *a* su:

$$r_{a,a} = (19d + 39dz + dz^2) : N_6 + (11d + 65dz + 25dz^2) : N'_6 = 0,7083$$

$$r_{a,b} = d(11z + z^2) : N_6 + d(7z + 15z^2) : N'_6 = 0,3274$$

$$r_{a,c} = d(-6z + z^2) : N_6 + d(-6z + 5z^2) : N'_6 = 0,0822$$

$$r'_{a,c} = d(-6z + z^2) : N_6 - d(-6z + 5z^2) : N'_6 = -0,0242$$

$$r'_{a,b} = d(11z + z^2) : N_6 - d(7z + 15z^2) : N'_6 = -0,0494$$

$$r'_{a,a} = d(19 + 39z + z^2) : N_6 - d(11 + 65z + 25z^2) : N'_6 = -0,0443$$

za nosač *b*:

$$r_{b,a} = (11z + z^2) : N_6 + (7z + 15z^2) : N'_6 = 0,3274$$

$$r_{b,b} = (19d + 11dz + 5z + z^2) : N_6 + (11d + 45dz + 3z + 9z^2) : N'_6 = 0,3476$$

$$r_{b,c} = (17dz + z^2) : N_6 + (25dz + 9z^2) : N'_6 = 0,3148$$

$$r'_{b,c} = (17dz + z^2) : N_6 - (25dz + 3z^2) : N'_6 = 0,041$$

$$r'_{b,b} = (19d + 11dz + 5z + z^2) : N_6 - (11d + 45dz + 3z + 9z^2) : N'_6 = 0,0186$$

$$r'_{b,a} = (11z + z^2) : N_6 - (7z + 15z^2) : N'_6 = -0,0494$$

za nosač c:

$$r_{c,a} = (-6z + z^2) : N_6 + (-6z + 5z^2) : N'_6 = 0,0822$$

$$r_{c,b} = (17dz + z^2) : N_6 + (25dz + 3z^2) : N'_6 = 0,2427$$

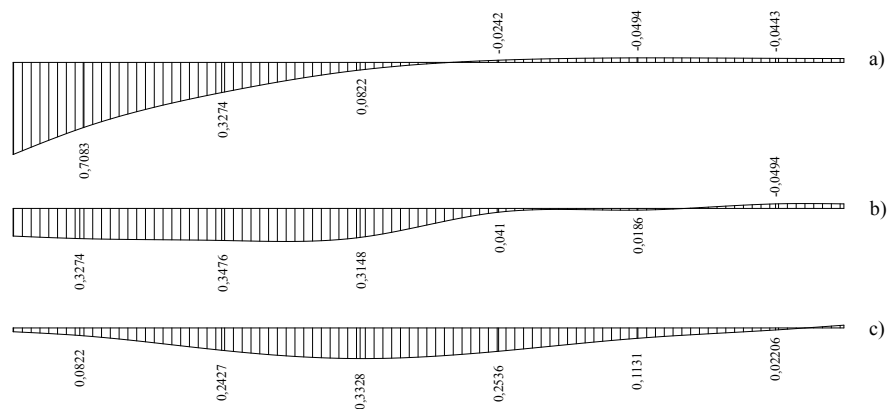
$$r_{c,c} = (19d + 28dz + 5z + z^2) : N_6 + (11d + 20dz + 3z + z^2) : N'_6 = 0,3328$$

$$r'_{c,c} = (19d + 28dz + 5z + z^2) : N_6 - (11d + 20dz + 3z + z^2) : N'_6 = 0,2536$$

$$r'_{c,b} = (17dz + z^2) : N_6 - (25dz + 3z^2) : N'_6 = 0,1131$$

$$r'_{c,a} = (-6z + z^2) : N_6 - (-6z + 5z^2) : N'_6 = 0,02206$$

Graficki prikaz ordinata uticajnih linija je prikazan na slici 5.



Slika 5.- Ordinate uticajnih linija a) za nosač a, b) za nosač b i c) za nosač c

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja koja je Leonhardt vršio na seriju mostova običnih dimenzija, uočio je da učinjena greška u zapremini pod uticajnom površinom i na maksimalnoj ordinati oscilira od $0_{90} + 7\%$ prema preseku gde se računa moment i odnos krutosti.

Zbog izračunavanja grešaka više ili manje, maksimalna greška kod momenta u krajnjem podužnom nosaču jeste 2% , a u srednjim podužnim nosačima 1.6% . Komparativna studija jednog

kontinualnog nosača na četiri oslonaca daje takođe rezultate 1,9 % i 3,6% [4].

Možemo zaključiti da rezultata koji su dobijenu po teoriji Leonhardt-a, na osnovu tabela, predstavljaju jedno jako sredstvo na osnovu kojeg možemo vršiti proračun ordinate uticajnih linija kod roštiljnih nosača.

ZAHVALNOST

Rad je rezultat istraživanja na projektima TR 36016 pod nazivom „Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije II reda i stabilnosti” i TR 36028, „Razvoj i unapređenje metoda za analizu interakcije konstrukcije i tla na osnovu teorijskih i eksperimentalnih istraživanja” finansiranih od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

6. LITERATURA

- [1] Milosavljević, M.: *Čelični mostovi*, Građevinska knjiga, Beograd, 1978.
- [2] Horvatić, D.: *Metalni mostovi*, Školska knjiga, Zagreb, 1988.
- [3] Radosavljević, Ž., Bajić, D.: *Armirani beton 3*, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [4] Leonhardt, F., Andra, W., 1950. *Die vereinfachte Trägerrostberechnung*, Stuttgart.

KLASIFIKACIJA TLA I SEIZMIČKO DEJSTVO PREMA EVROKODU 8

Slavko Zdravković¹
Dragan Zlatkov²
Dragana Turnić³

Rezime

U radu se ukazuje da prema Evrokodu 8 (EC8), konstrukcije u seizmičkim oblastima moraju da budu projektovane i izvedene da izdrže definisano seizmičko dejstvo bez lokalnog i globalnog rušenja i bez pojave oštećenja i odgovarajućih ograničenja u korišćenju (bolnice, mostovi i dr.) i nevelikoj ceni sanacije. Razlika u nivou pouzdanosti se implementira na bazi klasifikacije konstrukcije u različite klase značaja. Treba zadovoljiti granično stanje nosivosti i upotrebljivosti. Klasifikacije tla prema osnovnom opisu profila tla data je tabelarno. Seizmičko dejstvo, odgovarajućim izrazima dato je za: horizontalni i vertikalni elastičan spektar odgovora i za projektni spektar za elastičnu analizu. Date su kombinacije zemljotresnog dejstva sa drugim dejstvima, kao i metode analize računskih modela: linearne i nelinearne analize i raspored horizontalnih seizmičkih sila. Kombinacije efekata komponentata seizmičkog dejstva za horizontalne i vertikalne komponente, kao i raspodela seizmičke sile po visini objekta.

Ključne reči: tlo, granična stanja, seizmičko dejstvo, spektri odgovora, računске metode analize.

¹ Prof.dr Akademik Srpske Kraljevske asocijacije akademika, inovatora i naučnika-SKAI, Ekspert bivšeg Saveznog ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14. Niš

² Mr, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14. Niš

³ Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. Aleksandra Medvedeva 14. Niš

1. UVOD

Prema evropskim standardima EN1998-1:2004 (Evrokod 8-1) za zgrade traži se da konstrukcije u seizmičkim oblastima moraju da budu projektovane i izvedene na takav način da sledeći zahtevi budu zadovoljeni, svaki sa odgovarajućim stepenom pouzdanosti.

Zahtev da se objekat ne sruši je da konstrukcija mora da bude projektovana i izvedena da izdrži definisana seizmička dejstva bez lokalnog ili globalnog rušenja, odnosno da sadrži svoj konstrukcijski integritet i preostali kapacitet nosivosti i posle seizmičkih događaja. Projektno seizmičko dejstvo je izraženo u smislu: a) referentnog seizmičkog dejstva povezanog sa referentnom verovatnoćom prekoračenja u 50 godina P_{NCR} , ili sa referentnim povratnim periodom T_{NCR} , kao i b) faktora značaja γ_1 uzimajući u obzir razlike u nivou pouzdanosti.

Vrednosti koje se pripisuju P_{NCR} ili T_{NCR} , za korišćenje u zemlji mogu da se pronađu u Nacionalnom aneksu ovog dokumenta. Preporučene vrednosti su $P_R = 10\%$ i $T_L = 475$ godina. Vrednost verovatnoće prekoračenja P_R u T_L godina nekog specifičnog nivoa seizmičkog dejstva je povezana sa osrednjim povratnim periodom T_R tog nivoa seizmičkog dejstva, u skladu sa izrazom $T_R = -T_L / \ln(1 - P_R)$.

Stoga, za dato T_L , seizmičko dejstvo može da bude ekvivalentno izraženo ili preko svog osrednjeg povratnog perioda T_R ili preko svog prekoračenja P_R u T_L godina,

$$\text{tj. } T_R = -\frac{T_L}{h(1 - P_{NCR})} = -\frac{50}{h(1 - 0,1)} = 475 \text{ godina.}$$

Zahtev ograničenih oštećenja je da konstrukcija mora da bude projektovana i izvedena da izdrži seizmičko dejstvo koje ima veću verovatnoću pojave nego što je projektno seizmičko dejstvo, bez pojave oštećenja i odgovarajućih ograničenja u korišćenju, čija bi cena bila neproporcionalno visoka u poređenju sa cenom same konstrukcije. Seizmičko dejstvo, koje se uzima u analizu u vezi sa „zahtevom ograničenja oštećenja“, ima verovatnoću prekoračenja P_{DLR} u 10 godina i povrati period T_{DLR} . U nedostatku preciznijih podataka redukcioni faktor koji se primenjuje u seizmičkoj proračunskoj situaciji, može da se iskoristi za dobijanje seizmičkog dejstva za proveru zahteva ograničenja oštećenja.

Vrednosti koje se dodeljuju P_{DLR} ili T_{DLR} za upotrebu u zemlji može da se pronađe u njenom Nacionalnom aneksu ovog dokumenta. Preporučene vrednosti su $P_{DLR} = 10\%$ i $T_{DLR} = 95$ godina.

Ciljne pouzdanosti za zahtev da se objekat ne sruši i za zahtev ograničenih oštećenja se ustanovljavaju od strane nadležnih

nacionalnih organizacija za različite tipove zgrada ili građevinske radove na osnovu posledica neispunjavanja zahteva.

Razlika u nivou pouzdanosti se implementira na bazi kvalifikacije konstrukcija u različite klase značaja. Faktor značaja γ_1 se dodeljuje svakoj klasi značaja. Kada je izvodljivo, ovaj faktor treba da se odredi tako da odgovara većoj ili manjoj vrednosti povratnog perioda seizmičkog događaja (u odnosu na referentni povratni period), a u skladu sa projektovanjem specifične kategorije konstrukcija.

Različiti nivoi pouzdanosti se dobijaju množenjem referentnog seizmičkog dejstva ili, kada se koristi linearna analiza, odgovarajućih efekata dejstva sa ovim faktorom značaja. Detaljna uputstva o klasama značaja su data u odgovarajućim Delovima EN 1998.

2. GRANIČNA STANJA

Granična stanja nosivosti su ona koja su povezana sa rušenjem ili sa drugim oblicima loma konstrukcije koji mogu da ugroze sigurnost ljudi.

Granična stanja upotrebljivosti su ona koja su povezana sa oštećenjima preko kojih definisani zahtevi upotrebljivosti više ne mogu da budu zadovoljeni.

2.1 Granično stanje nosivosti

Mora da se verifikuje da konstrukcijski sistem poseduje otpornost i kapacitet disipacije energije koji su navedeni u odgovarajućim delovima EN 1998.

Otpornost i kapacitet disipacije energije koji poseduje konstrukcija su povezani sa nivoom do kojeg se nelinearni odgovor očekuje. U operativnom smislu taj balans između otpornosti i kapaciteta disipacije energije je karakterisan preko vrednosti faktora ponašanja q i pridružene klasifikacije duktilnosti, što je dato u odgovarajućim delovima EN 1998. U graničnom slučaju, pri projektovanju konstrukcija koje su klasifikovane kao nisko-disipativne, ne uzima se uopšte u obzir bilo kakva histerezisna disipacija energije i faktor ponašanja ne može da se uzme, načelno, kao veći od vrednosti 1,5 uzimajući u obzir prekoračenja napona. Za čelične ili spregnute čelično-betonske zgrade, ova granična vrednost faktora q može da se uzme da je između 1,5 i 2.

Konstrukcija u celini treba da se proveri da li je stabilna u uslovima projektnih seizmičkih dejstava. Stabilnost protiv preturanja i

stabilnost protiv klizanja moraju da se uzmu u razmatranje. Specifična pravila za proveru preturanja konstrukcija su data u relevantnim delovima EN 1998.

U analizi treba da se uzme u obzir i mogući uticaj efekta drugog reda na vrednosti uticaja od dejstava.

Mora da se proveru da usled projektnog seizmičkog dejstva ponašanje nenosećih elemenata ne predstavlja rizik za ljude i da nema štetan uticaj na odgovor konstrukcijskih elemenata.

Tabela 1: Klasifikacija tla prema EC 8

Kategorija tla	Opis geološkog profila	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udarci/30cm)	C_u (kPa)
A	Stena ili stenska geološka formacija, uključujući najviše 5m slabijeg materijala na površini	800	-	-
B	Depoziti vrlo gustog peska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine barem nekoliko desetina metara, sa povećanjem mehaničkih osobina sa dubinom	360-800	>50	>250
C	Duboki depoziti gustog ili srednje gustog peska, šljunka ili krute gline, sa debljinama od nekoliko desetina do više stotina metara	180-360	15-50	70-250
D	Depoziti slabo-do-srednje nekohezivnih tla (sa ili bez mekih kohezivnih slojeva) ili dominantno meko-do-čvrsto kohezivno tlo	<180	<15	<70
E	Tlo čiji se profil sastoji iz aluvijalnog sloja sa vrednostima v_s za tip C ili D i sa debljinom koja varira između oko 5m i 20m, ispod kojeg je kruće tlo sa $v_s > 800$ m/s			
S1	Depoziti koji se sastoje ili sadrže sloj od barem 10m debljine mekih glina/mulja sa visokim indeksom plastičnosti ($PI > 40$) i sa visokim sadržajem vode	<100	-	10-20
S2	Depoziti likvefabilnog tla, sastavljenih od osetljivih glina ili od bilo kog drugog profila tla koji nije uključen u tipove A-E ili S1			

2.2 Granična stanja upotrebljivosti

Adekvatan nivo pouzdanosti protiv neprihvatljivih oštećenja mora da se osigura zadovoljenjem graničnih deformacija ili drugih relevantnih graničnih vrednosti definisanih u relevantnim delovima EN 1998.

U konstrukcijama koje su važne za zaštitu ljudi mora da se proveriti da konstrukcijski sistem poseduje dovoljnu otpornost i krutost za održavanje vitalnih funkcija u objektima u slučaju seizmičkog događaja sa odgovarajućim povratnim periodom.

Posebne mere pri projektovanju su da do mogućeg nivoa konstrukcije treba da imaju jednostavan i pravilan oblik kako u osnovi, tako i po visini. Ako je potrebno, ovo može da se ostvari podelom konstrukcije dilatacionim razdelnicama na dinamički nezavisne celine.

U nameri da se obezbedi globalno disipativno i duktilno rešenje, mora da se izbegava krti lom ili prerano formiranje nestabilnih mehanizama. U tom smislu, kao što je ukazano u odgovarajućim delovima EN 1998, u projektovanju treba da se koristi metod programiranog (zadatog) ponašanja, čime se dobija hijerarhija nosivosti raznih konstrukcijskih delova i oblika lomova koji su neophodni da se obezbedi odgovarajući plastični mehanizam i da se izbegnu mogući krti lomovi.

Za lokacije sa uslovima tla koji se slažu sa bilo kojim od dva posebna tipa tla S_1 ili S_2 , neophodne su posebne studije za definisanje seizmičkog dejstva. Za ove tipove tla, a posebno za tip S_2 , mogućnost loma tla u seizmičkim uslovima treba da bude uzeta u obzir.

3. SEIZMIČKO DEJSTVO

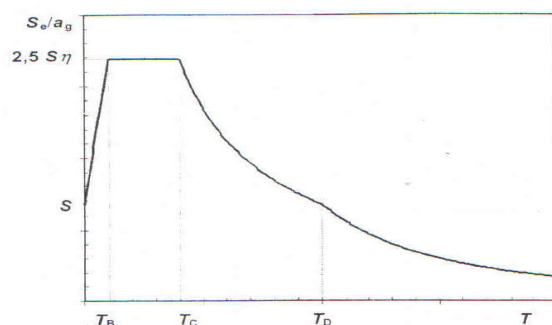
Za potrebe ovog Evrokoda, nadležne nacionalne organizacije moraju da podele nacionalne teritorije u seizmičke zone u zavisnosti od lokalnog hazarda. Po definiciji, može da se pretpostavi da je unutar svake zone hazard konstantan.

U najvećem broju primena ovog Evrokoda, seizmički hazard je opisan preko jednog parametra, odnosno, preko vrednosti referentnog maksimalnog ubrzanja tla tipa A, a_{gR} . Dodatni parametri potrebni za posebne tipove konstrukcija dati su u odgovarajućim delovima EN 1998.

Povratni period je od 475 godina uz pretpostavku veoma čvrstog ili stenovitog tla. Da bi dobili projektnu vrednost ubrzanja tla

a_g , mora da se a_{gR} još pomnoži faktorom važnosti γ_1 ili $a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$. Osnovno prikazivanje zemljotresnog dejstva u okviru domena EN 1998 je zemljotresno kretanje u datoj tački na površini tela je prikazano preko elastičnog stanja odgovora ubrzanja tla, koje se u tekstu naziva „elastični spektar odgovora“.

Daje se horizontalni, kao i vertikalni elastični spektar odgovora prema Evrokodu 8 (EC8) sa odgovarajućim izrazima i tabelama.



Slika 1.- Oblik elastičnog spektra odgovora

Vrednost perioda T_B , T_C i T_D kao i faktora tla S kojima se definiše oblik elastičnog spektra odgovora zavise od kategorije tla.

Vrednosti koje se pripisuju parametrima T_B , T_C i T_D kao i faktoru tla S za svaku kategoriju tla, kao i oblik (tip) elastičnog spektra koji se koristi u nekoj zemlji, mogu da se nađu u njenom Nacionalnom aneksu. Za pet kategorija tla A, B, C, D, E, preporučene vrednosti parametara S , T_B , T_C i T_D su date u tabeli 2 za spektar tipa 1, kao i u Tabeli 3 za spektar tipa 2. Različiti spektri mogu da budu definisani u Nacionalnom aneksu ako se uzima u obzir duboka geologija.

Tabela 2: Vrednosti parametara koji opisuju preporučeni tip 1 elastičnog spektra odgovora

Kategorija tla	S	T_B (S)	T_C (S)	T_D (S)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Tabela 3: Vrednosti parametara koji opisuju preporučeni tip 2 elastičnog spektra odgovora

Kategorija tla	S	T _B (S)	T _C (S)	T _D (S)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

Tabela 4 Preporučene vrednosti parametara koji definišu vertikalni spektar odgovora

Spektar	a _{vg} /a _g	T _B (S)	T _C (S)	T _D (S)
Tip 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Tip 2	0,45	0,05	0,15	1,0

4. PROJEKTO POMERANJE TLA

Osim ako posebne studije, zasnovane na raspoloživim podacima, ne ukazuju drugačije, vrednost projektnog pomeranja tla d_g koje odgovara projektnom ubrzanju tla, može da se proceni prema sledećem izrazu:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

gde su a_g , S , T_C i T_D prethodno definisani.

4.1 Projektni spektar za elastičnu analizu

Kapacitet konstrukcijskih sistema da se zemljotresnim dejstvima suprotstave u nelinearnom domenu načelno omogućava njihov proračun za otpornost na seizmičke sile koje su manje od onih koje odgovaraju linearno elastičnom odgovoru.

Sa ciljem da se izbegne eksplicitna nelinearna analiza, uzimajući u obzir kapacitet konstrukcije za disipaciju energije kroz prevashodno duktilno ponašanje njenih elemenata ali i preko drugih mehanizama, sprovodi se elastična analiza zasnovana na spektru odgovora koji je redukovan (umanjen) u odnosu na elastični spektar, koji se u daljem tekstu naziva „projektni spektar“. Ova redukcija se ostvaruje uvođenjem faktora ponašanja q .

Faktor ponašanja q je aproksimacija odnosa seizmičkih sila koje bi delovale na konstrukciju u slučaju da je njen odgovor u potpunosti elastičan sa 5% relativnog viskoznog prigušenja i sila koje mogu da se koriste u analizi sa uobičajenim linearno elastičnim modelom, a da se pri tome obezbeđuje zadovoljavajući odgovor konstrukcije.

4.2 Alternativna prikazivanja zemljotresnog dejstva

Prikazivanje preko vremenske istorije, a mogu se koristiti veštački akceleroگرامи i zabeleženi ili simulirani akceleroگرامи. Takođe se daje i kombinacija zemljotresnog dejstva sa drugim dejstvima. U delu projektovanja zgrada poseban značaj se daje kriterijumu regularnosti u osnovi i po visini, kao i klasi i faktoru značaja zgrade.

5. ANALIZA KONSTRUKCIJE

5.1 Metoda ekvivalentnih bočnih sila

Ovaj tip analize može da se primeni na zgrade koje mogu da se analiziraju sa dva ravanska modela i čiji odgovor ne zavisi bitno od uticaja viših svojstvenih oblika slobodnih vibracija.

Zahtev koji je naveden smatra se zadovoljenim kod zgrada koje ispunjavaju oba sledeća uslova:

- Zgrade koje imaju osnovne periode slobodnih vibracija T_1 za svaki od dva glavna pravca, koji su manji od sledećih vrednosti:

$$T_1 \leq \begin{cases} 4T_c \\ 2,0S \end{cases},$$

gde je T_c definisano

- Zgrade zadovoljavaju kriterijume regularnosti po visini.

5.2 Smičuća sila u osnovi

Seizmička smičuća sila u osnovi F_b za svaki horizontalan pravac za koji se zgrada analizira, treba da se odredi prema sledećem izrazu:

$$F_b = S_d(T_1)m\lambda$$

gde je:

$S_d(T_1)$ - ordinata projektnog spektra za period T_1
 T_1 -osnovni period slobodnih vibracija za posmatrani horizontalni pravac

m - ukupna masa zgrade iznad temelja ili iznad vrha krutog podruma

λ - korekcionni faktor, čija je vrednost jednaka $\lambda=0,85$ ako je $T_1 \leq 2T_c$ i zgrada ima više od dva sprata, dok je $\lambda=1,0$ u svim drugim slučajevima.

Faktor λ uzima u obzir činjenicu da kod zgrada sa barem tri sprata i za translatorsni svojstveni oblik vibracija za svaki horizontalni pravac, efektivna modalna masa prvog (osnovnog) oblika je manja u proseku za 15% od ukupne mase zgrade.

5.3 Multimodalna spektralna analiza

Ova vrsta analize se primenjuje na zgrade koje ne zadovoljavaju uslove date u prethodnom, koji se odnose na primenu metode ekvivalentnih bočnih sila.

Uticaj svih svojstvenih oblika slobodnih vibracija koji značajno doprinose globalnom odgovoru zgrade moraju da se uzmu u obzir.

Ovi navedeni zahtevi mogu se smatrati zadovoljenim na bilo koji od sledećih načina:

- zbir efektivnih modalnih masa za razmatrane svojstvene oblike vibracija iznosi najmanje 90% od ukupne mase konstrukcije,
- svi tonovi sa efektivnim modalnim masama koje su veće od 5% od ukupne mase konstrukcije su uzeti u obzir.

Efektivna modalna (tonska) masa m_k koja odgovara svojstvenom obliku k , određuje se tako da smičuća sila u osnovi F_{bk} koja deluje u pravcu primene zemljotresnog dejstva, može da se izrazi kao $F_{bk} = S_d(T_k)m_k$.

Može da se pokaže da je zbir efektivnih modalnih masa (za sve tonove u datom pravcu) jednak ukupnoj masi konstrukcije.

Kada se koristi prostorni proračunski model, navedeni uslovi moraju da se provere za svaki relevantni pravac.

5.4 Nelinearne metode

Matematički model koji se koristi u elastičnoj analizi treba da se proširi tako da uključi nosivost konstrukcijskih elemenata i njihovo post-elastično ponašanje.

Može da se usvoji da je krutost jednaka nuli nakon pojave tečenja (elasto-plastični model). Ako se očekuje degradacija nosivosti, npr za zidove od opeke ili za druge krte elemente, onda to treba da se uključi u relacije sila-deformacija za takve elemente.

Seizmička dejstva treba da se primene i u pozitivnim i u negativnim smerovima i maksimalni uticaji koji su rezultat ovoga treba da se koriste.

5.4.1 Nelinearna statička „pushover“ analiza

„Pushover“ analiza je nelinearna statička analiza koja se sprovodi pod uslovima konstantnog gravitacionog opterećenja i monototno rastućeg horizontalnog opterećenja. Ona može da se primeni za verifikaciju performansi novoprojektovanih i postojećih zgrada u sledeće svrhe:

- da se provere ili reviduju vrednosti odnosa prekoračenja α_u/α_1 ;
- da se procene očekivani plastični mehanizmi i raspodela oštećenja;
- da se oceni konstrukcijsko ponašanje postojećih ili rekonstruisanih zgrada za potrebe Evrokoda EN 1998-3;
- kao alternativa proračunu koji je zasnovan na linearno-elastičnoj analizi koja koristi faktor ponašanja q . U tom slučaju, ciljna pomeranja treba da se koriste kao osnova proračuna.

5.4.2 Plastični mehanizam

Plastični mehanizam mora da se odredi za dve primenjene raspodele bočnih sila. Oni treba da budu u skladu sa mehanizmima na kojima je zasnovan faktor ponašanja q koji se koristi u analizi.

6. PRORAČUN POMERANJA

Ako se primenjuje linearna analiza, pomeranja nastala usled projektnog seizmičkog dejstva treba da se izračunaju na osnovu elastičnih deformacija konstrukcijskog sistema prema sledećem pojednostavljenom izrazu:

$$d_s = q_d \cdot d_e$$

gde je

d_s - pomeranje tačke konstrukcijskog sistema usled projektnog seizmičkog dejstva;

q_d - faktor ponašanja za pomeranja, za koji se usvaja da je jednak q osim ako nije drugačije navedeno;

d_e – pomeranje iste tačke konstrukcijskog sistema koje je određeno prema linearnoj analizi zasnovanoj na projektnom spektru odgovora.

Vrednost d_s ne treba da bude veća od vrednosti koja je dobijena primenom elastičnog spektra, pri čemu se uzima u obzir i uticaj torzionih efekata.

6.1 Raspodela horizontalnih seizmičkih sila

Uticaji od seizmičkog dejstva određuju se tako što se u svakom od dva ravanska modela zgrade apliciraju horizontalne spratne sile F_i :

$$F_i = F_b \frac{s_i \cdot m_i}{\sum s_j \cdot m_j},$$

gde je

F_i - horizontalna sila koja deluje na sprat i ;

F_b - seizmička sila u osnovi zgrade u skladu sa izrazom;

s_i i s_j - su amplitude pomeranja masa m_i i m_j u osnovnom svojstvenom obliku;

m_i i m_j - su spratne mase.

Ako se primenjuje linearna analiza, pomeranja nastala usled projektnog seizmičkog dejstva treba da se izračunaju na osnovu elastičnih deformacija konstrukcijskog sistema prema datom pojednostavljenom izrazu.

Nenoseći elementi kod zgrada koji u slučaju loma mogu da izazovu rizik za ljude ili da negativno utiču na glavnu konstrukciju zgrade ili na funkcionisanje kritičnih instalacija (postrojenja), moraju zajedno sa svojim osloncima da se provere da li su u stanju da se suprotstave seizmičkom dejstvu.

Neregularnosti usled zidane ispune u osnovi i po visini, u principu treba da se izbegnu ili da se proračunaju prema navedenim zahtevima.

U proverama sigurnosti moraju da se koriste relevantna granična stanja kao i posebne mere.

Smatra se da je sigurnost protiv rušenja usled seizmičke proračunske situacije osigurana ukoliko su zadovoljeni zahtevi koji se odnose na nosivost, duktilnost, ravnotežu, stabilnost temelja, kao i na seizmičke razdelnice (dilatacije).

Uslov seizmičke razdelnice je da zgrade moraju da budu zaštićene od sudaranja izazvanog zemljotresom sa susednim

objektima ili od sudaranja između konstrukcijski nezavisnih delova iste zgrade.

7. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da prema Evrokodu 8 (EC 8) proračun seizmički otpornih konstrukcija treba da zadovolji veliki broj uslova. Noseće konstrukcije moraju da budu tako projektovane i izvedene da izdrže bez rušenja (kolapsa) za najjači referentni zemljotres za područje na kome se grade odnosno nalaze (projektni zemljotres). Povretni period takvog zemljotresa je 475 godina ili verovatnoća prekoračenja od 10% za 50 godina. Nakon takvog zemljotresa morao bi se očuvati integritet noseće konstrukcije i dovoljan kapacitet nosivosti a da oštećenje bude ograničeno. Između raspodele masa i raspodele nosivosti i krutosti treba postojati uska povezanost da bi se izbegli veći ekcentriciteti, tj da postoji dovoljna torziona nosivost i krutost.

Međuspratne konstrukcije trebaju posedovati i veliku aksijalnu krutost i nosivost u svojoj ravni za uspešno prenošenje sila na vertikalne noseće elemente, kao i njihovo povezivanje u jednu celinu.

Temeljnu konstrukciju treba osigurati da cela zgrada bude izložena jednolikoj seizmičkoj pobudi, zato je u EC 8 izvršena klasifikacija tla opisana geološkim profilom.

Računski model zgrade treba adekvatno da predstavlja raspodelu krutosti i mase tako da svi značajni deformacioni oblici i sile inercije usled dejstva zemljotresa budu uzeti u obzir. U slučaju nelinearne analize, model treba takođe adekvatno da predstavlja raspodelu nosivosti. Zato moraju biti zadovoljena granična stanja, a seizmičko dejstvo uzeto pomoću spektra odgovora i njegova analiza i raspodela kako je u radu dato.

Za sigurnost neke građevine na seizmičke uticaje najvažniji su koncepcija konstruktivnog sistema i kvalitetno izvođenje. Za povoljan odgovor i racionalne dimenzije nosivih elemenata potrebna je i njihova dovoljna duktilnost i izbegavanje fleksibilnog ili „mekog“ prizemlja ili nekog sprata. Nepovoljnosti nastaju i zbog izrazito različitih svojstava dvaju materijala (armirani beton i eventualno čelik ili opeka) i dvaju nosivih sistema (okvir i zid).

Eksperimentalna istraživanja su veoma važna u zemljotresnom inženjerstvu za razvijanje za razvijanje uputstva za seizmičko projektovanje i građenje i unapređenje seizmičkih propisa.

Acknowledgement: *This research was financially supported by the Ministry of Education and Science of Serbia in the field of technological development in the period 2011-2014, and conducted in the framework of the project titled Experimental and theoretical investigation of frames and slabs with semi-rigid connections, from the view of the second order theory and stability analysis (TR 36016) at The Faculty of Civil Engineering and Architecture of University of Niš.*

8. LITERATURA

- [1] *Evrokod 8*, Evropski standardi, Proračun seizmički otpornih konstrukcija, Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, EN 1998-1:2004, Beograd, 2009.
- [2] *Evrokod 8 (EC 8)*, Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Deo 1-1: Seizmička dejstva i opšti zahtevi za konstrukcije. Deo 1-2: Opšta pravila za zgrade. Deo 1-3: Primena pravila za različite materijale i elemente ENV 1998, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1997.
- [3] Mustafa Hrasnica, *Aseizmičko građenje*, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2012.
- [4] P. Petronijević, S. Zdravković, V. Prolović, D. Zlatkov, B. Mladenović, *Limit states and requirements for structural behavior according to Eurocode*, 13th International scientific conference VSU 2013, Sofia, Bulgaria, 2013, Vol II, pp 287-291.
- [5] S. Zdravković, B. Kostadinov, *Elementi za anлізу metoda seizmičkog rizika*, X naučni skup-Čovek i radna sredina, Međunarodna konferencija, PIIT, Niš, 1984., str. 63-1, 63-4.

UDAR VOZILA U KONSTRUKTIVNE ELEMENTE

Dragoslav Stojić¹
Stefan Conić²

Rezime

Objekti koji mogu biti izloženi različitim incidentnim dejstvima, moraju se posebno projektovati i konstruisati tako da mogu da podnesu različite uticaje a da ne dođe do rušenja dela ili objekta u celini. U savremenom građevinarstvu, problem udara vozila u konstruktivne elemente, kao i ostala incidentna dejstva na konstrukciju, se posebno tretiraju i njima se posvećuje velika pažnja s obzirom da ona mogu biti dominantna u zavisnosti od vrste objekta. Ključno pitanje u analizi udara vozila, jeste pravilno određivanje veličine i načina delovanja dinamičke sile na konstruktivni element i njegovo ponašanje nakon nanešenog opterećenja. Evropski propisi u aneksima daju preporuke za određivanje intenziteta sile u zavisnosti od mase i brzine vozila koje vrši udar. Kao približne i dosta efikasne metode koriste se ekvivalentna statička opterećenja koja izazivaju približne uticaje na konstruktivne elemente. Na kraju rada je dat uporedni prikaz deformacije stubova istih karakteristika izloženih udarnim opterećenjem preko ekvivalentne statičke sile, u zavisnosti od stanja naprezanja u stubovima.

Ključne reči: udar vozila, Evrokod 1, ekvivalentno statičko opterećenje, deformacija stuba.

1. UVOD

U inženjerskim problemima, prilikom analize opterećenja i uticaja na konstrukciju veoma često se kao neophodno nameće i udarno opterećenje

¹ Dr,redovni prof. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.A. Medvedeva 14 Niš

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

od vozila. Analiza udarnog opterećenja od vozila je izuzetno kompleksna, pa se mora posebno razmatrati za svaku konstrukciju objekta. Zbog više različitih faktora koji utiču na udarno opterećenje kao i zbog složenog matematičkog modela, u praksi se veoma često dinamičko opterećenje udara vozila zamenjuje statičkim opterećenjem multiplicirano dinamičkim koeficijentima. Primenom metode konačnih elemenata uz upotrebu moćnih računara i softverskih paketa za analizu uticaja i kasniji proračun istih, mogu se izvršiti precizna matematička modeliranja i simulacije udara vozila u konstruktivne elemente. U slučaju ovakvog modeliranja, kao i kod klasičnog proračuna, neophodno je uvesti određene pretpostavke ili hipoteze koje se pre svega odnose na materijalne nelinearnosti i imperfekcije, kako bi se dobili što približniji rezultati stvarnim uticajima. U zavisnosti od standarda i propisa pojedinih država, uticaj i analiza udarnog opterećenja od vozila se razlikuje, pa će u narednom biti prikazani određeni Propisi. U ovom radu su prikazani osnovni principi određivanja intenziteta opterećenja od udara vozila u zavisnosti od brzine i mase vozila.

2. UDARNO OPTEREĆENJE OD VOZILA, PREMA RAZLIČITIM PRAVILNICIMA

Posledice udarnog opterećenja u noseće elemente konstrukcija se veoma razlikuju od onih koje proizvode statička ili kvazistatička opterećenja. Uzrok ove različitosti jesu brzina pri udaru i energija koja se prenosi na objekat i na telo koje udara u konstrukciju. Za pravilno proučavanje posledica udarnog opterećenja vozila, ključno je poznavanje ponašanja konstrukcijskih elemenata u trenutku dešavanja udara u element konstrukcije, s obzirom da preneti energija utiče na ceo energetski bilans i koju određeni element mora da apsorbuje. Model koji se koristi za proučavanje uticaja udarnog opterećenja, mora biti sličan realnim uslovima što je više moguće, tako da je sposoban da emituje tačan iznos energije. Važno je napomenuti da je najdeformabilnije telo u ovakvoj vrsti udara, samo vozilo. Sposobnost vozila da apsorbuju energiju udara pri malim brzinama je predmet brojnih studija, u automobilskoj industriji i u medicinskim istraživanjima [1].

Većina propisa i standarda, posledice udara zamenjuju ekvivalentnim udarnim opterećenjem, koje izaziva iste efekte kao i sam udar. Ovi propisi predlažu i određene vrednosti udarnog opterećenja ili daju pojedine izraze za njihovo izračunavanje, ali problem je velika razlika rezultata u zavisnosti od propisa [2].

- Evrokod EN1991-1-1:2002 [3]

U Aneksu B, koji je informativan, a odnosi se na prepreke za vozila i parapete na parkiralištima, data je preporuka za proračun horizontalne sila

udara od vozila. U stavu B2 je precizno definisana horizontalna karakteristična sila F (u kN), upravna i jednako podeljena po bilo kojoj dužini od **1,5m** prepreke za parkirališta, za koju se zahteva da prihvati udar vozila i ona je data izrazom:

$$F = \frac{0,5 \cdot m \cdot v^2}{\delta_c + \delta_b} \quad (1)$$

gde su: m – bruto masa vozila (kg); v – brzina vozila (m/s), upravna na prepreku; δ_c – deformacija vozila (mm); δ_b – deformacija prepreke (mm).

Prema aneksu B, postoje dve osnovne proračunske situacije. Prva je u slučaju kada se parkiralište proračunava na bazi bruto mase vozila koja ne prekoračuje 2500kg, za određivanje sile F treba da budu uzete sledeće vrednosti:

$m = 1500\text{kg}$
 $v = 4,5\text{m/s}$
 $\delta_c = 100\text{mm}$, ako precizniji podaci nisu na raspolaganju.

Drugi slučaj je kada se parkiralište proračunava za vozila čija bruto masa prekoračuje 2500kg, tada za određivanje karakteristične sile F treba uzeti sledeće vrednosti:

$m =$ aktuelna masa vozila, za koju je parkiralište proračunato (kg)
 $v = 4,5\text{m/s}$
 $\delta_c = 100\text{mm}$, ako precizniji podaci nisu na raspolaganju.

- Evrokod EN1991-7:2006 [4]

U ovom delu Evrokoda postoji drugo rešenje za izračunavanje intenziteta opterećenja od udara vozila u noseće elemente konstrukcije. Uticaji od udara se dele na "hard impact", gde se disipacija energije vrši uglavnom preko tela koje udara u objekat i "soft impact" gde je konstrukcija tako projektovana da se deformiše u cilju apsorbcije udarne energije. Kod "hard impact", veličina ekvivalentne statičke sile se može dobiti iz obrasca (1), ili se kao alternativni postupak može koristiti dinamička analiza koja je predstavljena pojednostavljenim aproksimacijama. Za analizu "hard impact" se pretpostavlja da je element konstrukcije nepomerljiv i krut, a da se deformiše samo telo koje vrši udar i da se deformiše linearno tokom faze udara. Maksimalni uticaj dinamičke sile interakcije se dobija prema izrazu:

$$F = V_r \cdot \sqrt{k \cdot m} \quad (2)$$

gde su: V_r – brzina tela pri udaru; k – ekvivalentna elastična krutost tela (tj odnos između sile F i ukupne deformacije); m – masa tela koje vrši udar u objekat.

Dinamička sila tokom udara, može se smatrati kao pravougaoni impuls na površini konstrukcije na koju se vrši udar. U takvim slučajevima, trajanje impulsa sile se može dobiti iz sledećih izraza:

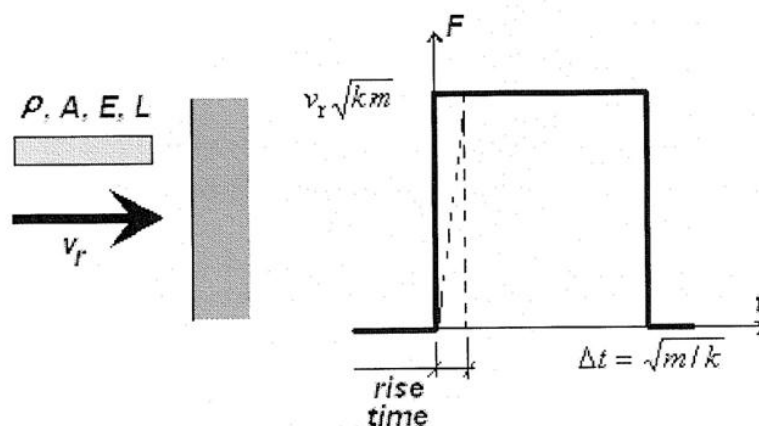
$$F \Delta t = m \cdot v \quad \text{ili} \quad \Delta t = \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

U slučaju kada se telo koje udara, modelira kao ekvivalentni udarni objekat konstantnog poprečnog preseka (slika 1.), treba koristiti sledeće izraze:

$$k = \frac{EA}{l} \quad (4)$$

$$m = \rho AL \quad (5)$$

gde su: L – dužina tela koje udara u konstrukciju; A – površina poprečnog preseka tela; E – modul elastičnosti materijala; ρ – zapreminska masa tela koje vrši udar.



Slika 1.- Udarni model, (F – dinamička sila interakcije)
(preuzeto iz: EN 1991-1-7:2006; Eurocode 1, Actions on structures – part 1-7: General actions – accidental actions, CEN European Committee for standardization, July 2006. p.19)

Izraz (1) daje maksimalnu vrednost dinamičke sile na spoljašnjoj površini elementa konstrukcije. Unutar konstrukcije ova sila može dostizati i veće vrednosti usled dinamičkih efekata. Dinamički faktor, na osnovu načina nanošenja opterećenja kao i odgovora konstrukcije, može biti u intervalu od $\varphi_{dyn} = 1,0 \div 2,0$. U svakom slučaju, za preporuku je koristiti direktne dinamičke analize za utvrđivanje i definisanje dinamičkog faktora φ_{dyn} sa već pomenutim vrednostima opterećenja.

Kod "soft impact" se pretpostavlja da je konstrukcija elastična, a da je telo koje vrši udar kruto, pa se kod izraza (1) za k koristi odgovarajuća krutost konstrukcije. Ako je konstrukcija projektovana da apsorbuje energiju udara, plastičnim deformacijama, tako da je njena duktilnost dovoljna da apsorbuje ukupnu kinetičku energiju $\frac{1}{2}mv^2$ tela koje vrši udar. U graničnom slučaju, kod kruto plastičnog odgovora konstrukcije, prethodni izraz je zadovoljen uslovima iz sledećeg izraza:

$$\frac{1}{2}mv^2 \leq F_o y_o \quad (6)$$

gde je:

F_o – vrednost sile na granici plastičnosti konstrukcije, tj. granična vrednost statičke sile F ; y_o – veličina deformacije, tj. pomeranje tačke udara u pravcu delovanja sile.

Ovakav način proračuna, vrši se i za posebno projektovane konstrukcije barijera i odbojnika na putevima.

- Španski pravilnik za zgrade (Spanish code of bulding, CTE) [5]

U ovom pravilniku se preporučuje ekvivalentno statičko opterećenje u iznosu od 50kN za udar vozila koja imaju manju težinu od 30kN. U svakom slučaju, u ovom Pravilniku, brzina, kao promenljiva se posebno ne razmatra i nije moguće promeniti ulazne podatke kao što su brzina i masa vozila, za dobijanje preciznijih rezultata.

Tabela 1.- Vrednosti ekvivalentnog statičkog opterećenja prema različitim Pravilnicima (preuzeto iz naučnog rada "B. Ferrer, S. Ivorra, E. Segovia, R. Irlés ; Impact load in parking steel column: code review and numerical approach", ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Rhodes, Greece, 22-24 June 2009.)

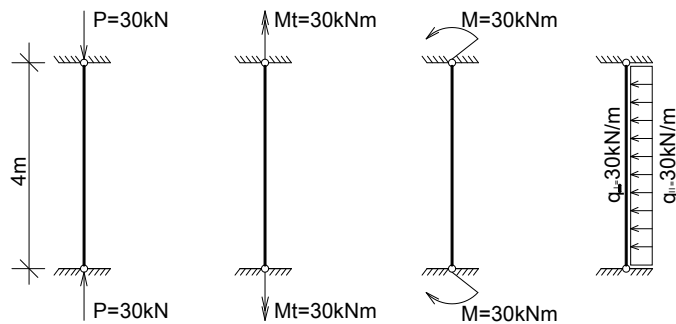
izvor	izraz	Težina vozila (kg)	Brzina pri udaru	Ekvivalentna statička sila (kN)
CTE (Španski pravilnik)	-----	3000	ne daje	50
Evrokod 1 deo 1.1 aneks B	$F = \frac{0,5 \cdot m \cdot v^2}{\delta_c + \delta_b}$	<2500	16.2	150
		3000	20	308
Evrokod 1 deo 1.7	-----	ne daje	<20	50-100
Evrokod 1 deo 1.7 aneks C	$F = V_r \cdot \sqrt{k \cdot m}$	1500	10	59
		3000	20	166
		3000	10	83

3. DEFORMACIJA BETONSKOG STUBA OD UDARNOG OPTEREĆENJA U ZAVISNOSTI OD STANJA NAPREZANJA U STUBU

- Primenjena metodologija

Na osnovu pomenutih Pravilnika i kodova za proračun intenziteta i oblika udarnog opterećenja, izvršena je analiza i upoređivanje deformacija betonskog stuba opterećenog ekvivalentnom statičkom silom, prema Evrokodu 1, deo 7, aneks C. Za modeliranje i analizu uticaja u stubu korišćen je softverski paket "Radimpex Tower 6" odnosno metoda konačnih elemenata. Posebno su modelirana četiri stuba sa istim karakteristikama po materijalu i graničnim uslovima i u svakom od njih je izazvano različito naponako stanje, aksijalni pritisak, čisto savijanje, torzija i koso savijanje, (slika 2). Cilj istraživanja jeste određivanje pomeranja napadne tačke sile

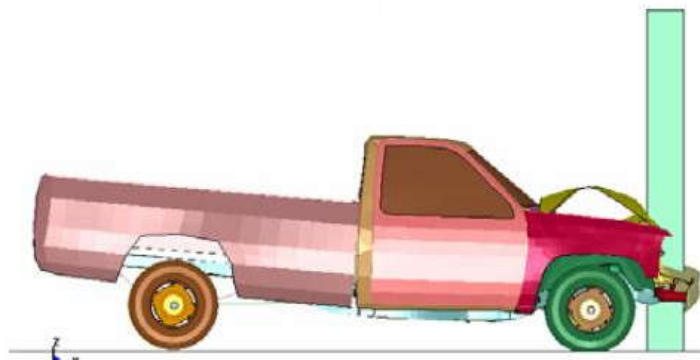
udara odnosno donošenje zaključka o najpovoljnijem naponskom stanju prilikom udara vozila u stub.



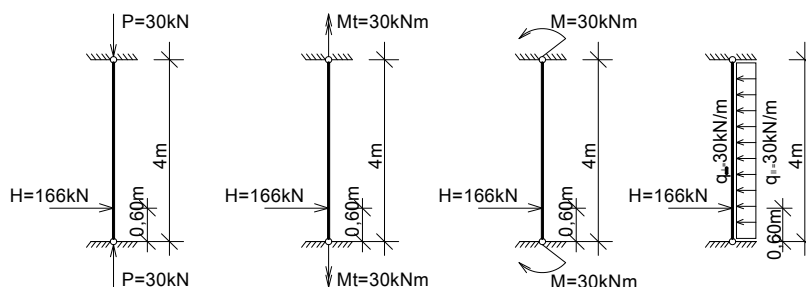
Slika 2.- Različita naponska stanja stubova, na kojima se kasnije nanosi udarno opterećenje

- Modeliranje elementa i ekvivalentnog statičkog opterećenja

Stub je modeliran kao gredni element, sa karakteristikama betonskog pravougaonog poprečnog preseka dimenzija 20/20cm, marka betona MB 30 (C25/30), visine 4m. Element je obostrano zglobno vezan i u njemu je izazvano željeno naponsko stanje, a kasnije i ekvivalentno statičko opterećenje od udara vozila (slika 4). Ekvivalentna statička sila je određena prema Evrokodu 1, deo 7, aneks C, za vozilo težine do 3000kg i maksimalne brzine kretanja pri udaru do 20 km/h.



Slika 3.- Plastične deformacije vozila prilikom udara "hard impact", sa pretpostavkom da je stub nepomerljiv (preuzeto iz naučnog rada "B. Ferrer, S. Ivorra, E. Segovia, R. Irlés ; Impact load in parking steel column: code review and numerical approach", ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Rhodes, Greece, 22-24 June 2009.)



Slika 4.- Ekvivalentno statičko opterećenje od udara vozila

Tabela 2.- Pomeranje napadne tačke sile udara u betonski stub 20/20cm

	Stub 1 (aksijalni pritisak)	Stub 2 (torzija)	Stub 3 (čisto savijanje)	Stub 4 (koso savijanje)
Pomeranje napadne tačke sile udara (mm)	13.27	13.27	20.64	2.54

4. ZAKLJUČAK

Proračun opterećenja od udara vozila, prema trenutno aktuelnim i važećim Propisima, i korišćenjem savremenih softverskih paketa za modeliranje i simulaciju se razlikuje od tradicionalnih metoda proračuna. U zavisnosti od Propisa, postoje velika međusobna rasipanja rezultata, odnosno razlika u intenzitetu sile za iste početne parametre (masu i brzinu vozila). Upoređivanjem pomeranja napadnih tačaka sila, stubova sa različitim stanjima napreznja u ovom slučaju, može se zaključiti da je najpovoljnije naponsko stanje u stubu prilikom udara vozila, koso savijanje, s obzirom da daje najmanje deformacije stuba.

U svakom slučaju, prilikom analize uticaja od udara vozila, neophodno je sagledati sve relevantne faktore koji utiču na intenzitet i smer opterećenja, odnosno svaki slučaj tretirati posebno, s obzirom na specifičnost problema. U domaćoj i inostranoj literaturi i Propisima se do sada veoma malo posvećivala pažnja, s obzirom na veliku složenost problema, dok se u savremenom konstrukterstvu sve više vodi računa o svim incidentnim opterećenjima kao i o prirodnim i ljudskom greškom stvorenim katastrofama – hazardom i njihovom uticaju na objekte i životnu sredinu. S obzirom da se ovakva opterećenja ne mogu precizno predvideti,

njihov uticaj na objekte se može svesti na najmanju meru, najčešće, pravilnim projektovanjem i konstruisanjem.

ZAHVALNOST

Rad je rezultat istraživanja na projektima TR 36016 pod nazivom „Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije II reda i stabilnosti” i TR 36028, „Razvoj i unapređenje metoda za analizu interakcije konstrukcije i tla na osnovu teorijskih i eksperimentalnih istraživanja” finansiranih od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

7. LITERATURA

- [1] Jeffrey Tucker ; *Injury with low-speed collisions*, Dynamic Chiropractic, May 22. 1995. Volume 13, Issue 11
- [2] B. Ferrer, S. Ivorra, E. Segovia, R. Irlas ; *Impact load in parking steel column: code review and numerical approach*, ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Rhodes, Greece, 22-24 June 2009.
- [3] EN 1991-1-1:2002; Eurocode 1, Evropski standardi, Dejstva na konstrukcije – deo 1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade, Aneks B, Beograd, novembra 2009., str. 42-43
- [4] EN 1991-1-7:2006; Eurocode 1, Actions on structures – part 1-7: General actions – accidental actions, CEN European Committee for standardization, july 2006. str.19
- [5] Codigo Technico de la Edificacion, Ministerio de Vivienda, Marzo 2006

PRIMENA MATRICA KOVARIJANSE I KORELACIJE NA PODACIMA DOBIJENIM STANDARDIZOVANIM INDEKSOM PADAVINA

Mladen Milanović¹
Milan Gocić²
Slaviša Trajković³

Rezime

Prostornu analizu pojave suše moguće je pratiti putem indeksa suše. Kako se podaci o padavinama prate samo u glavnim meteorološkim stanicama, za potpuno sagledavanje suše potrebno je interpolirati te podatke na čitavu teritoriju Srbije. Za tu namenu koristi se analiza glavnih elemenata radi interpolacije, ali je potrebno prethodno podatke dobiti primenom matrica kovarijanse i korelacije.

U ovom radu je izvršena primena matrica kovarijanse i korelacije na podacima dobijenim standardizovanim indeksom padavina za grad Niš za period od 1980. do 2010. godine.

Ključne reči: suša, indeks suše, standardizovani indeks padavina, kovarijanse, korelacija

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

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

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

1. UVOD

U najširem smislu, suša je posledica nedostatka padavina tokom dužeg vremenskog perioda, u odnosu na prosečne padavine područja posmatranja.

Sušu nije moguće predvideti ni prognozirati njenu pojavu ali prateći brojne meteorološke, hidrološke i hidrogeološke parametre, sušu je ipak moguće naslutiti [11]. Detaljno poznavanje suše u nekom regionu omogućava bolje razumevanje njenih karakteristika i perioda ponavljanja.

Kako suša nanosi ogromne štete u svim oblastima ljudske delatnosti, javila se potreba proučavanja samog fenomena, praćenja suše i rane najave, kao i upravljanja sušom u cilju smanjenja rizika i prognoziranja suše [2, 11]. Za tu namenu razvijen je veliki broj kvantitativnih pokazatelja (indeksa suše), kojima se numerički definiše suša, odnosno određuje intenzitet, trajanje i učestalost suše. Takođe, uz pomoć indeksa suše moguće je upoređivati suše koje su se dogodile u različitim krajevima sveta i u različito vreme [1, 2, 4, 6].

Ni jedan indeks, zbog prirode i složenosti suša, ne može biti proglašen superiornijim u odnosu na druge, niti je u mogućnosti da opiše sušu u potpunosti, ali ipak su neki češće primenjivani i testirani u različitim regionima u odnosu na druge. Standardizovani indeks padavina (SPI) se po preporuci Svetske meteorološke organizacija (WMO) može koristiti kao primarni indeks pri klasifikaciji i definisanju suša [3].

U radu je prikazana primena matrica kovarijanse i korelacije na SPI podacima za grad Niš za period 1980-2010. godina, radi dobijanja ulaznih podataka za analizu glavnih elemenata.

2. STANDARDIZOVANI INDEKS PADAVINA

Standardizovani indeks padavina (SPI) [7] zasniva se na podacima o količinama padavina i jasno pokazuje cikličnost kišnog i sušnog perioda. Računanje indeksa SPI za određeni vremenski period na bilo kom mestu zahteva najmanje 30-to godišnji niz mesečnih podataka za količinu padavina [6, 7].

Detaljan proračun vrednosti SPI indeksa može se naći u [2, 4, 6, 7, 8]. Za ocenu suše koriste se vrednosti SPI indeksa iz tabele 1. Negativne vrednosti SPI indeksa predstavljaju periode kada dolazi do

pojave suša, dok pozitivne vrednosti SPI indeksa predstavljaju uslove gde dominira vlažna klima.

Tabela 1 - Uslovi vlažnosti na osnovu SPI indeksa

Klase	SPI
Ekstremna vlažnost	$SPI \geq 1,5$
Umerena vlažnost	$1 \leq SPI < 1,5$
Skoro normalna vlažnost	$0 < SPI < 1$
Skoro normalna suša	$-1 < SPI < 0$
Umerena suša	$-1,5 < SPI \leq -1$
Ekstremna suša	$SPI \leq -1,5$

3. KOVARIJANSA I KORELACIJA

Kovarijanse predstavlja statistički izraz za korelaciju između dve promenljive pomnožen standardnom devijacijom za svaku od promenljivih.

Kovarijanse se definiše sledećom formulom [9]:

$$\sigma_{xy} = \text{cov}(x, y) = E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)] \quad (1)$$

gde su μ_x i μ_y srednje vrednosti promenljivih x i y a $E[x]$ je matematičko očekivanje slučajne promenljive x .

Kovarijanse uzorka se definiše kao:

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{n-1} \quad (2)$$

Korelacija podrazumeva analizu povezanosti između vrednosti slučajnih promenljivih.

Koeficijent korelacije za dve slučajne promenljive x i y se definiše preko izraza [9]:

$$\rho_{xy} = \text{corr}(x, y) = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)]}{\sqrt{E(x - \mu_x)^2} \sqrt{E(y - \mu_y)^2}} \quad (3)$$

dok se korelacija uzorka definiše kao:

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Koeficijent korelacije može imati vrednost u granicama od -1 do +1.

Matrica kovarijanse uzorka $S = (s_{jk})$ je matrica varijacije i kovarijacije uzorka sa p elemenata [9]:

$$S = [s_{jk}] = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \cdots & s_{pp} \end{bmatrix} \quad (5)$$

gde je

$$s_{jj} = s_j^2, s_{jj} = \frac{1}{n-1} \left(\sum_i y_{ij}^2 - n \bar{y}_j^2 \right), s_{jk} = \frac{1}{n-1} \left(\sum_i y_{ij} y_{ik} - n \bar{y}_j \bar{y}_k \right) \quad (6)$$

Korelacija uzorka dve promenljive je definisana izrazom [9]:

$$r_{jk} = \frac{s_{jk}}{s_j s_k} \quad (7)$$

Matrica korelacije uzorka je analogna kovarijansnoj matrici samo što se umesto kovarijansi koriste korelacije:

$$R = [r_{jk}] = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

4. SOPSTVENE VREDNOSTI I SOPSTVENI VEKTORI

Ako se nenulti vektor \vec{x} , linearnom transformacijom matricom A transformiše u sebi kolinearan vektor [10]:

$$A \cdot \vec{x} = \lambda \cdot \vec{x} \quad (9)$$

on predstavlja sopstveni ili karakteristični vektor matrice A. Skalar λ se naziva sopstvena ili karakteristična vrednost matrice A, koja odgovara sopstvenom vektoru \vec{x} .

Kako je definiciona jednačina ekvivalentna jednačini

$$|A - \lambda I| \cdot \vec{x} = 0 \quad (10)$$

gde je I jedinični vektor, tada sopstveni vektori predstavljaju rešenja homogenog sistema linearnih jednačina [5]:

$$A - \lambda I = \begin{bmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} - \lambda \end{bmatrix} \quad (11)$$

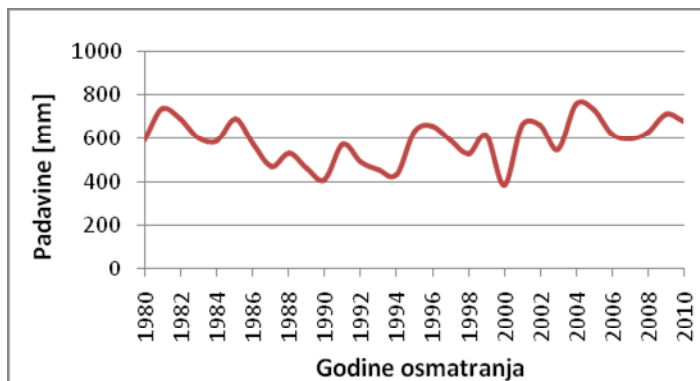
koja se naziva sopstvena ili karakteristična matrica. Da bi homogeni sistem $|A - \lambda I| \cdot \vec{x} = 0$ imao nenulta rešenja potrebno je i dovoljno da matrica sistema bude singularna, odnosno da važi

$$\det |A - \lambda I| \cdot \vec{x} = 0 \quad (12)$$

5. REZULTATI I DISKUSIJA

5.1 Standardizovani indeks padavina

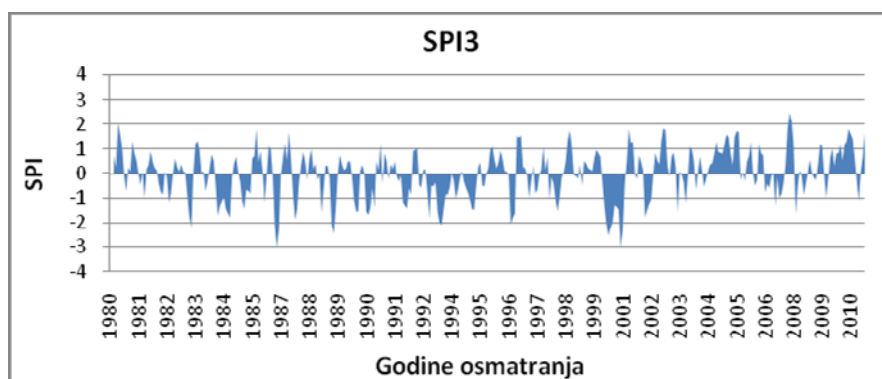
U radu su korišćeni podaci o padavinama za grad Niš za period od 1980. do 2010. godine (slika 1).



Slika 1 - Vrednost godišnjih padavina za grad Niš za period 1980–2010

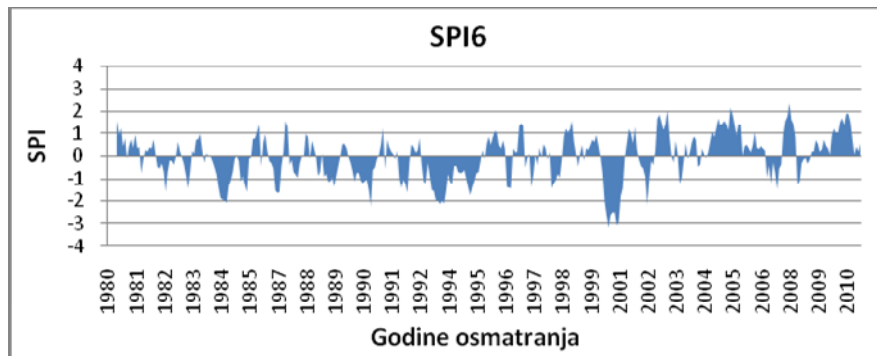
Razmatrane su SPI vrednosti i to: (1) za period od 3 meseci (SPI3), (2) za period od 6 meseci (SPI6) i (3) za period od 12 meseci (SPI12).

Na osnovu dijagrama za SPI3 (slika 2) vidi se da je bilo naizmeničnog smenjivanja sušnih i vlažnih uslova. Godine 2000. zabeležena je maksimalna suša od -3,05 a maksimalna vlažnost zabeležena je 2007. godine sa intenzitetom od 2,47.



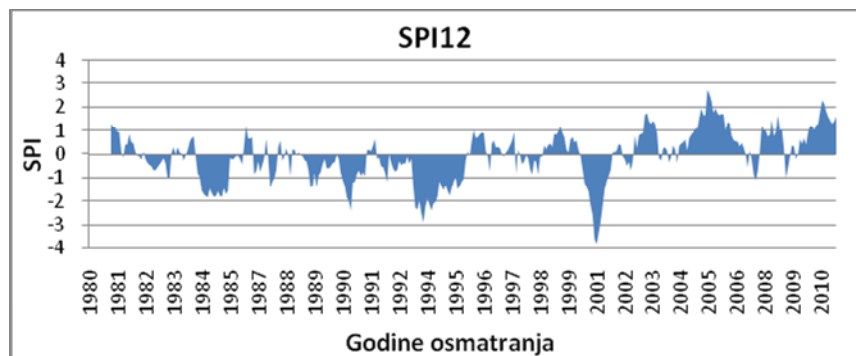
Slika 2 - Vrednosti za SPI3

Kod rezultata za SPI6 (slika 3) uočljive su stalne promene vlažnih i sušnih perioda za posmatrani niz godina. Duži vremenski periodi u kojima je izražena suša su: 1984-1986, 1993-1995 i 2000-2001. Najveće vrednosti povećane vlažnosti zabeležene su: 2005-2006, 2009-2010.



Slika 3 - Vrednosti za SPI6

Kada se sagledaju dobijene vrednosti za SPI12 (slika 4) mogu se uočiti više kategorija uslova vlažnosti, od normalnih uslova vlažnosti do jako sušnih i vlažnih uslova. Uočava se da su suše bile intezivnije u periodima 1984-1986, 1989-1995 i 2000-2001. Maksimalna vrednost suše u posmatranom periodu je -3,84 i to 2001. godine. Povećana vlažnost preovladava u periodu 2002-2003, 2005-2006 i 2009-2010 godine. Godine 2005. zabeležena je maksimalna vlažnost koja je iznosila 2,73. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa zaključcima dobijenim u radu [2].



Slika 4 - Vrednosti za SPI12

5.2 Kovarijanse i korelacija

Za početne podatke proračuna kovarijansne i korelacione matrice uzete su vrednosti godišnjih padavina i izračunatih vrednosti SPI indeksa.

Dobijene kovarijanske matrice su oblika:

$$S_{SPI3} = \begin{bmatrix} 2211,607 & 43,834 \\ 43,834 & 0,871 \end{bmatrix}$$

$$S_{SPI6} = \begin{bmatrix} 4966,044 & 65,130 \\ 65,130 & 0,856 \end{bmatrix}$$

$$S_{SPI12} = \begin{bmatrix} 9938,119 & 87,170 \\ 87,170 & 0,766 \end{bmatrix}$$

Dobijene korelacione matrice su oblika:

$$R_{SPI3} = \begin{bmatrix} 1 & 0,998 \\ 0,998 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{SPI6} = \begin{bmatrix} 1 & 0,999 \\ 0,999 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{SPI12} = \begin{bmatrix} 1 & 0,998 \\ 0,998 & 1 \end{bmatrix}$$

5.3 Sopstvene vrednosti i sopstveni vektori

Na osnovu korelacionih matrica za SPI3, SPI6 i SPI12 urađen je proračun sopstvenih vrednosti i sopstvenih vektora. Sopstvene vrednosti su oblika:

$$\lambda_{SPI3} = \{1.99851, 0.001489\}$$

$$\lambda_{SPI6} = \{1.9991, 0.000903\}$$

$$\lambda_{SPI12} = \{1.99866, 0.00134\}$$

dok je sopstveni vektor identičan za sva tri indeksa

$$X = \{\{0.707107, 0.707107\}, \{0.707107, -0.707107\}\}$$

Ovim postupkom su definisane ulazne vrednosti za SPI indeks za grad Niš, koji će se primeniti u analizi glavnih komponenti.

6. ZAKLJUČAK

Određivanjem indeksa suše dobijaju se neophodne podloge za potrebe analiza i procene rizika od suša u cilju ublažavanja neželjenih posledica. U radu je predstavljen postupak dobijanja neophodnih ulaznih parametara za primenu PCA metodologije.

Budući rad biće usmeren ka primeni PCA postupka radi predstavljanja prostorne raspodele padavina i suša na teritoriji Republike Srbije.

ZAHVALNOST

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

7. LITERATURA

- [1] Byun, H.R., Wilhite, D.A.: *Objective quantification of drought severity and duration*, Journal of Climate 12, 1999, 2747-2756.
- [2] Gocic, M., Trajkovic, S.: *Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010*, Journal of Hydrology 494, 2013, 32-42.
- [3] Guttman, N.B.: *Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm*, Journal of the American Water Resources Association, 1999.
- [4] Khadr, M., Morgenschweis, G., Schlenkhoff, A.: *Analysis of Meteorological Drought in the Ruhr Basin by Using the Standardized Precipitation Index*, World Academy of Science, Engineering and Technology 57, 2009, 607–616.
- [5] Kuttler, K.: *Elementary Linear Algebra*, Brigham Young University, The Saylor Foundation, 2012.
- [6] Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.: *A drought climatology for Europe*, International Journal of Climatology 22, 2002, 1571–1592.
- [7] McKee, T., Doesken, N., Kleist, J.: *The relationship of drought frequency and duration to time scales*, Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 1993.

- [8] Milanovic, M., Gocic, M., Trajkovic, S.: *Analysis of the SPI in the area of Nis for the period from 1980 to 2010*, Proceedings of the fourth International Conference PhIDAC 2012, Nis, Serbia, 27-28 September 2012, 371-378.
- [9] Rencher, A.: *Methods of Multivariate Analysis, second edition*, Brigham Young University, John Wiley & Sons Inc. Publication, 2002.
- [10] Saad, Y.: *Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems, second edition*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Minneapolis, 2011.
- [11] Spasov, P.: *Pojava suše u Srbiji, njeno praćenje i mogućnosti prognoze*, Vodoprivreda 35, 2003, 30–36.

INTELIGENTNI SISTEMI AUTOPUTEVA BUDUĆNOSTI

Vanja Jovanović¹
Predrag Lukić²
Nikola Jovanović³

Rezime

Razvoj automobilske industrije treba da prati i razvoj puteva. Holandski studio „Rosegarte“ i infrastrukturna kompanija „Heijmans“ dizajnirali su puteve budućnosti. Ovi putevi budućnosti svetleće u mraku imaju trake za prioriteta uključena kao i još puno inovacija. U izgradnji će se koristiti zelene tehnologije i savremeni materijali. U ovom radu je dat opis novog dizajna autoputeva i objašnjeni su načini snabdevanja energijom.

Ključne reči: *Autoputevi budućnosti, Energetska efikasnost.*

1. UVOD

Automobilska industrija u današnje vreme je sve razvijenija, a automobili su sve pametniji. U njima se može naći veliki broj informacija, od navigacionog sistema do projektovanja informacija na vetrobranu. Nasuprot tome putna infrastruktura se proteklih par decenija nije drastično promenila. Današnjim „pametnim“ automobilima potrebni su i „pametniji“ putevi.

Novi dizajn Holandskog studija „Rosegarte“ i infrastrukturne kompanije „Heijmans“ predstavlja tzv. „pametne“ autoputeve, koji su interaktivni i održivi putevi današnjice. Njihov cilj je da naprave puteve

¹ Master inž. građ., M.Sc., Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

² Master inž. građ., M.Sc., student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

³ Student osnovnih akademskih studija, Elektronski fakultet u Nišu, Srbija

koji su održiviji i interaktivni pomoću svetlosti, energije i saobraćajnih znakova koji se automatski prilagođavaju situaciji u saobraćaju [1].

Putevi koji svetle u mraku, dinamična farba, interaktivno osvetljenje, traka za prioritarno uključanje i svetlost koju aktivira vazdušno strujanje samo su neki od projekata koji će uz pomoć ovog studija biti realizovani u narednih pet godina na holandskim putevima, sve to kako bi se unapredili putevi i povećala bezbednost u saobraćaju. U izgradnji ovih "pametnih" puteva budućnosti korišće se novi, savremeni materijali i zelene tehnologije.

2. DIZAJN AUTOPUTEVA BUDUĆNOSTI

Studio „Rosegarte“ i kompanija „Heijimans“ predlažu energetski efikasan koncept koji se sastoji od pet inovacija i to:

- Dinamična boja koja će vozačima skretati pažnju na spoljnu temperaturu,
- Trake koje akumuliraju svetlost tokom dana a sijaju tokom noći,
- Trake koje pune električne automobile u toku vožnje,
- Interaktivna rasveta koja se pali samo kada je auto u blizini,
- Linije koje se prilagođavaju (puna ili isprekidana) u zavisnosti od težine i veličine obližnjeg vozila [2].

Prva od inovacija su trake koje akumuliraju svetlost u toku dana a noću sijaju (slika 1). Za postizanje efekta svetlećih saobraćajnih traka koriste foto-luminiscentne boje. Ove boje apsorbuju energiju od sunčeve svetlosti u toku dana i noću svetle čak do 10 sati.



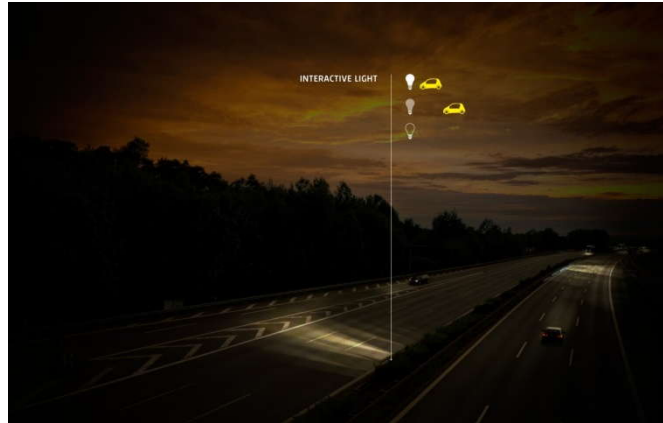
Slika 1. Svetleće saobraćajne trake

Dinamična boja koja će vozačima skretati pažnju na spoljnu temperaturu je druga inovacija (slika 2). Ove boje reaguju na spoljnu temperaturu, kada temperatura padne ispod nule na putu će se pojaviti slike pahuljica koje će upozoravati vozače da je put zaleđen i klizav.



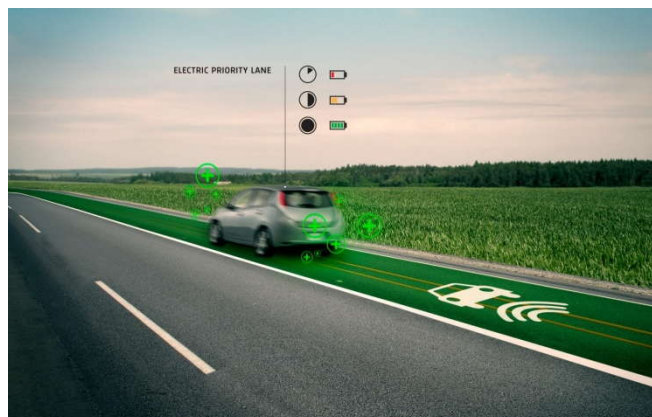
Slika 2. Dinamične boje koje upozoravaju na klizav put

Treća inovacija su interaktivna osvetljenja koja se pale samo kada je auto u blizini (slika 3). Ideja je da se postavi niz senzora koji će detektovati kretanje vozila i tako paliti osvetljenje koje će biti intenzivnije kako se vozilo približava a kako odmiče vozilo svetlo bi se postepeno gasilo.



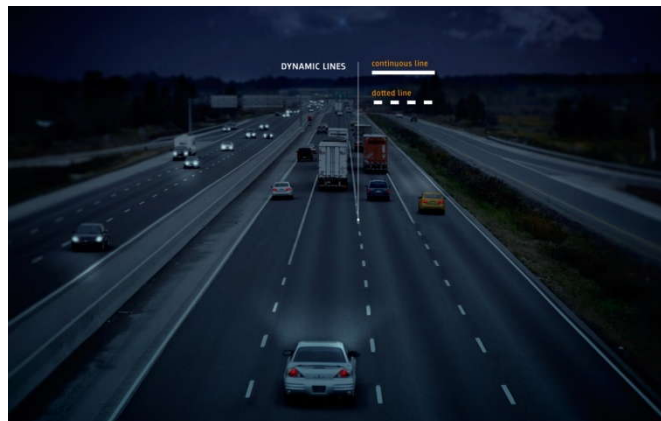
Slika 3. Interaktivno osvetljenje

Trake koje pune električne automobile u toku vožnje su četvrta inovacija (slika 4). To su specijalne indukcione trake autoputeva koje omogućavaju da se baterija na električnim automobilima pune u toku vožnje, tako da bi se eliminisala potreba za stajanjem radi dopunjavanja baterija.



Slika 4. Indukcione trake autoputeva

I na kraju peta inovacija su linije koje se prilagođavaju u zavisnosti od veličine i težine obližnjeg vozila (slika 5). Ove linije se prilagođavaju tako što ukoliko je vozilo veliko i nezgodno za preticanje isprekidana linija postaje puna i suprotno.



Slika 5. Linije koje se prilagođavaju obližnjem vozilu

3. SNABDEVANJE ENERGIJOM

Ideja o inteligentnim putevima budućnosti se zasniva na primeni ekoloških principa i energetske efikasnosti, s toga proizvodnja energije za osvetljenje i ostale potrebe ovakvih puteva se baziraju na tim principima.

Boje koje se koriste za obeležavanje puta odnosno saobratajnih traka sadrže prah koji daje efekat reflektujuće svetlosti. Funkcionišu po principu fluorescentnih boja koje su daleko savremenije i daju jaču svetlost [3]. One zapravo funkcionišu kao akumulator, zato što u toku dana sakupljaju energiju od sunčeve svetlosti i u toku noći svetle. Taj efekat traje i do 10 sati.

Dinamične boje koje upozoravaju na klizav kolovoz kada je temperatura ispod nule zapravo i nisu nova tehnologija. Ove boje je moguće danas videti na hrani za bebe kao i na šoljama koje promene boju kada se zagreju. Na ovim putevima to funkcioniše na isti način, pojavljuju se slike pahuljica na niskim temperaturama.

Interaktivno osvetljenje autoputa bi se snabdevalo energijom preko minijaturnih turbina (slika 6) koje bi se nalazile sa obe strane kolovoza. Aktiviralo bi ih strujanje vazduha koje proizvodi vozilo koje se kreće autoputem.



Slika 6. Minijaturne turbine za interaktivno osvetljenje

Indukcione prioritetne trake, koje služe za punjenje baterija na električnim automobilima, biće inkorporirane sa indukcionim namotajima ispod kolovoznog zastora.

4. PREDNOSTI I NEDOSTACI

Današnje građevinarstvo se bazira na energetske efikasnoj izgradnji i primeni ekoloških materijala. Tehnologija izgradnje puteva se nije menjala decenijama a potreba za tim je sve veća zbog napredovanja automobilske industrije.

Najveća mana puteva je što su na većem delu neosvetljeni. Da bi se povećala bezbenost na putevima potrebno je bolje osvetljenje. Prednost ovih autoputeva budućnosti je što je velika pažnja posvećenja maksimalnom osvetljenju. Pojačana je vidljivost razdelnih linija i postavljena su interaktivna osvetljenja.

Na povećanje bezbednosti se uticalo još i preko upotrebe dinamičkih boja koje upozoravaju na klizav kolovoz kada je temperatura ispod nule i upotrebom linija koje se prilagođavaju (pune ili isprekidane) u zavisnosti od veličine i težine vozila.

Sve inovacije koje su gore spomenute imaju veliku prednost jer se baziraju na energetske efikasnosti, zato što koriste energiju sunčeve svetlosti i energiju vetra.

Ovakvi autoputevi su u eksperimentalnoj fazi. Njihova mana je to što za njihovu realizaciju je potrebno dosta novca. Potrebno je skoro potpuno promeniti sve puteve što je velika investicija.

5. ZAKLJUČAK

Nije dovoljno razvijati se samo u jednom planu i pravcu. Sa porastom stanovništva i infrastruktura mora da napreduje.

Putna infrastruktura mora da se razvija u pogledu održivih metoda osvetljenja što ih čini efikasnijim i sigurnijim. Takođe, treba razmotriti načine na koje se projektuju putevi u isto vreme dok se smišlja novi dizajn automobila.

Jedan deo budućih sistema za upravljanje putevima predstavljaju automobili i interni navigacioni sistemi povezani sa globalnim sistemom. Zbog toga i putevi moraju da postanu inteligentni i korisni upravljački sa informacijama.

6. LITERATURA

- [1] <http://www.studiooosegaarde.net/project/smart-highway/info/>, 6.11.2013.
- [2] <http://www.dezeen.com/2013/03/21/smart-highways-by-studio-roosegaarde/6.11.2013>.
- [3] <http://www.studiooosegaarde.net/uploads/files/2013/06/25/174 Factsheet%20Smart%20Highway%20Daan%20Roosegaarde%20.pdf>, 6.11.2013.

SEIZMIČKA ANALIZA MOSTOVA PREMA EVROKODU 8

Slavko Zdravković¹

Rezime

U radu se navode osnovne odredbe koje se odnose na seizmičku analizu za mostove i vijadukte prema EN 1998 - 2: 2004 (Evrokod 8 – 2). Osnovni zahtev ovih odredbi je da konstrukcije poseduju kapacitet duktilnog ponašanja, što će omogućiti pojavu plastičnih zglobova. Prikazani su dijagrami: 1) seizmičkog ponašanja konstrukcija i odgovarajućih faktora ponašanja q , 2) Globalni dijagram zavisnosti sila – pomeranje za monotono rastuće dejstvo i 3) Histerezisna petlja odnosa sila – pomeranje armiranobetonskog elementa. Standardni postupak proračuna upotrebom Evrokoda 8 – 2 je prema linearnoj teoriji primenom projektnog stanja, na taj način što se vrednosti elastičnog stanja odgovora podele faktorom ponašanja q koji odražava duktilnost konstrukcije, tj. nelinearno ponašanje za vreme zemljotresa i mogućnost apsorpcije seizmičke energije.

Ključne reči: seizmička analiza, evrokod 8-2, EN 1998-2, faktor ponašanja q , duktilnost konstrukcije.

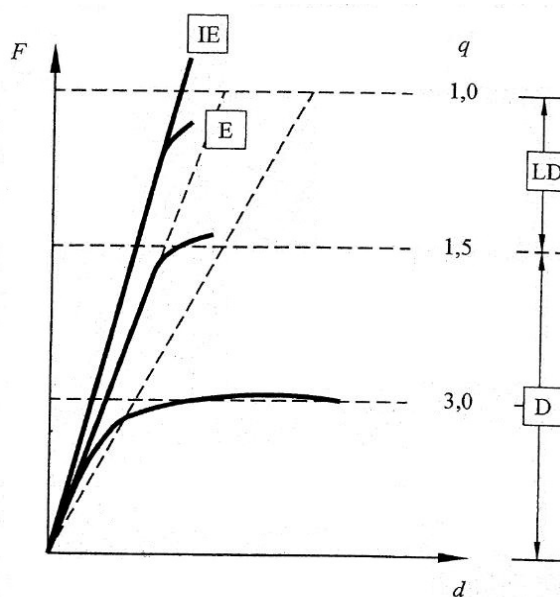
1. UVOD

Evrokod 8-2 [1] za mostove zasniva se na odredbama Evrokoda 8-1 [4] za zgrade is a njim čini celinu. Znači da bi se razumele odredbe Evrokoda 8-2 treba ovladati svim temeljnim pojmovima koji se odnose na zgrade.

Most ili vijadukt treba projektovati tako da ponašanje konstrukcije pri zemljotresu bude duktilno ili ograničeno duktilno (u osnovi elastično), u zavisnosti od seizmičnosti lokacije građevine i da

¹ Prof.dr,Akademik Srpske kraljevske asocijacije akademika,inovatora i naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za nauku,tehnologiju i razvoj,Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,ul.A. Medvedeva 14 Niš

li je na konstrukciju pri njenom projektovanju primenjen koncept izazivanja vibracija. Duktilnost (D) ili ograničena duktilnost (LD) ponašanja konstrukcije okarakterisano je odnosom sila i pomeranja konstrukcije. Maksimalne vrednosti faktora ponašanja q koje se mogu primeniti za dve horizontalne komponente seizmičkog dejstva date na sl.1 zavise od post-elastičnog ponašanja duktilnih elemenata konstrukcije u kojima se najviše troši seizmička energija unesena u konstrukciju za vreme dejstva zemljotresa. Ako most ili vijadukt ima razne vrste duktilnih elemenata, faktor ponašanja q odgovara onoj grupi elemenata koji najviše doprinose seizmičkoj otpornosti konstrukcije (npr. stubovi). Mogu se primeniti različiti faktori ponašanja u uzdužnom pravcu mosta i upravno na taj pravac. I ovde se uvode pojmovi regularnog i neregularnog seizmičkog ponašanja mostova [2].

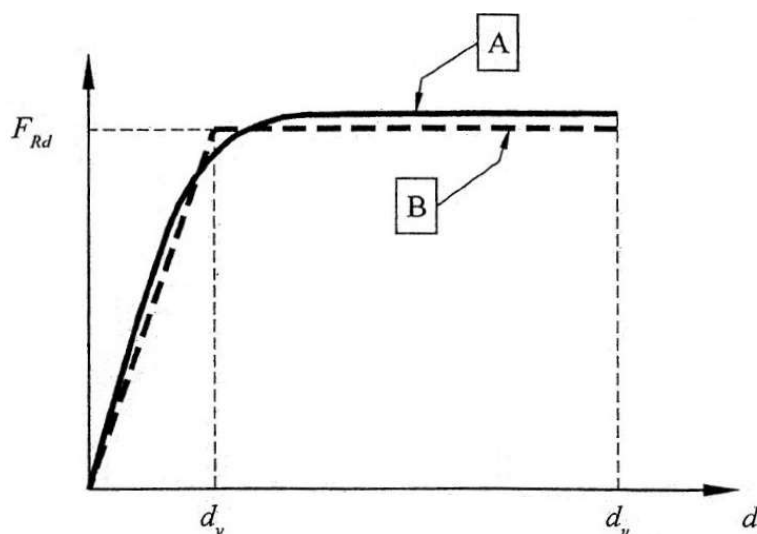


Slika 1.-Seizmičko ponašanje konstrukcije i odgovarajući faktori ponašanja q (IE – idealno elastično; E – u osnovi elastično; LD – ograničeno duktilno i D – duktilno ponašanje)

2. ELASTIČNO PONAŠANJE KONSTRUKCIJE

U odnosu na ekvivalentni sistem s jednim stepenom slobode koji ima idealizovani elastični-idealno plastični odnos sile i pomeranja, kao na sl.2, računaska vrednost faktora duktilnosti konstrukcije μ_d definisana je kao koeficijent krajnjeg pomeranja (ultimate limit state

displacement) d_u i pomeranje na granici elastičnosti d_y , pri čemu se obe vrednosti mere od težišta mase. Kada se radi linearna analiza, uzima se da je sila na granici tečenja globalnog-elastičnog-idealno plastičnog odnosa između sile i pomeranja jednaka računskoj otpornosti FR_d .



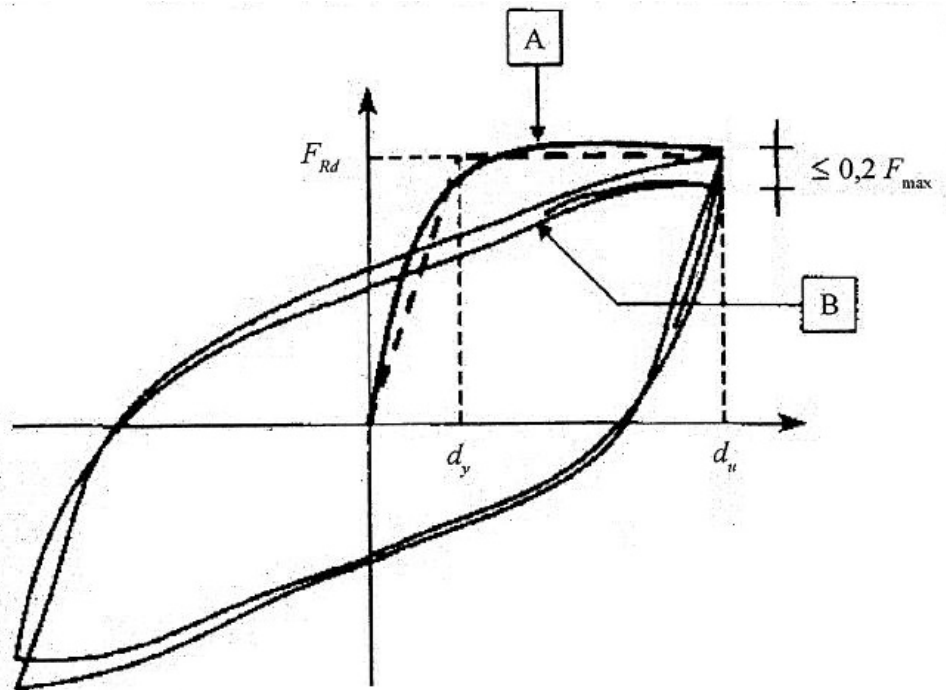
Slika 2.-Globalni dijagram zavisnosti sile i pomeranja za monotono rastuće dejstvo (A – rastuće; B – elastoplastična zavisnost)

Krajnje pomeranje d_u definisano je kao maksimalno pomeranje pod uslovom da je konstrukcija sposobna da izdrži najmanje pet punih ciklusa pomeranja, sve do krajnjeg pomeranja d_u i to:

- bez pojave iscrpljenja nosivosti armature za armiranobetonske poprečne preseke ili bez lokalnih izbočavanja za čelične preseke;
- bez pojave opadanja otpornosti za čelične duktilne elemente konstrukcije ili bez opadanja više od **20%** krajnje vrednosti otpornosti za armiranobetonske duktilne elemente konstrukcije, sl.3.

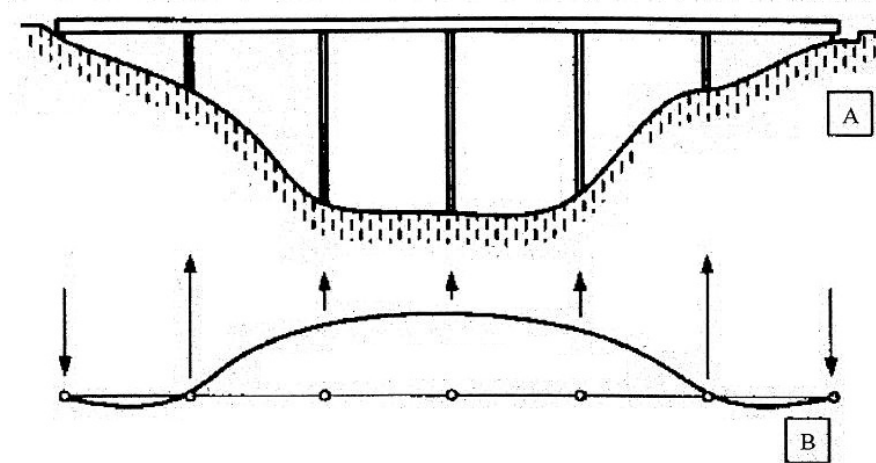
Standardni postupak proračuna upotrebom Evrokoda 8-2 je prema linearnoj teoriji primenom projektnog spectra tako što se vrednost elastičnog spectra podeli faktorom ponašanja q koji odražava duktilnost konstrukcije, tj. nelinearno

ponašanje za vreme zemljotresa i mogućnost apsorpcije seizmičke energije.

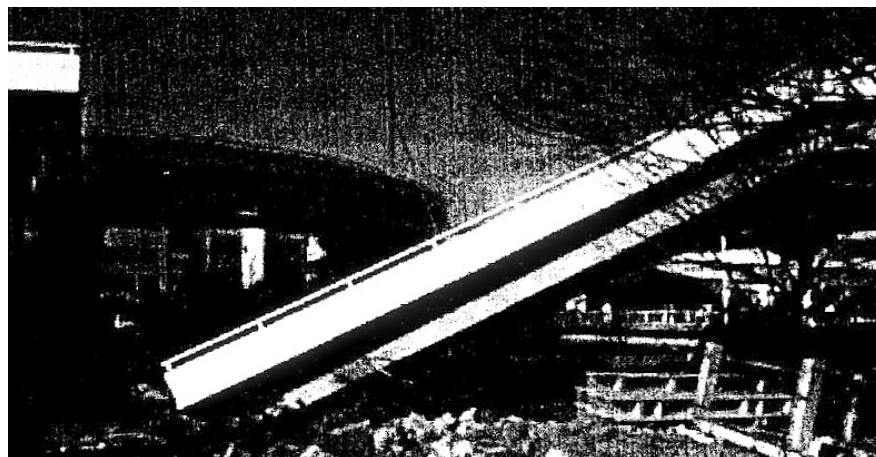


Slika 3.- Histerezna petlja odnosa sile i pomeranja armiranobetonskog elementa (A – monotono opterećenje; B – peti ciklus)

Evrokod 8-2 uvodi i koncept projektovanja mostova i vijadukta u zemljotresnom inženjerstvu, što predstavlja dodatak na uslove date u Evrokodu 2-2 [5] i Evrokodu 3-2 [6]. Ovde će se samo spomenuti mostovi ili vijadukti sa nosećom kablovskom konstrukcijom sistema kontinuiranih nosača. Celokupna konstrukcija ima krutost i u poprečnom pravcu, pri čemu su poprečne krutosti oslonaca i stubova do oslonaca znatno veće u odnosu na poprečne krutosti ostalih stubova. Takav raspored krutosti stubova moguć je ako su obale koje se premošćuju strme. Ako se ne preduzmu odgovarajuće mere (mogućnost klizanja ili primena elastičnih ležišta na mestima iza kratkih stubova), može se dobiti neželjeni, tj. neujednačeni raspored seizmičkih sila među stubovima, sl.4.



Slika 4.-Neželjena raspodela sila na stubove mosta za poprečni pravac delovanja potresa (A – uzdužni presek; B – osnova)



Slika 5.-Pad glavnog mostovskog nosača pri dejstvu zemljotresa

3. KORIŠĆENJE ELEMENATA ZA IZOLACIJU I DISIPACIJU ENERGIJE

Granično stanje nosivosti proverava se kroz mogućnost da most pri projektom zemljotresu očuva integritet konstrukcije, pri čemu, kako je već rečeno, neki delovi mogu imati oštećenja koja ne ugrožavaju saobraćaj nakon zemljotresa, ako su dostupni za pregled i

jednostavni za popravku. Zahteva se da se u kolovoznoj konstrukciji ne formiraju plastični zglobovi i da pri ekstremnim pomeranjima nema ispadanja iz ležišta, fot.1. Fleksibilna ležišta smanjuju seizmičke uticaje u stubovima, ali zato omogućuju velika pomeranja koja mogu dovesti do neželjenih efekata teorije drugog reda. Predviđa se primena bazne izolacije ili korišćenje posebnih elemenata za disipaciju energije čija se pozitivna svojstva moraju dokazati ispitivanjem. Specijalna elastomerna ležišta koja se koriste za ostvarivanje seizmičke izolacije, moraju biti proračunata na seizmička dejstva u skladu sa odgovarajućim odredbama i da odgovaraju ispitivanjima prototipa. Izolacija mosta može biti potpuna ako je usled proračunskog seizmičkog dejstva konstrukcija mosta, sa izuzetkom samog sistema izolacije, ostala u elastičnoj oblasti, u suprotnom je delimična. I kolovozna ploča mora da ostane u elastičnoj oblasti a postelastični odgovor se mora ograničiti na međustubove. Znači potrebno je ostvariti pravilnu ravnotežu između zahteva za fleksibilnošću i krutošću oslonačkih ležišta i drugih elemenata (stubova).

Dakle, zahteva se da most ne sme da se sruši i da oštećenja moraju biti ograničena, tj. da se provere granično stanje nosivosti i granično stanje upotrebljivosti. Znači konstrukcija mora da poseduje propisanu otpornost, duktilnost, nosivost i stabilnost.

Dimenzionisanje stubova vrši se prema smičućim silama seizmičke proračunske situacije koju nije moguće ostvariti bez seizmičke analize konstrukcije koja se sprovodi za vrednost ubrzanje tla odgovarajuće kategorije i važnosti građevine. Prilikom dejstva zemljotresnih sila, kako je već rečeno, konstrukcija se duktilno ponaša (**q**). Sile za seizmičku proračunsku situaciju dobijaju se na osnovu kombinacije dejstva iz EN 1990:2002 [7]

$$G_k "+" P_k "+" A_{Rd} "+" \Psi_{2,1} Q_{K,1} "+" Q_2 \quad (1)$$

gde su:

G_k - karakteristične vrednosti stalnih dejstava,

P_k - karakteristična vrednost sile prednaprezanja,

A_{Rd} - proračunsko zemljotresno dejstvo prema EN 1998-1:2004 [4]

$\Psi_{2,1}$ - koeficijent kombinacije za promenljiva dejstva prema EN 1998-2 : 2005 [1]

$Q_{K,1}$ - karakteristična vrednost transportnog opterećenja

Q_2 - vrednost kvazi-stalnog dejstva za dugo vremensko razdoblje (pritisak tla, plavljenje, itd.)

“+” – označava (čita se) “u kombinaciji s”

Kao i u zgradarstvu izraz (1) ne sadrži koeficijent sigurnosti χ . Evrokod 8-2 za mostove sa normalnim transportom predviđa da je koeficijent $\Psi_{2,1}$ jednak nuli. U područjima niske i srednje seizmičnosti vertikalne komponente zemljotresa na stubove se mogu zanemariti. U područjima visoke seizmičnosti uticaj vertikalne komponente zemljotresa treba uzeti u obzir samo u izuzetnim slučajevima kada su stubovi izloženi velikim naprezanjima zbog savijanja od stalnog dejstva. Primenu Evrokoda 8-2 treba sprovoditi u skladu sa odredbama državnog Nacionalnog dodatka za njegovu primenu.

Osnovni zahtev Evrokoda 8-2 je da konstrukcija poseduje kapacitet duktilnog ponašanja, što će omogućiti pojavu plastičnih zglobova. Pojava plastičnih zglobova biće osigurana ako se u fazi projektovanja poštuju posebna pravila za detalje konstrukcije date u poglavlju 6 Evrokoda 8-2 i ako se postigne koncept projektovanja po metodi programiranog ponašanja prema odeljku 5.3 aneksu G i aneksa J Evrokoda 8-2 [3]. Za izrazito duktilno ponašanje konstrukcije potrebna je velika apsorpciona moć nekih delova (elemenata) konstrukcije tj. formiranje histerzne petlje velike površine, a da oštećenje elemenata ne ugrožava opstanak konstrukcije. Takav je sistem sposoban da izdrži velika pomeranja i ubrzanja bez značajnih oštećenja ako ima elemente koji mu obezbeđuju programiran i nestacionaran rad tokom oscilovanja kao rezultat promene mehano-duktilnih parametara usled isključivo određenih (dodatih) nekonstruktivnih elemenata i specijalno projektovanih mehanizama ležišta [8].

4. PRINCIPI, PRAVILA I ANEKSI

Deo posvećen mostovima sadrži principe, kriterijume i pravila za primenu pri seizmičkom projektovanju mostova. Ovaj dokument pored Uvoda, sadrži sledeća poglavlja: Osnovni zahtevi i kriterijumi saglasnosti, seizmičko dejstvo, analiza, dokaz nosivosti, posebna pravila za detalje, mostovi sa sredstvima za izolaciju, specijalni mostovi. Dati su i devet informativnih Aneksa i to:

- proračunski seizmički događaj za mostove i preporuke za njegov izvor za vreme faze izgradnje;
- veze između duktilnosti pomeranja i duktilnosti krivine plastičnih zglobova u betonskim međustubovima;

- procena efektivne krutosti armiranobetonskih duktilnih elemenata;
- prostorna promenljivost i rotacione komponente zemljotresnog kretanja;
- skup akcelerograma za analizu konstrukcija;
- dodata masa vode za međustubove u vodi;
- proračun uticaja po metodi programiranog ponašanja;
- duktilnost specijalnih mostova;
- ispitivanje prototipova sistema za seizmičku izolaciju.

U zavisnosti od karaktera pojedinih odredbi u Evrokodu se pravi razlika između principa i pravila za primenu. Principi obuhvataju:

- opšte stavove i definicije koji nemaju alternativu;
- zahteve i analitičke modele za koje nije dozvoljena alternative, osim ako nije posebno naznačeno.

Pravila za primenu su opšte prihvaćeni stavovi koji slede principe i zadovoljavaju njihove zahteve. Dozvoljava se primena alternativnih pravila za proračun kada se razlikuju od pravila za primenu datih u Evrokodu 8, pod uslovom da je pokazano da su alternativna pravila u skladu sa odgovarajućim principima i da su najmanje ekvivalentna u smislu postignute sigurnosti i upotrebljivosti pravilima Evrokoda 8.

Ako jedan translatorni ton ima faktor participacije mase jednak ili veći od 90% , smatramo da se radi o regularnoj konstrukciji, ili ako je Δ (razlika) manja od 5% možemo smatrati da konstrukcija ima regularan odgovor u poprečnom pravcu, odnosno da ekvivalentna statička analiza ima zadovoljavajuću tačnost.

5. ZAKLJUČAK

I ako se celokupna teritorija naše zemlje nalazi u seizmički aktivnom području za sada ne postoji regulativa za proračun inženjerskih konstrukcija (mostovi, vijadukti itd.) na dejstva sila zemljotresa. Zbog toga je povoljna okolnost pojava Evrokoda 8-2 i mogućnost njegove primene i kod nas. Standardni postupak proračuna projektnog spektra podeljen sa faktorom ponašanja q , čime se uvodi povoljan uticaj nelinearnog ponašanja konstrukcije, tj. apsorpcije seizmičke energije pri dejstvu zemljotresa. Zemljotresno opterećenje se unosi preko vrednosti agr za odgovarajuću kategoriju tla, za povratni period (475 godina), preporučene vrednosti

prekoračenja $P_{ncr}=10\%$ i vreme propadanja konstrukcije, od $T_I=50$ godina ili osrednjenog povratnog perioda T_r . Ponašanje konstrukcije mosta može biti idealno elastično, u osnovi elastično, ograničeno duktilno i duktilno što je u vezi sa faktorom ponašanja q . Faktor duktilnosti konstrukcije μ_d definisan je kao koeficijent krajnjeg pomeranja δ_u i pomeranja na granici elastičnosti δ_y . Krajnje pomeranje δ_u definisano je kao maksimalno pomeranje pod uslovom da je konstrukcija sposobna da izdrži najmanje pet punih ciklusa pomeranja bez čeličnih izbočavanja za čelične preseke, ili bez opadanja otpornosti na čelične duktilne elemente bez opadanja ne više od 20% otpornosti na armiranobetonske duktilne elemente konstrukcija.

Da bi most pri projektnom zemljotresu očuvao integritet konstrukcije, neki delovi mogu imati oštećenja koja ne ugrožavaju saobraćaj posle zemljotresa. Predviđa se primena bočne izolacije ili korišćenje posebnih elemenata za disipaciju energije, čija se pozitivna svojstva moraju dokazati ispitivanjem. Potenciraju se specijalna elastomerna ležišta. Zahteva se da most ne sme da se sruši i da oštećenja moraju biti ograničena. Znači potrebno je ostvariti pravilnu ravnotežu između zahteva za fleksibilnošću oslonačkih ležišta i drugih elemenata (stubova) i nosivosti. Navedena su i više Aneksa koji doprinose boljem razumevanju i osiguranju opstanku konstrukcije za vreme zemljotresnog dejstva i potrebno je zadovoljiti njihove zahteve.

Acknowledgement: *This research is financially supported by the Ministry of Education, Science and technological development of the Republic of Serbia, in the field of technological development in the period 2011-2014, and conducted in the framework of the project titled Experimental and theoretical investigation of frames and slabs with semi-rigid connections, from the view of the second order theory and stability analysis (TR 36016) at The Faculty of Civil Engineering and Architecture of University of Niš.*

6. LITERATURA

- [1] EUROCODE 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 2 Bridges, CEN European Committee for standardization, Brussels, EN 1998-2:2005.
- [2] Mehmed Čaušević: Dinamika konstrukcija, Golden marketing, tehnička knjiga, Zagreb, 2010.

- [3] EVROKOD 8 – Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija – deo 2: Mostovi, ENV 1998-2:1994, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1998.
- [4] EUROCODE 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, CEN European Committee for standardization, Brussels, EN 1998-1:2004.
- [5] EUROCODE 2 – Design of concrete structures – Part 2 Bridges, CEN European Committee for standardization, EN 1992-2:2005.
- [6] EUROCODE 3 – Design of steel structures – Part 2 Bridges, CEN European Committee for standardization, Brussels, EN 1993-2:2006.
- [7] EUROCODE 0; Basic of structural design, CEN European Committee for standardization, Brussels, EN 1990:2002.
- [8] Zdravković S.: Elementi za seizmičku izolaciju (apsorpciju) kod drumskih mostova, Građevinski kalendar, 2013.,SGIS, Beograd.

SANACIJA DRVENE KONSTRUKCIJE ANEKSNOG DELA OBJEKTA ZATVORENIH BAZENA U KRUŠEVCU

**Radovan Cvetković¹
Dragoslav Stojić²
Nemanja Marković³**

Rezime

U ovom radu dat je kratki osvrt na prethodnu sanaciju konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta pokrivenih bazena, opšti opis konstrukcije objekta, sadašnje stanje konstrukcije aneksa sa lociranjem uzroka postojećih oštećenja, detaljan opis sanacije konstrukcije aneksa sa nizom praktičnih sugestija koje bi trebalo izvođaču radova omogućiti realizaciju posla u kratkom i efikasnom roku sa odgovarajućim kvalitetom popisanih pozicija. Ovakve vrste sanacija su retke i veoma specifične, tako da prikazani primer može biti koristan inženjerima u njihovom praktičnom radu.

Ključne reči: bazen za plivanje, konstrukcija aneksa, sanacija, lepljeno lamelirano drvo,

1. UVOD

Postupak sanacije aneksnog dela objekta zatvorenih bazena za plivanje u Kruševcu, definisan je na osnovu sagledavanja postojećeg stanja konstrukcijskih elemenata u severoistočnoj zoni aneksnog dela objekta. Naime, duž severne i istočne (glavne, frontalne) fasade

¹ Mr, dipl. građ. inž., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu.

² Dr, dipl. građ. inž., redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu.

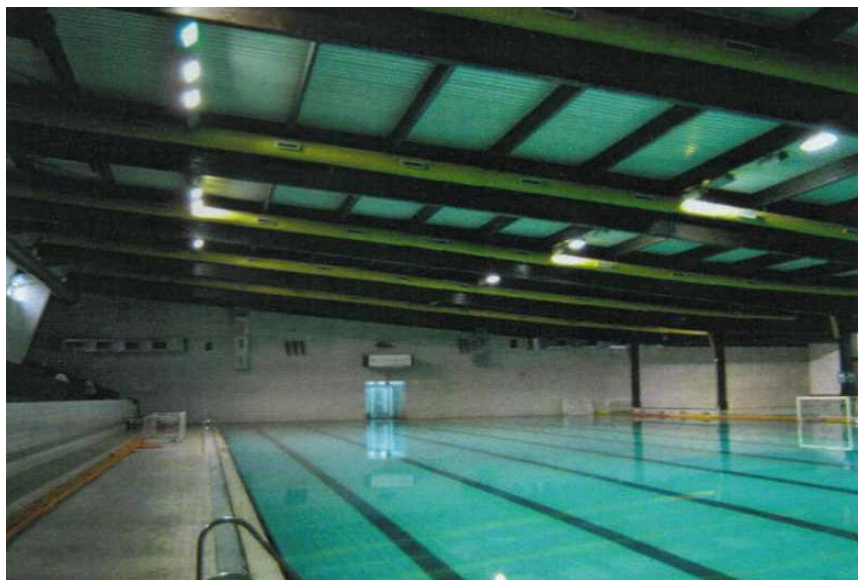
³ Dipl. građ. inž., saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu.

aneksa uočljiva su oštećenja u spojevima krovnih greda, međuspratnih greda i stubova izazvana truljenjem materijala i popuštanjem spojnih sredstava. U pomenutoj zoni objekta došlo je do jasnih deformacija konzolnih drvenih elemenata u sklopu međuspratne konstrukcije, promene geometrije konstruktivnih sklopova, oštećenja spregnute MSK, nagnječenja drvenih oslonaca parapetnih fasadnih durisol-panela.

Postojeći objekat izgrađen je 1982. godine, prema projektu projektne organizacije "Krivaja-Industrijski inženjering" iz Beograda. Konstrukcija je izrađena od lepljenog lameliranog drveta (LLD). Usled neadekvatnog održavanja i zaštite došlo je do značajnog oštećenja kako glavnih nosača tako i sekundarnih elemenata od LLD, kao i krovnog pokrivača, pa je bilo nužno izvršiti sanaciju postojećeg objekta.

2. OPIS KONSTRUKTIVNOG SKLOPA ZATVORENIH BAZENA U KRUŠEVCU

Sportski centar u Kruševcu sastoji se iz sledećih arhitektonskih i konstrukcijskih celina: visoki deo u kome su smešteni bazeni i tribine (sl. 1), niski deo-aneksi sa pratećim sadržajima i kancelarijama, (sl. 2).



Slika 1. Visoki deo objekta



Slika 2. Aneksi sa pratećim sadržajima i kancelarijama

Drvenu konstrukciju visokog broda čine glavni nosači od lepljenog lameliranog drveta preseka 22/165cm sistema Gerberovog nosača.

Noseću krovnu konstrukciju aneksa sačinjavaju krovni nosači od lepljenog lameliranog drveta pravougaonog poprečnog preseka, raspona 12m. Ovi nosači su jednim krajem oslonjeni na stubove podužnog zida aneksa, a drugim krajem na betonsku konstrukciju hale. Razmak krovni nosača je 2,5m. Preko ovih nosača postavljeni su elementi od profilisanog lima, a preko ovih elemenata izvedena je betonska ploča koja sa predmetnim limom formira spregnutu konstrukciju. Preko ovako dobijene krovne ploče projektovan je i u prvoj fazi izveden sistem ravnog krova.

Međuspratnu konstrukciju u okviru aneksa (konstrukcija između prizemlja i sprata) formiraju nosači od lepljenog lameliranog drveta pravougaonog poprečnog preseka sistema grede sa prepustom raspona 10+2,5m, a na razmaku od 2,5m. Ova konstrukcija je oslonjena na stubove u sklopu podužnog zida prizemlja u okviru aneksa (na delovima uz prepuste) i na betonsku konstrukciju hale. Preko ovih nosača postavljeni su takodje elementi od rebrastog lima preko kojih je izlivena betonska ploča i tako dobijena spregnuta konstrukcija.

Stubovi u podužnim zidovima aneksa ispod krovne i međuspratne konstrukcije su od lepljenog lameliranog drveta pravougaonog

poprečnog preseka-zglobno oslonjeni na odgovarajuće nosače, odnosno na betonske temelje.

3. OPIS STANJA KONSTRUKCIJE ANEKSA

Naime, duž severne i istočne (glavne, frontalne) fasade aneksa uočljiva su oštećenja u erkernim spojevima krovnih greda, međuspratnih greda i stubova izazvana truljenjem materijala i popuštanjem određenih spojnih sredstava. Ipak, uprkos očiglednim oštećenjima, do promene geometrije konstrukcije (prekomernih ugiba, dezintegracije čvornih veza) nije došlo izuzev u desnoj ugaonoj zoni sprata aneksa, gledano u odnosu na čeonu fasadu objekta. U pomenutoj zoni objekta došlo je do jasnih deformacija konzolnih drvenih elemenata u sklopu međuspratne konstrukcije (konstrukcijski pravci 34-34 i B-B), promene geometrije konstruktivnih sklopova, oštećenja spregnute MSK, nagnječenja drvenih oslonaca parapetnih fasadnih panela... (slike 3 i 4)

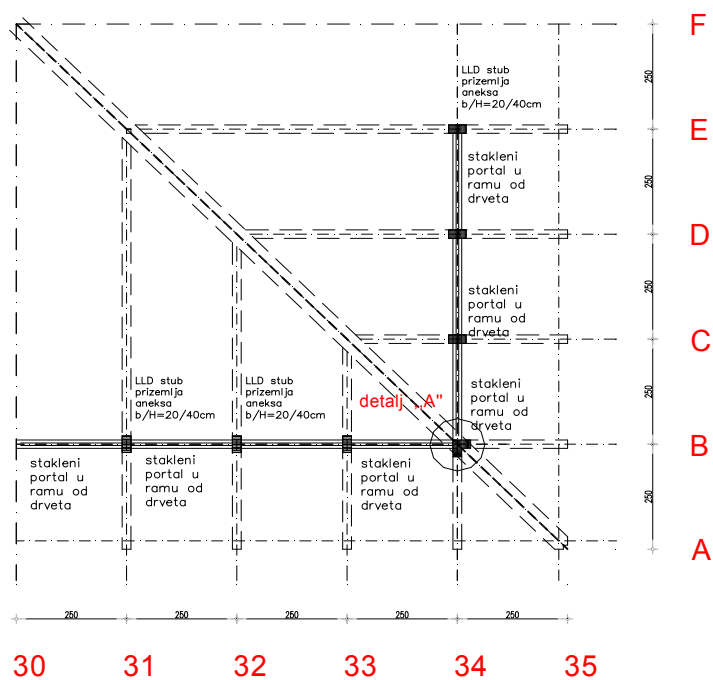


Slika 3. Imperfekcija ugaonog veznog stuba i nagnječenje izazvano oslanjanjem durisol-panela o nosač od LLD

Sanacija drvene konstrukcije aneksnog dela objekta zatvorenih bazena u
Kruševcu



Slika 4. Konzolni nosač u pravcu B-B sa jasnim oštećenjima, izmenom geometrije veze i okom vidljivim ugibom



Slika 5. Skica rasporeda konstrukcijskih elemenata u severoistočnom delu aneksa

Na osnovu detaljnog pregleda i kontrolne statičke analize predmetnog dela konstrukcije aneksa može se zaključiti da se vraćanjem konzolnih drvenih elemenata u sklopu međuspratne konstrukcije,

(konstrukcijski pravci 34-34 i B-B), u ispravan geometrijski položaj, ojačanjem njihovih veza sa dijagonalnim nosačem složenog poprečnog preseka (ugradnja još jednog niza trnova sa produženjem čeličnog lima), zamenom postojećih betonskih panela veoma lakim drvenim termoizolacionim panelima iste geometrije (konzolni nosači, dijagonalni nosač SPP biće, gotovo, do 5 puta manje opterećeni), sanacijom spregnute MSK i sanacijom oštećenja u drvenom materijalu, sanaciona problematika aneksa biti rešena.

4. SANACIJA I REKONSTRUKCIJA ANEKSA

Postupak rekonstrukcije ovog dela aneksa objekta sastoji se u sledećim koracima (I faza sanacije):

- 1) izrada odgovarajuće prihvatne skele do nivoa poda sprata aneksa,
- 2) pažljiva demontaža stolarije (napomena: ista se vraća),
- 3) pažljiva demontaža zidnih parapeta od durisola,
- 4) izrada potporne konstrukcije (skele) ispod spregnute međuspratne konstrukcije u prostoru omeđenom konstrukcijskim pravcima A-B-33 i 34-35-C. Ova potporna konstrukcija (skela) produžava se kroz prostor sprata aneksa (radi se njen nastavak na podu kancelarije zamenika direktira SC) do nosača NSPP i konzola 34-34 i B-B koji su deo krovne konstrukcije aneksa i ima zadatak da prihvati kompletno opterećenje od krovne konstrukcije i rastereti konzole 34-34- B-B iznad prizemlje i ugaoni stub S-A35, kako bi se oni mogli demontirati. Neophodno je obezbediti hidraulične dizalice i u ciklusima vršiti rasterćenje konstrukcije i veza konstrukcijskih elemenata, kako bi se spojna sredstva mogla ukloniti,
- 5) demontaža konzola 34-34 i B-B prizemlje i ugaoni stub S-A35. Pažljivo ukloniti postojeća spojna sredstva (trnove), svesti na minimum oštećenja istih drvenog materijala u toj zoni.
- 6) sanacija NSPP u skladu sa tačkom 4 ovog izveštaja,
- 7) sanacija konzola 34-34 i B-B prizemlje i ugaonog stuba S-A35 u skladu sa poglavljem 5 ovog rada,
- 8) nadgradnja veznih limova demontiranih konzolnih konzolnih nosača u skladu sa odgovarajućim grafičkim prilogom, odnosno, postojeći lim je potrebno produžiti po celoj visini navarivanjem novog lima debljine $\delta=10\text{mm}$ i širine $d=15\text{cm}$ i sa otvorima za ugradnju tri spojna sredstva (trnovi ili zavrtnjevi M20).
- 9) montaža konzolnih nosača i ugradnja odgovarajućih spojnih sredstava (mogu se koristiti stara spojna sredstva uz određeni

- zaštitni tretman ili ugraditi nova u skladu sa odgovarajućim grafičkim prilogom,
- 10) montaža ugaonog stuba S-A35. Nakon sanacije stuba u skladu sa poglavljem 5, sanirani stub vratiti u prethodni položaj uz ugradnju istih ili novih spojnih sredstava istog prečnika.
 - 11) demontaža gornjeg dela potporne konstrukcije (skele), dela iznad spregnute MSK,
 - 12) uklanjanje oštećenog betonskog sloja spregnute MSK,
 - 13) izrada novog betonskog sloja, MB 30, preko rebrastog lima, odnosno formiranje efekta sprezanja na delu MSK koji se sanira,
 - 14) montaža novoprojektovanih parapetnih lakih panela (dat detalj njihove konstrukcije u projektnoj dokumentaciji). Paneli se sastoje od drvene podkonstrukcije sastavljene od stubova dimenzija b/h=6/14/88cm na međusobnom rastojanju od 60cm i okvirnih gredica sa gornje i donje strane dimenzija 6/14/250. Ovako formiran drveni „kostur“ ugrađuje se u prethodni položaj, između dva stuba, vezivanjem za njih ekserima E60/160 ili zavrtnjima bez navrtke. Zatim se sa spoljašnje strane, prvo, ekserima pričvršćuje za ugrađeni drveni „kostur“ OSB-3 ploča d=15mm i izrađuje fasadna, tkzv. „demit“ obloga u debljini od 3cm za završnom obradom u tonu postojeće fasade objekta. Sa unutrašnje strane ugrađuje se termoizolacioni sloj mineralne vune u debljini od 14cm u prostor formiran stubovima i gredama, zatvara sa OSB pločama, debljine d=15mm i vatrootpornim gipsnim pločama d=12,5mm. Preko gipsne ploče nanosi se sloj glet mase i završne disperzije ili poludisperzije boje.
 - 15) montaža stolarije, i molersko farbarska obrada enterijera,
 - 16) zaštita drvene konstrukcije odgovarajućim fungicidnim i insekticidnim sredstvima,
 - 17) demontaža donjeg dela potporne konstrukcije i pristupne skele.

5. OPIS SANACIONIH POSTUPAKA OŠTEĆENJA NASTALIH U DRVETU

Trulež, pukotine i degradaciju drvenog materijala većeg obima, koja su evidentni na završecima krovnih i međuspratnih greda aneksa, treba ukloniti, sprovesti sanacione procedure određenog obima i nakon toga izvesti njihovo oblaganje ravnim aluminijumskim limom pričvršćivanjem za odgovarajuću podkonstrukciju, kako bi se obezbedila trajna zaštita pomenutih konstrukcijskih elemenata aneksa (**II faza sanacije**).

- a) Pukotine u drvenim elementiima konstrukcije aneksa treba injektirati masom na bazi dvokomponentne epoksidne smde

odgovarajućeg viskoziteta i fizičko-mehaničkih svojstava. Kao injekciona masa može se koristiti masa za injektiranje pod nazivom „**Concretin**” ili neki drugi materijal identičnih karakteristika. Pre injektiranja dobro očistiti pukotine, odstraniti sav otpad prisutan u njima, zatvoriti očišćene pukotine epoksidnim kitom i ugraditi odgovarajuće ulivke za utiskivanje injekcione mase.

- b) Delove drvenih elemenata konstrukcije aneksa, sa pojačavača truleži, treba „blombirati” masom na bazi iste epoksidne smole koja se koristi za injektiranje uz dodatak odgovarajućeg punioca. Ovaj postupak podrazumeva otklanjanje truleži iz zona sa takvim oštećenjima, sve do zdravih slojeva drveta, postavljanje odgovarajućih „oplate” oko obrađenog mesta (kako bi se sačuvala projektovana geometrija konstrukcijskog elementa) i u tako formiran prostor, ulivanje prethodno pripremljene mase za „blombiranje”.
- c) Veća oštećenja, u vidu pojave truleži na bočnim stranama nosača, treba sanirati „lameliranjem”. Ovaj postupak podrazumeva da se sva mesta sa takvim oštećenjima prvo očiste do zdravih lamela, a da se nakon toga pristupi lepljenju odgovarajućih novih lamela putem rezorcinskog lepka koji se nanosi u slojevima debljine od 0,2mm. Mora se voditi računa da se pri „lameliranju” ne vrši nikakvo prednaprezanje u spojnim ravninama.
- d) Celokupna drvena konstrukcija po završetku sanacionih intervencija treba da se zaštiti odgovarajućim fungicidnim i insekticidnim sredstvima.

6. ODRŽAVANJE KONSTRUKCIJE U EKSPLOATACIJI

Tokom eksploatacije objekta moraju se vršiti redovni godišnji pregledi drvene i čelične konstrukcije, kako bi se uočila eventualna oštećenja usled atmosferskih (temperatura, promena vlage, padavine) i drugih nepovoljnih uticaja na konstrukciju.

Obnavljanje zaštite na vidljivim i pristupačnim delovima drvene i čelične konstrukcije treba vršiti jednom u dve godine premazima koji su opisani i specificirani u opisu odgovarajućih pozicija u predmeru radova. Obnavljanje zaštite treba vršiti češće ako se uoče promene u izgledu spoljne površine koja bi ukazivala na njena oštećenja.

Pored održavanja same konstrukcije potrebno je da u svakom trenutku eksploatacije objekta budu ispravne i sve instalacije u objektu (mašinske instalacije, elektroinstalacije, instalacije vodovoda i kanalizacije i instalacije grejanja i provetranja).

ZAHVALNOST

Rad je rezultat istraživanja na projektima TR 36016 pod nazivom „Eksperimentalna i teorijska istraživanja linijskih i površinskih sistema sa polukrutim vezama sa aspekta teorije II reda i stabilnosti” i TR 36028 „Razvoj i unapređenje metoda za analizu interakcije konstrukcije i tla na osnovu teorijskih i eksperimentalnih istraživanja” finansiranih od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

7. LITERATURA

- [1] Gojković Milan, Stojić Dragoslav, *Drvene konstrukcije* Grosknjiga, Beograd, 1996.
- [2] Gojković Milan, Stevanović Boško, Komnenović Milorad, Kuzmanović Sreto, Stojić Dragoslav, *Rešeni primeri iz teorije i prakse drvenih konstrukcija*, Građevinski fakultet, Beograd, 2001.
- [3] *Evrokod 1-EC-1: Osnove proračuna i dejstva na konstrukcije*, Građevinski fakultet, Beograd, 1991.
- [4] *Evrokod 5-EC-5: Proračun drvenih konstrukcija*, Građevinski fakultet Beograd, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, 1995.
- [5] Dragoslav Stojić, *Zbirka standarda i propisa drvenih konstrukcija*

PRIMENA ČELIJSKOG SISTEMA U EKO ARHITEKTURI

Jelena Stefanović¹
Stefan Cvetković²
Lana Petrović³

Rezime

U ovom radu predstavljen je čelijski sistem prefabrikovane montažne gradnje sa aspekta energetske efikasnosti. Prefabrikovana gradnja sama po sebi zahteva mnogo manje energije u odnosu na građenje na licu mesta, a čelijski sistem je najnapredniji sistem montažne gradnje u pogledu utroška energije. Čelije su u konstruktivnom smislu veoma stabilne i imaju karakteristične načine povezivanja. Kao glavna mana ovog sistema može se izdvojiti smanjena arhitektonska fleksibilnost prostora. Prikazana je i studija slučaja nekoliko stambenih objekata izvedenih u čelijskom sistemu montažne gradnje.

Ključne reči: Montažna gradnje, čelijski sistem, eko dizajn, energetska efikasnost, studija slučaja

1. UVOD

Objekti građeni od prefabrikovanih elemenata koji se montiranjem postavljaju na licu mesta, grade se više decenija širom sveta. U zavisnosti od potreba, finansijskih mogućnosti ali i klimatskih uslova, primenjuju se različiti sistemi, materijali i tehnike građenja. Montažni objekti mogu biti urađeni od gotovih zapreminskih jedinica,

¹ Student, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, stefanovic.gaf@gmail.com

² Student, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, cvetkovicstefan91@gmail.com

³ Student, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, lanape@yahoo.com

od kojih se modularnim slaganjem mogu dobiti različiti modeli gotovih kuća. Takodje konstruktivni sistem od prefabrikovanih elemenata još može biti i panelni ili skeletni[9]. Panelni konstruktivni sistem podrazumeva da su noseći elementi konstrukcije zidovi, odnosno, paneli. Noseći elementi skeletnog konstruktivnog sistema su stubovi, između kojih se dalje postavljaju zidovi od gotovih elemenata. Možemo zaključiti da sistemi u kojima se izgrađuju prefabrikovane montažne zgrade mogu biti: skeletni, panelni i ćelijski, a mogu se javiti i kombinovani [6]. Materijali koji se mogu koristiti za proizvodnju njihovih sastavnih elemenata mogu biti armirani beton, čelik, drvo ili aluminijum. Upotrebom ovih materijala mogu se izgraditi kako prizemni tako i višespratni montažni objekti. Fasadni paneli i krovni elementi mogu se raditi od različitih materijala i njihovih kombinacija na način da u potpunosti zadovoljavaju standarde energetske efikasnosti.

Danas se pored sve češćeg primenjivanja montažne gradnje dosta govori i o energetskoj efikasnosti samih objekata [1,3]. Generalno gledano sve više težimo što bržoj i jeftinijoj izgradnji objekata [5] koji će trošiti znatno manje energije, a koji će pritom biti potpuno bezazleni po samu okolinu.

Dalje u radu, govoriće se o montaznom sistemu gradnje koji ujedno zadovoljava sisteme energetske efikasnosti. Govorićemo o ćelijskom sistemu montažne gradnje, njenim prednostima, a ujedno i manama. Prikazaćemo primere i pokušati da odgovorimo na pitanja: Šta je to ćelijski sistem montažne gradnje? I da li montažna gradnja ujedno može biti energetski efikasna gradnja?

2. ĆELIJSKI SISTEM

2.1 Karakteristike ćelijskog sistema

Ćelijski sistem se zasniva na montiranju prefabrikovanih kutijastih elemenata - ćelija, od kojih se poput kockica sastavlju objekti. Gotove ćelije se montiraju na licu mesta, nakon čega su spremne za korišćenje, ali postoje i slučajevi gde se finalizacija površine ćelija vrši nakon transporta i njihovog sklapanja. S obzirom da primena ćelijskog sistema znatno ograničava fleksibilnost rešavanja funkcije unutrašnjeg prostora, postoje tri osnovne podele sistema koje olakšavaju projektovanje u zavisnosti od vrste mogućeg problema. Dakle, ćelijski sistem može biti:

- Ćelijski sistem sa tunelskim elementima – kod koga su ćelije objekta formirane od spoljnih nosećih zidova na kojima se mogu praviti neophodni otvori (prolazi, vrata, prozori) i ploča (podna i plafonska) tako da se mogu ređati isključivo linijski, jedna do druge, ili u slobodnom smaknutom redosledu.
- Ćelijski sistem sa prstenastim elementima – ćelije su formirane samo od prstenova fasadnih i pregradnih zidova.
- Ćelijski sistem sa skeletno-panelnim elementima – ćelije su formirane, slično tunelskim elementima, od podnih i plafonskih ploča, ali su one umesto nosećim zidovima razdvojene stubovima čime se montažom više ćelija dobija potpuno slobodan prostor koji omogućava fleksibilan raspored i veličinu unutrašnjih prostorija.

U praksi se mogu naći objekti kod kojih je primenjena kombinacija dva ili više ovakvih sistema. Međutim broj ovakvih slučajeva nije veliki iz razloga što se kombinacijom istih zahtevaju proizvodni kapaciteti u svim primenjenim sistemima, takođe je i vrlo teško nekada čak i nemoguće uklopiti u projekat mogućnosti sistema u pogledu oblikovanja kao i načina primanja i prenošenja samog opterećenja.

U tabeli 1 [10] prikazana je prednost ćelijskog sistema u pogledu organizacije radova i izgradnje samog objekta u odnosu na ostale montažne, polumontažne pa čak i klasične sisteme građenja.

Nč - količina rada koja se obavi za jedan čas,

Σ sati - ukupan broj sati za izgradnju stana,

Ns/Nrs - prosečan broj godišnje izgrađenih stanova po zaposlenom radniku.

Tabela 1

Primenjeni sistem građenja stambenih objekata	Nč za 1m ²	stan od 60m ²	
		Σ sati	Ns/nrs
Čelijski sistem (Švedska)	4	245	8,20
Čelijski sistem (Švajcarska)	7	415	4,80
Krupnopanelni sistem	16	960	2,10
Sitnopanelni sistem	20	1200	1,67
Polumontažni sistem	25	1500	1,33
Unapređeni tradicionalni sistem	30	1800	1,10
Klasično građenje opekom	44	2640	0,75

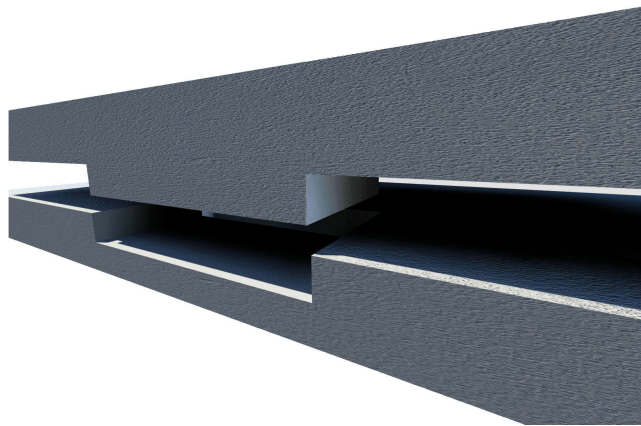
Iz tabele 1 možemo na konkretnom primeru videti koliko je veća efikasnost čelijskog sistema u odnosu na ostale sisteme. Ta efikasnost se ogleda u tome što čelijski sistem omogućava najbržu izgradnju po satu. Količina rada je skoro 5 puta manja u odnosu na ostale montažne sisteme, dok je prosečan broj izgrađenih stanova skoro 8 puta veći nego kada se koristi klasičan sistem gradnje.

2.2 Princip vezivanja ćelija

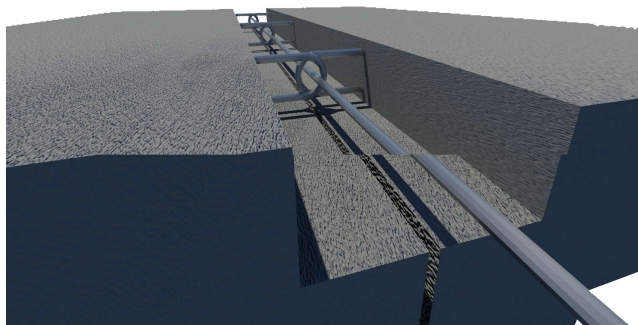
S obzirom da se ćelije izrađuju na osnovu datog projekta, svaka ćelija se izliva u kalupe potrebnih dimenzija sa otvorima na onim mestima na kojima su oni potrebni. Po završetku izrade, ćelije se prevoze na mesto montaže gde se takozvanim suvim ili mokrim postupkom [2] sklapaju u završnu celinu koja je projektom predviđena.

Jedan od načina temeljenja jeste korišćenje monolitne betonske ploče sa kutijastim otvorom u koju ćelija "uranja", čime se sprečava njeno horizontalno pomeranje. Ovakvo temeljenje tretira se kao suva veza. Druga mogućnost temeljenja vrši se takođe korišćenjem monolitne ploče sa kojom se ćelija povezuje preko otvora u podu ćelije koja naleže na cilindrično ispupčenje ploče. Na isti način se spajaju i ćelije postavljene jedna na drugu, s tim što se koristi veza

zavrtnjevima. Najveći broj ćelija se povezuje preko zidova suvim postupkom, tj. preko otvora koji su ostavljeni za prolaz zavrtnjeva ili mokrim postupkom, tj. povezivanjem armature iz gornjih ploča ćelija koje se nakon povezivanja zalivaju betonom. Otvori koji se ne koriste za vezivanje se samo zaliju betonom. Otvori na ćelijama koji se ne koriste ili nisu potrebni se ispunjavaju na isti način. Prostorije se mogu korigovati u bilo kom trenutku postavljanjem knaufa u cilju pregradjivanja prostorija ili rušenja istog u cilju povećavanja prostora. Ono što nije moguće jeste pravljenje naknadnih otvora ili rušenja nosećih zidova ćelije.



Slika 1 - Suva veza, uranjanje ćelije u kutijasti otvor u monolitnoj ploči



Slika 2 - Mokra veza, povezivanje armature nakon čega se zaliva betonom

3 EKO MONTAŽNA GRADNJA

3.1 Čelijski sistem u pogledu energetske efikasnosti

Širom Evrope postavljeni su veoma visoki ciljevi u pogledu primene obnovljivih izvora energije i smanjenja emisije štetnih gasova [4]. Sve češće se govori o globalnom zagrevanju i teži se rešavanju tog problema. Svakodnevno se susrećemo sa pričama o zelenim krovovima, pametnim i pasivnim kućama kao bitnim temama o čijoj se upotrebi sve više priča. Primenom novih tehnologija i korišćenjem obnovljivih izvora energije imamo priliku da utičemo na smanjenje gubitka energije u stambenim prostorima kao i na njihovo preterano pregrevanje tokom leta. Prema podacima smatra se da više od 80% oslobođenog ugljen-dioksida (CO₂) emituju stambeni objekti gubitkom energije tokom zime.

Montažna gradnja u potpunosti omogućava izgradnju samoodrživih ekoloških objekata. Koriste se ekološki atestirani materijali koji zadržavaju isti kvalitet tokom decenijske eksploatacije. Moguć je čak i transport objekta sa jednog mesta na drugo [8] pri čemu sam transport emituje više štetnih gasova nego što objekat može da proizvede. Sve tehnologije uspešno se mogu instalirati na čelijskim sistemima gde pritom dobijamo jedan „pametni objekat,“ koji koristi obnovljive izvore energije zbog čega ima izrazito nisku potrebu za drugim izvorima grejanja. Takve kuće se mogu grejati pasivno, samo korišćenjem unutrašnjeg izvora toplote i solarnih dobitaka kroz prozore kao i minimalnog dogrevanja svežim vazduhom. Pored regularnog načina oblaganja objekta termoizolacijom, postoji mogućnost naručivanja ćelija u vidu gotovih sendvič jedinica koje bi između dvoslojnog betonskog zida imale ugrađen termoizolacioni sloj, čime dobijamo besprekorno izolovanu stambenu jedinicu. U pogledu energetske efikasnosti, čelijski sistem pruža zavidne rezultate. Ukoliko bismo posmatrali proces čitave proizvodnje, jasno je da treba krenuti od proizvodnje samog elementa. S obzirom da ćelija predstavlja jedinstvenu celinu u pogledu nosećih elemenata njena proizvodnja je ubrzana i iziskuje manju potrošnju energije.

Udaljenost fabrike od samog gradilišta takodje je jedan od bitnih faktora [7], od kog zavisi potrošnja energije prilikom transporta. Gubitak enegije na takav način neophodan je zbog daljeg razvoja projekta. Medjtim ukoliko pogledamo ostale sisteme montažne gradnje i sagledamo koliko je broj samih jedinica čelijskog sistema u manjem broju, složićemo se da je ovakav tip izgradnje opet racionalniji od ostalih. Manje elemenata na gradilištu iziskuje

automatski manji broj radnika i mnogo manje posla iz čega se ogleda racionalizacija u pogledu uštede električne energije. Način postavljanja ćelijskih jedinica ubrzava proces same gradnje, dok je ujedno znatno smanjena količina otpadnog materijala. Ukoliko se radi o velikom projektu koji se svodi na veliki broj identičnih ćelija, tada se njihovo izlivanje u kalupima može vršiti i na licu mesta. Kod projekta "Habitat 67", koji će detaljnije biti prikazan u daljem tekstu, možemo videti primer ovakve izrade ćelija gde one osim svog izlivanja prolaze kroz sve procese do same finalizacije i sklapanja. Na ovakav način štedi se velika količina energije koja bi se inače potrošila transportom velikog broja jedinica do mesta njihove montaže. Da bi zgrada bila enegetski efikasna neophodno je minimalno korišćenje energetske resursa. Ćelijski sistem gradnje obezbeđuje održivu gradnju, pristupačnost, efikasnost, lakoću gradnje i istrajnost. Ovakav sistem omogućava stvaranje eko-aktivnih gradova sa visokim stepenom energetske efikasnosti. Dalje u tekstu ćemo prikazati konkretne već postojeće primere ćelijskih sistema koji su ujedno i energetske efikasni objekti.

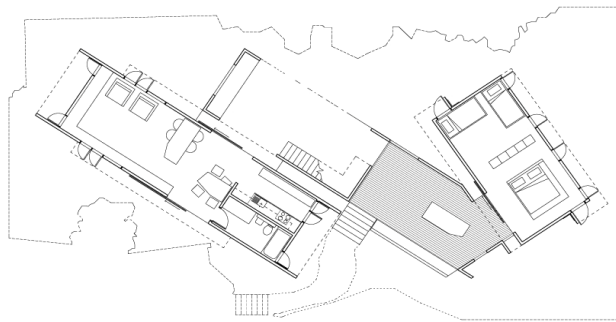
4. OBJEKTI ĆELIJSKOG SISTEMA U EKO - ARHITEKTURI

4.1 Happy house / porodična kuća

"Happy house" je prenosiva montažna kuća smeštena u Australiji. Dizajn samog modela radjen je oko godinu dana, dok su konstruktivni radovi trajali oko 8 nedelja uključujući i trajanje radova montaže. "Happy house" sastoji se iz tri celine, tačnije tri ćelijske jedinice. Najmanja ćelija je površine od 26m² dok je najveća 42m². Kombinacijom ove tri ćelije dobijen je idiličan prostor namenjen porodičnom stanovanju. Na slici 4. prikazano je rešenje objekta u osnovi, gde se već na prvi pogled mogu uočiti i izdvojiti glavne konstrukcijske celine.

U ovom slučaju sistem ćelijske gradnje primenjen je iz razloga što se težilo stvaranju jednostavnog rešenja koje preko inovativnog dizajna ujedno pruža i pristupačni savremeni dizajn. Jedna od bitnih prednosti ovog objekta jeste njegova mobilnost, odnosno mogućnost transporta i pomeranja sa jedne lokacije na drugu.

“Happy house“ je objekat u potpunosti izgradjen od ekoloških materijala. Ukoliko stavimo po strani eko materijale i ako svu energiju transporta ove kuće svedemo na jedini događaj koji utiče na zagađenje možemo zaključiti da je ta energija neuporedivo manja u odnosu na utrošak energije transporta kod regularnog zidanja kuće, čak do mere da je sam transport ove kuće štetniji od njene izgradnje.



Slika 3 – Prikaz ćelijskih jedinica u osnovi



Slika 4 – Transport gotove ćelijske jedinice do mesta montaže



Slika 5 – Montaža ćelijskih jedinica na predviđenoj lokaciji



Slika 6 – Prikaz gotovog objekta



Slika 7 – Pogled sa reke na naselje Habitat 67

4.2 Habitat 67

Projekat "Habitat 67" dizajnirao je arhitekta Moshe Sadfie iz Kanade. Davno je bio izlozen kao eksperimentalno rešenje za što kvalitetniji način života u gustim urbanim sredinama. Sadfie je na ovaj projekat gledao kao rešenje koje dokazuje mogućnosti i kvalitete čelijskog montažnog sistema.

Ovaj kompleks je izgrađen od 354 identičnih ćelija naređanih na različite načine i spojenih čeličnim kablovima. Apartmani dosta variraju po obliku i veličini jer se formiraju od jedne do četiri ćelija po stanu, površine oko 55 m² po ćeliji.

Sam proces pravljenja ovih ćelija, koje teže oko 90 tona, je izveden na licu mesta. Osnovni modul ćelije napravljen je u armiranom čeličnom kalupu dimenzija 5 x 12m. Nakon što očvrstne beton, ćelija se stavlja na pokretnu traku na kojoj se vrši ugradjivanje električnih i mehaničkih sistema, kao i postavljanje izolacije. Nakon što se instaliraju prethodno izrađene kuhinje i kupatila, ćelija je spremna za sklapanje i dizalicom se postavlja u svoj planirani položaj.

Slaganjem ovih betonskih kutija na različite načine potpuno se razbija standardni vertikalni način građenja. Pored jako jedinstvenog izgleda ovaj način omogućuje svakom stanu da ima krovnu baštu, omogućuje konstantan protok vazduha i veliku količinu prirodnog osvetljenja, što je praktično nemoguće za jedan objekat sa 12 spratova izgrađen na tradicionalni način. Na ovaj način su spojene dve tipologije stanovanja: prigradska kuća sa baštom i ekonomična visokogradnja stambenih zgrada.



Slika 8 – Prikaz grupisanja više stambenih jedinica u jednu celinu



Slika 9 – Pogled sa jednog stambenog kompleksa



Slika 10 – Urbanistički prikaz uređenja naselja

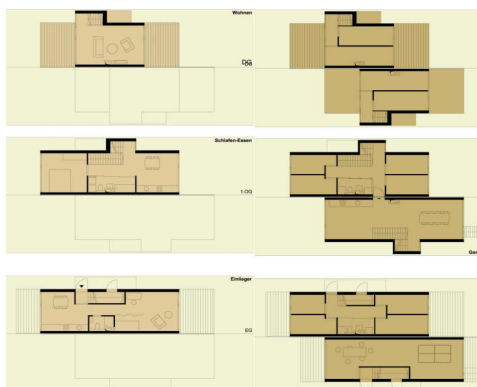
4.3 Naselje haustrift

“Haustrift“ je naselje na Dunavu u Austriji napravljeno u ćelijskom montažnom sistemu. Koncept ovih kuća pleni kombinacijom finansijski dostupnog i ekološki održivog ćelijskog montažnog sistema sa velikom fleksibilnošću u pogledu zadovoljavanja potrebe svake kuće zasebno. Celokupno naselje ostavlja utisak jedne jako kompletne i funkcionalne celine i jako je dobar primer montažnog naselja.

Kuće su sastavljene od ćelija koje na krajevima nemaju zidove, već su prekrivene staklenim panelima. Te zastakljene površine orjentisane su ka jugozapadu i severoistoku što omogućava dobijanje velike količine svetlosti preko celog dana. Kuće su urađene u minimalističkom dizajnu i sve izgledaju vrlo slično sa strane, ali je privatni prostor potpuno drugačije projektovan za svaku kuću.

Naselje je izgrađeno po jednostavnom konceptu i na način da daje odgovore na mnoga pitanja savremene arhitekture. Objekti su izgrađeni isključivo od montažnih i polumontažnih komponenti koje mogu sa lakoćom da se demontiraju u bilo kom trenutku i da se u potpunosti recikliraju. Troškovi projekta su značajno umanjeni zbog kratkog perioda izgradnje i zbog pravilnog korišćenja same lokacije. Jedinice su namenjene isključivo za izdavanje.

Ono što ovo naselje čini još kvalitetnijim jeste i činjenica da je ekološki održivo. Drvo je glavni materijal koji je korišćen za izgradnju uključujući i plafonske i zidne panele. Pored toga, prilikom izgradnje su korišćene mašine sa niskim procentom štetnih isparenja, ugrađeni su aparati za skupljanje kiše iz kojih se voda kasnije prečišćava i koristi za održavanje dvorista. Preko lokalne grejne mreže se dobija energija za napajanje koja je jeftina i eko-održiva.



Slika 11 – Prikaz ćelijskih jedinica u osnovi



Slika 12 – Prikaz ćelijskih jedinica u osnovi

5. ZAKLJUČAK

Ovom temom ukazuje se na neke osnovne pojmove ćelijskog sistema. Počevši od same izrade u fabrici, materijala od kojih mogu biti napravljene, transporta, načina povezivanja a da pritom mogu biti veoma bliski eko-održivoj arhitekturi.

Naravno, kao i u svakom sistemu, i ovde se javlja određeni broj nepovoljnosti. U njihovom slučaju to su: ograničenost u broju mogućih otvora, moguće smanjenje fleksibilnosti samog prostora, ograničenje veličine zbog transporta i druge. Pored toga smo videli da su iz ovih problema evoluirale i nove vrste ćelija koje nude nova rešenja i čine ovaj sistem sve boljim i primenljivijim širom sveta.

Ukoliko govorimo o povoljnostima ćelijskog sistema prvenstveno treba pomenuti činjenicu da se sa malim brojem elemenata može napraviti veliki broj različitih objekata, a da se pri svemu tome dosta smanji utrošak energije celokupnog procesa izgradnje i zagađivanje prirode. U prethodnom tekstu smo ukazali i na brzinu same izgradnje u odnosu na ostale sisteme. Jedinstvenost samih ćelija i njihov princip montaže su primamljivi mnogim arhitektama koji imaju priliku da poput lego kocki prave upečatljiva i jedinstvena rešenja korišćenjem istih modula.

Dakle, ukoliko zahtevamo brzu gradnju koja će ispuniti sva ekološka očekivanja, koja će u najkraćem roku biti izgradjena, a da pritom stvara snažan ambijentalni utisak, ćelija je jedan od sistema koji sigurno može opravdati svako od ovih očekivanja.

6. LITERATURA

- [1] *Determining important factors for improving the energy efficiency, optimal economic and ecological characteristics of a building*, B. Marković, V. Nikolić, M. Stojanović, O. Nikolić, V. Milošević, S. Marković, Proceedings of 16th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia SIMTERM 2013, 2013., Sokobanja, str. 472-484
- [2] *Spojevi i veze montažnih betonskih zgrada*, R. Folić, Montažni građevinski objekti, Ekonomika, 1983., Beograd, str. 117-168
- [3] *Dvostruke fasade kao korak ka energetske održivim objektima*, V. Milošević, D. Đurić-Mijović, Nauka + Praksa, 2010., Vol. 13, str. 81-85
- [4] *Architectural glass: types, performance and legislation*, J. Savić, D. Đurić-Mijović, V. Bogdanović, Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2013., Vol. 11, No. 1, str. 35-45
- [5] *Ključni aspekti prefabrikovane gradnje višeporodičnih stambenih zgrada*, U. Vesić, Izgradnja, 2012., Vol. 66, br. 3-4, str. 175-181
- [6] *Montažne stambene zgrade – kompendijum*, P. Adler, SISU group, 2004., Beograd, str.127
- [7] *Montaža betonskih konstrukcija zgrada*, M. Trivunić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2000., Novi Sad, str. 238
- [8] *Prefabricated membrane structures as temporary covers*, V. Milošević, J. Savić, B. Marković, Proceedings of 13th International Scientific Conference VSU2013, 2013., Sofia, str. III224-229
- [9] *Montažne zgrade, betonske montažne hale*, N. Spasojević, B. Marković, Univerzitet u Nišu, Građevinski fakultet, 1993., Niš, str. 201
- [10] *Tehnologija građenja, montažni radovi*, D. Arizanović, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 2008., Beograd, str. 4

FASADNI SISTEM SA NISKOM EMISIJOM ŠTETNIH GASOVA “POLLI-BRICK”

Vanja Jovanović ¹
Predrag Lukić ²
Jasmina Tamburić ³

Rezime

U građevinarstvu danas postoji velika potreba za upotrebom ekoloških materijala kao i materijala koji imaju dobre energetske osobine. Iz tih razloga kompanija “MINIWIZ” iz Tajvana, Tajpej razvila je fasadni sistem od recikliranih plastičnih flaša i proizvod nazvala “poli cigla”. U ovom radu je dat opšti opis kao i karakteristike ovog proizvoda i način njegove primene.

Ključne reči: : Fasadni sistem, “Poli cigla”, PET ambalaža, Recikliranje.

1. UVOD

Poli cigla“ predstavlja jedan od inovativnih građevinskih materijala kompanije „MINIWIZ“ iz Tajpeja, Tajvan [1]. Proizvodi se od reciklirane PET plastike, tačnije polietilen tereftalat polimera[2].

Proizvod je namenjen kao zidni sistem zavesa tj. kao zamena staklenih sistema, međutim istraživanja su pokazala da ima veliki spektar upotrebe.

Ideja za proizvodnjom ovog materijala potiče od održivog razvoja kao i upotreba lakih i recikliranih materijala. Građevinski

¹ master inž. građ., M.Sc., Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

² master inž. građ., M.Sc., student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

³ dipl. inž. arh., asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

objekti se prvenstveno prave od čelika, betona i stakla. Proizvodnjom ovih materijala dolazi do velikih emisija štetnih gasova. Procene su da zgrade troše 40% svetske energije a izvor su 25% svetske emisije štetnih gasova. Upotrebom „poli cigle“ za fasadni zidni sistem štedi se energija, a prilikom njihove proizvodnje emituju se male količine ugljen dioksida.

Materijal je providan, izdržljiv i prirodni izolator. Kada se cigle slažu međusobno dobija se zid koji ima oblik saća (slika 1).

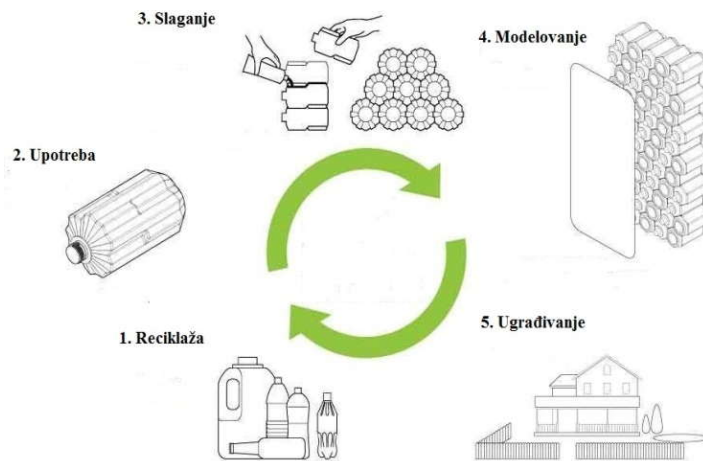
Prva funkcionalna, javna struktura koja je napravljena od „poli cigle“ je EcoARK paviljon koji se nalazi u Tajpeju, Tajvan.



Slika 1. Složene „poli cigle“ u obliku saća

2. PROIZVODNJA

Za proizvodnju „poli cigle“, kao što je već pomenuto u predhodnom poglavlju, koristi se reciklirana PET plastika (slika 2). PET plastika, odnosno polietilen tereftalat polimer, se danas najčešće upotrebljava. Upotrebljava se za jednokratnu upotrebu najčešće kao ambalaža za vodu, kao i za proizvodnju poliesterskih tkanina.



Slika 2. Ciklus proizvodnje „poli cigle“

Reciklaža PET ambalaže se zasniva na hemijskom procesu dodavanjem vezivnih sredstava, katalizatora i drugih materijala potrebnih za proizvodnju ove sirovine. Međutim, kompanija „MINIWIZ“ je razvila proces mehaničke reciklaže koji izostavlja upotrebu hemikalija, odnosno koriste 100% reciklirani PET [3].

Proces reciklaže PET plastike podrazumeva mlevenje ambalaže u tzv. „pahuljice“. Zatim sledi proces čišćenja i odvajanja svih nečistoća i na kraju finalna obrada. Ceo proces, pošto je mehanički, obuhvata upotrebu samo vode i toplote [4].

Kroz ovakav vid prerade dobija se providna ili matirana plastika određenog oblika i veličine.

3. OPŠTE KARAKTERISTIKE

„Poli cigla“ ima jedinstven oblik (slika 3) dizajniran tako da prilikom preplitanja više jedinica dobija se oblik saća. Oblik je dizajniran tako da prilikom slaganja nije potrebna upotreba lepkova zato što ima dobro prijanjanje. Može da se montira u pravougaoni oblik kao i da se prilagođava različitim oblicima.

Fasadni sistem napravljen od „poli cigle“ sastoji se od sledećih elemenata (slika 4):

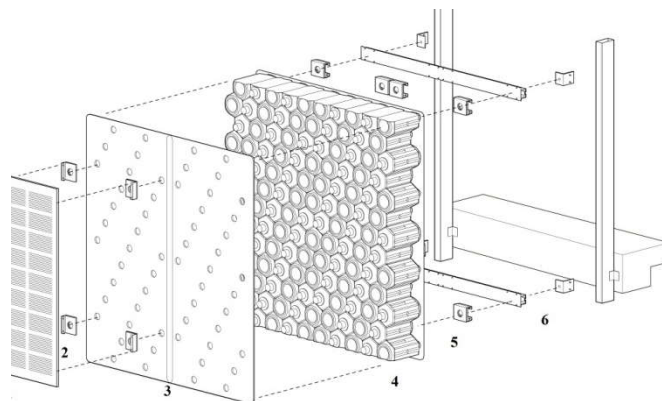
1. Solarni modul
2. Solarni pričvrtni zglob
3. PC omotač koji pruža UV zaštitu
4. Montažne „poli cigle“

5. Pričvrсни zglobovi
6. Noseći ram.



Slika 3. Oblik „poli cigle“

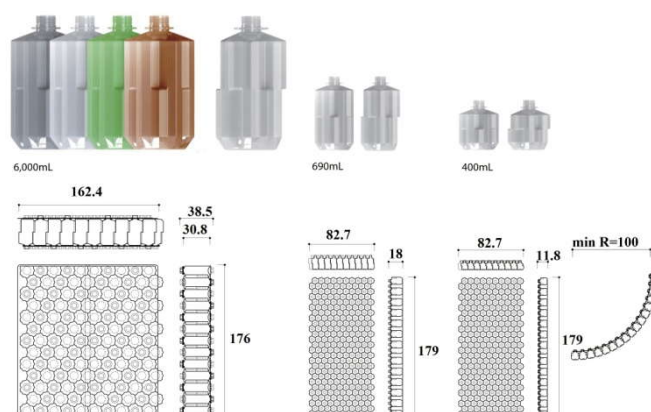
Sistem može da se montira u pravougane ploče. Može se lako prilagoditi svakom obliku (slika 5). Na njemu se može instalirati LED osvetljenje iz estetskih razloga.



Slika 4. Standardni modul fasadnog sistema od „poli cigle“

Ceo sistem je napravljen tako da može da izdrži bočne sile, od uragana kategorije 5 bez ikakvih oštećenja i curenja vode. Pored ove

zaštite sistem obezbeđuje zaštitu od UV zračenja, vlage i požara, pruža zvučnu i termo izolaciju. Zaštita od UV zračenja je sprovedena kroz tri nivoa. Prvi nivo zaštite se ostvaruje dodavanjem aditiva tokom proizvodnje „poli cigle“ u procesu vezivanja. Drugi nivo predstavlja UV premaz na toplim ciglama, dok treći nivo predstavlja završni sloj zaštite koji se nalazi na PC omotaču. Osim UV zaštite PC omotač pruža veliku zateznu čvrstoću.



Slika 5. Dimenzije i oblici ploča

Cigle se prave u tri veličine. Od veličine cigle zavisi visina, širina i debljina ploče. Zapremina cigli je 6000mL, 690mL i 400mL (slika 5). Težina ovog sistema je 345 kg/m². U tabeli 1 su date osnovne dimenzije „poli cigle“.

Tabela 1. Osnovne dimenzije „poli cigle“

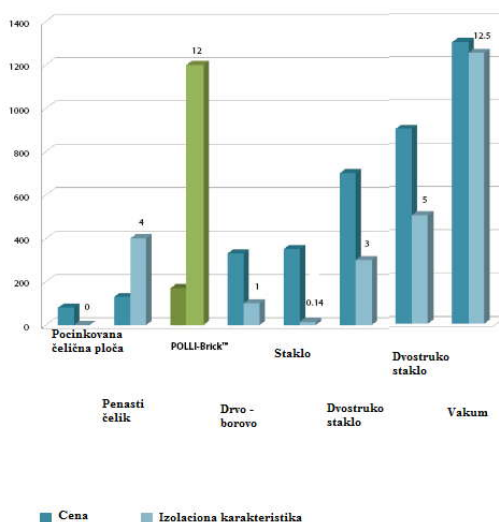
Tip „poli cigle“	Zapremina [mL]	Visina [cm]
1	6000	30,8
2	690	18
3	400	11,8

4. PREDNOSTI

Pored toga što je „poli cigla“ dostupna kao fasada može da se koristi kao unutrašnji zid i plafon. Brzo i lako se montira i ima mogućnost višekratne upotrebe. U ekološkom pogledu ovaj materijal je moguće ponovo reciklirati.

Jedna od njegovih najboljih prednosti je i toplotna izolacija. Toplotna izolacija je jako bitan faktor zbog smanjenja potrošnje energije na hlađenje i grejanje. Na slici 6 je prikazano poređenje stope toplotne otpornosti „poli cigle“ sa drugim materijalima kao i cena istih.

Na PC omotaču, koji predstavlja zaštitu od UV zračenja i pruža veliku zateznu čvrstoću, ima na sebi premaz koji omogućava lako čišćenje table.



Slika 6. Stope toplotne otpornosti

Zbog svog oblika moguće je sklapanje različitih oblika i to bez upotrebe lepka jer njihova međusobna prionjivost stvara jaku vezu.

Atraktivna arhitektonska karakteristika obezbeđuje prirodno osvetljenje a smanjuje potrošnju energije za unutrašnju rasvetu.

Poznato je da plastika nije otporna na vatru, međutim ovaj problem je rešen PC omotačem koji pruža zaštitu od požara.

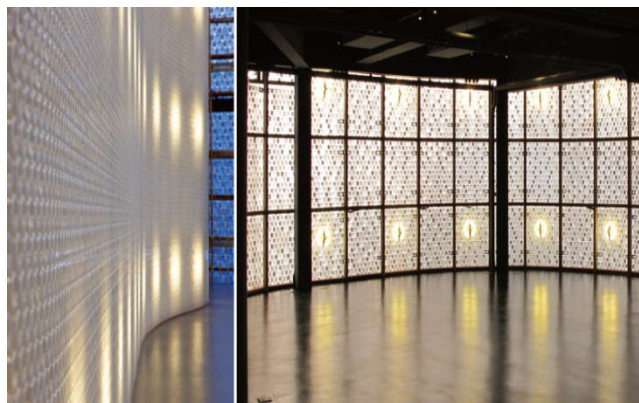
5. PRIMERI PRIMENE

Kao što je već bilo pomenuto u nekom od predhodnih poglavlja „poli cigla“ je proizvod kompanije „MINIWIZ“ iz Tajpeja, Tajvan. Proizvod je dizajniran za potrebe igradnje paviljona EcoARK (slika 7) u Tajpeju. Ideja je potekla od potrebe za ekološkim, lakim i jeftinim materijalima.



Slika 7. EcoARK paviljon Tajpei, Tajvan

Visina EcoARK paviljona je 9 m a zahvata površinu od 6 košarkaških igrališta. Paneli koji su ugrađeni u paviljon su debljine 30 cm. U paviljon je ugrađeno oko 1,5 miliona recikliranih plastičnih flaša.



Slika 8. Enterijer EcoARK paviljona

Providna fasada ostavlja ugodan utisak u unutrašnjosti građevine (slika 8). Danju se za osvetljenje koristi prirodna svetlost dok se noću koristi LED osvetljenje (slika 9) koje u toku dana prikuplja energija preko solarnih panela.



Slika 9. LED osvetljenje EcoARK paviljona

6. ZAKLJUČAK

Zbog velike potrošnje energije u zgradama, a istovremeno i najvećeg potencijala energetske i ekološke uštede, energetska efikasnost je danas prioritet savremene arhitekture i energetike [5].

„Poli cigla“ ima jako puno prednosti u odnosu na tipične konzervativne građevinske materijale, o kojima je bilo reči u ovom radu, što je čini jakim konkurentom istim građevinskim materijalima.

Ideja o upotrebi ovakvih fasadnih sistema zvuči veoma lepo ali da bi se sprovela u stvarnosti mora da prođe veoma dug proces.

Cilj kompanije „MINIWIZ“ je da proizvod plasira u građevinskoj industriji koja će sagledati novi inovativni pristup. Prvi korak je da pokušaju da proizvod plasiraju na Nemačko tržište, a kasnije i na celo svetsko tržište.

7. LITERATURA

- [1] http://www.miniwiz.com/miniwiz/images/stories/products/materials/pollibrick/pollibrick_brochure_english.pdf (3.11.2013)
- [2] <http://www.petreciklaza.com/reciklaza-pet-ambalaze.htm#sthash.Unjh9KZJ.dpuf> (3.11.2013)
- [3] <http://www.green3dhome.com/Community/Articles/PolliBrickInterViewPart1.aspx> (3.11.2013)
- [4] http://research.gsd.harvard.edu/drg/files/2012/04/PolliBrick_Case.pdf (3.11.2013)
- [5] Lukic, P., Tamburić, J., Stojić, D., 2012. Energy efficiency of buildings with phase change materials, Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering 10(3), 343-352, ISSN 0354-4605, DOI: 10.2298/FUACE1203343L, UDC 697.1:315.61=111

SEIZMIČKA ANALIZA DRVENIH ZGRADA PREMA EVROPSKOJ NORMI EN 1998-1:2004-EVROKOD 8-1

Slavko Zdravković¹
Dragoslav Stojić²
Stefan Conić³

Rezime

U radu je dat opšti pregled stanja Evropskih standarda za drvene konstrukcije, tj. Evrokod 5 (EC 5) s aspekta Evrokoda 8 (EC 8). U standardu se obrađuje problematika projektovanja, proračuna i izvođenja drvenih konstrukcija. Evropski propisi EC 5 i EC 8 zasnivaju se na principima graničnih stanja nosivosti, graničnih stanja upotrebljivosti i korišćenje parcijalnih koeficijenata sigurnosti. Ovde je to dato s aspekta zaštite od dejstva zemljotresa, tj. proračuna seizmički otpornih konstrukcija a koji se analiziraju u Evrokodu 8 (EC 8). Posebna pažnja je posvećena posebnim pravilima za drvene konstrukcije prema EN 1998-1:2004.(8) koja su data u Evrokodu 8 – Proračun seizmički otpornih konstrukcija, deo 1: Opšta pravila seizmičkog dejstva i pravila za zgrade.

Ključne reči: seizmička analiza, evrokod 8, EN 1998-1, drvene zgrade, granično stanje nosivosti i upotrebljivosti.

¹ Prof.dr, Akademik Srpske kraljevske asocijacije akademika, inovatora i naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul.A. Medvedeva 14 Niš

² Dr, redovni prof. Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul.A. Medvedeva 14 Niš

³ Master građ.inž. ,student doktorskih akademskih studija, Stipendista Ministarstva, saradnik u nastavi, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul.A. Medvedeva 14 Niš

1. UVOD

Evrokod EN 1998 primenjuje se za projektovanje i izvođenje zgrada i drugih građevinskih konstrukcija u seizmički oblastima sa ciljem da se u slučaju zemljotresa, obezbedi da su:

- ljudski životi zaštićeni,
- oštećenja ograničena, i
- objekti sposobni za zaštitu ljudi u upotrebnom stanju.

Ostvarivanje navedenih ciljeva je samo delimično moguće i može da se meri samo u smislu verovatnoće s obzirom na poznate frekventne i amplitudne uticaje zemljotresa koji su nepoznati i nepredvidivi. Nivo koji može da se obezbedi za različite kategorije zgrada razlikuje se od države do države, što zavisi od relativnog značaja seizmičkog rizika u odnosu na ostale rizike, kao i od globalnih ekonomskih resursa. Za projektovanje zgrada od drveta primenjuje se EN 1995 [1] kome se dodaju pravila navedena u EC 8, EN 1998-1 [2]. Prvo su navedeni pojmovi koji imaju sledeća značenja:

- **Statička duktilnost** (*Static ductility*)
Odnos između granične deformacije i deformacije na kraju elastičnog ponašanja, ustanovljen kvazi-statičkim cikličnim ispitivanjima;
- **Polukrute veze** (*Semi-rigid joints*)
Veze sa značajnom pomerljivošću (popustljivošću) čiji se uticaj mora uzeti u obzir u analizi konstrukcije prema EN 1995 (npr. veze ostvarene štapastim spojnim sredstvima);
- **Krute veze** (*Rigid joints*)
Veze sa zanemarljivom pomerljivošću (popustljivošću) prema EN 1995 (npr. lepljeni spojevi kod monolitnog drveta);
- **Veze sa štapastim spojnim sredstvima** (*Dowel-type joints*)
Veze ostvarene mehaničkim spojnim sredstvima štapastog tipa (ekseri, klamfe-sponke, zavrtnjevi za drvo sa i bez navrtke, trnovi, itd.) opterećeni upravno na svoju osu;
- **Tesarske veze** (*Carpenter joints*)
Veze kod kojih se opterećenja prenose pomoću pritisnutih površina, a bez mehaničkih spojnih sredstva (npr. veze na zasek, čep, prevez, preklop).

2. PROJEKTOVANJE SEIZMIČKI OTPORNIH ZGRADA

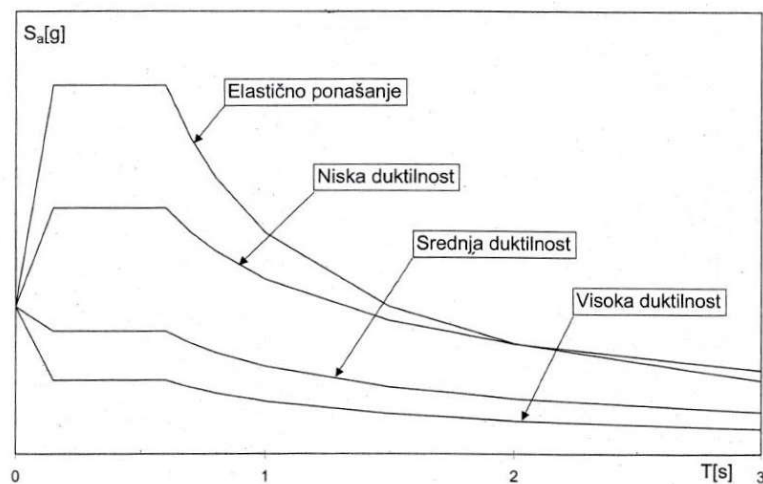
Seizmički otporne drvene zgrade moraju se projektovati prema jednom od sledećih koncepata:

- a) disipativno ponašanje konstrukcije

(dissipative structural behaviour)

b) nisko disipativno ponašanje konstrukcije
(low-dissipative structural behaviour)

Kada se koristi projektni spektar za elastičnu analizu, faktor ponašanja q se svaja tako da bude veći od 1,5 zavisno od klase duktilnosti. Prema EC 8 imamo sledeće klase duktilnosti: Niska (prigušena) L (low); srednja (ograničena) M (medium) i visoka (puna) H (high). sl.1



Slika 1.-Projektni spektri za razne klase duktilnosti

Da bi se date vrednosti faktora ponašanja mogle primeniti, disipativne zone moraju biti u stanju da se plastično deformišu tokom najmanje tri puna povratna ciklusa opterećenja tako da se dostigne vrednost statičke duktilnosti **4** za konstrukcije klase duktilnosti **M**, odnosno **6** za konstrukcije klase duktilnosti **H**, a da im pri tome nosivost ne padne za više od **20%**.

Pri upotrebi koncepta disipativnog ponašanja konstrukcije, primenjuju se sledeća pravila, koja se odnose na materijale i disipativne zone:

- samo materijali i mehanička spojna sredstva koji obezbeđuju odgovarajuće ponašanje na nisko-ciklični zamor (*low cycle fatigue*), mogu se koristiti u vezama koje se smatraju disipativnim zonama;
- lepljeni spojevi se smatraju za nedisipativne zone;

- tesarske veze se mogu primeniti samo kad obezbeđuju dovoljan kapacitet disipacije energije, a bez da predstavljaju rizik od krtog loma pri smicanju ili zatezanju upravno na vlakna. Odluka o njihovoj upotrebi mora biti zasnovana na rezultatima odgovarajućeg eksperimentalnog ispitivanja.

Zavisno od njihovog ponašanja i kapaciteta disipacije energije pod seizmičkim dejstvom, drvene zgrade se svrstavaju u jednu od tri klase duktilnosti L, M ili H, kao što je dato u tabeli 1, u kojoj su takođe date i odgovarajuće gornje granične vrednosti faktora ponašanja q .

Tabela 1.-Koncept projektovanja, tipovi konstrukcija i gornje granične vrednosti faktora ponašanja za tri klase duktilnosti

Koncept projektovanja i klasa duktilnosti	q	Primeri konstrukcija
Nizak kapacitet disipacije energije - DCL	1,5	Konzole; Grede; Luk sa dva ili tri zgloba; Rešetke spojene metalnim nazubljenim pločicama (konektorima).
Srednji kapacitet disipacije energije - DCM	2	Lepljeni zidni paneli sa lepljenim dijafragmama, spojeni ekserima i zavrtnjevima; Rešetke sa vezama ostvarenim zavrtnjevima ili trnovima; Mešovite konstrukcije formirane od drvenih okvira (koji primaju horizontalne sile) i nenosive ispune.
	2,5	Statički neodređeni portalni okviri sa vezama ostvarenim trnovima ili zavrtnjevima
Visok kapacitet disipacije energije - DCH	3	Kovani zidni paneli sa lepljenim dijafragmama, spojeni ekserima i zavrtnjevima; Rešetke sa kovanim vezama.
	4	Statički neodređeni portalni okviri sa vezama ostvarenim trnovima ili zavrtnjevima
	5	Kovani zidni paneli sa kovanim dijafragmama, spojeni ekserima i zavrtnjevima.

Ukoliko je zgrada neregularna po visini, vrednosti q faktora date u tabeli 1 treba redukovati za **20%**, pri čemu ne treba usvajati vrednosti manje od **$q=1,5$** .

U disipativnim zonama svih tipova konstrukcija trebaju biti zadovoljeni sledeći uslovi:

- u vezama drvo-drvo i čelik-drvo ostvarenim trnovima, zavrtnjevima ili ekserima, minimalna debljina elemenata koji se spajaju mora iznositi **10d**, pri čemu prečnik spojnog sredstva **d** ne sme biti veći od 12mm;
- u smičućim zidovima i dijafragmama, obložni material treba da je ploča na bazi drveta sa minimalnom

debljinom od **4d**, gde je **d** prečnik eksera koji ne sme biti veći od **3,1mm**.

Ukoliko prethodno navedeni zahtevi nisu ispunjeni, ali je osigurana minimalna debljina elementa od **8d** za slučaj a) i **3d** za slučaj pod b), treba primeniti redukovane gornje granične vrednosti faktora ponašanja **q**. Zahteva se da faktori ponašanja **q= 1,5 - 5,0** budu eksperimentalno dokazani.

U analizi konstrukcija treba uzeti u obzir pomerljivost veza, a vrednost modula elastičnosti E_0 za trenutna opterećenja (10% veći nego za kratkotrajna opterećenja).

Pravila za oblikovanje detalja primenjuju se na seizmički otporne delove konstrukcije saglasno konceptu disipativnog konstrukcijskog ponašanja (klase duktilnosti M i H).

3. PRAVILA ZA OBLIKOVANJE DETALJA VEZA

Pritisnuti štapovi i njihovi spojevi (npr. tesarske veze), koji bi mogli da otkazu usled deformacija nastalih od promene smera opterećenja, treba da budu tako projektovani da se predupredi odvajanje i obezbedi očuvanje projektom predviđenog položaja.

Zavrtnjevi i trnovi treba da budu pritegnuti i čvrsto upasovani u rupe. Zavrtnjevi i trnovi velikog prečnika (**d > 16 mm**) ne smeju se upotrebljavati u spojevima drvo-drvo i čelik-drvo, osim u kombinaciji sa drvenim moždanicima.

Trnove, glatke eksere i sponke ne treba upotrebljavati bez dodatnog obezbeđenja od izvlačenja (čupanja).

U slučaju zatezanja upravno na vlakna, potrebno je obezbediti dodatne mere da se izbegne cepanje (npr. zakovane metalne ploče ili obložne ploče od šperploče).

4. PRAVILA ZA OBLIKOVANJE HORIZONTALNIH DIJAFRAGMI

Za horizontalne dijafragme pod seizmičkim dejstvima, primenjuje se EN 1995-1-1:2004 sa sledećim izmenama:

- a) faktor povećanja od **1,2** za nosivost spojnih sredstava u ivičnim zonama obložne ploče se ne primenjuje;
- b) kada su delovi obložne ploče naizmenično (*staggered*) postavljeni, faktor povećanja od **1,5** za međurastojanje

- eksera duž diskontinualnih ivica panel-ploče ne treba primenjivati;
- c) raspodelu smičućih sila u dijafragmama treba proceniti uzimajući u obzir položaj vertikalnih elemenata za prijem bočnih sila u ravni.

Treba osigurati kontinuitet greda, uključujući i skraćene poprečne grede ("veksle") u zonama gde je dijafragma oslabljena otvorima.

Ukoliko je $ag S \geq 0,2g$, međurastojanje spojnih sredstava u zonama diskontinuiteta treba redukovati za **25%**, ali ne na vrednosti manje od minimalnih rastojanja datih u EN 1995-1-1:2004 gde je: ag - ubrzanje tla, S - maksimalna sila prema proračunu, g - gravitaciono ubrzanje.

5. DOKAZ SIGURNOSTI

Vrednosti čvrstoća drveta kao materijala treba odrediti uzimajući u obzir vrednosti k_{mod} za trenutno opterećenje, saglasno sa EN 1995-1-1:2004. Za izvođenje dokaza sigurnosti za granično stanje nosivosti kod konstrukcija projektovanih prema konceptu nisko-disipativnog ponašanja (klasa duktilnosti L), primenjuje se parcijalni koeficijent sigurnosti za svojstva materijala γ_M za osnovnu kombinaciju opterećenj iz EN 1995, a kod disipativnog ponašanja (klase duktilnosti M ili H), primenjuje se parcijalni koeficijent sigurnosti za svojstva materijala γ_M za incidentnu kombinaciju opterećenja iz EN 1995. (γ_M – parcijalni koeficijent za svojstva materijala).

U cilju obezbeđenja razvoja cikličnog tečenja u disipativnim zonama, sve druge konstrukcijske elemente i spojeve treba projektovati sa dovoljnom rezervom nosivosti. Ovi zahtevi posebno važe kod:

- ankernih elemenata, kao i bilo koji spoj za masivne podelemente
- spojeve između horizontalnih dijafragmi i vertikalnih elemenata za prijem bočnih sila.

Tesarske veze ne predstavljaju rizik od krtog loma ako je sprovedena verifikacija smičućih napona prema EN 1995 sa dodatnim parcijalnim koeficijentom sigurnosti od **1,3**.

6. KONTROLA PROJEKTA I IZVOĐENJA RADOVA

Primenjuju se pravila data u EN 1995. U grafičkoj projektnoj dokumentaciji moraju biti posebno označeni sledeći konstrukcijski elementi, za koje se moraju predvideti posebne mere kontrole prilikom izvođenja:

- ankeri za sidrenje i druge vrste spojeva za temeljne elemente;
- čelične rešetke sa zategnutim dijagonalama koje se koriste kao spregovi;
- spojevi između horizontalnih dijafragmi i vertikalnih elemenata za prijem bočnog opterećenja;
- spojevi između obložnih ploča i drvenog rama u horizontalnim i vertikalnim dijafragmama.

Posebna kontrola izvođenja radova treba da se odnosi na svojstva ugrađenog materijala, kao i na tačnost izvođenja.

7. ZAKLJUČAK

Uvođenje Evrokodova u građevinskom konstrukterstvu Evrope praktično predstavlja kraj primene koncepta dimenzionisanja konstrukcija prema dopuštenim naponima. Time će dugo primenjivani deterministički metod dimenzionisanja konstrukcija prema dopuštenim naponima biti zamenjen, novim, probabilističkim metodom graničnih stanja. Usvajanje novih metoda projektovanja, modeliranja, proračuna i ispitivanja konstrukcija, kao i razvoj savremenih materijala i tehnologija u građevinskom konstrukterstvu uslovalo je i pojavu novog, modernijeg i superiornijeg koncepta graničnih stanja. Upoređivanjem Evrokoda 5 sa domaćom regulativom koja se odnosi na projektovanje, proračun i izvođenje drvenih konstrukcija, može se zaključiti da se naši standardi skoro u svemu razlikuju od evropskih. Ali ovaj trend evropske regulative 21.veka, nadamo se biće prihvaćen i kod nas, tako da će Evrokod 5 biti i naš standard za proračun drvenih konstrukcija.

Evrokod 8 (EC 8) evropski standard za proračun seizmički otpornih konstrukcija u EN 1998 delu 1 koji se odnosi na opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, poglavlje 8 posvećeno je posebnim pravilima za drvene zgrade. Seizmičko dejstvo je

najčešće i najnepovoljnije dejstvo na konstrukcije. Zbog toga je zaštita od zemljotresa veoma važan zadatak u savremenom urbanizovanom društvu. Projektovanje i građenje seizmički otpornih konstrukcija u današnje vreme (samim tim i drvenih) nije više posebno znanje pojedinih stručnjaka i naučnika, već je to deo redovnog obrazovanja građevinskih inženjera, ali i svih drugih stručnjaka koji učestvuju u realizaciji neke građevine.

Acknowledgement: This research is financially supported by the Ministry of Education, Science and technological development of the Republic of Serbia, in the field of technological development in the period 2011-2014, and conducted in the framework of the project titled Experimental and theoretical investigation of frames and slabs with semi-rigid connections, from the view of the second order theory and stability analysis (TR 36016) at The Faculty of Civil Engineering and Architecture of University of Niš.

8. LITERATURA

- [1] ENV 1995-1-1: Eurocode 5 Design of structures Part 1-1; General rules for buildings, 1993.
- [2] EN 1998-1:2004; Eurocode 8, Evropski standardi, Proračun seizmički otpornih konstrukcija – deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, Beograd, 2009., str.165-174
- [3] Dragoslav Stojić; Evrokod 5: Proračun drvenih konstrukcija, Jugoslovensko savetovanje, evrokodovi i jugoslovensko građevinsko konstrukterstvo, generalna izlaganja, Beograd, 1995., str. 219-248.
- [4] Slavko Zdravković; Proračun drvenih konstrukcija opterećenih seizmičkim uticajima, II kongres društva građevinskih konstruktera Srbije, Aranđelovac, 1992., str. 149-154
- [5] Dragoslav Stojić, Milan Gojković; Evrokod 5: Proračun drvenih konstrukcija, drugo jugoslovensko savetovanje, evrokodovi u jugoslovenskom konstrukterstvu, generalna izlaganja EC 1 – EC 8, Beograd, 1997., str. 81-106.
- [6] Slavko Zdravković; Timber and timber structures in earthquake engineering, Internacional Timber engineering Conference, London, United Kingdom, 1991., str. 4314-4321.

FOTONAPONSKE ĆELIJE KAO DEO KROVNE KONSTRUKCIJE¹

Miloš Nedeljković²

Rezime

Fotonaponska tehnologija je omogućila dobijanje elektricne energije bez negativnih uticaja na životnu sredinu. Pored instaliranja na tlu i fasadama objekata danas se sve češće sreću i na krovnim površinama. Tehnologija tankog filma omogućila je izradu savitljivih fotonaponskih modula koji se mogu postavljati i na zakrivljenim površinama. Na taj način ovi elementi se mogu postavljati na sve vrste krovova preko krovnih pokrivača ali ih mogu i zameniti.

Ključne reči: fotonaponske ćelije, fotonaponski moduli, paneli, krov.

1. UVOD

Svest o naglom smanjenju prirodnih resursa fosilnih goriva (nafte, uglja i zemnog gasa) u prvi plan stavlja problem obezbeđivanja novih energetske resursa za proizvodnju finalne energije, pre svega električne i toplotne, ali i novih energenata za transportna sredstva. Sa druge strane, uticaj emisije štetnih gasova pri sagorevanju fosilnih goriva na životnu sredinu je dostigao zabrinjavajući nivo, tako da je smanjenje štetnih gasova u atmosferi jedan od primarnih zadataka koje treba rešiti u cilju smanjenja degradacije životne sredine. Iz navedenih razloga veliki broj zemalja u svetu, a pre svega članice Evropske Unije, preduzimaju različite

¹Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na Naučnom projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj TR 36045

² Student doktorskih studija, Master inženjer arhitekture, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Srbija

stimulativne i regulativne mere kako bi se korišćenje obnovljivih izvora energije povećalo.

Dugoročno, prelazak na obnovljive izvore energije smatra se pitanjem opstanka života, dok kratkoročno, ovakva strategija može biti jedan od načina da zemlje u razvoju prevaziđu siromaštvo, izolaciju i ekonomsku zavisnost.

Prirodni resursi koji su na raspolaganju zavise od lokalnih klimatskih uslova, te se može smatrati da su lokalne klimatske karakteristike praktično energetska bogatstva jedne zemlje. Geografska lokacija, karakteristike reljefa i meteorološki uslovi koji vladaju u Srbiji svrstavaju je u zemlje sa bogatim resursima obnovljivih izvora energije, izuzimajući energiju morskih talasa, plime i oseke.

Značajnu ulogu u korišćenju sunčeve energije imaju oblik, veličina zgrade, orijentacija, materijali koji se koriste ali i okruženje samog objekta.

Mogućnost iskorišćenja solarne energije je veoma široka. Područja solarne tehnologije su aktivno i pasivno grejanje i hlađenje u zgradama, primena u industrijskim i poljoprivrednim procesima, pretvaranju solarne energije u električnu, mehaničku i druge vidove. Na urbanim prostorima primenjuje se u domenu grejanja vode, grejanja i hlađenja prostorija, grejanja bazena itd [1,2,3].

2. FOTONAPONSKE (FN) ČELIJE

Fotonaponske ćelije proizvode električnu energiju direktno usled dejstva Sunčeve svetlosti pa predstavljaju ekološki izuzetno prihvatljive i sve zanimljiviji izvore struje.

FN-ćelija radi na bazi dva ultra-tanki sloja silicijuma koja su smeštena između dva sloja sačinjena od elektroda (sl.1). Gornji silicijumski sloj je napravljen tako da sadrži preveliki broj elektrona, a donji ima premali broj istih. Sunčeva svetlost prodire u silicijumske slojeve i aktivira elektrone koji su skupljeni na gornjoj katodi. U međuvremenu, privremeni nedostatak elektrona u silicijumskim slojevima stvara jednosmerni elektronski tok, dok se elektroni kreću prema katodi.

Postoji više vrsta fotonaponskih ćelija pri čemu monokristalne silicijumske imaju najveću efikasnost, 14-18%. Teorijska maksimalna efikasnost silicijuma je oko 30%, ali se kontinuirano radi na ispitivanju drugih materijala [4]. To znači da se preko četvrtine ukupne svetlosti koja pogodi određenu ćeliju pretvara u električnu energiju i

predstavlja veliki napredak ako se zna da je efikasnost prvih silicijumskih FN-ćelija iz 1950.-ih godina bila oko 4%.



Slika 1 – Prikaz rada fotonaponske ćelije

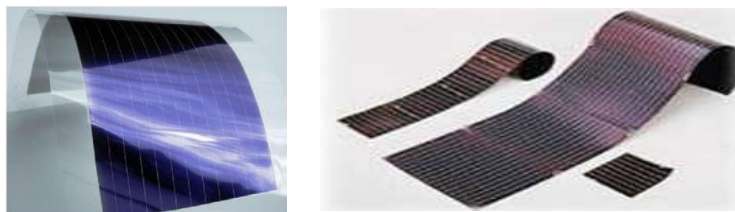
Jedini negativni uticaj na sredinu koji fotonaponske ćelije mogu imati jeste u procesu njihove proizvodnje, kada se koriste pojedini otrovni elementi kao i velike površine zemljišta koje se koristi za njihovo masovnije instaliranje [5].

3. FOTONAPONSKI MODULI NOVE GENERACIJE

Dve osnovne vrste fotonaponskih modula su moduli napravljeni od ćelija silicijuma kristalne strukture (monokristalne i polikristalne) i moduli napravljeni od ćelija amornog silicijuma (a-Si) [6].

Monkristalne, predstavljaju prvu generaciju solarnih ćelija, veoma su efikasne ali i skupe. Prepoznaju se po svojoj crnoj boji. Polikristalne zahtevaju niže troškove proizvodnje ali su manje efikasne i imaju plavu, sjajnu boju [7]. Amorfne ćelije su najmodernije ali i najmanje delotvorne.

Posebnom tehnikom se vrlo tanki slojevi amornog silicijuma nanose na fleksibilne plastične površine što ih čini posebno unapređenim jer ne postoji opasnost od skupljanja prljavštine na ivicama rama, pa su pogodni za pokrivanje krovova (sl.2).



Slika 2 – Prikaz fleksibilnog fotonaponskog panela

Ćelije se ređaju u nizove koji formiraju modul. Zavisno od mesta ugradnje, moduli mogu dalje biti smešteni u panele koji se montiraju na omotač objekta ili mogu biti sastavni deo staklenog omotača [8] i krovnog pokrivača [9].

Solarne ćelije se danas mogu proizvesti i na savitljivim folijama što u mnogome povećava njihovu ugradljivost na mestima gde to do sada nije bilo moguće. Time se omogućava veća sloboda arhitektonskog izražavanja prilikom projektovanja energetski efikasnih zgrada.

Istaživači Univerziteta u Melburnu u saradnji sa nekoliko kompanija koje se bave obnovljivim izvorima energije osmislili su specijalni „štampanč“ pomoću koga se solarne ćelije mogu „štampati“.



Slika 3 – Prikaz solarne ćelije nastale štampanjem na štampaču

Štampanč solarnih ćelija može da pretvori plastiku ili metal u fotonaponski panel, i to u rasponu od veličine nokta do veličine lista papira A3 formata (sl.3). Smatra se da će ovako nastali fotonaponski paneli moći da se koriste za proizvodnju električne energije na krovovima zgrada, staklenim površinama [6,7] i ličnim uređajima kao što su laptop ili mobilni telefon. Za samo tri godine, istraživači su uspeli da povećaju izlaznu veličinu panela sa samo 2 cm na 30cm širine.

Ovaj štampač koristi poluprovodno mastilo, a kapacitet proizvodnje mu je jedna solarna ćelija na svake dve sekunde. S obzirom da se štampanje vrši na fleksibilnim materijalima, solarne ćelije dobijene na ovaj način imaju širu primenu u odnosu na silicijumske solarne panele.

4. FOTONAPONSKI PANELI INSTALIRANI U KROVOVIMA OBJEKATA

Razvoj fotonaponskih sistema doveo je do proizvodnje panela raznih oblika, boje, prozirnosti, energetskih karakteristika itd. Novi tehnološki razvoj dozvoljava radikalne promene u dizajnu završne obloge arhitektonskog objekta. Projektujući spoljašnjost zgrade

moramo biti svesni da je upotreba fotonaponskih modula veoma važna i danas lako dostupna. Omotač zgrade treba da zadovolji mnoge aspekte. Da bi se postigle dobre performanse zgrade, fotonaponski proizvodi ne treba samo da proizvode energiju već da zadovolje i niz drugih kriterijuma. Sistemi koji se danas koriste u omotaču zgrade moraju da obezbede termičku i hidroizolaciju, zaštitu od sunca, buke i svetlosti, kao i bezbednost.

Pored primene FN panela kao samostalnih ali i na fasadama kako novoizgrađenih objekata tako i pri rekonstrukcijama postojećih [6] danas se sve češće postavljaju u krovovima objekata. Mogu se postaviti na već postojeće krovove ali se i integrisati u sam krovni pokrivač i na taj način zameniti krovne pokrivače. Zahvaljujući fotonaponskim panelima krov je u stanju da proizvede ekološki potpuno čistu električnu energiju.

Iako se fotonaponski paneli izrađuju u raznim oblicima i veličinama, ono što je posebno kod novorazvijenih solarnih krovnih panela jeste da su oni manje ili više u ravni sa okolnom krovnom pokrivačem, što rezultira u nepromenjenoj estetici krova (sl.4).

Iako izgleda kao da su izuzetno tanki, ovi fotonaponski paneli su u stvari postavljeni u sam krov, i tako zamenjuju crep. Sistem je primenjiv na skoro svakoj vrsti krova i koristi aluminijumski lim da stvori barijeru između panela i crepa. Panel veličine četiri crepa može da generiše do 55W električne energije.

Ventilacioni sistem ugrađen u zadnji deo panela ih održava hladnim, što je potrebno jer toplota zapravo kompromituje njihovu efikasnost.



Slika 4 – Izgled fotonaponskog panela koji zamenjuje crep

Krovovi predstavljaju velike površine koje se uglavnom ne koriste i prema tome idealne su za postavljanje fotonaponskih sistema. Obično je na njima bolja osvetljenost nego na nižim nivoima zgrade ili na tlu. Fotonaponski paneli produžavaju vek trajanja krovnog pokrivača štiteći ga od ultraljubičastih zraka i uticaja vode.

Fotonaponski sistemi se mogu ugraditi na sve tipove krovova, ali pri tome mora se napraviti razlika između ravnih, staklenih i kosih krovova.



Slika 5 – Izgled fotonaponskog panela postavljeno na ravan krov

Prednost ravnih krovova je laka dostupnost, laka instalacija ali i slobodan izbor za orijentaciju panela (sl.5). Prilikom montiranja sistema mora se voditi računa da se ne poremeti površina krova i oštete slojevi termičke i hidroizolacije. Takođe se mora uzeti u obzir težina instaliranih panela, kao i uticaj vetra.

Konstrukcije staklenih krovova su obično jedno od najinteresantnijih mesta za primenu fotonaponskih sistema. Oni pružaju difuziju svetla u zgradi, dok obezbeđuju nenametljivu površinu za instalaciju fotonaponskih modula u lameliranom staklu (sl.6). Kod staklenih krovova mogu se birati FN moduli različite transparentnosti.



Slika 6 – Izgled fotonaponskog panela postavljenog na stakleni krov

Kosi krovovi su dobra podloga za instalaciju fotonaponskih sistema. Postoje dva načina postavljanja FN modula: na postojeću krovnu konstrukciju i integrisanje panela u krov.



Slika 7 – Izgled fotonaponskog panela integrisanog u krovnu konstrukciju

Kod postavljanja na postojeću krovnu konstrukciju paneli se pričvršćuju za krovne nosače elementima od pocinkovanog čelika, aluminijuma, plemenitog čelika ili bakra. Ovakva "sidra" postavljaju se iznad krovne konstrukcije i pridržavaju ležišta fotonaponskih panela.

Drugi način je postavljanje FN modula integriranjem u već postojeću krovnu konstrukciju, odnosno oni sami čine deo krovne konstrukcije. Ovakav način je estetski prihvatljiviji. Idealan trenutak

za postavljanje ove "integrisane postavke" fotonaponskih panela predstavlja vreme kad je ujedno potrebno i sanirati krovni pokrivač (sl.7).

5. PRIMERI OBJEKATA SA FN PANELIMA U KROVU

5.1 Ekološka osnovna škola u Francuskoj



Slika 8 – Prikaz fotonaponskog panela instaliranih na krovu osnovne škole

U gradu Montrottier, na jugozapadu Francuske nalazi se održivi vrtić i osnovna škola u blizini gradskog jezgra (sl. 8).

Plan za ovaj projekat uključuje načela pasivnog solarnog dizajna, prirodnu ventilaciju, efikasne sisteme za korišćenje električne energije i krovnu fotonaponsku elektranu. Za gradnju su korišćeni samo materijali lokalnog porekla.

Da bi se smanjila potrošnja električne energije, škola je dizajnirana tako da tokom zimskih meseci maksimalno koristi energiju sunca, a leti je enterijer u prijatnoj hladovini zahvaljujući roletnama.

Zidovi su obloženi drvenim pločama iz obližnje borove šume, čime je obezbeđena vrhunaska izolacija. Objekat zagreva kotao na biomasu koji se koristi i za zagrevanje obližnjeg kulturnog centra. U objektu je instaliran pametan sistem koji prati potrošnju električne energije i koji informiše o trenutnom kvalitetu vazduha u učionicama, kao i kada treba otvoriti prozore da bi se uveo svež vazduh.

Fotonaponski sistem na krovu objekta proizvodi dvostruko više električne energije nego što je školi potrebno, pa se višak šalje u elektrodistributivnu mrežu. Delovi krova koji nisu pod fotonaponskim panelima prekriveni su zemljom koja pomaže pri oticanju atmosferskih voda.

Ovaj projekat je primer održive gradnje, upotrebe obnovljivih izvora energije, a u isto vreme i brige o deci i njihovom zdravlju [10].

5.2 Solarna kuća u Americi stara tri decenije



Slika 9 – Prikaz fotonaponskog panela instaliranih na krovu porodične kuće

U doba prve energetske krize u Americi, tačnije 1984. godine, mladi naučnik Amori Lovins je na Stenovitim planinama u Koloradu sagradio kuću zasnovanu na tada radikalnim idejama (sl. 9). Ideja vodilja bila mu je da bi država mogla da uštedi puno energije i novca kombinovanjem zdravog razuma i nekonvencionalnih tehnologija. U pogledu energetske efikasnosti, Lovins je puno postigao i mnoge njegove inovacije su sada svakodnevna pojava u održivoj gradnji. Kuća je dizajnirana tako da maksimalno iskoristi tehnologije za upotrebu obnovljivih izvora energije dostupne u to vreme i bude izuzetno energetski efikasna.

Na niži, glavni deo krova postavljena su dva fotonaponska sistema, svaki sa po pet panela ukupne snage 2kW. Paneli imaju opciju za podizanje i spuštanje kako bi pod što boljim uglom primili što više sunčeve energije. Njihovom godišnjom proizvodnjom zadovoljava se trećina potreba domaćinstva za električnom energijom. Savremeni fotonaponski paneli uspevaju da proizvedu mnogo više električne energije, pa je tokom renoviranja 2009. godine, na istočni deo krova je ugrađen dodatni fotonaponski sistem snage 6kW.

Za zagrevanje vode koriste se solarni kolektori koji su na severni deo krova instalirani kada je kuća sazidana 1984. godine. Ovi paneli su samo deo sistema koji zagreva vodu za kućnu upotrebu. Princip kojim se unutrašnjost kuće zagreva je [pasivno-solarni](#).

Nakon skoro tri decenije, ova kuća je i dalje jedna od energetski najefikasnijih. Mnogi od osnovnih arhitektonskih principa

koji su primenjivani na njenoj izgradnji su sada postali standardi u zelenoj gradnji, a većina tehnologija je danas dostupnija.

5.3 Održiva montažna kuća u Kanadi



Slika 10 – Prikaz fotonaponskog panela instaliranih na krovu montažne kuće

ECHO je modularna stambena jedinica sa nultom potrošnjom energije izgrađena tako da izdrži oštru klimu Kanade (sl. 10). Izradili su je kanadski studenti sa Univerziteta Queen's i Carleton zajedno sa studentima sa Fakulteta Algonquin za takmičenje u dizajniranju i gradnji održivih objekata Solar Decathlon.

Pomoću 30 fotonaponskih panela ova kuća proizvede jednaku količinu električne energije koju i potroši u periodu od godinu dana. Fotonaponski paneli su nominalne snage 260W i sastoje se od 60 visoko-kvalitetnih monokristalnih ćelija. Svaki panel poseduje mikroinverter koji omogućava maksimalnu izlaznu snagu, što je veoma korisno tokom dugih zimskih meseci.

Pored toga što se korišćenjem obnovljivih izvora energije postiže impresivan nivo održivosti, zidovi u kući su ispunjeni izolacijom od ekspandiranog polistirena (EPS), koji je proizveden bez upotrebe materijala koji zagađuju vazduh. Napravljen je razmak između polistirena i spoljašnjeg zida koji je ispunjen vazduhom i koji ima ulogu smanjenja rizika od nastanka plesni i preranog propadanja drveta.

5.4 Energetski nezavisna montažna kuća u Kaliforniji



Slika 11 – Prikaz fotonaponskog panela instaliranih na ravnom krovu montažne kuće u Kaliforniji

Arhitektonska kompanija Taalman Koch iz Los Anđelesa bavi se dizajniranjem i izradom montažnih kuća. Posebno je zanimljiva nedavno montirana ekološka kuća u Kaliforniji koja nosi naziv itHouse.

Kuća je potpuno energetski nezavisna (sl.11). Sva potrebna električna i toplotna energija se proizvodi na licu mesta pomoću fotonaponskih panela, kao i solarno-termalnog sistema. U njoj se koristi pasivno grejanje i hlađenje, podno grejanje, prirodna ventilacija i energetski efikasni električni aparati i oprema za domaćinstvo. Vodu u dvorišnom bazenu takođe zagreva solarno-termalni sistem.

Ovaj tip ekoloških montažnih kuća ima minimalni uticaj na životnu sredinu.

6. ZAKLJUČAK

Solarna energija ima brojne prednosti pred drugim oblicima energije, pogotovo u zemljama sa velikom godišnjom dozračenosti energije kao što je Srbija:

energija je potpuno čista i korišćenjem ne stvara nikakvo daljnje onečišćenje, ne upotrebljavaju se fosilni oblici energije, sistemi su jednostavni za instalaciju, minimalno održavanje, nema pokretnih delova koji se troše, moduli imaju relativno dug životni vek, osigurava se energetska nezavisnost.

Uzevši u obzir da fotonaponski sistemi zahtevaju nešto veće početno ulaganje, potrebno je napomenuti kako su najisplativiji mrežni sistemi, zbog prodaje proizvedene električne energije distributeru, koji energiju otkupljuje po višim cenama od tržišne. Cene otkupa izražene su u tzv. „feed-in“ tarifama čime se i Srbija pridružila razvijenim zemljama sveta.

7. LITERATURA

- [1] *Solarna energetika i održivi razvoj*, J. Radosavljević, T. Pavlović, M. Lambić, Građevinska knjiga, Beograd, 2004., str. 271-335.
- [2] *Aktivni prijemnici sunčeve energije*, M. Jovanović, Nauka+Praksa, br. 12, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2009., str. 72-75.
- [3] *Bioklimatska Arhitektura*, M. Pucar, Posebna Izdanja IAUS br.45, Beograd, 2006.
- [4] *Dvostruke fasade kao korak ka energetske održivim objektima*, V. Milošević, D.Đurić.-Mijović, Nauka+Praksa, br. 13, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2010., str. 81-84.
- [5] *Solarna arhitektura*, M. Lukić, Naučna knjiga, Beograd, 1994.
- [6] *Integracija fotonaponskih modula u fasadni omotač zgrade*, D. Jovanović, D.Đurić.-Mijović, Nauka+Praksa, br. 14, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2011., str. 9-14
- [7] *Design and Construction Possibilities for Photovoltaic Integration in Envelopes of New and Existing Buildings*, A. Krsić, Spatium, br. 15-16, Beograd, 2007., str. 37-43.
- [8] *Architectural glass: types, performance and legislation*, J. Savić, D. Đurić-Mijović, V. Bogdanović, Facta Universitatis: Architecture and Civil Engineering, 2013., Vol. 11, No. 1, str. 35-45.
- [9] *Uticaj naprednih materijala na energetske efikasnost prostora ispod krova*, D. Kostić, J. Savić, V. Milošević, zbornik radova sa konferencije „Fasade i krovovi u zgradarstvu, savremeni i tradicionalni materijali i sistemi u funkciji energetske efikasnosti, trajnosti i estetike“, Beograd, 2013, str. 113-126.
- [10] *Remodeling kindergartens in the context of energy efficiency*, V. Nikolić, V. Milošević, D. Stanković, conference proceedings „5th International conference on contemporary problems of architecture and construction“, Saint Petersburg, 2013, str. 83-87.
- [11] <http://www.ekokuce.com/> 30.10.2013.
- [12] <http://www.izvorienergije.com/> 21.12.2010.

PRIMENA OPTIČKIH VLAKANA ZA UVOĐENJE SVETLOSTI U OBJEKTE

Snežana Đorić-Veljković¹
Sofija Rančić²
Predrag Janković³

Rezime

Imperativ našeg vremena je svakako ušteda energije i zaštita prirode, a tome svakako doprinose inovativni sistemi za uvođenje dnevne svetlosti u objekte, kao i energetske efikasne izvori veštačke svetlosti. S obzirom da veća primena dnevne svetlosti može u mnogome da doprinese smanjenju potrošnje električne energije, sve više se razvijaju tehničke inovacije koje omogućavaju da se dnevna svetlost uvodi i u delove objekta bez prozora kao i u dublje delove prostorija, a jedna od takvih inovacija je i primena optičkih vlakana za uvođenje dnevne svetlosti u objekte. Pored toga, optička vlakna se uz energetske efikasne LED izvore mogu koristiti i za unutrašnje veštačko osvetljenje, a pre svega za dekorativno osvetljenje. U ovom radu su date neke od mogućnosti primene optičkih vlakana za uvođenje dnevne svetlosti u objekte kao i mogućnosti korišćenja optičkih vlakana u unutrašnjem veštačkom osvetljenju.

Ključne reči: dnevna svetlost, veštačko osvetljenje, optička vlakna, polimetilmetakrilat, ušteda energije

¹ Dr Snežana Đorić-Veljković, vanredni profesor, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet

² Dr Sofija Rančić, docent, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet

³ Dr Predrag Janković, docent, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet

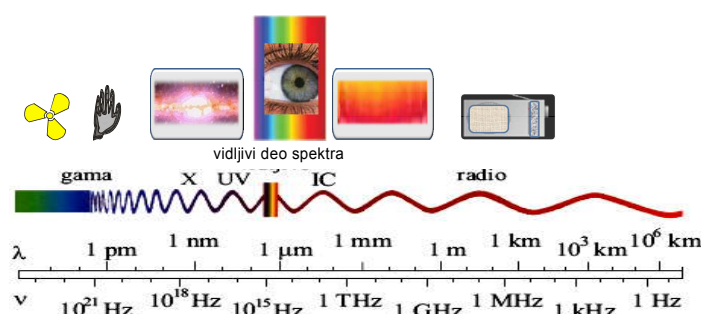
1. UVOD

Istraživanja su pokazala da je čovekov životni ritam u bliskoj vezi sa ritmom smene svetlosti i tame i na dnevnom i na godišnjem nivou. Svetlost prenosi energiju i utiče na ponašanje i funkcionisanje svih živih bića, a svakako utiče i na čoveka. Tako je svetlost suštinska biološka i fiziološka komponenta čovekovog života koja omogućava poimanje prostora, oblika i boja, pa se pomoću nje upoznaje svet i sve što se u njemu nalazi. Pošto je svetlost neophodna da bi se stvari u prostoru videle, da bi se obavio bilo kakav radni zadatak, onda se uvođenje svetlosti u arhitektonske prostore može smatrati veoma važnim. Pri tome treba težiti stvaranju humanog, higijenskog i bezbednog prostora i voditi brigu o tome da se u nekom objektu funkcija mora nesmetano da odvija, ali i da treba obezbediti određene mikroklimatske karakteristike prostora u kojima će ljudi boraviti ili raditi. S obzirom da je u objektima koji su komforni i prijatni za rad produktivnost zaposlenih veća, stalna je težnja ka poboljšanju uslova rada, pri čemu je jasno uočeno da dnevna svetlost doprinosi tom cilju, što potvrđuju i radovi istraživača [1, 2]. Takođe, u dobro osvetljenim učionicama se može uočiti i bolja koncentracija i bolji uspeh studenata ili učenika. Osim toga, svetlost sunca je poželjna i iz zdravstvenih razloga, pri čemu je veoma važan efekat svetlosti vezan za funkciju ljudskog oka i uticaj kako na opštu fizičku, tako i na psihičku kondiciju [3-5].

Pored svega navednog, veoma je važno istaći da veća primena dnevne svetlosti može u značajnoj meri da doprinese smanjenju potrošnje električne energije. Time se ostvaruje i imperativ današnjeg vremena, a to je očuvanje životne sredine. Prema podacima dostupnim u literaturi, približno 19% ukupne potrošnje električne energije koristi za osvetljenje, a za javno osvetljenje (uglavnom ulice) nešto više od 2,3% ukupne svetske potrošnje [6]. U Srbiji se u domaćinstvima koristi oko 56% ukupne potrošnje energije, a na osnovu merenja je pokazano da se za osvetljenje koristi više od 10% te energije utrošene u domaćinstvima [7, 8]. U cilju uštede energije danas se u svim sferama preduzimaju odgovarajuće aktivnosti i razvijaju novi proizvodi [9, 10], koriste se energetske efikasni izvori svetlosti, sofisticirani sistemi za kontrolu osvetljenja, ali se i sve više insistira i na adekvatnom korišćenju prirodne - dnevne svetlosti. U tom cilju se, osim klasičnog načina za pasivno korišćenje dnevne svetlosti, radi na pronalaženju novih načina za uvođenje dnevne svetlosti u objekte.

2. PRIRODA DNEVNE SVETLOSTI

Pre svega, treba napomenuti da prirodna (dnevna) svetlost po svojoj prirodi predstavlja elektromagnetni talas koji stvara osećaj u čulu vida, odnosno predstavlja vidljivi deo spektra sunčevog zračenja, koje nakon ulaska u Zemljinu atmosferu prolazi kroz niz transformacija. Ujedno, ovaj vidljivi deo spektra predstavlja samo jednu malu oblast u širokom spektru elektromagnetnih talasa [11], što to je i ilustrovano na slici 1.



Slika 1. - Spektar elektromagnetnih talasa

U opštem smislu i elektromagnetni talasi čija je talasna dužina u blizini opsega vidljive svetlosti - infracrveni i ultraljubičasti, pripadaju optičkom delu spektra (slika 1.). Poznavanje čitave ove oblasti optičkog zračenja može biti od interesa za arhitekte i inženjere građevinarstva jer se toplotno odnosno infracrveno zračenje, koje se nalazi u području talasnih dužina od oko 0.7 - 100 μm, u građevinarstvu može koristiti za detekciju vlage i pukotina na ravnim krovovima, prisustvo vlage u zidovima, kontrolu cevi i vodova, analizu toplotnih mostova, obezbeđivanje informacija za renoviranje građevninskog objekta, a sve više i za analizu toplotnih gubitaka i dobitaka u objektima [12, 13]. S druge strane, ultraljubičasto zračenje obuhvata elektromagnetno zračenje sa talasnim dužinama manjim od onih koje ima vidljiva svetlost, tj. obuhvata talasne dužine od 10 - 400 nm, a ovim manjim talasnim dužinama odgovara veća frekvencija, a time i veća energija talasa prema relaciji:

$$E = h \frac{c}{\lambda} = h \nu \quad (1)$$

gde je: h - Plankova konstanta $6.625 \cdot 10^{-34}$ Js, c - brzina svetlosti u vakuumu, λ - talasna dužina, ν - frekvencija. Zbog veće energije

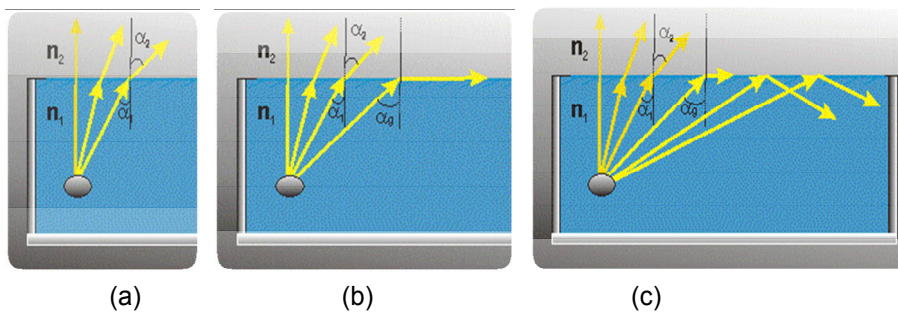
ultraljubičasto zračenje može da dovede do promene svojstava materijala (prouzrokuje da promeni boju - izbledi neka od površina, što je dobro poznata pojava). Zato ovo zračenje nije poželjno u objektima kao što su galerije, muzeji, a može da se eliminiše uvođenjem dnevne svetlosti pomoću nekih od inovativnih sistema. Razvojem tehnologije materijala koji dobro i efikasno reflektuju sunčevu svetlost i odgovarajućih sistema za prenos i distribuciju svetlosti omogućeno je uvođenje dnevne svetlosti u zatvorene prostore objekata i gde to ranije nije bilo moguće, u dovoljnoj meri ili uopšte, na konvencionalan način kroz zastakljene površine [14].

Od svih inovativnih sistema za obezbeđenje dnevnog osvetljenja najuniverzalniju primenu imaju cevni svetlovodi - Tubular Daylight Guidance Systems. Kod ovih sistema prirodna svetlosti se kolektorima prikuplja sa površine objekta i uvodi u unutrašnjost pomoću cevi (obloženih reflektujućim materijalom) i distribuira u unutrašnjost pomoću uređaja koji omogućavaju ravnomerniju raspodelu svetlosti u osvetljavanom prostoru - difuzora [15, 16]. Takođe, u podrumске prostorije je moguće dodatno uvesti dnevno svetlo i pomoću sistema ogledala (Mirrorshaft), kod koga su u moduo na odgovarajući način postavljena ogledala tako da usmeravaju sunčevo zračenje u željenom pravcu [17]. Pored ovih sistema svakako da pažnju zaslužuju i sistemi kod kojih se svetlost uvodi pomoću optičkih vlakana.

3. OPTIČKA VLAKNA

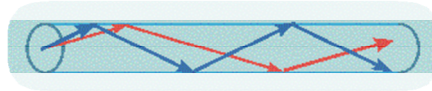
Dobro je poznato da optička vlakna predstavljaju osnovni medijum za prenos podataka u svetlovodima, koji imaju široku primenu u informacionim tehnologijama, zbog svojih dobrih karakteristika kao što su otpornost na različite smetnje i bezbednost u procesu prenosa podataka, a pre svega malo slabljenje signala. Princip prenošenja signala se zasniva na efektu totalne refleksije koji se može javiti kada svetlost prelazi iz optički gušće u optički ređu sredinu. Iako se svetlost prostire pravolinijski kada prelazi iz jedne sredine određene optičke gustine u sredinu druge optičke gustine dolazi do promene pravca prostiranja, što je i definisano Snelijus-Dekartovim zakonom $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$, gde je n_1 indeks prelamanja sredine iz koje dolazi svetlost, n_2 indeks prelamanja sredine u koju prelazi svetlost, a α_1 i α_2 upadni i prelomni ugao, respektivno (slika 2.a). Ukoliko svetlost prelazi iz optički gušće u optički ređu sredinu ($n_1 > n_2$) prelomni ugao je veći od upadnog i kada je upadni ugao veći od nekog graničnog ugla (slika 2.b) dolazi do

pojave totalne refleksije, tj. granična površina se ponaša kao površina ogledala (slika 2.c).



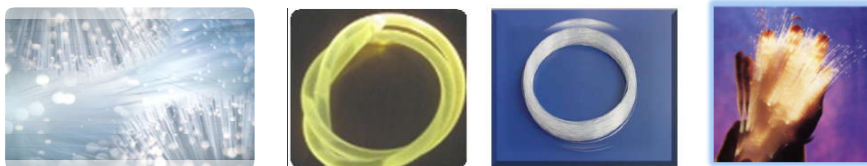
Slika 2. – Prelamanje svetlosti i totalna refleksija

Ova pojava konstantnog odbijanja svetlosti od obloga jezgra koje se ponašaju kao ogledalske površine ukoliko svetlost upada pod uglom većim od graničnog ugla je i primenjena u optičkim vlaknima za prenošenje signala (slika 3), pri čemu su korišćeni elektromagnetni talasi u optičkom delu spektra talasne dužine oko jednog mikrometra (850 nm, 1310 nm i 1550 nm).



Slika 3. – Princip prenošenja signala kroz optičko vlakno

Mada je ideja prenošenja i vidljivog dela spektra (360 nm – 780 nm) odavno postojala za njenu komercijalnu realizaciju trebalo je da se reše i odgovarajući tehnički problemi [18]. Sa tehnološkim razvojem postala je moguća i primena optičkih vlakana od polimetilmetakrilata (PolyMethylMethAcrylata - PMMA), plastične mase koja ima veliku dielektričnu konstantu, potrebnu čvrstoću, veliku prozirnost, vodootpornost i otpornost na rastvore neorganskih soli. Vlakna od PMMA su presvučena fluorovanim polimerom (slika 4) i imaju znatno manje slabljenje nego staklena vlakna pri prenošenju elektromagnetnih talasa čije su talasne dužine u vidljivom delu spektra. PMMA plastična masa prenosi 95.6% svetlosti po metru dužine i snopovi vlakana načinjeni od ove plastične mase mogu da prenose svetlost i na rastojanu od dvadesetak metara. Naravno, što su duži snopovi veći su i gubici, pa tako nakon 10 m dužine preostaje 64% svetlosti, dok posle 20 m preostaje svega 40% svetlosti.



Slika 4. – Optička vlakna od PolyMethylMethAcrylata

3. PRIMENA OPTIČKIH VLAKANA OD PMMA

Zbog svojih dobrih osobina optička vlakna od PMMA su našla primenu u povezivanju digitalnih kućnih aparata, u kućnim mrežama, mrežama u kolima, ali se mogu primenjivati i za uvođenje dnevne svetlosti u objekte, a sve više se primenjuju i za veštačko osvetljenje.

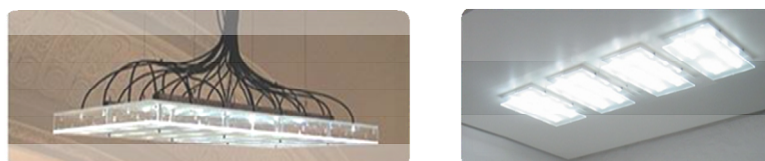
Kada se radi o primeni u sistemima za uvođenje dnevne svetlosti u objekte, pored fleksibilnih optičkih vlakana kojima se svetlost prenosi, veoma važni su i odgovarajuća oprema i instalacije za prikupljanje direktne sunčeve svetlosti preko solarnih risivera - prijelnika (slika 5) koji se nalaze na krovovima ili fasadama zgrada i kanališu je unutar objekta [19].



Slika 5. – Solarni prijelnici

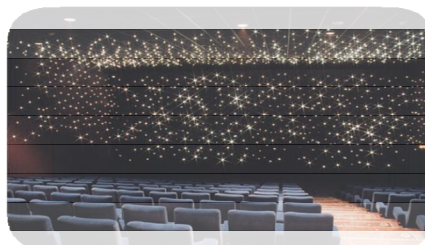
Prikazani solarni prijelnici su površine 1 m^2 i s obzirom da svetlost mora da bude strogo usmerena pre ulaska u optička vlakna na risiverima se nalaze po 64 sočiva, ali i 3 mala motora koji se koriste da bi sočiva mogla da se kreću i prikupljaju direktno sunčevo zračenje. Kretanje samih sočiva je zapravo kontrolisano fotosenzorima kojima se kontinualno prikupljaju podaci o pravcu upada sunčevih zraka, a zatim se sočiva usmeravaju u željenom pravcu. Iako je potrebna snaga motora za pokretanje sočiva manja od 2 W sistem nije autonoman već mora da postoji dovedena električna instalacija, odnosno treba obezbediti sistem za napajanje.

Takođe kod ovakvih sistema za uvođenje dnevne svetlosti, za distribuciju svetlosti u unutrašnjosti objekta mogu da se koriste posebno dizajnirani izlazni uređaji (slika 6). Pri tome postoje različiti tipovi izlaznih uređaja – oni koji uvode samo prirodno svetlo, ali i hibridni modeli kod kojih je kombinovano dobijanje sunčeve svetlosti i svetlosti fluorescentnih ili LED izvora [17, 20, 21].



Slika 6. – Izlazni uređaji sistemima za uvođenje dnevne svetlosti

Kada se govori o primeni optičkih vlakana svakako treba pomenuti korišćenje “side emitting fibre” za diskretno naglašavanje kontura bazena i za postizanje željenih svetlosnih efekata pod vodom. Takođe treba naglasiti i primenu optičkih vlakana za dekorativno osvetljenje, pri čemu je sigurno najpoznatija primena za tzv. zvezdano nebo - “star ceiling”, kao što je prikazano na slici 7 [22].



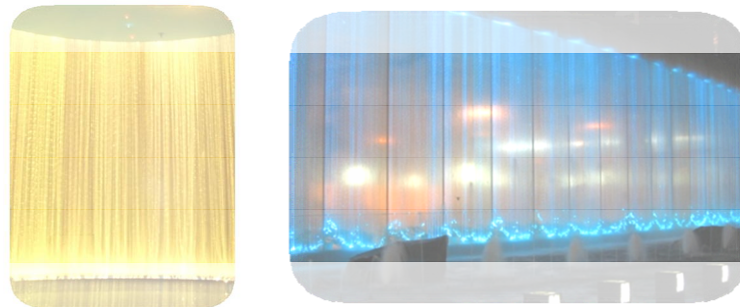
Slika 7. – Primena optičkih vlakana za “zvezdano nebo”

Međutim, danas se na tržištu mogu naći i lusteri sa optičkim vlakanima koji deluju posebno efektno (slika 8). Pored toga optička vlakna se sve više koriste i za određene dekorativne instalacije, pa i za pokrivanje čitavih površina snopovima optičkih vlakana oblikovanim u najrazličitije forme (slika 9) [23]. Pri tome boja svetlosti može da se menja, a svetlost može i da bude treperava – da se koristi efekat svetlucanja. Da bi se ovakvi dinamički efekti postigli, u svakoj od instalacija sa optičkim vlaknima, veoma je važan iluminator koji treba da omogućava veoma visok kvalitet performansi emitovane svetlosti. U zavisnosti od zahteva i namene korišćeni izvori svetlosti mogu da budu

različite snage, u opsegu od metal-halogenih lampi od 250 W, do energetski efikasnih LED izvora čija je snaga samo par vati.



Slika 8. – Lusteri sa optičkim vlakanima



Slika 9. – Zavesa sa snopovima optičkih vlakana

4. ZAKLJUČAK

Da bi se maksimalno iskoristile prednosti prirodne svetlosti, uštedela energija i povećala iskorišćenost prostora a samim tim i vrednost objekata, stalno se radi na pronalaženju novih mogućnosti i načina za što efikasnijim korišćenjem prirodne svetlosti. Sa tehnološkim razvojem odgovarajućih materijala i primenom adekvatne opreme postalo je moguće da se obezbedi odgovarajući nivo prirodne svetlosti u svim delovima zgrade. Iako je ideja prenošenja i vidljivog dela spektra odavno postojala njena komercijalno prihvatljiva realizacija trebalo je postala moguća sa razvojem optičkih vlakana od plastičnih masa kao što je PMMA. Ova optička vlakna su pored primene u drugim sferama našla svoju primenu i u sistemima za uvođenje dnevne svetlosti u objekte, ali se sve više, uz odgovarajuće energetske efikasne izvore svetlosti, primenjuju za vrlo efektne dekorativne elemente i instalacije.

5. LITERATURA

- [1] Kenan Eren Sansal, Basak Zeynep Edes, and Ayla Ogus Binatli: *Effects of Indoor Lighting and Social Support on The Probability of Depression in a Population of Turkish Adolescents: A Comparison*, Proc. of Balkan Light 2012, October 3-6, Belgrade, Serbia, pp. 231-236
- [2] Edwards L. and Torcellini P., *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*, Ebook, 2002, Available at: scribd.com (2012)
- [3] Aikaterini Drakou, and Aris Tsangrassoulis: *Occupants' Satisfaction and Preference With Regard to Daylighting Conditions In Greek Residential Buildings*, Proc. of Balkan Light 2012, October 3-6, 2012, Belgrade, Serbia, pp. 297-304
- [4] K.M.J. Farley, and J.A. Veitch: *A Room with a View: A Review of the Effects of Windows on Work and Well-Being*, Institute for research in Construction, Ottawa (2001)
- [5] H. Alzoubi, S Al-Rqaibat, R.F. Bataineh: *Pre-versus post occupancy evaluation of daylight quality in hospitals*, Building and environment, vol. 45, pp. 2652-2665 (2010)
- [6] Miomir Kostic, and Lidija Djokic: *Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting*, vol. 34, Energy, pp. 1565–1572 (2009)
- [7] Antonela Solujic: *National Energy Efficiency - Actiona Plan Republic of Serbia*, February 22, 2010, Vienna, <http://www.energy-community.org/pls>
- [8] Dragan D. Vučković, Miodrag S. Stojanović, Miloš M. Božić and Predrag D. Rančić: *Residential Lighting Consumption and Saving Potential in Serbia*, Proc. of 4th International Balkan Conference on Lighting, October 7-9, 2008, Ljubljana, p. 42
- [9] S. Đorić-Veljković, and J. Karamarković: *Challenges and Possibilities of Application of OLED Light Sources*, Proc. of International Conference Innovation as a Function of Engineering Development, November 25-26, 2011, Niš, pp. 103-108
- [10] Snežana Đorić-Veljković and Sofija Rančić: *Innovative Systems and Installation for Providing of Light Into the Buildings*, Zbornik radova III Naučno-stručnog simpozijuma Instalacije & Arhitektura I&A, novembar 2012, Beograd, pp. 183-189

- [11] J. Karamarković: *Fizika*, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, 2005
- [12] Snežana Đorić-Veljković: *Priroda i svojstva elektromagnetnog zračenja i termografija*, Zbornik radova I Naučno-stručnog simpozijuma Instalacije & Arhitektura I&A, 2010, Beograd, pp. 273-282
- [13] Infrared Guidebook For Building Applications, FLIR Systems AB, 2009 www.flir.com
- [14] Snežana Đorić-Veljković, Sofija Rančić, Predrag Janković, Bojan Rančić, *Using Novel Systems and Installations for Introducing Daylight*, Proc. of 9th Scientific Technical Conference Contemporary theory and Practice in Building Development, Banja Luka, 11. -12. April, 2013, pp. 405-413
- [15] M.A. Marwaee, D.J. Carter: *A field study of tubular daylight guidance installations*, Lighting Research and Technology, 2006, vol. 38, pp. 241-258.
- [16] Garcia Hansen, V. Edmonds: *Natural Illumination of Deep-Plan Office Buildings: Light Pipe Strategies*, Proc. of ISES Solar World Congress, 2003, Göteborg, Sweden
- [17] <http://www.limitless.uk.com>
- [18] P. Polishuk, *Plastic Optical Fibers Branch Out*, IEEE Communications Magazine, 44, no. 9, pp. 140 – 148 (2006)
- [19] M. Mayhoub, D. Carter: *Towards hybrid lighting systems: a review*, Light Res Technol, vol. 42, no. 1, pp. 51-71 (2010)
- [20] Özlem Sümengen, Faruk Uyan, Feride Şener, Alpin Yener, *Study on Lighting in Intelligent Residential Buildings in the Frame of EU Directive 2010/31/EU*, Proc. of Balkan Light 2012, October 3-6, 2012, Belgrade, Serbia, pp. 297-304
- [21] Mohammed Mayhoub, David Carter: *A feasibility study for hybrid lighting systems*, Building and Environment, 53, pp. 83-94 (2012)
- [22] Bernhard Mann, Mladen Supic, *EFO (Efficient Fiber Optics) From Accentuation to Illumination*, Zbornik radova srpskog društva za osvetljenje 2007
- [23] <http://www.wiedamark.com/fiberopticwaterfallcurtain>

UDK:502.171:546.212+502.175(497.11 Toplica)

HIDROLOŠKO HIDRAULIČKA ANALIZA REKE TOPLICE ZA POTREBE MODELIRANJA KVALITETA VODE

Dragan Milićević¹
Sreten Tomović²
Miloš Trajković³

Rezime

U implementaciji Okvirne direktive o vodama simulacioni modeli imaju nekoliko važnih i veoma zanimljivih mogućnosti primene. Pre svega, preko simulacionih modela može se kvalitetnije izvršiti interpretacija rečnog statusa, mogu se detektovati uzroci promene statusa i mogu biti optimizirane metode procene. Matematičko modeliranje prate značajni istražni radovi koji su osnova svakog uspešnog simuliranja i prognoziranja stanja vodnih resursa. Prvi korak detaljne studije kvaliteta voda na slive je prikupljanje svih raspoloživih podataka o sistemu, a prvi korak u razvoju model za praćenje i upravljanje kvalitetom vode u vodotocima na slivu metodom "propagacije zagađenja" je razvoj i kalibracija hidrauličkog modela i provera hidrauličkih podataka. U ovom radu su prikazani rezultati hidrološko hidrauličke analize reke Toplice koja je izvršena u cilju pripreme podataka za modeliranje kvaliteta vode u reci.

Ključne reči: : hidrauličko hidrološka analiza, hidraulički model, modeliranje kvaliteta voda

¹ Dragan Milićević, dr, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² Sreten Tomović, dr, docent, Građevinski fakultet Podgorica Univerziteta Podgorici

³ mast.inž.građ. Miloš Trajković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, student dokorskih studija

1. UVOD

Dokumenatom "Okvirna direktiva o vodama" (European Water Framework Directive 2000/60/EC, 2000) (WFD), Evropska Unija odredila je svoju dugoročnu politiku u domenu voda. Ova direktiva uvodi nove principe i standarde u kreiranju i realizaciji politike održivog korišćenja voda i zaštite voda. Osnovne principe, sadržane u Direktivi, primenjuju ne samo zemlje članice Evropske Unije, već i zemlje kandidati za prijem u Evropsku Uniju i više zemalja koje su započele proces pridruživanja. Očigledno je da je ovaj dokumenat postao osnova za preduzimanje konkretnih planova upravljanja vodnim resursima u okviru rečnih basena u Evropi.

Najvažnija karakteristika Okvirne direktive o vodama se sastoji u integralnom tretiranju problematike voda, s jedne strane, i zaštiti životne sredine, s druge strane. Drugim rečima, vodni resursi se smatraju najvažnijim segmentom životne sredine, tako da je zaštita prirodnog okruženja nezamisliva bez adekvatne zaštite voda. U preambuli WFD se ističe da se njen najvažniji cilj sastoji u postizanju "dobrog ekološkog statusa" svih voda na teritoriji EU do 2015.

S obzirom na izvanrednu kompleksnost i dugoročni karakter WFD, Evropska Unija je 2001. godine usvojila jedinstvenu strategiju implementacije ove direktive. Strategijom EU za implementaciju WFD obuhvaćene su sledeće ključne aktivnosti: razmena informacija, razvijanje smernica i vodiča za konkretne aktivnosti, upravljanje informacijama i bazama podataka i testiranje i vrednovanje dobijenih rezultata.

U implementaciji ovih aktivnosti simulacioni modeli imaju nekoliko važnih i veoma zanimljivih mogućnosti primene. Pre svega, preko simulacionih modela može se kvalitetnije izvršiti interpretacija rečnog statusa, mogu se detektovati uzroci promene statusa i mogu biti optimizirane metode procene. Drugo, ovi modeli mogu omogućiti analizu efekata budućih akcija na restauraciji akvatičnih ekosistema i podršku izboru najodrživijih opcija. Treće, ovi modeli mogu pomoći u nalaženju velikih šupljina u našem poznavanju rečnih slivova i u definisanju cost effective monitoring programa (Vanrolleghem et Al., 1999).

Jasno, modele treba oprezno koristiti, tj. korisnik mora razumeti pretpostavke i informacije korištene za izgradnju i kalibraciju modela, kao i nesigurnosti u predviđanju modela. Ipak, pravilno razvijen i upravljan u interakciji sa donosiocima odluke, on može

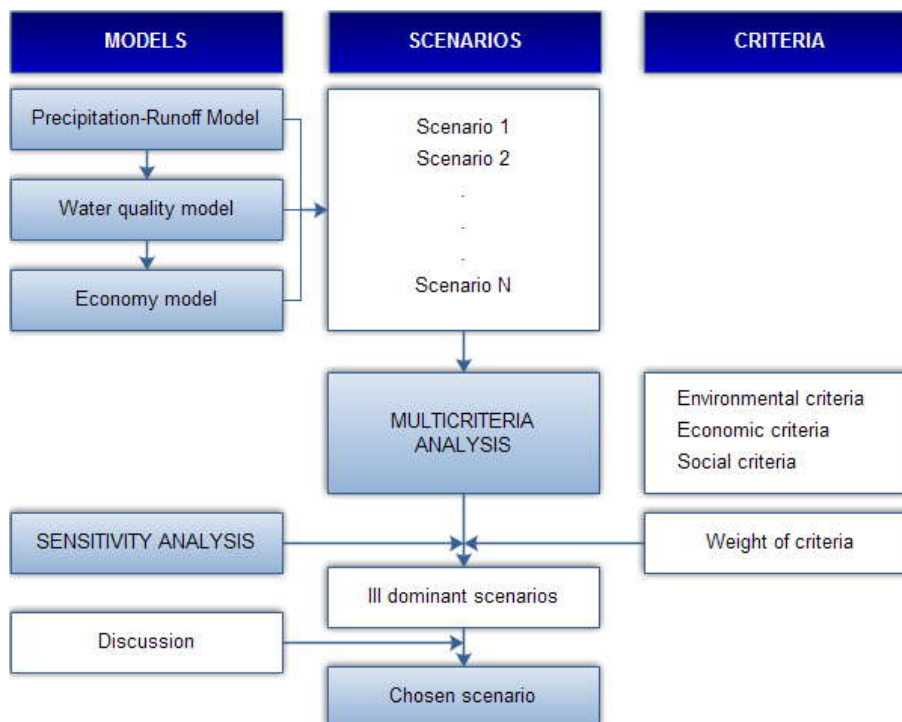
pružiti efikasnu platformu za analizu, razumevanje i diskusiju sa ciljem podržavanja odluke.

Matematičko modeliranje prate značajni istražni radovi koji su osnova svakog uspešnog simuliranja i prognoziranja stanja vodnih resursa. U ovom radu je odabran i analiziran jedan metodološki pristup analizi kvalitete vode u vodotocima koji uključuje i provedbu analize pouzdanosti dobivenih rezultata vezanih za procjene postojećih i budućih stanja.

2. MODELIRANJE KVALITETA VODE

Upravljanje vodnim resursima i njihova zaštita od zagađenja, je iterativan proces integrisanog donošenja odluka vezanih za korišćenje i modifikaciju vodnih resursa i pratećeg zemljišta na slivu. Ono se oslanja na primenu sistemskog pristupa formulisanju problema upravljanja vodama i korišćenja sistemske analize u pronalaženju njihovih rešenja. Obzirom na kompleksnost problema zaštite kvaliteta voda, potrebno je da se integrišu tri tipa modela: model padavine oticaj, model kvaliteta voda u vodotocima i akumulacijama i ekonomski model razvoja (slika 1) i da se povežu odgovarajući domeni modela (na pr. HSPF za oticaj sa poljoprivrednih površina, SWMM za oticanje sa urbanih površina, QUAL2E, CE-QUAL-W2, WASP za kvalitet voda u vodotocima i slično) i ekonomski model razvoja, izvrši kalibracija submodela, a zatim odgovarajuće simulacije.

Matematičko modeliranje kvaliteta voda omogućava predviđanja kvantitativnih reakcija akvatične sredine na različite ljudske i prirodne aktivnosti u njenom okruženju. Preko matematičkog modela koji je korektno izabran simulira se realno ponašanje akvatične sredine pod prirodnim uslovima i uslovima koji se zadaju (ljudska aktivnost). Upotrebljen pod strogo defnisanim uslovima i ograničenjima matematički model može da bude veoma moćan alat u planiranju i upravljačkim procesima, kako kvaliteta voda u rečnim tokovima, tako i vodnih resursa uopšte.



Slika 1. Generisanje submodela za ocenu kvaliteta voda na slivu

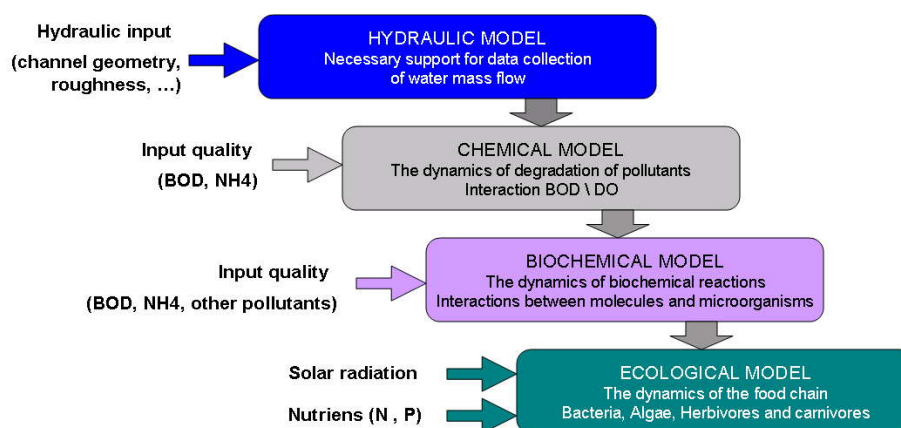
Matematičko modeliranje prate značajni istražni radovi koji su osnova svakog uspešnog simuliranja i prognoziranja kvaliteta rečnih voda. U cilju korektnog modeliranja neophodno je izvršiti istraživanja koja se sastoje iz četiri osnovne aktivnosti: (1) prikupljanje, obradu i formiranje podloga o društvenim i privrednim činiocima i potrošnji vode na razmatranom području; (2) snimanje karakteristika stanja kvaliteta rečnih voda, njenih pritoka i svih značajnijih zagađivača; (3) obrada rezultata istraživanja, definisanje svih neophodnih koeficijenata za modeliranje kvaliteta i razvoj modela kvaliteta voda; (4) primena matematičkog modela za definisanje postojećeg stanja i prognozu kvaliteta voda razmatrane reke za merodavne uslove.

Kod analiza društveno-ekonomskih činilaca neophodno je prikupiti sve neophodne podatke o stanovništvu, industrijama, otpadnim vodama, kišnim vodama sa urbanih površina, upotrebi veštackih đubriva i pesticida, upotrebi zemljišta na slivu i još niz drugih ne manje značajnih podataka. Najveći problem kod ove analize je prikupljanje realnih planova razvoja razmatranog područja.

Prvi korak detaljne studije stanja kvaliteta voda vodotoka i njegovih pritoka je prikupljanje svih raspoloživih podataka o sistemu iz postojećih projekata, planova i mapa, istorijskih i tekućih podataka o merenjima, održavanju sistema, defektima i problemima u sistemu itd. U tu svrhu mogu se koristiti uprosečeni literaturni podaci, uz naknadno sprovođenje analize pouzdanosti, kao i podaci merenja kvaliteta voda koje sprovodi RHMZ Srbije. Međutim ovi rezultati nisu vremenski i prostorno konzistentna, jer se merenja vrše za svaku mernu stanicu prema vremenskim razmacima koji ne slede put vode i zagađenja. Na taj način je onemogućeno praćenje iste mase vode na njenom putu kroz posmatranu deonicu, pa se ne mogu proračunati koeficijenti razgradnje organske materije, kao i veličina obogaćivanja vodotoka kiseonikom rastvaranjem iz atmosfere.

Iz navedenih razloga korektno definisanje stanja kvaliteta voda u vodotocima na slivu i upravljanje kvalitetom voda baziranom na modelu u realnom vremenu omogućava kontinualni monitoring kvaliteta vode u vodotocima na slivu i na ispustima zagađivača. Snimanja kvaliteta rečnih i otpadnih voda moraju se obaviti na unapred definisanim profilima, a prilikom uzimanja uzoraka mora se voditi računa o brzini premeštanja vodene mase.

Povezivanjem matematičkog modeliranja i kontinualnog merenja obezbeđuju se pouzdani parametri za formiranje, kalibraciju i verifikaciju modela kvaliteta vode. Prvi korak u razvoju modela za praćenje i upravljanje kvalitetom vode u vodotocima na slivu metodom "propagacije zagađenja" je razvoj i kalibracija hidrauličkog modela i provera hidrauličkih podataka (slika 2).



Slika 2. Struktura modela kvaliteta vode

Hidraulički model predstavlja neophodnu podršku za obezbeđenje parametara toka vodene mase i propagacije talasa zagađenja. Posle njega pristupa se razvoju modela kvaliteta i vrši se kalibracija parametara temperature i rastvorenog kiseonika, a zatim i svih ostalih parametara kvaliteta voda.

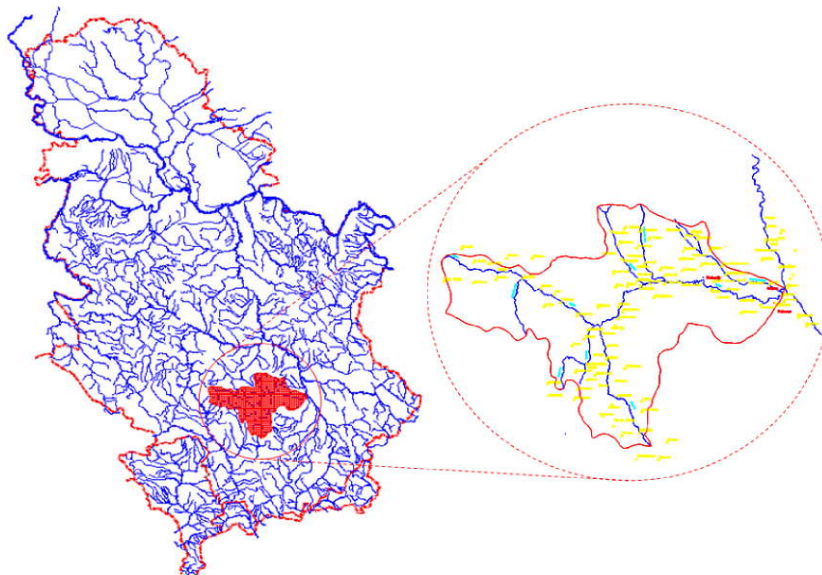
3. HIDRAULIČKO HIDROLOŠKA ANALIZA REKE TOPLICE

Područje istraživanja ovog rada je priprema hidroloških i hidrauličkih podataka za analizu stanja kvaliteta vode reke Toplice.

3.1. Sliv reke Toplice

Toplica je oblast u južnoj Srbiji koja obuhvata dolinu istoimene reke (slika 3). Njenu zapadnu granicu formira planinski masiv Kopaonika koji je odvaja od Donjeg Ibra, Gornjeg Laba i Malog Kosova. Severnu granicu oblasti čine Veliki i Mali Jastrebac, iza kojih se pružaju oblasti Župe, Rasine i Aleksinačkog Pomoravlja. Na istoku Toplice se nalazi dolina Južne Morave kod Niša, dok njene južne granice čine planine Vidojevica i Pasjača.

Cela oblast, kao i reka koja kroz nju protiče, dobili su naziv po velikom broju izvora tople mineralne vode tzv. toplica ili banja (Prolom, Lukovska, Kuršumlijska), koje su poznate još od rimskog doba.



Slika 3. Sliv reke Toplice

Reka Toplica, leva pritoka Južne Morave, drenira istočne padine Kopaonika i južne padine Jastrepca. Slivno područje Toplice graniči se na severu slivom Rasine, na zapadu i jugozapadu slivovima reke Lab i drugih manjih pritoka Ibra, a na jugu slivovima Jablanice i Puste reke. Obuhvata površinu od 2217 km² od izvora do ušća u Južnu Moravu, kod Doljevca. Proteže se u pravcu zapad - istok vazdušnom linijom dužine oko 80 km, a širina na pravcu sever - jug (od Velikog Jastrebca do Dobrog Dola) iznosi oko 55 km.

Sliv reke Toplice (slika 3) je izuzetno razuđen u visinskom pogledu sa najvišom tačkom Pančičev vrh 2017 m nadmorske visine i najnižom tačkom kod Doljevca oko 195 m nadmorske visine. U slivu Toplice je predominantan brdovit i planinski reljef, dok su ravničarski i blago valoviti tereni su ograničeni na uže zone oko većih vodotoka u njihovom nizvodnom delu pre svega same reke Toplice. Značajni delovi sliva najčešće oni viši, planinski, prekriveni su šumom. Geološka građa sliva je takva da ne omogućuje značajne duboke infiltracije niti podzemna oticanja u druge slivove. Imajući u vidu geološku građu terena, može se izvesti generalni zaključak da su hidrogeološke mogućnosti slivnog područja Toplice dosta skromne. Posmatrano u celini, tereni su sa hidrogeološkog aspekta praktično vodonepropusni i nemaju uslove za formiranje akumulacija podzemne vode, odnosno praktično su bezvodni.

U gornjem toku reka Toplica prolazi kroz usku dolinu od izvora do Kuršumlije odakle se u srednjem i donjem toku širina rečnog korita i rečne doline postepeno povećava a brzina vode znatno usporava na potezu od Kuršumlije do Prokuplja i dalje do uliva u Južnu Moravu.

Tabela 1. Morfološke karakteristike toka reke Toplice

Vodotok	Profil	F (km ²)	L (km)	Zmin (mnm)	Zmax (mnm)	Srednji pad toka (%)
Toplica	ušće u J. Moravu	2197.9	102.3	190	682	0,48

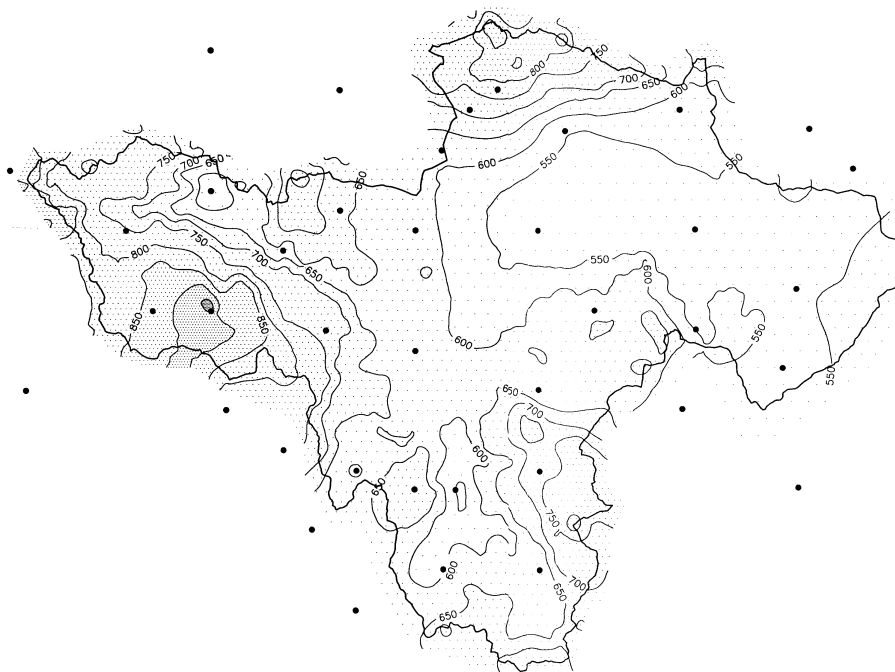
3.2. Klimatske karakteristike

Klima, bitno utiče na hidrološke odlike sliva reke Toplice. Klimatske karakteristike topličkog regiona formirane su pod uticajem izuzetno razuđenog reljefa od 300 do 1000 m.n.m.

Globalna ocena osnovnih odlika kontinentalnog klimata regiona Toplice ukazuje na znatne razlike u njenom karakteru idući od nižih istočnih prema višim zapadnim predelima. Tako u područjima nadmorske visine između 800 m vlada umereno-kontinentalna klima, a na većim visinama ona postepeno dobija odlike planinske subalpske klime sa obilnim atmosferskim padavinama.

Zime su oštre i hladne, a leta sveža. Proleća su promenljiva, sa čestom smenom toplih i hladnih i vetrovitih dana i čestim kišama. Jeseni su relativno toplije od proleća.

U slivu reke Toplice i njegovom neposrednom okruženju postoje ili je postojalo 60 kišomernih stanica koje su manje ili više redovno merile padavine od 1954. godine. Na osnovu raspoloživih podataka višegodišnji proseci za ove padavinske stanice, se kreće od 534 do 939 mm, a prosečne padavine za sliv Toplice iznose 645 m.m (slika 4) [1].



Slika 4. Srednja višegodišnja izohijetska karta sliva reke Toplice

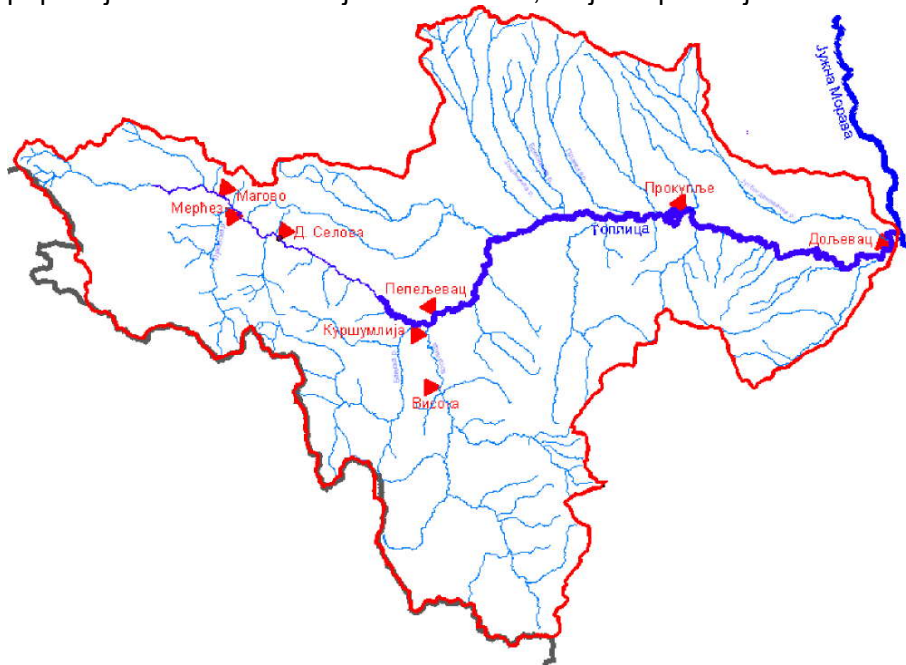
3.3. Površinske vode

3.3.1. Hidrografska mreža

Hidrografska mreža sliva je vrlo razvijena (Slika 3). Reka Toplica je leva pritoka Južne Morave i na svom putu od zapada prema istoku dužinom toka od 124 km prima više pritoka od kojih su najznačajnije Lukovska i Banjska reka, Kosanica koja nastaje od Male i Velike Kosanice, Đerekapska i Boranska reka. Manje pritoke Toplice su Bankovica, Mala Tmavska, Arbanaška, Draguška, Planska i Bogdanovska reka (slika 5).

Srednji mesečni proticaji značajnijih vodotoka ovoga područja u poslednjih 30 godina kreću se od 1.6 do 7.7 m³/s za reku Toplicu, 1.2 m³/s za Lukovsku reku, 1.0 m³/s za Banjsku reku i 2.1 m³/s za Kosanicu, a rezultat su analize podataka vodomernih stanica instaliranih na pomenutim rekama.

U slivu reke Toplice dugi niz godina radi više hidroloških stanica. Neki osnovni podaci o ovim vodomernim stanicama odnosno pripadajućim slivovima daju se u tabeli 2, a njihov položaj na slici 5.



Slika 5. Hidrografska mreža sliva Toplice i položaj hidroloških stanica

Prvi hidrološki podaci datiraju od 1922. godine, od kada rade prve vodomerne stanice na reci Toplici (Prokuplje i Doljevac). Od 1957. godine znatno se proširuje mreža vodomernih stanica u slivu Toplice, a hidrometrijska merenja su znatno brojnija i pouzdanija.

Tabela 2. Vodomerne stanice na slivu reke Toplice

R. br. Kod	Vodotok	Vodomerna stanica	Površina sliva (km ²)	Prosečna visina sliva (m.n.m.)	Prosečne padavine (mm)
01	Toplica	Magovo	180	967	755
02	Toplica	Donja Selova	353	920	779
03	Toplica	Pepeljevac	986	777	670
04	Toplica	Prokuplje	1805	673	662
05	Toplica	Doljevac	2083	635	645
06	Lukovska	Merčez	113	946	854
07	Banjska	Kuršumljija	154	719	669
08	Kosanica	Visoka	370	729	655

3.3.2 Bilans površinskih voda

Prosečna i specifična oticanja po vodomernim stanicama, koja su dobijena na osnovu analiza izvršenih u Studiji korišćenja voda sliva reke Toplice (Energoprojekt - Hidroinženjering Beograd, maj 1997.), prikazana su u tabeli 3. i na slici 6. [1]

Tabela 3. Prosečna oticanja po vodomernim stanicama

R. br. Kod	Vodotok	Vodomerna stanica	Površina sliva (km ²)	Prosečno oticanje q (m ³ /s)	Specifična oticanja Q (l/s/km ²)
01	Toplica	Magovo	180	1.579	8.77
02	Toplica	Donja Selova	353	3.254	9.22
03	Toplica	Pepeljevac	986	6.511	6.60
04	Toplica	Prokuplje	1805	8.362	4.63
05	Toplica	Doljevac	2083	9.736	4.67
06	Lukovska	Merčez	113	1.249	11.05
07	Banjska	Kuršumljija	154	0.989	6.42
08	Kosanica	Visoka	370	2.096	5.66



Slika 6. Karta specifičnog oticanja za sliv reke Toplice

Shodno ovim podacima prosečno oticanje Toplice (do Doljevca), čini 23 % od palih voda, s obzirom da nema značajnih poniranja. Na uzvodnim vodomernim stanicama konstatovani su znatno veći koeficijenti oticanja i dosežu na Lukovskoj reci kod Merčeza 40 % odnosno na Toplici kod Magova 37 % [1].

Ukupno prosečno oticanje reke Toplice do ušća u Južnu Moravu procenjeno je na 9,9 m³/s čemu odgovara ekvivalentni sloj vode od 142,02 mm, odnosno specifično oticanje od 4,5 l/s/km² [1].

3.3.3. Male vode

Sračunate male vode na osam vodomernih stanica u slivu Toplice za verovatnoće pojave 50, 90, 95 i 99% po vodomernim stanicama daju se u tabeli 4. [1]

Tabela 4. Sračunate male vode za vodomerne stanice na slivu Toplice

R. br. Kod	Vodotok	Vodomerna stanica	Qmin, mesečni (m ³ /s) za verovatnoću (%)			
			50	90	95	99
01	Toplica	Magovo	0,400	0,200	0,160	0,110
02	Toplica	D. Selova	0,990	0,530	0,440	0,310
03	Toplica	Pepeljevac	1,470	0,700	0,560	0,360
04	Toplica	Prokuplje	1,790	0,976	0,828	0,616
05	Toplica	Doljevac	1,906	0,862	0,673	0,412
06	Lukovska	Merćez	0,398	0,217	0,185	0,138
07	Banjska	Kuršumlija	0,258	0,137	0,110	0,069
08	Kosanica	Visoka	0,212	0,095	0,069	0,035

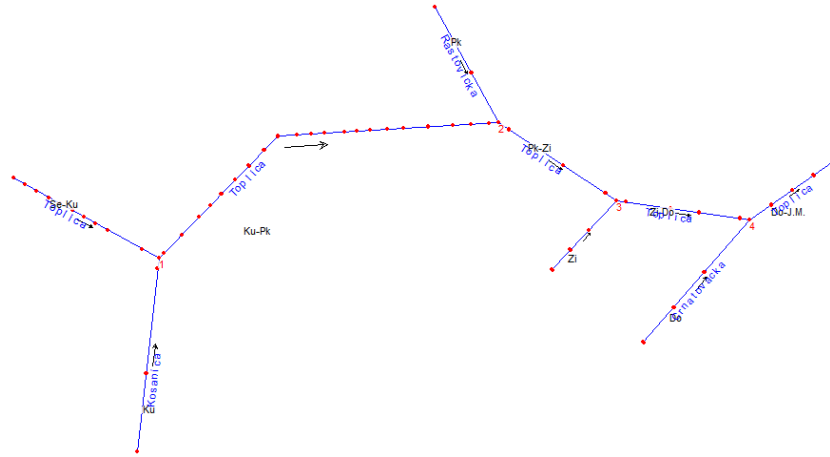
Gornji sliv reke Toplice do Selove kao i sliv reke Banjske ima daleko veću izdašnost malih voda u odnosu na sliv reke Kosanice. U donjem toku reke Toplice nešto značajniji doprinos malim vodama čine slivovi koji dreniraju obronke Jastrepca.

Oko 50% ukupnih malih voda Toplice nastaju uzvodno od Donje Selove ili oko 70% malih voda Toplice održava otapanje snega u visim delovima sliva, preko 1000 m.

3.4. Hidraulički model reke toplice

Za potrebe dobijanja neophodnih podataka koji će se koristiti za model kvaliteta vode, razvijen je hidraulički model reke Toplice u softverskom paketu HEC-RAS (slika 7) [2].

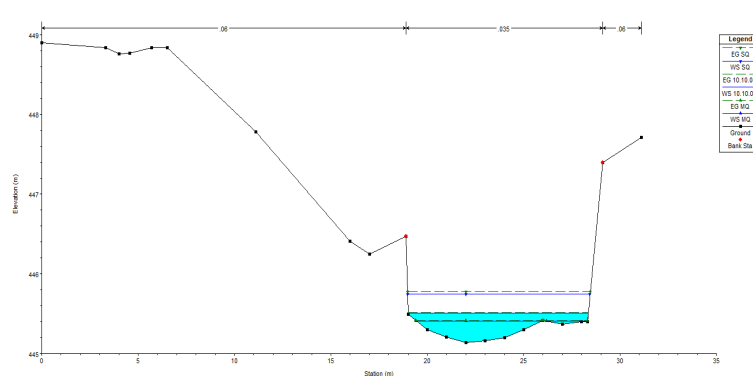
Hidrološko hidraulička analiza reke Toplice za potrebe modeliranja kvaliteta vode



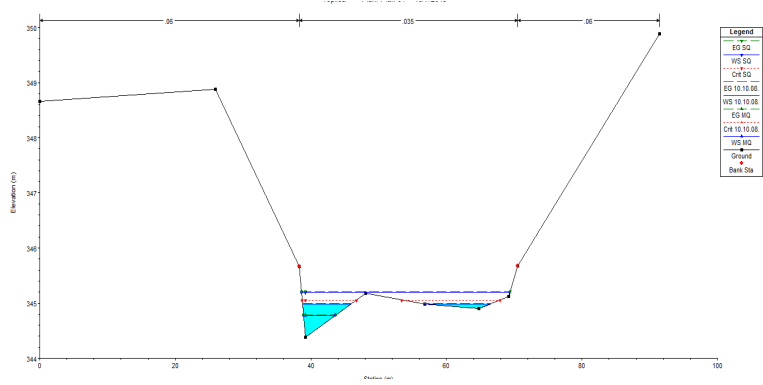
Slika 7. Šematizovani hidraulički model reke Toplice

Model čini 5 deonica reke Toplice. Prva deonica je od Selove do Kuršumlje, druga od Kuršumlje do Prokuplja, treća deonica od Prokuplja do Žitorađe, četvrta od Žitorađe do Doljevca, i poslednja deonica od Doljevca do ušća u Južnu Moravu. Model sadrži 23 poprečna profila, koji su geodetski snimljeni od stacionaže 2,7 km od ušća do 90,9 km od ušća u reku Južnu Moravu.

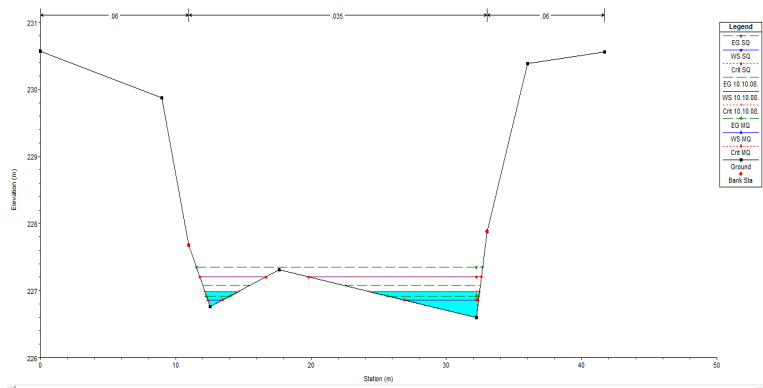
Rezultati hidrauličkih proračuna izvršenih na modelu za karakteristične profile reke Toplice su prikazani na slikama 8 do 11.



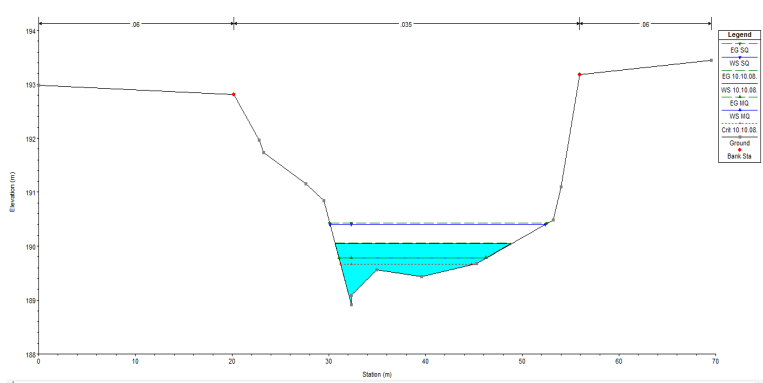
Slika 8. Poprečni profil Selova sa nivoima vode dobijenim u modelu



Slika 9. Poprečni profil Kuršumlija sa nivoima vode dobijenim u modelu



Slika 10. Poprečni profil Prokuplje sa nivoima vode dobijenim u modelu



Slika 11. Poprečni profil Doljevac sa nivoima vode dobijenim u modelu

Hidrološko hidraulička analiza reke Toplice za potrebe modeliranja kvaliteta vode

Hidraulički proračun je rađen za za proticaj koji je izmeren na vodomernim stanicama u trenutku snimanja poprečnih profila, dana 10.10.2008. godine, za srednje mesečne proticaje vode i male vode verovatnoće pojave 95%.

Relevantni parametri dobijeni na hidrauličkom modelu neophodni za modeliranje kvaliteta voda prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5. Hidrauličke karakteristike reke Toplice u određenim profilima dobijene na modelu

ДЕОНИЦА	СТАЦИОНАЖА	ПРОФИЛ	Q	Z(дна)	Z(воде)	Z(критично)	Z(линија енергије)	I(пад л.е.)	V _г	A(живи пресе к)	Мак. ширина в.о.	F
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Se-Ku	90.9	10.10.08.	1.02	446.14	446.51		446.52	0.00233	0.5	2.05	9.34	0.34
Se-Ku	90.9	MQ	0.44	446.14	446.41		446.42	0.002483	0.38	1.17	8.82	0.32
Se-Ku	90.9	SQ	3.26	446.14	446.76		446.78	0.002101	0.76	4.33	9.47	0.36
Ku-Pk	35.98	10.10.08.	1.27	244.47	244.81		244.82	0.004874	0.54	2.35	16.55	0.48
Ku-Pk	35.98	MQ	0.51	244.47	244.72		244.73	0.004882	0.44	1.17	11.29	0.43
Ku-Pk	35.98	SQ	5.36	244.47	244.99		246.03	0.006417	0.93	6.76	21.98	0.58
Z-Do	5.896	10.10.08.	3.08	195.52	195.9	195.9	196.01	0.021178	1.44	2.13	10.26	1.01
Z-Do	5.896	MQ	1.03	195.52	195.76	195.76	195.82	0.024292	1.15	0.9	6.82	1.01
Z-Do	5.896	SQ	9.05	195.52	196.09	196.09	196.21	0.019423	1.54	5.89	24.22	1
Do-JM.	2.797	10.10.08.	3.72	190.02	191.24		191.26	0.000305	0.39	9.43	12.39	0.14
Do-JM.	2.797	MQ	1.24	190.02	190.86		190.86	0.000266	0.26	4.87	11.26	0.12
Do-JM.	2.797	SQ	9.74	190.02	191.76		191.78	0.00041	0.6	16.26	14.11	0.18

Hidrauličko stanje karakteristično za letnje mesece (jun - avgust), reprezentovano malim vode verovatnoće pojave 95% je u ekološkom smislu najnepovoljnije i merodavno je za modeliranje kvaliteta voda.

4. ZAKLJUČAK

Od simulacionih i optimizacionih modela sistema se prvenstveno očekuje da obezbede informacije koje se mogu koristiti za potrebe planiranja i donošenja odluka pre nego što se na sistemu preduzmu bilo kakve mere i da svede u razumne okvire rizik, koji će uvek postojati, da sistem neće dati zahtevane efekte posebno u ekstremno nepovoljnim situacijama.

Matematičko modeliranje prate značajni terensko-istražni radovi koji su osnova svakog uspešnog simuliranja i prognoziranja kvaliteta rečnih voda. Zbog toga je po pravilu razvoj matematičkog modela vezan za značajan utrošak vremena, kadrovskih i finansijskih potencijala.

Trajanje i troškovi razvoja modela veoma se teško mogu proceniti bez detaljne analize konkretnog problema, jer zavise od velikog broja faktora, pre svega od: stanja komunalnog sistema, raspoloživih podloga i podataka, kvaliteta i pouzdanosti merne opreme koja će biti korišćena programskih ciljevi i prioriteta, zahtevane tačnosti modela,

Iako su finansijska ulaganja u razvoj modela i upravljanje u realnom vremenu značajna, ona su višestruko manja od ulaganja u bilo kakve intervencije na fizičkom delu sistema i veoma brzo se revalorizuju kroz uštede pri njegovoj eksploataciji. Osim toga u primeni ovakvih rešenja, moguće je početi primenu jednostavnijih rešenja da bi se kroz postepenu realizaciju sistema merenja, prenosa podataka, matematičkog modela i ostalih komponenti upravljačkog sistema polako prelazilo na kompleksnije modele upravljanja.

Ovakav pristup omogućava brojne analize, pre svega planiranje i preduzimanje neophodnih mera za zaštitu i očuvanje postojećih vodnih resursa, što stvara realnu osnovu za implementaciju Okvirne direktive o vodama uz racionalno korišćenje materijalnih i stručnih potencijala, a u skladu sa principima integralnog upravljanja vodnim resursima na slivu.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvoj sistema podrške odlučivanju za potrebe integralnog upravljanja vodnim resursima na slivu", ev. broj TR37018.

5. LITERATURA

- [1] Energoprojekt – Hidroinženjering: Studiji korišćenja voda sliva reke Toplice, Beograd, maj 1997.
- [2] Trajković M.: Master rad odbranjena na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu, 2013.
- [3] Directive 2000&60&EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- [4] European Commission: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC); Guidance

- document N.o 3: Analysis of Pressures and Impacts; Produced by Working Group 2.1 - IMPRESS
- [5] Petković S. (2003): Osnovne aktivnosti u implementaciji Okvirne direktive o vodama Evropske unije, Voda i sanitarna tehnika 33 (5) 45 - 56
 - [6] Muškatirović J.: Sprovođenje politike integralnog upravljanja vodnim resursima u Srbiji - Obaveza i izazov;
 - [7] Milićević D., Milenković S., Nikolić V.: Informatička podrška integralnoj zaštiti vodnih resursa od zagađenja, Medjunarodna konferencija "Otpadne vode i komunalni čvrst otpad", Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Subotica, 22-25. maj 2001.
 - [8] Milićević D., Milenković S., Nikolić V.: The Informatics Support To The Water Resources Integral Protection From Pollution, The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, Florida, USA, July 14-18, 2002., Proceedings, Volume I: Information Systems Development I, p. 227-232.
 - [9] Milićević D.: Razvoj programskog sistema za integralnu zaštitu vodnih resursa od zagađenja, Doktorska disertacija odbranjena na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu, 12.07.2011., štam. str. 199

INDEKS AUTORA

- **Blagojević dr Borislava dipl. inž. građ.**
docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 1 – 14
- **Conić Stefan, master inž. građ.**
Student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 93-102, 165-172
- **Cvetković mr Radovan, dipl. inž. građ.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str.131-140
- **Cvetković Stefan,**
student, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str.141-154
- **Đorić-Veljković dr Snežana, dipl. inž. el.**
vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str.185-194
- **Gocić mr Milan, dipl. inž. el.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 45-54,103-112
- **Igić dr Tomislav, dipl. inž. arh.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 35-44
- **Janković dr Predrag,**
docent, Mašinski fakultet , Univerzitet u Nišu, str. 185-194
- **Jovanović Nikola,**
student osnovnih akademskih studija, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 113-120
- **Jovanović Vanja, master inž. građ.**
Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 67-78, 113-120, 155-164
- **Lukić Predrag, master inž. građ.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 15-34, 67-78, 113-120,155-164
- **Marković Nemanja, dipl. inž. građ.**
saradnik, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 131-140

- **Milanović Mladen, dipl. inž. građ.**
Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 45-54,103-112
- **Milićević dr Dragan dipl. inž. građ.**
docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 195-211
- **Mladenović mr Biljana, dipl. inž. građ.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 35-44
- **Nedeljković Miloš, master inž. arh.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 173-184
- **Petković dr Dušan, dipl. inž. građ.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 67-78
- **Petrović Lana,**
student, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str.141-154
- **Rančić dr Sofija,**
docent, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Nišu str.185-194
- **Stefanović Jelena,**
student, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str.141-154
- **Stojić dr Dragolsav, dipl. inž. građ.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 67-78, 93-102,131-140, 165-172
- **Tamburic Jasmina dipl. inž. arh.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 15-34, 155-164
- **Tomović dr Sreten dipl. inž. građ.**
docent, Građevinski fakultet Podgorica, Univerzitet u Podgorici, str. 195-211
- **Trajković dr Slaviša, dipl. inž. građ.**
red. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str. 45-54,103-112
- **Trajković Miloš master inž. građ.**
student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, str.195-211

- **Turnić Dragana, dipl. inž. građ.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 79-92
- **Vasilevska dr Ljiljana dipl. inž. arh.**
vandredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u
Nišu, str. 1 – 14
- **Veličković Ivan, dipl. inž. arh.**
student master studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u
Nišu, str. 55-66
- **Zdravković dr Slavko, dipl. inž. građ.**
red. Prof., Akademik Srpske kraljevske asocijacije akademika, inovatora i
naučnika-SKAIN, ekspert bivšeg Saveznog Ministarstva za
nauku, tehnologiju i razvoj, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet
u Nišu, str. 35-44, 79-92, 121-130, 165-172
- **Zlatkov mr Dragan, dipl. inž. građ.**
asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu,
str. 79-92

**ZBORNİK RADOVA
GRAĐEVINSKO-
ARHITEKTONSKOG
FAKULTETA
NIŠ**

**broj
28/2013**

**University of Nis
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

COLLECTION OF PAPER ABSTRACTS

NO 28, 2013

PUBLISHER

Faculty of Civil Engineering and Architecture
Aleksandra Medvedeva 14
Niš, Serbia
Tel: +38118 588-202
+38118 588-181
<http://www.gaf.ni.ac.rs/>



FOR THE PUBLISHER

PhD Petar Mitković, full prof.

EDITOR-IN-CHIEF

PhD Dragoslav Stojić, full prof.

EDITORIAL BOARD

PhD Slaviša Trajković, full prof.
PhD Danica Stanković, assistant prof.
PhD Zoran Grdić, full prof.
PhD Gordana Topličić-Ćurčić, assistant prof.
Vladan Nikolić, assistant

TECHNICAL EDITOR

M. Sc. Radovan Cvetković, assistant

TECHNICAL ADAPTION

M. Sc. Predrag Lukić

ENGLISH LANGUAGE LECTOR

BA. Phil Goran Stevanović

Papers are reviewed

ISSN 1452-2845

Printed by Unigraf
Number of Copies Printed 250

INTEGRATED STORMWATER MANAGEMENT IN DWELLING AREAS: CASE STUDY „ QUARTIERS VERTS” VIENNA

Ljiljana Vasilevska¹
Borislava Blagojević²

Abstract

The paper discusses the role, importance and benefits from the concepts of integrated stormwater management in urban areas that are novelties in Serbian planning practice. The research focus is on the application of WSUD (Water Sensitive Urban Design) in dwelling areas. Through the case study analysis of the urban dwelling complex Quartiers Verts in Vienna, Austria, we review and give the rationale for the applied WSUD elements and measures, as well as their effects from the hydraulic engineering, ecological, usability and design perspective. We point out multiple benefits from the WSUD concept application and highlight the most important ones: elimination and mitigation of the climate change effects through microclimate change and infiltration enhancement, formation and preservation of biodiversity, building and public space design characteristics improvement, and as the final result living and dwelling quality improvement.

Key words: *WSUD concept, WSUD elements, WSUD measures, dwelling area, Quartiers Verts.*

¹ dr Ljiljana Vasilevska, assoc. prof. Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, ljiljana.vasilevska@gaf.ni.ac.rs; vasilevska@ljiljana@gmail.com

² dr Borislava Blagojević, ass. prof. Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs; b.blagojevic@eunet.rs

DURABILITY AND DAMAGE OF BEARING STRUCTURES

Jasmina Tamburic¹
Predrag Lukic²

Abstract

Durability of structures is considered depending on the material they are made of, that is, of the actions they are exposed to. All the building materials in time lose their initial characteristics, and the material deterioration process occurs. Damage of the structural system is very important factor affecting stability, functionality and esthetics of a structure. In this paper, the bearing structures made of three basic materials: concrete, steel and timber, will be considered.

Key words: *durability of structures, bearing structures, material, concrete structures, steel structures, timber structures.*

¹ Jasmina Tamburić, architect, assistant, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

² Predrag Lukić, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

EUROCODE 8, DESIGNING OF SEISMICALLY RESISTANT STRUCTURES

Slavko Zdravković¹
Tomislav Igić²
Biljana Mladenović³

Abstract

The entire territory of our country is in the seismically active area. By designing and construction of seismically resistant structures, the risk of emergence of severe damage, loss of human life and structural collapse is significantly reduced. Intensive research in the area of seismic engineering, but also the experience after strong earthquakes contributed to the valuable knowledge in this area. The bearing structures must endure, without collapsing the highest reference earthquake in the area where they are built. The reference return period of such earthquake is 475 years, or the exceedance probability is 10% for 50 years. The second requirement according to EC 8 refers to the limitation of the damage for the return period of earthquake of 95 years, or the exceedance probability of 10% for 10 years. The capacity for non-linear behavior of the structure depends on the property of the material, that is, its ductility, to endure the non-linear deformations without failing. A special attention is paid to the soil and structure interaction according to EC 8, regardless of the type of those structures (buildings, bridges, etc.). Eurocode 8, introduces a factor of behavior q into the design spectrum, for the elastic analysis.

Key words: Eurocode 8, design spectra, nonlinear deformations, behavior factor, soil categories.

¹ Slavko Zdravković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAI, former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Tomislav Igić, grad. Eng. Arh. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Biljana Mladenović, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

ANALYSIS OF SOFTWARE SOLUTIONS FOR PREDICTION AND EARLY WARNING OF DROUGHT

Mladen Milanović¹
Milan Gocić²
Slaviša Trajković³

Abstract

The drought in this part of the world has been increasingly present in the past decade, and the inflicted damage is extremely large. For this reason, an important component in the prediction of drought is provision of timely and reliable climatic information .

The paper firstly analyzes the software solutions, and then proposes the components for drought prediction, which are the fundamental part of hydro-information system for early warning.

Key words: *drought, early warning and forecast, drought prediction models.*

¹ Mladen Milanović, grad. Civ. Eng., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

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

³ Slaviša Trajković, grad. Civ. Eng. PhD, full. prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

ARCHITECTURE AS A FUNCTION OF ART IN XXI CENTURY – ART CENTER STUDY

Ivana Veličković¹

Abstract

Art centers as cultural facilities are dedicated to each individual who wishes to participate in the activities that they offer. In modern society, which grows faster every day, it is necessary to have a place for relaxation, entertainment and free activities. Dealing with the issue of development, function and impact of art centers, we find urban, technical, technological, functional, and social parameters. All those parameters in a different ways define future art center, its performance, and impact on society. As an indicator of that, listed example has already accomplished that in a large degree. This paper has been created as the part of the research related to the master thesis.

Key words: *Art center, social impact, functional units and parameters, technical and technological parameters, urban context, analysis*

¹ Ivana Veličković, architect, master student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

GRILLE SYSTEMS OF BRIDGE STRUCTURES BY LEONHARDT THEORY

Dušan Petković¹
Dragoslav Stojić²
Predrag Lukić³
Vanja Jovanović⁴

Abstract

This paper analyzed the approximate method for calculation of the bridge structure grille system impact. The credit for finding this method goes to the German expert Fritz Leonhardt. His solution is limited only to torsion-soft grille systems. The grille systems having one or more than one cross members are considered, on whose basis the coefficient derived by the Leonhardt testing on the models. There is a numerical example for the adopted disposition design of the bridge with six cross-members. The obtained results have been presented in numerical and graphical terms.

Key words: *approximate method, grille systems, Leonhardt, cross-members, coefficients*

¹ Dušan Petković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Predrag Lukić, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

⁴ Vanja Jovanović, M. Sc., Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

SOIL CLASSIFICATION AND THE SEISMIC ACTION ACCORDING TO THE EUROCODE 8

Slavko Zdravković¹
Dragan Zlatkov²
Dragana Turnić³

Abstract

The paper indicates that according to the Eurocode 8 (EC8), the structures in the seismic areas must be designed and constructed to withstand the defined seismic action with no local or total collapse, and with no emergence of damage and corresponding limitations in usage (hospitals, bridges etc). The difference in reliability level is implemented on the basis of classification of the structure in the various classes of importance. The limit state of bearing capacity and serviceability must be satisfied. Soil classification according to the basic description of the soil profile is given in tables. The seismic action, through the adequate expressions is given for the horizontal and vertical elastic spectrum of responses and for the design spectrum of elastic analysis. Combinations of the earthquake action and other actions are provided, as well as the methods of analysis of the calculation models: linear and non-linear analyses and distribution of horizontal seismic forces. Combinations of the effects of components of the seismic action for horizontal and vertical components, as well as the distribution of the seismic force along the height of the structure.

Key words: *soil, limit states, seismic action, response spectra, calculation methods of analysis.*

¹ Slavko Zdravković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAI, former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Dragan Zlatkov, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Dragana Turnić, grad. Civ. Eng., assistant, student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

VEHICLE COLLISION WITH STRUCTURAL ELEMENTS

Dragoslav Stojić¹
Stefan Conić²

Abstract

The structures which can be exposed to various incident action, must be specially designed and structure to withstand the various impacts without a collapse of a part of the structure or entire structure. In the contemporary civil engineering, the issue of vehicle collision with the structural elements and other incident action on the structure, are specially treated and paid great attention regarding that they can be dominant depending on the type of the structure. The key question in the analysis of vehicle collision is the correct determination of the intensity and character of action of the dynamic force onto the structural element and its behavior after the applied load. The European regulations in the annexes give the recommendations for determination of the force intensity depending on the mass and the velocity of the colliding vehicle. Equivalent static loads causing approximate effects on the structural elements are used as approximate and considerably efficient methods. At the closing of the paper, a comparative equivalent static force display of the deformation of identical columns exposed to impact load, depending of the stress state in the columns, is given.

Key words: *vehicle collision, Eurocode 1, equivalent static load, column deformation.*

¹ Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Stefan Conić, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

APPLICATION OF MATRICES OF CO-VARIANCE AND CORRELATION ON THE DATA OBTAINED BY THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX

Mladen Milanović¹

Milan Gocić²

Slaviša Trajković³

Abstract

The spatial analysis of the drought emergence can be monitored through the drought index. Since the precipitation data are monitored only in the main meteorological stations, in order to fully analyze the drought, it is necessary to interpolate the data for the entire territory of Serbia. For this purpose, analysis of the main elements is used for interpolation, but it is necessary to previously obtain the data applying the matrices of co-variance and correlation data..

In this paper, the application of co-variance and correlation matrices were applied on the data obtained by the standardized precipitation index for the city of Niš in the period 1980 to 2010.

Key words: *drought, drought index, standardized precipitation index, co-variance, correlation.*

¹ Mladen Milanović, grad. Civ. Eng., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

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

³ Slaviša Trajković, grad. Civ. Eng. PhD, full. prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

INTELLIGENT SYSTEMS OF HIGHWAYS IN THE FUTURE

Vanja Jovanović¹
Predrag Lukić²
Nikola Jovanović³

Abstract

Development of car production industry should be followed by the development of roads. The Dutch studio „Rosegarte“ and infrastructural company „Heijmans“ designed the roads of the future. These roads of the future will glow in the dark, they will have priority access lanes and multitude of other innovations. The construction will employ green technologies and contemporary materials. This paper describes the new design of highways, and explains the methods of supplying energy to them.

Key words: *Highways of the future, Energy efficiency.*

¹ Vanja Jovanović, M. Sc., Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

² Predrag Lukić, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

³ Nikola Jovanović, student of undergraduate studies, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš

SEISMIC ANALYSIS OF BRIDGES ACCORDING TO EUROCODE 8

Slavko Zdravković¹

Abstract

The paper lists the fundamental provisions relating to the seismic analysis of bridges and viaducts according to EN 1998 - 2: 2004 (Eurocode 8 – 2). The basic requirement of these provisions is that the structures possess a capacity for ductile behavior, which will allow emergence of plastic joints. The following diagrams are presented: 1) seismic behavior of structures and corresponding behavior factors q , 2) Global diagram of dependence of forces – displacement for the monotonous increasing action and 3) Hysteresis loop of the forces relationship – displacement of reinforced concrete element. A standard procedure of calculation using Eurocode 8 – 2 is according to the linear theory effected by applying the designed state, in the way by dividing the values of the elastic state of response by the behavior factor q reflecting the ductility of the structure, i.e. the non-linear behavior during earthquakes and the potential of absorption of seismic energy.

Key words: seismic analysis, Eurocode 8-2, EN 1998-2, behavior factor q , ductility of the structure.

¹ Slavko Zdravković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAI, former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

REHABILITATION OF TIMBER STRUCTURES OF INDOOR POOL ANNEX IN KRUŠEVAC

Radovan Cvetković¹
Dragoslav Stojić²
Nemanja Marković³

Abstract

This paper gives a brief overview of previous rehabilitation construction of glued laminated timber covered swimming pool, a general description of the structure, the current state of construction annex with list of the causes of the existing damage, a detailed description of the rehabilitation of the construction of an annex with a number of practical suggestions that should the contractor to enable the realization of work in a short and efficient term with the appropriate quality of the listed positions. These types of repairs are rare and very specific, so that the present example may be useful to engineers in their practical work.

Key words: *swimming pool, construction of the annex, rehabilitation, glued laminated timber.*

¹ Radovan Cvetković, grad. Civ. Eng. MSc, assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Nemanja Marković, grad. Civ. Eng., PhD student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

USE OF MODULAR PREFABRICATED SYSTEM IN ECO ARCHITECTURE

Jelena Stefanović¹
Stefan Cvetković²
Lana Petrović³

Abstract

This paper presents the modular prefabricated building in the aspect of its energy efficiency. Compared to the traditional building technique prefabricated building system requires less energy, especially modular as one of the most energy efficient systems in the world. Construction of modular system is extremely stable and the way in which these modular boxes are being connected is quite unique. The main disadvantage of this system is that the shape and size of these modular elements can limit architectural flexibility of space. In this paper there are several case studies of housing with use of modular prefabricated system can also be found.

Key words: *Prefabricated building, modular prefabricated building, eco-design, Energy efficiency, case study*

¹ Jelena Stefanović, student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, stefanovic.gaf@gmail.com

² Stefan Cvetković, student The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, cvetkovicstefan91@gmail.com

³ Lana Petrović, student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, lanape@yahoo.com

“POLLI-BRICK” FACADE SYSTEM WITH LOW EMISSION OF HARMFUL GASES

Vanja Jovanović¹
Predrag Lukić²
Jasmina Tamburić³

Abstract

In the construction engineering nowadays, there is an increasing need for the usage of environmental materials, as well as of the material which have good energy characteristics. For these reasons, the “MINIWIZ” company of Taiwan, Taipei developed a façade system made of recycled plastic bottles, and named the product “polli brick”. In this paper, the general description as well as the characteristics of this product and the method of its application is provided.

Key words: Facade system, “Polli brick”, PET packing, recycling.

¹ Vanja Jovanović, M. Sc., Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

² Predrag Lukić, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

³ Jasmina Tamburić, architect, assistant, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

SEISMIC ANALYSIS OF TIMBER BUILDINGS ACCORDING TO THE EUROPEAN STANDARD EN 1998-1:2004-EUROCODE 8-1

Slavko Zdravković¹
Dragoslav Stojić²
Stefan Conić³

Abstract

The paper provides a general overview of the European standards for timber structures, i.e. Eurocode 5 (EC 5) from the aspect of the Eurocode 8 (EC 8). The standard addresses the issues of designing, calculation and construction of timber structures. The European regulations EC 5 and EC 8 are based on the principles of limit states of bearing capacity, limit states of serviceability and usage of partial safety coefficients. It is here given from the aspect of protection from earthquake action, that is, design of seismically resistant structure, which are analyzed in Eurocode 8 (EC 8). A special attention is paid to the specific rules for the timber structures according to EN 1998-1:2004.(8) which are given in Eurocode 8 – Design of seismically resistant structures, part 1: General rules of the seismic action and building regulations.

Key words: seismic analysis, Eurocode 8, EN 1998-1, timber buildings, limit state of bearing capacity and serviceability.

¹ Slavko Zdravković, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAI, former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

² Dragoslav Stojić, grad. Civ. Eng. PhD, full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš

³ Stefan Conić, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

PHOTOVOLTAIC CELLS AS ELEMENTS OF THE ROOF STRUCTURE

Miloš Nedeljković¹

Abstract

The photovoltaic technology made it possible to generate electric power without the negative effects on the environment. Apart from being installed on the ground and on the building facades, they are increasingly encountered on the roof surfaces. The thin-film technology facilitated production of flexible photovoltaic modules which can be mounted on the curved surfaces. In this way, the elements can be installed on all kinds of roofs, over the roof covers or in their stead.

Key words: *Photovoltaic cells, photovoltaic modules, panels, roof.*

¹ Miloš Nedeljković, M. Sc., PhD student, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

APPLICATION OF OPTICAL FIBERS FOR INTRODUCTION OF LIGHT INTO BUILDINGS

Snežana Đorić-Veljković¹
Sofija Rančić²
Predrag Janković³

Abstract

An imperative of our times is certainly the saving of energy and environmental protection, and it is certainly contributed by the innovative systems for introduction of daylight into buildings, as well as energy efficient sources of artificial light. Regarding that increased usage of daylight can considerably contribute reduction in electric power consumption, the technical innovations are being developed, allowing the daylight to be introduced into the parts of buildings without fenestration, and to those deep in the buildings. One of such innovations is application of optic fibers for introduction of daylight into buildings. Apart from this, optic fibers can, with the energy efficient LED sources, be used for internal artificial lighting, and primarily for decorative lighting. This paper provides some of the potential applications of optic fibers for introduction of daylight into the buildings, as well as the potential usage of optical fibers in the interior artificial lighting.

Key words: *daylight, artificial lighting, optical fibers, polymethylmethacrylate, energy saving.*

¹Snežana Đorić-Veljković, assistant prof., Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

²Sofija Rančić, associate, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš

³Predrag Janković, associate, Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš

HYDROLOGIC HYDRAULIC ANALYSIS OF RIVER TOPLICA FOR THE NEEDS OF WATER QUALITY MODELING

Dragan Milićević¹
Sreten Tomović²
Miloš Trajković³

Abstract

In the implementation of the Water Framework Directive simulation models have several important and very interesting application possibilities. Through the simulation models the interpretation of the status of the river can be performed better, causes of change in status can be detected and optimized methods of assessment can be done. Mathematical modeling in association with significant researching are the basis of every successful simulation and forecasting of water resources. The first step of a detailed study of water quality in the basin is to collect all available information about the system, and the first step in developing a model for monitoring and management of water quality in streams in the basin using "the pollution propagation" is the development and calibration of the hydraulic model and the hydraulic data. This paper presents the results of hydrological hydraulic analysis of river Toplica that was performed in order to prepare data for water quality modeling in the river.

Keywords: *hydraulic hydrologic analysis, hydraulic model, water quality modeling*

¹ Dragan Milićević, Ph.D., Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš

² Sreten Tomović, Ph.D., Faculty of Civil Engineering, University of Podgorica

³ Miloš Trajković, M.Sc., Faculty of Civil Engineering and Architecture University of Niš

CONTENTS

Ljiljana Vasilevska Borislava Blagojević	Integrated stormwater management in dwelling areas: case study „quartiers verts” vienna	.....	1
Jasmina Tamburić Predrag Lukić	Durability and damage of bearing structures	.....	15
Slavko Zdravković Tomislav Igić Biljana Mladenović	Eurocode 8, designing of seismically resistant structures	.....	35
Mladen Milanović Milan Gocić Slaviša Trajković	Analysis of software solutions for prediction and early warning of drought	.....	45
Ivana Veličković	Architecture as a function of art in xxi century – art center study	.....	55
Dušan Petković Dragoslav Stojić Predrag Lukić Vanja Jovanović	Grille systems of bridge structures by leonhardt theory	.....	67
Slavko Zdravković Dragan Zlatkov Dragana Turnić	Soil classification and the seismic action according to the eurocode 8	.....	79
Dragoslav Stojić Stefan Conić	Vehicle collision with structural elements	.....	93
Mladen Milanović Milan Gocić Slaviša Trajković	Application of matrices of co-variance and correlation on the data obtained by the standardized precipitation index	.....	103
Vanja Jovanović Predrag Lukić Nikola Jovanović	Intelligent systems of highways in the future	.....	113

Slavko Zdravković	Seismic analysis of bridges according to eurocode 8	.....	121
Radovan Cvetković Dragoslav Stojić Nemanja Marković	Rehabilitation of timber structures of indoor pool annex in kruševac	.....	131
Jelena Stefanović Stefan Cvetković Lana Petrović	Use of modular prefabricated system in eco architecture	.....	141
Vanja Jovanović Predrag Lukić Jasmina Tamburić	“Polli-Brick” facade system with low emission of harmful gases	.....	155
Slavko Zdravković Dragoslav Stojić Stefan Conić	Seismic analysis of timber buildings according to the European standard en 1998-1:2004-Eurocode 8-1	.....	165
Miloš Nedeljković	Photovoltaic cells as elements of the roof structure	.....	173
Snežana Đorić-Veljković Sofija Rančić Predrag Janković	Application of optical fibers for introduction of light into buildings	.....	185
Dragan Milićević Sreten Tomović Miloš Trajković	Hydrologic hydraulic analysis of river toplica for the needs of water quality modeling	.....	195

INDEX OF AUTHORS

- **Blagojević Borislava grad. Civ. Eng. PhD**
assistant professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.1 – 14
- **Conić Stefan, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 93-102, 165-172
- **Cvetković Radovan, grad. Civ. Eng. MSc.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 131-140
- **Cvetković Stefan,**
student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 141-154
- **Đorić-Veljković Snežana, grad. Elec. Eng. PhD.**
associate professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.185-194
- **Gocić Milan, grad. Elec. Eng. MSc.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 45-54,103-112
- **Igić Tomislav, grad. Arch. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 35-44
- **Janković Predrag, PhD**
associate, Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, pg. 185-194
- **Jovanović Nikola,**
student of undergraduate studies, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, pg. 113-120
- **Jovanović Vanja, master Civ. Eng.**
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 67-78, 113-120, 155-164
- **Lukić Predrag, master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 15-34, 67-78, 113-120,155-164
- **Marković Nemanja, grad. Civ. Eng.**
associate, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 131-140

- **Milanović Mladen, grad. Civ. Eng.**
The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 45-54,103-112
- **Milićević Dragan grad. Civ. Eng. PhD**
docent, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg.195-211
- **Mladenović Biljana, grad. Civ. Eng. MSc.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 35-44
- **Nedeljković Miloš, master Arch. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 173-184
- **Petković Dušan, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 67-78
- **Petrović Lana,**
student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 141-154
- **Rančić Sofija, PhD**
associate, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Niš, pg. 185-194
- **Stefanović Jelena,**
student, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 141-154
- **Stojić Dragolsav, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 67-78, 93-102,131-140, 165-172
- **Tamburić Jasmina grad. Arch. Eng.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 15-34, 155-164
- **Tomović Sreten grad. Civ. Eng. PhD**
docent, Faculty of Civil Engineering, University of Podgorica, pg. 195-211
- **Trajković Slaviša, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 45-54,103-112
- **Trajković Miloš master Civ. Eng.**
student of doctoral studies, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 195-211

- **Turnić Dragana, grad. Civ. Eng.**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 79-92
- **Vasilevska Ljiljana grad. Arch. Eng. PhD**
associate professor, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 1 – 14
- **Veličković Ivan, grad. Arch. Eng.**
student master of study., The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 55-66
- **Zdravković Slavko, grad. Civ. Eng. PhD**
full prof., Academician of the Royal Serbian association of academics, innovators and scientists- SKAI ,former Expert of Federal Ministry of Science, Technology and Development, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 35-44, 79-92, 121-130,165-172
- **Zlatkov Dragan, grad. Civ. Eng. MSc**
assistant, The Faculty of Civil Engineering and Architecture of Niš, pg. 79-92

CIP - Каталогизација у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

624

ZBORNİK radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta / glavni i odgovorni urednik Dragoslav Stojić. – 2003, br. 19- . – Niš (Aleksandra Medvedeva 14) : Građevinsko-arhitektonski fakultet, 2003 (Niš : Unigraf). - 24 cm

Godišnje. – Je nastavak: Zbornik radova Građevinskog fakulteta (Niš) = ISSN 0350-8587 ISSN 1452-2845 = Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta (Niš)

COBISS.SR-ID 126989324