
iNDiS 2006



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Institut za Građevinarstvo

u saradnji sa Inženjerskom komorom Srbije i Jugoslovenskom
inženjerskom akademijom



iNDiS 2006

PLANIRANJE, PROJEKTOVANJE
GRADENJE I OBNOVA
GRADITELJSTVA

Deseti nacionalni i Četvrti međunarodni naučnu skup

UREDNICI

R. Folić, V. Radonjanin, M. Trivunić

ZBORNIK RADOVA

Novi Sad, 22 - 24. novembar 2006.

Ovaj zbornik je štampan sredstvima Instituta za građevinarstvo FTN
i uz materijalnu pomoć donatora

Urednici:

Prof. dr Radomir Folić, dipl.inž.građ.
Doc. dr Vlastimir Radonjanin, dipl.inž.građ.
V. prof. dr Milan Trivunić, dipl.inž.građ.

ISBN 86-7892-017-3

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Biblioteka Matice srpske, Novi Sad

69.05 (082)

NAUČNI skup Planiranje, projekovanje, građenje i obnova
graditeljstva INDIS 2006 (10; Novi Sad; 2006)

Planiranje, projektovanje, građenje i obnova graditeljstva:
zbornik radova / Deseti nacionalni i Četvrti međunarodni naučni skup INDIS
2006, Novi Sad, 22-24. novembar 2006.; urednici
R.Folić, V. Radonjanin, M.Trivunić. – Novi Sad:
Fakultet tehničkih nauka, Institut za građevinarstvo, 2006
(Novi Sad : Budućnost) – 450 str. : graf. prikazi 24 cm

Tiraž 250 – Bibliografija uz svaki rad. – Rezimei na eng.jeziku uz svaki rad.

ISBN 86-7892-017-3

a) Industrijska gradnja – Zbornici

COBISS.SR-ID 217445127

Međunarodni naučni skup INDIS 2006

Tehnički organizator skupa:
Institut za građevinarstvo , Fakultet tehničkih nauka – Novi Sad

Tehnički urednici zbornika radova:
Aleksandra Dmitrović
Lukić Ivan
Drakulić Aleksandar

Izdavač:
Institut za građevinarstvo, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Štampa:
DP " BUDUĆNOST " , Šumadijska 12, Novi Sad

Tiraž: 250 primeraka

Međunarodni naučni komitet (International Scientific Committee)

Boško	Petrović,	Srbija, Predsednik
Georgy	Balasz,	Mađarska
Radu	Banchila,	Rumunija
Ema	Coelho,	Portugal
John	Ermopoulos,	Grčka
Peter	Fajfar,	Slovenia
Michael	Fardis,	Grčka
Radomir	Folić,	Srbija
Michael C.	Forde,	Engleska
Vlado	Gocevski,	Kanada
David	Hopkins,	Novi Zeland
Dragan	Ivanov,	Makedonija
James	Jirsa,	SAD
Emilia	Juhasova,	Slovačka
Andreas J.	Kappos,	Grčka
Mark A.	Klyachko,	Rusija
Konstantin	Kovler	Izrael
Srđan	Kolaković	Srbija
Đorđe	Lađinović	Srbija
Ivanyi	Miklos,	Mađarska
Vitaly P.	Mitrofanov,	Ukrajina
Mihailo	Muravljov,	Srbija
Ludovit	Nad,	Slovačka
Svetlana	Nikolić – Brzev,	Kanada
Tihomir	Nikolovski,	Makedonija
Balthasar	Novak,	Nemačka
Doncho	Partov,	Bugarska
Aleksandar	Pavić,	Engleska
Milija	Pavlović,	Engleska
Milutin	Penčić,	Srbija
Sonja	Petrović-Lazarević,	Australija
Vlastimir	Radonjanin,	Srbija
Karl-Heinz	Reineck,	Nemačka
Andrzej	Ryzynski,	Poljska
Richard D.	Sharpe,	Novi Zeland
Veselin	Simović,	Hrvatska
Zdenek	Šmerda,	Češka
Isaac	Soroka,	Izrael
Božidar	Stojadinović,	SAD
Nikolae	Taranu,	Rumunija
Milan	Trivunić,	Srbija
Konstantin	Topurov,	Bugarska
Aleksandar	Uzdin,	Rusija
Svetlana	Vuković,	Srbija
Milinko	Vasić	Srbija
David	Yankelevsky	Izrael

Organizacioni odbor skupa

Radomir Folić, predsednik (FTN – Novi Sad)

Vlastimir Radonjanin, (FTN - Novi Sad)

Milan Trivunić (FTN – Novi Sad)

Đorđe Lađinović (FTN – Novi Sad)

Milinko Vasić (FTN – Novi Sad)

Srđan Kolaković (FTN – Novi Sad)

Milan Vuković (Inženjerska komora Srbije)

INDIS 2006

Period u kome živimo postavlja nove zahteve pred graditeljstvo. Njegov širi kontekst obuhvata probleme: planiranja, projektovanja, građenja i obnove graditeljstva što je odabrano za tematiku ovog skupa. Ovako široka oblast delovanja zahteva uključivanje šireg kruga stručnjaka: prostornih planera, urbanista, arhitekata i građevinskih inženjera svih smerova, projekatanta i izvođača građevinskih radova instalacija i završnih radova u građevinarstvu, ali isto tako i iz drugih struka, kao što su sociolozi, ekonomisti i drugi, čije delovanje je vezano za arhitekturu, građevinarstvo i građenu sredinu.

Za razliku od prvog skupa održanog 1976. godine na temu: "Industrijska izgradnja stanova" i kasnije održanih skupova pod nazivom: "Industrijalizacija građevinarstva", postepeno je proširivana tematika kako bi predhodna dva i ovaj skup dobilo ovako široku fizionomiju. To je rezultiralo da broj radova za ovaj skup, u odnosu na predhodne bude znatno veći.

Raduje nas da je izvestan broj članova Internacionalnog naučnog komiteta aktivno učestvovao u pripremi skupa i napisao radove koji se objavljuju u ovom zborniku. U njima, kao i u nekim radovima drugih autora, izneto je mnoštvo ideja, rezultata eksperimentalnih i teorijskih istraživanja koji su poslužili kao podloga za formulisanje adekvatnih proračunskih modela ili modela ponašanja konstrukcija pod različitim dejstvima, kao i modela koji se koriste u drugim oblastima graditeljstva i zaštite životne sredine. Na njihovom doprinosu iskreno im se zahvaljujemo.

Za ovaj skup, "INDIS 2006" objavljuju se dva zbornika radova, jedan na srpskom a drugi na engleskom jeziku. To predstavlja orijentaciju da se naši rezultati i stvaralaštvo približe svetu i da se rezultati kolega iz inostranstva predstave našoj stručnoj javnosti. Radujemo se što ovi naši skupovi postaju sve više spona sa svetom, tj. sve više međunarodni.

SADRŽAJ:

1. Aleksandra Kostić-Milanović, Goran Ćirović REFORMA VIŠE GRAĐEVINSKO-GEODETSKE ŠKOLE U BEOGRADU U SKLADU SA ZAKONOM O VISOKOM OBRAZOVANJU.....	11
2. Anja Terzić MODELOVANJE PROCESA PRIPREME I UGRADNJE REPARATURNIH MALTERA VISOKIH PERFORMANSI.....	19
3. Atila Segedi , MEĐUSOBNA USLOVLJENOST TEHNIČKO-TEHNOLOŠKIH, EKONOMSKIH I PRAVNIH USLOVA GRAĐENJA.....	27
4. Avdija Šubara REHABILITACIJA RAZVODNOG POSTROJENJA 110 KV HE JABLANICA NA RIJECI NERETVI , BOSNA I HERCEGOVINA TEMELJENJE VISOKONAPONSKE OPREME NA MIKROŠIPOVIMA REHABILITATION 110 KV.....	33
5. Biljana Šćepanović, Miloš Knežević, Duško Lučić, Srđa Aleksić PRIMJENA VJEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA U ANALIZI EKSCENTRIČNO LOKALNO OPTEREĆENIH ČELIČNIH I-NOSAČA.....	41
6. Borjan Popović GRANIČNO STANJE ŠIRINA PRSLINA PARCIJALNO PRETHODNO NAPREGNUTIH ELEMENATA.....	49
7. Borjan Popović GRANIČNA STANJA UPOTREBLJIVOSTI ARMIRANOBETON-SKIH NOSAČA NAKON SANACIJE ILI REKONSTRUKCIJE ZATEZANJEM DODATNE SPOLJNE ARMATURE.....	57
8. Branko Mazić, Esad Mulavdić PLANIRANJE PUTNOG SAOBRAĆAJNOG SISTEMA U REGIONALNIM OKVIRIMA SA EKONOMSKIM VREDNOVANJEM I UTVRĐIVANJEM PRIORITETA GRAĐEVINSKIH INTERVENCIJA.....	65
9. Branko Vučković KARAKTERISTIKE SAMOZBIJAJUĆIH BETONA.....	73
10. Bratislav Ilić, Miodrag Nestorović POJAM PROCESORA U INŽENJERSKOM PROJEKTOVANJU.....	81
11. Dejan Marinković MODEL KONTROLE TROŠKOVA BAZIRAN NA KLJUČNIM AKTIVNOSTIMA.....	89
12. Dragan Gavrilović, Danijela Milanović KVALITATIVNA ANALIZA OSTVARENJA BIOKLIMATA OBJEKATA PRIMENOM BLOKOVA OD PLINO BETONA.....	97
13. Dragan Majkić INTEGRALNI MOSTOVI.....	105
14. Dušan Kovačević RAZVOJ METODE KONAČNIH ELEMENATA – TEHNOLOGIJE ZA MODELIRANJE KONSTRUKCIJA.....	119

15. Duško Hinić	
KARAKTERISTIKE SVEŽEG I OČVRSLOG MLAZNOG BETONA I METODE	
ISPITIVANJA.....	131
16. Eva Vaništa Lazarević, Aleksandra Đukić	
URBANA RECIKLAŽA U SVETLU ODRŽIVOG RAZVOJA.....	143
17. Goran Čirović, Darko Plamenac	
NEDOSTAJUĆI PODACI I GRUBI SKUPOVI - PRIMENA U	
GRAĐEVINARSTVU.....	151
18. Ilija Nikolić	
PLANIRANJE RADNE SNAGE I MEHANIZACIJE U MEŠOVITIM SMENAMA	
NA PROJEKTU PRIMENOM SOFTVERA MS PROJECT.....	161
19. Ivan Randjelović, Vesna Kosorić	
INTEGRALNO PROJEKTOVANJE - FAKTOR ODRŽIVOG	
GRADITELJSTVA.....	171
20. Jelena Ivanović Šekularac, Nenad Šekularac	
IZRADA ZAŠTITNIH KONSTRUKCIJA ZA NATKRIVANJE ARHEOLOŠKIH	
LOKALITETA I SREDNJEVEKOVNIH OBJEKATA.....	179
21. Mehmed Sarić	
SANACIJA ARMIRANOBETONSKOG EKRANA BRANE HE RAMA NA	
RIJECI RAMI, BOSNA I HERCEGOVINA.....	187
22. Merima Šahinagić-Isović, Suad Špago	
SPOJEVI OD MIKROARMIRANIH BETONA NAPREGNUTI SMICANJEM...195	
23. Milutin Vucinic, Radomir Folic, Danilo Ristic	
NOVI ADAPTIBILNI SISTEMI ZA SEIZMIČKU IZOLACIJU MOSTOVA.....203	
24. Milica Maksić	
KRITIČKA ANALIZA ESTETIKE U POSTMODERNOJ ARHITEKTURI I	
URBANIZMU.....	211
25. Milorad Tatomirović	
PRORAČUN SILOSA PREMA EVROKODU 1 - DEO 4.....	219
26. Miloš Knežević, Marina Rakočević, Radivoje Mrdak, Ljiljana Žugić-Zornija,	
Mladen Gogić, Dragica Perović	
EKSPERTIZA OŠTEĆENJA I UPOTREBLJIVOSTI OBJEKATA I PROCJENA	
VRIJEDNOSTI OBJEKATA USLJED EKSPLOZIJE SKLADIŠTA EKSPLOZIVA	
U NIKŠIĆU.....	227
27. Miloš Knežević, Biljana Ivanović, Zlatko Zafirovski, Mladen Gogić	
ORGANIZACIJA GRAĐENJA REKONSTRUKCIJE MAGISTRALNOG PUTA	
KOLAŠIN – MATEŠEVO.....	235
28. Miodrag Manić, Borko Bulajić	
PROBABILISTIČKA I DETERMINISTIČKA OCENA SEIZMIČKOG HAZARDA	
ZA ŠIRU TERITORIJU BEOGRADA.....	243
29. Miodrag Nestorović, Milan Dević, Ognjen Rogačev	
MODALITETI POLIEDARSKE GEOMETRIJE PRIMENJENI PRI FORMIRANJU	
SAVREMENIH PROSTORNIH KONSTRUKCIJA.....	251
30. Miroslava Radeka	
VEZA IZMEĐU PROPUSTLJIVOSTI CEMENTNOG MALTERA I	
OTPORNOSTI NA DEJSTVO MRAZA I SOLI.....	259

31. Mladen Ćosić, Đorđe Ladinović NELINEARNA STATIČKA KONVENCIONALNA I MODIFIKOVANA PUSHOVER METODA.....	267
32. Nenad Šekularac OBLIKOVANJE NABORASTIH KONSTRUKCIJA PRIMENOM DRVENIH REŠETKASTIH NOSAČA.....	275
33. Nikola Luković GLAVNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE MAGISTRALNOG PUTA "BUDVA – BAR"(DIONICA KUFIN).....	283
34. Olga Radulović, Mirko Ačić OTVORI KOD VISOKIH ARMIRANOBETONSKIH NOSAČA.....	289
35. Petar Mitković, Ivana S. Bogdanović PRILOG UNAPREĐENJU STAMBENIH KOMPLEKSA PRIMENOM URBANE REGENERACIJE SA UTVRĐIVANJEM SMERNICA ZA REŠAVANJE PROBLEMA U NIŠU.....	297
36. Radmila Sindić-Grebović ANALIZA ARMIRANJA GREDNIH MODELA OD BETONA VISOKE ČVRSTOĆE PRI ISPITIVANJU SMICANJEM.....	305
37. Ratko Mitrović, Strahinja Pavlović INDUSTRIJALIZACIJA KAO TEHNOLOGIJA GRAĐENJA U BUDUĆNOSTI TURBINA HIDROELEKTRANE JABLANICA.....	313
38. Rešad Malović VIBRACIJE BETONSKE I ČELIČNE KONSTRUKCIJE REKONSTRUISANIH TURBINA HIDROELEKTRANE JABLANICA.....	321
39. Saša Dorđević, Žikica Tekić KONSTRUISANJE I TIPIZACIJA ČVORNIH VEZA U SISTEMU LKV.....	331
40. Simo Sudić PROCENA ZNAČAJNIH POZICIJA RADOVA.....	339
41. Srđan Kisin, Nebojša Ravić PROJEKAT PORSCHE – ADA... ASPEKT NADZORA.....	347
42. Srđan Kisin, Nebojša Ravić REKONSTRUKCIJA CRKVE SVETOG ARHANGELA GAVRILA.....	353
43. Suad Špago, Merima Šahinagić-Isović FAKTORI KOJI SU U KORELACIJI SA POJAVOM OTKAZA NA SISTEMU CIJEVNE VODOVODNE MREŽE.....	361
44. Suad Špago, Merima Šahinagić-Isović STANDARDIZACIJA MODELA UPRAVLJANJA PROCESOM OBNAVLJANJA CIJEVNE VODOVODNE MREŽE.....	369
45. Svetlana Vuković, Ivo Marinić ULOGA NEKRETNINA U FINANSIRANJU RAZVOJA.....	377
46. Tatjana Jurenić, Milica Pejanović ODRŽAVANJE I OBNOVA STAMBENOG FONDA - MODELOVANJE PROCESA.....	385
47. Zlatko Maglajlić ODREĐIVANJE MATRICE KRUTOSTI ŠTAPA PO TEORIJI II REDA PRIBLIŽNIM POSTUPKOM.....	395

48. Zoran Cekić	
PRIMENA NEURALNIH MREŽA ZA PODRŠKU DONOŠENJU ODLUKA U GRAĐEVINSKIM KOMPAIJAMA.....	401
49. Zoran Grdić, Goran Radenković, Marko Veličković	
ODREĐIVANJE KOROZIONE AKTIVNOSTI ARMATURNOG ČELIKA U BETONSKIM KONSTRUKCIJAMA METODOM MERENJA ELEKTRIČNOG POTENCIJALA.....	413
50. Željka Radovanović	
PRIKAZ GRADNJE PJEŠAČKOG MOSTA „ZABJELO“ U PODGORICI.....	423
51. Željka Radovanović	
ISKUSTVA KOD PRIMENE FASADNE PVC STOLARIJE U OBNOVIŠKOLA NA PODRUČJU BEOGRADA.....	429
52. Željko Žugić	
DINAMIČKA ANALIZA OŠTEĆENOG TV TORNJA IRIŠKI VENAC NA FRUŠKOJ GORI.....	437
53. Žikica Tekić, Saša Đorđević	
EKSERASTI METALNI KONEKTER - SAVREMENO MEHANIČKO SPOJNO SREDSTVO U DRVENIM KONSTRUKCIJAMA.....	443

Aleksandra Kostić-Milanović¹

Goran Ćirović²

REFORMA VIŠE GRAĐEVINSKO-GEODETSKE ŠKOLE U BEOGRADU U SKLADU SA ZAKONOM O VISOKOM OBRAZOVANJU

Rezime: Prikazana je transformacija Više građevinsko-geodetske škole u Beogradu sa više na visoku školu u skladu sa Zakonom o visokom obrazovanju i Bolonjskom deklaracijom, misija i vizija studijskih programa građevinarstvo, arhitektura i geodezija - geomatika, kao i pravni osnov za njihovu realizaciju. Prikazana su iskustva u trenutno aktuelnoj reformi obrazovanja – procedura samovrednovanja i ocenjivanja studijskih programa, nastave i uslova rada na osnovnim i specijalističkim studijama i odgovarajući izveštaji. Posebnu ulogu u ovom postupku imaju i permanentne analize obrazovnih procedura radi poboljšavanja stepena prolaznosti na ispitima i boljeg organizovanja nastave.

Ključne reči: Reforma obrazovanja, samovrednovanje, studijski programi, građevinarstvo, arhitektura, geodezija.

THE REFORM OF ADVANCED SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING AND GEODESY IN BELGRADE IN ACCORDANCE WITH LAW ON HIGHER EDUCATION

Summary: The transformation of the Advanced School of Civil Engineering and Geodesy in Belgrade from an advanced school into a higher school in accordance with the Law on Higher education and the Bologna Declaration has been presented, as well as a mission and a vision of curricula for civil engineering, architecture and geodesy & geomatics, as well as the legal basis for their realization. The experiences in the current education reform are shown – the procedure of self-evaluation and curricula estimation, teaching and learning conditions in the basic and specialist studies and the appropriate reports. A special role in this self-evaluation procedure is also given to permanent analyses of educational procedures in order to improve the level of passing the exams and better organization of the instruction.

Key words: Education reform, self-evaluation, syllabi, civil engineering, architecture, geodesy.

¹ Dr Aleksandra Kostić-Milanović, dipl. građ. inž., profesor, direktor, Viša građevinsko-geodetska škola, Beograd, Hajduk Stanka 2, tel. 3086-243, Email: vggs@sezampro.yu

² Dr Goran Ćirović, dipl. građ. inž., profesor, Viša građevinsko-geodetska škola, Beograd, Hajduk Stanka 2, tel/fax 2422-178, Email: cirovic@sezampro.yu

1. UVOD

Izveštaji o samovrednovanju i ocenjivanju kvaliteta studijskih programa, nastave i uslova rada Više građevinsko-geodetske Škole u Beogradu za potrebe dobijanja odobrenja za rad Ministarstva prosvete i sporta Vlade Republike Srbije urađeni su u skladu sa *Zakonom o visokom obrazovanju* (26).

Samovrednovanje je sprovedeno na način i po postupku propisanim predlogom standarda od strane Komisije za akreditaciju i proveru kvaliteta (21), (22) (23) i (29), kao i opštim aktima Više građevinsko-geodetske škole (12), (13) i (14).

VGGŠ je u četiri faze sprovela postupak samovrednovanja i ocenjivanja kvaliteta svojih studijskih programa, nastave i uslova rada:

I faza – početkom 2002. godine, kada je Ministarstvo prosvete i sporta Republike Srbije odobrilo VGGŠ novi nastavni plan koji predviđa šestosemestralne dodiplomske studije za stručno zvanje inženjer građevinarstva (na građevinskom odseku), odnosno inženjer geodezije (na geodetskom odseku);

II faza - početkom 2003. godine, kada je urađena Studija opravdanosti novog nastavnog plana i programa više građevinsko-geodetske škole u Beogradu u skladu sa Bolonjskom deklaracijom za potrebe dobijanja saglasnosti Ministarstva prosvete i sporta Vlade Republike Srbije, koja je pozitivno prihvaćena od strane Ministarstva i na koju je dobijena saglasnost;

III faza - u toku septembra 2003. godine, do kraja novembra 2003. godine, kada je izvršeno vrednovanje nastave u pogledu uslova u kojima se odvija nastava i načina odvijanja nastave, uvođenje procedura sistema upravljanja kvalitetom, predlaganje mera za ispunjenje navedenih kriterijuma, kao i formiranje kriterijuma za evaluaciju prema prednactu Zakona o visokom obrazovanju; i

IV faza – u periodu od oktobra 2005. godine, do kraja oktobra 2006. godine, kada su urađeni i navedeni izveštaji.

Izveštaji su rađeni na bazi sagledavanja pozitivnih trendova u oblasti visokog obrazovanja, koji su u svetu već univerzalno prihvaćeni.

Neki od dosadašnjih postignutih rezultata već su predloženi domaćoj i međunarodnoj javnosti (5) i (6).

1.1. Vizija i misija Više građevinsko-geodetske škole u Beogradu

Viša građevinsko-geodetska škola u Beogradu sastoji se od dva odseka: Građevinskog odseka, Hajduk Stanka 2 i Geodetskog odseka u ulici Milana Rakića 42.

Broj studenata na iz godinu u godinu raste, kao izraz uočene potrebe za kadrovima građevinske, arhitektonske i geodetske struke i u javnosti sve prisutnijeg naglašenog značaja građevinske industrije i upravljanja realizacijom investicionih projekata. Mladi ljudi, budući studenti u tome vide svoju šansu za obrazovanje u skladu sa potrebama tržišta. Ovo je posebno značajno pošto potrebe za građevinskim, arhitektonskim i geodetskim kadrovima rastu širom cele Republike Srbije u svim lokalnim zajednicama i sredinama, što pruža veliku mogućnost zapošljavanja svršenih studenata.

Vizija VGGŠ je doprinos pristupu naših građevinskih kompanija u savremene tokove Evropske Unije, razvojem i proširivanjem obrazovanja i istraživanja u oblasti građevinarstva, arhitekture i geodezije.

Misija VGGŠ je obrazovanje za rukovođenje izgradnjom objekata uz poznavanje metodologije izvođenja i razradu projektne dokumentacije u svakodnevnoj građevinskoj praksi, kao i osposobljavanje za obavljanje poslova iz oblasti geodezije.

2. STUDIJSKI PROGRAMI

Prema preporukama Bolonjske deklaracije (1) već su uvedeni jednosemestralni predmeti, uz poštovanje programskih sadržaja i tradicionalnih vrednosti pojedinih studijskih programa (4), kao i sistem kredita, tj. ESPB bodova – ECTS sistem Evropske komisije (17), koji su pokazali dobre rezultate, budući da formalizuju kvantitativno opterećenje studenata. Takođe, nastojanja i cilj VGGŠ je obezbeđenje uslova da se na zahteve nastave odgovori u što kraćem vremenskom roku, po mogućstvu da se završetkom nastave završe i obaveze studenata koji se tiču te nastave. Tokom pohađanja nastave i izrade samostalnih radova studenti, shodno svojim zalaganjem i završenim pojedinim fazama nastavnog programa, stiču određene poene, čiji zbir rezultira odgovarajućom konačnim ocenom tog predmeta.

Posebno, kroz VI semestar, koji podrazumeva stručnu praksu (15) u svim oblastima građevinarstva, arhitekture i geodezije i izradu i odbranu diplomskih radova (16) iz različitih oblasti, studenti se uspešno pripremaju za buduću ulogu inženjera. Uspostavljena je čvrsta i organizovana saradnja sa građevinskim i geodetskim firmama, javnim komunalnim preduzećima, i uopšte svima onima koji u budućnosti mogu imati potrebe za svršenim studentima Više građevinsko-geodetske škole. U tom smislu je realizovano niz konkretnih aktivnosti, a naročito anketa koju je VGGŠ ostvarila sa (a) svršenim studentima koja je pokazala da je moguće da se uspešno zaposle i odmah po zapošljavanju uključe u proizvodne procese, zahvaljujući svojim praktičnim stečenim znanjima, kao i sa (b) direktorima, vlasnicima i odgovornim u proizvodnji u građevinskim i geodetskim preduzećima, koja je dokazala visok stručan nivo svršenih građevinskih i geodetskih inženjera u praksi, što je i cilj pojedinih studijskih programa.

Unutrašnja anketa se već nekoliko godina sprovodi od strane studenata i njihove organizacije, naročito u ocenjivanju nastavnika – kvaliteta nastave i odnosa prema studentima, kao i o njihovom mišljenju o nisu važnih pitanja, kao što je njihovo opterećenje pojedinim predmetima i raspored ESPB bodova, ili rad studentske službe.

Studentima je pružena mogućnost da sami profilisu svoj buduću stručni potencijal preko izbornih predmeta, čiji je broj veći na završnim godinama edukacije. U skladu sa tim VGGŠ već izdaje dopunu diplome, koja dokumentuje savlađivanje redovnih i dodatnih aktivnosti.

Studijski programi i parametri za vrednovanje kvaliteta su urađeni u skladu sa iskustvima sličnih obrazovnih institucija u svetu. U tom smislu, korišćena su i *uputstva* naznačena u Literaturi ovog rada pod brojem (2), (3), (20) i (24), kao i *izveštaji* pod brojevima (18) i (19).

Viša građevinsko-geodetska škola u Beogradu, kao jedinstvena obrazovna institucija ove vrste u zemlji, ima uspostavljen sistem obrazovanja budućih građevinskih, arhitektonskih i geodetskih inženjera, ustaljenu proceduru nastave, kao i standarde i normative za vrednovanje pojedinih parametara koji vode jedinstvenom cilju: uspostavljanju visokog kvaliteta nastave i neophodnih i pratećih uslova za njeno održavanje i poboljšavanje, kao i *proveri* tih parametara i njihovom neprekidnom poboljšavanju. Veliku pažnju VGGŠ poklanja i učešću studenata u procesu

uspostavljanja i vrednovanja ovih kriterijuma. U svakom momentu se može proveriti kvalitet studijskih programa, nastave i uslova rada Više građevinsko-geodetske škole u Beogradu.

Naravno, kvalitet nastave se ne može zamisliti bez kvalitetnih nastavnika. VGGŠ vodi stalnu poslovnu politiku koja se odnosi na poboljšanje obrazovnog nivoa nastavnika i izbora u odgovarajuća zvanja, pisanje literature koja je u skladu sa nastavnim programima, ali i literature monografskog karaktera, njihovu ulogu u svim važnim aspektima delovanja u realnom okruženju, članstvima u odgovarajućim udruženjima, referencama – projektima i izvedenim objektima, i slično.

3. ELABORATI ZA AKREDITACIJU

Radi verifikacije ispunjenja uslova za rad, u skladu sa Zakonom o visokom obrazovanju, kojim se utvrđuje da visokoškolska ustanova ispunjava uslove:

za rad visokoškolske ustanove (8),

za izvođenje određenih studijskih programa (9), i

pravo na izdavanje javnih isprava u skladu sa Zakonom (7),

Viša građevinsko-geodetska škola u Beogradu sačinila odgovarajuće elaborate:

Izveštaj o ispunjenosti uslova za rad,

Izveštaje za akreditaciju studijskih programa i

Izveštaj o samovrednovanju, obezbeđenju i ocenjivanju kvaliteta studijskih programa, nastave i uslova rada.

3.1. Izveštaj o ispunjenosti uslova za rad

Ovaj izveštaj sadrži, posebno, programske kriterijume za građevinarstvo, arhitekturu i geodeziju - geomatiku, koji se odnose na nastavne programe i nastavnički kadar, viziju i misiju VGGŠ u sistemu obrazovanja, izvršenu nomenklaturu ESPB bodova po studijskim programima, i odgovarajuće šifriranje nastavnih predmeta, merila za vrednovanje programa individualne prakse, uspeha studenata i kompetentnosti nastavnog osoblja.

Posebnu ulogu u ovom postupku samovrednovanja imaju i permanentne analize postojećih edukativnih i pratećih procedura. Naročito je u ovom slučaju korišćena SWOT analiza (31) i (32) (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats – Snage, Slabosti, Mogućnosti, Ograničenja/Pretnje), koja je uspešno sprovedena za identifikaciju i poboljšanje određenih slabosti (konkretno: boljem raspoređivanju ESPB bodova, popunjavanju biblioteke novom literaturom, poboljšavanju stepena prolaznosti na ispitima, i boljem organizovanju stručne prakse).

Može se reći da su programi nastave u VGGŠ dali svoj doprinos u priznavanju kvalifikacije budućim inženjerima građevinarstva i geodezije koji se školuju po ovom sistemu i potpuno kompatibilni sa zahtevima institucija sistema. Prema *Zakonu o izmenama i dopunama Zakona o planiranju i izgradnji* (27), (28) i odgovarajućim podzakonskim aktima (10) i (11) omogućeno je licenciranje svršenih inženjera građevinarstva i arhitekture, odnosno predviđeno je da inženjeri građevinarstva i arhitekture mogu da postanu odgovorni izvođači za objekte za koje odobrenje za izgradnju izdaje opština, odnosno grad, odnosno Grad Beograd, ukoliko polože stručni

ispit u oblasti izrade tehničke dokumentacije i građenja, i ukoliko imaju najmanje tri godine radnog iskustva u struci. Ovo je već slučaj sa inženjerima geodezije, shodno *Zakonu o državnom premeru i katastru i upisima na nepokretnosti* (30).

Izveštaj o ispunjenosti uslova za rad detaljno obrazlaže elemente koji sadrže sledeće: Organizacione jedinice, Organizacija i sistem upravljanja (obrazovna institucija-organizaciona jedinica i normativna akta), Prostorne i materijalno-tehničke mogućnosti (površina, kvalitet i adekvatnost prostora, opreme i instrumenata) (25), Vrsta i režim studija (osnovne strukovne, specijalističke, studije na daljinu, jezik studija, upis i broj studenata, odnos broja studenata i nastavnika, veličine grupa studenata po predmetima), Kriterijumi za upis studenta, Efikasnost studija, Informacioni sistem (evidencija, statistika, informatori, web site i stepen njihovog korišćenja), Sistem finansiranja, prihodi i način raspodele sredstava, Odnosi sa odgovarajućim obrazovnim institucijama i nadležnim Ministarstvom, Postojanje saradnje između odgovarajućih institucija (istih ili srodnih) i stepen razvijenosti saradnje, Stepem razvijenosti međunarodne saradnje (zajednički programi, ugovori o razmeni i saradnji), Sistem studentskog učešća u upravljanju, Izdavačka delatnost, Organizacija i praćenje naučnog i stručnog rada, Samovrednovanje i unutrašnja kontrola kvaliteta, kao i Spoljašnja kontrola kvaliteta.

Ovo podrazumeva *pravo na izdavanje javnih isprava*, sa detaljnim obrazloženjem elemenata koji se odnose postupke koji se vode u obrazovnoj instituciji i pri čijem se vršenju u smislu Zakona o visokom obrazovanju izdaju određene javne isprave (diplome, dopune diploma, nostrifikacije, uverenja o položenim ispitima i slično), u skladu sa Statutom i Zakonom.

Takođe, ovo podrazumeva *akreditaciju nastavničkog kadra*, sa detaljnim obrazloženjem elemenata koji sadrže sledeće:

- Stručni i naučni doprinos radnih jedinica i nastavnika
- Kriterijumi pedagoškog rada
- Vrednovanje pedagoških sposobnosti nastavnika.

3.2. Elaborati za akreditaciju studijskih programa

Osnovne strukovne studije:

- **Građevinarstvo**
- **Arhitektura**
- **Geodezija - geomatika**

Specijalističke studije:

- **Menadžment u građevinarstvu**
- **Urbanizam i projektovanje**
- **Katastar nepokretnosti**

Ovi elaborati detaljno obrazlažu elemente koji sadrže sledeće: Vrednovanje studijskih programa, Primena Evropskog sistema sticanja kredita, Vrednovanje udžbenika i stručne literature, Biblioteka, Ispiti i drugi oblici provere znanja, Vrednovanje nastave i rezultati obrazovnog procesa, kao i Organizacija i praćenje stručnog i naučnog rada.

Ovo podrazumeva sledeća poglavlja Izveštaja:

- Obrazovni ciljevi studija
- Studijski program
- Proces nastave

- Rad sa studentima
- Odnos prema budućim studentima
- Proces učenja
- Vrednovanje studenata
- Rezultati studija
- Ispiti
- Nastavnici.

3.3. Elaborat o obezbeđenju i ocenjivanju kvaliteta

Ovaj Izveštaj o samovrednovanju, obezbeđenju i ocenjivanju kvaliteta studijskih programa, nastave i uslova rada za akreditaciju je urađen na osnovu predloga Standarda za samovrednovanje i ocenjivanje kvaliteta visokoškolskih ustanova, koje je usvojila Komisija za akreditaciju i proveru kvaliteta, na osnovu Zakona o visokom obrazovanju.

U postupku odlučivanja o akreditaciji Komisija uzima u obzir rezultate vrednovanja kvaliteta. Visokoškolska ustanova svojim statutom, odnosno opštim aktom definiše tela i postupke vezane za praćenje, obezbeđivanje, unapređenje i razvoj *kvaliteta* studijskih programa, nastave i uslova rada. Zakon o visokom obrazovanju predviđa proveru ispunjenja obaveza visokoškolske ustanove u pogledu kvaliteta. U postupku provere kvaliteta uzima se u obzir i ocena studenata o studijskim programima. Prema Zakonu visokoškolska ustanova sprovodi postupak samovrednovanja i ocenjivanja kvaliteta svojih studijskih programa, nastave i uslova rada. Samovrednovanje se sprovodi na način i po postupku propisanim opštim aktom visokoškolske ustanove. Samovrednovanje se sprovodi u intervalima od najviše tri godine. U postupku samovrednovanja razmatra se i ocena studenata. Na zahtev Komisije, visokoškolska ustanova dostavlja informaciju o postupku i rezultatima samovrednovanja, kao i druge podatke od značaja za ocenu kvaliteta.

Ovaj Izveštaj sadrži uvodni deo u kojem su prikazane dosadašnje aktivnosti Više građevinsko-geodetske škole koje traju već nekoliko godina na procedurama unapređenja i stalnog poboljšavanja delatnosti i uslova rada, samovrednovanju i unutrašnjoj i spoljašnjoj kontroli kvaliteta; i poseban deo u kojem su objašnjene politika i uspostavljene procedure u skladu sa svakim od standarda usvojenim od strane Komisije za akreditaciju. Razmatrano je šest standarda, od koji prva tri odnose na strategiju, postupke i organizaciju; četvrti se odnosi na oblasti obezbeđenja kvaliteta nastavnog procesa – sa podstandardima: obezbeđenje kvaliteta studijskih programa, kvaliteta naučno istraživačkog, umetničkog i stručnog rada, kvaliteta nastavnika i saradnika, kvaliteta studenata, kvaliteta udžbenika, literature, bibliotečkih i informatičkih resursa, kvaliteta upravljanja ustanovom, obezbeđenje prostora i opreme, kao i obezbeđenje finansiranja; peti se odnosi na ulogu studenata u samovrednovanju i proveru kvaliteta i šesti koji se odnosi na sistematsko praćenje i periodičnu proveru kvaliteta.

U ovom Izveštaju predočena je spremnost za stalnim obezbeđenjem i unapređenjem kvaliteta obrazovanja koji se zasniva na viziji i misiji, usvojenoj politici kvaliteta, opštim aktima Škole, timskom radu, razmatranju ocena studenata o pojedinim važnim pitanjima, pozitivnom iskustvu evropskih i svetskih obrazovanih institucija, kao i poslovanju i delovanju zasnovanom na odgovornom, timskom radu, bogatom znanju i višegodišnjem iskustvu zaposlenih nastavnika, saradnika i ostalog osoblja.

4. ZAKLJUČAK

Celokupan navedeni materijal je sačinjen na osnovu uputstava i kriterijuma za evaluaciju i akreditaciju visokog obrazovanja na osnovu Komineke sa sastanka ministara obrazovanja 39 zemalja Evrope, kojim su se ove zemlje obavezale da do početka akademske 2005/2006. godine uspostave nacionalne sisteme za kontrolu kvaliteta u obrazovanju.

Dugoročni cilj i interes Više građevinsko-geodetske škole u Beogradu je što kvalitetnije školovanje budućih građevinskih, arhitektonskih i geodetskih inženjera. Sve navedene aktivnosti i ostvarenja predstavljaju ključni deo sveobuhvatnih priprema za postupak akreditacije koji sledi, i koji je, kao što je planirala vlada Republike Srbije, obavezan za sve visokoškolske ustanove u Republici.

Upravo se uspostavljaju jedinstveni standardi i uputstva za samovrednovanje i ocenjivanje kvaliteta visokoškolskih ustanova, standardi za spoljašnju proveru kvaliteta visokoškolskih ustanova, kao i standardi i postupak za akreditaciju studijskih programa i izdavanja dozvole za rad, shodno Zakonu o visokom obrazovanju, koji se odnose na formiranje i rad Nacionalnog saveta i Komisije za akreditaciju i proveru kvaliteta, shodno postavljenim zahtevima i pozitivnim pravnim normama u ovoj oblasti, u cilju objektivizacije i dokumentacije kvaliteta obrazovanja i odgovarajućih uslova, kao i realizacije obrazovnih ciljeva.

5. LITERATURA

1. Bolonjska deklaracija - Bologna declaration - Joint declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna on the 19th of June 1999
2. Criteria for Accrediting Engineering Technology Programs, ABET, Technology Accreditation Commission, Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc., Baltimore, USA, 2002
3. Higher Education External Review: Guidelines for self-evaluation, Ministry of Education, Science and Culture, Ministry of Education, Science and Culture, Reykjavik, Iceland, March 2005
4. Informator, Viša građevinsko-geodetska škola, Beograd, 2006.
5. Kostić-Milanović, A; Ćirović, G., "The Reform of Advanced School Of Civil Engineering and Geodesy in Belgrade in Accordance with Bologna Declaration", Proceedings International Conference VSU', Sofia, 2006, pp. viii11-viii14
6. Kostić-Milanović, A; "Samovrednovanje studijskih programa Više građevinsko-geodetske škole u Beogradu", Zbornik radova Procedure i problemi izgradnje objekata, Vrnjačka Banja, 2006, str. 84-92.
7. Pravilnik o sadržaju javnih isprava koje izdaju visokoškolske ustanove, Službeni glasnik RS br. 21/06
8. Pravilnik o sadržaju dozvole za rad, Službeni glasnik RS br. 21/06
9. Pravilnik o registru visokoškolskih ustanova, studijskih programa, nastavnika, saradnika i ostalih zaposlenih, Službeni glasnik RS br. 21/06
10. Pravilnik o uslovima, programu i načinu polaganja stručnog ispita u oblasti izrade tehničke dokumentacije i građenja, Službeni glasnik RS 18/04
11. Pravilnik o dopunama Pravilnika o uslovima i postupku za izdavanje i oduzimanje licence za odgovornog urbanistu, projektanta, izvođača radova i odgovornog planera, Službeni glasnik RS br. 69/06

12. Pravilnik o samovrednovanju studijskih programa, nastave i uslova rada, VGGŠ, 2005.
13. Pravilnik o kontroli kvaliteta nastave, VGGŠ, 2005.
14. Pravilnik o izdavačkoj delatnosti, VGGŠ, 2000.
15. Pravilnik o obavljanju stručne prakse, VGGŠ, 2005.
16. Pravilnik o diplomskom ispitu, VGGŠ, 2005.
17. Sistem kredita – ECTS sistem Evropske komisije - European Credit Transfer System, ECTS Users' Guide, European Commission, 1998.
18. Self-Evaluation Report Format for First-Professional Programs in Landscape Architecture, Landscape Architectural Accreditation Board, American Society of Landscape Architects, 636 Eye Street, N.W. Washington, D.C. 20001-3736, May 2002
19. Self-Evaluation Report, Evaluation of Study Programme, Manual of Quality Assurance in Higher Education in Estonia, 1995; PHARE: Quality Assurance in Higher Education. Manual of Quality Assurance: Procedures and Practices, 1998.
20. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area, European Association for Quality Assurance in Higher Education, Helsinki, Finland, 2005
21. Standardi i postupak za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa- Predlog, Komisija za akreditaciju i proveru kvaliteta, Beograd, 2006.
22. Standardi i postupak za spoljašnju proveru kvaliteta visokoškolskih ustanova - Predlog, Komisija za akreditaciju i proveru kvaliteta, Beograd, 2006.
23. Standardi za samovrednovanje i ocenjivanje kvaliteta visokoškolskih ustanova - Predlog, Komisija za akreditaciju i proveru kvaliteta, Beograd, 2006.
24. Uputstva i kriterijumi za evaluaciju i akreditaciju visokog obrazovanja, Alternativna akademska obrazovna mreža, Beograd, 2004.
25. Uredba o merilima za utvrđivanje visine troškova studija na višim školama čiji je osnivač Republika, Službeni glasnik RS br. 10/95 i 100/2004
26. Zakon o visokom obrazovanju, Službeni glasnik RS br. 76/05
27. Zakon o planiranju i izgradnji, Službeni glasnik RS br. 47/03
28. Zakon o izmenama i dopunama Zakona o planiranju i izgradnji, Službeni glasnik RS br. 34/06
29. Zakon o standardizaciji, Službeni list SCG br. 44/05
30. Zakon o državnom premeru i katastru i upisima na nepokretnosti, Službeni glasnik RS, br. 25/02
31. Berry, T., Wilson, D.: „On Target: The Book on Marketing Plans“, Amazon.com, 2004.
32. Jenster, P., Hussey, D.: „Company Analysis: Determining Strategic Capability“, Amazon.com, 2004.

Anja Terzić¹
Dragica Jevtić²
Branislav Ivković³

MODELOVANJE PROCESA PRIPREME I UGRADNJE REPARATURNIH MALTERA VISOKIH PERFORMANSI

Rezime: U radu se analiziraju reparaturni malteri visokih performansi sa primenjenim mineralnim dodatkom u vidu silikatne prašine, a koji nisu zastupljeni u programu domaćih proizvođača. Shodno tome osmišljen je model tehnologije pripreme i ugradnje eksperimentalnih maltera. Budući da prednost u vidu fizičko-mehaničkih karakteristika nije dovoljan pokazatelj primenljivosti, model je proširen i akcenat je stavljen na finansijski i ekonomski momenat. Uzimajući sve relevantne faktore i komponentni materijal za spravljanje maltera, mehanizaciju koja se primenjuje, cenu radne snage kao i utrošenu energiju, a sve to u skladu sa aktuelnim normativima u građevinarstvu, dobijen je konačan matematički model tehnologije primene i ugradnje reparaturnih maltera. Taj model ujedno omogućava uporednu analizu sa reparaturnim malterima koji su prisutni na tržištu. Sve ovo implicira u veoma povoljnim rezultatima za eksperimentalne maltere, kako u finansijskom tako i u kvalitativnom smislu.

Ključne reči: malter, modelovanje, silikatna prašina, superplastifikator

MODEL OF PROCESSING AND USING OF REPARATION MORTARS WITH HIGH PERFORMANCES

Abstract: In this paper, reparation mortars with high performance with silica fume as admixture, are analysed. Certain model for technology of processing of experimental mortars is suggested. Considering the fact that physico-mechanical characteristics are not enough to prove benefit of implementation of mentioned mortars, accent is transferred on economic and financial factor. Model is based on: price of component materials, used machines, price of used energy, etc. (all in accordance with law). Model allows parallel analysis of experimental mortars and mortars which are already present on the market. Results for experimental mortars proved as better both in financial and qualitative sense.

Keywords: mortar, modeling, silica fume, superplastificator

¹dipl.ing.građ., Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

²V. Prof., dr, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

³Prof., dr, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

1. UVOD

U primeni je često pogrešna praksa da se sa završetkom gradnje završava i briga o izgrađenom objektu. Beton, kao materijal, nije večit. On se u toku eksploatacionog perioda menja usled agresivnosti i destruktivnih uticaja, pa može doći i do ozbiljnih oštećenja. Velika oštećenja mogu ugroziti funkcionalnost objekta, pa čak i stabilnost istog. Danas se potencira na trendu korektnog održavanja objekta - i to blagovremenim intervencijama na postojećim betonskim konstrukcijama. Osnovni razlog tome je, osim očuvanja građevinskih objekata i njihovog obezbeđenja u smislu statičke sigurnosti, zasigurno i sve veće pomeranje težista investicija sa gradnje novih objekata na očuvanje i revitalizaciju postojećih.

Teško je razgraničiti postupke i tehnike sanacije i zaštite betonskih konstrukcija.

Globalno je moguće uočiti dve vrste radova:

- Saniranje oštećenog i dotrajalog betona i armature - lokalne i površinske intervencije i preventivna zaštita.
- Konstruktivna sanacija - ojačanje konstrukcije i zamena oštećenih elemenata, a usled gubitka trajnosti ili usled promene namene ili opterećenja objekta.

Akcentat treba staviti na nekonstruktivne sanacione radove jer su jednostavniji i jeftiniji. Njih ipak treba sprovoditi pravovremeno i kontinualno, jer u suprotnom nema efekta. Materijali koji služi za sanaciju defekata i oštećenja betona nazivaju se jednim imenom reparaturni malteri. To su građevinski materijali posebne namene, čija je primarna uloga da postojeće betonske konstrukcije zaštite od propadanja, a oštećene konstrukcije poprave. U oba slučaja kao osnovni cilj primene proizilazi produženje eksploatacionog veka građevinskog objekta. Danas je vidno pomerena granica između betona i maltera (gledano sa aspekta spravljanja i primene), tako da reparaturni malteri obuhvataju širok asortiman materijala za sanaciju. Zavisno od krupnoće agregata i specijalnih dodataka primenjuju se: za povećanje prionljivosti, zalivanje ankera, šupljina u betonu i spojeva, injektiranje prslina i pukotina, lokalno betoniranje - nadoknađivanje nedostajućeg dela elementa konstrukcije, površinsku reparaciju betona, antikoroziону zaštitu armature i antikoroziону zaštitu betona, obezbeđenje vodonepropustnosti, obezbeđenje ravnosti podloge, itd.

2. ANALIZA TROŠKOVA UGRADNJE REPARATURNIH MALTERA

Iako eksperimentom utvđene i potom uporedno analizirane osobine ukazuju na to koje je maltere bolje primeniti i u kojoj situaciji, i dalje ostaje otvoreno pitanje ekonomičnosti njihove upotrebe. Zato je neophodno sagledati primenu reparaturnih maltera pri sanacionim radovima i sa finansijskog aspekta.

Razmatrane su dve vrste maltera:

- Fabrički reparaturni malteri FM1 i FM2 koji se nabavljaju direktno od proizvođača.
- Eksperimentalni reparaturni malteri EM1 i EM2, koji se spravljaju po sopstvenoj recepturi.

2.1. Analiza troškova ugradnje fabričkih maltera

U ovom radu su analizirana fizičko-mehanička svojstva dva fabrička (gotova) maltera: FM1 - Ading, Skoplje i FM2 – Prvi Maj, Čačak.

- **FM1** je dvokomponentni kompozit sa maksimalnim zrnom agregata 1mm. Služi za sanaciju AB elemenata, AB fasadnih zidova, ali i za reparacija mostova, silosa, itd.
- **FM2** je dvokomponentni malter sa maksimalnim zrnom agregata od 2 mm i primenjuje se za manje sanacije oštećenja u podovima i zidovima.

Obzirom da na pomenutim fabričkim malterima nisu vršena eksperimentalna ispitivanja, već su rezultati preuzeti od proizvođača – njihov sastav nam nije poznat. Stoga u finansijskoj analizi oni su prikazani isključivo konačnom, prodajnom cenom koja figurira na tržištu. Fabrički (gotovi) malteri se mogu nabaviti direktno od proizvođača, ukoliko oni imaju svoja predstavništva u mestu izvođenja radova, ili preko stovarišta. Treba napomenuti da su cene na stovarištima uvek veće za neki određeni procenat nego kod proizvođača. U radu su analizirane upravo cene dobijene od stovarišta koja u svom proizvodnom asortimanu imaju ovu vrstu reparaturnih maltera. U tabeli 1. data je prosečna cena fabrički pripremljenih reparaturnih maltera dobijena na osnovu analize ponude i tržišta.

Tabela 1. - Cene fabričkih reparaturnih maltera

Fabrički reparaturni malteri	Cena maltera (din/kg)*
FM1	37.5
FM2	34.5

* cene su date kao prosečne vrednosti

2.2. Analiza troškova spravljanja i ugradnje maltera pripremljenih po sopstvenoj recepturi

U radu su analizirana dve vrste eksperimentalnih maltera: EM1 (bez superplastifikatora) i EM2 (sa dodatkom superplastifikatora). U sastav oba maltera ulaze sledeći komponentni materijali: cement bez dodataka zgure (CEM1), kvarcni pesak Vlaško Polje i silikatna prašina. Malter EM2 sadrži i superplastifikator Glenijum 51.

Osim cena polaznog materijala za dobijanje malterskih kompozita, u obzir treba uzeti i cenu radne snage, cenu iznajmljivanja mašina i eventualni transport polaznih sirovina. U tabeli 2. dat je pregled tržišne cene kvalifikovane radne snage.

Tabela 2. - Tržišna cena kvalifikovane radne snage na dan

Radna snaga	Cena (din/h)*
Radnik za mešalicom RII	220
Radnik za ugradnju maltera RVI	400

*Date cene su prosečne vrednosti

Radnik na gradilištu u proseku radi 9 časova dnevno u punoj građevinskoj sezoni. Za spravljanje reparaturnog maltera aktuelni normativ predviđa radnike druge (RII) i šeste (RVI) kategorije. Radnik RII spada u kategoriju nisko-kvalifikovane radne snage i on radi sve poslove na spravljanju (mešanju) malterske kompozicije. Radnik VI kategorije obavlja poslove vezane za ugradnju maltera: poslove koji prethode ugradnji – priprema i čišćenje podloge, potom samo saniranje oštećenja putem ručne ugradnje sveže malterske mešavine, i na kraju obavezna nega ugrađenog maltera. Za negu maltera

(poslove kao što su polivanje vodom ili prekrivanje specijalnim materijalima koji omogućavaju zadržavanje neophodnog procenta vlažnosti) može biti zadužen i radnik niže kategorije, npr RII..

Iznajmljivanje radne snage podrazumeva da su radnici snabdeveni neophodnim alatima za rad (sanaciju i reparaciju konstrukcije) i da se koriste usluge jednog tima radnika, te nas, kao investitora zanima samo konačna cena radne snage (ne i preraspodela finansijskih srestava između ekipe ili eventualno iznajmljivanje alata). Vrednost radne snage je uzeta kao prosečna, mada se i istraživanjem tržišta došlo do zaključka da su razlike u dnevnicama radnika, posmatrane od firme do firme zanemarljivo male ili simbolične. U konačnu cenu maltera ulazi i cena spravljanja istog: cena iznajmljivanja mašina (raznih miksera ili mešalica), cena utrošene energije za rad, amortizacija, kamate, itd. Mehanizacija koja je potrebna za spravljanje malterske mešavine jeste obično standardna betonska mešalica. Ako se je zapremine njenog bubnja 150l, za spravljanje 1m³ maltera potrebno je 20 ciklusa mešanja (što vremenski iznosi ~50 minuta).

Cena transporta komponentnih materijala može figurirati zasebno ili biti prethodno uračunata u cenu istih. Naime, stovarišta građevinskog materijala u svojoj usluzi prodaje mogu da podrazumevaju i isporuku materijala na predviđenu lokaciju gradilišta. Tada je u cenu materijala uračunata i cena prevoza. Svakako, investitor može da se opredeli i za drugu opciju – transport materijala u sopstvenom aranžmanu, i u tom slučaju troškove transporta treba razmatrati izolovano od cena sirovina. Kako su firme koje nude mogućnost prevoza u većini, cena transporta se neće razmatrati kao zasebna stavka u ukupnoj ceni reparaturnog maltera. Ipak, u tabeli 3. uz cene isnajmljivanja mešalice, date su i cene transporta da bi se orijentaciono prikazao njihov red veličine (ako bi se opredelili za opciju obezbeđenja prevoza u sopstvenom aranžmanu).

Tabela 3. - Cene iznajmljivanja mašina i transporta materijala

Mašina	Cena
Mešalica (mikser)	2800din/dan + svaki naredni 1800 din/dan
Skanija	48 din/km
Fap	44 din/km
Tam	44 din/km

Cene polaznih, komponentnih materijala su verovatno najvažniji faktor koji oblikuje konačnu cenu. U tome se može uočiti analogija sa fizičko-mehaničkim svojstvima i drugim osobenostima reparaturnog maltera kao krajnjeg proizvoda. Isto kao što su osobine komponentnih materijala u mnogome odredile konačna svojstva očvrslog maltera, cene polaznih materijala utiču na ukupnu cenu proizvoda. U tabeli 4. date su prosečne vrednosti cena komponentnih materijala, dobijene na osnovu analize ponude stovarišta u Beogradu.

Cement i kvarcni pesak su proizvodi zastupljeni i sveprisutni na domaćem tržištu (postoji veliki broj firmi koje ih imaju u svom proizvodnom programu). To ih čini lako dostupnim i umnogome snižava njihovu cenu.

Slikatna prašina koja je primenjena kao mineralni dodatak reparaturnim malterima, je nuz-prodikat pri proizvodnji fero-legura u hemijskoj industriji. Kao takvu, poželjno ju je reciklirati – upotrebiti za proizvodnju nekog drugog krajnjeg proizvoda (građevinskog materijala u ovom slučaju). Obzirom na poreklo, njena cena ne bi trebala da bude velika. Međutim, u našoj zemlji nema industrijskih procesa koji mogu da obezbede produkciju silikatne prašine i zato se ona dobavlja iz uvoza. Iz tog razloga je

njena cena veća. Na tržištu su prisutni ugalvnom uvoznici is Slovenije i Italije. Pri sastavljanju recepture i odabiru komponentalnih materijala, izabrana je silikatna prašina poreklom is Italije jer je pokazala bolje osobenosti, a cena je bila neznatno veća.

Superplastifikator, kao aditiv koji snižava količinu vode u svežoj malterskoj mešavini, je proizvod koji se često javlja u asortimanu mnogih domaćih i stranih proizvođača. U ovom radu primenjen je Glenium 51 koji se uvozi preko ovlašćenog distributera iz Hrvatske. Iz tog razloga je njegova cena viša u poređenju sa nekim domaćim plastifikatorima (cene domaćih superplastifikatora su ~ 150-200din/kg). Obzirom na dobre performanse Gleniuma, ostaje se pri njegovoj primeni (ne razmatra se upotreba drugih vrsta plastifikatora koji su možda jeftiniji). Posmatrajući recepturu i učešće superplastifikatora u ukupnoj količini maltera, primećuje se da je njegov procentualni udeo jako mali (0.2%), pa se unapred može zaključiti da on malo utiče u formiranju cene krajnjeg proizvoda. U tabeli 4. date su prosečne cene svih komponentnih materijala koji ulaze u sastav reparaturnih maltera.

Tabela 4. - Cene polaznih materijala koji ulaze u sastav maltera

Komponentni materijal:	Cena*
cement (CEM1, Beočin)	7.6 din/kg
kvarcni pesak (Vlaško Polje)	25 €/t ~ 2.0 din/kg
silikatna prašina	200 din/ kg
superplastifikator(Glenium 51)	350 din/kg

*prosečne vrednosti

Na osnovu svih prikupljenih podataka, dalje je, potrebno izvršiti proračun ukupne cene za 1m³ malterske mešavine pripremljene po sopstvenoj recepturi, koja je tretirana u okviru ovog rada. Proračun je dat tabelarno i sa prosečnim vrednostima cena dobijenih analizom tržišta. Pri sračunavanju ukupne cene maltera primenjuju sledeći odnosi da bi se dobio iznos cene rada na spravljanju i ugradnji:

- cena radnika na dan / broj radnih časova = cena radnika na čas
- cena radnika na čas * broj časova na pojedinoj radnoj operaciji = cena pojedine radne operacije (din/m³)

Ukupna cena maltera dobija se iz izraza:

$$C = (E_{rs} + E_{mat} + E_{meh}) * (1 + \phi) \text{ gde je:}$$

C – ukupna cena maltera u din/m³

E_{rs} – cena radne snage u din/m³

E_{mat} – cena materijala u din/m³

E_{meh} – cena mehanizacije (mašina) u din/m³

φ - korekcioni faktor za indirektno troškove

Proračun je sproveden po svemu u skladu sa aktuelnim normativima koji se primenjuju u građevinarstvu i dat je tabelarno. (tabela 5. , 6. i 7.)

Tabela 5. – Proračun pozicije rada – spravljanja m³ reparaturnog maltera EM1

operacija	radna snaga		materijal			mehanizacija
	<i>RII</i>	<i>RVI</i>	<i>pesak</i>	<i>cement</i>	<i>silica fume</i>	<i>mešalica</i>
mešanje	0.22		0.75	0.23	0.018	0.83
ugradnja i nega		0.56				
Jedinična cena	220 (din/h)	400 (din/h)	2 (din/kg)	7.6 (din/kg)	200 (din/kg)	222.2 din/h
Ukupna cena	1936	8960	3330	3845	7920	184.4
Σ=	10896 din/m ³		15095 din/m ³			184.4 din/m ³
	26176 din/m ³					

Tabela 6. – Proračun pozicije rada – spravljanja m³ reparaturnog maltera EM2

operacija	radna snaga		materijal				mehanizacija
	<i>RII</i>	<i>RVI</i>	<i>pesak</i>	<i>cement</i>	<i>silica fume</i>	<i>super-platif.</i>	<i>mešalica</i>
mešanje	0.22		0.75	0.23	0.018	0.02	0.83
ugradnja i nega		0.56					
Jedinična cena	220 (din/h)	400 (din/h)	2 (din/kg)	7.6 (din/kg)	200 (din/kg)	350 (din/kg)	222.2 din/h
Ukupna cena	1936	8960	3330	3845	7920	1540	184.4
Σ=	10896 din/m ³		16635.6 din/m ³				184.4 din/m ³
	27716 din/m ³						

* proračun sproveden u skladu sa GN 421-112-5.1 (za maltere visokih performansi).

Tabela 7. – Konačna cena reparaturnih maltera EM1 i EM2

Reparaturni malter	EM1	EM2
Cena materijala sa uračunatim prevozom (din/m³)	15095.6	16635.6
Dužina mešanja maltera (h)	0.83 (50min)	0.83 (50 min)
Cena iznajmljivanja mešalice (din/dan)	~2000	~2000
Cena spravljanja maltera (din/m³)	1936	1936
Cena ručno ugrađenog maltera (din/m³)	8960	8960
Ukupna cena maltera (din/m³)	26176.0	27716

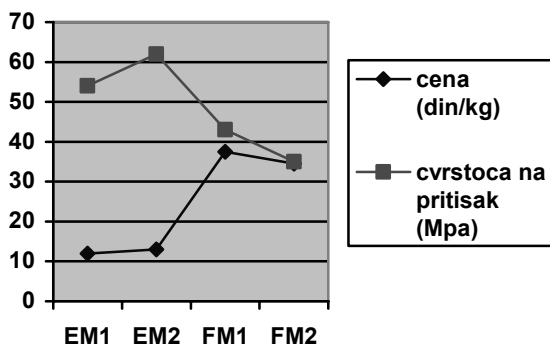
3. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Konačne cene maltera koji su spravljeni po sopstvenoj recepturi su za ~ 30% manje od prosečnih cena fabričkih reparaturnih maltera trenutno prisutnih na tržištu (domaćeg ili uvoznog porekla). Taj procentualni odos realno je verovatno manji iz razloga što u ovom radu nisu korišćene prave već osrednjene vrednosti, i što su zbog jednostavnosti proračuna uvedene pretpostavke o idealizaciji posla.

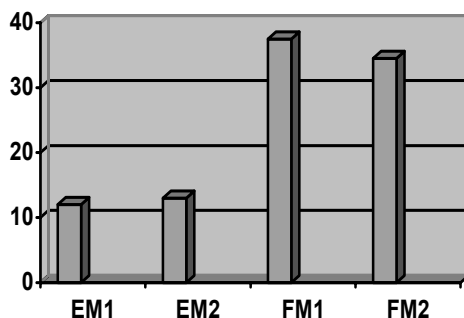
Stvarne vrednosti sirovina variraju u zavisnosti da li ih nabavljamo direktno od proizvođača ili preko zastupnika (stovarišta). U tu cenu može, a ne mora biti uključen transport sirovina do mesta spravljanja i ugradnje. Na tržištu postoji veliki broj proizvoda

koji imaju približno sličnu namenu. Njihova cena varira u skladu sa kvalitetom. Obično se smatra da je poželjno opredeliti se za one proizvode koji su kvalitetniji bez obzira na cenu. Naravno to nije pravilo. Možemo izabrati i proizvod čija je cena manja i kvalitet lošiji – ali tada se vrlo lako možemo suočiti sa neželjenim događajima i situacijama, kao i konačnim proizvodom koji ne zadovoljava zahtevane osobenosti ni nivo kvaliteta.

Kada se govori o idealizaciji posla – ne smatra se da se takvi uslovi realno mogu ostvariti. U stvarnosti suočavamo se sa nizom nepredviđenih okolnosti. Najpe tu su nepovoljne vremenske prilike koje mogu stopirati ili odgoditi radove u kraćem ili dužem periodu. Zatim je uvek prisutna mogućnost lošerg proračuna u količinama materijala ili otkrića novih oštećenja, jer je predmer i predračun sanacionih radova izuzetno aproksimativan i lako se može izmeniti. Potom su uvek mogući kvarovi na mehanizaciji, a sve potrebne opravke i zastoji u radovima povećavaju troškove. Treba spomenuti još i probleme sa neuigranim ekipama radnika i ekipama koje nisu snabdevene neophodnim alatima za rad. Dakle, realne okolnosti krajnju cenu maltera spravljenih po sopstvenoj recepturi najverovatnije povećavaju za neki iznos, ali i dalje se kao zaključak može izvesti da su ovi malteri ne samo boljih fizičko mehaničkih svojstava, već su i isplativiji sa finansijskog aspekta. Osnovna ideja upravljanja finansijama je: *obezbediti što bolji kvalitet uz minimiziranje troškova*. Zato je poželjno razmotriti odnos kvaliteta materijala, izražen preko čvrstoće na pritisak kao njegovog primarnog pokazatelja i cene reparaturnog maltera.



Slika 1. – Prikaz odnosa cene i mehaničkih karakteristika reparaturnih maltera



Slika 2. – Histogram konačnih cena reparaturnih maltera (fabričkih i eksperimentalnih)

Tabela 8. – Konačne cene reparaturnih maltera

malter	EM1	EM2	FM1	FM2
cena (din/kg)	12	13	37.5	34.5

Tabela 9. – Čvrstoće na pritisak reparaturnih maltera (dobijene merenjem na 28 dana)

malter	EM1	EM2	FM1	FM2
čvrstoća na pritisak (MPa)	54	62	43	35

4. ZAKLJUČAK

Ukupne cene ukazuju na činjenicu da su eksperimentalni malteri (spravljeni po sopstvenoj recepturi) ekonomski isplativiji od gotovih, fabričkih maltera. Ali ne samo da je njihova cena manja već oni pokazuju bolje fizičko-mehaničke karakteristike. Sagledano sa stanovišta njihove primene malteri sa superplastifikatorom imaju značajno bolje performanse, a primena aditiva samo neznatno podiže ukupnu cenu.

Primena silikatne prašine još uvek nije raširena u oblasti građevinarstva. Ali obzirom na značajno bolje karakteristike koje su malteri sa dodatkom iste pokazali u komparaciji sa fabričkim malterima prisutnim na tržištu, kako u pogledu fizičko-mehaničkih osobenosti tako i u smislu uštede u finansijskim sredstvima, slobodno se može tvrditi da će u skoroj budućnosti ona naći primenu u industriji građevinskog materijala.

5. LITERATURA

1. B.Ivković, D.Arizanović, Organizacija i tehnologija građevinskih radova – sa rešenim problemima, Građevinski fakultet – IP Nauka, Beograd, 1990.
2. B.Ivković, Ž.Popović, Upravljanje projektima u građevinarstvu, IP Nauka, Beograd, 1995.
3. D.Jevtić, Dodaci betonu, Građevinski kalendar 1983, SGI, Beograd, 1983.
4. M.Muravljev, Građevinski materijali, Građevinski fakultet - Grosknjiga, Beograd, 1998.
5. D.Jevtić, Svojstva svežeg i očvršlo betona u funkciji termohigrometrijskih parametara sredine, Monografija, Građevinski fakultet, Beograd, 1996.
6. M.Muravljev, V. Radonjanin, M. Malešev, Reparaturni malteri u Monografiji "Specijalni betoni i malteri", Građevinski fakultet, Beograd, 1999.

Atila Segedi ¹,

MEĐUSOBNA USLOVLJENOST TEHNIČKO-TEHNOLOŠKIH, EKONOMSKIH I PRAVNIH USLOVA GRAĐENJA

Rezime: Proces građenja kao složen proces, koji se odvija po fazama zahteva usklađenost tehničko-tehnoških, ekonomskih i pravnih uslova građenja. Prethodna studija ostvarljivosti sadrži one polazne tehnno-ekonomske parametre i pravne regulative, koji obezbeđuju kontinuitet izvođenja objekta. U studiji ostvarljivosti konkretizuju se svi relevantni uslovi izvođenja i njihova sinhronizacija.

U naslovljenom radu se analizira međusobna uslovljenost navedenih uslova i njihov uticaj na efikasnost građenja.

Ključne reči: proces građenja, tehničko tehnološki, ekonomski, pravni uslovi

INTERDEPENDENCE OF TECHNICAL, TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND LEGAL CONDITIONS FOR CONSTRUCTION

Summary: The construction process is complex and is executed in phases. It requires coordination of the technical, technological, economic and legal conditions for construction. The feasibility study contains the initial technical and economic parameters and legal regulations, which provide continuity in the building of constructions. The feasibility study details all these relevant conditions and their synchronization. This paper analyzes the interdependence of the relevant conditions and their influence upon the efficiency in the construction.

Key words: construction process, technical, technological, economic and legal conditions

¹ Mr, Segedi Atila dipl.inž.građ., Građevinski Fakultet Subotica, Kozaračka 2a., 24000 Subotica, Srbija, e-mail: atyi@gf.su.ac.yu, + 381 24 554 580

1. UVOD

Postupak realizacije investicionog projekta odvija se na četiri međusobno složeno povezane oblasti : ekonomsko-finansijskom, pravnom, tehničkom i tehnološkom. Ceo postupak do dobijanja odobrenja za gradnju (tzv. građevinske dozvole) može da potraje višestruko duže nego sama fizička realizacija građevinskog objekta. Rad pokušava da sa determinističkim pristupom prikaže moguće navedene međusobne veze sa mogućnošću korekcije istog za konkretan projekat.

2. ELEMENTI POSTUPKA

Na slici 1. prikazan je mogući postupak realizacije investicionog projekta do trenutka dobijanja dokumenta odobrenja za gradnju (tzv. građevinske dozvole).

Veoma je teško tačno odrediti tačan termin početka rada na nekom investicionom projektu, kao i odrediti vremena realizacije pojedinih aktivnosti. Zbog toga su aktivnosti od 1 do 20 dati samo okvirno i mogu da se menjaju i odrede posebno za svaki projekat , odnosno po potrebi i dodati i nove aktivnosti sa potrebnim (ili pretpostavljenim) međusobnim odnosima sa narednim aktivnostima.

Ostale aktivnosti (od 20 do 62) su detaljnije obrađene u [2] za postupak važeći na teritoriji opštine Subotica za građevinske objekte koji spadaju u nadležnost opštinske uprave.

Posebnu pažnju je potrebno obratiti i na trajanje pojedinih aktivnosti do kojih se dolazi na osnovu prethodno realizovanih projektata ili na osnovu relevantnih pretpostavki (realne procene ili zakonskih rokova).

Zakonski akt [3] uređuje i određuje postupke i dokumente čiji je kranji dokument odobrenje za izgradnju. Polazni osnovni dokument je idejni arhitektonski projekat i ugovor o izgradnji tehničke dokumentacije.

2.1. Elementi postupka za akt o urbanističkim uslovima

Akt o urbanističkim uslovima (aktivnost br.30) se dobija u Službi za građevinarstvo opštine Subotica, njime se utvrđuju urbanistički uslovi za izgradnju infrastrukture. Zakonski rok za dobijanje ovog akta je 30 dana . On prestaje da važi po isteku 6 meseci od dana izdavanja ukoliko u tom roku investitor ne podnese zahtev za izdavanje odobrenja za izgradnju.

Za Akt o urbanističkim uslovima je potrebno:

- z.k. izvod parcele, odnosno njegova fotokopija (ne vadi se dva puta), za odobrenje za izgradnju se predaje original, a za Akt fotokopija (23).

- kopija geodetskog plana (24),

- Idejni ili glavni građevinsko – arhitektonski projekat (31).

Sastavni deo ovoga Akta su saglasnosti (ili načelne saglasnosti) i uslovi:

EPS " Elektrovojvodina " ED Subotica, dobija se u " Elektrovojvodini " (26),

" Telekom Srbija ", JPPTT saobraćaja Srbija (27),

JP " Subotička Toplana " (28),

JKP " Vodovod i kanalizacija ", vadi se u JP " Vodovod i kanalizacija " (29),

odnosno sva javna preduzeća sa kojima se ukrštaju instalacije.

Ta preduzeća ukoliko je potrebno pri davanju saglasnosti mogu postavljaju i uslove (tehničke, opšte i posebne...).

Za dobijanje svake od ovih saglasnosti pod optimalnim uslovima čeka se između 10 i 15 dana. Zahtevi za odobrenje saglasnosti predaju se svi u isto vreme, odnosno - istog dana.

Podnosilac zahteva za vodovod i kanalizaciju može biti samo JP " Vodovod i kanalizacija ", investitor ne .Isto važi i za sve ostale saglasnosti – podnose ih javna preduzeća (Elektrovojvodina, Toplana, PTT), a ne investitor. Zatim sledi projekat i traži se dozvola.

Akt o urbanističkim uslovima se zahteva takođe u Službi za građevinarstvo (Gradska kuća).

2.2. Elementi postupka za odobrenje za izgradnju

Za odobrenje za izgradnju (62) podnosi se: Zahtev za odobrenje, sa sledećim pratećim dokumentima:

Akt o urbanističkim uslovima (31) ,

-izvod iz zemljišne knjige za sve parcele preko kojih prelazi trasa - vadi se u sudu sa čekanjem od tri dana (30),

-kopija plana Republički Gepodetski Zavod – (u gradskoj kući – soba 224) , na koju se takođe čeka tri dana (24),

-saglasnost vlasnika parcela – za jedan dan se overava u sudu (36),

-glavni ili idejni projekat vodovoda i kanalizacije – izrada traje 2 dana (37),

-glavni ili idejni projekat protivpožarne hidrantske mreže - izrada traje oko 3 dana (38),

-glavni ili idejni projekat vanjskih saobraćajnica – izrada traje oko 2 dana (39),

-glavni ili idejni projekat mašinskih instalacija – izrada traje oko 3 dana (41),

Izrada navedenih projekata se vrši u nekom od ovlašćenih projektantskih preduzeća na teritoriji opštine Subotica.

Za vodovod još treba:

-saglasnost sanitarnog inspektora, čeka su 15 dana, a za nju je nadležno Ministarstvo za zdravlje, Severno bački okrug , sanitarni inspektor, u Novoj opštini (57),

-saglasnost Severno – bačkog okruga – Nova Opština -15 dana (34),

-uplata Republičke takse kao i naknada na osnovu proračunatih vrednosti za projekat vodovoda.

Zatim sledi prijava svih radova, za koju je potrebno prikupiti saglasnosti svih komunalnih preduzeća za koja ima ukrštanja infrastrukture, što znači:

-spoljna tehnička kontrola vodovoda i kanalizacije, JP – Vodovod i kanalizacija ", čeka se 15 dana (51),

-spoljna tehnička kontrola protivpožarne i hidrantske mreže, vadi se u MUP – u , sa čekanjem od 15 dana (52),

-spoljna tehnička kontrola elektroinstalacija , dobija se u elektrovojvodini sa čekanjem od 15 dana (53),

-spoljna tehnička kontrola mašinskih instalacija, - ovlašćeni projektni biro za tehničku kontrolu – rok 15 dana (54),

-termoenergetska saglasnost Subotičke toplane, dobija se u toplani, sa čekanjem od 15 dana (56),

-tehnička kontrola glavnog projekta, predaje se u Opštini Subotica - Služba za građevinarstvo, rok je 15 dana (62).

Opisani postupak i dokumentacija su potrebni ako se radi samo o spoljašnjoj infrastrukturi, ukoliko je potrebno i za unutrašnju infrastrukturu, onda su potrebni još :

-sanitarna saglasnost, rok 15 dana, a za nju je nadležno Ministarstvo za zdravlje, Severno bački okrug, sanitarni inspektor, u Novoj opštini (57),

-mere zaštite na radu i rešenje tih mera, dobijaju se u MUP-u, sa rokom od 15 dana (58),

-saglasnost na priključke vodovoda i kanalizacije, dobija se u JP " Vodovod i kanalizacija ", sa rokom od 15 dana (60),

-termoenergetska saglasnost, dobija se u toplani, sa rokom od 15 dana (61).

Opisanu dokumentaciju je potrebno prikupiti i predati za dobijanje odobrenja za izgradnju. Zakonski rok za dobijanje odobrenja za izgradnju je 8 dana, što je i pod najoptimalnijim uslovima 10 dana, a najviše 15 dana. Odobrenje za izgradnju izdaje Služba za građevinarstvo opštine Subotica (Gradska kuća). Za svaku saglasnost potrebno je predati zahtev za izdavanje saglasnosti sa potrebnom dokumentacijom.

Odobrenje za izgradnju prestaje da važi ako građenje objekta ne počne u roku određenom u njemu.

Ukoliko investitor bude odbijen sa zahtevom za izdavanje odobrenja za izgradnju, on tada ima pravo na žalbu. Po žalbi na rešenja opštinske uprave rešava Ministarstvo AP Vojvodina po žalbi protiv prvostepenih rešenja donetih za izgradnju objekata koji se grade na njezinoj teritoriji.

3. PRIJAVA POČETKA IZVOĐENJA RADOVA

Pre početka izgradnje objekta podnosi se Opštinskoj upravi – službi za građevinarstvo prijava početka izvođenja radova.

Uz prijavu investitor podnosi:

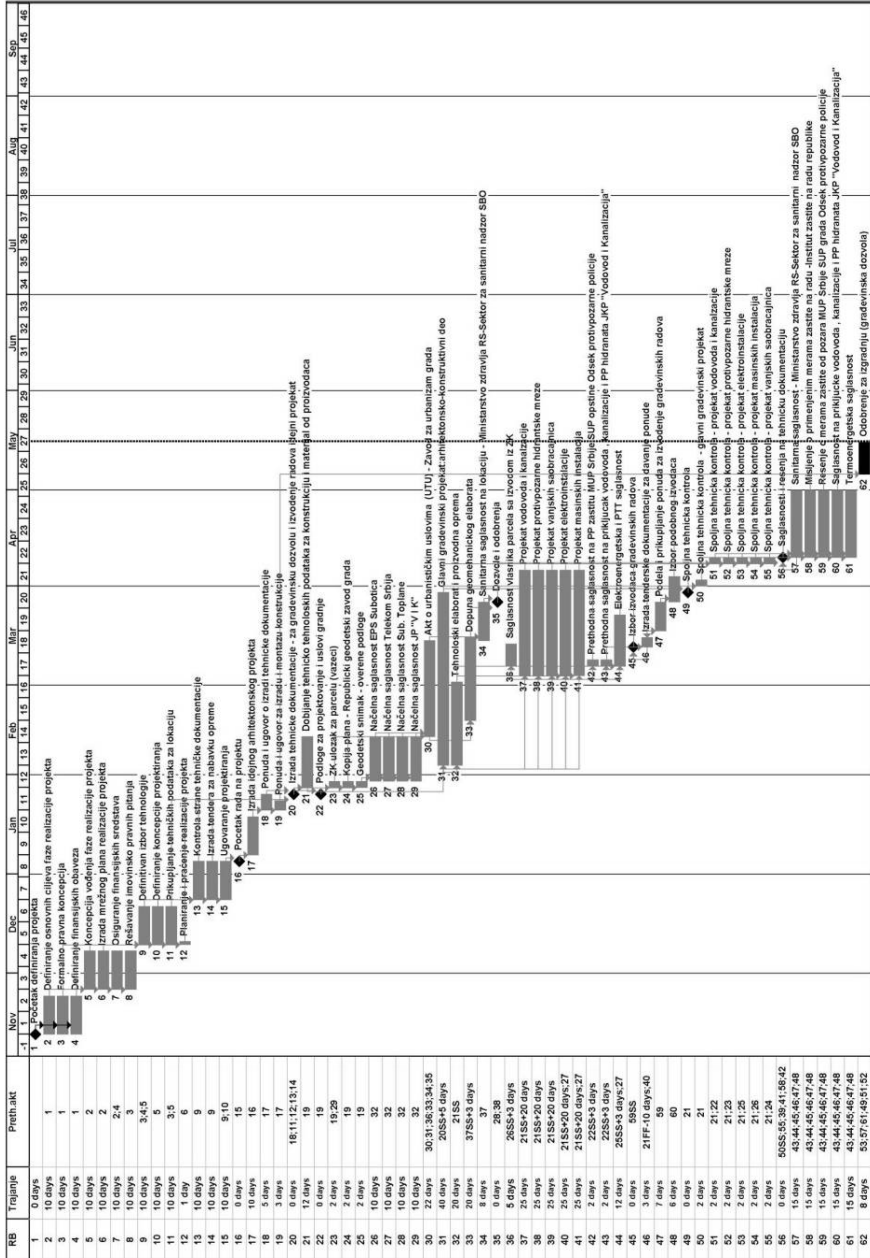
1. glavni projekat u četiri primerka sa potvrdom i izveštajem o izvršenoj tehničkoj kontroli;
2. pismenu izjavu o početku građenja odnosno izvođenju radova kao i roku završetka izgradnje;
3. primerak overenog ugovora o građenju;
4. primerak odobrenja za izgradnju;
5. dokaz o uređivanju međusobnih odnosa u pogledu plaćanja naknade za uređenje građevinskog zemljišta;
6. dokaz o uplati administrativne takse opštini.

Glavni projekat podleže tehničkoj kontroli. Tehničku kontrolu može da vrši pravno lice koje ispunjava uslove za izradu tehničke dokumentacije, a ne može da je vrši odgovorni projektant koji je izgradio taj projekat. Troškove tehničke kontrole snosi investitor.

Kontrola glavnog projekta obuhvata proveru usklađenosti sa odobrenjem za izgradnju, sa predhodnim radovima, ocenu odgovarajućih podloga za temeljenje objekta, proveru ispravnosti i tačnosti tehničko – tehnoloških rešenja objekta, stabilnosti i

bezbednosti, racionalnosti projektovanih materijala, uticaj na životnu sredinu i susedne objekte, usklađenost sa zakonom i drugim propisima, standardima i normama kvaliteta, kao i međusobne usklađenosti svih delova tehničke dokumentacije.

O izvršenoj tehničkoj kontroli sačinjava se izveštaj koji potpisuje odgovorni projektant, i dostavlja se Inženjerskoj komori.



Slika 1. Dinamički plan postupka realizacije investicionog projekta

4. ZAKLJUČAK

Prikazani deterministički pristup se sigurno može dalje razraditi. Svaki učesnik u navedenim postupcima posmatra i realizuje samo neke aktivnosti ili samo grupu aktivnosti. Pokušaj sagledavanja i definisanja celog postupka može doprineti racionalnoj i mnogo realnijem sagledavanju celog postupka i dati i konkretne odgovore na pitanja za postavljene rokove.

5. LITERATURA

1. Segedi Atila: Prilog unapređenju postupka kalkulisanja cena u visokogradnji, Magistarska teza,FTN, Novi Sad, 2004
2. Segedi A.,Vujičić D.: Upravljanje postupkom za dobijanje odobrenja za izgradnju, Zbornik radova GF Subotica 2006, str.631-636
3. ZAKON O PLANIRANJU I IZGRADNJI, ” Sl. glasnik RS ”, br 47/2003

Avdija Šubara¹

REHABILITACIJA RAZVODNOG POSTROJENJA 110 KV HE JABLANICA NA RIJECI NERETVI , BOSNA I HERCEGOVINA TEMELJENJE VISOKONAPONSKE OPREME NA MIKROŠIPOVIMA

Rezime: Kroz izvođenje radova na rehabilitaciji Razvodnog postrojenja 110 kV HE Jablanica suočilo se sa problemom slijezanja nasipa na kome će biti izgrađeni novi temelji visokonaponske opreme. Heterogenost nasipa zahtijeva tehničko rješenje koje će biti sposobno da prenese opterećenja do stijenske baze. Kao optimalno rješenje odabrano je i uspješno izvedeno temeljenje na mikrošipovima.

Ključne riječi: Razvodno postrojenje, rehabilitacija, slijezanje, heterogenost, mikrošipovi, stijenska baza.

REHABILITATION 110 KV SWITCHYARD HPP JABLANICA ON RIVER NERETVA, BOSNIA AND HERCEGOVINA, FOUNDATIONS ON MICROPILES HIGH VOLTAGE EQUIPMENT

Summary: Through the execution work of the rehabilitation 110 kV switchyard HPP Jablanica confronted with problem subsidense of embankment on which be constructed the new fundation high-voltage equipment. The heterogeneity of the embankment requires technical solution which is to be competently of transmitting the loads to the rock base. For optimal solution select is and successfully derived the fundations on micropiles.

Key words: Switchyard, rehabilitation, subsidense, heterogeneity, micropiles, rock base.

¹ Dipl.inž.građ. , Hidroelektrane na Neretvi Jablanica, BiH

1. UVOD

U sklopu kompleksa objekata hidroelektrana razvodna postrojenja spadaju u grupu najvitalnijih objekata. Za konkretan slučaj HE Jablanica vezano je niz specifičnosti u pogledu njene izgradnje. Rađeno je neposredno poslije Drugog svjetskog rata sa stručnjacima i stručnim saznanjima kakvima se u takvo vrijeme moglo raspolagati, zahtjevima kakve su u to vrijeme okolnosti nametale i u veoma komplikovanim morfološkim uslovima posebno što se tiče lokacije samog postrojenja.

Razvodno postrojenje 110 kV izgrađeno 1954. godine na platou površine 2500 m², koji se jednim dijelom nalazi u zasjeku a drugim i većim dijelom u nasipu, obezbijeđen nosivim potpornim zidom. Osnovnu stijenu, koja je u nagibu čine crni laporoviti škriljci, a prisutni su i crni vapnenci. U hidrološkom smislu ove stijene mogu se smatrati vodonepropusne.

2. ISTORIJAT NASTAJANJA PROBLEMA SLIJEGANJA PLATO

Nasip platoa sa maksimalnom dubinom uza zid od 11,25 m, izveden je od materijala iz iskopa sastavljenog uglavnom od lomljenog kamena škriljca, te glinovito pjeskovitih čestica. Za očekivati je, s obzirom na tadašnji nizak nivo tehnološke i mehanizovane opremljenosti, da je nasip izveden bez ili sa neznatnim nabijanjem i da sadrži neuklonjene drvene mase, koja se nalazi u fazi truljenja. Ovo se može zaključiti i iz sačuvanih zapisa iz perioda izgradnje. Iz dokumentacije se isto tako može zaključiti da je masivni kablovski kanal, koji se kao konzola nalazi u nivou krune potpornog zida sa nasute strane, izvođen skupa sa potpornim zidom, te je praktično bilo nemoguće izvršiti nabijanje ispod a djelomično i pored njega.

Mjestimične pojave većih slijeganja i propadanja materijala uz kablovski kanal odraz su najvjerovatnije nenabijenosti nasipa ispod i pored kablovskog konzolnog kanala (koji je proistekao iz oblika i načina veze kanala sa zidom), a kasnije je pospješeno uticajem skupljene vode iz kablovskog kanala u nasip neposredno uz potporni zid u dublje zone nasipa.

Nosivu konstrukciju visokonaponskih uređaja su činili montažni centrifugirani armirano betonski, pojedinačni ili međusobno povezanih više stubova cilindričnog presjeka promjenljivog dijametara, visine 4 do 10 m, preko kojih su bile povezane horizontalne armirano betonske grede konstantnog presjeka. Stubovi su sidreni u armirano betonske stope oslonjene na nasip. Dubina do osnovne stijene iznosi 5-10 m.

Uvažavajući specifičnosti perioda i okolnosti kada su radovi izvođeni i pored navedene problematike, sa dužnim respektom se može reći da je projektovano i izvedeno veoma uspješno postrojenje koje od 1954. godine do danas proizvodi i distribuira električnu energiju bez znatnih poteškoća i češćih prekida.

3. REZULTATI OSMATRANJA, ISPITIVANJA I POVREMENI INTERVENTNI SANACIONI ZAHVATI NA PLATOU RP-A

Već 1964. godine, prva serija mjerenja je pokazala da postoje znatna odstupanja grede sa rastavljačima, i po nivou i po pravcu[2]. Razlika u visini između pojedinih stubova iznosila je već tada do 14 cm. Iako se nije raspolagalo podacima izvedenog

stanja ipak se moglo pretpostaviti da je ta razlika najvećim dijelom posljedica slijeganja, a mjerenja provedena kroz kasnije periode to su upravo i potvrdila. Maksimalne razlike su iznosile do 205 mm. Na ulegnuća i propadanja u nasipu se intervenisalo dosipanjem šljunkovitog materijala, direktno na plato i kroz otvore u gazišnoj ploči kablovske galerije.

Da bi se spriječio pomjeranje i slijeganje stubnih pozicija Institut „Geoexpert“, iz Zagreba sačinio je tehničko rješenje sanacije platoa. Prema ovom rješenju ispod osam temelja stubova izvršeno je konsolidiranje tla injektiranjem. Naknadnim osmatranjem ustanovljena su i daljna slijeganja, ali sa manjim intezitetom. Tada je ocijenjeno da je ovo samo najnužniji dio sanacije, potrebno je tražiti trajnija i kompleksnija rješenja za cijeli dio platoa koji se nalazi na nasipu.

Karakteristično je da se najveći dio ovih oštećenja dešava na mjestu gdje je nasip najdublji, tj. duž potpornog zida ispod konzolnog kablovskog kanala, kraj kojeg je nosiva konstrukcija mjernih transformatora, sklopki i rastavljača.

Zbog ovakvog stanja platoa RP-a, izazvanog nekvalitetnim nasipom na kome se nalazi jedna polovica postrojenja došlo je do oštećenja drenažnog i odvodnog sistema, tako da se slobodno može konstatovati da on uopšte ne funkcioniše. Ovakvo stanje platoa i konstrukcije RP-a zahtijevalo je trajnije sanaciono rješenje platoa, temelja stubova i nosivih konstrukcija.

4. PRIJEDLOG MJERA CJELOVITIJE REHABILITACIJE PLATOA RP

Prema postojećoj dokumentaciji koja je tretirala navedenu problematiku a nakon detaljnog pregleda postrojenja definisana je sljedeća problematika:

- nedovršeno slijeganje nasutog dijela platoa sa mogućnošću nenajavljenih i naglih slijeganja;
- prihvat i dalji transport površinskih i podzemnih voda ne funkcioniše prema projektnim predviđanjima tako da dodatno pojačavaju problematiku slijeganja nasipa;
- iako vizuelno nisu uočeni problemi kod potpornih zidova koji uokviruju plato, zbog njihove važnosti u pogledu obezbjeđenja stabilnosti platoa u pogledu osnovnih i dopunskih opterećenja (tehnološka, geomehnička, hidrostatska, seizmička, lokalna rasterećenja u mogućim fazama sanacije, ...), neophodno je izvršiti kontrolu njihove opšte i lokalne stabilnosti;
- slijeganje temelja (i konstrukcija) u sklopu razvodnog postrojenja.

Na osnovu dotadašnjeg praćenja postrojenja u eksploataciji te uočavanjem problematike koja je u tom periodu registrovana i rješavana, od strane Stručnog tima HE na Neretvi je definisan Projektni zadatak revitalizacije RP-a kojim su naglašene najneophodnije aktivnosti:

- izrada programa dopunskih geomehničkih istražnih radova;
- provjera stabilnosti postojećih potpornih konstrukcija;
- rješenje odvođenja podzemnih voda zavisno od uslova koji definišu stabilnost potpornih konstrukcija i saniranog nasipa;
- izrada projekta sanacije nasipa i temelja opreme;

- analiza upotrebljivosti odnosno zamjene portalnih armirano betonskih konstrukcija savremenijim, sobzirom na pojavu korozije betona i armature;
- dati projekat novog rješenja elektroopreme u smislu obezbjeđenja dugoročne i bezbjedne eksploatacije postrojenja, a prema savremenim zahtjevima i najnovijim tehničkim dostignućima

5. STUDIJA REHABILITACIJE RP 110 KV HE JABLANICA

Izvođenje revitalizacionih radova na razvodnom postrojenju bi se morao realizirati sa dijelom instalacija u radu, kako bi se smanjio što je moguće više uticaj projekta na rad elektrane. Faze izgradnje su uslovljene sekcijama sabirnica sistema 1 i 2. Sistem omogućava da se radovi izvedu u 4 odvojene faze. Sa građevinskog aspekta težište revitalizacije RP-a je na rješavanju problema slijezanja platoa, odnosno stabilnosti temeljnih konstrukcija nosača sabirnica i sabirničkih rastavljača.

Iako se, s obzirom na ukupnu problematiku u startu nametalo kao najprihvatljivije rješenje temeljenje na šipovima, pravilan izbor se trebao potvrditi analizom više alternativnih varijanti., zbog čega je stručni tim HE na Neretvi odlučio da se predhodno izvrši studijska analiza tehnookonomske opravdanosti izbora optimalnog tehničkog rješenja.

Studija rehabilitacije RP 110 kV HE Jablanica urađena je od strane „Enterprises Electriques Fribourgeoises Freiburgische Elektrizitätswerke,, Švicarska, april 2000. godine [4]. U okviru studije izvršena je kontrola informacija dobijenih nalazima prethodnih ekspertnih evaluacija i takođe urađene ekspertize po preporukama projektnog zadatka. Studijom su detaljno obrađene, u finansijskom pogledu i u pogledu organizaciono tehničke opravdanosti i izvodivosti, **četiri varijante rješenja problema**, gdje je posebna pažnja posvećena uticaju analiziranog rješenja na rad kompletne elektrane.

5.1. Varijanta 1 : Evakuacija kompletnog nasipa platoa

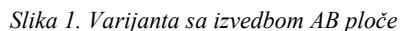
Evakuacija kompletnog nasutog materijala i nasipanje sa nabijanjem materijala povoljnih geomehaničkih karakteristika, definisane debljine sloja i modula stišljivosti Teška mašinska sredstva i vibracije koje se ostvaruju nabijanjem mogu proizvesti vibracije koje su nekompatibilne sa radom električnom postrojenja. Izbor ovog rješenja bi otežao revitalizaciju postrojenja u etapama. Procjena troškova realizacije ove varijante je 716.610,00 CHF.

5.2. Varijanta 2 : Stabilizacija nasipa injektiranjem cementnim masama

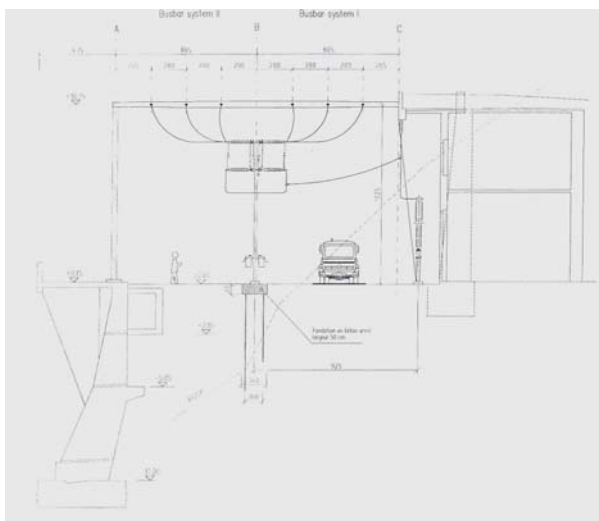
Rješenje se sastoji formiranju mreže bušotina i injektiranje stabilizacione mase u nasip. Neophodna je stroga kontrola primjene ove tehnike zato što bi injektiranje pod pritiskom moglo izazvati poremećaje u susjednim objektima. Sistem dubinske drenaže bi mogao biti potpuno razoren što bi moglo da se odrazi nepovoljno na stabilnost potpornog

Princip ove varijante se sastoji u izradi masivne armirano betonske ploče sposobne da apsorbuje distribuirano opterećenje nezavisno od nasipa, na jednoj strani oslonjena na krunu potpornog zida a sa druge učvršćena u postojeću stijensku masu (slika 1.).

Procjena troškova realizacije ove varijante je 636.670,00 CHF.



Mikro-šipovi se instaliraju pomoću kompaktnog uređaja malog dijametara (<250 mm). Vibracije su minimalne. Šipovi mogu biti takođe napregnuti na vuču. Izbor ovog rješenja bi omogućavao revitalizaciju postrojenja u etapama. Temelji nosača sabirnica, sabirničkih rastavljača i temelji postolja VN dalekovodnih uređaja su armirano betonske ploče oslonjene preko mikrošipova na stijensku masu (slika 2.). Procjena troškova realizacije ove varijante je 421.600,00 CHF.



Slika 2. Varijanta sa izvedba temeljnih ploča na mikrošipovima

6. IZBOR I IZVEDBA NAJPOVOLJNIJE VARIJANTE REHABILITACIJE

Stručni tim HE na Neretvi je, na osnovu provedene analize u finansijskom pogledu i u pogledu organizaciono tehničke opravdanosti i izvodivosti, predložio na daljnu projektnu razradu **Varijantu 4 : Izvedba temeljnih ploča koje leže na mikrošipovima**. Projektom revitalizacije RP 110 kV HE Jablanica, koji je uradila kompanija „Enterprises Electriques Fribourgeoises Freiburgische Elektrizitätswerke,“ je predviđena revitalizacija kompletnog RP-a. Radovi na revitalizaciji će se morati uraditi sa dijelom instalacije u pogonu. Sistem sabirnica omogućava da se radovi realizuju u četiri odvojene faze [1].

Građevinski dio radova je ugovoren sa preduzećem „Geosonda,“ Zenica, a izrada i montaža čeličnih portalnih konstrukcija sa preduzećem „Metalno,“ Zenica.

U toku realizacije projektovanih aktivnosti potvrđene su pretpostavke o heterogenosti nasipa, prisustvu šupljina i drvene mase, nefunkcionisanju drenaznog sistema ... itd.

6.1. Operativna procedura izvođenja i tehnički uslovi za mikrošipove

U okviru četiri faze rekonstrukcije projektovana su i izvedena 33 mikrošipa, profila kao na *crtežima 5-6-7.*, sljedećih tehnoloških svojstava i procedure :

Bušenje : Profil bušaće krune do dubine od 5m je 146 mm i profil obložne kolone je 143 mm, profil bušaće krune od 5,5 do 13 m dubine je 131 mm i profil obložne kolone je 128 mm. Dozvoljena preciznost vertikalnosti bušotine je 1° po metru dužnom. Za svaku poziciju šipa se vodi Izvještaj o bušenju i injektiranju. Dubina bušenja određuje prema

rezultatima bušenja, a uslovljena ulaskom u baznu stijenu min. 2 m, što se dokazuje sortiranjem u gradirani boks i ocjenom sastava jezgra iz bušaće cijevi.

Priprema šipa : Jezgro šipa je čelična cijev ROR mm 60.3/7.1 , FeE 355 , sa dva injkciona otvora ϕ 25 mm na 0,5 i 2 m od dna cijevi za prolazak injkcionog punjenja.

Cijev, čija je dužine određena dubinom bušenja, se umeće u geotekstilnu navlaku tip HaTe 40/60 kn/m PE/PP, D 125 mm koja se doprema u u rolnama dužine 25 m, navlaka se na završetku blindira radi spriječava nekontrolisanog odlijevanja injkcionne mase iz profila bušotine, a njena fleksibilnost omogućava tijesan kontakt šipa sa stijenom bušotine.

Za cijev šipa je, ljepljivom visokootpornom plastičnom trakom, tijesno vezana PE injkciona cijev ϕ 3/4" sa pakerima na 1m, 3m i 5 m od kraja šipa.

Tako kompletiran šip se kranom uvodi u zacjevljenu bušotinu, pazeći da se ne ošteti geotekstilna navlaka i da bude fiksiran u čvrstoj stijeni min. 2m (slika 3.).

Injektiranje : Kvalitet injkcionne mase je bitan za cijeli sistem mikrošipova (zaštita od korozije i stabilnost čelične cijevi u bušotini), napravljena je od cementa i vode u omjeru 45 l vode na 100 kg cementa. Općenito nije bio potreban nikakav hemijski dodatak. Procjena utroška mase je 13-15 l/m1 bušotine.

Faze injektiranja šipa:

1. Injektira se cca 30 l injkcionne mase u bušotinu , između obloge i geotekstila, za podmazivanje i ankerisanje dna mikrošipa u čvrstu stijenu.

2. Injektira se u čeličnu cijev pod malim pritiskom (1-3 bara) dok masa ne dosegne vrh mikrošipa i izađe između cijevi i geotekstilne navlake. Ako punjenje nije moguće ili ako se stabilizacija tečnog maltera ne postigne za 5 minuta, vrlo je vjerovatno da je geotekstilna navlaka ozbiljno oštećena. U tom slučaju mikrošip se mora izvući, kontrolisati, ako je potrebno popraviti i ponovo uvesti u bušotinu. Ako injkciona masa ostane stabilizirana nakon 5 minuta, obloga se može izvući iz bušotine, lagano i sa veoma malim okretanjem obložne cijevi.

3. Izvodi se završno injektiranje pod pritiskom 1-3 bar, dok injkciona masa ne počne izlaziti između cijevi i geotekstilne navlake. Ako se punjenje ne može postići vjerovatno je došlo do oštećenja geotekstilne navlake. U tom slučaju je neophodna sledeća procedura:

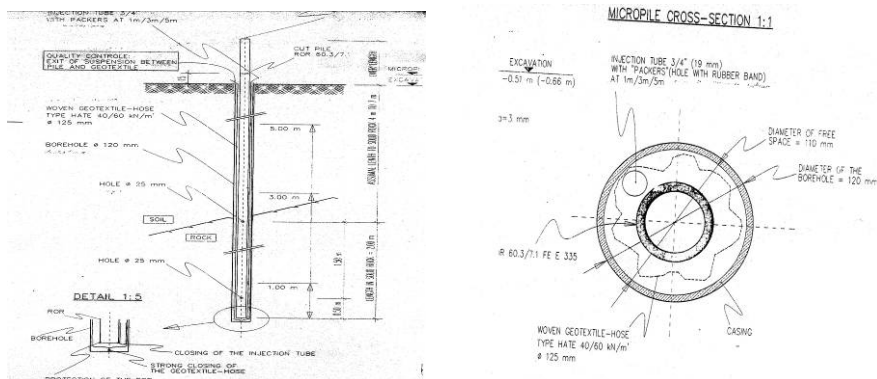
- prestaje se sa dodavanjem injkcionne mase
- sljedeći dan se može na isti način probati dodati 7-9 kg injkcionne mase.
- ako se ni tada ne može postići stabilizacija, pristupa se injektiranju kroz injkcionu cijev sa najviše 100 l injkcionne mase po mikrošipu dnevno, uz kontrolisani pritisak do 10 bara. Obavezno vršiti kontrolu pojave maltera u okolini i u slučaju pojave injektiranja se zaustavlja. Injekciona cijev se čisti nakon svakog injektiranja. Nakon 24 sata mogu injektiranje sa oko 100 l injkcionne mase po mikrošipu se može pokušati. Ako se nakon tri dana ne postigne punjenje injkcionom cijevi, mikrošip se mora napustiti i novi se mora bušiti.

4. Propisno injektiran, šip se siječe na projektovanu kotu, obrađuje se i navaruje čelična ploča.

Ispitivanje : Ispitivanje mikrošipa na izvlačenje se vrši najmanje sedam dana od završetka injektiranja. Ispitivanja su izvedena u skladu sa preporukama ISRM

(International Society for Rock Mechanics). Ispitna sila 150 kN je nanošena u koracima 5-10 kN/min, sa evidentiranjem pomaka na vrhu mikrošipa [3].

Na osnovu dobijenih rezultata moglo se zaključiti da su testirani mikrošipovi zadovoljili projektantske zahtjeve.



Slika 3. Profil mikrošipa

7. KOMENTAR POSTUPKA I FINALNIH REZULTATA

Protékla četverogodišnja eksploatacija nakon rehabilitacije RP-a, bez uočenih anomalija na temeljnom tlu, nosivoj konstrukciji ili temeljima, su potvrda dobrog izbora projektnog rješenja i uspješne realizacije temeljenja na mikrošipovima, za konkretan slučaj problematike slijezanja platoa RP-a.

Rehabilitacija RP 110 kV HE Jablanica je uspješno realizovana u okviru sveobuhvatnog Projekta revitalizacije i modernizacije HE Jablanica, postignut je visok stepen pouzdanosti u radu HE Jablanica, objekta koji igra veoma značajnu ulogu u energetsom sistemu Bosne i Hercegovine.

8. LITERATURA :

1. Glavni projekat „Revitalizacije RP 110 kV HE Jablanica,, , Enterprises Electriques Fribourgeoises Freiburgische Elektrizitätswerke, Fribourg, 2001.
2. Izvještaji „Rezultati osmatranja RP-a 110 kV HE Jablanica, 66-97 godina ,, , Odsjek za oskultaciju i geodeziju HE Jablanica, Jablanica, 1997.
3. Izvještaji „Ispitivanje mikropilota na izvlačenje na objektu HE Jablanica,, , Geoekspert, Zagreb, 2003.
4. Studija „Rehabilitacija 110 kV HE Jablanica,, , Enterprises Electriques Fribourgeoises Freiburgische Elektrizitätswerke, Fribourg, 2000.

Biljana Šćepanović¹

Miloš Knežević²

Duško Lučić³

Srđa Aleksić⁴

PRIMJENA VJEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA U ANALIZI EKSCENTRIČNO LOKALNO OPTEREĆENIH ČELIČNIH I-NOSAČA

Rezime: Za opterećenje koje djeluje lokalno, na malom dijelu dužine/površine konstruktivnog elementa, u stručnoj literaturi često se upotrebljava izraz "patch loading". Posebno je interesantno kada ovakvo lokalno opterećenje djeluje na nožici čeličnog I-profila i to sa izvjesnim ekscentricitetom u odnosu na ravan rebra. Serija eksperimentalnih istraživanja u domenu "patch loading"-a izvedena je od 1998. godine na Građevinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore u Podgorici. Tokom pripreme novog eksperimentalnog istraživanja koje je planirano za 2006. godinu, a tretiraće isključivo problem ekscentrično lokalno opterećenih nosača, pomoću vještačke neuronske mreže pravljeni su prognozni modeli za ovaj problem. Prognozirana je sila loma za različite ulazne parametre (geometrija nosača i ekscentricitet opterećenja). Rezultati prethodnih eksperimentalnih istraživanja čine bazu podataka iz koje su sačinjeni trening i validacioni skup za definisanje arhitekture i obučavanje mreže.

Ključne reči: lokalno opterećenje, ekscentricitet opterećenja, čelični I-nosač, eksperimentalno istraživanje, sila loma, prognozni model, vještačka neuronska mreža, arhitektura mreže, trening mreže, back-propagation algoritam

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPLICATION IN THE ANALYSIS OF ECCENTRICALLY LOCALLY LOADED STEEL I-GIRDERS

Summary: Patch loading is the loading acting locally, over a small area or length of a structural element. Particularly intriguing problem is eccentric patch loading - thin-walled steel I-girder loaded over flange by local load that has a certain eccentricity regarding the web plane. A series of experimental researches in the domain of patch loading in thin-walled steel I-girders has been carried out at the Faculty of Civil Engineering in Podgorica, University of Montenegro, since 1998. During the preparation of new experimental research, planned for the year 2006 and completely devoted to the problem of eccentric patch loading, the forecast models of this problem have been made, by means of artificial neural network. Depending on variable input parameters (girder geometry and load eccentricity), the failure load was predicted. Results of previous experimental researches formed data base which provided training and validation data sets for neural network architecture definition and network training.

Key words: patch loading, load eccentricity, steel I-girder, experimental research, failure load, forecast model, artificial neural network, network architecture, network training, back-propagation algorithm

¹ mr, asistent, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Podgorica, biljazz@cg.yu

² doc.dr, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Podgorica, milosknezevic@hotmail.com

³ prof.dr, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Podgorica, dlucic@cg.yu

⁴ mr, asistent, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Podgorica, asrdja@cg.yu

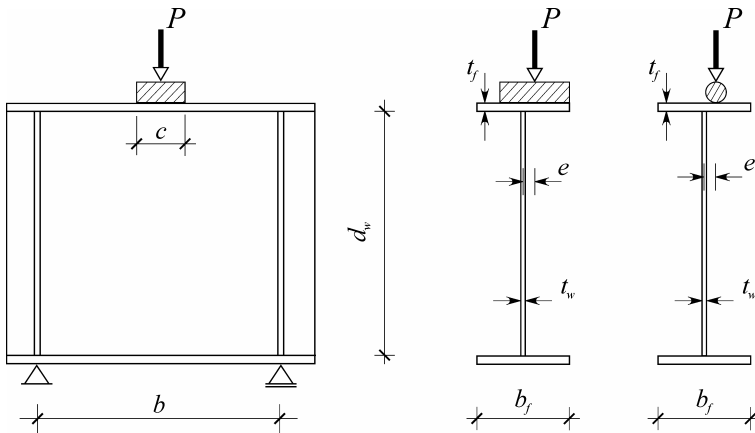
1. EKSCENTRIČNO LOKALNO OPTEREĆENI ČELIČNI I-NOSAČI

Za opterećenje koje djeluje lokalno, na malom dijelu dužine/površine konstruktivnog elementa, u stručnoj literaturi često se upotrebljava izraz "patch loading". Posebno je interesantno kada ovakvo lokalno opterećenje djeluje na nožici čeličnog I-profila, tako da je rebro lokalno pritisnuto. Primjeri u inženjerskoj praksi su brojni: kranski nosači opterećeni točkovima krana, mostovski nosači pri montaži mosta prevlačenjem itd.

Do sada je u svijetu izvedeno oko 35 eksperimentalnih istraživanja i predloženo oko 25 matematičkih modela ili empirijskih izraza za proračun sile loma [3]. Međutim, u samo šest eksperimentalnih istraživanja [7] analiziran je problem lokalnog opterećenja koje djeluje ekscentrično u odnosu na ravan rebra (*Slika 1*). Za ovaj slučaj opterećenja još uvijek nije predložen postupak za proračun sile loma. Jedini empirijski izraz za proračun sile loma, koji su autori ovog rada našli u literaturi [1] i predložili njegovu modifikaciju [8], ne može se smatrati opštevažećim, čak ni u modifikovanoj formi, obzirom da je formulisan na osnovu prilično skromne baze eksperimentalnih rezultata.

Evidentno je da se oblik loma većine (ali ne svih!) ekscentrično opterećenih nosača sasvim razlikuje od oblika loma centrično opterećenih nosača. Kod centrično opterećenih nosača, radi se o složenom problemu elasto-plastičnog izvijanja i lokalnom gubitku stabilnosti. Kod ekscentrično opterećenih nosača u pitanju je problem gubitka nosivosti usljed lokalnog elasto-plastičnog savijanja.

Brojni parametri utiču na ponašanje, oblik loma i granično opterećenje ekscentrično lokalno opterećenih I-nosača: geometrijski parametri (pojedine dimenzije nosača i njihovi odnosi), ekscentricitet opterećenja i način nanošenja opterećenja (linijsko ili površinsko opterećenje, *Slika 1*). Naravno, parametar sa najvećim uticajem je ekscentricitet opterećenja e , ili odnos e/b_f . Pored ovog parametra, debljina rebra t_w i odnosi b_f/t_f , t_f/t_w , d_w/t_w , c/d_w , kao i način nanošenja opterećenja takođe su od značajnog uticaja.



Slika 1. Ekscentrično lokalno opterećen I-nosač

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Eksperimentalna analiza lokalno ekscentrično opterećenih I-nosača počinje u SAD, krajem 1980-tih godina, istraživanjima Elgaaly-Nunan, 1988.god, Elgaaly-Sturgis, 1989.god, i Elgaaly-Salkar, 1989.god. U isto vrijeme su ekscentrično lokalno opterećeni I-nosači ispitivani i u Češkoj Republici, Drdacky, 1989.god. Deset godina kasnije, nova serija eksperimenata počinje u Crnoj Gori istraživanjem Lučića, 1998.god, a nastavlja se eksperimentom "Ekscentro 2001", Lučić-Šćepanović, 2001.god.

Detaljan pregled svih navedenih eksperimentalnih istraživanja dat je u [7].

Pri ekscentričnom opterećenju, uočena su oba: centričan, kao i ekscentričan oblik loma. Za manji ekscentricitet i veći odnos t_f/t_w (tj. tanje rebro), veća je vjerovatnoća pojave centričnog loma kod ekscentrično opterećenih nosača. Kod ekscentričnog loma granično opterećenje zavisi od ekscentriciteta i očigledno je približno linearno smanjenje sile loma sa porastom ekscentriciteta. Ova redukcija graničnog opterećenja više je izražena pri manjem odnosu t_f/t_w .

I pored novih saznanja o fenomenu ekscentrično lokalno opterećenih I-nosača, brojna pitanja još nemaju (precizan) odgovor. Na primjer: pod kojim uslovima ekscentrično opterećeni nosači imaju isti oblik loma kao centrično opterećeni nosači? Ili: da li je moguće definisati tzv. prelazni oblik loma, koji je kombinacija centričnog i ekscentričnog oblika loma?

Br.	Nosač	t_w mm	t_f mm	e mm	e/b_f	b_f/t_f	d_w/t_w	t_f/t_w	P_{exp} kN
1	B I 5	5	10	0*	0	15	140	2	251.7
2	B II 5	5	10	0**	0	15	140	2	266.3
3	B III 1/1	5	10	15	1/10	15	140	2	202.3
4	B III 1/2	5	10	20	1/7.5	15	140	2	170.7
5	B III 1/3	5	10	25	1/6	15	140	2	140.8
6	B III 1/4	5	10	30	1/5	15	140	2	122.2
7	B I 11	10	10	0*	0	15	70	1	874.1
8	B II 11	10	10	0*	0	15	70	1	727.3
9	B III 2/1	10	10	15	1/10	15	70	1	386.5
10	B III 2/2	10	10	20	1/7.5	15	70	1	296.6
11	B III 2/3	10	10	25	1/6	15	70	1	253.6
12	B III 2/4	10	10	30	1/5	15	70	1	218.8
13	B I 6	5	12	0*	0	12.5	140	2.4	265.5
14	B II 6	5	12	0**	0	12.5	140	2.4	266.4
15	B III 3/1	5	12	15	1/10	12.5	140	2.4	227.7
16	B III 3/2	5	12	20	1/7.5	12.5	140	2.4	177.2
17	B III 3/3	5	12	25	1/6	12.5	140	2.4	162.4
18	B III 3/4	5	12	30	1/5	12.5	140	2.4	147.3

* površinsko opterećenje

** linijsko opterećenje

Tabela 1. Podaci eksperimentalnog istraživanja iz 1998. godine (Lučić)

Br.	Nosač	t_w mm	t_f mm	e mm	e/b_f	b_f/t_f	d_w/t_w	t_f/t_w	P_{exp} kN
1	EB I-1	3	15	0	0	10	233.3	5	132.9
2	EB I-2	3	15	5	1/30	10	233.3	5	128.3
3	EB I-3	3	15	10	1/15	10	233.3	5	126.9
4	EB I-4	3	15	15	1/10	10	233.3	5	135.3
5	EB I-5	3	15	20	1/7.5	10	233.3	5	133.6
6	EB I-6	3	15	25	1/6	10	233.3	5	123.9
7	EB II-1	6	15	0	0	10	116.7	2.5	340.2
8	EB II-2	6	15	5	1/30	10	116.7	2.5	320.3
9	EB II-3	6	15	10	1/15	10	116.7	2.5	325.6
10	EB II-4	6	15	15	1/10	10	116.7	2.5	295.6
11	EB II-5	6	15	20	1/7.5	10	116.7	2.5	242.9
12	EB II-6	6	15	25	1/6	10	116.7	2.5	196.9
13	EB III-1	6	15	0	0	10	116.7	2.5	342.2
14	EB III-2	6	15	5	1/30	10	116.7	2.5	321.3
15	EB III-3	6	15	10	1/15	10	116.7	2.5	300.6
16	EB III-4	6	15	15	1/10	10	116.7	2.5	267.3
17	EB III-5	6	15	20	1/7.5	10	116.7	2.5	227.6
18	EB III-6	6	15	25	1/6	10	116.7	2.5	186.9
19	EB IV-1	8	15	0	0	10	87.5	1.875	400.6
20	EB IV-2	8	15	5	1/30	10	87.5	1.875	417.6
21	EB IV-3	8	15	10	1/15	10	87.5	1.875	393.9
22	EB IV-4	8	15	15	1/10	10	87.5	1.875	300.9
23	EB IV-5	8	15	20	1/7.5	10	87.5	1.875	245.3
24	EB IV-6	8	15	25	1/6	10	87.5	1.875	209.3

Tabela 2. Podaci eksperimentalnog istraživanja iz 2001. godine (Lučić, Šćepanović)

Sa željom da se pokušaju dati odgovori na otvorena pitanja, na Građevinskom fakultetu u Podgorici je inicirano novo eksperimentalno istraživanje koje će tretirati isključivo problem ekscentrično lokalno opterećenih nosača. Tokom pripreme istraživanja, planiranog za jesen 2006. godine, pomoću vještačkih neuronskih mreža pravljene su prognozni modeli za ovaj problem, sa cijem da pomognu u odlučivanju o broju i geometrijskim karakteristikama nosača koji će biti testirani. Prognozirana je sila loma za različite ulazne parametre (geometrija nosača i ekscentricitet opterećenja). Rezultati prethodnih eksperimentalnih istraživanja čine bazu podataka iz koje su sačinjeni trening i validacioni skup za definisanje arhitekture i trening mreže.

3. VJEŠTAČKA NEURONSKA MREŽA I PROGNOZNI MODEL

Nastanak i razvoj vještačkih neuronskih mreža baziran je na analogiji sa nervnim sistemom čovjeka. Neuronsku mrežu čini veliki broj neurona povezanih međusobno u vidu mreže. Vještački neuron imitira biološki neuron, koji na ulazu prima signale od prethodnog neurona, "prerađuje" ih i šalje narednom neuronu. Na računarima se simulira rad neuronske mreže i kreiraju se vještačke neuronske mreže. Obzirom da nemaju um i iskustvo čovjeka koje bi iskoristile u preradi ulaznih podataka i donošenju zaključaka,

kod vještačkih neuronskih mreža um je zamijenjen matematičkim funkcijama (koliko je to moguće?!), a iskustvo bazom podataka na kojoj se mreža obučava (trenira). Tako se prave prognozni modeli koji za skup ulaznih parametara prognoziraju izlazne parametre, a na osnovu "prethodnog iskustva", tj. baze sa trening-podacima.

Dva su osnovna koraka u realizaciji vještačke neuronske mreže: projektovanje arhitekture mreže i obučavanje mreže. Da bi mreža, odnosno prognozni model bio upotrebljiv i pouzdan, bitno je uspostaviti optimalan odnos između broja ulaznih parametara, broja izlaznih veličina, broja trening podataka i broja validacionih podataka.

Ovdje je osnovna ideja bila procjena sile loma ekscentrično lokalno opterećenog čeličnog I-nosača u zavisnosti od ulaznih parametara (geometrije nosača i ekscentriciteta opterećenja). Napravljeno je nekoliko prognoznih modela, koristeći različite ulazne podatke iz *Tabela 1* i *2* i mreže različitih arhitektura. Modeli su upoređeni međusobno, kao i sa setom uporednih eksperimentalnih podataka. U ovom radu predstavljen je jedan model. Kroz taj primjer ukazano je na neke specifičnosti primjene vještačkih neuronskih mreža u analizi predmetnog problema.

3.1. Arhitektura neuronske mreže

Za prezentaciju je odabrana četvoroslojna neuronska mreža, i to sa 4 ulazna parametra (ulazni sloj), 40 neurona u skrivenim slojevima (po 20 neurona u 2 skrivena sloja) i jednom izlaznom veličinom (izlazni sloj). Ulazni parametri su e , t_w , t_f i c . Jedini izlaz je sila loma nosača P_u . Odabrana mreža je nerekurentna. Aktivaciona funkcija skrivenih slojeva neurona je logistička sigmoidalna funkcija $f(x) = 1/(1+e^{-x})$.

Ostali modeli, koji nisu predstavljeni u ovom radu, razlikovali su se od ovog modela po broju i tipu ulaznih parametara, kao i po strukturi skrivenih slojeva. Ovdje su ulazni parametri dimenzione veličine. Neki modeli su imali bezdimenzionalne ulazne parametre (odnosi e/b_f , b_f/t_f , t_f/t_w , d_w/t_w , c/d_w). I pored niza prednosti u radu sa bezdimenzionalnim veličinama, za prezentaciju je odabran model sa dimenzionim veličinama, kao vizuelno pogodniji, prijemčljiviji.

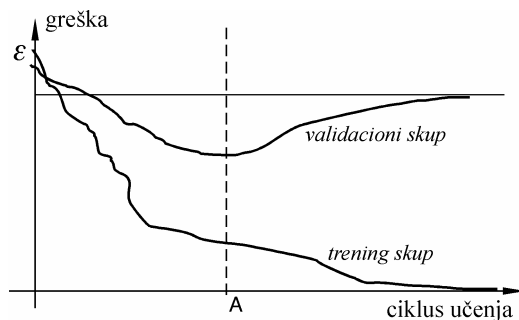
3.2. Obučavanje neuronske mreže

Baza podataka za obučavanje (trening) neuronske mreže, tj. za generisanje prognoznog modela, sastojala se od 32 trening-podatka iz *Tabela 1* i *2* (osjenčeni redovi). Baza je podijeljena na trening skup i validacioni skup. Za validacioni skup je odabrano 14 podataka od ukupno 32 iz baze (svijetlo osjenčeni redovi). Ostalih 18 podataka (tamno osjenčeni redovi, sa bijelim slovima) sačinjavaju trening skup.

Mreža je obučavana pomoću poboljšanog "backpropagation" algoritma, što podrazumijeva iterativni postupak korekcije težinskih koeficijenata mreže kako bi se smanjila razlika između stvarnih (eksperimentalnih) vrijednosti izlaza i vrijednosti izlaza dobijenih modelom mreže za ulazne podatke iz trening skupa. Prati se greška trening skupa i greška validacionog skupa, koje se smanjuju sa porastom broja iteracija. Svaka iteracija je imala 500 trening ciklusa. Dok greška trening skupa ima stalni trend opadanja, greška validacionog skupa će izvjesno vrijeme opadati, nakon čega, u jednom trenutku počinje da raste (*Slika 2*). Iterativni postupak generisanja modela zaustavlja se u tom trenutku, kada greška validacionog skupa pokaže tendenciju rasta nakon opadajućeg

trenda. Smatra se da je time završeno obučavanje mreže, odnosno da je neuronska mreža istrenirana i da se tako dobijen prognozni model dalje može, sa dovoljnom tačnošću, koristiti za procjenu izlaznog parametra.

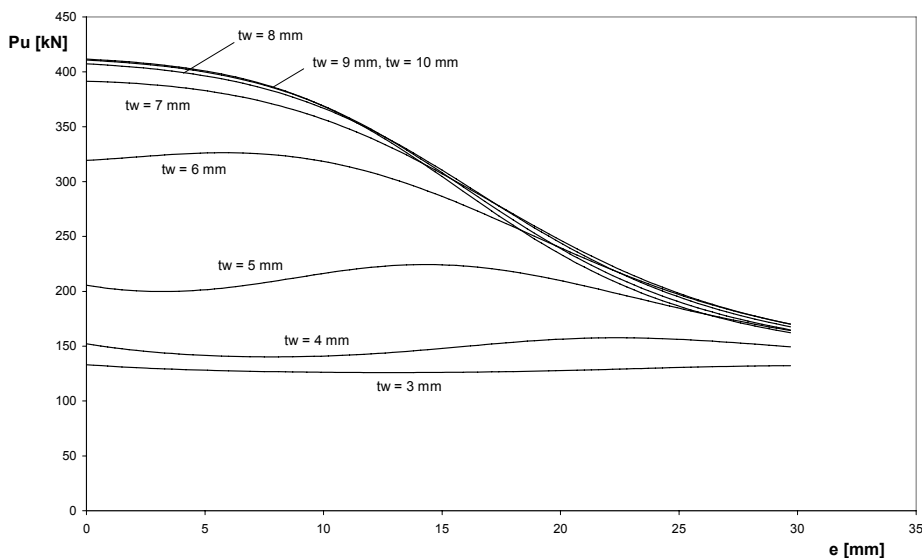
Postupak obučavanja mreže sproveden je u MS Excel-u.



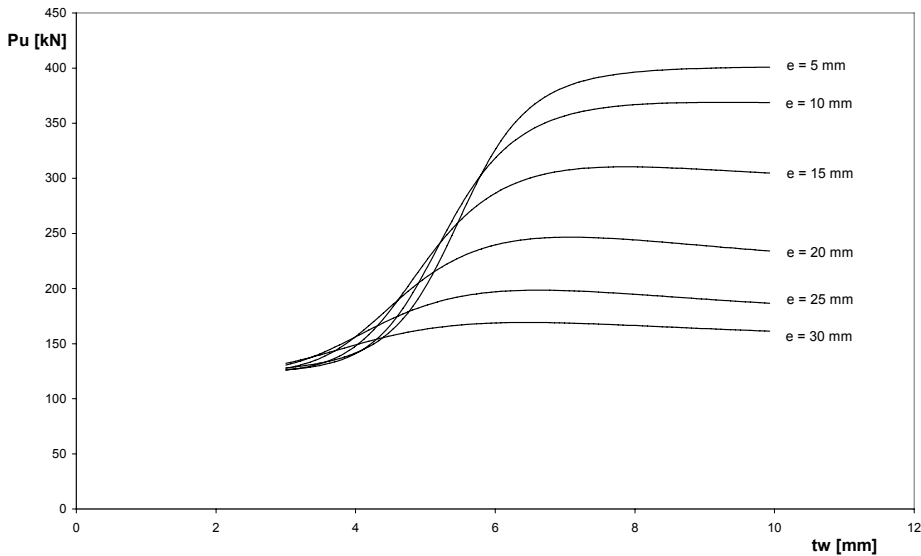
Slika 2. Greška trening i validacionog skupa

3.3. Rezultati – primjena modela neuronske mreže

Iniciranjem istrenirane neuronske mreže nekim konkretnim ulaznim podacima, koji moraju biti u opsegu podataka na kojima je mreža obučavana, može se dobiti (procijeniti) vrijednost izlazne veličine. Najpogodniji način prezentacije ovog prognoznog modela je grafički, tj. pomoću dijagrama izlazne veličine kao funkcije jednog ulaznog parametra, pri fiksnim vrijednostima ostalih ulaznih parametara.



Slika 3. Procjena sile loma $P_u(e)$ za $t_f = 15$ mm i $c = 50$ mm



Slika 4. Procjena sile loma $P_u(t_w)$ za $t_f = 15$ mm i $c = 50$ mm

Za predmetni problem, posebno je interesantno dobiti dijagrame P_u-e za vrijednosti t_w koje nisu bile zastupljene kod nosača u eksperimentu. Na *Slici 3* su ovi dijagrami prikazani zajedno sa dijagramima za eksperimentalne vrijednosti t_w , s tim što za eksperimentalne vrijednosti t_w nisu date eksperimentalne vrijednosti P_u^{exp} , već takođe vrijednosti P_u dobijene prognoznim modelom istrenirane neuronske mreže. Na sličan način su na *Slici 4* prikazani dijagrami P_u-t_w , za različite vrijednosti e . Svi ovi dijagrami podrazumijevaju fiksne vrijednosti ostalih ulaznih parametara (t_f i c), kao što je navedeno u potpisima *Slika 3* i *4*.

Pomoću ovog i ostalih prognoznih modela može se dobiti mnogo drugih sličnih dijagrama koji nam mogu pomoći u razumijevanju veze ulaznih i izlaznih parametara. Takođe se mogu donijeti i neki zaključci o korelaciji i interakciji među ulaznim parametrima.

Bitno je naglasiti da ovi prognozni modeli mogu dati pouzdane rezultate, odnosno validnu procjenu izlaznih veličina samo za ulazne parametre koji su u domenu eksperimentalnih podataka, tj. podataka na kojima je neuronska mreža obučavana, odnosno model generisan.

Kao što se vidi na *Slikama 3* i *4*, dijagrami P_u-e i P_u-t_w su sasvim realni, sudeći prema raspoloživim eksperimentalnim podacima. Pad sile loma P_u sa porastom ekscentriciteta opterećenja e , kao i porast sile loma P_u sa porastom debljine rebra t_w su očigledni. Na prvi pogled se čini da su krive P_u-e za $t_w = 3, 4$ i 5 mm, *Slika 3*, nekorektne, zbog promjenljivog trenda (rast/opadanje). To se može objasniti eksperimentalno pokazanom činjenicom da se za veliki odnos t_f/t_w , kao što je slučaj kod ovih krivih, ekscentrično opterećeni nosači ponašaju kao centrično opterećeni nosači, bez obzira na veličinu ekscentriciteta opterećenja. Zato se ovi podaci ne mogu u potpunosti uklopiti u model ponašanja ekscentrično opterećenog nosača i krive pokazuju blagu neregularnost. Međutim, opšti trend ovih linija je sasvim korektan i u skladu sa eksperimentalnim podacima – granično opterećenje je približno konstantno i gotovo da se ne mijenja sa porastom ekscentriciteta opterećenja.

4. ZAKLJUČAK

Baza eksperimentalnih podataka za ekscentrično lokalno opterećene čelične I-nosače još uvijek je prilično skromna, naročito imajući u vidu kompleksnost predmetnog problema i brojnost uticajnih parametara. Za sada je interesantno koristiti vještačke neuronske mreže kao metod za procjenu sile loma pri različitim kombinacijama ulaznih parametara (geometrija nosača i ekscentricitet opterećenja), koje nisu pokrivene do sada izvedenim eksperimentalnim istraživanjima. Ove procjene mogu pomoći u planiranju novih eksperimenata koji će, pored ostalih novih saznanja, potvrditi ili opovrgnuti validnost tih prognoznih modela.

Novi eksperimentalni rezultati će biti iskorišćeni za definisanje mehanizma loma i kalibriranje empirijskog izraza za silu loma. Takođe će pomoći rad u domenu modeliranja predmetnog problema numerčkim metodama (MKE i sl.). Osim toga, ovi novi rezultati će proširiti raspoloživu bazu podataka i omogućiti kreiranje preciznije i realističnije vještačke neuronske mreže. Novi prognozni modeli, sačinjeni na novom, opširnijem trening skupu, mogu naći primjenu ne samo u istraživanjima i planiranju istraživanja, već i u inženjerskoj praksi.

5. LITERATURA

1. "Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures", 5th Edition, edited by Galambos TV, New York, John Wiley & Sons, Inc, 1998, 911p
2. Knežević M: "Upravljanje rizikom pri realizaciji građevinskih projekata", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2004, 191str.
3. Lučić D: "Prilog analizi stabilnosti tankozidnih nosača", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1999, 150str.
4. Lučić D: "Experimental research: thin-walled I girders subjected to centric and eccentric patch loading", University of Montenegro, Faculty of Civil Engineering, Podgorica, 2001, 348str.
5. Lučić D: "Experimental research on I-girders subjected to eccentric patch loading", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 59 No. 9, 2003, pp.1147-1157.
6. Lučić D, Šćepanović B: "Experimental investigation on locally pressed I-beams subjected to eccentric patch loading", Proceedings of Third European Conference on Steel Structures, Coimbra, 2002, Vol.I, pp. 473-482. and Journal of Constructional Steel Research, Vol.60 Nos.3-5, March-May 2004, pp.525-534.
7. Šćepanović B: "Ekscentrično lokalno opterećeni I-nosači – eksperimentalno-teorijska analiza", Magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2002, 119str.
8. Šćepanović B, Gil-Martín LM, Hernández-Montes E, Lučić D, Aleksić S: "Smanjenje graničnog opterećenja ekscentrično lokalno opterećenih I-nosača", 12. kongres JDGK, Vrnjačka Banja, 2006, knjiga 2, str.91-96.

Borjan Popović¹

GRANIČNO STANJE ŠIRINA PRSLINA PARCIJALNO PRETHODNO NAPREGNUTIH ELEMENATA

Rezime: Proračun parcijalno prethodno napregnutih elemenata mora da sadrži proračunski dokaz graničnog stanja širine prslina. Pri tome je neophodno obuhvatiti sve specifičnosti zajedničkog rada betona, koji ima vremenski zavisno ponašanje izazvano tečenjem i skupljanjem betona, i prethodno zategnute i prethodno nezategnute armature, koje imaju različita mehanička i reološka svojstva (modul elastičnosti, zavisnost napon-dilatacija, relaksacija čelika). Granično stanje potpune dekompresije betonskog dela preseka ima primarnu ulogu za definisanje polazne tačke za proračunski dokaz graničnog stanja širine prslina. U radu se razmatraju nove odredbe u Evrokodu 2 za određivanje rastojanja i širine prslina u presecima parcijalno prethodno napregnutih elemenata, kojima se obuhvataju sadejstvo zategnutog betona između prslina i različite karakteristike zategnute armature u pogledu prijanjanja u isprskalim presecima parcijalno prethodno napregnutih elemenata. Proračunske vrednosti karakteristične širine prslina se upoređuju sa graničnim vrednostima koje zavise od klase izloženosti elementa i razmatrane kombinacije dejstava.

Ključne reči: granično stanje širine prslina, dekompresija betonskog dela preseka, rastojanje prslina, sadejstvo zategnutog betona.

THE LIMIT STATE OF CRACK WIDTH OF PARTIALLY PRESTRESSED CONCRETE ELEMENTS

Summary: Design of the partially prestressed concrete elements must contain calculation proof of the limit state of crack width. It is necessary to treat all specificities of the jointed work of the concrete that have time dependent behavior caused by creep and shrinkage and nontensioned reinforcement and pretensioned or postensioned reinforcement that have different mechanical and rheological properties (the modulus of elasticity, the stress-strain relation, the steel relaxation). The limit state of the fully decompression of concrete part of section have primary role for the starting point definition for the design proof of limit state of crack width. The paper deals with new proposals of Eurocode 2 related to determining of the crack spacing and the crack width in sections of partially prestressed concrete elements that treat concrete tension stiffening effects between cracks and different bond properties of the tensioned reinforcement in the cracked sections of the partially prestressed concrete elements. Calculated characteristic crack width values must be compared with limit values that depend on element exposure class and considered action combination.

Key words: limit state of the crack width, decompression of concrete part of section, crack spacing, concrete tension stiffening.

¹mr, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad.

1. UVOD

U zavisnosti od namene konstrukcije i uslova sredine u kojoj se nalazi, kao i od osobina primenjene armature razlikuje se i skup zahteva koje preseći, odnosno elementi konstrukcije, moraju ispuniti da bi se obezbedila njihova normalna eksploatacija i trajnost. Kod parcijalno prethodno napregnutih elemenata granično stanje prslina sadrži u sebi tri pojedinačna granična stanja i to su: granično stanje dekompresije, granično stanje pojave prslina i granično stanje širine prslina. Skup potrebnih dokaza i kontrola zavisi od stepena agresivnosti sredine u kojoj se element nalazi, osetljivosti na koroziju primenjene armature za prethodno naprezanje, kao i od razmatrane kombinacije spoljnih dejstava. Kriterijumi, na osnovu kojih se definiše neophodnost proveru pojedinih graničnih stanja prslina i odgovarajući zahtevi koje moraju ispuniti elementi konstrukcije, precizirani su odredbama pojedinih propisa, na primer reference [1]–[4].

2. KLASA IZLOŽENOSTI U ZAVISNOSTI OD USLOVA SREDINE

Prema modelu propisa MC CEB-FIP 90 [1] i prethodnom izdanju EVROKODA 2 [2], razlikuje se pet različitih klasa izloženosti elemenata, prema uslovima spoljne sredine u kojoj se element konstrukcije nalazi. Klasama izloženosti od 1 do 5 odgovaraju: suva sredina, vlažna sredina bez i sa pojavom dejstva mraza, vlažna sredina izložena dejstvu mraza i dejstvu sredstava za odleđivanje, morska sredina bez i sa dejstvom mraza i hemijski agresivna sredina različitog stepena (podeljena na podklase: slabo, umereno i jako). Osnovni zahtevi u pogledu ograničenja širine prslina za prethodno napregnute elemente, prema referencama [1] i [2], prikazani su u Tabeli 1.

Granične vrednosti karakteristične širine prslina u [mm] za čestu (frekventnu) kombinaciju opterećenja		
Klasa izloženosti	Prethodno napregnuti elementi sa naknadnim zatezanjem kablova	Prethodno napregnuti elementi sa prethodnim zatezanjem kablova
1	0.20	0.20
2	0.20	"dekompresija"
3 i 4	a) "dekompresija", ili b) 0.20 ako su primenjene nepropustljive zaštitne cevi i obloge kablova	"dekompresija"

Tabela 1: Granične vrednosti karakteristične širine prslina (prema referencama [1] i [2])

Pod "dekompresijom" se u ovom slučaju podrazumeva da svi delovi kablova, cevi i kanala za kablove, budu najmanje $c_{nom}=25\text{mm}$ unutar zone preseka izložene delovanju napona pritiska. Trajnost prethodno napregnutih elemenata za klase izloženosti od 2 do 4 bitno zavisi od pojave prslina, posebno kod primene prethodnog naprezanja sa prethodnim zatezanjem kablova. Ako se očekuje mogućnost primene sredstava za odleđivanje na površini zategnutih delova elementa, odgovarajuća ograničenja se specificiraju u dogovoru sa investitorom u zavisnosti od debljine i kvaliteta zaštitnog sloja betona, kao i od karakteristika dodatnih zaštitnih slojeva. Posebna ograničenja širine

otvora prslina i odgovarajuće mere zaštite utvrđuju se za elemente koji se nalaze u sredini klase izloženosti 5 i zavise od konkretnog oblika hemijske agresije.

Prema novom EVROKODU 2, reference [3] i [4], uslovi sredine se, u skladu sa EN 206, klasifikuju na šest klasa izloženosti i to su: bez rizika u pogledu korozije i drugih agresivnih dejstava (oznaka X0), korozija izazvana karbonacijom (oznake: XC1, XC2, XC3 i XC4), korozija izazvana hloridima (oznake: XD1, XD2 i XD3), korozija izazvana hloridima iz morske vode (oznake: XS1, XS2 i XS3), korozija usled delovanja ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja (oznake: XF1, XF2, XF3 i XF4) i hemijska agresija (oznake: XA1, XA2 i XA3). Na ovaj način preciznije su definisani specifični hemijski i fizički uslovi kojima je, pored mehaničkih dejstava, konstrukcija izložena, a uvedene su i podklase izloženosti koje bliže opisuju uslove sredine u okviru pojedine klase. Osnovni zahtevi u pogledu ograničenja širine prslina prikazani su u Tabeli 2.

Klasa izloženosti	Armiranobetonski elementi i prethodno napregnuti elementi sa kablovima bez spoja sa betonom	Prethodno napregnuti elementi sa kablovima koji imaju ostvaren spoj sa betonom
	Kvazi-stalna kombinacija opterećenja	Česta kombinacija opterećenja
X0, XC1	0.40 ¹	0.20
XC2, XC3, XC4	0.30	0.20 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0.30	"dekompresija"
Napomena 1: Za navedene klase izloženosti širina prslina nema uticaj na trajnost i navedeno ograničenje treba da obezbedi prihvatljiv izgled konstrukcije.		
Napomena 2: Za navedene klase izloženosti potrebno je sprovesti proveru ispunjenosti uslova "dekompresije" za kvazi-stalnu kombinaciju opterećenja.		

Tabela 2: Granične vrednosti karakteristične širine prslina (prema referencama [3] i [4])

Definicija "dekompresije" je ista kao u prethodnim izdanjima modela propisa. Specijalne mere su neophodne kod elemenata koji se nalaze u sredini klase izloženosti XD3, pri čemu izbor odgovarajućih mera zavisi od prirode agresivnog agensa.

3. RELEVANTNE KOMBINACIJE SPOLJNIH DEJSTAVA

Pri proračunskim dokazima graničnog stanja širine prslina razmatraju se kvazi-stalna, česta i retka kombinacija spoljnih dejstava, odnosno odgovarajući, njima izazvani, uticaji u preseccima elemenata (reference [1] i [2]). U novom EVROKODU 0 [5], na koji se poziva novi EVROKOD 2 (reference [3] i [4]) umesto naziva retka kombinacija koristi se naziv karakteristična kombinacija.

Kvazi-stalna kombinacija dejstava kod prethodno napregnutih elemenata formalno se prikazuje u obliku:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \in \Psi} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

gde su: $\sum G_{k,j}$ zbir karakterističnih vrednosti uticaja izazvanih stalnim opterećenjem, P uticaj izazvan prethodnim naprežanjem, $Q_{k,i}$ karakteristične vrednosti uticaja od

promenljivih opterećenja koja istovremeno deluju, $\psi_{2,i}$ kombinacioni koeficijenti koji opisuju kvazi-stalne vrednosti uticaja usled mogućih istovremenih promenljivih dejstava. Koeficijenti $\psi_{2,i}$ imaju vrednost u intervalu $0 \leq \psi_{2,i} < 1$ i njihova vrednost je odabrana tako da ukupni period tokom kog je ona prekoračena, unutar referentnog perioda, predstavlja veliki deo referentnog perioda.

Česta kombinacija dejstava sadrži čestu vrednost uticaja od jednog promenljivog dejstva i kvazi-stalne vrednosti uticaja od istovremenih promenljivih dejstava i može se prikazati formalno u obliku:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (2)$$

gde je: $\psi_{1,1}$ kombinacioni koeficijent koji opisuje čestu vrednost uticaja usled određenog promenljivog dejstva. Koeficijenti $\psi_{1,i}$ imaju vrednost $\psi_{1,i} < 1$, i njihova vrednost je odabrana tako da ukupni period vremena tokom kog je ona prekoračena, unutar referentnog perioda, predstavlja njegov mali deo.

Karakterističnu (retku) kombinaciju dejstava obrazuju karakteristična vrednost uticaja od jednog promenljivog dejstva i moguće vrednosti uticaja od istovremenih drugih promenljivih dejstava i ona se formalno prikazuje u obliku:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (3)$$

gde su: $Q_{k,1}$ karakteristična vrednost uticaja izazvanog dominantnim promenljivim dejstvom, $Q_{k,i}$ karakteristične vrednosti uticaja od ostalih promenljivih dejstava koja istovremeno deluju, $\psi_{0,i}$ koeficijenti koji definišu kombinacionu vrednost ostalih uticaja od promenljivih dejstava u karakterističnoj (retkoj) kombinaciji. Koeficijenti $\psi_{0,i}$ imaju vrednost $\psi_{0,i} < 1$ i njihova vrednost je odabrana tako da je verovatnoća da će efekti izazvani kombinacijom biti prekoračeni približno ista kao za karakterističnu vrednost dominantnog pojedinačnog promenljivog dejstva.

Preporučene vrednosti kombinacionih koeficijenata $\psi_{0,i}$, $\psi_{1,i}$ i $\psi_{2,i}$ date su u odgovarajućim propisima (na primer [5]), odnosno Nacionalnim aneksima pojedinih država, za određene tipove promenljivog opterećenja.

4. SPECIFIČNOSTI GRANIČNOG STANJA ŠIRINE PRSLINA KOD PARCIJALNO PRETHODNO NAPREGNUTIH ELEMENATA

Širina prslina kod parcijalno prethodno napregnutih elemenata zavisi od oblika i dimenzija preseka, debljine zaštitnog sloja, razmaka i prečnika primenjene armature, načina prethodnog naprezanja, vrste prethodno zategnute i nezategnute armature u preseku i njihovog međusobnog odnosa. Različiti tipovi armature imaju različite karakteristike spoja sa okolnim betonom, tako da su zavisnosti između napona prijanjanja i relativnog klizanja nakon pojave prslina različite. Kod parcijalno prethodno napregnutih elemenata moguće su u zategnutoj zoni preseka različite kombinacije pojedinih tipova prethodno zategnute i nezategnute armature. Raspored armature u zategnutoj zoni preseka, prečnici zategnute armature i efektivna sadejstvjuća površina zategnutog betona bitno utiču na rastojanje između prslina.

Značajan uticaj na širinu prslina ima promena napona u armaturi koja je najbliža najviše zategnutoj ivici preseka, a određena u odnosu na stanje dekompresije kompletnog betonskog dela preseka parcijalno prethodno napregnutog elementa. Obično je prethodno nezategnuta armatura postavljena u neposrednoj blizini najviše zategnute ivice preseka i ima dominantni uticaj na veličinu širine otvora prslina. U trenutku dekompresije celokupnog betonskog dela preseka u eksploataciji, usled uticaja tečenja i skupljanja betona, postoje znatni naponi pritiska u prethodno nezategnutoj armaturi. Za određivanje širine prslina merodavna je promena napona u armaturi u odnosu na prethodno stanje dekompresije betonskog dela preseka, a ne ukupna vrednost napona u armaturi nakon nanošenja promene spoljnih dejstava, kojom se realizuje razmatrana kombinacija.

Određivanje spoljnih uticaja, koji odgovaraju dekompresiji kompletnog betonskog dela preseka, i odgovarajućih napona u prethodno zategnutoj i nezategnutoj armaturi u uočenom trenutku vremena, sprovodi se primenom postupaka koji su detaljno prikazani u referencama [6] i [7]. Za praktičnu primenu najpogodniji su postupci zasnovani na primeni algebarskih konstitutivnih veza za pojedine materijale, koji obuhvataju istoriju opterećenja sa diskontinualnim promenama spoljnih dejstava. Istorija opterećenja ima značajan uticaj na rezidualne napone i dilatacije u prethodno zategnutoj i prethodno nezategnutoj armaturi, kao i na rezidualne dilatacije u betonskom delu preseka pri dostizanju graničnog stanja potpune dekompresije preseka. Zbog toga, neophodno je razmatrati moguće oblike istorije nanošenja opterećenja, pri delovanju razmatrane kombinacije dejstava, i izvršiti njihovu odgovarajuću diskontinualnu aproksimaciju za potrebe praktičnog proračuna.

Postupci kontrole širine prslina kod parcijalno prethodno napregnutih elemenata se generalno mogu podeliti u dve osnovne grupe i to su indirektni i direktni postupci. Indirektni postupci se zasnivaju na formulisanoj skupa zahteva u pogledu maksimalnog prečnika armature, maksimalnog rastojanja šipki armature u preseku i minimalne površine armature u preseku. Ispunjavanjem navedenih zahteva obezbeđuje se pojava prslina ograničene širine u presecima parcijalno prethodno napregnutih elemenata.

Direktni postupci zasnivaju se na konkretnom proračunu širine prslina i generalno se mogu podeliti na dve osnovne grupe i to su postupci zasnovani na primeni empirijskih izraza (dobijenih statističkom obradom rezultata eksperimenata) i postupci zasnovani na primeni fizičkog modela pojave, razvoja i formiranja stabilizovanog stanja prslina. Empirijski izrazi se primenjuju u propisima pojedinih zemalja (ACI i SNIP), a postupak zasnovan na fizičkom modelu razvija se i unapređuje u propisima (MC CEB-FIP 90 i EVROKOD 2).

5. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE ŠIRINE PRSLINA PREMA NOVOM EVROKODU 2

Proračun širine prslina, prema MC CEB-FIP 90 [1] i novom EVROKODU 2 ([3] i [4]), zasniva se na određivanju maksimalnog rastojanja prslina (u prethodnom modelu propisa CEB-FIP 78 i prethodnom izdanju EVROKODA 2 [2] razmatrano je srednje rastojanje prslina) i razlike srednjih dilatacija armature i betona, za razmatranu kombinaciju dejstava, u zategnutoj zoni elementa na delu između prslina.

Prema novom EVROKODU 2, maksimalno rastojanje prslina $s_{r,max}$ određuje se na osnovu izraza:

$$s_{r,\max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \emptyset / \rho_{p,\text{eff}} \quad (4)$$

gde su: c – zaštitni sloj betona do podužne armature i \emptyset – prečnik armature. Koeficijent k_1 opisuje svojstva prijanjanja na spoju armature sa betonom, i ima vrednosti: $k_1=0.8$ za šipke visoke prionljivosti i $k_1=1.6$ za šipke sa efektivno ravnom površinom (glatke šipke i kablovi za prethodno naprezanje). Koeficijent k_2 opisuje raspodelu dilatacija po visini preseka, i pri tome se koriste vrednosti: $k_2=0.5$ u slučaju savijanja i $k_2=1.0$ u slučaju čistog zatezanja. U slučaju ekscentričnog zatezanja ili za lokalne zone, potrebne međuvrednosti koeficijenta k_2 mogu se odrediti na osnovu izraza:

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1} \quad (5)$$

gde su: ε_1 i ε_2 – veća i manja dilatacija zatezanja na ivicama posmatranog preseka, ili dela preseka, određene na osnovu proračuna stanja dilatacija u preseku sa prslinom.

Za koeficijente k_3 i k_4 su preporučene sledeće vrednosti: $k_3=3.4$ i $k_4=0.425$. Ostavljena je mogućnost da se vrednosti koeficijenata k_3 i k_4 definišu u Nacionalnim aneksima za pojedine zemlje.

Koeficijent $\rho_{p,\text{eff}}$ je koeficijent armiranja efektivne zategnute zone preseka $A_{c,\text{eff}}$, koja predstavlja površinu betona koja obuhvata zategnutu armaturu u preseku na visini $h_{c,\text{ef}}$, gde je $h_{c,\text{ef}}$ jednako manjoj vrednosti od veličina $2.5 \cdot (h-d)$ i $(h-x)/3$ u slučaju savijanja greda i ploča, odnosno manjoj vrednosti od veličina $2.5 (h-d)$ i $h/2$ u slučaju zategnutog elementa. U prethodnim izrazima: h je ukupna visina preseka, d je odstojanje težišta zategnute armature od pritisnute ivice preseka u slučaju savijanja, odnosno odgovarajuće odstojanje težišta zategnute armature od ivica preseka zategnutog elementa, i x je odstojanje neutralne ose dilatacija od pritisnute ivice preseka u slučaju savijanja, sračunato na osnovu proračuna stanja dilatacija u preseku sa prslinom.

Definicija granica efektivne zategnute zone preseka $A_{c,\text{eff}}$ je uglavnom ista u modelima propisa MC CEB-FIP 90 [1], prethodnom i novom izdanju EVROKODA 2 ([2], [3] i [4]). Razlika, koja se pojavljuje u novom EVROKODU 2, je u načinu obuhvatanja različitih karakteristika prijanjanja armature za prethodno naprezanje i obične armature pri određivanju površine "efektivne" zategnute armature, koja se nalazi u efektivnoj zategnutoj zoni preseka $A_{c,\text{eff}}$.

Koeficijent armiranja efektivne zategnute zone određuje se primenom izraza:

$$\rho_{p,\text{eff}} = \frac{A_s + \xi_1^2 A_p}{A_{c,\text{eff}}} \quad (6)$$

gde je ξ_1 koeficijent koji uzima u obzir različite prečnike i karakteristike prijanjanja prethodno zategnute i nezategnute armature u efektivnoj zategnutoj zoni preseka, a određuje se na osnovu izraza:

$$\xi_1 = \sqrt{\xi \frac{\emptyset_s}{\emptyset_p}} \quad (7)$$

gde su: \emptyset_s najveći prečnik šipke armature, \emptyset_p ekvivalentni prečnik armature za prethodno naprezanje i ξ koeficijent jednak odnosu čvrstoća na prijanjanje armature za prethodno naprezanje i armature, čije su vrednosti prikazane u Tabeli 3.

Armatura za prethodno naprezanje	Prethodno zatezanje kablova	Naknadno zatezanje kablova sa realizovanim prijanjanjem	
		$\leq C50/60$	$\geq C70/85$
glatke šipke i žice	ne primenjuje se	0.3	0.15
užad	0.6	0.5	0.25
uzubljene žice	0.7	0.6	0.30
rebraste šipke	0.8	0.7	0.35
Za međuvrednosti između C50/60 i C70/85 može se koristiti interpolacija			

Tabela 3: Vrednosti koeficijenta ζ

Ekvivalentni prečnik armature za prethodno naprezanje određuje se kao: $\Phi_p = 1,6 \cdot \sqrt{A_p}$ za svežnjeve kablova, $\Phi_p = 1,75 \cdot \Phi_{žice}$ za pojedinačnu užad od 7 žica i $\Phi_p = 1,20 \cdot \Phi_{žice}$ za pojedinačnu užad od 3 žice.

Proračunska vrednost karakteristične širine prslina, prema novom EVROKODU 2, određuje se na osnovu izraza:

$$w_k = (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \cdot s_{r,max} \quad (8)$$

gde su: ϵ_{sm} i ϵ_{cm} srednje vrednosti dilatacija u armaturi i betonu između prslina za relevantnu kombinaciju spoljnih dejstava, koje uključuju efekte prinudnih deformacija i efekte sadejstva zategnutog betona na delu između prslina.

Kod parcijalno prethodno napregnutih elemenata za razmatranu kombinaciju dejstava ove dilatacije predstavljaju priraštaje dilatacija, u odnosu na vrednosti dilatacija pri prethodno dostignutom stanju dekompresije kompletnog betonskog dela preseka, kod kojih je postupkom "osrednjavanja" obuhvaćeno sadejstvo zategnutog betona.

Razlika srednjih dilatacija u armaturi i betonu ($\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$), određuje se prema novom EVROKODU 2 na osnovu izraza:

$$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,ef}}{\rho_{p,ef}} (1 + \alpha_E \rho_{p,ef})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (9)$$

gde su: α_E odnos modula elastičnosti čelika i betona ($\alpha_E = E_s / E_{cm}$), $f_{ct,ef}$ vrednost efektivne čvrstoće na zatezanje betona u trenutku pojave prslina, k_t koeficijent kojim se uzima u obzir dužina delovanja opterećenja, koji ima vrednosti: $k_t = 0,6$ za kratkotrajno i $k_t = 0,4$ za dugotrajno opterećenje.

Napon σ_s predstavlja napon u zategnutoj armaturi za razmatranu kombinaciju dejstava, određen primenom standardnog postupka proračuna preseka sa prslinom. Kod parcijalno prethodno napregnutih elemenata ovaj napon predstavlja priraštaj napona u armaturi u odnosu na vrednost napona, koji odgovara prethodno dostignutom stanju dekompresije kompletnog betonskog dela preseka. Način na koji se određuje razlika srednjih dilatacija u armaturi i betonu, koje obuhvataju efekte sadejstva zategnutog betona (tension stiffening) na području između prslina, u novom EVROKODU 2 se razlikuje od načina izloženog u prethodnom izdanju.

6. ZAVRŠNI KOMENTAR

Proračun parcijalno prethodno napregnutih elemenata mora da sadrži proračunski dokaz graničnog stanja širine prslina za uslove eksploatacije elementa. Pri tome je neophodno obuhvatiti specifičnost zajedničkog rada betona, koji ima izrazito vremenski zavisno ponašanje izazvano tečenjem i skupljanjem betona, i prethodno zategnute i prethodno nezategnute armature, koje imaju različita mehanička i reološka svojstva (modul elastičnosti, zavisnost napon-dilatacija, relaksacija čelika).

Stanje potpune dekompresije betonskog dela preseka parcijalno prethodno napregnutih elemenata u eksploataciji ima primarnu ulogu za definisanje polazne tačke za proračunske dokaze graničnog stanja širine prslina. U odnosu na ovo referentno stanje određuju se vrednosti promena dilatacija u prethodno zategnutoj ili nezategnutoj armaturi na osnovu kojih se određuju karakteristične vrednosti širine prslina. Ove promene dilatacija sadrže u sebi uticaj sadejstva zategnutog betona na području između prslina i obuhvataju različita svojstva armature za prethodno naprezanje i obične armature u pogledu prijanjanja. Proračunom određene vrednosti širina prslina upoređuju se sa graničnim vrednostima koje zavise od klase izloženosti elementa i razmatrane kombinacije dejstava.

7. LITERATURA

1. Comite Euro-International du Beton: "CEB-FIP MODEL CODE 1990, DESIGN CODE", Thomas Telford, 1993., pp. 360
2. "EVROKOD 2: PRORAČUN BETONSKIH KONSTRUKCIJA, DEO 1: OPŠTA PRAVILA I PRAVILA ZA PRORAČUN ZGRADA", Editor: Prof. dr Života Perišić, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1994., str. 348
3. "Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1: General Rules and Rules for Buildings", Final draft, Octobar 2001., pp. 230
4. "EVROPSKI STANDARD EN 1992-1-1:2004, Evrokod 2, PRORAČUN BETONSKIH KONSTRUKCIJA, DEO 1-1: OPŠTA PRAVILA I PRAVILA ZA ZGRADE", Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2006., str. 237
5. "EVROPSKI STANDARD EN 1990:2002, Evrokod 0, OSNOVE PRORAČUNA KONSTRUKCIJA", Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2006., str. 79
6. Popović B.: "Prilog analizi uticaja tečenja i skupljanja betona kod armiranobetonskih i parcijalno prethodno napregnutih elemenata", Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 1991., str. 419
7. Popović B., Folić R.: "Redistribucija napona u preseccima parcijalno prethodno napregnutih elemenata pri diskontinualnim spoljnim dejstvima", Naše Građevinarstvo, br. 11-12, Beograd, 1990., str. 8-18.

Borjan Popović¹

GRANIČNA STANJA UPOTREBLJIVOSTI ARMIRANOBETON- SKIH NOSAČA NAKON SANACIJE ILI REKONSTRUKCIJE ZATEZANJEM DODATNE SPOLJNE ARMATURE

Rezime: Kod armiranobetonskih nosača nakon dužeg perioda eksploatacije dolazi do pojave prslina znatne širine i prekomernih ugića. U uslovima jako agresivne sredine pojavljuju se i oštećenja donje zone preseka usled korozije armature. Njihova sanacija ili rekonstrukcija može se sprovesti dodavanjem nove armature, koja se nalazi izvan preseka elementa, čijim se početnim zatezanjem do projektovanog nivoa unose dodatne spoljašnje sile u element. To obično prati zamena oštećene armature i obrada oštećenjima zahvaćenih delova elementa reparatur malterom, bez značajnijih promena oblika i dimenzija postojećih preseka. Projekat sanacije ili rekonstrukcije ovih elemenata treba da sadrži dokaz graničnih stanja upotrebljivosti u eksploataciji. Predmet rada su postupci kontrole graničnog stanja upotrebljivosti, koji obuhvataju efekte dugotrajnih procesa u betonu i ostale specifičnosti zajedničkog delovanja saniranog armiranobetonskog elementa i dodatne spoljne armature.

Ključne reči: Armiranobetonski nosači, sanacija ili rekonstrukcija zatezanjem dodatne spoljne armature, granično stanje upotrebljivosti.

SERVICEABILITY LIMIT STATES OF THE REINFORCED CONCRETE GIRDERS AFTER REHABILITATION OR RECONSTRUCTION WITH TENSIONED ADDITIONAL EXTERNAL REINFORCEMENT

Summary: The reinforced concrete girders after long period of service have large crack widths and excessive deflections. In high aggressive environmental conditions appear cross-section bottom part damages caused by the reinforcement corrosion. Their rehabilitation or reconstruction may be realized adding new reinforcement, that is located outside element cross sections, which initial tensioning to designed level induce additional external forces in the element. That is usually followed with damaged reinforcement replacement and damaged element parts forming with reparative mortar without significant changes of the cross sections shape and dimensions. Their rehabilitation or reconstruction design shall to contain proofs of serviceability limit states in service. The paper subject are procedures for serviceability limit state checks, that accomplishes effects of the concrete time dependent processes and other particularities of coupled behavior of rehabilitated reinforced concrete element and additional external reinforcement.

Key words: Reinforced concrete girders, rehabilitation or reconstruction with tensioned additional external reinforcement, serviceability limit state.

¹ mr, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad

1. UVOD

U izgradnji hala sa srednjim rasponom glavnih brodova, za potrebe industrijskih objekata, značajnu primenu imali su prefabrikovani puni glavni armiranobetonski nosači. Oni su obično izvođeni razuđenog preseka sa promenljivom visinom i/ili promenljivim dimenzijama poprečnog preseka po dužini elementa. Kod ovih elemenata, nakon perioda eksploatacije od 20-50 godina, često dolazi do pojave prslina znatne širine i prekomernih ugiba u srednjem delu raspona. Pored toga, u uslovima jako agresivne sredine (specifična industrijska postrojenja), pojavljuju se i veća oštećenja donjih delova poprečnih preseka, kao što je otpadanje zaštitnog sloja betona na znatnoj dužini, što predstavlja posledicu odmaklog procesa korozije podužne i poprečne armature u preseku.

Kod razmatranih elemenata zatečeno stanje oštećenja najčešće ima sledeći oblik:

- Na centralnom delu, u zoni u kojoj je dominantno savijanje, a preseci su razuđenog oblika (najčešće "T" ili nesimetrični "I" presek), obično postoje prsline koje se prostiru skoro vertikalno od donje ivice nosača zahvatajući deo rebra. Na ovom delu nosača pored oštećenja u obliku odvajanja i delimičnog otpadanja zaštitnog sloja betona, pojavljuju se i podužne horizontalne pukotine duž donjeg pojasa, izazvane korozijom armature, što predstavlja fazu koja prethodi pojavi opisanih oštećenja.
- Na delovima elementa u okolini oslonaca najčešće nema oštećenja i prslina. Ovo je ispunjeno samo u slučaju kada pri eksploatacionom opterećenju nije došlo do pojave kosih prslina, koje se prostiru od donje zone nosača kroz rebro, a posledica su delovanja transverzalnih sila. Obično prefabrikovani elementi u ovom području imaju pravougaoni presek, ili su to "T" preseki sa znatno većom širinom rebra u odnosu na središnji deo elementa. U području elementa nedaleko od oslonaca, obično su izvedene horizontalne i vertikalne vute pomoću kojih se realizuje postepeni prelazak razuđenog preseka u jednostavni oblik.

Sanacija ili rekonstrukcija armiranobetonskih glavnih nosača primenom obične armature može se izvršiti:

- naknadnim betoniranjem novog donjeg pojasa na središnjem delu glavnog nosača, koji sadrži novu dodatnu podužnu i poprečnu armaturu,
- dodavanjem nove armature i zamenom oštećene postojeće armature na središnjem delu glavnog nosača, uz obradu oštećenjima zahvaćenih delova elementa primenom reparatur maltera bez značajnijih promena oblika i dimenzija postojećih preseka,
- dodavanjem nove armature, koja je izvan preseka elementa i čijim se zatezanjem do projektovanog nivoa unose dodatne spoljašnje sile u element, što obično prati zamena oštećene armature i obrada oštećenjima zahvaćenih delova elementa reparatur malterom bez značajnijih promena oblika i dimenzija postojećih preseka.

Pri izradi projekta sanacije ili rekonstrukcije glavnih nosača, nezavisno od primenjenog načina sanacije ili rekonstrukcije, potrebno je sprovesti niz proračunskih dokaza, koji se odnose ne samo na granično stanje nosivosti, već i na granično stanje upotrebljivosti u narednom periodu eksploatacije. Teorijske osnove i postupci proračuna, koji se primenjuju za dokaze graničnih stanja upotrebljivosti armiranobetonskih nosača u slučaju sanacije ili rekonstrukcije naknadnim betoniranjem donjeg pojasa, prikazani su u referenci [1]. Teorijske osnove i postupci proračuna, koji se primenjuju za dokaze graničnih stanja upotrebljivosti armiranobetonskih nosača u slučaju sanacije ili rekonstrukcije dodavanjem armature i primenom reparaturnih maltera, prikazani su u referenci [2].

Predmet ovog rada su postupci proračuna koji se primenjuju za dokaze graničnih stanja upotrebljivosti armiranobetonskih nosača u slučaju sanacije ili rekonstrukcije dodavanjem nove armature, koja se nalazi izvan preseka elementa i čijim se zatezanjem do projektovanog nivoa unose određene spoljašnje sile u element. Postupci proračuna treba da obuhvate sve specifičnosti zajedničkog delovanja saniranog armiranobetonskog elementa i dodatne spoljne armature. To se prvenstveno odnosi na reološke i mehaničke karakteristike betona (modul deformacije, tečenje i skupljanje), kao i na primenjenu armaturu (dodatna spoljna armatura, zamenjena i preostala postojeća armatura) koje najčešće imaju različite mehaničke karakteristike (čvrstoća na zatezanje).

2. OPIS TOKA SANACIJE ILI REKONSTRUKCIJE ELEMENTA

Nakon podupiranja elementa, ako je to potrebno u zavisnosti od stepena oštećenja, na delu glavnog nosača na kome je oštećen postojeći donji betonski deo preseka, sprovodi se obrada betonskih površina štemovanjem i pikovanjem, da bi se uklonila olabavljena zrna agregata i delimično odvojeni komadi betona. Zatim sledi čišćenje dostupnih delova postojeće armature metalnim četkama ili peskarenjem uz uklanjanje oštećenih delova podužne i poprečne armature. Nakon toga se sprovodi zamena oštećenih delova postojeće podužne armature i uzengija novim delovima (obično izrađenim od armature istog tipa), koji se najčešće povezuju sa postojećom armaturom zavarivanjem. Zatim se premazuju površine postojeće i zamenjene armature antikorozivnim sredstvom, a obrađene betonske površine se premazuju sredstvom sa vezu starog betona i novih slojeva reparaturnog maltera. Nakon toga, oblikuje se oštećeni donji deo poprečnog preseka nanošenjem slojeva reparaturnog maltera, koji prekrivaju preostali, ranije izvedeni, donji deo nosača sa postojećom armaturom i novim delovima zamenjene podužne i poprečne armature. Donji deo nosača, obrađen na prethodno opisan način, dobija oblik i dimenzije, koji su približno jednaki prvobitno izvedenim, pre oštećenja.

Povezivanje dodatne spoljne armature sa postojećim elementom realizuje se na njenim krajevima pomoću specijalnih ankernih uređaja. Kod poligonalnog oblika dodatne spoljne armature povezivanje sa elementom realizuje se i na odabranim mestima u rasponskom delu, gde se za tu svrhu izrađuju konstrukcije devijatora. Nakon završetka radova na obradi glavnog armiranobetonskog nosača, ugrađuju se prethodno izrađene ankerne konstrukcije i konstrukcije devijatora, koje se fiksiraju u projektu predviđenom položaju.

Postupak sanacije ili rekonstrukcije nastavlja se ugrađivanjem dodatne spoljne armature, koja se nalazi izvan poprečnog preseka elementa. Nakon postavljanja ankernih uređaja i devijatora (ako ih ima), sprovodi se postavljanje dodatne spoljne armature u projektovani položaj. Posle toga, pristupa se početnom zatezanju dodatne armature do realizacije projektovanog nivoa sile zatezanja, čime se obavlja njeno aktiviranje. Nakon zatezanja dodatne armature, potrebno je sprovesti antikorozivnu zaštitu dodatne spoljne armature. U slučaju kada je dodatna armatura prethodno antikorozivno obrađena, potrebno je nakon postavljanja i zatezanja izvršiti lokalne popravke zaštite i izradu naknadne zaštite na delovima u okolini ankernih uređaja i devijatora.

3. TEORIJSKE OSNOVE I OPIS POSTUPKA PRORAČUNA

3.1. Prva faza proračuna – Period pre sanacije ili rekonstrukcije

Prvu fazu, za koju treba sprovesti proveru graničnih stanja upotrebljivosti, predstavlja dostignuto stanje elementa, tako da proračun započinje procenom stanja napona i deformacija u betonu i armaturi u karakterističnim presecima elementa neposredno pre početka radova. Na osnovu dostupne projektne dokumentacije utvrđuju se projektovane karakteristike elementa (proračunsko opterećenje, marka betona, oblik i dimenzije pojedinih preseka, raspored podužne i poprečne armature, predviđeni način izvođenja radova).

Pregledom i ispitivanjem elementa sprovodi se provera tačnosti ovih podataka. Sprovodi se merenje dimenzija elementa, utvrđuje se prečnik i raspored podužne i poprečne armature, ispituje se kvalitet ugrađenog betona (destruktivnim i komparativnim nedestruktivnim metodama) i armature (laboratorijsko ispitivanje uzoraka sa elementa), mere se veličine odstupanja položaja armature od projektovanog (usled greški tokom izvođenja radova). Na kraju, izrađuje se snimak oštećenja i snimak stanja prslina elementa, koji sadrži podatke o širini prslina, njihovom međusobnom rastojanju i obliku prostiranja. Na osnovu prikupljenih podataka procenjuju se mehaničke karakteristike betona i armature, faze izvođenja radova u smislu dužine trajanja i veličine opterećenja, kao i parametri dilatacija tečenja i skupljanja betona tokom pojedinih faza.

Proračun u prvoj fazi se sprovodi za kvazi-stalnu kombinaciju spoljnjih dejstava, uvažavajući procenjenu istoriju dugotrajnog opterećenja tokom građenja i eksploatacije elementa. Na osnovu rekonstruisane istorije nanošenja opterećenja, uvažavajući statičke sisteme elementa u pojedinim fazama, mogu se proračunati naponi i deformacije u betonu i armaturi u nizu preseka elementa. Za analizu stanja napona i deformacija u presecima elementa obično se primenjuje postupak zasnovan na generalisanom inkrementalnom obliku algebarske veze za beton AAEM metoda, kombinovan sa pretpostavkom o konstantnom aktivnom betonskom delu preseka nakon pojave prslina, detaljno opisan u referencama [3] i [4].

Na osnovu poznatog stanja napona i deformacija u pojedinim presecima elementa, primenom postupaka opisanih u referencama [3] i [6], mogu se odrediti karakteristične širine prslina tokom pojedinih prethodnih faza, i na kraju u dostignutom stanju u eksploataciji. Zbog promene dimenzija preseka i površine armature po dužini nosača, za određivanje ugiba, tokom pojedinih faza i na kraju u eksploataciji, mora se primeniti jedan od generalnih postupaka, koji su opisani u referencama [3], [5] i [7].

Da bi se obuhvatilo postepeno smanjenje površine armature, izazvano korozijom tokom posmatranog perioda vremena, obično se za preseke sa prslinom proračun sprovodi samo sa armaturom preostalom nakon odbijanja procenjenog iznosa korozijom oštećene armature. Uprošćenje funkcionalne zavisnosti promene tokom vremena površine ugrađene armature, jednostavnijim diskontinualnim oblikom, u skladu je sa navedenim aproksimacijama, koje se primenjuju za aktivni betonski deo preseka, i daje rezultate koji su konzervativni u pogledu veličine napona u armaturi, širine prslina i ugiba elementa.

3.2. Druga faza proračuna – Izvođenje radova na sanaciji ili rekonstrukciji

Drugu fazu, za koju treba sprovesti proračun napona i dilatacija u betonu i armaturi u preseccima elementa, predstavlja faza izvođenja radova na sanaciji ili rekonstrukciji. U slučaju kada su registrovane prsline manje širine, ugibi elementa umereni, oštećenja elementa manja, rezultati ispitivanja kvaliteta ugrađenog betona i armature povoljni, moguće je radove na sanaciji ili rekonstrukciji izvoditi na elementu bez podupiranja. U ovom slučaju se ne realizuje promena statičkog sistema elementa, ali se mora voditi računa o dodatnim privremenim opterećenjima. U slučaju da, zbog stanja u kome se nalaze prefabrikovani armiranobetonski nosači, opisani uslovi nisu ispunjeni potrebno je pre početka radova, sprovesti podupiranje nosača formiranjem privremenih oslonaca, čime se privremeno menja statički sistem elementa. Broj i položaj privremenih oslonaca zavise od mogućnosti njihove realizacije, kao i od položaja ankernih uređaja i devijatora (ako je predviđena njihova primena) nove dodatne spoljne armature.

Najčešće se novouvedenim osloncima glavni nosači samo privremeno oslanjaju u svom deformisanom položaju, nastalom delovanjem kvazi-stalnog opterećenja uz tečenje i skupljanje betona. U ovom slučaju, neposredno nakon postavljanja privremenih oslonaca, reakcije oslonaca usled delovanja prethodno nanetog opterećenja su jednake nuli. U periodu izvođenja radova reakcije privremenih oslonaca, izazvane prethodno nanetim kvazi-stalnim dejstvima, postepeno se razvijaju do konačnih vrednosti na kraju posmatranog intervala vremena, usled efekata tečenja i skupljanja betona. Ovde se razmatraju elementi čija je starost u trenutku nanošenja dodatnog kvazi-stalnog opterećenja znatna, i kod kojih je veći deo procesa tečenja i skupljanja betona obavljen tokom prethodnog perioda eksploatacije, a pored toga i posmatrani period izvođenja radova je relativno kratak. Konačne vrednosti reakcija oslonaca, izazvane prethodno nanetim kvazi-stalnim dejstvima, koje se uspostavljaju na kraju razmatranog perioda izvođenja radova su na osnovu prethodno opisanih razloga neznatne veličine koje se mogu zanemariti pri proračunu.

Druga mogućnost je da se veštački izazovu pomeranja privremenih oslonaca za određeni kontrolisani iznos, a time i reakcije oslonaca čije vrednosti zavise od rasporeda krutosti preseka po dužini elementa, u trenutku realizacije prinudnih pomeranja. Ovaj postupak praktično se ne primenjuje u slučaju kada se sanacija ili rekonstrukcija elementa sprovodi unošenjem sile u dodatnu spoljnu armaturu. Razlog za to je činjenica da se kontrolisana pomeranja elementa realizuju tokom unošenja sile zatezanja, tako da se mogućnost pomeranja privremenih oslonaca neće dalje razmatrati.

Dodatni uticaji u privremenim osloncima nastaju delovanjem naknadno nanetog kvazi-stalnog opterećenja. U posmatranom periodu vremena, koji odgovara trajanju izvođenja radova, reakcije privremenih oslonaca izazvane dodatnim kvazi-stalnim dejstvima se postepeno menjaju usled tečenja i skupljanja betona. Pored ranije navedenih konstatacija, u ovoj fazi je najčešće i dodatno kvazi-stalno opterećenje neznatno u odnosu na prethodno naneto, tako da se promene vrednosti reakcija oslonaca, izazvane efektima tečenja i skupljanja betona, mogu zanemariti.

3.3. Treća faza proračuna – Unošenje početne sile zatezanja

Treću fazu, za koju treba sprovesti proračun napona i dilatacija u karakterističnim preseccima, predstavlja unošenje sile zatezanja u dodatnu armaturu do projektovanog

nivoa. Prethodno i naknadno naneto (tokom radova na sanaciji ili rekonstrukciji) kvazi-stalno opterećenje nastavlja da deluju na posmatrani element tokom ove faze. Uticaj prestanka delovanja reakcija privremenih oslonaca obuhvata se nanošenjem sila istog intenziteta, a suprotnog smera na element, što predstavlja osnovnu razliku pri razmatranju spoljnih opterećenja, koja deluju na element tokom ove faze, između slučajeva sa i bez privremenog podupiranja.

Trenutno elastične deformacije elementa kao celine, izazvane delovanjem početne sile zatezanja izazivaju pomeranja tačaka u kojima se realizuje ankerovanje dodatne armature, što za posledicu ima ravnomerno skraćenje armature, odnosno konstantan pad unete sile zatezanja. Ovaj pad početne sile zatezanja može se nadoknaditi unošenjem nešto većeg nivoa početne sile zatezanja od projektovanog, tako da se nakon pada sile zatezanja, usled trenutno elastičnih deformacija elementa, uneta sila zatezanja spušta na projektovani nivo.

Pri određivanju elastičnih deformacija elementa, u trenutku unošenja inicijalne sile zatezanja, treba koristiti odgovarajuće geometrijske karakteristike preseka elementa po njegovoj dužini. U području oslonaca, na delovima nosača bez prslina, treba primeniti vrednosti geometrijskih karakteristika (površina, statički moment površine i moment inercije) koje odgovaraju idealizovanom preseku bez prsline. Na preostalom delu nosača, na kome su se pojavile prsline, treba primeniti vrednosti geometrijskih karakteristika koje odgovaraju idealizovanom preseku sa prslinom.

Zatezanjem dodatne armature, nanose se na deo elementa između ankernih uređaja aksijalna sila pritiska i moment savijanja koji na centralnom oštećenom delu nosača ima suprotan smer od momenta savijanja izazvanog razmatranim kvazi-stalnim opterećenjem. Dodatni momenat savijanja na središnjem delu elementa, koji se realizuje unošenjem inicijalne sile zatezanja u dodatnu spoljnu armaturu, obično ima takav intenzitet da samo smanjuje odgovarajući momenat savijanja od razmatranog spoljašnjeg opterećenja koje istovremeno deluje, pri čemu ne menja njegov znak.

Kao posledica kombinovanog delovanja dodatne normalne sile i momenta savijanja dolazi do neznatnog smanjenja dužine središnje isprskale zone i do znatnijeg smanjenja širine ranije formiranih prslina. Pri delovanju konstantne normalne sile pritiska, u prethodno isprskaloj središnjoj zoni elementa prsline ostaju otvorene na delu na kome je ukupni moment savijanja veći od momenta dekompresije donje zategnute ivice saniranog armiranobetonskog nosača, jer se u prethodno isprskaloj zoni može smatrati da je čvrstoća betona na zatezanje jednaka nuli. Mala promena granica između neisprskalog i isprskalog dela saniranog elementa u odnosu na stanje pre sanacije, može se obuhvatiti iterativnim sprovođenjem proračuna, putem sukcesivnih aproksimacija (obično u malom broju koraka).

3.4. Četvrta faza proračuna – Period nakon sanacije ili rekonstrukcije

Četvrtu fazu predstavlja period eksploatacije elementa, koji sledi nakon završetka radova na sanaciji ili rekonstrukciji elementa. Za dokaze graničnog stanja upotrebljivosti nosača u ovoj fazi, potrebno je odrediti napone i dilatacije u preseccima novoformiranog elementa, koji obrazuju sanirani armiranobetonski nosač i dodatna spoljna armatura.

U nekom trenutku vremena nakon aktiviranja definitivnog sistema elementa na njega može kratkotrajno delovati, pored ukupnog kvazi-stalnog opterećenja, preostalo povremeno opterećenje koje formira čestu ili retku kombinaciju spoljnih dejstava.

Obično se analiziraju dva ekstremna slučaja i to su:

- slučaj kada razmatrana kratkotrajna (česta ili retka) kombinacija dejstava započinje delovanje neposredno nakon aktiviranja elementa u definitivnom sistemu i završava delovanje nakon kratkog intervala vremena, koji se za potrebe proračuna praktično smatra trenutkom.
- slučaj kada razmatrana kratkotrajna (česta ili retka) kombinacija dejstava započinje delovanje na kraju perioda eksploatacije.

Nanošenje dodatnog kratkotrajnog opterećenja izaziva skokovitu promenu sila u presecima saniranog armiranobetonskog elementa i skokovitu promenu sile zatezanja u dodatnoj armaturi. Određivanje navedenih skokovitih promena sprovodi se analizom deformacije novoformiranog elementa, kao celine. Najčešće se primenjuje postupak proračuna metoda sila, kod kog se za statički nepoznatu veličinu usvaja skokovita promena sile zatezanja u dodatnoj spoljnoj armaturi. Nakon određivanja vrednosti koeficijenata fleksibilnosti, koji odgovaraju sili jediničnog intenziteta i spoljašnjem opterećenju, rešavanjem jednačine koja predstavlja uslov kompatibilnosti pomeranja, dobija se nepoznata vrednost skokovite promene sile u dodatnoj armaturi. Posle toga, nakon određivanja skokovitih promena sila u presecima, dobijaju se vrednosti promena napona i dilatacija u betonu i armaturi u pojedinim presecima elementa.

U daljem periodu eksploatacije elementa, usled tečenja i skupljanja betona, odvijaju se paralelno spoljašnja redistribucija sila i unutrašnja redistribucija napona u pojedinim delovima novoformiranog elementa. Spoljašnja redistribucija se odvija između nove dodatne armature i saniranog armiranobetonskog elementa. Postepena promena sile zatezanja u dodatnoj armaturi izaziva postepenu promenu sila u preseku saniranog armiranobetonskog elementa. Kako je dodatna spoljna armatura povezana sa saniranim armiranobetonskim elementom samo u određenom broju tačaka (mesta ukotvljenja i eventualni devijatori) za određivanje spoljašnje preraspodele sila potrebno je razmatrati deformaciju celokupnog elementa. Unutrašnja redistribucija napona odvija se u okviru pojedinih preseka saniranog armiranobetonskog elementa, između betona i armature. Rezultat obe redistribucije je povećanje napona zatezanja u novoj dodatnoj spoljnoj armaturi, povećanje napona zatezanja u armaturi koja se nalazi u zategnutoj zoni saniranog elementa i smanjenje napona pritiska u aktivnom betonskom delu saniranog elementa.

Određivanje konačnih vrednosti postepenih promena, na kraju razmatranog perioda vremena, sprovodi se analizom dugotrajnih deformacija novoformiranog elementa kao celine. Najčešće se primenjuje postupak proračuna metoda sila, kod kog se za statički nepoznatu veličinu usvaja postepena promena sile zatezanja u dodatnoj spoljnoj armaturi. Nakon određivanja vrednosti koeficijenata fleksibilnosti, koji odgovaraju dugotrajnom delovanju sile jediničnog intenziteta i spoljašnjeg opterećenja, rešavanjem uslovne jednačine, koja predstavlja uslov kompatibilnosti pomeranja, dobija se nepoznata konačna vrednost postepene promene sile u dodatnoj armaturi. Nakon toga, kada su poznate vrednosti postepenih promena sila u pojedinim presecima određuju se promene napona i deformacija usled tečenja i skupljanja betona, u intervalu vremena između aktiviranja elementa i konačnog stanja u eksploataciji. Zatim se određuju konačne ukupne vrednosti sile u dodatnoj spoljnoj armaturi i konačne ukupne vrednosti napona i dilatacija u betonu i armaturi u presecima saniranog armiranobetonskog elementa, koje odgovaraju kvazi-stalnim dejstvima. Nakon toga, određuju se vrednosti karakterističnih širina prslina u pojedinim presecima, kao i konačni ukupni ugibi elementa izazvani delovanjem kvazi-stalnog opterećenja.

Delovanje punog iznosa česte ili retke kombinacije opterećenja u konačnom stanju u eksploataciji, analizira se primenom postupka koji je analogan opisanom za početak perioda eksploatacije. Njegovom primenom dobijaju se konačne vrednosti sile u dodatnoj spoljnoj armaturi, a zatim i konačne vrednosti napona u betonu i armaturi u pojedinim presecima saniranog armiranobetonskog elementa. Nakon toga, određuju se u pojedinim presecima karakteristične širine prslina, kao i ukupni ugibi elementa izazvani delovanjem česte ili retke kombinacije dejstava na kraju posmatranog perioda eksploatacije.

4. ZAVRŠNI KOMENTAR

Da bi se odredile srednje dilatacije zategnute armature, kao i srednje krivine preseka potrebno je obuhvatiti sadejstvo zategnutog betona na delu između prslina, pri čemu se primenjuju odgovarajući koeficijenti interpolacije između fiktivnog neisprskalog preseka i preseka sa prslinom. Na osnovu srednjih dilatacija armature i srednjih krivina u pojedinim presecima glavnog nosača, koji je u opštem slučaju promenljivih geometrijskih karakteristika i promenljivog rasporeda i površine podužne armature po dužini, određuju se proračunske vrednosti karakteristične širine prslina, kao i proračunske vrednosti ugiba elementa za razmatrane kombinacije opterećenja (kvazi-stalna, česta i retka).

Sračunate vrednosti karakteristične širine prslina i ugiba elementa moraju biti manje od odgovarajućih graničnih vrednosti definisanih u normama u zavisnosti od klase izloženosti elementa i karaktera razmatrane kombinacije dejstava.

5. LITERATURA

1. Popović B.: „Specifičnost dokaza graničnih stanja upotrebljivosti armiranobetonskih nosača razduženog preseka nakon sanacije ili rekonstrukcije naknadnim betoniranjem donjeg pojasa“, IV Naučno stručno savetovanje „Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja“, Zbornik radova, Zlatibor, 2005., str. 123-128.
2. Popović B.: „Granična stanja upotrebljivosti armiranobetonskih nosača nakon sanacije dodavanjem armature“, Internacionalni naučno-stručni skup „GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA“, Zbornik radova, Knjiga 1, Žabljak, 2006., str. 49-54.
3. Popović B.: „Prilog analizi uticaja tečenja i skupljanja betona kod armiranobetonskih i parcijalno prethodno napregnutih elemenata“, Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 1991., str. 419.
4. Popović B.; Folić R.: „Redistribucija napona u presecima parcijalno prethodno napregnutih elemenata pri diskontinualnim spoljnim dejstvima“, Časopis Naše Građevinarstvo, br. 11-12, Beograd, 1990., str. 8-18.
5. Popović B.: „Proračun ugiba parcijalno prethodno napregnutih elemenata“, II Kongres Društva Građevinskih Konstruktera Srbije, Zbornik radova, Knjiga 1: Teorija, zgrade i mostovi, Arandelovac, 1992., str. 120-125
6. Popović B., Folić R.: „Granično stanje širine prslina parcijalno prethodno napregnutih elemenata“, Časopis Naše Građevinarstvo, br. 10-11, Beograd, 1994., str. 1-11.
7. Popović B., Folić R.: „Granično stanje deformacija parcijalno prethodno napregnutih elemenata“ (I i II deo), Časopis Naše Građevinarstvo, br. 12, Beograd, 1994., str. 9-16. i Časopis Naše Građevinarstvo, br. 1, Beograd, 1995., str. 6-10.

Branko Mazić¹
Esad Mulavdić²

PLANIRANJE PUTNOG SAOBRAĆAJNOG SISTEMA U REGIONALNIM OKVIRIMA SA EKONOMSKIM VREDNOVANJEM I UTVRĐIVANJEM PRIORITETA GRAĐEVINSKIH INTERVENCIJA

Rezime: Značaj i stalni razvoj funkcije putnog saobraćaja zahtijeva integraciju faza studija i planiranja saobraćaja, programiranja strategije razvoja, analize i projektovanje infrastrukture, vrednovanja putnog saobraćajnog sistema i operativno planiranje izgradnje, održavanja i obnove (dogradnje, rekonstrukcije, rehabilitacije) u određenim prostornim i društveno-ekonomskim (regionalnim) okvirima.

U radu su date osnovne informacije iz studije saobraćaja Hercegbosanske županije Livno sa pregledom glavnih tehničko-ekonomskih pokazatelja koji su poslužili za vrednovanje putnog sistema pomoću softvera HDM, i sa preporukama za građevinske intervencije.

Ključne riječi: studija i regionalno planiranje saobraćaja, projektovanje putne infrastrukture, ekonomsko vrednovanje, prioriteti građevinskih intervencija

PLANNING OF REGIONAL FRAMED ROAD TRAFFIC SYSTEM WITH ECONOMIC EVALUATION AND FIXING OF PRIORITIES OF THE CONSTRUCTION ACTION

Summary: The importance and continuous development of road traffic claims the integration of phases: traffic study and planning, programming of development strategy, analysis and design of infrastructure (road network), evaluation of road traffic system, actual planning of construction, maintenance and renovation (additional construction, reconstruction, rehabilitation) in certain spatial and socioeconomic (regional) frame. The paper gives basic informations from the Traffic study of Hercegbosanska County (Capital Livno, FBiH) with review of main parameters used for economic evaluation of road traffic system by HDM software, and recommendations for construction action.

Key words: study and regional traffic planning, design of road network infrastructure, economic evaluation, priorities of construction action

¹ Dr. Branko Mazić, dipl.inž.građ., vanredni profesor Građevinskog fakulteta u Sarajevu
Ulica patriotske lige 30, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

² Dr. Esad Mulavdić, dipl.inž.građ., docent Građevinskog fakulteta u Sarajevu
Ulica patriotske lige 30, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

1. UVOD

Savremeni razvoj saobraćaja karakteriše predominacija putnog sistema za šta postoje brojni tehničko-tehnološki i ekonomski razlozi. Budući da je putni saobraćajni sistem dvofazan (infrastruktura i mobilna sredstva), široko prostorno disperziran, modalno diferenciran i sa stanovišta korisnika dualan (privatne i poslovne potrebe) – jasno je da upravljanje ovim sistemom nije jednostavno. Ipak, mogu se razlučiti tri bitne oblasti upravljanja tim sistemom: praćenje i analize fenomena saobraćaja kao procesa kretanja vozila, gazdovanje infrastrukturom koja omogućuje to kretanje, te planiranje razvoja, projektovanje i ekonomsko vrednovanje efekata sistema [4].

Praćenje promjena u saobraćaju vrši se kontinuirano, kombinacijom automatskog brojanja i povremenog manuelnog (kontrolnog) brojanja sa anketiranjem vozača što treba da rezultira formiranjem baza podataka o saobraćaju [3]. S druge strane, inventar puteva, uspostava i održavanje (ažuriranje) katastra infrastrukture je drugi segment sistema upravljanja putevima. Projektovanje građevinsko - tehničkih zahvata (novogradnja, rekonstrukcija, modernizacija, održavanje) zajedno sa analizom ekonomskih efekata i izborom strategije je treći segment upravljanja. Konačno, operativno planiranje i vođenje projekata građenja i održavanja osigurava postizanje ciljeva razvoja putnog saobraćajnog sistema. Subjekat upravljanja tim sistemom može biti jedino državna / regionalna direkcija, agencija ili korporacija kao (stručni) organ izvršne vlasti ali ona mora stvoriti preduslove za integraciju sudionika složenog procesa putnog saobraćajnog sistema.

U ovom radu je na primjeru jedne regionalne društveno-političke i ekonomske zajednice (Hercegbosanska županija / kanton, Livno, BiH) pokazano kako bi trebalo analizirati stanje i perspektive razvoja putnog saobraćajnog sistema [1].

2. KARAKTERISTIKE ANALIZIRANE REGIJE

2.1. Opšti pokazatelji

Hercegbosanska županija/kanton predstavlja političko-teritorijalnu i ekonomsku cjelinu kao jedna od 10 regija unutar Federacije BiH. Zauzima jugozapadni položaj duž granice Bosne i Hercegovine sa Republikom Hrvatskom. Obuhvata površinu od 5.409 km² sa oko 85.000 stanovnika a u fizičkom smislu to je pretežno planinski kraj sa dosta nepovoljnim reljefom. Glavno obilježje regije je slaba naseljenost (svega 16 stanovnika po km²) i ekonomska nerazvijenost (GDP per capita oko 1800 \$). Uprkos tome, ova regija ima izraženu funkciju tranzitnog područja naročito na pravcu sjever-jug a nešto manje i na pravcu sjeverozapad-jugoistok.

2.2. Pokazatelji putnog saobraćajnog sistema

Specifičnost ove regije je da se motorizacija razvija brže nego ekonomija i trenutno se kreće oko 130 vozila na 1000 stanovnika. Uz to prisutan je i veliki intenzitet korištenja vozila (oko 5,5 vožnji na dan). Javni saobraćaj nije razvijen i ograničen je na lokalne linije. Tranzitni (posebno međunarodni) saobraćaj ima veliko učešće. Putnu infrastrukturu čine slijedeći (kategorisani) putevi:

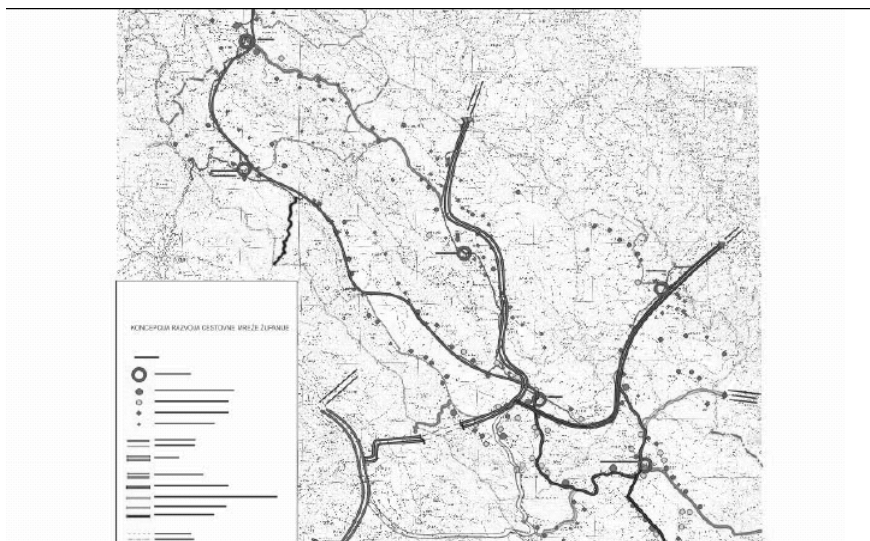
- magistralni	367,23 km
- regionalni	268,83 km
- lokalni	<u>402,80 km</u>
UKUPNO:	1.038,86 km

Očigledno je da sa 19,2 km puteva na 100 km² ova putna mreža mnogo zaostaje za prosjekom razvijenih zemalja (100 – 150 km/100km²).

2.3. Koncept razvoja putnog saobraćajnog sistema

Na osnovu analize mogućnosti prostornog razvoja i utvrđenih prognoza rasta socioekonomskih parametara u narednom periodu (do 2020. god.), iskazanih kroz rast zaposlenosti od oko 5% godišnje i rast GDP per capita do 3400 \$, te rast motorizacije do nivoa od 350 vozila na 1000 stanovnika, definisane su postavke razvoja mreže puteva na datom području, kao temelj razvoja putnog saobraćajnog sistema:

1. Izgradnja autoputa na relaciji Mlinište – Glamoč – Livno – Split
2. Izgradnja super puta za brzi saobraćaj na relaciji Bugojno – Kupres - Livno
3. Rekonstrukcija magistralnih puteva: Livno – Tomislavgrad – Posušje i Livno – Bos. Grahovo – Drvar
4. Rekonstrukcija i preategorizacija regionalnih puteva: Mokronoge – Ravno – Prozor i Karlov Han – Bukova Gora – Kazaginac, u magistralne puteve
5. Rekonstrukcija regionalnih puteva: Drvar – Rore – Glamoč i Tomislavgrad – M. Selo – Blidinje, te puta Prolog – Vaganj



Slika 1. Koncept razvoja mreže puteva u regiji

3. METODOLOGIJA ANALIZE I PLANIRANJA SAOBRAĆAJA

3.1. Korištenje postojećih podataka

Glavna karakteristika analize je integralno posmatranje relevantne putne mreže i pripadajućih saobraćajnih tokova na području cijele regije. To je značajan metodski iskorak jer se postiže međudjelovanje i harmonizacija tokova. Za potrebe analize najprije je detaljno istraжена postojeća putna infrastruktura: prikupljeni su raspoloživi podaci o putnim pravcima i njihovim tehničko-eksploatacionim karakteristikama (inventarizacija) i na toj osnovi je ustrojena baza podataka o postojećoj mreži (tzv. katastar puteva).

- dužina dionice (km),
- širina kolovoza (m),
- širina bankine (m),
- broj traka,
- vrsta kolovoza (bitumenski, betonski, asfaltni, makadamski),
- klasa kolovoza (granulirana osnova ili cementna stabilizacija),
- zakrivljenost ($^{\circ}/\text{km}$),
- broj radijusa po kilometru (br R/km),
- prosječni radijus (R),
- ukupan uspon i pad (m/km),
- prosječna nadmorska visina,
- debljina završnog sloja (mm),
- debljine pojedinih slojeva kolovozne konstrukcije (AB, BNS, CS, T),
- koeficijenti zamjene pojedinih vrsta materijala u koloznoj konstrukciji,
- kalifornijski indeks nosivosti posteljice CBR%,
- strukturni broj, i
- brzina (km/h).

Putna brzina sračunata je po formuli B. Mazića koja je istraжена u magistarskom radu pod naslovom »Istraživanje brzine toka putničkih vozila u zavisnosti od elemenata puta i gustine saobraćaja«.

Sa druge strane, iz različitih izvora (s obzirom da se to kod nas ne radi sistematski) prikupljeni su podaci o saobraćajnim tokovima na relevantnoj putnoj mreži, dobiveni kroz kampanje 'snimanja' i brojanja saobraćaja u proteklom periodu. Takvi podaci su najprije kritički valorizovani i harmonizovani a onda korišteni za narednu fazu analize.



Slika 2. Intenzitet saobraćajnih tokova na relevantnoj mreži puteva u regiji

3.2. Dopunska snimanja i saobraćajne analize

Prikupljeni podaci o saobraćajnim tokovima na relevantnoj mreži puteva nisu bili sasvim konzistentni, pa je poduzeta akcija detaljnog jednodnevnog snimanja saobraćaja, sa brojanjem vozila i anketiranjem vozača, radi definitivne valorizacije saobraćajnog opterećenja. U narednoj tablici su dati podaci o lokacijama snimanja saobraćaja.

Tablica 3.1

Redni broj	Broj punkta	Tip istraživanja	Oznaka ceste	Smjer	Dionica ceste	Lokalitet
1.	1	anketa+brojenje	M 6.1	1	Kazanci - Priluka	Prisap
2.	2	anketa+brojenje	M 6.1	1	Livno - Podhum	PTC "Pavlo"
3.	3	anketa+brojenje	M 16	2	Karlovo Han - Tomislavgrad	Karlovo Han
4.	4	anketa+brojenje	M 6.1	1	Tomislavgrad - Posušje	Km 41, Kovači
5.	5	anketa+brojenje	M 15	1	Glamoč - Livno	Glamoč
6.	6	anketa+brojenje	M 15	1	Livno - Suica	kod Motela
7.	7	anketa+brojenje	M 16	1	Guber - Kamensko	Guber
8.	10	anketa+brojenje	M 15	1	Kupres - Suica	Kupres
9.	A	anketa+brojenje	M 4.2	1+2	Granični prijelaz Stmica	Stmica
10.	B	anketa+brojenje	M 6.1	1+2	Granični pr. Kamensko	Kamensko
11.	C	anketa+brojenje	M 16	1+2	Granični prijelaz Aržano	Aržano
12.	8	brojenje	M 6.1	1+2	Bos. Grahovo - D. Kazanci	B. Grahovo
13.	9	brojenje	M 14.2	1+2	Bosanski Petrovac - Drvar	Oštrelj
14.	11	brojenje	R 408	1+2	Rore - Drvar	Drvar
15.	12	brojenje	M 15	1+2	Rogoli - Glamoč	Glavice
16.	13	brojenje	R 409	1+2	Bosanko Grahovo - Rore	Obilaj
17.	14	brojenje	R 410	1+2	Pasjak - Gornje Bravsko	Pasjak
18.	15	brojenje	R 415	1+2	Šipovo - Kupres	Zdeselo
19.	16	brojenje	M 14.2	1+2	Drvar - Bosansko Grahovo	Bos. Grahovo
20.	17	brojenje	R 416	1+2	Guber - Prolog	Guber
21.	18	brojenje	R 416	1+2	Guber - Donji Kazanci	Sajkovići
22.	19	brojenje	R 417	1+2	Karlovo Han - Kazaginac	Bukova Gora
23.	20	brojenje	R 418	1+2	Mokronozi - Rama (Prozor)	Ođvojak za Ramu
24.	21	brojenje	R 418a	1+2	Riuc - Rayno	Riuc
25.	22	brojenje	R 418a	1+2	Blidinje - Tomislavgrad	Srdani
26.	23	brojenje	M 15	1+2	Kolo (T. Grad) - Mokronozi	Blažuj, T. grad
27.	24	brojenje	M 6.1	1+2	Priluka - Livno	
28.	25	brojenje	M 16	1+2	Livno - Guber	

Nakon provedenog snimanja, najprije su definisane saobraćajne zone prema kojima su podaci sistematski obrađeni i na toj osnovi su izrađene matrice putovanja I-C (izvor-cilj), koje su poslužile za dalju fazu analize i planiranja saobraćaja – intenzitet saobraćajnog opterećenja na dionicama mreže.

3.3. Prelaganje saobraćaja softverom TRANPLAN

Ključni korak u analizi saobraćajnog sistema predstavlja spoj i međudjelovanje podsistema infrastrukture (u ovom slučaju - mreže puteva) i realnog saobraćajnog opterećenja - saobraćajnih tokova. Ona se efikasno izvršava računarskim programima, a u ovom slučaju korišten je TRANPLAN, verzija 9.2 (2004. godina) kao jedan od najraširenijih softvera sa dugom tradicijom.

Za potrebe saobraćajne analize i planiranja saobraćaja područje analize je najprije podijeljeno na 6 unutarnjih i 56 vanjskih zona, a onda su neke unutarnje zone podijeljene na sub-zone, tako da je model saobraćajnog sistema sadržavao ukupno 75 zona i oko 155 linkova (veza).

Unošenjem podataka iz I-C matrica o putovanjima zona-zona, pomoću računarskog modela i programa TRANPLAN, dobivena je slika saobraćajnog opterećenja – saobraćajni tokovi na svakoj od dionica relevantne mreže puteva. Dobiveni podaci su upoređeni sa ranijim podacima o saobraćajnom opterećenju i konstatovano je dobro slaganje modeliranih i stvarnih veličina. Time se dobila potvrda da računarski model može vjerodostojno da prezentira saobraćajni sistem i za postojeće stanje i za prognozirano - perspektivno stanje.

3.4. Prognoza budućih saobraćajnih tokova i simulacija softverom TRANPLAN

Prognoza budućeg razvoja saobraćajnih tokova u prosmatranoj regiji izvršena je na bazi višestruke regresijske zavisnosti intenziteta tokova i socioekonomskih parametara saobraćajnih zona. Mjerodavna regresijske jednačina glasi:

$$\text{Broj putovanja iz zone} = 0,27 * (\text{Broj stanovnika}) + 12,59 * (\text{Stepen motorizacije}) + 0,14 * (\text{Društveni proizvod per capita}) + 409,35$$

U daljem postupku su za karakteristične vremenske presjeke određeni procentualni faktori porasta intenziteta saobraćaja i primijenjeni na veličine mjerodavnih tokova u baznoj (2005.) godini – čime se za svaki link (vezu) mogao definisati budući intenzitet saobraćajnog toka, za razne vremenske presjeke. Time su se stvorile pretpostavke za ispitivanje sposobnosti postojeće mreže da preuzme odgovarajuće saobraćajno opterećenje, odnosno, za upoređenje i testiranje cjelishodnosti utvrđenog koncepta razvoja (izgradnje / dogradnje i rekonstrukcije) relevantne mreže puteva u okviru regije.

3.5. Preliminarna tehnička rješenja obnove mreže puteva

Planiranje saobraćaja obuhvata i fazu građevinskih intervencija na mreži puteva. Tako su u ovom slučaju urađeni generalni projekti / idejna rješenja za nove puteve (autoput, super put) te idejni projekti za rekonstrukcije kroz strategiju razvoja odabranih postojećih magistralnih i regionalnih puteva. Cilj izrade tih projekata je da se dobiju neophodni tehničko-eksploatacioni ali i ekonomski pokazatelji potrebni za dalje tehničke i ekonomske analize (tj. vrednovanje) putnog saobraćajnog sistema [2].

Sa tako definiranim promjenama na putnoj mreži izvršeno je posebno modeliranje inovirane mreže za potrebe aplikacije softvera TRANPLAN. Bitno je istaknuti da je vršena simulacija perspektivnog saobraćaja na inoviranoj mreži puteva u različitim vremenskim presjecima, čime se dobio set pokazatelja o efikasnosti i efektivnosti inovirane mreže

4. TEHNIČKO-EKONOMSKO VREDNOVANJE SISTEMA

4.1. Korištenje softvera HDM (Highway Design and Maintenance Software)

Softver HDM je prisutan više od dvadeset godina u oblasti tehničko-ekonomskog vrednovanja putnih projekata. Bitne funkcije tog softvera usmjerene su na kompleksnu analizu putnog saobraćajnog sistema u kome se ravnopravno tretiraju različiti aspekti utjecaja na sistem (geografski, klimatski, hidrogeološki, socioekonomski) ali i sami dijelovi sistema: mobilna sredstva (statističke i eksploatacione karakteristike voznog parka / flote) odlike saobraćaja (intenzitet saobraćajnog opterećenja / PGDS, generisani i inducirani saobraćaj) stanje kolovoza (hrapavost / IRI indeks, stanje i razvoj prslina) i organizacija i primijenjenje tehnike održavanja i obnove kolovoza (osnovno / redovno

održavanje i druge strategije: rehabilitacija, rekonstrukcija i novogradnja), da bi sve to rezultiralo iskazom troškova i koristi putnog saobraćajnog sistema [2].

U datom slučaju sprovedena analiza ima jednu specifičnost: primijenjena je na relevantnu mrežu puteva u okviru regije, sa različitim scenarijima intervencija na mreži:

- scenario 0 je bazni i on ne predviđa bilo kakve građevinske intervencije na mreži osim redovnog održavanja puteva (tj. koristi se postojeća mreža puteva za izvršenje funkcije putnog sistema)
- scenario 1 predviđa radikalne građevinske intervencije: izgradnju visokovrijednih puteva (autoputa i super puta) u prvoj etapi planskog perioda (2005.-2010. godine)
- scenario 2 predviđa umjerene građevinske intervencije – uglavnom rekonstrukcije postojećih magistralnih i regionalnih puteva sa ciljem poboljšanja njihovog nivoa usluge tokom druge etape planskog perioda (2010.-2015. godine)
- scenario 3 je racionalna kombinacija scenarija 1 i 2, a predviđa izgradnju dionica autoputa i super puta u kombinaciji sa rekonstrukcijom najznačajnijih magistralnih i regionalnih puteva tokom prve i druge etape planskog perioda.

4.2. Rezultati vrednovanja putnog sistema regije

Glavni cilj vrednovanja jeste zapravo poređenje alternativa odnosno predviđenih scenarija budućeg razvoja putne mreže s ciljem utvrđivanja komparativnih prednosti.

U nastavku se daju osnovni pokazatelji efekata putnog saobraćajnog sistema po alternativama:

- Bazna alternativa (scenarij 0) funkcionisanja putnog saobraćajnog sistema u regiji daje ukupni ekonomski efekat (trošak) 2,8 milijardi EUR.
- Alternativa 1 ima odgovarajući troškovni efekat od 4,8 milijardi EUR
- Alternativa 2 ima svoj troškovni efekat od 4,85 milijardi EUR
- Alternativa 3 ima ukupni ekonomski efekat (trošak) 3,8 milijardi EUR

Iz datih podataka je očigledna prednost alternative 3 razvoja putnog saobraćajnog sistema jer je njen ekonomski trošak najmanji u odnosu na ostale razvojne alternative, a sa druge strane donosi najprihvatljivija tehnička i eksploatacijska unapređenja mreže puteva.

Softver HDM omogućuje i međusobno poređenje alternativa razvoja, kako po pojedinim putnim pravcima iz seta odabrane (relevantne) mreže puteva, tako i u ukupnom zbiru. – pri čemu se daje ocjena ekonomske efikasnosti sistema preko stope interne rentabilnosti (IRR). Upoređenjem razvojnih alternativa (1, 2 i 3) sa baznom (alternativa 0) dobiveni su slijedeći pokazatelji isplativosti:

ALT 1 prema ALT 0IRR=-15,5%

ALT 2 prema ALT 0IRR= matematički neodređeno rješenje

ALT 3 prema ALT 0IRR= različite negativne vrijednosti

a kao poseban slučaj je razmotren međusobni odnos dvije razvojne alternative:

ALT 1 prema ALT 3IRR=-9,7%

Iz datih vrijednosti IRR je očigledno da alternativne razvoja putnog saobraćajnog sistema u posmatranoj regiji ne mogu osigurati profitabilnost (ukupnu društvenu korist), ali je indikativno da nisu pretjerano neracionalne. S druge strane, ako se pođe od

pretpostavke da je modernizacija puteva i podizanje nivou usluge putnog saobraćajnog sistema preduslov za opšti društvenoekonomsni razvoj, onda se može razmišljati o prihvatanju neke od razvojnih alternativa. Za te svrhe je zgodno iskazati specifični trošak sistema po kilometru angažovane mreže u cijelom planskom periodu, gdje situacija izgleda ovako:

- alternativa 1: 14,0 miliona EUR/km
- alternativa 2: 18,9 milona EUR/km
- alternativa 3: 11,2 miliona EUR/km

4.3. Rangiranje prioriteta građevinskih intervencija

Iz provedenih ekonomskih analiza softverom HDM dobiveni su egzaktni pokazatelji koji sugerišu da za razvoj putnog saobraćajnog sistema u posmatranoj regiji treba uzeti alternativu 3, odnosno razvojna strategija sa kombinacijom novogradnje kvalitetnih visokovrijednih puteva i rekonstrukcije postojećih puteva. Kako se ovdje radi o veoma obimnim građevinskim zahvatima, predviđen je sljedeći prioritet izgradnje:

1. faza (2005.-2010.) izgradnja dionica autoputa Livno – G.P. Kamensko – Sinj (dužine 57km) i izgradnja super puta Bugojno – Kupres – Livno (dužine 75,93km) sa tzv. «pola profila». Ukupna investiciona suma iznosi oko 395 miliona EUR. (u prosjeku 79 miliona EUR godišnje)
2. faza (2010.-2015.) izgradnja dionice autoputa Mlinište – Glamoč – Livno (dužine 57km) i rekonstrukcija najznačajnijih magistralnih puteva: Livno – Bos. Grahovo – Drvar (100,84km), Livno – Tomislavgrad (36,38km), Šuica Tomislavgrad – Posušje (49,13km), te regionalnih puteva: Drvar – Rore – Glamoč (47,88km) i Tomislavgrad Blidinje (26,17km). Ukupna investiciona suma je oko 355 miliona EUR.(prosječno 71 milion EUR godišnje).

5. ZAKLJUČAK

Ovakav integralni pristup planiranju i vrednovanju putnog saobraćajnog sistema u regionalnim okvirima predstavlja kvalitativni iskorak u oblasti upravljanja putevima. On osigurava međudjelovanje i harmonizaciju svih dijelova sistema i omogućuje uticaj svih relevantnih faktora na taj sistem, čime se dobiva realna slika efekata funkcionisanja sistema i tako olakšava posao donosiocima odluka. Bitan preduslov je da se stvori klima saradnje i povjerenja svih sudionika putnog saobraćajnog sistema a koordinaciju svih aktivnosti treba da vodi odgovarajući državni organ (direkcija, agencija, korporacija).

6. LITERATURA

1. Bublin, M., Mazić, B., Mulavdić, E., «Prometna studija Hercegbosanske županije» TZI Engineering i Institut za saobraćajnice Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo, 2006.
2. Mazić, B., : "Alati za ekonomsko vrednovanje u niskogradnji", Univerzitetsko izdanje, Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet, Sarajevo, 2006.
3. Jovanović, N., «Planiranje saobraćaja», Saobraćajni fakultetu Beogradu, Beograd, 1999.
4. Wright, P. H, Dixon, K. K., «Highway Engineering», 7th Ed., Wiley, New Jersey, 2003.

Branko Vučković¹

KARAKTERISTIKE SAMOZBIJAJUĆIH BETONA

Rezime: Samozbijajući beton predstavlja najveći napredak u tehnologiji betona u poslednjih petnaest godina. Za ugradnju i kompaktiranje ne zahteva vibriranje, teče samo pod uticajem sopstvene težine i u potpunosti ispunjava oplatu dostižući punu zbijenost i kod gusto armiranih preseka. To zahteva, u poređenju sa tradicionalnim vibriranim betonom, unapredene mešavine, mnogo pažljiviju potvrdu kvaliteta sa više ispitivanja i provere, posebno na početku njegove upotrebe. Samozbijajući beton mora da ima veliku sposobnost ispunjavanja, visoku otpornost na segregaciju tokom i nakon ugradnje. Da bi ispunio ove zahteve samozbijajući beton ima veliku zapreminu cementne paste, veliku količinu sitnih čestica manjih od 80µm i malu količinu krupnog agregata. Pored ovoga upotreba aditiva superplastifikatora je obavezna dok je moguća i upotreba nove vrste aditiva, modifikatora viskoziteta (VMA – viscosity modified agents). Karakteristike betona u svežem stanju ne utiču značajno na karakteristike očvrslog betona. Očvrsli beton je gust i homogen sa uniformnim karakteristikama u ukupnoj masi, čvrstoće na pritisak posle 28 dana 25-60 MPa sa normalnim skupljanjem i prslinama. Takođe i druge karakteristike samozbijajućih betona su uporedive sa tradicionalnim vibriranim betonom, ali u mnogome zavise od sastava, pre svega vrste i količine upotrebljenog filera i aditiva. Njegova upotreba vodi industrijalizaciji proizvodnje, smanjivanju troškova na ugradnji betona i poboljšanju kvaliteta, trajnosti i pouzdanosti betonskih konstrukcija. Atraktivne karakteristike samozbijajućih betona kako u svežem tako i u očvrsлом stanju opravdavaju težnju da, i pored mnogobrojnih prepreka, samozbijajući beton postane standardni, a ne specijalni beton.

Ključne reči: samozbijajući beton, tradicionalni vibrirani beton, segregacija, viskozitet, supeplastifikator, fine čestice, čvrstoća na pritisak, prslina, skupljanje, trajnost, očvrsli beton.

SELF-COMPACTING CONCRETE PROPERTIES

Summary: Self-compacting concrete (SCC) represent one of the most outstanding advances in concrete technology during last 15 years. SCC does not require vibration for placing and compaction, flow under self-weight, completely filling formwork and achieving full compaction, even in the presence of congested reinforcement. SCC need more advanced mix design than traditional vibrated concrete and more careful quality assurance with more testing and checking, at least in the beginning, when using SCC. SCC require great filling ability and high segregation resistance during and after placing. These properties require high cement paste content, high content of ultrafine materials finer than 80µm and lower coarse aggregate content. Usage of admixtures, superplasticizer is necessary. Properties of fresh concrete have influence on properties of hardened concrete. Hardened concrete is dense, homogen, with uniform properties, compressive strength after 28 days 25-60 MPa. Also, other SCC properties is comparable with properties of traditional vibrated concrete, highly dependent on used filler and admixture. Usage of SCC lead industrialization of production, decrease costs of placing concrete and increasing quality, durability and reliability of concrete structure. SCC attractive properties, in fresh as in hardened state, besides many obstacles, justify striving SCC become standard not special concrete.

Key words: self-compacting concrete, traditional vibrated concrete, segregation, viscosity, superplasticizer, fine materials, compressive strength, creep, shrinkage, durability, hardened concrete.

¹ Dipl.inž.građ., Lafarge Beočinska fabrika cementa a.d., Trg BFC 1, 21300 Beočin, Republika Srbija, branko.vuckovic@bfc.lafarge.com, fax: +381 21 87 12 77

1. UVOD

Samozbijajući beton (SCC – self compacting concrete) je nov građevinski materijal, koji zbog svojih izvanrednih karakteristika nudi brojne prednosti u procesu izvođenja konstrukcije. Prilikom zbijanja (kompaktiranja) SCC nije potrebno vibrirati, teče samo pod uticajem sopstvene težine, u potpunosti ispunjavajući oplatu, dostižući punu zbijenost i kod gusto armiranih i razuđenih preseka. Eliminisanje potrebe za vibriranjem zahteva vrlo visoku otpornost na raslojavanje (sagregaciju) [7] pre i nakon ugradnje. Fluidnost i otpornost na segregaciju obezbeđuju visok nivo homogenosti, uniformnu čvrstoću i trajnost betona. Ove karakteristike zahtevaju unapređenu mešavinu i pažljivu kontrolu svih komponentnih materijala i betona, sa više ispitivanja i proveru, posebno na početku upotrebe SCC.

U pogledu sastava, komponenti materijali koji se koriste za dobijanje samozbijajućih betona su isti kao i materijali za dobijanje petokomponentnih tradicionalnih vibriranih betona, a to su cement, agregat, voda, dodaci i aditivi. Obezbeđenje zahtevanih karakteristika svežeg betona zahteva veću količinu finih čestica manjih od 80 μ m (cement i dodaci) i upotrebu aditiva, pre svega efektivnih superplastifikatora. Kao dodaci, punioci koriste se leteći pepeo, krečnjak, granulisana zgura visokih peći, silikatna prašina i kameno brašno. Superplastifikatori, često u kombinaciji sa modifikatorom viskoziteta redukuju granicu tečenja i poboljšavaju ugradljivost [7] dok sitne čestice služe kao „mazivo“ za krupan agregat. Najveće zrno agregata najčešće ne prelazi 20-25mm, premda ima primera primene agregata do 40mm [5]. U zavisnosti od upotrebljenih materijala postoje tri načina postizanja zahtevanih karaktersitika svežeg betona, upotrebom modifikatora viskoziteta, upotrebom sitnih čestica i njihovom kombinacijom [4].

Razlike u karakteristikama svežeg betona rezultuju poboljšanom strukturom samozbijajućih betona u poređenju sa tradicionalnim što utiče na razlike u karakteristikama očvrstlog betona. Bolja mikrostruktura i homogenost samozbijajućih betona bitno smanjuje praznine u tranzitnoj zoni između cementne paste i agregata i utiče na ravnomerniju distribuciju pora. Velika količina finih čestica, upotreba superplastifikatora i, ako je neophodno, modifikatora viskoziteta, karakteriše specijalan sastav samozbijajućih betona [6].

2. KARAKTERISTIKE SAMOZBIJAJUĆIH BETONA

2.1. Karakteristike samozbijajućih betona u svežem stanju

U slučaju samozbijajućih betona, karakteristike u svežem stanju prevazilaze granice i klase date u standardu (BAB 87 i EN 206). Nijedna metoda ispitivanja po standardu EN12350 „Ispitivanje svežeg betona“ nije pogodna za ocenu ključnih karakteristika svežeg SCC. Zbog nepostojanja standarda istraživači su morali da razviju posebne metode ispitivanja kojima bi odredili karakteristike samozbijajućih betona. Ključne karakteristike SCC u svežem stanju, sposobnost ispunjavanja i stabilnost mešavine su definisane sa četiri ključne karakteristike, koje se mogu odrediti sa jednom ili više metoda ispitivanja. Tako se tečljivost određuje slump-flow testom (slika 1), viskoznost T_{500} slump-flow testom ili V-funnel testom, sposobnost prolaska L-box testom (slika 2) i segregacija testom otpornosti na segregaciju [1].

Specijalne karakteristike koje samozbijajući beton u svežem stanju treba da zadovolji zavise od primene koja je određena:

- geometrijom elementa (vrste i količine armature i poprečnog preseka) i
- načinom ugradnje (pumpom, direktno iz miksera).

2.2.1. Slump-flow test

Slump-flow testom se određuje tečljivost mešavine. To je najrasprostranjeniji metod određivanja karakteristika svežih SCC mešavina, koristi se za sve mešavine i predstavlja osnovnu proveru da li konzistencija odgovara zahtevima. Vizuelno posmatranje tokom ispitivanja i/ili merenje T_{500} vremena može dati dodatne informacije o otpornosti na segregaciju. Na osnovu slump-flow vrednosti SCC možemo podeliti u tri klase (SF1, SF2 i SF3) kojima odgovara sledeća primena.

SF1, slump-flow 550-650mm, za nearmirane i slaboarmirane preseke kao i vertikalne elementa malog preseka bez horizontalnog tečenja (pr. šipovi, duboki temelji).

SF2, slump-flow 660-750mm, za uobičajene elemente (zidovi, stubovi).

SF3, slump-flow 760-850mm, spravlja se sa maksimalnim zrnom agregata od 16mm. Koristi se za vertikalne elemente sa gustom armaturom, elemente razuđenih poprečnih preseka ili za ugradnju sa dna oplata. U poređenju sa SF2, SF3 obezbeđuje kvalitetniju površinu betona za uobičajene vertikalne elemente ali je otpornost na segregaciju teže kontrolisati.

Veća slump-flow vrednost od 850mm može se dostići u nekim specijalnim slučajevima ali se tada mora voditi računa u pogledu otpornosti na segregaciju i maksimalno zrno agregata ne može biti veće od 12mm.



Slika 1. Slump-flow test

2.1.1. Viskoznost

Viskoznost se može oceniti merenjem T_{500} vreme tokom slump-flow testa ili određivanjem V-funnel vremena. Vrednost dobijena merenjem određuje viskoznost opisujući stepen tečenja. Beton male viskoznosti imaće veoma brzo inicijalno tečenje a zatim će stati, dok betoni visoke viskoznosti mogu da nastave da teku i završetka merenja. Viskoznost samozbijajućih betona se zahteva samo u specijalnim slučajevima,

ali njena vrednost je veoma značajna u procesu projektovanja mešavine. Na osnovu izmerenih vrednosti razlikujemo dve klase samozbijajućih betona, VS1/VF1 i VS2/VF2.

VS1/VF1, manje ili jednako 2/8s, daje dobru sposobnost ispunjavanja i kod gusto armiranih preseka. Ovakav beton sposoban je da obezbedi samo nivelisanje i zasigurno daje najkvalitetniju završnu površinu. Kod ovih betona postoji opasnost od pojave segregacije i izdvajanje vode (bleeding).

VS2/VF2, veće od 2/9-25s, povećanjem vremena tečenja do izražaja dolaze tiksotropne karakteristike mešavine što ograničava pritisak na oplatu i poboljšava otpornost na segregaciju. Negativan efekat može se pokazati u pogledu kvaliteta završne obrade ili nedovoljne tečljivosti.

2.2.3. Sposobnost prolaska

Sposobnost prolaska opisuje kapacitet sveže betonske mešavine da teče kroz ograničene prostore i uske prolaze bez segregacije, gubitka uniformnosti ili pojave blokiranja, kao što su gusto armirani preseći. Kod određivanja sposobnosti prolaska neophodno je voditi računa o geometriji i gustini armature, sposobnosti tečenja/ispunjavanja i maksimalnom zrnju agregata.

Sposobnosti prolaska se određuje na osnovu najmanjeg otvor kroz koji beton mora kontinuirano da teče da bi ispunio oplatu. Uglavnom, ali ne uvek, taj otvor predstavlja razmak između šipki armature. U zavisnosti od veličine otvora razlikujemo dve klase sposobnosti prolaska PA1 i PA2.

PA1, $\geq 80s$ sa dve šipke, konstrukcije sa najmanjim otvorom 80-100mm (slabije armirani preseći)

PA2, $\geq 80s$ sa tri šipke, konstrukcije sa najmanjim otvorom 60-80mm (uglavnom inženjerski objekti).

Za tanke ploče gde su otvori veći od 80mm i ostale konstrukcije gde su otvori veći od 100 mm ne zahteva se određivanje sposobnosti prolaska. Za kompleksne konstrukcije gde je otvor manji od 60mm, neophodno je prethodno napraviti model.



Slika 2. Sposobnost prolaska, L-box test

2.2.4. Otpornost na segregaciju

Otpornost na segregaciju je osnovna karakteristika koja utiče na kvalitet i homogenost samozbijajućeg betona. Do segregacije može da dođe tokom i nakon ugradnje, a pre početka vezivanja (zgušnjavanja) betona. Segregacija koja nastaje nakon ugradnje karakteristična je za visoke elemente, ali takođe može da se javi kod tankih ploča gde dovede do defekata na površini kao što su prsline.

Otpornost na segregaciju postaje važan parametar kod visokih slump-flow klasa i/ili nižih klasa viskoznosti, takođe i kada način ugradnje utiče na pojavu segregacije. Možemo je podeliti u dve klase SR1 i SR2.

SR1, $\leq 20\%$, je primenljiva za tanke ploče kao i za vertikalne elemente, kada beton teče manje od 5m i kada je najmanji otvor kroz koji beton mora da teče veći od 80mm.

SR2, $\leq 15\%$ se preporučuje za vertikalne elementa kada je dužina tečenja veća od 5m sa najmanim otvorom većim od 80mm. Takođe, može se koristiti za visoke vertikalne elemente sa najmanjim otvorom manjim od 80mm ako je dužina tečenja manja od 5m. Ako je dužina tečenja veća od 5m preporučuje se vrednost otpornosti na segregaciju (SR) manja od 10%. Klasa otpornosti na segregacije SR2 ili određena vrednost može biti zadata ako je kvalitet i čvrstoća završne površine betona posebno kritična.

2.3. Karakteristike samozbijajućih betona u očvrsлом stanju

Pri projektovanju konstrukcije, inženjeri konstrukteri određuju brojne karakteristike betona, koje nisu vezane za njegovu specifikaciju. Najrelevantnije su: čvrstoća na pritisak, čvrstoća na zatezanje, modul elastičnosti, prsline, skupljanje, veza sa armaturom i dr.

2.3.1. Razvoj čvrstoće betona kroz vreme

Čvrstoća na pritisak je najvažnija karakteristika očvrslog betona, na osnovu koje se vrši osnovna klasifikacija betona. Iz tog razloga od velikog je interesa videti kako razlike u sastavu i mikrostrukturi utiču na razvoj čvrstoća na pritisak.

Posle 28 dana dostignuta čvrstoća na pritisak samozbijajućih i tradicionalnih vibriranih betona, sličnog sastava, se ne razlikuje značajno, u većini publikovanih rezultata ispitivanja [3]. Ipak, ima ispitivanja koja pokazuju da se za istu vrednost vodocementnog faktora kod samozbijajućih betona dobijaju nešto veće čvrstoće na pritisak zbog poboljšane veze između agregata i očvrsle paste.

Poređenje procesa očvršćavanja pokazuju približno jednak prirast čvrstoće samozbijajućih betona i tradicionalnih vibriranih betona. Povećanje količine cementa i u isto vreme smanjenje količine dodataka povećavaju početne i krajnje čvrstoće. Takođe, na prirast čvrstoće značajan uticaj ima vrsta upotrebljenog dodatka.

Interesantno je primetiti da uticaj veličine i oblika uzorka na čvrstoću na pritisak kod samozbijajućih betona je znatno manja u poređenju sa tradicionalnim vibriranim betonima. Odnos izmerene čvrstoće na pritisak na uzorcima kocke i valjka (f_b , kocka(150mm)/ f_b , valjak(150/300mm)) za tradicionalne betone iznosi oko 1,2 dok za SCC 1,0-1,1, što znači da je čvrstoća na pritisak manje određena vitkošću uzorka [3].

2.3.2. Čvrstoća na zatezanje

Svi parametri koji utiču na karakteristike mikrostrukture cemente paste i tranzitne zone između paste i agregata su od izuzetne važnosti na čvrstoću na zatezanje. Rezultati istraživanja su pokazali da samozbijajući betoni dostižu nešto veću čvrstoću na zatezanje u poređenju sa tradicionalnim betonima. Razlog za to je u boljoj mikrostrukтури, manjoj ukupnoj poroznosti, ravnomernijoj distribuciji pora u tranzitnoj zoni i gušćoj cementnoj pasti zbog većeg sadržaja sitnih čestica samozbijajućih betona. Prirast čvrstoće na zatezanje tradicionalnih betona i samozbijajućih betona su podjednaki.

2.3.3. Modul elastičnosti

Modul elastičnosti betona zavisi od modula elastičnosti komponentnih materijala i njihove zastupljenosti u zapremini betona. Modul elastičnosti betona se povećava sa povećanjem količine agregata velike krutosti, isto tako se smanjuje sa povećanjem količine očvršle cementne paste i povećanjem poroznosti. Na osnovu ovoga možemo očekivati relativno mali modul elastičnosti zbog velike količine sitnih čestica i zbog relativno male količine krupnog agregata. Ispitivanja su to i pokazala, modul elastičnosti samozbijajućih betona može biti i do 20% [4] manji u poređenju sa tradicionalnim betonom, iste čvrstoće na pritisak, spravljenim sa istim agregatom.

2.3.4. Prsline

Prsline predstavljaju postepeno povećanje deformacije kroz vreme za konstantno opterećenje, uzimajući u obzir i ostale vremenski zavisne deformacije, koje ne zavise od opterećenja, kao skupljanje, bubrenje i termalne deformacije.

Prsline u pritisnutoj zoni redukuju sile prednaprezanja kod prednapregnutih betonskih elemenata i utiču na sporiji prenos opterećenja sa betona na armaturu. U zategnutoj zoni, prsline delimično oslobađaju napone nastale zbog sprečavanja pomeranja usled skupljanja usled sušenja ili termalnih efekata.

Prsline nastaju u cementnoj pasti i zavise od poroznosti na koju direktno utiče vodocementni faktor. Tokom hidratacije poroznost cementne paste se smanjuje, tako sa povećanjem čvrstoće prsline se smanjuju. Cement koji brže hidratise imaće veću čvrstoću u trenutku opterećenja, manji odnos napon/čvrstoća i manje prsline [2]. Kako agregat zadržava širenje prsline cementne paste, na veličinu prsline utiče količina i modul elastičnosti agregata.

2.3.5. Skupljanje

Skupljanje je zbir autogenog i skupljanja usled sušenja. Autogeno skupljanje nastaje tokom procesa vezivanja i očvršćavanja cementne paste i uzrokovano je unutrašnjim trošenjem vode tokom procesa hidratacije. Zapremina proizvoda hidratacije je manja od početne zapremine nehidratisanog cementa i vode i to smanjenje zapremine stvara napone zatezanja koji rezultuju autogenim skupljanjem.

Skupljanje usled sušenja nastaje isparavanjem vode iz betona. Taj gubitak vode je uglavnom iz cementne paste. Skupljanje usled sušenja je relativno sporo i naponi koji nastaju se delimično uravnotežuju prslinama u zategnutoj zoni.

Agregat sprečava skupljanje cementne paste, tako da veća zapremina i modul elastičnosti agregata daju manje skupljanje. Smanjenjem najvećeg zrna agregata povećava se zapremina cementne paste što povećava skupljanje usled sušenja.

Ispitivanjem različitih vrsta samozbijajućih betona i odgovarajućih tradicionalnih vibriranih betona može se zaključiti:

- deformacije usled skupljanja su veće kod samozbijajućih betona,
- deformacije usled prsline mogu biti manje nego kod tradicionalnih betona i
- ukupna vrednost vremenski zavisnih deformacija (skupljanje i prsline) je skoro ista [2].

Na vremenski zavisne deformacije samozbijajućih betona može se uticati prilikom projektovanja mešavine. Na deformacije skupljanja veliki uticaj ima agregat, posebno odnos sitnog i krupnog agregata kao i finoća i količina sitnih čestica. Upotreba sitnih čestica finoće veće od finoće cementa imaće pozitivan uticaj na veličinu skupljanja. Značajno je primetiti nagli rast deformacija mladih samozbijajućih betona, starosti do 28 dana, koje se smanjuju sa starenjem betona. S'toga posebnu pažnju treba obratiti na skupljanje u ranom stadijumu koje je znatno više izraženo u poređenju sa tradicionalnim vibriranim betonima što je uzrokovano povećanim sadržajem sitnih čestica. Ipak, ove deformacije se mogu ograničiti pravilnim i pravovremenim negovanjem [2].

2.3.6. Veza sa armaturom

Armirano betonske konstrukcije se baziraju na efektivnoj vezi između betona i armature. Ta veza bi trebala da bude dovoljno čvrsta da spreči otkaz konstrukcije. Na efikasnost veze utiče položaj armature i kvalitet ugradnje betona. Adekvatna veličina zaštitnog sloja je neophodna u cilju pravilnog prenosa napona veze između betona i armature.

Loša veza nastaje kao rezultat nemogućnosti betona da u potpunosti obavije šipke armature tokom ugradnje ili pojavom izdvajanja vode ili segregacije betona pre očvršćavanja što utiče na kvalitet kontakta betona i armature. Fluidnost i kohezivnost samozbijajućih betona minimizira pojavu ovih efekata koji su naročito izraženi kod dubokih preseka [3].

3. ZAKLJUČAK

Zbog svojih posebnih karakteristika, SCC može doprineti značajnom poboljšanju kvaliteta betonskih konstrukcija i otvoriti novo polje u primeni betona. Njegova upotreba vodi industrijalizaciji proizvodnje, smanjivanju troškova na ugradnji betona i poboljšava kvalitet, trajnost i pouzdanost betonskih konstrukcija.

Bez obzira na izvanredne karakteristike samozbijajućih betona, pre svega u svežem stanju postoji mnogo prepreka za njegovu upotrebu. Pre svega iz tehničkih razloga kao što je nepostojanje standarda za karakteristike SCC u svežem stanju i ne postojanja standardizovanih metoda za određivanje tih karakteristika. Pored toga, tu je veći broj karakteristika koje sveža betonska mešavina mora da zadovolji što rezultuje povećanom kontrolom betonske mešavine na gredilištu, prilikom prijemu betona. Takođe, značajnu prepreku predstavlja i povećana cena betonske mešavine u poređenju sa cenom tradicionalnih vibriranih betona. I pored toga, količina u svetu proizvedenog samozbijajućeg betona svake godine je sve veća, a posebno je vredno istaći da i domaće kompanije pokazuju interes za proizvodnju i upotrebu ovakvih naprednih betonskih mešavina.

4. LITERATURA

1. Bartos PJM: „Measurement of Key Properties of Fresh Self-Compacting Concrete“, Paris, 2000.
2. Brooks J: „Elasticity, shrinkage, creep and thermal movement“, Advanced Concrete Technology – Concrete properties, Edited by John Newman and Ban Sheng Choo, ISBN 0 7506 5104 0, 2003.
3. König G, Holschemasher K, Dehn F, Weiße D: „Self-Compacting Concrete-Time Development of Material Properties and Bond Behaviour“, Proceedings of the Second International Symposium on Self-Compacting Concrete, Tokyo, 2001., pp.507-516.
4. Okamura H, Ozawa K: „Self-compactable high performance concrete“, International Workshop on High Performance Concrete, American Concrete Institute, Detroit, 1994., pp.31-44.
5. Ouchi M: „Self-Compacting Concrete-Development, Application and Investigation“, Kochi University of Technology, Japan, 1998.
6. Skarendahl A, Peterson Ö: „Self-Compacting Concrete“, State-of-the-Art report of RILEM Technical Committee 174, RILEM-Report No.23, Cachan Cedex/France, 2000.
7. Živković S: „Samougradljivi betoni trajnije armiranobetonske konstrukcije“, Materijali i konstrukcije 3-4, Srbija i Crna Gora, 2003., str.14-23.

Bratislav Ilić¹

Miodrag Nestorović²

POJAM PROCESORA U INŽENJERSKOM PROJEKTOVANJU

Rezime: Težište ovog rada je na definisanju procedure ili procesora- naučno izvedenog koda u procesu projektovanja. Na trenutak ćemo pokušati da zaboravimo znanja o arhitekturi, impresije o umetnosti, i potražiti matematički ili drugi racionalni model za rešenje problema. Procesor je nedokučiv za arhitekte isto kao i za građevinske inženjere i umetnike, a predstavlja model pristupa koji određuje proces u projektovanju- najbližu sponu ova tri sagledavanja arhitekture. Suština je da arhitekt mora biti podvojena ličnost, jer jedino tako može stvoriti izuzetno delo. Svojim unutrašnjim konfliktima, biće žrtva sopstvenih sveobuhvatnih saznanja, ali transponovanjem opservacija će doprineti zadržavanju osnovnih ideja, bez obzira na polazište. Njegova mudrost i veličina ogleda se u spremnosti na promenu pristupa u zavisnosti od trenutka i fenomenologije problema, tj. svih parametara koji utiču na isti. U svom kreativnom procesu on stvara arhetipove, procesore- racionalno ili intuitivno, koji određuju tok misli i projektovanja.

Ključne reči: arhitekt- inženjer, proces, procesor, predprocesor, postprocesor, teorijski procesor, mogući procesor

THE NOTION OF PROCESSOR IN ENGINEERING DESIGN

Summary: The focus of this research is to define the procedure or processor ie. the scientific code in the design process. In this case the impressions about art and the cognitions about architecture are in the background, whilst the essence lies in the research of a mathematic or other rational model with regards to the design method. The processor is inscrutable for architects, civil engineers and artists, although it orders the design process as a conjunction of all premises in architecture. An architect should have the understanding of all three premises in order to create remarkable architecture. The architect will transfer his own cognitions and observation and, within the structure of his inherent conflict, he will retain the basic ideas, whilst ignoring his initial premiss. His wisdom is reflected in his ability to alter the initial premiss whilst considering all aspects of the problem. In his creative process he creates archetypes, processors- intuitive or rational, which determine the flux of ideas and the subsequent design process.

Key words: architect-engineer, process, processor, prior-processor, post- processor, theoretical processor, prospective processor

¹asistent- pripravnik, dipl. inž. arh., Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, bulevar kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd

²redovni profesor, Dr, dipl.inž. arh., Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, bulevar kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd

1. UVOD

Svaki arhitekt ima slobodu da pristupi različito projektovanju, pa odmah treba razgraničiti da jedan autor ne podrazumeva nužno i jedan pristup. Teorijski procesor zaokružuje kriterijume koji utiču na proces. On je sistematizovan rezultat predprocesora.

Ovo istraživanje podrazumeva studiju slučaja jednog inženjera- arhitekta primenom teorijskog procesora, koja se produbljuje suženim obimom mogućih procesora (procedura) koje proizilaze iz polazne hipoteze. Karakteristike datog pristupa se prepoznaju kroz celokupni opus na osnovu kriterijuma. Njima se označuju i prikazuju suštinski delovi što ima za cilj dijagnosticiranje reprezentativnog uzorka.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

definisanje spone kreativnog procesa i teorijsko naučnog pristupa projektovanju
definisanje hijerarhijskog niza po kome naučni pristup utiče na sam proces
ispitivanje diskursa kojim se ovakva komunikacija uspostavlja

2.1. Ključne reči

Arhitekt- inženjer- arhitekt koji posmatra proces projektovanja iz konstruktorskog aspekta. Ovo podrazumeva težište projektovanja na konstruktivnom konceptu, statičko dinamičkoj analizi i tehnologiji, koje podsvesno proizilazi iz ličnih afiniteta, obrazovanja i prakse.

Proces (lat. processus)- tok, put i način kojim nešto postaje ili biva; razvitak, postupak.

Procesor- onaj koji sprovodi, vodi proces, procedura; model ili modul; Naučno izveden kod po kome inženjer projektuje. (izveden od reči proces, ima uži smisao).

Predprocesor- ulazni podaci i osnova koju obuhvataju empirijska i intuitivna saznanja u uspostavljanju teorijskog procesora.

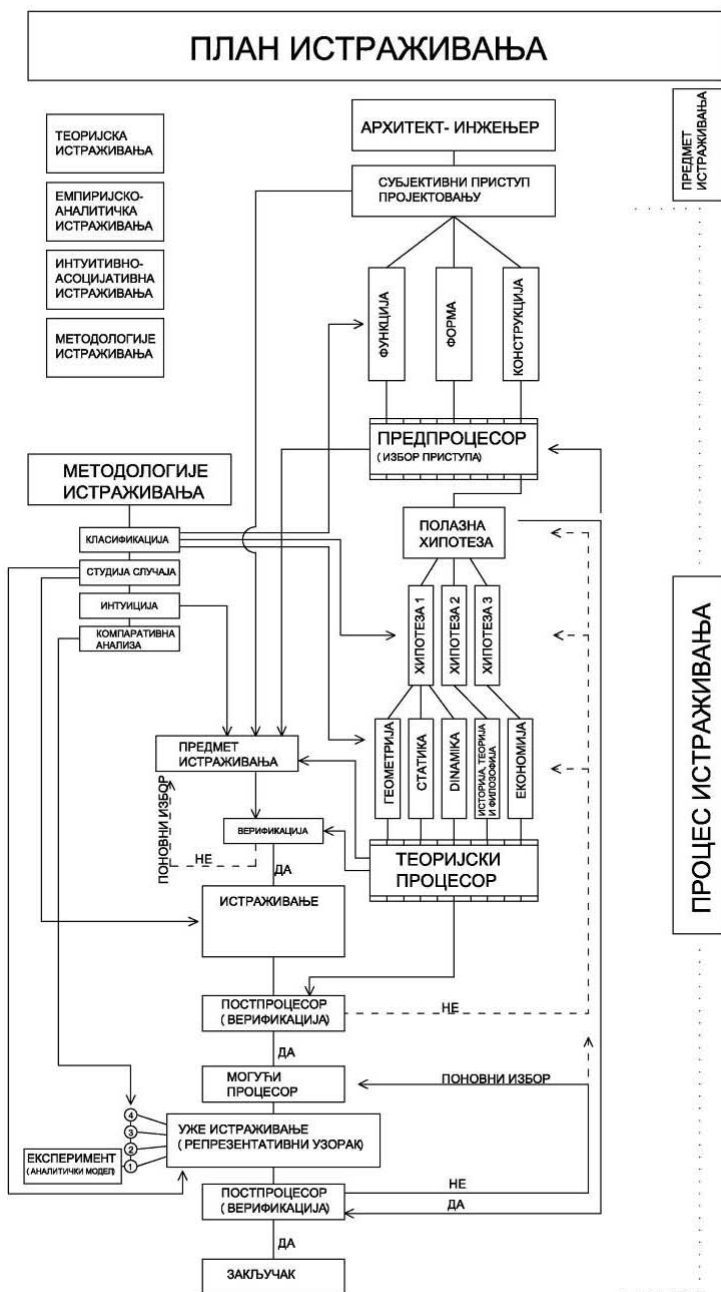
Postprocesor- izlazni podaci, verifikacija ili optimizacija istraživanja (promena hipoteza, toka, predmeta ili procesora)

Teorijski procesor- procesor apriori, još neprimenjen i neproveren u praksi.

Mogući procesor- empirijski procesor, procedura primenjena i proverena u praksi

2.2. Predmet istraživanja

Opšti deo istraživanja je usmeren na proučavanje "praznine", tj. na približavanje suprotstavljenih nukleusa- pristupa projektovanja. Predmet istraživanja je hijerarhijski niz: arhitekt- inženjer, njegov pristup projektovanju, sam proces i na kraju modul, tj. procesor ili procedura proizašla iz toga. Uži deo istraživanja reprezentativnog uzorka se zadržava na egzaktnom inženjerskom procesoru. Videti u prilogu (slika1).



Slika 1. Plan istraživanja

3. PREDPROCESOR

U ovom koraku dobru bazu pronalazimo u komparativnoj analizi Toma Petersa¹ i u dva različita teorijska polazišta, Nervija i de Klerka u istorijskom razvoju arhitekture. Peters pokušava da objasni proces projektovanja kroz "premošćenje praznine". Uspostavlja relaciju između arhitekta i inženjera. Tehnološka misao (technological thought) je bliska i umetniku i inženjeru. Ali je koriste sa različitim ciljem. Njegove zaključke pokušaćemo da sistematizujemo kroz uporedni prikaz koji sledi u tabeli.

ARHITEKT- umetnik	ARHITEKT- inženjer
Primaran im je vizuelni diskurs	Primarno razmišljaju matematičkim jezikom
Posmatraju i interesuju se za objekat.	Inženjeri su primarno orijentisani na proces.
Fascinacija je zadobijena završenom zgradom-a ne izvođenjem i njenim životnim tokom. Pod ovim okolnostima arhitektura se usavršava kroz teorijske koncepte projektovanja, ali ne i kroz metodologiju projektovanja.	Težište ne na konačnom stanju stvari, već na problemu KAKO? Težište je na procesu stvaranja. Inženjerska teorija služi proračunu. To je samo razvoj metoda.
Uključuju njihovu polarizaciju prema umetnosti.	Mešaju arhitekturu sa stratezijskim i naučnim razmišljanjem u službi njihovog orijentisanja samog procesa.
Empirijska misao funkcioniše asocijativno, kreirajući matrice misli bez hijerarhije.	Naučnu misao poznajemo iz obrazovanja.
Misao teče horizontalno.	Misao teče vertikalno.
Mnoge prednosti u projektovanju kroz horizontalnu organizaciju misli.	Sistematičnost i uređenost, ali i uslovljenost.
Asocijativni sistem u potpunoj zavisnosti od korisnika (ne znamo šta nam je tačno cilj)	Nezavistan naučni sistem u odnosu na korisnika (upotreba konstanti i činjenica)

Tabela 1. Uporedna analiza u pristupu projektovanju

Nervi 1963. definiše svoj rad kao manifestaciju "strukturne arhitekture"² koja se odražava kroz principe koji slede iz njegovog teksta:

¹ Tom F. Peters "Bridging The Gap: Points of contact between the architect and engineer". *Architronic*. 1992.

² Thomas Leslie. "Form as Diagram of Forces: The Equiangular Spiral in the Work of Pier Luigi Nervi". [*Journal of Architectural Education*](#). 2003. pp. 45-54

Strukturalna arhitektura mora dati- pružiti ubedljiv odgovor stvarnim i autentičnim statičkim nužnostima i biti određena njima.

Statička konstruktivna šema treba biti vidljiva i sveobuhvatna unutra i spolja u okviru objekta

Ona mora izraziti iskreno materijal kojim je struktura izvedena i proučiti tehnološke karakteristike samog materijala, izvore, puteve kao i detalje takve arhitekture.

Dve ideje iz prvobitnih projekata hangara produbljivaće se i u kasnijem delovanju Nervija- korišćenje prefabrikovanih greda i sandučastih tavaničnih konstrukcija gde je razvoj konstruktivne logike najizraženiji kroz geometriju izostatičkih uticaja. Treći dosledan element Nervijevog stvaranja je tehnološki izum, korišćenje fero- cementa (ferro- cement) kao oplata. Ako posmatramo delovanje ovog inženjera možemo utvrditi da njegova inspiracija dopire iz poznavanja geometrije prirode, teorijskih postavki statike i dinamike i empirijsko- tehnološkog saznanja.

De Klerk¹ u svom tekstu navodi sve ostale parametre, ali o konstrukciji ne govori kao gradiocu arhitekture. Bitno je napraviti komparaciju njegovih paradigmi sa Nervijem, u prilog tezi da imamo različite pristupe, čak ponekad jednostrane. Njegova načela su:

Arhitektura je javno pitanje. Ona ne treba biti napadna i agresivna. Arhitektura treba biti odgovarajuća građenoj sredini- kontekstu. Arhitektura treba poštovati našu biološku i racionalnu prirodu. Iz čega proizilazi:

potreba za trenutnim izrazom (common style)

potreba za izgledom, licem (facades).

Ova načela pre svega ističu asocijativnost u stvaranju, estetiku i u prvom planu čoveka, njegovu ličnost i volju, njegovu interpretaciju polazišta sa kog kreće i inženjer. Ali ovde se ne govori o metodu, aparatu, hijerarhiji. Ovde je izražen osećaj, intuitivnost.

Ovako sistematizovani stavovi formiraju osnovu za uspostavljanje pretpostavki.

4. HIPOTEZA

Iz ovakve osnove formiramo polaznu, opštu hipotezu o egzaktnom naučnom pristupu projektovanja inženjera u prvom planu, koristeći saznanja o drugim nukleusima. Prema tome, proces "popunjavanja praznine" je pre svega jednosmeran, podređen inženjerskom pristupu. Iz ovog pristupa proizilaze hipoteze:

Inspiracija inženjera- arhitekta proizilazi iz poštovanja osnovnih statičko- dinamičkih principa kretanja sila i geometrije.

Pristup projektovanju je naučni i sistematizuje pristup izveden iz teorije i istorije inženjerstva

Racionalnost konstrukcije je vodeći kriterijum u inženjerskom projektovanju

¹ Rafael De Clercq. "The Legitimacy of Modern Architecture" *The Philosophical Forum*. 2004. pp. 135-146.

4.1. Kriterijumi

Kriterijumi izvedeni iz postavljenih hipoteza su:
 Geometrija- izveden iz I hipoteze
 Statika - izveden iz I hipoteze
 Dinamika- izveden iz I hipoteze
 Teorija, istorija i filozofija- izveden iz II hipoteze
 Ekonomija- izveden iz III hipoteze

5. TEORIJSKI PROCESOR

Primenljivost istraživanja proverena je i verifikovana primenom teorijskog procesora- naučnog aparata izvedenog iz kriterijuma. Odabrana je ličnost koja na osnovu školovanja, svog trenutnog uticaja u arhitekturi i inženjerstvu, rasprostranjenosti opusa odgovara predmetu istraživanja, ličnost Santijaga Kalatrave- arhitekta, inženjera i umetnika. U sledećoj glavi je sprovedeno istraživanje njegovog opusa upotrebom teorijskog procesora.

6. STUDIJA SLUČAJA

Odabir studije slučaja inženjera izvršen je dvostepeno. Empirijski- intuitivno odabran je u kontekstu razvoja savremenih konstruktivnih sistema, vremena i prostorne rasprostranjenosti. Nakon toga izvršena je njegova verifikacija teorijskim procesorom. Iako čine najveći deo rada, empirijska istraživanja ovog slučaja nisu prikazana u okviru članka s obzirom na njihov obim. Njihov značaj za ovo istraživanje je u prepoznavanju jednog reprezentativnog uzorka.

6.1. Reprezentativni uzorak

Philip Jodidio navodi *ponovno otkrivanje mosta*¹. Njegovi mostovi predstavljaju najbolju laboratoriju, poligon za istraživanja. Shvativši da teorija estetike mostova ne postoji od završetka drugog svetskog rata, posvetio je tome posebnu pažnju. Uveo je veliki broj inovacija u poslednje tri decenije. Ono što je mnogima zajedničko je dekonstrukcija statičkog sistema. Ako se radi o gredi, nikako nije prosta i ravanska, ako se radi o luku nikako nije klasičan, ako se radi o pilonu nikako nije logičan. Poglavlje u kome istražujemo reprezentativni uzorak predstavlja logičan nastavak poglavlja o statici pa će u njemu biti više reči o ponašanju, statičkim sistemima, naponima i deformacijama.

Reprezentativni uzorak nije jedna struktura, nije jedan objekat, nije jedan konstruktivni sistem implementiran na više objekata. To je reprezentativni uzorak razmišljanja, koncept- procedura tj. mogući procesor. Struktura mosta sa zakošenim lukom je složena ali se može razložiti na podsisteme. Ako prepoznamo te podsisteme,

¹ Philip Jodidio: "Rediscovering the bridge". *Santiago Calatrava*. 2001. pp. 24-31

poznamo njihovo ponašanje i interaktivne veze onda lako možemo izvršiti analizu svakog složenog sklopa. To je ono što nam daje dokaz da u inženjerstvu ne mora da postoji samo naučni pristup, da je potpuno legitimno ostvariti arhitektonsko delo kroz ekspresivni, iracionalni izraz. Ali kroz projektovanje po ovom modelu, on ipak iskazuje poštovanje procedure i njeno unapređivanje i sazrevanje.

Kao u geometriji, i u statici je naprezanje element koji može biti složen, ali ga razlaganjem prepoznajemo kao pritisak i zatezanje. U geometriji stvaramo oblike od primitiva, u statici stvaramo konstruktivni sklop, ono što zovemo proces prenošenja opterećenja kombinujući osnovne modele, tj. principe, tj. statičke sisteme. Ali oni se ne moraju formirati redno, hijerarhijski kao što je to najčešći slučaj, već se mogu nizati višestruko, paralelno ili unakrsno kao što je to u ovom slučaju. U okviru istraživanja su detaljno obrađeni mostovi La Devesa Footbridge, Campo Volantin Footbridge, Puerto Bridge i Alameda Bridge kroz koje se sagledava razvoj ideje kroz jedan procesor.

U ovom radu se prvo prepoznaju osnovni statički modeli: prosta greda, luk, konzola, zatega. Statička analiza pokazuje na koji način ovi sistemi, iako pojedinačno nepovoljno postavljeni, u sintetizujućem dejstvu postaju jedna skladna celina, formirajući stabilnu strukturu. Može se zaključiti da sistem ravnoteže čini odgovor svakom pitanju o ovom konceptu. Konzola povoljno dejstvuje zahvaljujući kontrabalansu luka, kosi luk u fazi naprezanja od korisnog opterećenja prelazi u povoljniji položaj pomeranjem ka vertikalni. Klasični statički sistemi odaju utisak krutog tela, i apriori deluju nepomerljivo, dok ovaj reprezentativni procesor postavlja druge statičko- estetske kriterijume jer možemo zaključiti da se elegancija sistema sastoji u tome što odaje utisak mehanizma u ravnoteži.

7. ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da je procesor uvek prisutan. Procesor obezbeđuje proveru i verifikaciju u projektovanju. Ako nije teorijski postavljen, onda je empirijski pretpostavljen. Ne možemo ga definisati kao egzaktnog. Njegova promenljivost je najveći njegov kvalitet. Ako ga definišemo teorijski, smanjena je mogućnost greške u projektovanju.

Procesor ne može uvek potvrditi hipotezu, s obzirom da predstavlja kreativno istraživanje sa velikim brojem izlaza. Krajnji rezultat istraživanja je delimično potvrđena hipoteza da se iza naizgled intuitivnog kreativnog procesa nalazi naučni pristup inženjera. Možemo reći da je sistem mosta sa kosim lukom živopisni primer jer ostavlja utisak potpuno proizvoljnog artefakta zbog čega je i uzet u razmatranje. Potvrđena je i hipoteza da se proces zasniva na logičkim principima prenošenja opterećenja dok je teza o racionalnosti sklopa potpuno netačna podređivanjem "premošćavanju praznine" iz čega sledi i zaključak da opšta polazna hipoteza nije prihvatljiva u teorijskom smislu jer je uspostavljen dvosmeran odnos različitih pristupa projektovanju na ovom uzorku.

Iz ovih rezultata možemo izvesti smernice za dalja ili ponovna slična istraživanja da bi došli do pozitivnih rezultata- potvrde polazne pretpostavke koja nije nemoguća:

Preispitati predprocesor- s obzirom da je istraživanje pokazalo da savremeni arhitekt- inženjer podleže mnogo širem spektru kreativne misli u umetničkom pravcu. Tako treba tražiti sklad pre svega u teorijskom procesoru koji važi za određeni profil autora.

U slučaju zadržavanja predprocesora odabrati primeren predmet istraživanja homogene strukture, gde će rezultat istraživanja biti prihvatljiv kao ustanovljena procedura. To je pitanje doslednosti ideje u projektovanju, o kom smo govorili ranije u okviru studije slučaja, kada je zaključeno da je naš predmet istraživanja izrazito heterogene strukture.

8. LITERATURA

1. Calado J. Canongia L. "The building-up of phase diagrams". *Pure & Applied Chemistry*, Volume 71 Page 1183 - July 1999, Blackwell Synergy- Blackwell Publishing, Inc. <http://www.blackwell-synergy.com.nainfo.nbs.bg.ac.yu:2048> (pristup 04.04.2006.)
2. Calatrava S. "Zur Faltbarkeit von Fachwerken" Diss. Techn.Wiss. ETH Zürich, Nr. 6870, 1981. Ref.: Kramel, H. ; Korref.: Käser, R. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=diss&nr=6870> (pristup 08.04.2006)
3. Cross N. "Natural intelligence in design". *Design Studies, Volume 20, Issue 1* , January 1999, Pages 25-39. Elsevier Science Ltd.1998. <http://www.sciencedirect.com.nainfo.nbs.bg.ac.yu:2048/science?> (pristup 06.05.2006.)
4. De Clercq R. : " The Legitimacy of Modern Architecture" *The Philosophical Forum*. Volume 35, Issue 2, Page 135-146, Jun 2004. <http://www.blackwellsynergy.com.nainfo.nbs.bg.ac.yu:2048/doi/pdf/10.1111/j.0031-806X.2004.00166.x> (pristup 21.05.2006.)
5. Greenwold D. J. : " Dynamic analysis of Calatrava's la Devesa footbridge". Thesis (S.M.)-- Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, 1999. MIT <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/9711> (pristup 04.04.2006.)
6. Heylighen A. Bouwen J. Neuckermans H. : "Walking on a thin line—Between passive knowledge and active knowing of components and concepts in architectural design". *Design Studies, Volume 20, Issue 2* , March 1999, Pages 211-235. Elsevier Science Ltd.1999. <http://www.sciencedirect.com.nainfo.nbs.bg.ac.yu:2048/science?> (pristup 06.05.2006.)
7. Jodidio P. : "Rediscovering the bridge" *Santiago Calatrava*, Taschen GmbH. 2001.
8. Leslie T. "Form as Diagram of Forces: The Equiangular Spiral in the Work of Pier Luigi Nervi". *Journal of Architectural Education*, Volume 57, Number 2, 1 November 2003, pp. 45-54(10), MIT Press strana 49/1 <http://www.ingentaconnect.com/content/mitpress/jae/2003/00000057/00000002/art00009> (pristup 03.05.2006.)
9. Peters T. : "Bridging The Gap: Points of contact between the architect and engineer". *Architronic*.1992. <http://architronic.saed.kent.edu/v1n1/v1n1.09.html> (pristup 13.04.2006.)
10. Polano S.: *Santiago Calatrava, Complete Works*. Electa, Milan, Italy. 1996.
11. Tischhauser A.; von Moos S. : *CALATRAVA, public buildings*. Birkhauser- Publishers for Architecture, Basel, Switzerland. 1998.
12. Tzonis A. : *Santiago Calatrava, The Poetics of Movement*. Thames & Hudson, London, UK. 2001.

Dejan Marinković¹

MODEL KONTROLE TROŠKOVA BAZIRAN NA KLJUČNIM AKTIVNOSTIMA

Rezime: U ovom radu prikazan je model za kontrolu troškova i vremena baziran na ključnim aktivnostima koje su identifikovane na principima troškovne i profitne značajnosti. Težište kontrole fokusirano je na parametre koji najviše mogu da doprinesu poslovnom rezultatu firme. U sklopu modela formiran je efikasan sistem za evidenciju sa brzim protokom ključnih informacija. Model je jednostavan za upotrebu, može se često primenjivati i poseduje dovoljnu tačnost. Rukovodstvu firme omogućene su pravovremene informacije bitne za uspeh na projektu i donošenje odluka u skladu sa realnom situacijom na projektu

Ključne reči: Model, kontrola troškova, ključne aktivnosti, evidencija, troškovna značajnost.

THE COST CONTROL MODEL BASED ON KEY ACTIVITIES

Summary: In this paper author describes cost and time control model based on key activities identified according to cost and profit significance. Control is focused on parameters with biggest impact on company commercial success. Part of the model is efficient data recording system with rapid flow of key information. Model can be easily applied and frequently used producing acceptably reliable results. It can provide company management on-time information unfolding real project status which is necessary for project success.

Key words: model, cost control, key activities, documentation, cost significance

¹ mr Dejan Marinković, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra br. 73, Beograd.

UVOD

U savremenim uslovima, kada se na tržištu zbog uslova ponude i potražnje ne može više računati sa velikim profitima, efikasna kontrola troškova je od presudnog značaja za opstanak i napredak građevinskih firmi. Za uspeh na projektu neophodno je uspostaviti punu vezu između tri osnovna sistema kontrole: kontrola troškova, kontrola vremena i kontrola kvaliteta. Oni su međusobno povezani i u praksi se ne mogu odvojeno posmatrati.

Kada je u pitanju kontrola troškova neophodno je kontrolu vršiti tokom svih faza realizacije projekta. Cilj kontrole troškova u ranim fazama realizacije je da se usvoje optimalna rešenja, kao i da se pravovremeno stvore uslovi za nesmetano odvijanje radova i ekonomično poslovanje. U fazi izvođenja, cilj kontrole je da se što manje odstupi od usvojenih rešenja. Pri tome veoma je bitno da izabrani model kontrole u fazi izvođenja omogućava pravovremeno uočavanje eventualnih odstupanja.

Da bi kontrola troškova u fazi izvođenja bila što realnija, potrebno je da troškovi budu što realnije procenjeni. Zato se procena troškova bazira uglavnom na detaljnoj proceni (tačnost do 5%).

Jedan od glavnih problema koji se javlja pri kontroli troškova na projektu je dinamičko sagledavanje parametara kontrole i nedovoljna "brzina odziva sistema", odnosno spor protok validnih informacija o stanju na projektu.

MODIFIKOVANI PRISTUP STATIČKOJ KONTROLI TROŠKOVA

Statička kontrola troškova podrazumeva kontrolu svih pozicija rada iz predmera i predračuna radova preko izrade preseka stanja radova i upoređivanja planiranih i ostvarenih veličina. Podaci koji se tom prilikom dobijaju nisu dovoljni da se dobije puni uvid u stvarno stanje projekta. Osim toga veliki broj pozicija na jednom projektu znatno otežava praćenje projekta, a ažurnost informacija nije na dovoljnom nivou.

Da bi se ubrzao protok informacija i omogućile intervencije pre nego što se problemi nagomilaju, statička kontrola troškova može se primeniti na troškovno značajne pozicije rada. Kao troškovno značajne pozicije uzimaju se sve pozicije rada čija je cena veća od srednje vrednosti svih pozicija. To nije uvek pravilo i u pojedinim slučajevima, radi dobijanja boljih rezultata, kao reper usvaja se korigovana srednja vrednost pozicija rada. Troškovno značajne pozicije mogu se izdvojiti na različitim nivoima kontrole: nivou projekta, objekta ili na nivou vrste rada. Za firme koje se bave inženjeringom ovaj princip se može primeniti i po podizvođačima odnosno po pozicijama koje oni izvode. Primenom principa troškovne značajnosti, za svaki nivo kontrole, uglavnom se može izdvojiti 20-30% pozicija koje nose 70-80% od ukupne cene, odnosno od ukupnih troškova.

U današnjim uslovima veoma je bitno razdvojiti dva pojma: troškovno značajne pozicije i profitno značajne pozicije rada. Kalkulacijom se određuju direktni i indirektni troškovi, definiše profit i određuje cena prema investitoru. Međutim, zakoni ponude i potražnje na tržištu formiraju tržišne cene pozicije rada, koje su često više od onih kalkuliranih u firmi na bazi troškova i kalkulativnih faktora. Na tim pozicijama firma ostvaruje ekstra profit. To su profitno značajne pozicije koje se posebno izdvajaju i kao takve se sa posebnom pažnjom moraju kontrolisati.

Praćenjem troškovno značajnih pozicija pod kontrolom se drže troškovi i manji deo profita i na taj način sprečava da firma ne gubi na ovim pozicijama. Sa druge strane praćenjem profitno značajnih pozicija pod kontrolu se stavlja najveći deo planiranog profita firme. U praksi je čest slučaj da se deo profitno značajnih pozicija poklapa sa troškovno značajnim, što je i logično s obzirom na karakteristike građevinske proizvodnje.

Primenom ovako modifikovanog modela statičke kontrole troškova dobijaju se kvalitetne informacije, dosta ažurne ali još uvek bez dinamičke komponente. Puna informacija o stanju troškova dobija se tek povezivanjem ovih podataka sa dinamičkim planovima. Naime statička kontrola troškova ne daje odgovor da li firma ima dovoljan priliv finansijskih sredstava i da li može da održi zahtevani nivo građevinske proizvodnje, odnosno da ispuni ugovorene rokove. Prekoračenje rokova je vezano za plaćanje "penala" i za druge odštete zahteve investitoru, a to direktno utiče na poslovni rezultat. Statička kontrola troškova ne daje ni podatak o potrebnoj visini avansa potrebnog da firma uspešno obavi posao, kao ni o posledicama ili pogodnostima ugovorenog načina plaćanja. U vezi sa tim u našoj građevinskoj praksi često se dešava da izvođač u doborj meri kreditira investitora, a da toga najčešće nije ni svestan. Osnovno pravilo je da se uskladi tempo gradnje sa prilikom novca. U protivnom, dolazi do zastoja na gradilištu (neobezbeđen materijal, oprema i sl.), opada motivacija radne snage zbog neisplaćenih zarada, podizvođači se povlače ili bitno smanjuju svoje aktivnosti itd, što sve skupa direktno utiče na povećanje troškova i na poslovni rezultat firme.

Klasičan pristup gde se dinamički planovi formiraju uglavnom na bazi tehnoloških aktivnosti, po pitanju kontrole troškova ne daje dobre rezultate, jer se izostavlja niz parametara bitnih za praćenje troškova.

Za efikasnu kontrolu troškova veoma je bitno pravilno izabrati strukturu aktivnosti mrežnog plana. U sklopu tih aktivnosti kao posebne moraju se pojaviti aktivnosti koje se odnose na nabavku ključnih resursa sa punim uvažavanjem rokova isporuke i raznolikosti načina plaćanja prema različitim dobavljačima. Osim toga aktivnosti moraju biti tako usvojene da se njihov napredak na gradilištu lako uočava i lako meri. Sa druge strane neophodno je napraviti vezu sa statičkom kontrolom troškova, odnosno sa modifikovanim pristupom na bazi troškovno i profitno značajnih pozicija rada. Najčešća greška pri izradi dinamičkih planova je njihova nepotrebna glomaznost i mala "brzina odziva" sistema.

MODEL KONTROLE TROŠKOVA BAZIRAN NA KLJUČNIM AKTIVNOSTIMA

Da bi se uskladili navedeni zahtevi po pitanju kontrole troškova, u ovom radu je predložen model kontrole troškova zasnovan na troškovno i profitno značajnim aktivnostima. U sklopu modela prikazana je struktura ključnih aktivnosti i ključnih tokova rada. Uopšteno pod ključnim aktivnostima i tokovima podrazumevaju se:

- troškovno značajne aktivnosti i tokovi rada,
- profitno značajne aktivnosti i tokovi rada,
- tehnološki značajne aktivnosti i
- aktivnosti bitne sa aspekta uslova okruženja.

Troškovno i profitno značajne aktivnosti se izdvajaju po sličnim principima kao i troškovno značajne pozicije rada u statičkoj kontroli troškova. Skup istorodnih ključnih aktivnosti formira ključni tok.

Analizom troškovno i profitno značajnih aktivnosti izdvajaju se ključni resursi na nivou ovih aktivnosti, odnosno tokova i nadalje se dinamički vrši njihovo praćenje.

U sklopu modela primenjene su različite vrste kodiranja što između ostalog omogućava i grupisanje istorodnih aktivnosti u elementarne tokove i povezivanje sa odgovarajućim ključnim pozicijama rada iz napred navedenog modifikovanog modela statičke kontrole troškova. Na taj način se kroz adekvatnu strukturu aktivnosti obezbeđuje veza prostor – vreme – troškovi, što kao krajnji rezultat obezbeđuje efikasnu kontrolu troškova i vremena.

U ovom modelu, težište kontrole se stavlja na izdvojene ključne aktivnosti, tokove rada i ključne resurse i to kako sa aspekta troškova, tako i sa aspekta vremena. Na ovaj način omogućena je brza i jednostavna izrada preseka stanja radova, blagovremena identifikacija bitnih odstupanja, uzroka odstupanja i mesta njihovog nastajanja. Rukovodstvo firme dobija pravovremene informacije i donosi odluke na vreme u skladu sa realnom situacijom na gradilištu.

Ovaj model podrazumeva selektivnu obradu podataka. Tačnost podataka, koji izlaze kao rezultat analiza u okviru ovog modela, nije apsolutna ali je dovoljna za identifikaciju odstupanja na ključnim aktivnostima, odnosno tokovima. Time se sprečava nagomilavanje grešaka i daje mogućnost za brze korektivne akcije.

U ciju što brže identifikacije odstupanja i neophodne brzine reagovanja, preseći stanja napredovanja radova se rade jednom sedmično, čime je obezbeđen vremenski "ritam" koji je neizostavan u procesu kontrole.

Kontrola troškova za navedeni model se u suštini bazira na metodi zarađene vrednosti, i daje podatke o odnosima planiranih i ostvarenih troškova u odnosu na zarađenu vrednost, za ključne aktivnosti i troškovne centre.

Rezultati analiza se daju u vidu izveštaja koji služe za operativno planiranje, replaniranje baznih planova, izradu korektivnih mera itd.

Uspeh projekta u najvećoj meri određuju ključne aktivnosti. Na primer proboj troškova od 10% na troškovno značajnim aktivnostima znači povećanje ukupnih troškova na nivou projekta za 7-8%. Na svim ostalim pozicijama (kojih ima mnogo više, 70-80%) proboj troškova od 10% izaziva povećanje od svega 2 - 3% od ukupnih troškova na projektu.

Za potpunu kontrolu projekta, sa aspekta troškova i vremena, neophodna je primena kombinacije modela zasnovanog na ključnim aktivnostima i detaljnog modela kontrole. Detaljni model se primenjuje ređe, a njegova svrha je da stavi pod kontrolu i sve ostale aktivnosti koje nisu troškovno bitne odnosno koje ne spadaju u grupu ključnih aktivnosti. Primena detaljnih modela podrazumeva prikupljanje i obradu velikog broja podataka, zbog čega se najčešće i radi paralelno sa izradom privremenih mesečnih situacija.

Oba navedena modela kontrole su bazirana na kontroli utrošenih resursa i metodi zarađene vrednosti. Različitost ova dva modela ogleda se u obimu podataka koji se obrađuju u procesu troškovne analize.

Evidencija utroška resursa, a samim tim i direktni troškovi, evidentiraju se po troškovnim centrima, elementima i aktivnostima.

Dinamičko sagledavanje troškova ostvaruje se preko procenta izvršenja aktivnosti dinamičkog plana u trenutku izrade preseka stanja napredovanja radova, pri čemu se

datumi njihove izrade, a samim tim i njihova učestalost, definiše odvojeno za svaki od navedenih modela.

Troškovna analiza utrošenih resursa se vrši na isti način za oba modela i ona podrazumeva:

- određivanje planiranog budžeta troškova za date resurse; dobija se na osnovu kataloga cena i količine resursa,
- određivanje stvarnih troškova do datuma izrade preseka stanja; vrši se na osnovu kataloga cena i stvarnih količina resursa upotrebljenih u prethodnom planskom periodu,
- određivanje zarađene vrednosti; zarađena vrednost se izračunava kao proizvod procenta izvršenja količine resursa i planiranog budžeta troškova za posmatrani resurs; u slučaju da se resurs koristi sa konstatnim intezitetom duž trajanja aktivnosti, umesto procenta izvršenja količine resursa može se uzeti procenat izvršenja aktivnosti; ovaj pristup je pogodan kada u okviru jedne aktivnosti egzistira više resursa,
- određivanje varijanse, kao razlike planiranih troškova i troškova posle završetka korišćenja resursa.

Navedene tačke u stvari predstavljaju osnovu za izradu komparativnih izveštaja i analizu posledica eventualnih odstupanja. Razlika između troškovne analize resursa za navedene modele je samo u tome što se u jednom modelu posmatraju ključni resursi, a u drugom svi resursi.

VEZA PRODUKTIVNOSTI, EKONOMIČNOSTI I KONTROLE TROŠKOVA

Ekonomičnost pokazuje odnos vrednosti izvedenih radova u odnosu na ostvarene troškove. Posmatrano na nivou objekta to je više makro pokazatelj koji nije dovoljno pouzdan jer mogu ostati prikriveni nedostaci na pojedinim nižim organizacionim nivoima. Na taj način firma se lišava dela profita, a da toga nije svesna. Ekonomičnost na nivou vrste rada daje dovoljno precizne informacije. U sklopu navedenog modela, primena ovog parametra na profitno i troškovno značajne aktivnosti, daje još precizniju informaciju o ekonomičnosti građevinske proizvodnje i perspektivnosti pojedinih građevinskih poslova.

Kontrola utrošaka ključnih resursa u sklopu modela zasnovanog na ključnim aktivnostima podrazumeva ne samo sagledavanje količina, troškova i odstupanja, već i ozbiljnu analizu produktivnosti, ekonomičnosti i rastura materijala. Time se zadire u uzroke odstupanja i definišu moguće korektivne mere.

Produktivnost se obično definiše kao količnik količine ostvarenog proizvoda i utroška radne snage.

Produktivnost se može meriti na nivou objekta, vrste rada, troškovnih centara, elementa, aktivnosti i pozicija rada. Na ovaj način dobijaju se pojedinačni i sumarni pokazatelji produktivnosti. Za potpuni uvid, neophodna su oba pristupa jer se izbegavaju prikrivene informacije i nagomilavanje grešaka.

Kako na objektu postoji dosta veliki broj pozicija klasičan pristup, po kojem se vrši merenje produktivnosti po svim pozicijama, može se koristiti u postprojektnoj analizi, ali ne i za upravljanje realizacijom projekta, jer zbog sporosti prikupljanja i obrade podataka dobijaju se uglavnom zastarele informacije. Za uspeh na projektu

neophodno je napraviti listu prioriteta odnosno identifikovati ključne tokove, aktivnosti i resurse i na njima češće meriti produktivnost.

U modelu zasnovanom na ključnim aktivnostima predviđeno je uspostavljanje jednostavnog sistema merjenja produktivnosti sa dovoljnom tačnošću. Da bi se to ostvarilo mora se usvojiti adekvatna organizacija posla i tome prilagoditi struktura dinamičkih planova (baznih i operativnih). Dobri rezultati pri merenju se na primer postižu u slučaju "lančane proizvodnje" i podele po radnim brigadama, gde se radna brigada formira na nivou elementa. Klasičan primer za to je izvođenje konstrukcije gde se radne brigade grubo mogu podeliti na brigadu za vertikalne AB elemente i brigadu za horizontalne AB elemente. U okviru njih, za detaljniji pristup, podela se može izvršiti prema vrstama radnika, odnosno prema troškovnim centrima. Produktivnost se vrlo efikasno može izmeriti pomoću sistema dnevnih učinaka radnih brigada izraženih u jedinicama mere fizičkih elementa (m dužnih armiranobetonskih zidova, broj stubova itd).

Parametri za određivanje i praćenje produktivnosti, dobijaju se iz preseka stanja radova. Kontrola produktivnosti vrši se kako na nivou operativnog planiranja tako i na nivou baznog dinamičkog plana. Na nivou operativnog plana dobijaju se podaci o mogućnostima radne snage, realnosti korišćenih normativa, mikroorganizaciji radnih mesta, nivou uposelnosti radne snage itd. Na ovaj način propusti se odmah uočavaju, identifikuju uzroci odstupanja ostvarene od planirane produktivnosti i omogućava brzo reagovanje i poboljšanje performansi građevinske proizvodnje. Na nivou baznog plana dobijaju se kumulativni pokazatelji produktivnosti koji daju prosečnu sliku za protekli period i period od početka gradnje, dobija se globalna slika o stanju na celokupnom projektu, međusobnoj usklađenosti celina i prognoza uspeha na celom projektu.

UTICAJ NAČINA PLAĆANJA NA UPRAVLJANJE TROŠKOVIMA

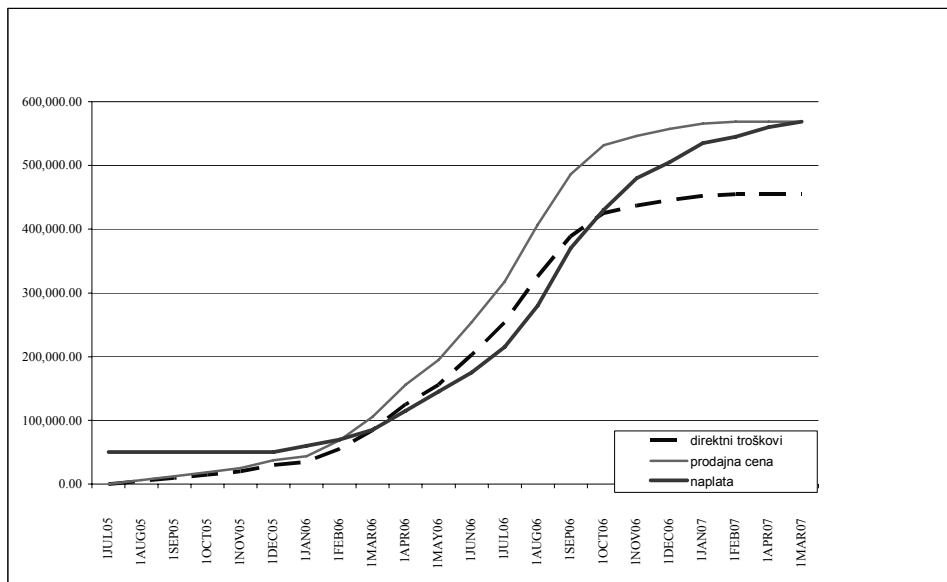
Za uspeh na projektu veoma je bitno da se ugovorom precizira korektan način plaćanja kao i dovoljna visina avansa, koji će omogućiti izvođaču da u zadatim rokovima izvede ugovoreni posao.

Klasičan pristup, u kome se dijagrami angažovanja finansijskih sredstava formiraju samo na bazi cene pojedinih aktivnosti, u praksi ne daju dobre rezultate. Zbog toga je u sklopu dinamičkih planova neophodno predvideti i aktivnosti vezane za nabavku materijala i opreme, formirati dijagrame nabavke materijala i opreme sa analizom rokova isporuke, načina njihovog plaćanja i organizacije transporta. Na taj način stvaraju se dobri preduslovi za uspešno organizovanje građevinske proizvodnje.

Pristup gde se posebno tretiraju troškovno značajne aktivnosti i ključni resursi omogućava izradu brzih i pouzdanih analiza osetljivosti na promene ključnih parametara. Na taj način firmi se omogućava da unapred sagleda potencijalne rizike i proceni opravdanost ulaska u posao.

Pravilan pristup određivanju visine avansa podrazumeva kvalitativnu analizu tri krive finansija: kriva troškova, kriva realizacije po ugovorenim cenama i kriva naplate. Na sl. br. 1 prikazan je primer na kome se vidi da zbog neadekvatnog avansa i načina plaćanja izvođač tokom većeg dela realizacije projekta kreditira investitora.

Zbog toga je važno da izvođač tokom sklapanja ugovora predoči investitoru sve posledice ugovorom predviđenog načina plaćanja i da zajedno sa njim pronađe optimalnu varijantu sa kojom se može očekivati dobar rezultat na projektu.



Slika 1. Uporedni prikaz S krivih za direktne troškove, planiranu prodajnu cenu i naplatu

ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je model za kontrolu troškova i vremena baziran na ključnim aktivnostima, koje su identifikovane na principima troškovne i profitne značajnosti.

Primenjeni model kontrole omogućava brzu identifikaciju eventualnih odstupanja, uzroka odstupanja, mesta njihovog nastajanja i odgovornih lica. S obzirom na strukturu modela (ključne aktivnosti i ključni tokovi) moguće je brzo i sa dovoljnom tačnošću izvršiti analizu posledica i efekata potencijalnih korektivnih mera. Na taj način stvaraju se preduslovi za efikasno upravljanje projektom.

Kontrola utroška ključnih resursa u sklopu ovog modela podrazumeva ne samo sagledavanje količina, troškova i odstupanja, već i ozbiljnu analizu produktivnosti, ekonomičnosti i rastura materijala.

Sastavni deo modela je sistem za evidenciju podataka baziran na prikupljanju i obradi informacija ključnih za uspeh projekta.

Primenjeni model kontrole omogućava efikasnu razmenu informacija između različitih organizacionih nivoa firme.

Primena ovog modela u ranim fazama realizacije projekta i analiza osetljivosti na ključne parametre, omogućavaju rukovodstvu firme da na vreme sagleda potencijalne rizike i donese ispravne odluke o opravdanosti ulaska u realizaciju projekta.

U sklopu razmatranog sistema kontrole omogućena je i veza sa detaljnim modelima kontrole i statičkom kontrolom troškova.

U prikazanom modelu, težište kontrole je fokusirano na parametre koji najviše mogu da doprinesu poslovnom rezultatu firme.

Model je jednostavan za upotrebu, može se često primenjivati, poseduje "dovoljnu brzinu odziva sistema" i dovoljnu tačnost. Rukovodstvu firme pravovremeno se obezbeđuju informacije bitne za uspeh na projektu i omogućava donošenje odluka u skladu sa realnom situacijom na projektu.

LITERATURA

1. Petrović D, Jovanović P, Jaško O : "Primena metode zarađene vrednosti u upravljanju projektom", Zbornik radova SYMOPIS '97, Bečići, 1997, str. 473-476.
2. Ivković B, Popović Ž : "Upravljanje projektima u građevinarstvu", Jugoimport-SDPR i IP Nauka, Beograd, 1995.

Dragan Gavrilović¹
Danijela Milanović²

KVALITATIVNA ANALIZA OSTVARENJA BIOKLIMATA OBJEKATA PRIMENOM BLOKOVA OD PLINO BETONA

Rezime: U radu se daje analiza komparativne primene "klasičnih" građevinskih materijala koji se uobičajeno primenjuju pri gradnji stambenih i drugog karaktera objekata, u odnosu na primenu elemenata iz klase "plino betona", gledano s aspekta ostvarenja "kumulativnog" bioklimata takvog objekta.

Takođe, u radu je data i komparativna analiza i komentar uz odgovarajuće grafičke priloge analiziranih zidnih struktura i karakterističnih temperaturnih dijagrama u odnosu na položaj ravni "zone mraza".

Ključne reči: Plino beton, laki beton, zidna struktura, zona mraza, fasadni panel, spoljašnji zid, struktura zida, građevinski materijali, temperaturni dijagram, bioklimat prostora.

QUALITATIVE ANALYSIS OF REALIZATION OF THE BIOCLIMATE OF A BUILDING THROUGH THE APPLICATION OF GAS CONCRETE BLOCKS

Summary: The paper analyzes the comparative application of the "classical" building materials which are usually applied in construction of housing and other buildings, and the application of the elements from the class of gas concrete, regarding the attainment of the cumulative bioclimate of such building.

The paper also contains a comparative analysis and the commentary along with the corresponding graphic representations of the analyzed wall structures and the characteristic temperature diagrams in respect to the position of the "frost zone" plane.

Key words: Gas concrete, lightweight concrete, wall structure, frost zone, facade panel, external wall, building materials, temperature diagram, bioclimate of space.

¹ dr, v. prof., Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, A. Medvedeva 14.

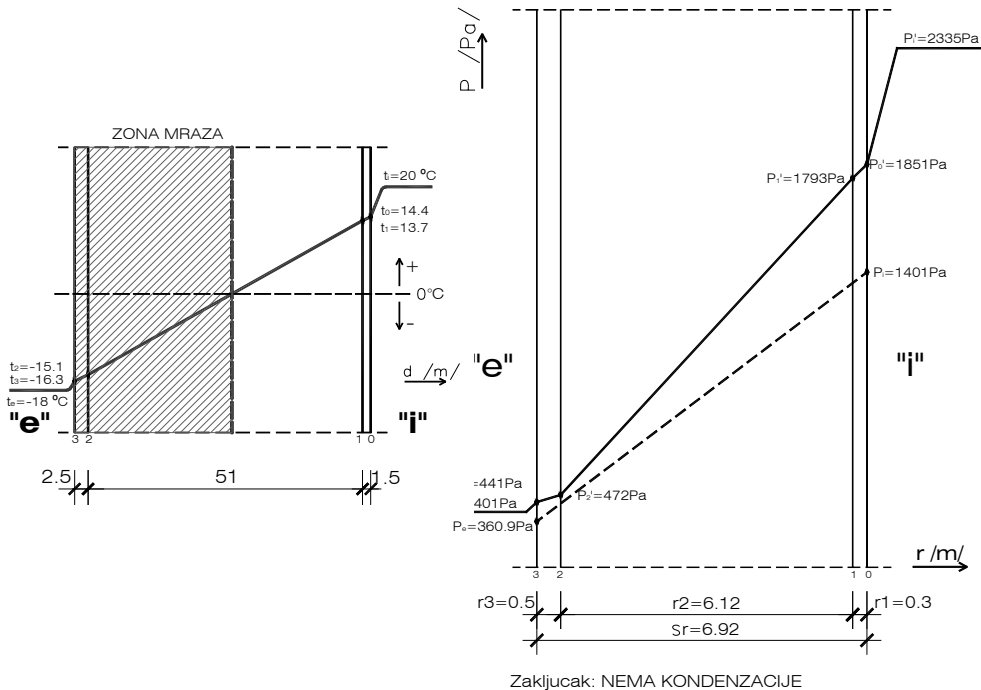
² D.I.A., Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Niš, A. Medvedeva 14.

1. MONOLITIZACIJA FASADNOG PANELA

U postojećoj arhitektonsko-graditeljskoj praksi postoje neimarske "regule" po kojima se "zidaju", tj. monolitiziraju spoljašnji zidovi (pregrade) kod stambenih zgrada kao i za ostale objekte različitih namena. Osnovna funkcija svakog spoljašnjeg zidnog platna, odnosno panela, u sebi sublimira nekoliko obaveznih uslova koji moraju da se zadovolje, a oni bi se sastojali u sledećem:

- konstruktivnost spoljašnjeg panela,
- obezbeđenje termičke i akustičke zaštite,
- zadovoljenje bioklimatskog aspekta apliciranog prostora, kao i
- arhitektonsko-estetska forma.

Ako se za trenutak osvrnemo na nekadašnji način "gradnje" starih stambenih objekata, primetićemo, da je većina od njih "ozidana" monolitno primenom ili od kamenih blokova ili od pune opeke različitih formata. Ujedno možemo da konstatujemo, da za razliku od sadašnjeg, savremenog načina gradnje, kod "starih" objekata debljina spoljašnjih pa i unutrašnjeg zidova radila se u znatno "većim" debljinama u poređenju sa sadašnje primenljivim debljinama. Ilustracije radi, prikazat ćemo jedam karakterističan primer spoljašnjeg zida zgrade, čija je osnovna debljina 51 cm i monolitiziran od pune opeke i obostrano malterisan produžnim malterom u debljinama od 2.5 cm i 1.5 cm (v. Sl. 1).

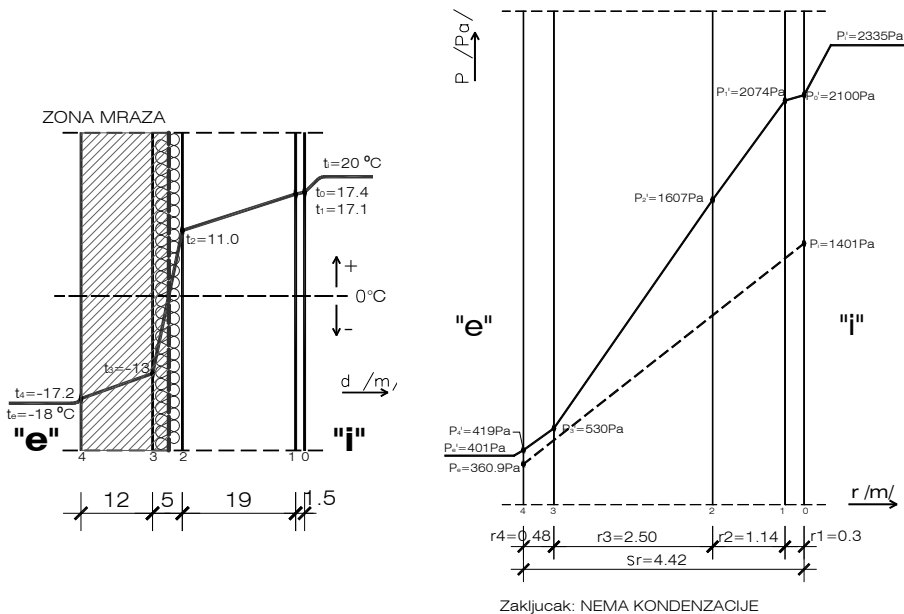


Slika 1. Spoljašnji zid, ozidan punom opekam u debljini od 51 cm.

Analizirajući prikazan primer (v. Sl. 1) spoljašnjeg zida od pune opeke, "nesvakidašnje" debljine primene gledano iz sadašnjeg ugla savremene neimarske prakse, sa temperaturnog dijagrama možemo uočiti, da se "zona mraza" prostire počevši od spoljašnje površine zida sve do skoro "polovine" debljine zidne konstrukcije. To nam nagovešćuje, da će takva zidna konstrukcija u zimskom periodu u "datom trenutku" biti "do pola" zamrznuta, a što navodi na zaključak, da će se i ceo objekat u datom trenutku, gledano sa spoljašnje strane naći u "leđenoj školjci", tj. omotaču. Takva pojava predstavlja jedan od glavnih budućih generatora ružiranja fasade a i same zidne konstrukcije. Posmatrajući istu sliku, samo dijagram parodifuzije možemo uočiti da se linija zasićenosti vodene pare i linija parcijalnog pritiska vodene pare ne dodiruju što je dobro i može se zaključiti da neće doći do kondenzacije vodene pare unutar građevinske konstrukcije, tj. zida.

1.1. Spoljašnji zid fasadna opeka+termoizolacija+modularni blok

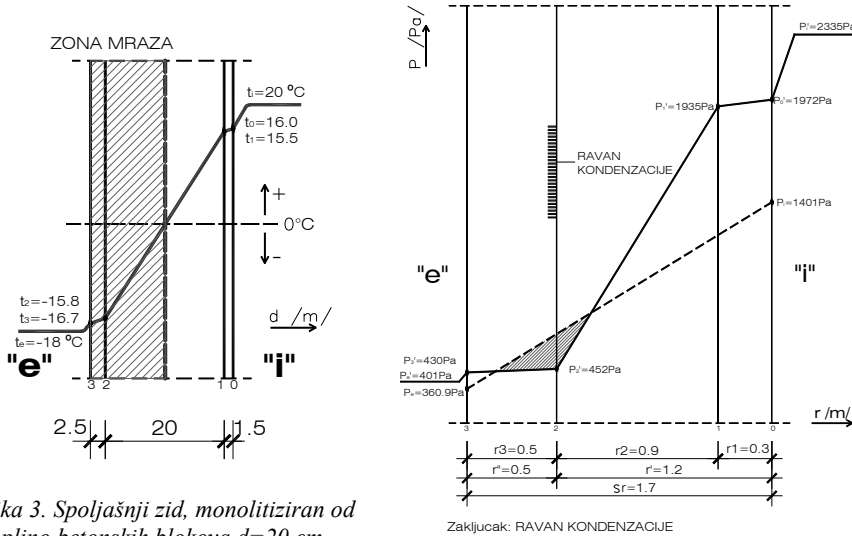
Imajući u vidu sadašnji način primene i monolitizacije spoljašnjih zidnih pregrada kod većine stambenih objekata analizirat ćemo konstrukciju zidne pregrade u sastavu spoljašnje obloge od fasadne opeke pa termoizolacionog sloja debljine 5 cm i nosećeg modularnog bloka koji je omalterisan sa unutrašnje strane produžnim malterom. Iz priloženog temperaturnog dijagrama (v. Sl. 2) može se uočiti da će sloj termoizolacije preuzeti veliku "ulogu" u prihvatanju temperaturnog prelaza iz negativne u pozitivnu zonu i da će se ravan zone mraza nalaziti unutar termoizolacionog sloja. Takođe iz dijagrama parodifuzije možemo uočiti da se linija zasićenosti vodene pare i linija parcijalnog pritiska vodene pare ne dodiruju što je što navodi na zaključak da ne će doći do kondenzacije vodene pare unutar građevinske konstrukcije, tj. zida.



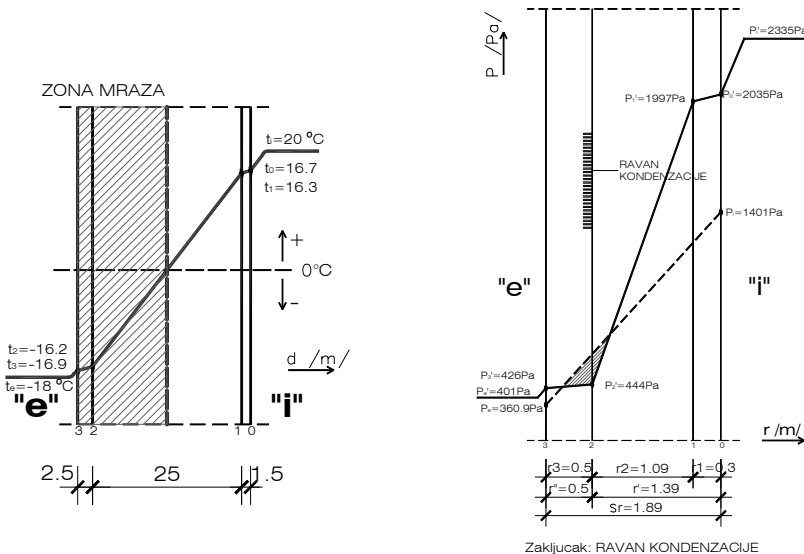
Slika 2. Spoljašnji zid, ozidan fasadnom opekam+termoizolacija+modularni blok.

1.2. Spoljašnji zid od plino betona

Kod ovog primera želeli smo da prikazemo kakve se performanse zidne spoljašnje pregrade dobijaju primenom samo građevinskih blokova od plino betona u debljini od 20 cm i 25 cm kao i njihov uticaj na bioklimat unutarnjeg prostora objekta. Na sl. 3, prikazan je spoljašnji zid od blokova plino betona čija je gustina $\rho=600\text{kg/m}^3$ i koeficijentom toplotne provodljivosti $\lambda=0.27\text{ W/mK}$. Sa temperaturnog dijagrama može se uočiti da ravan mraza prolazi sredinom zidne konstrukcije, što navodi na zaključak da se takva zidna pregrada leđi tokom negativne temperature.



Slika 3. Spoljašnji zid, monolitiziran od plino betonskih blokova $d=20\text{ cm}$.



Slika 4. Spoljašnji zid, monolitiziran od plino betonskih blokova $d=25\text{ cm}$.

Što je još indikativnije uvidom u dijagram parodifuzije uočavamo da se linija zasićenosti vodene pare i linija parcijalnog pritiska vodene pare seku što navodi na zaključak da dolazi do kondenzacije vodene pare u jednoj ravni unutar građevinske konstrukcije, tj. zida. Isti je slučaj i sa drugim zidnim primerom gde smo analizirali zid od plino betona debljine 25 cm (v. Sl. 4).

Iz priloženih dijagrama (v. Sl. 3 i Sl. 4) može se zaključiti da monolitizacija spoljašnje zidne pregrade primenom samo blokova od plino betona nije "spasonosno" rešenje, kao što ga mnogi priučeni i nestručni preduzimači i prodavci stanova prezentuju svojim potencijalnim kupcima prilikom ponude kao i prodaje stambenih prostora i to u većini slučajeva u nadgrađenim objektima.

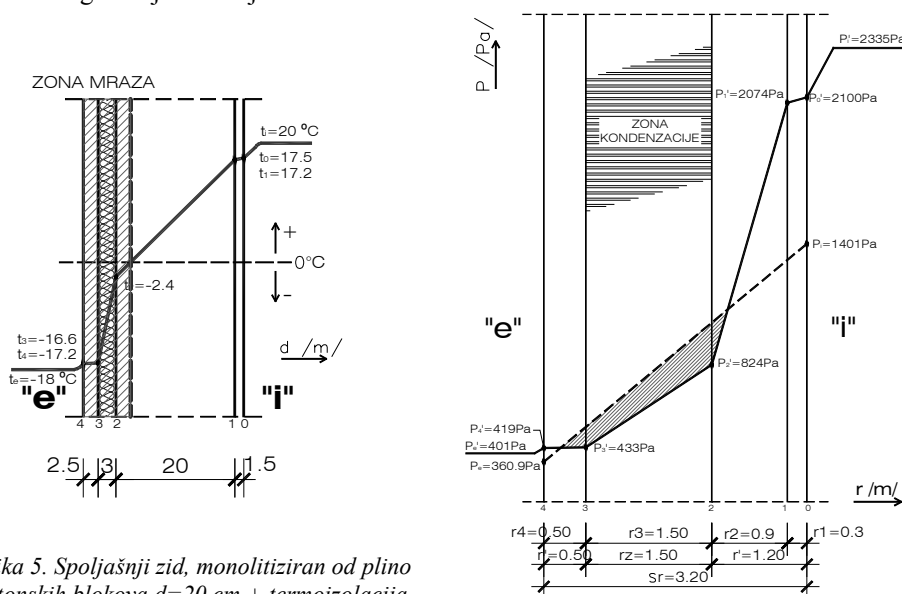
Sa aspekta ostvarenja bioklimatskog konfora jednog stambenog prostora ovakav način monolitizacije spoljne pregrade ne može se prihvatiti kao "spasonosno" rešenje za zamenu višeslojne zidne obloge.

Jedini razlog sa aspekta preduzimača je činjenica da primenom plino betonskih blokova zidna pregrada se brže monolitizira i ne treba joj posvetiti veliku površinsku obradu kao što to treba uraditi kod klasičnog izvođenja zidova.

Iz napred izloženog, generalno može se zaključiti da primena samo gradivnog bloka od plino betona nije pravo rešenje za zadovoljenje osnovnih uticajnih faktora koji se zahtevaju sa aspekta građevinske fizike, naših propisa i uslova zadovoljenja bioklimata stambenog prostora.

1.3. Spoljašnji zid od plino betona sa prednjom izolacijom

Imajući u vidu predhodo izložene primere, prikazat će mo još jednu varijantu konstrukcije spoljašnje zidne pregrade, takođe monolitizirane od osnovnog gradivnog bloka od plino betona u debljini od 20 i 25 cm sa prednje pridodatim slojem termoizolacije u debljini od 3 cm i obostrano omalterisanom zidnom pregradom u produžnom malteru odgovarajuće debljine.

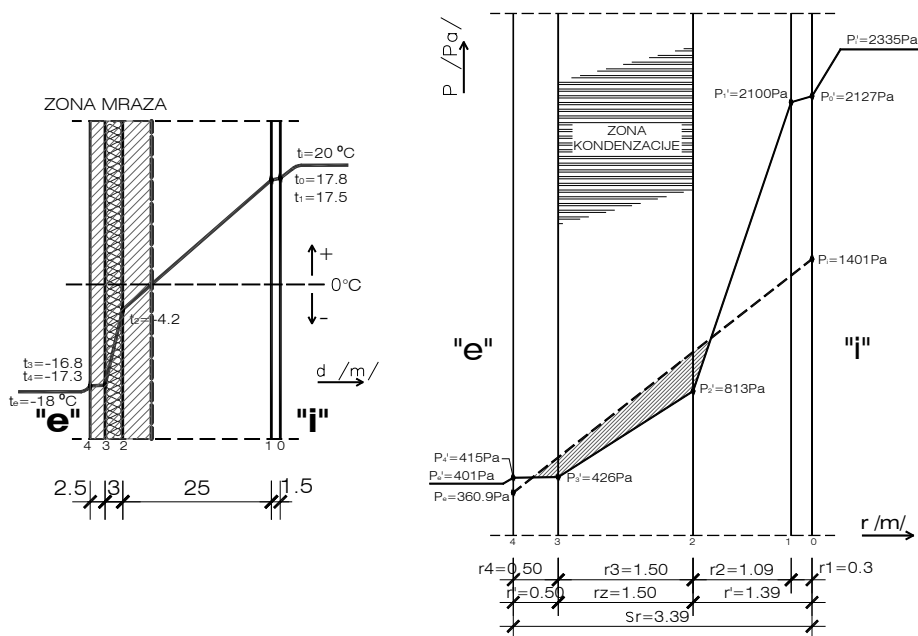


Slika 5. Spoljašnji zid, monolitiziran od plino betonskih blokova $d=20\text{ cm}$ + termoizolacija.

Zaključak: ZONA KONDENZACIJE

Sa priloženog temperaturnog dijagrama (v. Sl. 5) može se odmah uočiti, da termoizolacioni sloj od poliuretana (stiropora) u debljini od 3 cm nije "dovoljan" da zadrži "ravan mraza" u svom sloju, već je ona pomerena i prelazi na deo noseće konstrukcije zida, tj. u plino betonski blok. Iz ovog se može zaključiti, da će u periodu mraza, tj. negativne spoljašnje temperature prednja obloga zida koja se sastoji od slojeva produžnog maltera debljine 2.5 cm i termoizolacionog sloja debljine od 3 cm biti zamrznuta što nije dobro rešenje iz više razloga.

Uvidom u dijagram parodifuzije (v. Sl. 5) uočavamo, da se linija zasićenja vodene pare i linija parcijalnog pritiska vodene pare seku "dvaput" što navodi na zaključak, da će doći do kondenzacije vodene pare u jednom od "komponentnih" slojeva zidne pregrade, tj. konkretno, doći će do vlaženja i stvaranja kondenzacije u termoizolacionom sloju što nije preporučljivo iz više razloga.



Slika 6. Spoljašnji zid, monolitiziran od plino betonskih blokova $d=25$ cm i pridodatom termoizolacijom.

Na sledećem primeru (v. Sl. 6) prikazaćemo zidnu spoljašnju pregradu sličnog konstruktivnog sastava, s tom razlikom, što je umesto gradivog plino betonskog bloka debljine 20 cm, primenjen plino betonski blok debljine 25 cm. To je urađeno iz tog razloga, da uvidimo da li "povećanjem" debljine osnovnog plino betonskog bloka možemo da dobijemo bolju performansu zidne pregrade i izbegnemo pomeranje ravni "zone mraza" na konstrukciju sloja bloka.

Sagledavajući priloženi temperaturni dijagram može se uočiti, da se ravan "zone mraza" kod ovog primera pomerila još ka unutra konstrukcije bloka i da je termoizolacioni sloj u nešto nepovoljnijoj temperaturnoj zoni ($t_0 = -4.2$ $^{\circ}\text{C}$).

Sa dijagrama parodifuzije (v. Sl. 6) uočavamo, da se linija zasićenja vodene pare i linija parcijalnog pritiska vodene pare seku "dvaput", isto kao i kod predhodnog slučaja, što navodi na zaključak, da će i ovde doći do kondenzacije vodene pare u jednom od "komponentnih" slojeva zidne pregrade, tj. konkretno, doći će do vlaženja i stvaranja kondenzacije u termoizolacionom sloju što nije preporučljivo iz više razloga.

Sagledavajući napred prezentovane primere i način komponovanja spoljašnje zidne pregrade sa aspekta primene plino betonskog gradivih blokova u zamenu za primenu klasične gradnje opekom, dolazimo do male dileme koja se može jedino odkloniti pravilnim tumačenjem prezentovanih dijagrama.

Ovo navodimo iz jednog razloga, što smo u višegodišnjoj praksi u vršenju nadzora na mnogobrojnim lokacijama i objektima bili svedoci i još smo i danas svedoci nepravilnog zidanja i nadziđivanja, kao i konstruisanja spoljašnjih zidnih pregrada, kako u samom gradu Nišu, tako i u drugim gradovima našeg regiona i to naročito od strane novokomponovanih preduzimača i njihove "ad hok" operative.

U direktnom razgovoru sa takvim izvođačima, dobijali smo skoro indentične odgovore i to u kontekstu da je primenom plino betonskih blokova mnogo brža gradnja i zatvaranje etaže sprata, da je preciznost i nivelacija zida mnogo bolja kao i da im je mnogo brža završna obrada kako unutrašnje tako i spoljašnje površine zidne pregrade.

Uzimajući u obzir ovakve odgovore može se donekle sagledati njihova opravdanost ako se gleda samo taj aspekt gradnje i sticanje brze profitabilnosti (zarade), ali ne sme se zaboraviti i druga strana ovog problema, a to je, ako nešto gradimo onda to treba da je pored ekonomičnosti za obe strane: kupac-prodavac, i zdravo i neškodljivo za "onog" ko će u takvom prostoru, tj. objektu živeti i provesti veći deo svog života.

Taj aspekt ostvarenja bioklimata stambenog, rekreativnog ili radnog prostora u većini slučajeva zanemarujemo još u fazi projektovanja i zarad sticanja brzog profita gradimo ponekad i "bolesne" kuće koje umesto da nam pružaju odmor i relaksaciju, po nekad nam stvaraju, tj. generišu nervozu, napetost i bolest.

2. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu tempo savremenog načina života kao i sve aspekte koji ga prate, veoma je važno da se omoguće od strane "društva" što pravilniji i zdraviji uslovi življenja radnom čoveku, da bi on mogao da pruži maksimum od sebe, a i da se u svom slobodnom vremenu maksimalno relaksira i odmori. Da bi se to postiglo, moramo mu omogućiti "zdravo" stanovanje uz primenu "zdravih", ne toksičkih građevinskih materijala. Da bi se ovako načelni ciljevi ostvarili predlažemo, da se u okviru Ministarstva ili pri Inženjerskoj Komori Srbije oformi ekspertska grupa koja će izdati prigodan priručnik i davati savete svim zainteresovanim koji se bave "unosnom granom stano izgradnje".

3. LITERATURA

1. Gavrilović D.: "Sistemi veza zidnog sloga opekomb", Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Niš, 2002.
2. European Organisation for Technical Approvals: Guideline for European technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering, 2000.
3. Gerken D.: Warmedammverbundsysteme im Wohnbau, Institut für Bauforschung. V. Hanover, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1997.
4. Hebel Handbuch für den Wohnungsbau; Technische Information für die Planung und Bauausführung, Auflage, 1984.
5. Moritz Karl: Richtig und Falsch im Wärmeschutz Feuchtigkeitsschutz Bautenschutz; Bauverlag GmbH Wiesbaden-Berlin, 1975.
6. Muncey R.W.R.: Heat transfer calculations for buildings; Applied Science Publishers LTD, London, 1980.
7. Savezni zavod za standardizaciju: Jugoslovenski standardi za toplotnu tehniku u građevinarstvu: JUS U.J5.510, JUS U.J5.520, JUS U.J5.530, JUS U.J5.600, Beograd.

Dragan Majkić¹

INTEGRALNI MOSTOVI

Rezime: Jedan od najvećih razloga korozije mostova je proboj vode na mestima dilatacije. Sprečavanje protoka vode na dilatacionim spojnica je jedan od primarnih zadataka održavanja mostova. Kolovozna površinska voda najčešće prouzrokuje koroziju krajeva greda, lezista i oslonacke konstrukcije. Ni jedan material, do danas koriscen, za zaustavljanja ove vode na mestima dilatacionih spojnica nije u mogućnosti da u potpunosti resi ovaj problem. Zato se danas u mnogim zemljama projektuju i izvode mostovi bez dilatacionih spojnica, integralni mostovi. Prvi integralni mostovi su sagrađeni još 1930 ali prava primena ovih mostova je pocela u novije vreme od 1987. Primena integralnih mostova u mnogome otežava cinjenica da do danas ni jedan standard ne obuhvata problem projektovanja ovakvih mostova. Ovaj rad ima tendenciju da predstavi neke vazne cinjenice za projektovanje integralnih mostova i da da neke smernice za projektovanje. Cilj rada je da, na neki nacin, ubedi inženjere da koriste integralne mostove gde god je to moguće

Ključne reči: most, korozija, dilatacija, projektovanje.

INTEGRAL BRIDGES

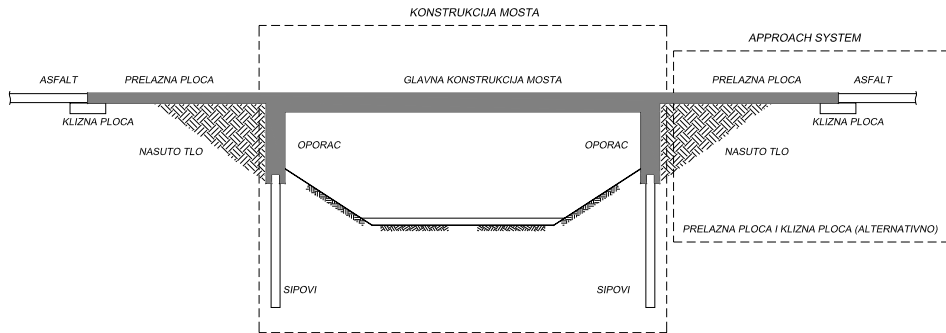
Summary: Jedan od najvećih razloga korozije mostova je proboj vode na mestima dilatacije. Sprečavanje protoka vode na dilatacionim spojnica je jedan od primarnih zadataka održavanja mostova. Kolovozna površinska voda najčešće prouzrokuje koroziju krajeva greda, lezista i oslonacke konstrukcije. Ni jedan material, do danas koriscen, za zaustavljanja ove vode na mestima dilatacionih spojnica nije u mogućnosti da u potpunosti resi ovaj problem. Zato se danas u mnogim zemljama projektuju i izvode mostovi bez dilatacionih spojnica, integralni mostovi. Prvi integralni mostovi su sagrađeni još 1930 ali prava primena ovih mostova je pocela u novije vreme od 1987. Primena integralnih mostova u mnogome otežava cinjenica da do danas ni jedan standard ne obuhvata problem projektovanja ovakvih mostova. Ovaj rad ima tendenciju da predstavi neke vazne cinjenice za projektovanje integralnih mostova i da da neke smernice za projektovanje. Cilj rada je da, na neki nacin, ubedi inženjere da koriste integralne mostove gde god je to moguće

Key words: bridge, corrosion, expansion joint, design.

¹P.Eng.(BC)(AL), QR Engineeing Ltd., 545 Clyde Av., West Vancouver, B.C, Canada

1. UVOD

Integrani mostovi, često nazvani integralni oporci, su mostovi bez dilatacionih spojnica gde je kolovozna konstrukcija kontinualna i monolitno vezana sa zidom oporca mosta (Sl.1.1). Integralni most eliminiše probleme u vezi sa pomeranjima čvorova mostovske konstrukcije, a samim tim i probleme u vezi sa osloncima mosta. Unapredjenje dobijeno gradnjom integralnih mostova je u sledećem:



Sl.1.1 Pojednostavljena shema integralnog mosta

1. Poboljšava preraspodelu opterećenja na mestu oslonaca što unapređuje konstruktivni system naročito za seizmičko opterećenje

- Redukuje broj šipova oporaca
- Povećava kapacitet mosta, a samim tim umanjuje oštećenja mosta za korišćenje nedozvoljenih preopterećenja
- Daje veću otpornost na sile uzgona u zoni oporaca
- Omogućuje samanjene krajnjih raspona u odnosu na srednji raspon. Mogući su veći srednji rasponi za slučaj nadvožnjaka i slično

2. Daje superiornu zaštitu kraja mostovskih greda

- Eliminise procurivanje površinske vode u mostovske kritične konstruktivne elemente
- Eliminise skupljanje prljavštine, u zoni spojnica
- Eliminise skupa mostovska ležišta i ankere što doprinosi smanjenju potrebne preciznosti izvodjenja, a samim tim ubrzava izvodjenje
- Redukuje cenu održavanja mosta
- Eliminise kolovoznu dilataciju
- Omogućuje neometanu vožnju u zoni oporca.

Danas je upotreba integralnih mostova u Kanadi i Americi postala rutinska pojava. Izveštaji o ponašanju ovih mostova u preko 20 godina su ohrabrujući i ograničavajuća dužina mostova godinama raste skoro do 300m (vidi tabelu 1). Do sada najduži izvedeni integralni most je Happy Hollow Creek u drzavi Tennessee, USA sa totalnom dužinom od 358m (sl 2)

Takodje je veoma populana rehabilitacija postojećih mostova u integralne mostove, u cilju produžavanja veka mostova i smanjenja cene održavanja. Generalno se

može zapaziti da je primena integralnih mostova najčešća za mostove maksimalne dužine do 100m, što predstavlja za veći broj zemalja 95% od ukupnog broja mostova.

Tabela 1- Dužine integralnih mostova u SAD i Kanadi

	Čelici mostovi [m]	Betonski mostovi [m]
Washington, USA	91	107
Ilinois, USA	152	244
Ontario, Kanada	95	125
New Jersy	140	140
Tennessee, USA	152	244
Colorado, USA	195	240

2. PROBLEMI U VEZI SA INTEGRALNIM MOSTOVIMA

Pored izuzetno velikih pogodnosti dobijenih korišćenjem integralnih mostova treba nešto reći i o problemima:

- Funkcija integralnih oporca u osnovi je geotehničke prirode.
- Dvoznačna horizontalna ciklična pomeranja oporaca usled temperature promene, saobraćajnog opterećenja prouzrokuju sleganje tla iza oporaca. Rezultat ovih sleganja je zona bez kontakta sa tlom kod prelazne ploče.
- Eliminacijom dilatacionih spojnica kod kontinualnih nosača može prouzrokovati sekundarne napone u glavnoj konstrukciji. Ove sile, proizašle zbog skupljanja betona, temperaturnih promena, različitog sleganja oslonaca, različite deformacije nosača i pritiska tla na oporce, mogu da prouzrokuju prsline na betonskim mostovskim oporcima.
- U postojećoj literaturi se navodi da se za integralne mostove zakošenje mostova može tolerisati do 30 stepeni. U slučaju zakošenja, prilikom proračuna uprošćenom metodom treba biti obazriv jer uprošćeni metod ne uzima u obzir torziju. Ciklična promena pasivnog pritiska na oporce zakošenih mostova izaziva tendenciju za rotacijom mosta.
- Funkcija mostovskog oporca može biti narušena probijem vode iza oporca u zoni prelazne ploče
- Za korišćenje integralnog oporca mora da postoji “masivni” nasip iza oporaca
- Integralni mostovi mogu da se koriste samo do određene dužine, mada danas maksimalna dužina nije u pravom smislu definisana što se slikovito vidi iz priložene tabele 1. Analizirajući tabelu 1 lako je zaključiti da se za betonske mostove dozvoljava veća dužina nego za čelične mostove, a to proističe iz razloga što su sezonska termalna izduženja čeličnih mostova za oko 20% veća nego kod betonske mostove.

- Sposobnost šipova da private i prenesu na tlo vertikalno opterećenje je smanjena kada na šipove u isto vreme deluje horizontalna sila. Proračunom šipova bi trebalo da se naponsko stanje u šipovima zadrži na odgovarajućem malom nivou što je veoma problematično zbog velikog broja parametara koji utiču na veličinu napona, kao što su temperaturna promena, veličina pokretnog opterećenja, dužina mosta, krutosti tla, krutosti kolovozne konstrukcije i težine oporca mosta.
- Kako je objašnjeno u prethodnoj tački, mnogo je parametara u igri za projektovanje šipova koji prihvataju teret od integralnog oporca te je iz tog razloga teško preporučiti valjane generalne smernice za sve mostove sa integralnim oporcima.
- Nedostatak iskustva i saznanja sa projektovanjem integralnih mostova rezultuje veoma detaljnim proračunima što poskupljuje projektovanje.

3. ISKUSTVO

Danas gotovo svaka država u Kanadi i Americi razvija predloge za izvođenje integralnih mostova. Generalno ovi predlozi su veoma slični a radi ilustracije se navode modifikovani predlozi iz Alberta, Kanada [13]:

1. Ako je ikako moguće koristiti integralni oporac
2. Za fundiranje se preporučuju jedan red H-sipovi koji su orijentisani tako da je osa slabije krutosti orijentisana u pravcu ose mosta. Ovakvom orijentacijom sipova se postize da se oporac može poduzno pomerati sa većom fleksibilnošću. (U vezi orijentacije sipova postoje oprečna mišljenja. Studija urađena 1983 [1] pokazuje da postoji različito mišljenje o orijentaciji sipova, 15 država podržava orijentaciju sipova sa svojom jačom krutošću u pravcu temperaturnih pomeranja dok u 13 država je pravilo da se sipov orijentisu tako da temperaturna pomeranja izazivaju savijanja sipova oko osovine sipova sa slabijom krutošću. U sustini oba načina su se pokazala da zadovoljavaju nameni. U slučaju velikih pomeranja, sipovi mogu da se izvedu u zaštitnim čeličnim cevima “pile casing”. Ukoliko postoji mogućnost da tokom vremena dođe do gubitka kontakta između osnovnog sipa i materijala ispune u zaštitnim cevima preporučuje se korišćenje zaštitnih sipova bez materijala ispune. Zaštitne cevi moraju da se projektuju tako da zaštita od korozije može da omogući najmanji vek trajanja kao što se predviđa za sami most. Koristiti najmanje moguće preseke sipova koji odgovaraju propisanoj nosivosti i veku trajanja sipova.
3. Koristiti H-sipove sa maksimalnom duktilnošću i elastičnošću za ciklično opterećenje na savijanje. Krute čelične cevi ili betonski sipovi se ne preporučuju za integralne oporce.
4. Projektovati oporce, krilne zidove i prelazne ploče, što je moguće manje da bi se zapreminski umanjila konstrukcija i tlo koje se pomera usled temperaturnog pomeranja glavne mostovske konstrukcije. Tamo gde je neophodno koristiti kaskadnu obradu tla u cilju smanjenja krilnih zidova oporaca. U cilju smanjenja krutosti koristiti što je moguće manje visine mostovke konstrukcije u prvim rasponim blizu oporaca ili ako je to moguće koristiti grede sa promenljivom visinom.

5. Prelazne ploce trebalo bi da budu iste duzine kao krilni zidovi oporaca tako da se kontrolna dilataciona spojница može oformiti na krajevima krilnih zidova.
 - Za duzinu mostova ispod 50m nije potrebno ostavljati spojnicu za predviđeno izduženje mosta.
 - Za mostove između 50m do 100m mora da se predvidi dilataciona spojница koja će da absorbuje izduženje mosta.

Duzina krilnih zidova treba da bude sto je moguće kraća. Sleganje tla ispod prelazne ploce treba redukovati na sto je moguće manju meru. Ako je neophodno, iz razloga mogućeg sleganja povećati duzinu prelazne ploce. Generalno pravilo je da promena nagiba prelazne ploce usled sleganja bude u granicama između 0.5% do 0.8%.
6. Izbegavati visoke oporce, izuzev kod mostova sa krakim rasponima gde se očekuju mala prihvatljiva pomeranja. Za slučajeve velikih oporaca za velike mostove treba predvideti neki nezavisni potporni zid system koji se ne pomera sa integralnim oporcem
7. Maksimalno zakrivljenje mosta generalno treba biti manje od 30.
8. Interakcija između mostovske konstrukcije i tla će usled temperaturnog pomeranja izazove pojavu pasivnog pritiska iza oporaca. Pritiskujući napon izazvan pasivnim pritiskom na krajevima mostovske konstrukcije smanjuje ciklična pomeranja na krajevima prelaznih ploca. Naponi u mostovskim gredama su generalno mali ali se računski moraju uzeti u obzir.
9. Pasivni pritisak na kraju mostovske konstrukcije može da se aktivira koriscenjem konstruktivnih elemenata koji mogu da prenesu poduznu silu pritiska. Iz tog razloga se preporučuje da minimalna debljina zida oporca bude 1.2m.
10. Efekat koriscenja “mekog” ekspandirajućeg materijala iza integralnog oporca radi smanjenja pasivnog pritiska se dovodi u pitanje. Koriscenje ekspandirajućeg materijala se ne preporučuje. Meki ekspandirajući material može pod pritiskom nasutog materijala da dobije površinsko oštećenje. U dužem periodu ciklično opterećenje može da izazove progresivno plastično oštećenje gde najčešće dolazi do ekspanzije na stranu nasutog materijala. Na ovaj način dolazi do narušavanja kompaktnosti nasutog materijala. Ovo može da prouzrokuje nejednako pomicanje oba oporca.
11. Proboj vode može da prouzrokuje veliki problem u vezi funkcionisanja integralnog mosta. Ako je prelazna ploca projektovana sa ivicnjacima veoma je važno, iz razloga akumuliranja vode, da se površinska voda kanalizuje i odvede od mosta.
12. Koristiti granulirani sljunak za nasipanje sa postizanjem kompaktnosti 95% po Proktoru iza oporaca. Predvideti drenazu iza mostovskog oporca.
13. U slučaju koriscenja wootpornog celika (weathering steel) predvideti radioničko farbanje mostovskih glavnih greda u zoni od 1.2m pri oporcima kako bi se sprečilo prljanje lica mostovskih oporaca rdjavoscu glavnih mostovskih nosaca.
14. Način izvođenja mosta mora da se uzme u obzir. Treba predvideti dodatnu armaturu u kolovoznoj ploči u zoni oporaca za prihvatanja uticaja sila reakcija prouzrokovanim rotacijom oporca, skupljanja betona, prednaprežanja i načinom

izvodjenja. Ako je to potrebno predvideti privremeni klizajući oslonac za skracenja betona usled prednaprezanja.

15. Ispod prelazne ploce postaviti dva sloja plasticnog materiala radi smanjenja trenja koje se suprotavlja poduznim pomeranjima. Prelaznu ploču povezati sa mostovskim oporcem koristeći armiranu vezu koja omogućuje slobodnu rotaciju veze.
16. Pomeranja ograde mosta na mestu prelaza između mosta i prelazne ploce generalno mogu da prate deformacije tla ako je most kraci od 100m. Za veće duzine mostova mora da se predvidi dilataciona spojница u ogradi.
17. Medjustubovi integralnog mosta imaju isti zadatak kao kod konvencionalnih mostova. Jedan od glavnih zhteva medjustubova za integralne mostove je da akumuliraju velika pomeranja i da učestuju u prenosu jednog dela poduznih sila usled pomeranja glavne strukture mosta. Oporaci i medjustubovi mosta moraju biti projektovani za velika pomeranja. Pomeranja izazvana temperaturnom promenom u kombinaciji sa vertikalnim opterećenjima su u principu primarna za projektovanje, ali se medjustubovi moraju proveriti i na pomeranja od skupljanja i tecenja betona. Ako je pomeranje na oba oporca i medjustubovima ujednaceno mogu da se koriste nepomerljiva lezista na medjustubovima, u svakom drugom slucaju treba koristiti pomerljiva lezista. [12]

4. MERENJA NA IZVEDENIM OBJEKTIMA

Danas se mnogo radi na tome da se putem merenja postojećih integralnih mostova daju odgovori na mnoga još nerazjasnjena pitanja u vezi ponasanje konstrukcije i tla kao što su:

- Kako H-sip treba da bude orijentisan u odnosu na osu mosta?
- Koji metod za projektovanje treba koristiti kada most predje empiriske granice?
- Koje komponente konstrukcije mosta zahtevaju detaljniju analizu?
- Koliko masa mostovske konstrukcije može da prihvati dnevne temperaturne promene?
- Koliko zakosenje utice na integralni most?

Ovde se navode merenja urađena od strane Purdue Univerziteta za Indiana DOT [4].

Most preko Mississinewa reke - SR18 je ukupne duzine oko 112m sa zakosenim krajevima pod uglom od 8 stepeni. Merena su poduzna i poprecna relativna pomeranja između oporaca i relativna pomeranja na nekim od sipova. Merenja pokazuju da oporci veoma malo rotiraju (vidi Sl. 4.1). Merenje pomeranja pokazuju identično pomeranje oporaca ukazujući na simetrično ponasanje oporaca. Stvarno pomeranje oporca je upoređeno sa računskim pomeranjem računato formulom:

$$\Delta L = \alpha(\Delta t)L$$

Eksperimenti pokazuju da su stvarna merena pomeranja oporaca nešto manja od računskih pomeranja. To ukazuje da je uticaj pasivnog pritiska, otpor sipova i trenje između prelazne ploce i tla učinilo da pomeranja budu manja.

5. FAZE IZVODJENJA INTEGRALNIH MOSTOVA

Integralni mostovi se u generalnom izvode slično kao konveacionalni mostovi, ali postoje izvesni elementi koje treba uzeti u obzir prilikom izvodjenja. Na prvom mestu su pomeranja usled temperaturnih promena prilikom betoniranja kontakta kolovozne konstrukcije i oporaca. Dnevna promena duzine mostovskih greda otežava izvodjenje, narocito ako se radi o duzim mostovima. Sledeci problem za izvodjenje integralnih mostova predstavlja rotacija i translacija mostovskih greda usled sopstvene težine greda i kolovoza u toku izvodjenja. Problem se tipicno javlja u momentu kada za vreme betoniranja kolovoza dolazi do deformacije mostovskih nosaca. Veoma je vazno da projektant specifira u projektu medju-faze izvodjenja koje ce dati smernice izvodjenja izvodjaju radova.

Radi umanjenja uticaja od temperaturnih pomeranja i deformacija usled sopstvene duzine preporucuje se sledeci redosled izvodjenja integralnih mostova:

1. Posle izvedenih sipova betonirati oporac do visine lezista za betonske grede. Betonirati krilne zidove oporca zajedno sa oporcima.
2. Montirati mostovske grede. Vezu izmedju greda i oporaca obezbediti putem prethodno instaliranih ankeri. Rupa za ankernu vezu na donjoj flansi mostovskog nosaca treba da je veca nego anker u poduznom smislu da bi se omogucilo pomeranje grede uled temperaturne promene. Matica ankeri treba ovals pritegnuti ostavljajuci zazor koji ce omoguciti da greda slobodno rotira za buduće stalno opterećenje
3. Betonirati kolovoznu konstrukciju u sekvencama isključujući deo kolovoza u kontaktu sa oporcima, kako bi se omogucilo mostovskim gredama da slobodno rotiraju usled sopstvene težine konstrukcije. Na ovakav način neće doći do pojave momenta na mestu veze izmedju kolovozne konstrukcije i oporaca usled sopstvene težine.
4. Betonirati deo kolovozne konstrukcije u kontaktu sa oporcima
5. Pritegnuti matice na oslonackim ankerima. Posto u ovom trenutku nema nasutog materijala iza oporca, mostovski oporaci se opiru silama prouzrokovanim temperaturnim promenama bez pomoci pasivnog pritiska.
6. Postaviti drenazu iza oporaca. Nasuti uz propisano nabijane granulisanog sljunga iza oporaca. Postaviti plasticnu klizajucu membranu za prelaznu ploču. Betonirati prelaznu ploču pocinjući betoniranje od ivice koja je u poduznom smislu najdalje od oporaca. Nastavke betoniranja, ako je to potrebno, bi trebalo locirati 150 mm iza zida oporca na mestu kontakta prelazne i kolovozne mostovske ploče. Na ovaj način će se dobiti "pravilna" kontrolisana prslina.
7. Ako je moguće asfalt treba postaviti u ranim jutarnjim casovima kako bi se izbegle pukotine u asfalu usled izduženja kolovozne ploče.

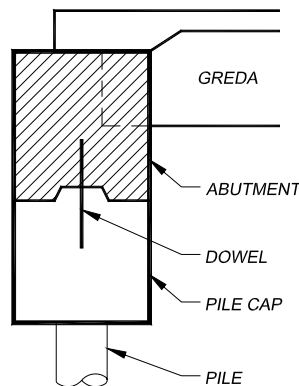
6. SEMI INTEGRALNI OPORCI

Pored integralnog oporca u praksi se veoma cesto koristi semi integral oporac. Iako nije ekonomican kao integralni oporac ovaj tip oporca se može veoma lako prilagoditi za različite situacije, narocito kada se postojećci mostovi preuredjuju u

integralne mostove radi održavanja mosta u funkciji ili radi smanjenja budućih troškova održavanja.

Semi integralni oporac je kombinacija između integralnog oporca i konvencionalnog oporca. Semi integralni oporac je veoma sličan integralnom oporcu izuzev što horizontalna spojnica oformljuje zglobni cvor između oporca i sipova. Radi prenosa horizontalnih smicucih sila koristi se čelična “bolcna” koja spaja gornji i donji deo strukture na horizontalnoj spojnici. Semi integralni oporac se preporučuje iz razloga eliminacije pasivnog pritiska ispod oslonacke zone mosta na oporac i u slučaju dugackih mostova za smanjenje fundamenata koji se opiru poduznim pomeranjima. Prednost semi integralnog oporca je ta što ponasanje glavne konstrukcije mosta je nezavisna od tipa fundiranja. Ako se koristi semi integralan oporac treba izbegavati oslanjanje na samo jedan red sipova.

Pozeljno je koristiti zakosene sipove. Ako to uslovi tla dozvoljavaju moguće je fundiranje uraditi na klasičnim temeljima bez sipova.



7. PROJEKTOVANJE INTEGRALNIH MOSTOVA

Zbog nedostatka standarda projektovanje integralnih mostova je bilo veoma otežano. Tokom vremena inženjeri su projektovali sve duže i duže integralne mostove koristeći iskustva stecena iz predhodnih izvedenih objekata. Uvođenjem kompjutera u projektovanje praktički je počeo razvoj na računskim metodama za proračun integralnih mostova, tako da danas imamo veliki broj razvijenih metoda za proračun integralnih mostova. Uglavnom sve metode proračuna mogu da se svedu pod tri metoda:

1. *Proračun bez analize horizontalnih uticaja*

Najčešće se javlja u slučajevima kada postoji istorija korišćenja integralnih mostova i kada je definisan standard sa detaljima integralnih mostova. To su mostovi male dužine čija su zakosjenja u odgovarajućim propisanim granicama.

2. *Pojednostavljen metod proračuna*

Glavna karakteristika ovakvog proračuna je da se uradi proračun integralnih oporaca nezavisno od glavne konstrukcije mosta. Najčešće se proračun radi po metodi Wasserman-a koji je objavljen u AISI/NSBA Highway Structures Design Handbook, Volume II, Chapter 5 [11]

3. *Rigorozna analiza*

Sa razvojem novih softvera po principu konačnih elemenata koji imaju mogućnost simulacije interakcije tla i konstrukcije danas je moguće uraditi detaljnije proračune integralnih mostova. Prednost rigorozne metode je u tome što omogućuje inženjerima vrlo detaljno sagledavanje problema. Mana ove metode je što zahteva veliki unos podataka i što tačnost rešenja u potpunosti zavisi od unesenih parametara za tlo. Više informacija o ovoj metodi može da se nađe u članku “Soil Structure Analysis of Integral Abutment Bridges” Christou.

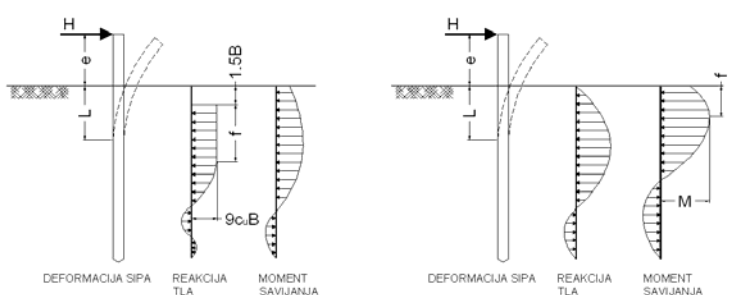
7.1. Pojednostavljen metod proračuna

Koncept integralnog mosta zasniva na postavci da se sile izazvane temperaturnom promenom prenose na tlo putem fleksibilnih sipova sa ukljestenom vezom izmedju mostovske konstrukcije i oporaca. Fiksna veza izmedju mostovskih greda i oporaca se dobija betoniranjem greda u oporce mosta. Ova veza omogućuje prenos uticaja od temperaturne promene i rotacionog pomeranja usled pokretnog opterecenja na sipove. U pojednostavljenim metodima proracuna se najcesce veza izmedju mostovskih greda i oporaca konzervativno tretira kao zglobna, a najnepovoljniji uticaj ukljestene veze se samo proverava.

Analiza nosivog sipa na horizontalna pomeranja je kompleksno zato sto sadrzi dva zavisna elementa, elastican sip i tlo. Deformaciona linija sipa je zavisna od odgovora tla, i obrnuto, odgovor tla je zavisan od deformacije sipa. Resenje ne moze da se dobije statickom metodom uslova ravnoteze. Pored navedene problematice relacije sip-tlo, odgovor tla je nelinearna funkcija deformacije sipa. Zbog nelinearne interakcije izmedju sipova i tla za horizontalne uticaje projektovanje integralnih mostova je komplikovano. Analiticko resenje je jedino moguće dobiti za pojednostavljen slucaj kada je krutost tla konstantna duz sipa i tlo se elastичno ponasa [3]. Glavna karakteristika ovoga metoda proracuna je ta sto redukuje kapacitet sipa na vertikalno opterecenje iz razloga pojave horizontalnog pomeranja.

7.1.1. Metod zamenjujuće konzole

Za proracune, problem moza da se pojednostavi ako se odredi tacka ukljestenja sipa, metod zamenjujuće konzole. Ovom metodom sip se zamenjuje sa konzolom odgovarajuće duzine koja zavisi od karakteristike tla, sirine sipa, horizontalnog opterecenja i stepena ukljestenja izmedju sipa i oporca [8] [9] [10]. Ovaj metod proracuna je prvi put predlozen od strane Greimann, Wolde-Tinsea (1988) i Abendroth, Greimann and Ebner (1989) studijom rezultata dobijenih metodom konacnih elemenata. Rezultati dobijeni ovom metodom su pokazali dobro podudaranje sa nelinearnom analizom metodom konacnih elemenata (MKE), i da su uvek na strain sigurnosti (konzervativniji). Griton (1991), koji je experimentima uporedio rezultate proracuna zamenjujućom konzolom, je zakljucio da je ova metoda zadovoljavajuće tacna za koriscenje u proracunima. Moze se slobodno reci da je metod zamenjujuće konzole najbilje prihvacen od strane inzenjera u Americi i Kanadi, te ce se u daljem tekstu nesto vise reci o metodi proracuna.



Sl. 7.1 Horizontalno opterećen sip u kohezivnom tlu -Brom

Sl. 7.2 Horizontalno opterećen sip u tlu bez kohezije -Brom

Predložena metoda zamenjujuće konzole je računski proverena nelinearnom analizom koriscenjem programa LPILE [10]. Dobijeni rezultati potvrđuju koriscenje ove uprosćene metode. Uporedna analiza se može pronaci u Iowa DOT Project TR – 486 [10].

Dalja upotreba zamenjujuće konzole u okviru konstruktivnog sistema u raznim fazama izvođenja može da se vidi iz Sl.7.3, Sl.7.4, Sl.7.5 [15].

	<p><i>Sl.7.3 Pojednostavljen ramovski model za integralni most za gravitaciono opterećenje pre nego što oporac postane ukomponovan u konstruktivni system 15]</i></p>
	<p><i>Sl.7.4 Pojednostavljen ramovski model za integralni most za gravitaciono opterećenje u momentu kada oporac postane ukomponovan u konstruktivni system 15]</i></p>
	<p><i>Sl.7.5 Pojednostavljen ramovski model za integralni most u trenutku termalne ekspanzije [15]</i></p>

7.2. Pomeranja mosta usled temperature promene

Temperatura konstrukcije je u stalnom procesu promene zavisno od meteoroloskih uslova. Meteoroloski uslovi su veoma kompleksni za potpuno razumevanje i generalno se izdvajaju sledeće uticajni parametri (Moorty i Roedder, 1992; Potgier i Gamble, 1989; Hoffman 1983):

- Dnevna promena temperature
- Solarna radijacija

- Brzina vetra
- Termalne karakteristike materijala konstrukcije
- Padavine

Prakticna analiza temperaturnog uticaja na konstrukciju je definisanje varijacija temperatura po visini nosaca koja se sastoji iz dva dela:

- Temperaturna razlika
- temperaturna promena po visini nosaca.

Prilikom projektovanja projektant mora da definise temperaturu prilikom izvođenja kako bi se moglo definisati maksimalno izduženje i skraćenje. AASHTO Standard Bridge Specification (1996) je propisao jednostavan način za proračun deformacije u zavisnosti od temperaturne promene bez obzira da li se radi o konvencionalnim ili integralnim mostovima po poznatom izrazu:

$$\Delta L = \alpha(\Delta t)L_b, \quad (7.2.1)$$

gde je:

α - temperaturni koeficijent

Δt -predstavlja temperaturnu razliku između očekivane maksimalne/minimalne temperature i temperature u toku izvođenja

L_b - dužina mosta

$\Delta L/2$ - pomeranje oporaka

U cilju korišćenja za projektovanje mostova u Iowi, USA urađena su eksperimentalna istraživanja za definisanje temperaturnog koeficijenta α u zavisnosti od vlažne sredine. Mnogo detaljnija informacija u vezi temperaturnog koeficijenta može da se nađe u izveštaju Iowa DOT Project HR-399: "Field Testing of Integral Abutments" [15]

Iz grafikona (Sl.4.3) se može videti da su stvarna merena pomeranja mosta nešto manja od računskih pomera zbog uticaj pasivnog pritiska, otpora sipova i trenje između prelazne ploče i tla. Generalno je prihvaćeno da gore navedena jednačina, gde je pomeranje mosta linearna funkcija temperaturne promene, zadovoljava juće reprezentuje deformacije mosta izazvane temperaturnom promenom Sl.7.2.2.

Integralni mostovi u svom veku prezivljavaju ogroman broj ciklusa skraćanja i izduženja, gde se maksimalna izduženja događaju u najtoplijem letnjem periodu, a maksimalna skraćanja u najhladnijem zimskom periodu. Pored maksimalnih izduženja i skraćanja integralni mostovi imaju dnevne cikluse koji su učestaliji nego sezonski ciklusi. Lawver (2000) je eksperimentima na mostovima u Minnesoti pokazano da dnevna pomeranja variraju između 10% - 40% u odnosu na godišnja pomeranja, što pokazuje da dnevna pomeranja mostova značajno utiču na ponašanje integralnih mostova. Za prezentaciju godišnjeg i dnevnog ciklusa predložena je matematička idealizacija kombinacijom dve sinusne funkcije [14]:

$$f(t) = a \sin(At) + b \sin(Bt) \quad (7.2.2)$$

gde je:

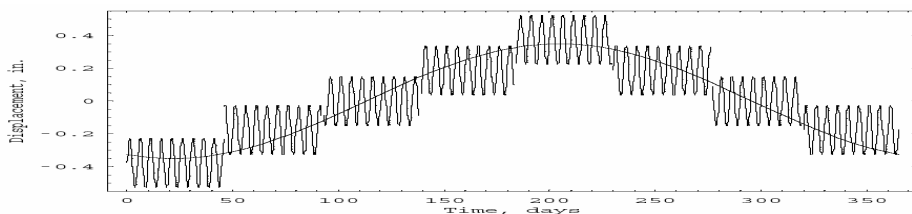
t - vreme merenja,

a - najveća sezonska pomeranja,

A - frekvencija sezonskih pomeranja,

b - najveća dnevna pomeranja i

B - frekvencija dnevnih pomeranja.



Sl.7.2.1 Graficka prezentacija temperature-pomeranje sa dve separatne sinusne funkcije [14]

Jednacina (7.2.2) podrazumeva da dnevna pomeranja su ista tokom godine. To u sustini nije tacno, ali ako se dnevna temperature konzervativno usvoiji, funkcija data jednacynom (7.2.2) se moze koristiti za modeliranje godisnjeg ciklusa temperature-pomeranje na jedan jednostavan nacin.

7.3. Vertikalna pomeranja i opterećenje tla na oporac

Interakcija izmedju oporaca i nasutog tla iza oporaca prouzrokuje stalnu promenu pritiska tla na oporce. Velicina i smer pomeranja oporaca je glavi factor za pritisak tla na oporce. Pritisak zemlje se povecava prilikom izduzenja mosta, i obrnuto, smanjuje kada se javljaju skracenja. Horizontalna krutost u pravcu ose mosta nasutog tla iza oporaca je glavni factor suprodstavljanja pomeranjima oporaca. Horizontalna krutost dela tla u kontaktu sa sipovima ima uticaja na savijanje sipova, ali skoro nikakav uticaj na pomeranje oporaca. Eksperimentalna merenja pritiska zemlje na oporac od strane Sanford-a (1994) su pokazala da se najveći pritici na oporac javljaju na 1/3 visine oporca, sto priblizno odgovara visini donje ivice mostovske grede. Ova merenja su takodje pokazala za zakosene mostove da je pritisak na oporce veci na starani gde je ugao oporca i ivice kolovozne ploce veci od 90 stepeni (tacka 2 na Sl.7.4.1). Tokom vremena nasuto tlo iza oporaca ce pretrpeti nabijanje zbog stalnog izduzenja i skracenja mosta.

Pojava pritiska tla na oporac mosta izaziva pojavu smicuce sile na vrhu sipa, na kontaktu oporca i sipova. Ove sile su sa svojom lokacijom ispod tezista konstrukcije sistema mosta te izazivaju zatezane gornje ivice (negativan momenat savijanja) mostovske konstrukcije na mestu kontakta sa oporcima. Takodje rezultanta pasivnog pritiska tla je najcesce ispod tezista konstruktivnog sistema mosta te povecava zatezane u gornjoj zoni (negativan moment) na krajevima mosta. Negativan moment na kraju mostovskih greda, na kontaktu sa oporcima, smanjuje pozitivan moment u polju.

Zbog velikog pasivnog pritiska aktiviranog poduznim izduzenjem mosta dolazi do pojave velike aksialne sile u mostovskim grednim nosacima. Ignorisanjem ovog uticaja moze da se desi da grede ne zadovoljavaju kriterijume stabilnosti propisane standardima za projektovanje mostova.

7.4. Horizontalna pomeranja i opterećenje na oporac

Studijom vec izvedenih integralnih mostova se doslo do zakljucka da deformacija rotacije oporca za svega 5% moze da izazove sleganje nasutog tla iza oporca, te je veoma vazno racunski definisati pomeranja integralnih mostova. Na Sl.7.4.1 je prikazana tipicna deformacija inegralnog mosta sa jednim rasponom i sa zakosnim

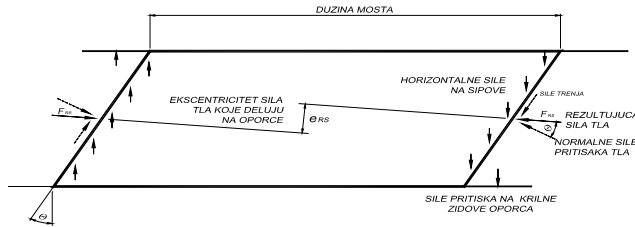
oporcima za ugao Q . Usled temperature promene, skupljanje betona i tecenja neka izabrana tacka A na nedeformisanoj osi oporca ce se pomeriti u poziciju A'. Rezultujuce pomeranje tacke A moze da se predstavi sa dve komponente pomeranja d_l i d_t . Pasivni pritisak tla na oporce mosta prouzrokuje rotaciju b kompletne koonstrukcije mosta u smeru obrnutom od kazalje na satu za slucaj prikazan na Sl.7.4.1. Na pojednostavljenom modelu Sl.7.4.3 uocljivo je da pasivne sile tla kod zakosenih integralnih mostova, zbog ekscentriciteta, izazivaju horizontalne sile a samim time i horizontalnu rotaciju mosta. Za mostove koji imaju veci uga zakosenja od 25 stepeni mora da se proverii rotacija sistema.

$$\delta = \tan^{-1}(0.8 \tan \phi_f) \quad 7.4.1$$

gde je:

δ = beton – tlo ugao trenja

ϕ_f = ugao untrasnjeg trenja tla

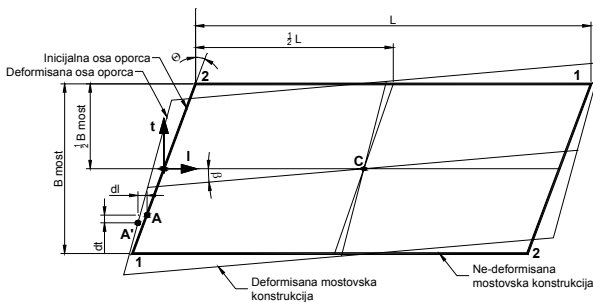


Sl.7.4.2 Relacija horizontalne rotacije integralnog oporca i poduznog pomeranja

Ako je δ vece ili jednako od ugla zakosenja mosta most neće imati tendenciju za rotacijom, i obrnuto ako je δ manje od ugla zakosenja mosta mora da se proverii rotacioni moment. Rotacija mostovskog sistema je jednaka proizvodu rezultante pritiskujucih sila na oporce i eksecntriciteta opozitnih sila Sl.7.4.3.

$$MRS = FRS \times E_{rs} \quad 7.4.2$$

Sipovi i krilni zidovi oporca treba da se racunaju na ovaj rezultujuci moment. Radi uprosćenja moze da se usvoji da je sila koja deluje na sipove pod uglom od 90 stepeni na pravac ose mosta.



Sl.7.4.1 Poduzno pomeranje i horizontalna rotacija integralnog mosta sa jednim rasponom [15]

8. ZAKLJUČAK

Projektovanje i gradjenje integralnih mostova su znacajan napredak u gradjevinskoj praksi u poslednjih 20 godina. Saznanje o ponasanju ovih mostova svakim danom se unapređuje i moze se sa sigurnoscu reci da je pitanje dana kada ce se pojaviti standardi za projektovanje i izvodjenje. Najveci problem su razlicitost klimatskih uslova i neusaglasenost nacin modeliranja oporaca integralnog mosta.

Zbog nezadovoljavajucih sredstava za odrzavanje mosova veoma je vazno projektovati i izvoditi mostove bez dilatacionih spojnica, a narocito sagledati mogucnosti preradom postojece konvenkcionalne mostove

9. LITERATURA

1. Wolde-Tinsae A.M., Greimann D.M, Young, P.C.: Skewed bridges with integral abutments. Transportation research record 903; TRB, National research Council, Washington D.C; 1983; pp. 64-72
2. Zobel Henryk : Naturalne zjawiska termiczne w mostach. Wydawnictwa Komunikacji I Lacznosci, 2003, ISBN: 83-206-1505-4
3. Diceli M.: Simplified model for computer-aided analysis of integral bridges. ASCE, Journal of Bridge Engineering 5 3 (2000), pp 240-248
4. Robert J. Frosch, Purdue University, Michael Wenning, American Consulting, Inc., Voraniti Chovichien, Thai Engineering Consultants Co, Inc.: The In-Service Behavior of Integral Abutment Bridges: Abutment-Pile Response
5. S. Jayakumaran, PhD., P.E., Project Structural Engineer, Gannett Fleming, Michael Bergmann, P.E., Structures Design Supervisor, New York State Department of Transportation, Syed Ashraf, P.E., Project Geotechnical Engineer, Gannett Fleming: Charles Norrish, P.E., Project Manager, Gannett Fleming: A Jointless Structure to Replace the Belt Parkway Bridge Over Ocean Parkway
6. Yasser a. Khodair , Sophia Hassiotis: Analysis of pile soil interaction
7. John Gordon DeLano: Behavior of pile-supported integral abutments at budge sites with shallow bedroc
8. Broms, B.B. Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 90, No. SM2, March 1964, pp. 27-63.
9. Broms, B.B. Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 90, No. SM3, May 1964, pp. 123-156.
10. F. W. Klaiber, D. J. White, T. J. Wipf, B. M. Phares, V. W. Robbins: Development of abutment Design Standards for Local Bridge Designs, Volume 1 of 3, Iowa DOT Project TR - 486
11. Edward P. Wasserman, P.E. and John Houston Walker, P.E.: Integral Abutments For Steel Bridges, AISI/NSBA Highway Structures Design Handbook, Volume II, Chapter 5.
12. NJDOT Design Manual for Bridges and Structures: Integral Abutment Bridges
13. Alberta Transportation: Appendix C – Guidelines for Design of Integral utments
14. VDOT: Chapter 3 – Thermal Bridge Displacements
15. Robert E. Abendroth, Lowell F. Greimann, Iowa DOT Project HR-399: Field Testing of Integral Abutments

Dušan Kovačević¹

RAZVOJ METODE KONAČNIH ELEMENATA – TEHNOLOGIJE ZA MODELIRANJE KONSTRUKCIJA

Režime: U radu se daje sažet prikaz istorijskog razvoja metode konačnih elemenata (MKE) sa posebnim osvrtom na zasnovanost, osnovne principe i pravce budućeg razvoja metode.. Zasnovanost MKE prikazana je klasifikacijom kojom se definiše mesto MKE u Mehanici. Osnovni principi na kojima se bazira MKE dati su u odnosu na aspekte modeliranja konstrukcija, samo jednog od mnogobrojnih polja primene MKE. Istaknut je značaj komplementarnog razvoja MKE i računarske tehnologije, s obzirom na suštinsku povezanost ovih oblasti. Dati su i pravci poželjnog budućeg razvoja MKE, u skladu sa potrebama naučnoistraživačkog rada, obrazovanja i svakodnevne projektanske i nženjerske prakse.

Ključne reči: metoda konačnih elemenata, modeliranje konstrukcija, računarska tehnologija, obrazovanje

FINITE ELEMENT METHOD DEVELOPMENT – STRUCTURAL MODELING TECHNOLOGY

Summary: In this paper the brief historical review of finite element method (FEM) evolution is given, especially method establishing, basic principles and future development directions. FEM establishing is illustrated by the classification which defines the FEM position in Mechanics. Basic FEM principles are given regard to structural modeling aspects, only one from various FEM application fields. Importance of complement development of FEM and computer technology according to essential association of these domains is emphasized. Affordable directions in future FEM development according to needs of scientific work, education and everyday design and engineering practice, are given.

Key words: (Style Sumtitle) finite element method, structural modeling, computer technology, education

¹ Prof. dr Dušan Kovačević, dipl.inž.građ. Građevinski odsek, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija

UVOD

MKE pripada grupi numeričkih metoda tzv. "diskretne" analize. Rezultat primene "analitičkih" metoda je rešenje za klasu problema u obliku funkcija koje definišu polje tražene veličine (pomeranje, deformacija, napon, sila, ...). MKE rešenje dobija se za pojedinačne probleme i definisano je vrednostima polja tražene veličine u prethodno izabranim tačkama sistema.

MKE je zasnovana na fizičkoj diskretizaciji, tj. podeli sistema na elemente konačne veličine - konačne elemente (KE). Ideja o diskretizaciji (usitnjavanju, dekompoziciji, tj. zameni jednog kontinualnog sistema određenim brojem odgovarajućih podistema-elemenata) datira još iz vremena kada je počelo da se razmišlja o rešavanju složenih zadataka svođenjem na kombinaciju jednostavnijih i pojedinačno lako rešivih. Poznati su primeri izračunavanja dužine složenih linija ili površine kompleksnih geometrijskih figura kao zbira dužina ili površina odgovarajućih (po veličini, broju, obliku i rasporedu) jednostavnih linija ili figura.

Za te pokušaje, između ostalog, karakteristična je analiza "tačnosti rešenja", tj. "greške proračuna" neke veličine. Koncept tolerisanja "izvesne greške", pod uslovom da se ne umnožava, čime postaje "prihvatljiva greška", zadržan je i u savremeno doba razvoja MKE.

Ako se tehnologija shvati kao "nauka o primeni znanja" MKE je dobila status tehnologije za analizu konstrukcija kada je prestala da bude "oblast naučnoistraživačkog rada" i postala podrazumevani deo projekatntske prakse.

RAZVOJ MKE

Postoji dilema o tome ko ima "najveće zasluge" u inicijalnom razvoju MKE - matematičari koji su se bavili definisanjem funkcija u intervalima za opisivanje polja u celom domenu, fizičari koji su radili na problemima graničnih vrednosti u mehanici kontinuuma ili inženjeri koji su proračunavali složene konstrukcije? Napori te tri grupe stručnjaka imali su kao rezultat različito usmerene radove posvećene MKE.

Većina autora koji su se bavili prikazom istorijskog razvoja MKE slaže se da je prva primena koncepta diskretizacije vezana za inženjera Alexandera Hrennikoffa (1941) i matematičara Richarda Couranta (1942) koji su, iako im je pristup bio različit, prvi primenili diskretizaciju domena. Hrennikoff je za diskretizaciju koristio mrežu jednodimenzionalnih elemenata - štapova, a Courant sistem trougaonih elemenata za rešenje problema torzije cilindra (eliptična parcijalna diferencijalna jednačina drugog reda). Rad Couranta nije bio zapažen od strane inženjera, jer je korišćeni postupak u to vreme bio praktično neprimenljiv, pre svega zbog potrebe obimnog računanja i nepostojanja odgovarajućeg računskog sredstva.

Argyris i saradnici objavljuju 1954. godine seriju radova o "efikasnoj tehnici" proračuna pogodnoj za implementaciju na računarima koji su tada počeli da se koriste i van naučnoistraživačkih laboratorija.

Snažan zamah razvoju MKE koncepta daju radovi koji se odnose na probleme analize tzv. "delta krila" u avioindustriji Boeing (M.J. Turner, R.W. Clough, H.C. Martin i L.J. Topp, 1956), kada su za fizičku diskretizaciju domena složene geometrije korišćeni trougaoni elementi. Vlada mišljenje da je Turner inicijalno formulisao MKE u oblik

pogodan za inženjersku primenu. Clough tada razvija "Matrix Algebra Program" - MAP za rešavanje sistema linearnih algebarskih jednačina na računarima IBM701 i IBM704.

Termin "metoda konačnih elemenata" prvi put se pojavljuje u naslovu rada Clougha (1960) posvećenom rešenju problema ravnog stanja napona. U tom periodu nije bilo mnogo publikacija posvećenih MKE (15 radova u 1962).

Smatra se da je SADSAM (Structural Analysis by Digital Simulation of Analog Methods, 1963) razvijen od strane R. MacNeala i R. Schwendlera, bio prvi komercijalni računarski program koji je rešavao probleme analize konstrukcija primenom MKE. SADSAM je bio preteča čuvenog MCS/NASTRAN (NASA Structural Analysis Program, 1965) za koji je karakterističan unificiran pristup u računarski orijentisanoj analizi konstrukcija - u jednom programu nalazili su se svi moduli za numeričku analizu.

Prva velika konferencija posvećena MKE (Matrix Methods in Structural Mechanics, 1965) održana je u vazduhoplovnoj bazi Wright-Patterson u Daytonu, SAD, sa učešćem oko dve stotine autora.

U isto vreme, O. C. Zienkiewicz and Y. K. Cheung, baveći se varijacionom formulacijom problema mehanike kontinuuma, daju doprinos razvoju MKE proširenjem oblasti njene primene. B.M. Irons uvodi tzv. "patch test" za proveru konvergencije MKE rešenja, izoparametarske KE i tzv. "frontal solver" metod rešavanja sistema linearnih algebarskih jednačina koje nastaju primenom MKE.

Pojava mikroracunara zasnovanih na mikroprocesorima dala je veliki podsticaj dodatnom razvoju MKE u pravcu prilagođavanja postojećih programskih rešenja. ASKA (Automatic System for Kinematics Analysis, 1965) računarski program baziran na radovima Argyrisa, bio je rezultat ovih nastojanja. Računarski programi zasnovani na MKE, koji su do tada bili razvijani dominantno za velike (mainframe) računarske sisteme, postaju dostupni širem krugu korisnika. Sada već može da se govori o CASA (Computer Aided Structural Analysis) softveru koji je organizovan tako da korisniku otvori izuzetne mogućnosti u smislu interaktivnog rešavanja problema primenom MKE. Kombinacija modula "preprocesor" (za opisivanje problema), "solver" (za rešavanje problema) i "postprocesor" (za prikazivanje rešenja), postaje podrazumevani koncept razvoja MKE softvera koji se zadržao i danas.

Dvodimenzionalna analiza krila vazduhoplova "Concord" (model sa oko 1000 nepoznatih) urađena 1967. godine, bila je jedan od poslednjih primera primene tehnologije tzv. "analognih računara" u analizi složenih konstrukcijskih sistema.

ANSYS softver (ANSYS, Inc., 1970) počinje da se koristi u industriji nuklearnih energetskih postrojenja za projektovanje reaktorskih sudova, modeliranih primenom 3D (tzv. "brick") KE. U autoindustriji, za proračune nosećih elemenata (šasijs) i elemenata obloge (karoserija), počinje da se koristi odgovarajući MKE softver, kao nadgradnja CAD (Computer Aided Design) programa za oblikovanje sklopova, elemenata i detalja na vozilima.

Smatra se da je to razdoblje "zlatno doba" razvoja i rasprostranjenosti MKE, o čemu svedoče 1004 rada posvećena metodi, a objavljena 1972. godine. Strogu matematičku osnovu metode razvili su G. Strang i G.J. Fix (1973), tretirajući MKE kao oblast primenjene matematike. Tada se pojavila i prva verzija MARC programa za nelinearnu MKE analizu, razvijenog na univerzitetu Brown, SAD, a zatim i SAPIV (Structural Analysis Program) programa za linearnu statičku i dinamičku analizu sa bogatom bibliotekom KE (E. L. Wilson, Berkeley, SAD, 1974).

Razvoj računara imao je kao posledicu, u smislu povratne sprege, nastojanje da se primene novi sofisticirani modeli, sa izuzetno velikim brojem nepoznatih tj. brojem

tzv. "stepeni slobode" (degrees of freedom - DOF) koji su prevazilazili aktuelne potencijale računarske opreme. Trend nedovoljnog povećanja performansi računara ukazivao je na potrebu evolucije u razvoju, ne samo hardvera, već i sistemskog i aplikativnog softvera. Pojava tzv. superračunara CRAY-1 (Los Alamos National Laboratory, 1976) dala je novi podsticaj istraživačima u MKE oblasti. Superračunari su zbog izuzetne brzine izvođenja računskih operacija postali jedino rešenje za neke veoma kompleksne probleme modelirane primenom MKE.

Sledeći evolutivni korak u razvoju MKE bio je omogućen pojavom računarskih sistema sa tzv. paralelnim procesiranjem. Za te sisteme sa velikim brojem procesora, organizovanih na paralelnoj (istovremenoj) obradi odgovarajućih struktura podataka, bio je razvijen i sistemski i aplikativni softver sa opcijom paralelnog procesiranja. Vremena proračuna za najkompleksnije numeričke probleme bila su dramatično smanjena.

Posle tog perioda snažnog razvoja MKE, nastupilo je vreme relativne stagnacije i konsolidacije. Napredak je zabeležen pre svega u matematičkoj formulaciji MKE. Stabilni rezultati u oblasti tzv. mešovite i hibridne MKE praćeni su novim saznanjima u analizi greške MKE rešenja i tzv. adaptivnih mreža KE. Pri upoređenju komercijalnih MKE softverskih paketa značaj je dobio kriterijum mogućnosti realne primene (implementiranog KE ili tehnike proračuna). U tom smislu, tržište MKE softvera nije favorizovalo pakete sa izuzetnim mogućnostima, ali bez upotrebne vrednosti.

Za najnovije doba primene MKE karakteristični su različiti smerovi u daljem razvoju koncepta, ali sa dva zajednička cilja:

- svi KE (postojeći ili novorazvijeni) trebalo bi da se uklupe u (komercijalne, naučno-istraživačke, pedagoške...) MKE softverske pakete zasnovane na formulaciji MKE koja odgovara metodi deformacije (tzv. "direct stiffness method") i
- svi KE (postojeći ili novorazvijeni) trebalo bi da budu sa "visokim performansama" - dovoljno jednostavni sa postizanjem dovoljne tačnosti MKE rešenja i u slučaju relativno niskog nivoa diskretizacije (relativno mali broj KE, retke mreže sistema KE i sl.).

ZASNOVANOST I PRINCIPI MKE

Postoje različite klasifikacije koje definišu poreklo, pripadnost i položaj MKE. Jedna od uobičajenih podela podrazumeva sledeće oblasti:

- Teorijska mehanika - obuhvata istraživanja fundamentalnih principa i zakona Mehanike u cilju sticanja novih suštinskih naučnih znanja u toj oblasti,
- Primenjena mehanika - bavi se transferom rezultata fundamentalnih istraživanja ka inženjerskim primenama u smislu formulisanja matematičkih modela pojava i fenomena,
- Računarska (kompjuterska) mehanika - obuhvata istraživanja na rešavanju specifičnih problema formulisanjem modela (modeliranjem) uz primenu numeričkih metoda implementiranih na računarima i
- Eksperimentalna mehanika - bavi se eksperimentalnim istraživanjem ponašanja realnih sistema ili realnih modela za različita dejstva zbog verifikacije rezultata teorijskih istraživanja i u cilju sticanja novih znanja, ako za proučavani fenomen ne postoji odgovarajući teorijski model.

Računarska mehanika može da se klasifikuje i prema razmeri predmeta istraživanja:

- Nanomehanika i Mikromehanika imaju za predmet istraživanja fenomena na atomskom i molekulskom nivou materije,
- Mehanika kontinuuma (Mehanika tela i Mehanika fluida) izučava fenomene interakcije tela na makronivou, uz pretpostavku da mikrostruktura utiče samo na makroponašanje. Teorija konstrukcija je deo mehanike kontinuuma koji obuhvata analizu i proračun konstrukcija.
- Mehanika sistema bavi se prirodnim ili veštački stvorenim mehaničkim objektima/sistemima. Taj trend u razvoju Mehanike zahteva multidisciplinarni pristup u proučavanju komponenti sistema i njihove međusobne interakcije.

Prema kriterijumu postojanja inercijalnih sila ili promena koje se događaju u vremenu, oblasti Računarske mehanike kontinuuma su:

- Dinamika kontinuuma - istražuje interakciju tela, uzimajući u obzir uticaj inercijalnih sila i vremenski promenljivo ponašanje i
- Statika kontinuuma - razmatra interakciju uz zanemarenje inercijalnih sila, bez obzira na eventualno promenljivo ponašanje u toku vremena.

Prema kriterijumu odnosa "dejstvo-odziv", računarska mehanika kontinuuma može da bude:

- Linearna mehanika kontinuuma - ograničena je na probleme za koje je karakteristična "proporcionalna" veza "dejstvo-odziv" (važe pretpostavke o statičkoj, geometrijskoj i fizičkoj linearnosti fenomena).
- Nelinearna mehanika kontinuuma - bavi se problemima za koje je karakteristična "neproporcionalna" veza "dejstvo-odziv" (ne važe neke ili sve navedene pretpostavke o linearnosti).

Modeli i metode, Računarske mehanike kontinuuma mogu da budu:

- Analitičke, kod kojih se rešenje dobija za klasu problema i to u obliku funkcija koje definišu polje tražene veličine (pomeranje, sila, ...) i
- Numeričke, gde se rešenja dobijaju za pojedinačne probleme, a tražena veličina je definisana preko vrednosti polja u prethodno izabranim tačkama sistema.

Moguća je podela numeričkih metoda prema diskretizaciji:

- Metoda konačnih elemenata - MKE - najviše zastupljen koncept u linearnoj i nelinearnoj statičkoj i dinamičkoj analizi sistema.
- Metoda graničnih elemenata - MGE - pristup koji je usmeren na rešavanje specifičnih problema u kombinaciji sa MKE.
- Metoda konačnih razlika - MKR - model koji je sada veoma malo prisutan u Mehanici kontinuuma, ali se efikasno koristi u Mehanici fluida.
- Metoda konačnih zapremina - MKZ - metoda u vezi sa rešavanjem kompleksnih problema u Mehanici fluida.
- Metoda spektara - MS - metoda koja omogućava efikasnije rešavanje nekih klasa problema na osnovu transformisanja originalne forme polja neke veličine u formu pogodnu za rešavanje.
- Metode bez mreže (tzv. "meshfree") - novija generacija metoda sa diskretizacijom domena bez upotrebe klasične mreže elemenata.

Pojam MKE podrazumeva različite oblike - vidove. Oblici MKE mogu da se klasifikuju na osnovu formulacije:

- preko pomeranja,
- preko sila,
- mešovito i
- hibridno

i prema tipu rešenja:

- preko krutosti
- preko fleksibilnosti i
- kombinovano.

Najviše zastupljen pristup je formulacija "preko pomeranja" i rešenje "preko krutosti". Ta kombinacija je poznata pod nazivom "direktna MKE" (tzv. direct stiffness method).

Algoritam primene analitičkih metoda u Mehanici kontinuuma može da se prikaže sledećim koracima:

- definisanje zavisnosti između geometrijskih i fizičkih veličina na elementu diferencijalno malih dimenzija,
- proširenje zavisnosti prosečnih vrednosti tih veličina na ceo domen, čime se dobijaju obične ili parcijalne diferencijalne jednačine, integralne ili integro-diferencijalne jednačine,
- definisanje konturnih i/ili graničnih uslova i
- rešavanje ovako definisane jednačine - dobijanje rešenja u obliku neprekidne funkcije koja zadovoljava navedene uslove.

Osnovna prednost tog koncepta je dobijanje rezultata/rešenja u obliku funkcije/formule koja važi za čitavu klasu problema. Tačnost rešenja zavisi samo od tačnosti polaznih pretpostavki, tj. od nivoa idealizacije. Takve metode značajne su zbog činjenice da rešenja dobijena njihovom primenom mogu da budu dobra polazna osnova ("ulazni rezultati") za formulisanje odgovarajućih numeričkih modela.

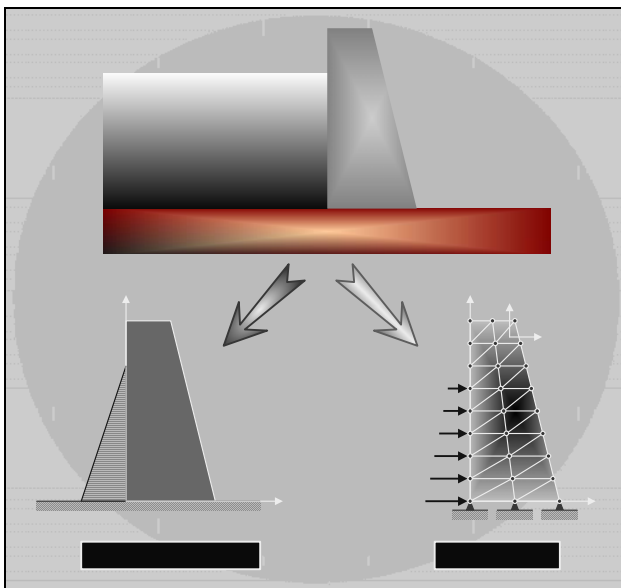
Osnovni nedostatak tog koncepta, pre svega, su teškoće u obezbeđenju rešenja u tzv. "zatvorenom obliku". Naime, samo za mali broj najjednostavnijih problema može da se nađe rešenje u obliku funkcije koja eksplicitno definiše vezu između geometrijskih i fizičkih veličina problema.

Drugi veoma bitan nedostatak je "konzervativnost" rešenja. Naime, male promene u topologiji problema, konturnim uslovima ili konfiguraciji dejstva, zahtevaju ponavljanje svih navedenih koraka postupka rešavanja analitičkom metodom i dobijanje nove funkcije rešenja. U praktičnim inženjerskim primenama ovaj "svaki problem-posebna funkcija" analitički metod nije realno primenljiv. To je bio jedan od osnovnih razloga za pojavu i razvoj MKE.

MKE je metoda numeričke analize zasnovana na fizičkoj diskretizaciji, za razliku od većine numeričkih metoda koje se baziraju na matematičkoj aproksimaciji jednačina problema. Umesto elementa diferencijalno malih dimenzija, osnova svih razmatranja je element konačnih dimenzija, tj. konačni element. Jednačine za definisanje stanja neke statičke ili kinematičke veličine u okviru konačnog elementa, a time implicitno i problema u celini, nisu diferencijalne ili integralne, već algebarske.

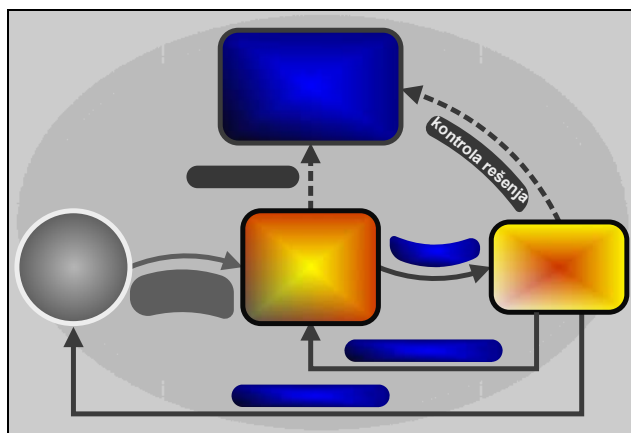
Iz aspekta fizičke diskretizacije, to je zamena realnog sistema, tj. kontinuuma diskretnim modelom sa "odgovarajućim" brojem KE "odgovarajućeg" oblika, tipa i rasporeda. Pojam "odgovarajući" ima poseban značaj u MKE analizi i analizi MKE rešenja, s obzirom na veliki broj prihvatljivih modela. Da bi se obezbedio "najbolji" MKE model, što nije jednoznačno rešiv zadatak, potrebno je, pre svega, poznavanje prirode

problema, poznavanje suštine MKE, kao i kreativni inženjerski pristup. Na sl.1. je jednostavna ilustracija primene MKE u diskretizaciji.



Slika 1. Primer analitičkog i MKE modela za rešenje problema

Pored diskretizacije domena mrežom KE, karakteristična je i transformacija kontinualnih konturnih uslova i dejstava u oblik koji odgovara suštini MKE (tačkasti konturni uslovi i koncentrisane sile). Na sl.2. prikazana je šema konstituisanja MKE modela za simuliranje/modeliranje ponašanja nekog realnog sistema, ako je polazište fizička diskretizacija.

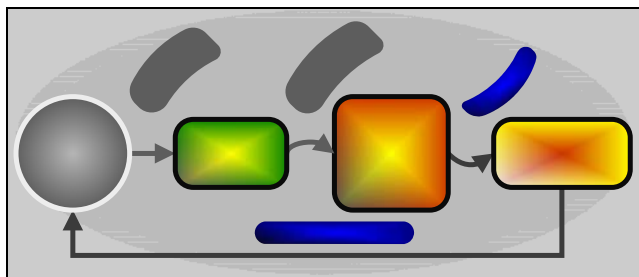


Slika 2. Konstituisanje MKE modela fizičkom diskretizacijom

Početak procesa modeliranja je analiza realnog sistema. Uporedo sa diskretizacijom sprovodi se idealizacija, što za rezultat ima nastajanje diskretnog modela.

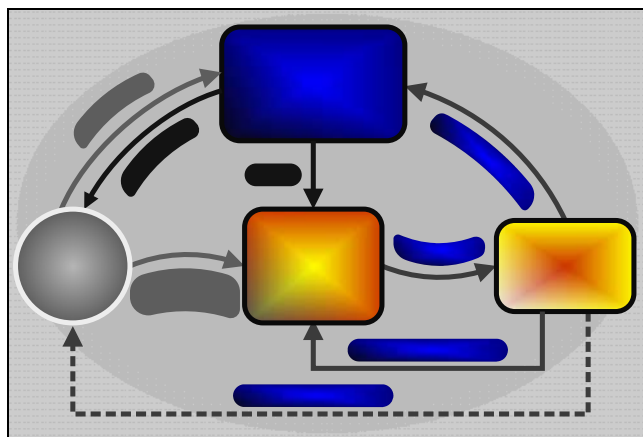
Rešavanjem jednačina koje opisuju diskretni model dolazi se do rešenja u diskretnom obliku. "Kontrola rešenja" svodi se na procenu formalne kompatibilnosti rešenja u odnosu na diskretni model. "Provera modela" predstavlja kombinovanu procenu i formalne i suštinske kompatibilnosti modela sa realnom pojavom. U nekim slučajevima moguće je i "kontinuiranje" od "diskretnog modela" ka "idealnom matematičkom modelu" i odgovarajuća kontrola rešenja.

Jedna od mogućnosti za formulisanje, a zatim za "popravku" diskretnog modela je korišćenje rezultata eksperimentalne analize. Na sl. 3. data je šema tog načina razvijanja modela. Moguće je, dakle, "podešavanje" nekih parametara diskretnog modela na osnovu verifikacije diskretnog rešenja upoređenjem sa rezultatima eksperimentalne analize.



Slika 3. Eksperimentalna osnova za formulisanje diskretnog modela

Ako je u konstituisanju MKE modela polazište matematička aproksimacija, šema ima oblik kao na sl.1.4.



Slika 4. Konstituisanje MKE modela matematičkom aproksimacijom

Za razliku od prethodnih slučajeva, kada je polazište fizička diskretizacija ili eksperimentalna podloga, centralni element procesa modeliranja sada je "idealni matematički model". U najvećem broju slučajeva to je obična ili parcijalna diferencijalna jednačina, integralna ili integro-diferencijalna jednačina.

Taj model nastaje "idealizacijom" tj. aproksimiranjem ponašanja realnog sistema, ali je moguć i reverzni slučaj - da se iz "idealnog matematičkog modela" izvede "idealni realni sistem". Iz "idealnog matematičkog modela" generiše se diskretni MKE model,

obično primenom varijacionog postupka. Ovde MKE ima ulogu metode za numeričko rešavanje konstitutivnih jednačina koje opisuju idealni matematički model, a ne metode za simuliranje ponašanja realnog sistema. Rešavanjem jednačina koje opisuju tako dobijeni diskretni model, dolazi se do rešenja u diskretnom obliku.

"Kontrola rešenja" svodi se na procenu formalne kompatibilnosti rešenja u odnosu na diskretni model. "Provera modela" predstavlja procenu kompatibilnosti modela sa "idealnim matematičkim modelom". Ovde može da se govori o performansi tačnosti MKE kao numeričke metode. Moguća je i "provera modela" procenom kvaliteta aproksimacije u odnosu na "idealni realni sistem".

Jasno je da fizički i matematički pristup u konstituisanju MKE diskretnog modela nisu u suprotnosti, već su komplementarni. To jedinstvo pristupa i doprinelo je da MKE koncept bude toliko moćan i rasprostranjen. Fizički pristup se pojavio ranije i zaslužan je za inicijalno prihvatanje i popularizaciju MKE. Matematički pristup, koji je došao do izražaja u zreloom dobu razvoja MKE, dao je metodi neophodnu naučnu osnovu i omogućio generalizaciju na ostale oblasti Mehanike.

MKE ALGORITAMSKI KONCEPT/RAČUNARSKA IMPLEMENTACIJA

U okviru matematike, računarskih nauka, u tehnici i šire, termin "algoritam" koristi se za pojednostavljeno označavanje niz koraka u rešavanju nekog problema. Naziv "algoritam" potiče od imena persijskog matematičara Muhamad ibn Musa Al-Khwarizmija koji je (813) opisao postupak za rešavanje linearnih i kvadratnih jednačina. Nedovoljno precizna definicija algoritma stvarala je probleme, pre svega matematičarima, sve dok Alan Turing (1936) nije definisao apstraktni model računara (Turingova mašina) i pokazao da na njoj može da se simulira svaki, do tada formulisani postupak.

U okviru tehničko-inženjerske primene, pojam "algoritam" predstavlja niz konačnog broja definisanih aktivnosti u postupku rešavanja nekog problema, sa jasnim kriterijumom za dobijanje rešenja, tj. završavanje postupka.

Osnovno obeležje analitičkih, pa i nekih numeričkih, metoda zapravo je "formalizam" - niz pravila i tehnika za dobijanje rešenja. Jedna od osnovnih prednosti primene MKE kao metode za analizu konstrukcija u odnosu na ostale metode upravo je mogućnost algoritamskog opisivanja primene MKE.

Iz te okolnosti proističe i druga važna prednost MKE - univerzalnost primene. Sistem koji se analizira može da bude proizvoljne topologije, od materijala proizvoljnih karakteristika, sa proizvoljnim konturnim uslovima, izložen dejstvima proizvoljnog intenziteta, oblika i vremena trajanja. Iako manje ili veće promene u sistemu koji se analizira zahtevaju ponavljanje proračuna, ono se sprovodi uvek na isti način, primenom određenog algoritma.

Veoma pojednostavljeni algoritam primene MKE u analizi konstrukcija može da ima sledeći oblik:

- diskretizacija - podela realnog sistema na sistem KE koji se sastoji od određenog broja elemenata odgovarajućeg oblika,
- izbor odgovarajućeg tipa KE u okviru odgovarajućeg oblika KE,
- formiranje sistema jednačina za sistem KE,
- rešavanje sistema jednačina,

- proračun potrebnih veličina za KE i sistem u celini i
- prikazivanje rešenja.

U svakoj fazi tog algoritma može da dođe do izražaja inženjerska inventivnost, pod uslovom da postoji mogućnost izbora jedne od više varijanti. Izbor je moguć u dva slučaja: ili kada se proračun sprovodi "ručno" ili kada je na raspolaganju MKE softver sa skupom ili tzv. "bibliotekom" različitih oblika i tipova KE, skupom različitih "solvera" za rešavanje sistema jednačina, skupom procedura za iterativnu popravku rešenja, skupom načina prikazivanja rezultata, itd. S obzirom da "ručno" obavljen proračun ima smisla samo za najjednostavnije slučajeve i za edukativne svrhe, sve dalje analize biće usmerene na eventualnu mogućnost izbora neke od opcija MKE softvera za analizu konstrukcija, što je i realna situacija u svakodnevnoj inženjerskoj i projektantskoj praksi.

Ta okolnost posebno ističe značaj MKE računarskih programa za analizu konstrukcija u sledećem smislu: MKE softver može da se razmatra kao bitan konstitutivni deo metode. U prilog toj tezi je i argument većine autora u toj oblasti: bez softverske implementacije MKE bi verovatno imala status samo "još jedne od mnogih" metoda za teorijska razmatranja u okviru primenjene matematike ili Mehanike.

Izraz "računarski softver" prvi je koristio J. Tukey (1957) za definisanje kodiranih instrukcija koje su smeštene i izvršavaju se u računarskom hardveru.

Jedna od klasifikacija računarskih programa/softvera predviđa podelu na:

- sistemski softver (koji omogućava funkcionisanje hardvera računara i računarskog sistema u celini - tzv. operativni sistem, programi za kontrolu rada komponenti računarskog sistema, sistemski programski alati...),
- aplikativni softver (koji omogućava korišćenje računara za obavljanje različitih poslova - programi za obradu teksta, grafičku obradu, obradu numeričkih podataka, baze podataka, računarsku simulaciju, računarske igre...) i
- softver za programiranje (koji omogućava razvoj sistemskog i aplikativnog softvera, korišćenjem različitih razvojnih alata i programskih jezika - FORTRAN, BASIC, Pascal, C,...)

U upotrebi je i podela na:

- softver opšte namene (koji se koristi na većini računara i od strane većine korisnika i za koji nije potrebna posebna kompetentnost) i
- softver specijalizovane namene (koji se koristi na nekim računarima od strane korisnika sa specifičnim potrebama i za koji je potrebno posedovanje znanja iz specifične oblasti).

Softver za analizu konstrukcija primenom MKE pripada grupi tzv. aplikativnog softvera specijalizovane namene.

Upravo zbog izrazito razvijenog algoritamskog pristupa i univerzalnosti primene, zastupljenih u okviru MKE, omogućena je relativno jednostavna realizacija računarskih programa zasnovanih na MKE konceptu. Projektanti su na taj način dobili veoma moćno sredstvo - "alat", jer su algoritmi korišćeni u softveru za projektovanje (modeliranje i analizu) zasnovani na sintezi i znanjima iz više naučnih disciplina (mehanika, analitička geometrija, numerička analiza, teorija grafova, itd). Nerealno je da se tako širok raspon obrazovanja i odgovarajući nivo znanja (potreban, zapravo, za formulisanje metode, tj. konstruisanje "alata") očekuje od svakog projektanta (arhitekta ili građevinskog inženjera), ali je sasvim opravdano da se zahteva posedovanje solidnog nivoa suštinskih znanja iz osnovne struke (neophodan za pravilnu upotrebu "alata").

Od kvaliteta softverske implementacije zavisi koliko će prednosti MKE u modeliranju doći do izražaja, pa se nameće, kao ključni, problem izbora softvera za numeričku analizu konstrukcija.

U oblasti i na tržištu MKE softvera postoji zaista veliki broj programskih paketa. Najveći broj tih aplikacija (ABACUS, ADINA, ALGOR, ANSYS, ASAS, ASKA, AxisVM, BEASY, BERSAFE, CFTS-1100, CASTOR, COMET-PR, COSMOS, DIAL, DIANA, DRAIN, FASOR, FLASH2, ICS-STRUDL, IES, ISDS/STAAD, MARC, MSC/NASTRAN, NISA, PAFEC, PC/RCFRAME, PDA/PATRAN, PACET, PREFEM/SERFEM, RAFTS, SAMIS, SAP, SCIA, SESAM-69, SHELLS, STAN, STARS, STDYNL, STRESS, SUSAN, TABS, TITUS, TOWER...) ima izuzetne performanse u modeliranju konstrukcijskih sistema.

Mogućnost izbora softvera, dakle, postoji. Međutim, karakteristično je i da su mnogi kvalitetni programski paketi napušteni ili ocenjeni kao ograničeno upotrebljivi, jer iz različitih razloga nisu mogli da budu kompetentno korišćeni. Postoji samo jedna rizičnija situacija - da se MKE softver koristi bez obuke, bez uputstva, samo po intuiciji, na osnovu iskustva sa sličnim i na osnovu primene logike, a bez odgovarajućih znanja. U pratećoj literaturi svakog MKE softvera navode se, ne samo pravila, uputstva za korišćenje i mogućnosti, već i ograničenja, koja ponekad nisu u skladu sa inženjerskom logikom. Korisnik upoznat sa ograničenjima MKE softvera koji koristi verovatno neće doći u situaciju da trpi posledice nekog od poznatih Murphyjevih zakona (vidi [13]).

I pored nespornih kvaliteta tih programa, za većinu je karakterističan drugačiji način opisivanja konstrukcije i unos ulaznih podataka, a s tim u vezi i drugi oblik komunikacije korisnik-program (tzv. "user interface"). Odsustvo standarda (ili bar dogovora) u toj oblasti dovodi korisnike u situaciju u kojoj (opravdan ili neopravdan) prelazak na novi program zahteva novu obuku, a zatim i novi unos podataka, što može da predstavlja posebnu teškoću.

Trebalo bi imati u vidu i mogućnost da neki programi nisu dorađeni ili čak nisu pouzdani, pa može da se postavi i pitanje potrebe "atestiranja" MKE softvera kod kompetentnih institucija. Edukacione i demonstracione verzije softvera trebalo bi da omoguće korisniku tzv. "benchmark" testiranje opcija komercijalne verzije programa, a ne samo prikazivanje kolaža mogućnosti.

Ono što čini bitnu razliku između MKE i nekih drugih klasa softvera (programi za crtanje, vizuelnu prezentaciju, umetnički dizajn i sl.) zapravo je neophodan nivo znanja autora, distributera i korisnika, kao uslov za "bezbednu" upotrebu MKE programa. Ako se, na primer, koristi softver za vizuelnu prezentaciju koji ne daje "baš uvek" korektne rezultate (neodgovarajući algoritam za skrivene ivice/površine ili senke ili sl.), greške su, čak i za nekompetentnog korisnika, najčešće odmah i jasno vidljive, pa posledice nisu dramatične.

Nasuprot tome, problemi koji mogu da se ispolje u primeni nekog MKE programa, mnogo su kompleksniji. U ovom slučaju, posledice korišćenja nedorađenog ili nepouzdanog softvera, softvera bez detaljnog uputstva, primene softvera od strane nekompetentnih i nedovoljno obrazovanih korisnika, mogu da budu veoma ozbiljne.

Jedno od najvažnijih je pitanje kompetencija/ingerencija za davanje obrazovanja iz oblasti računarstva. Kada je u pitanju razvoj, distribucija i primena sistemskog softvera i aplikativnog softvera opšte namene, jasno je da najbolje obrazovanje mogu da daju institucije čija je primarna delatnost u vezi sa nekom od računarskih tehnologija.

Razvoj, distribucija i primena MKE softvera je oblast u kojoj su kompetencije na strani stručnjaka iz odgovarajućih struka, ali pod uslovom da poseduju određen nivo

obrazovanja i znanja iz oblasti računarstva. Jasno je, dakle, da tim koji razvija aplikaciju za obradu teksta, na primer, mora da ima u svom sastavu dovoljno obrazovane programere, ali ne obavezno i književnike. S druge strane, tim koji radi na razvoju MKE programa mora da bude izuzetno kompetentan u inženjerskom i konstruktorskom, a optimalno verziran u programerskom smislu. Slični odnosi važe i kada je u pitanju distribucija i primena programa.

S tim u vezi, postavlja se pitanje koncepta obrazovanja. Pored visokog nivoa znanja iz primarne struke (konstrukterstvo), potreban je i nivo znanja koja obezbeđuju da softver koji se razvija ima dobre performanse (MKE, numerička matematika, projektovanje softvera i programiranje), da se softver kvalitetno distribuira (vladanje računarskom tehnologijom na nivou naprednog korisnika, smisao za marketing...) i da se softver kompetentno koristi (Teorija konstrukcija, MKE i vladanje računarskom tehnologijom na nivou naprednog korisnika). Autor smatra da bi svaki tehnički usmeren fakultet trebalo da omogući takav dijapazon obrazovanja.

Program sticanja i provere znanja iz primarne struke trebalo bi da se prilagodi potrebi potpunog razumevanja suštine funkcionisanja nosećih konstrukcija. Sticanje "enciklopedijskog" znanja izučavanjem mnoštva metoda za analizu, možda obezbeđuje široko obrazovanje i doprinosi tehničkoj kulturi, ali odvlači pažnju i energiju i obara entuzijazam studenata. Takva znanja su nedovoljno efikasno iskorišćena i nepotrebna, ako se u analizi kompetentno koristi MKE softver.

Nepovoljna okolnost je i neusklađenost delova aktuelne tehničke regulative u odnosu na činjenicu da je informatizacija projektnih biroa dostigla određeni nivo. Naime, u slučaju neopravdano kompleksnih propisa, onemogućen je kvalitetan i efikasan razvoj aplikacija iz oblasti na koju se propisi odnose.

Konceptualna zastarelost tehničke regulative stvara proizvođačima, distributerima i korisnicima MKE softvera ponekad nepotrebne teškoće. U tom smislu, propisi bi trebalo da su usklađeni sa možda najznačajnijom tekovinom uvođenja informatičke tehnologije u projektni biro: eliminisanjem zamornih i monotonih manualnih operacija, pri čemu više vremena ostaje za kreativno konstrukterstvo.

LITERATURA

1. Cook, R.D: Finite Element Modeling for Stress Analysis, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1994.
2. Felippa, C. A.: A Historical Outline of Matrix Structural Analysis: A Play in Three Acts, Computers & Structures, 79, pp. 1313–1324, 2001.
3. Felippa, C. A.: Introduction to Finite Element Methods (ASEN 5007), Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder, Internet, 2005.
4. Kovačević D: MKE modeliranje u analizi konstrukcija, monografija, 336 str, Građevinska knjiga, Beograd, 2006.

Duško Hinić¹

KARAKTERISTIKE SVEŽEG I OČVRSLJIVOG MLAZNOG BETONA I METODE ISPITIVANJA

Rezime: Karakteristike svežeg i očvrsljivog mlaznog betona se delom razlikuju od osobina uobičajenih betona zbog zahteva koje treba da ispuni pri određenoj starosti. Razlog su sami zahtevi proistekli iz uslova ugradljivosti, obradljivosti, fluidnosti, viskoziteta, odsustva segregacije i smanjenja odskoka pri ugradnji. Sastav svežeg mlaznog betona čine uobičajene komponente i ispituju se standardnim metodama za klasičan beton. Početak očvršćavanja mlaznog betona je bitan sa stanovišta položaja u konstrukciji i prostoru: stabilizacija kosine, tunelska podgrada, brza ojačanja konstrukcije, sanacije pojedinih elemenata i sl. Zbog prisustva pojedinih komponenti, koje izazivaju različite efekte u trenutku nanošenja mlaznog betona, potrebno je povoljno izabranom metodom utvrditi ponašanje mlaznog betona u različitim vremenskim intervalima nakon ugradnje. Oblik pojedinih konstruktivnih elemenata, položaj ugradnje i niz drugih faktora su dodatna komplikacija koja se mora uobziriti kao bitan uslov za kvalitet svežeg i mladog mlaznog betona u različitim starostima (svež, mlad, očvrsljiv beton pri starostima od 1, 7 i 28 dana). Praktičnu primenu mlaznog betona treba da prate i adekvatne metode za utvrđivanje kvaliteta u svim fazama primene mlaznog betona kao i potreba da se utvrde i nove, praktičnije, metode ispitivanja pojedinih karakteristika mlaznog betona.

Ključne reči: mlazni beton, čvrstoća na pritisak, čvrstoća na zatezanje, ubrzivač

THE QUALITIES OF FRESH AND HARDENED SHOTCRETE AND THE METHODS OF INVESTIGATIONS

Summary: The features of fresh and hardened shotcrete are quite different from the features of default concrete because of demands which should be fulfilled concerning the age. The reasons are demands which proceed from placeability, workability, fluidity, viscosity, the absence of segregation and reducing the rebound at setting. The content of fresh shotcrete are components which are usual for default concrete. They are tested by default methods as for classical concrete. The starting of hardening of shotcrete is very important from the angle of position in construction and the space: the stabilization of the slope, the tunnel bar, the fast reinforcing of construction, the rehabilitation of some elements and etc. Because of presence of some components which cause the different effects in the moment of placing shotcrete, it is very important to identify the demeanour of shotcrete in different time intervals after setting. The shape of some constructing elements, the position of setting and the whole range of other factors are additional complication which must be regarded as very important condition for the good quality of fresh and young shotcrete in different age (fresh, young, hard at the age of 1, 7, and 28 days). The simple use of shotcrete should be followed by the appropriate methods for quality test in all phase of placing of young shotcrete as if the need to identify the new methods, more simple and flexible. The methods for investigation of some characteristics of shotcrete.

Key words: Shotcrete, compression strength, tension strength, accelerator

¹ Duško Hinić, dipl.inž.građ. Institut za građevinarstvo IG Banja Luka,
e-mail: beton@teol.net, www.betonbih.com, www.concretebih.com

1. UVOD

Često se u građevinskoj praksi pojavljuju zahtevi za betoniranje pojedinih konstruktivnih elemenata u koje se, zbog određenih zahteva, ne može ugraditi beton uobičajenih osobina, odnosno uobičajenih postupaka ugradnje. Nekada je to u pitanju položaj konstruktivnog elementa, zahtev za ojačanjem konstrukcije, brzina očvršćavanja, sanacija dela ili konstrukcije u celini i tome slično. Potrebne karakteristike svežeg mlaznog betona za uspešno betoniranje bi bile: ugradljivost, obradljivost, odsustvo segregacije, smanjenje odskoka pri nanošenju, zahtev za prirastom početnih čvrstoća, ostvarenje projektovanih karakteristika očvršlog betona i posebnih svojstava. Pravim odgovorom na postavljene zahteve pokazao se mlazni beton.

Već duži period primena mlaznog betona u praksi pokazuje dobre rezultate sa više aspekata: brzina ugradnje, smanjenje broja radnika pri ugradnji, osobine očvršlog betona, trajnost i povećanje opšteg kvaliteta izvedenih radova. Mlazni beton može biti ugrađen metodom suvog i mokrog postupka [19]. Ako ga primenjujemo kao zamenu za rudarsku podgradu mlazni beton mora ispuniti uslove sekundarnog stanja napona koje se formira posle iskopa tunelskog otvora [9]. U slučajevima stabilizacije kosina prije primene mlaznog betona potrebno je pravilno razmotriti parametre tla i njihovog određivanja [10]. Sve veća primena pri sanaciji konstrukcija metodom ojačavanja preseka [16] kao i pogodnosti održavanja (maintability) [4] te pojava zakonske regulative [15] u projektovanju i izvođenju radova na sanaciji objekata u seizmičkim područjima, mlaznom betonu, kao racionalnom konstruktivnom materijalu, nameće i zahteve koje mora da ispuni. Postojanje standardnih metoda ispitivanja sadržanih u [11] potrebno je inovirati kako bi bila adekvatnija i omogućila primenu i pozitivnih iskustava iz prakse kao i proračuna konstrukcije na osnovu ispitivanja iz prakse [14]. U svežem betonu, pa i mlaznom, potrebna fluidnost ne sme biti narušena segregacijom u bilo kojem obliku [20]. Povećanje čvrstoće na zatezanje očvršlog mlaznog betona, kao i postizanja niza povoljnih efekata postiže se mikroarmiranjem [21]. Metode proračuna prikazane u [17], kao i uslovi za granulometrijski sastav datih u [13] su polazne osnove za projektovanje mlaznog betona.

Da bi bili ispunjeni pojedini zahtevi kvaliteta mlazni beton mora da ima određenu tiksotropnost i zahtevanu brzinu očvršćavanja. Tehnološki razvoj na polju hemijske industrije, koji je doveo do pojave aditiva za beton sa novim hemijskim osnovama, omogućio je da se upotrebom superplastrifikatora i ubrzivača, kao i uz upotrebu mineralnih dodataka visoke finoće mliva (elektrofilterski pepo, zgura visokih peći, silikatna prašina, filer ...) ostvare ovakva svojstva betona. Mikroarmiranjem povećava se čvrstoća na zatezanje mlaznom betonu.

Pri eksperimentalnim ispitivanjima osim uobičajenih metoda ispitivanja osobina svežeg i očvršlog mlaznog betona primenjuju se i inovirane metode ispitivanja čiji je prvenstveni zadatak da što primerenije definišu pojedinu karakteristiku betona i da na praktičniji način odrede granice primenljivosti. Da bi smo dobili željenu informaciju o postignutom kvalitetu mlaznog betona ispitivanja u laboratoriji su orjentaciona a rezultati dobijeni na uzorcima sa probnih polja urađenih sa konkretnim tehnološkim postupkom i mašinama su merodavna za ocenu. Iskustva stečena na ugradnji sličnih objekata ili postupaka obavezno se moraju proveriti sa konkretnim materijalima i tehnikom na opitnim poljima i ispitivanjima na uzorcima uzetim na mestu ugradnje.

2. IZBOR KOMPONENTNIH MATERIJALA I NJIHOV UTICAJ NA KARAKTERISTIKE SVEŽEG MLAZNOG BETONA

2.1. USLOVI PROJEKTA I TEHNOLOŠKI ZAHTEVI

2.1.1. OSNOVNI ZAHTEVI ZA KVALITET SVEŽEG I OČVRSLOG BETONA

Uobičajeni zahtevi za kvalitet svežeg betona su: konzistencija betona, sadržaj vazduha, temperatura mešavine, zapreminska masa te početak vezivanja betonske smeše.

Uobičajeni zahtevi za kvalitet očvrslog betona su: zapreminska masa, čvrstoća betona na pritisak i zatezanje, modul elastičnosti, kao i veličine skupljanja i tečenja.

Za utvrđivanje pojedinih osobina svežeg i očvrslog betona postoji niz različitih metoda koje su standardizovane i u kojima se precizno definiše predmet standarda, područje primene, uzimanje uzorka, potrebna oprema za ispitivanje, postupak ispitivanja te ocena rezultata dobijenih ispitivanjem.

2.1.2. POSEBNA SVOJSTVA OČVRSLOG BETONA OČVRSLOG BETONA

Uobičajeni zahtevi za posebna svojstva očvrslog betona su: vodonepropusnost, otpornost prema delovanju mraza, otpornost na hemijske agresije, te otpornost prema delovanju mraza i soli.

2.1.3. ZAHTEVANA SVOJSTVA SVEŽEG MLAZNOG BETONA

Potrebne karakteristike svežeg mlaznog betona su: tiksotropnost, fluidnost, viskoznost te odsustvo segregacije. Ovakav beton mora ujedno zadržati sve nabrojane performanse u trenutku ugradnje, u granicama tolerancije, koje omogućuju ugradljivost, samozbijanje, homogeni raspored sastojaka betona u matrici, kvalitetno zapunjavanje armature betonom, zapunjenost preseka betonom po celom preseku i ostvarenje zahtevanih osobina očvrslog betona. Za očvšćavanje mlaznog betona u prvih nekoliko sati i dana definišu se pritiskne i zatezne čvrstoće.

Obzirom da se radi o osobinama betona koja nisu prisutna u uobičajenim betonima, nameće se potreba da se na adekvatan (univerzalan) način definišu pojedina svojstva kao i načini i metode njihovog ispitivanja.

2.2. UTICAJ KOMPONENTNIH MATERIJALA

2.2.1. OSNOVNI MATERIJALI

Opšte je poznato da se za spravljanje uobičajenih betona upotrebljavaju osnovni materijali: cement, voda, frakcije i dodaci. U preporukama za izradu sastava mlaznog betona [6] uobičajena je primena agregata do 8 mm ređe 16 mm. Primena agregata sa maksimalnim zrnem 16 mm zahteva mlaznice većih otvora, jače kompresore za vazduh i ima sklonost sapušavanju mlaznice. Vodocementni faktori se znatno smanjuju uz upotrebu superplastifikatora. Upotrebljivost cementa dokazuje se u postupku prethodnih proba na opitnim poljima.

Laboratorijskim ispitivanjem se sa više kombinacija osnovnih materijala mogu otkriti potencijalno negativni međusobni uticaji osnovnih materijala. Osobine frakcija:

oblik zrna, upijanje vode, granulometrijski sastav mešavine, količina ukupnih šupljina u agregatu i ostale fizičko-mehaničke i petrografske karakteristike su svaka na svoj način uticajne na osobine svežeg mlaznog betona. Voda je generalno inertna na uticaj osim ako je prekomerno dozirana i na taj način smanjuje tiksotropnost i povećava odskok pri nanošenju.

2.2.2. DODACI I ADITIVI

Nametanjem zahteva da beton ispuní uslove tiksotropnosti, ugradljivosti i ostalih potrebnih osobina, neminovna je primena superplastifikatora nove generacije (polimerne osnove), praškastih dodataka visoke finoće mliva kao i mikroarmiranja. U samom početku izrade recepture i njenog sastava uputno je izvršiti nekoliko eksperimenata u kojima se na osnovu kombinacija raznih proizvođača aditiva, raznih tipova i klasa cementa, kao i praškastih dodataka, sa variranjem dozacija utvrđuju (izolovano) efekti komponenti međusobno. Ovo je potrebno jer uočavanjem da je za neku kombinaciju dobijen zadovoljavajući rezultat upućuje da za eventualni poremećaj konkretne uzroke treba tražiti u ukupnom sadejstvu svih komponenti. Dodaci i aditivi, u zavisnosti od porekla i tipa se ispitivanjem karakteristika svežeg mlaznog betona i merenjem sleganja i rasprostiranja dolazi se do optimalne kombinacije. Postizanjem adekvatne tiksotropnosti eliminišu se potencijalni uzroci segregacija [20]. U slučaju gubitka tiksotropnosti ili segregacije bilo koje vrste potrebna je korekcija pre nego se izvrši nanos na podlogu.

2.2.3. UBRZIVAČI

Nametanjem zahteva da mlazni beton ispuní uslove ubrzanog očvršćavanja neminovna je primena ubrzivača. U slučaju primene suvog postupka praškasti ubrzivač se dozira neposredno po ubacivanju suve smeše u mašinu za prskanje a voda se dodaje na samoj mlaznici. U slučaju primene mokrog postupka ugradnje prilikom spravljanja mlaznog betona dodaju se plastifikatori i voda u sam mešač a ubrzivač se dodaje na samoj mlaznici. U oba postupka dovodi se komprimirani vazduh na mlaznicu.

2.2.4. MIKROARMATURA

Za poboljšanje čvrstoće na zatezanje mlaznom betonu se dodaje mikroarmatura koja može biti u vidu čeličnih vlakana raznih oblika i veličina, polipropilenskih ili karbonskih vlakana.

3. KARAKTERISTIKE SVEŽEG MLAZNOG BETONA

Pri projektovanju receptura potrebno je ispuniti zahteve za granulometrijski sastav i količine cementa. U tabeli 1 dat je prikaz zahtevanog granulometrijskog sastava po PBAB 87 (DIN 1045) preporukama EFNARC za mešavinu sa maksimalnim zrnom 8 (16) mm.

Otvori sita	EFNARC	PBAB 87
16	100	
8	90-100	100
4	73-100	61-74
2	55-90	36-54
1	37-72	21-42
0,5	22-50	13-27
0,25	11-26	5-11
0,125	4-12	

Tabela 1. Zahtevani granulometrijski sastav za 0-8 (0-16) mm mešavinu

Preporučene dozaže cementa kreću se za mešavine sa maksimalnim zrnima:

0-4 mm: 450 – 600 kg/m³

0-8 mm: 350 – 450 kg/m³

0-16 mm: 300 – 350 kg/m³

Primenom superplastifikatora i praškastih dodataka (mikrosilika, filer i sl.) kao i mikroarmiranjem ostvaruju se poboljšanja karakteristika mlaznog betona pri ugradnji i redukuju se znatne količine vode. Delovanjem ubrzivača u konačnom imamo smanjenje čvrstoće na pritisak u odnosu na etalonske vrednosti.

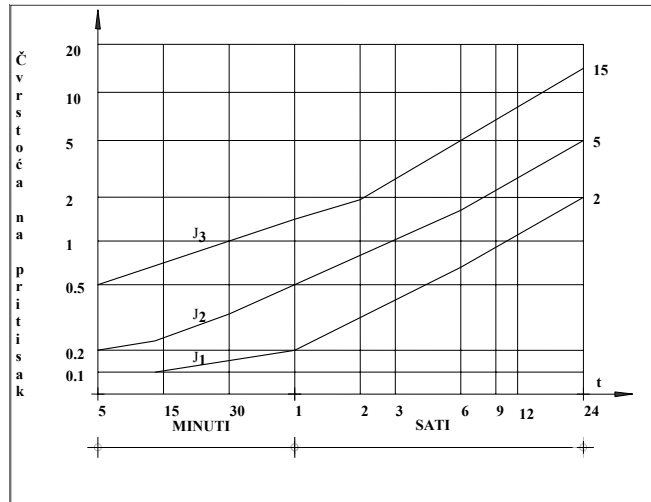
Na svežem mlaznom betonu merimo:

- sleganje (abramsovim konusom 18-22 cm)
- rasprostiranje (potresna tabla)
- sadržaj uvučenog vazduha
- zapreminsku masu
- temperaturu betona

Na mlaznom betonu pri starostima od nekoliko minuta meri se prirast čvrstoće na pritisak penetrometrom. Prema preporukama NATM dati su uslovi čvrstoća u funkciji ostvarene sile u N mereno penetrometrom promera igle 9 mm tabela 2. Definisane su tri klase čvrstoća u prva 24 časa grafik 1.

Starost	Sila (N)
2 min	>260
5 min	>380
10 min	>450

Tabela 2. Zahtevana sila N mereno penetrometrom sa iglom 9 mm

$\beta_d \quad (\text{N/mm}^2)$


Grafik 1. Zahtevane klase čvrstoća

Utvrđivanje čvrstoće na pritisak vrši se na uzorcima izvađenim iz očvrslog mlaznog betona pri starostima od 1,7 i 28 dana u skladu sa [7] i [8]. Nameće se zaključak da primenom JUS standarda za utvrđivanje marke mlaznog betona gubimo 5 MPa obzirom na definisane klase čvrstoća koje se utvrđuju na cilindrima i kockama 15/15/15 cm, odnosno 10 MPa ako ne uobzirimo in-situ korekcionni faktor. Ispitivanjem pritiskne čvrstoće na uzorcima Ø 50 mm i to tri serije po tri uzorka čini neadekvatan izbor veličine ispitne epruvete i broja uzoraka (nepouzdanost rezultata). Marka mlaznog betona se ocenjuje prema sledećem kriterijumu [7]:

$$\text{MMB} \leq m_3 - 4 \text{ (MPa)}$$

$$\text{MMB} \leq x_1 + 2 \text{ (MPa)}$$

gde je:

m_3 - aritmetička sredina od srednjih vrednosti rezultata tri grupe uzoraka

x_1 - najmanja srednja vrednost rezultata jedne grupe uzoraka.

Pri izgradnji tunela u Švajcarskoj, Austriji, Sloveniji i Hrvatskoj za utvrđivanje MMB korišteni su uzorci oblika cilindra Ø 100 mm, kao i drugih oblika. Klase pritisknih čvrstoća mlaznog betona (EN 206) definisanih na cilindrima 15/30 i kockama 15/15/15 cm, kao i in-situ utvrđenim čvrstoćama i koeficijentima oblika dati su u tabeli 3,4 i 5 [3]:

Karakteristična čvrstoća (MPa)							
Klasa čvrstoća	C 24/30	C 28/35	C 32/40	C 36/45	C 40/50	C 44/55	C 48/60
Cilindar	24	28	32	36	40	44	48
Kocka	30	35	40	45	50	55	60

Tabela 3. Klase čvrstoća mlaznog betona (EN 206)

Minimalne čvrstoća (MPa)							
Klasa čvrstoća	C 24/30	C 28/35	C 32/40	C 36/45	C 40/50	C 44/55	C 48/60
Cilindar 50/100	20,5	24	27	30,5	34	37,5	41

Tabela 4. Zahtev za in-situ čvrstoće (EN 206)

Uvažavajući in-situ korekcionni faktor 0,85 vrednosti u tabeli 4 dobijaju vrednosti iz tabele 3.

Visina/prečnik izvađenog kerna iz konstrukcije	faktor ekvivalencije za kocku	faktor ekvivalencije za cilindar
2	1,15	1,00
1,75	1,12	0,97
1,50	1,10	0,95
1,25	1,07	0,93
1,10	1,03	0,89
1,00	1,00	0,87
0,75	0,88	0,76

Tabela 5. Korekcionni faktori oblika za različite oblike kernova odnose visinaprečnik (EN 206) [18]

Problematika usaglašavanja Evropskih propisa sa našim propisima i standardima vezanih za prelaz sa marke betona na klase betona [12] će biti izvesno prisutna u građevinskoj praksi.

Pri ispitivanju čvrstoće na zatezanje zbog svoje praktičnosti sve veću primenu ima pull-off metoda sl. 2.

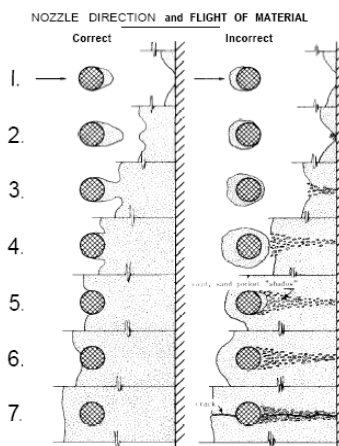
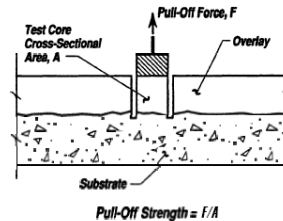


Fig. 8.4-Correct (left) and incorrect (right) method of encasing reinforcing bars with shotcrete

Slika 1. Zapunjavanje armature betonom[16]

Pri ugradnji mlaznog betona kvalitet svežeg betona utiče na dobro obavljanje armature betonom [1] i pravilno zapunjavanje preseka betonom sl. 1 .

TENSILE BOND STRENGTH TEST



Slika 2. Ispitivanje čvrstoće pull-off metodom

4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA MLAZNOG BETONA I IZRADA PRIMARNE OBLOGE TUNELA KLAŠNICE-BANJA LUKA

4.1. SASTAV MLAZNOG BETONA

Za potrebe izrade primarne obloge tunela Klačnice-Banja Luka nakon prethodnih proba u laboratoriji vršena su ispitivanja na opitnim poljima na kojima se, mokrim postupkom, uz pomoć robota "Suprema" nanosio mlazni beton sl. 3.



Slika 3. Torkretiranje robotom tunela Klačnice-Banja Luka (opitno polje)

U tabeli 6 daje se prikaz konačno usvojenih dozaža za recepturu pri čemu su upotrebljeni:

- superplastifikator Dynamon SX, Mapei Italija
- tečni ubrzivač AF 1000 , Mapei Italija – za mokri postupak
- praškasti ubrzivač AF 300 DRY , Mapei Italija – za suvi postupak
- drobljene frakcije: 0-4 i 4-8 mm
- Našicecement: CEM I 52,5 N, CEM II (A-S) 42,5 N
- Dalmacijacement: CEM I 42,5 R

Radne recepture						
Cement	kg/m ³	voda l/m ³	Dynamon SX (MAPEI)	AF 1000 (MAPEI)	frakcije (drobljene)	
					0-4	4-8
Našice 42,5 N	420	175	0,8 %	4 %	1259	535
Našice 52,5 N	400	170	1,0 %	6 %	1289	547
Dalmacija 42,5 R	430	175	0,8 %	5 %	1255	530

Tabela 6. Dozaže za MMB 30 mokri postupak

4.2. ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA MLAZNOG BETONA

4.2.1. ISPITIVANJE SVEŽEG MLAZNOG BETONA

Ispitivanja na svežem betonu su pokazala da su prisutna variranja pojedinih parametara za različite cemente koji se može dovesti u vezu sa potrebom za vodom i različitim količinama uvučenog vazuha.

Radne recepture						
Cement	sleganje	rasprostiranje	vazduh	početne čvrstoće		
				2 min	5 min	10 min
Našice 42,5 N	22	44	4,7 %	293	315	359
Našice 52,5 N	19	49	3,4 %	244	350	420
Dalmacija 42,5 R	20	46	4,1 %	270	410	480

Tabela 7. Rezultati ispitivanja svežeg MMB 30 – uzorci sa gradilišta

4.2.2. ISPITIVANJE OČVRSLOG MLAZNOG BETONA

Ispitivanja na očvrslom mlaznom betonu imaju variranja u čvrstoćama tokom starenja. Razlike u čvrstoćama potiču od različitih klasa cementa kao i od rada cementa i ubrzivača. Prikaz rezultata dat je u tabeli 8.

Radne recepture						
Cement	pritisne čvrstoće cilindri Ø 50/56			čvrstoće na zatezanje cepanjem		
	1 dan	7 dana	28 dan	1 dan	7 dana	28 dan
Našice 42,5 N	5,4	34,4	40,6	0,2	1,3	2,0
Našice 52,5 N	11,8	36,9	47,8	0,5	1,4	2,2
Dalmacija 42,5 R	12,3	35,6	46,2	0,6	1,7	2,1

Tabela 8. Rezultati ispitivanja očvrslog MMB 30 – uzorci sa gradilišta

5. RAZLOZI PRIMENE MLAZNOG BETONA

Najčešći razlozi primene mlaznog betona su brzina ugradnje i skraćanje roka izgradnje objekata. Obzirom da su različiti uslovi ugradnje i zahtevi za karakteristike svežeg i očvrslog mlaznog betona različiti za svaki slučaj nužno je ispoštovati kompletnu proceduru od prethodnih proba u laboratoriji i ispitivanja sprovedenim na opitnim poljima sa što približnijim uslovima stvarne ugradnje. Korištenjem aditiva nove generacije i pravilnog izbora ubrzivača i cementa stvaraju se uslovi za kvalitetan mlazni beton.

Mlaznim betonom su od 2000 godine u regiji Banja Luke rađeni objekti: tunel Klačnice, tunel Balkana, tunel Dragoraj, tunel Crna Rijeka, tunel Jajce, stabilizacija kosina kanjon Vrbasa, sanacija cijevnog sistema odvodnje, a sve češće seizmička ojačanja objekata.

Uvažavajući činjenicu da na širem prostoru postoji potreba za sanacijama i rekonstrukcijama postojećih objekata primena mlaznog betona kao mogućeg rešenja je sve izvesnija. Ojačavanja stubova, greda i ploča koje su do sada rađena sa karbon trakama i platnima u skorije vreme će imati i varijantno rešenje sa mlaznim betonom iz razloga mogućnosti primene istog.

6. ZAKLJUČAK

Sve veća primena, iskustva i teorijska napredovanja kao i naučno istraživački rezultati omogućić će konstrukterima da budu slobodniji u izboru i primeni mlaznog betona. Praćenjem stanja izvedenih konstrukcija mlaznim betonom te inoviranjem propisa i korištenja pozitivnih iskustava zemalja iz okruženja svakako će biti od koristi projektantima i izvođačima.

7. LITERATURA

1. ACI 506R-90, Guide to Shotcrete
2. EN 206
3. European specification for Sprayed concrete, EFNARC, 1996.
4. Folić Radomir, Predavanja Održavanje građevinskih objekata, FTN Novi Sad
5. Jobsite manager, MAPEI Underground Construction & Mining, Italija, Version 2000.
6. JUS U.M1.057
7. JUS U.M1.008
8. JUS U.M1.040
9. Kujundžić B., Radosavljević Ž., Sadejstvo stenske mase, betona i lima u tunelima i oknima pod pritiskom, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, 1980.
10. Milović Dušan, Đogo Mitar, Greške u fundiranju, Univerzitet u Novom Sadu FTN, Novi Sad, 2005.
11. Mlazni beton i mlazni malter, Tehnički uslovi JUS U.M2.008, 1994.
12. Muravljev Mihajlo, Perišić Života, Svojstva materijala, JDK, Beograd, 1995.
13. PBAB 1987
14. Perišić Života, Ačić Mirko, Pakvor Aleksandar, Usvajanje Evropskih standarda u građevinarstvu kao naših nacionalnih standarda, JDGK, 12 Kongres, Vrnjačka Banja, 2006.
15. Priručnik o tehničkim uslovima sanacije građevina visokogradnje, Ministarstvo za urbanizam, stambeno-komunalne djelatnosti, građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske, Banja Luka, 1999.
16. Radonjanin V., Predavanja Sanacija konstrukcija, FTN Novi Sad,
17. Tomićić I., Betonske konstrukcije, DHGK, Stručna biblioteka, Zagreb, 1996
18. Tunnelinng line, Katalog firme MAPEI, 2006, Italija
19. Vandewalle Marc, Tunneling the World, n.v. Bekaert s.a. 1996.
20. Živković Sekula, Samozbijajući beton – beton 21. veka, Savremena teorija i praksa u građevinarstvu, I Naučno stručni skup, Banja Luka, 2005, Zavod za izgradnju Banja Luka
21. Živković Sekula, Jevtić Dragica, Zakić Dimitrije, Savić Aleksandar, Neki rezultati istraživanja mikroarmiranih samozbijajućih betona, Simpozijum o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, Zbornik radova, XXIII Kongres Novi Sad, JUDIMK 2005

Eva Vaništa Lazarević, d.i.a.¹Aleksandra Đukić, d.i.a.²

URBANA RECIKLAŽA U SVETLU ODRŽIVOG RAZVOJA

Rezime: Posle Deklaracije iz Ria 1992. (Agende 21) ništa u svetu više nije isto. Nova „Biblija“ trećeg milenijuma favorizuje sve ono i one koji nekada nisu imali pravo glasa u svetu interesa moćnih i bogatih. Razvijajući u osnovi UNove deklaracije - kojih se danas jedva sećamo, princip održivog razvoja apeluje, među ostalim, na prava potlačenih: manjina, lokalnog stanovništva, žena ... kao i o pravednijem životu, poštenijem prelivanju bogatstva, o ekološki pravilnom ponašanju (koje se kosi sa interesima bogatih) i u poslednjih nekoliko godina posebno se ističe značaj kulture prilikom obnove i regeneracije gradskog tkiva. U urbanističkom smislu održivi razvoj razmatra metode pravilne upotrebe zemljišta u svetu. Sa druge strane, u Evropi se sve više akcija sprovodi sa ciljem rešavanja socijalnih problema. Socijalni servis postaje danas ključni deo mnogih procesa, pa i uređenja i rekonstrukcije gradova. Ciljne grupe zbog koje se ulazi u urbanu obnovu četvrti ili čitavih delova gradova su sve nižeg životnog standarda. Urbana obnova i regeneracija je upravo preporuka principa održivog razvoja a kroz to i smernica za pametno korišćenje zemljišta na nivou Evrope. Na nivou gradova, još nije razvijena dovoljna svest o važnosti urbane reciklaže, metode urbane obnove u cilju boljeg korišćenja zemljišta. Fokus ovog zahvata uperen je na korišćenje postojećeg građevinskog fonda a protiv razgrađivanja novih, do sada slobodnih teritorija. Time se dugoročno štiti zemljište a koristi se neiskorišćen građevinski fond.

Ključne reči: urbana reciklaža, rekonstrukcija, urbana obnova, socijalno stanovanje, održivi razvoj

URBAN RECYCLING TOWARDS URBAN DEVELOPMENT

Summary: After the Rio Declaration of 1992 (Agenda 21), nothing has remained the same. The new "Bible" for the third millennium favors all the things and persons that never had a say in the world of interests of the mighty and the wealthy. By in fact advancing UN declarations – which he hardly even recall today, the principle of sustainable development submits, among other things, an appeal for the rights of the vulnerable: minorities, local populations, women ... as well as for a life that is more equitable, for more righteous distribution of resources, for ecologically conscious behavior (which conflicts with the interests of the wealthy). In the sense of urbanism, sustainable development deals with methods of adequate use of land throughout the world. On the other hand, a lot of urban actions in Europe have the social characteristics. In essence, the fundamental motto pertains to the fulfilling of all needs of the population at the present point in time, along with the affording to future generations the possibility to also fulfill their own needs to have a quality environment. Urban renewal and regeneration in fact recommend principles of sustainable development, and thus also guidelines for wise utilization of land at the level of the continent of Europe. In principle, activities are underway to preserve every bit of land. In cities, there is still insufficient awareness about the significance of urban recycling, the method of urban renewal with the goal to improve land utilization. This exercise is focused on utilization of existing areas, as well as against polluting new, presently free areas. This results in long term protection of land, with simultaneous utilization of unused already constructed facilities.

¹ Prof. Dr. Eva Vaništa Lazarević, Arhitektonski fakultet, Univerziteta u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73/2, Beograd, Srbija, e-mail eval@eunet.yu

² Doc. Mr. Aleksandra Đukić, Arhitektonski fakultet, Univerziteta u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73/2, Beograd, Srbija, e-mail sandra@arh.bg.ac.yu

1. UVOD

Urbana obnova ili regeneracija, danas sve više predstavlja sredstvo, metodu kojom se podiže (makar i veštački) nivo, standard nekog mesta i kreiraju nova radna mesta. (Vaništa Lazarević, 2002) Dakle, cilj urbane regeneracije ima primarno socijalni karakter, a arhitektura sve više napušta svoje mesto umetnosti zbog umetnosti (lar pur lartizma) i preuzima mnogo ozbiljniju društvenu ulogu.

Termin „Urbana reciklaža“ se prvenstveno odnosi na prepoznavanje, evidentiranje, prenamenu i rekonstrukciju devastiranih područja ili objekata. Urbana reciklaža je kao metod urbane regeneracije postao aktuelan u Evropi još krajem 80.-tih godina, prvenstveno u oživljavanju pojedinih gradskih zona (najčešće dokova gde je bila smeštena industrija ili socijalnog stanovanja u užem gradskom jezgrou), dok se u SAD-u najčešće primenjivao za prenamenu objekata (u najvećem broju slučajeva reciklirani su objekti hipermarketa ili tržnih centara dobivši novu funkciju ili industrijski objekti i magacini u stambeni i poslovni prostor – tzv. koncept loft). U zemljama u tranziciji (mahom se odnosi na zemlje nekadašnjeg Istočnog bloka) urbana reciklaža se kao metod primenjuje od 90.-tih godina i to u domenu reciklaže devastiranog zemljišta (najčešće onog na kome je bila locirana industrijska proizvodnja tzv. Brownfields i koje ima negativni ekološki uticaj na uže i šire okruženje) i u sferi socijalnog stanovanja (reciklaža devastiranih naselja i kolektivnih objekata masovne stambene izgradnje građenih u drugoj polovini dvadesetog veka). (Djukic A., Tomic V., 2004.)

Razlozi za odabir baš ovog metoda urbane regeneracije nisu samo ekonomskog karaktera (zone koje se recikliraju su najčešće locirane na najatraktivnijim lokacijama u gradu – centralno gradsko jezgro, obale reka, jezera, mora), već vrlo često razlozi se nalaze i u socijalnom aspektu – regeneraciji zona i delova grada gde žive siromašniji socijalni slojevi.

2. SOCIJALNI OKVIRI ZA IZBOR METODE REGENERACIJE GRADSKOG TKIVA

Borba protiv siromaštva i nezaposlenosti, uz očuvanje prirodnih resursa (vode) i zaštite životne sredine predstavljaju prioritete Ujedinjenih Nacija. Sve veća neimaština u svetu a posebno u Srbiji proizilazi iz ekonomske represije, koja za posledicu ima nezaposlenost ili bedno plaćene poslove. Na tržištu rada uspostavljeni su novi odnosi ponude i potražnje koji su proizvedeni iz tranzicionog perioda i novog vrednovanja radne snage. Čitave grupe stanovništva više nikom nisu potrebne. Tu treba da postoji korektivna uloga države, koja finansijski brine za posebne grupe (lekari, profesori) koje su neophodne za socijalni napredak društva. Time bi onemogućila sivu ekonomiju i mito, možda najozbiljniji problem danas. Mali zanati i tercijarna delatnost, koja predstavlja jednu od smernica za održavanje socijalnog mira, kod nas nažalost više nemaju potražnju dovoljnog broja ljudi sa kupovnom sposobnosti. Cilj novog ekonomskog razvoja jeste što veća zaposlenost i povećanje plata onih koju su već zaposleni.

Prema statistikama iz 2002., jedna trećina ukupnog stanovništva Srbije je ispod svetskog minimuma za preživljavanje. Međutim, i siromašni su potrebni onima koji imaju još manje od njih. Socijalno pitanje ponovo dobija najviši prioritet, a bitka za povratak osećaja solidarnosti je punom jeku. Teški reformski i tranzicijski procesi

odvijaju se unutar zabrinjavajućeg, zatečenog, društvenog fenomena Srbije – siromaštva.

Društveni kapital koji se privatizuje (tranzicija) povlači velike društvene promene. U procesu menjanja vlasnika nad sredstvima za proizvodnju, mali je broj domaćih potencijalnih kupaca tako da smo usredsređeni na one strane. Dolazak stranog kapitala je, opet, logičan onda kad se uspostavi temelj bankarskog sistema, monetarne i fiskalne politike. Osiromašena država koja polaže svoj život na temelj stranih donacija je strategija kratkog daha, i u tom smislu treba da se okrenemo, uz inostrani, i na tržište domaćeg kapitala.

Evropa je, za razliku od nas, iako takođe unutar ekonomskih promena nagore, (od 80 -ih do danas), radila na socijalnim problemima u kontinuitetu. Period od daleke 1957. do 1985. računamo kao prvu, a od 1986. do danas kao drugu fazu socijalne politike. Prioriteti socijalnih politika, za koje je nadležna GD5, menjali su se kako su evoluirali ekonomski, društveni i politički problemi. Na počecima, Unije socijalne politike su bile vezane za podizanje životnog standarda, zabranu dečijeg rada, unapređenje radnih i životnih uslova, a kasnije su se preorijentisale na probleme radne mobilnosti, jednakog tretmana pri zapošljavanju, da bi opadanje ekonomskog rasta dovelo do postavljanja sveobuhvatnijih pitanja radno-društvenog tretmana zaposlenih. (Prokopijević M., 2005.) Evropska Unija može da utiče na socijalnu politiku putem sopstvene regulative kao i ograničavanjem socijalne politike u zemljama članicama. (primer Norveške)

URBANA RECIKLAŽA

Na nivou gradova, još nije razvijena dovoljna svest o važnosti urbane reciklaže. Veliki broj napuštenih industrijskih postrojenja, posebno u priobaljima velikih gradova čeka da bude iskorišćeno, u stambene i poslovne svrhe. Fokus ovog zahvata uperen je na korišćenje postojećeg građevinskog fonda a protiv razgrađivanja novih do sada slobodnih teritorija, prema principima kompakt-grada. Time bi se dugoročno štitilo zemljište a istovremeno koristio neiskorišćen građevinski fond.

2.1. Metode iz prakse Evropskih gradova

Većina evropskih gradova podvrgavaju se procesu regeneracije (i urbane reciklaze) uz pomoć vešto isplanirane strategije i većeg javnog investiranja. Nova generacija gradova stasa sve brže u Evropi. To su gradovi koji su posmatrani kao jedinstvena celina od strane planera i političara, gde se zakonodavstvo formira tako da se bukvalno forsira rehabilitacija grada pomoću velikih poreskih olakšica za investitore. Takođe, ulaže se u infrastrukturu, od autoputeva, javnog transporta do javnih zgrada i prostora, stanovanja i uređenja okoline. (Bertram C., 2000.)

Većina javnog ulaganja u urbanu obnovu u Evropi dolazi iz lokalnih ili republičkih fondova. Evropska Unija potpomaže u iznosu od otprilike jedne trećine budžeta. Evropski regionalni fond za razvoj (ERDF) je jedan od glavnih investitora a osnovan je, u stvari, da bi smanjio regionalne razlike unutar Unije, dok Evropski socijalni fond (ESF) ima za zadatak isključivo promociju urbane obnove u kontekstu novih zaposlenja za stanovništvo. Siromašniji delovi Unije kao što su istočna Nemačka, Španija, Portugal, Irska i Grčka, a od prošle godine i novopridošle istočno evropske

zemlje, imaju posebne beneficije i pomoć naprednih evropskih zemalja. Naša zemlja, Srbija i C. Gora - koja još čeka ulaz u EU, ima dodatne beneficije, naime investitori su povoljno kreditirani iz vlastitih banaka a trećina uloga im se odmah vraća u obliku smanjenog poreza u sopstvenim zemljama.

Pre svega, unutar principa održivog razvoja smisao obnove i regeneracije je prevashodno socijalnog karaktera, a unapređenje fizičke stukture je tek sekundarna manifestacija.

Urbana regeneracija je proglašena političkim prioritetom u Evropi, što predstavlja prvi korak kojim se pokreće deo proces. Proglašenjem URD-a (Urban renewal districts) napravljen je veliki korak ka zaštiti socijalnih prava ugroženih. Ove prioritete četvrti nisu, kao nekad, one sa najviše zaštićenog kulturnog i arhitektonskog nasleđa, već naprotiv, one sa najgorom socijalnom situacijom. Često je i do 75 % aktivnog stanovništva URD nezaposleno, a većina stanovništva su etničke manjine. Socijalni program je napravljen na način da se sprovodi pre, tokom i posle procesa urbane obnove. Tzv. Gradski Akt obnove omogućuje gradskim vlastima sopstvene izvore finansiranja (fondove) u tu svrhu i određenu nezavisnost raspolaganja sredstvima. To daje dovoljnu slobodu odlučivanja i pokretanja određenih akcija i olakšava proces. Proces regeneracije odnosi se na novo socijalno stanovanje i reciklažu starih, postojećih zgrada.

Lokalni projektni biro i grupe u kojima se sprovodi projekat aktivno uključuju mišljenje stanovništva i kreiraju nova radna mesta u lokalnom biznisu, znači imaju više zadataka. Ovi planovi podležu nadzoru lokalnih vlasti jednom godišnje.

Smernice za urbanu reciklažu su sledeće:

- forsira se renoviranje zgrada, gde god je to moguće koristi se postojeći građevinski fond;
- rente renoviranog moraju da se kreću unutar mogućnosti postojećeg stanovništva da bi se onemogućila getoizacija;
- trgovina, usluge, mali biznis i prateći sadržaji projektuju se u što većoj meri, gde god je to moguće, u cilju oživljavanja četvrti a time se otvaraju i nova radna mesta.

Implementacija lokalnog stanovništva u odlučivanje ne prepušta se slučajnosti. Vlada plaća tzv. Koordinatora koji podstiče lokalno susedstvo da se uključi i proces regeneracije, iz tog razloga preporuka je da se u gradnju krene unutar jedne godine, da ne bi entuzijazam lokalne zajednice splasao.

Reciklaža priobalja je jedan od prioriteta ciljeva gradskih vlada širom Evrope u poslednjih dvadeset godina. Napuštene industrijske i lučke zone u Evropi ostale su neuređene i bez svojih funkcija posle industrijske prestrukturizacije. Osamdesetih godina prošlog veka pristupilo se organizovano globalnih urbanim obnovama koje su najčešće započinjale reciklažom priobalja (dokovi Londona, sistem kanala u Mančesteru, priobalje u Njukastlu).

Donose se politički dokumenti sa sledećim smernicama:

1. radi se finansijski okvir za obnovu. Izvori su Državni fondovi, penziono osiguranja i često, pošto se radi o priobaljima - osiguranja broderskih kompanija;
2. smišljaju se nove, atraktivne namene – nova funkcija vodenog grada, atrakcije, tropski bazeni, stari brodovi, barovi i šetališta, restorani u morskome stilu itd;

3. uvode se funkcije kulture, muzeji... uređuje se prostor za rekreaciju i slobodno vreme. Fondovi su republički a zemlju obično daje besplatno Grad;
4. funkcija velikih konferencijskih prostora pokazala se uspešna kao nova namena za napuštene dokove;
5. organizuju se stambene funkcije sa pratećim sadržajima što ima za cilj povratak stanovništva iz gradskih rezidencijalnih predgrađa u grad, posebna pažnja se poklanja socijalno ugroženim – mladim, nezaposlenim i starijim. Daju se posebne beneficije od strane države za dotirano stanovanje. Delom su reciklirane zgrade namenjene kupovini, a delom se rentira;
6. ulaze se u uređenje parkova, šetališta, zelenih zona u cilju podizanja ekološkog značaja područja;
7. pozivaju se velika imena u arhitekturi da projektuju važne objekte – urbanističke repere koji veštački podižu socijalni i ekonomski nivo okruženja (gentrifikacija) a projekti mora a budu u skladnom odnosu sa životnom sredinom.

Glavni akter u procesu urbane obnove je Agencija za urbanu regeneraciju: tim predvode profesionalci (stručnjaci urbanističkih zavoda, Instituti, biro, saobraćajni instituti) a aktivno su uključeni i predstavnici lokalne zajednice (susedstva). Tim zajednički bira arhitektu na temelju njegovog prethodnog rada i prezentacije metode rada.

Tri su pravca koje najčešće srećemo:

- refurbishment (osnovna prepravka, unapređenje) – koristi se na objektima koji neće biti totalno rekonstruisani u toku narednih 3 – 7 godina, prevashodno se odnosi na mokri čvor, krečenje, fasade;

- supplementary renovation (delimična rekonstrukcija) – odnosi se na novu opremu kuhinje, grejanje, oblaganje zidova u cilju bolje termalne zaštite, novu opremu kupatila. Ovakvo renoviranje zahteva i malo povećanje stanarine.

- major renovation (totalna rekonstrukcija). Kada se utvrdi da će ovakva reciklaža koštati do 80 % od nove gradnje, preporuka je da se pokrene. Od tri stana rade se 2 veća i komfornija, ulaze se u kompletno nove instalacije, grejanje i hlađenje, zidovi se termalno oblažu i projektuju protiv buke, potkrovlja se preuređuju u stambeni prostor, spavaonice i sl. S obzirom da se dolazi do manjeg broja stambenih jedinica nije uvek moguće izbeći getoizaciju odnosno transfer starih stanovnika na nove lokacije, pa se preporučuje projektovanje novih zgrada u bližoj okolini. U slučaju prenamene – reciklaže industrijskih hala u stambenu namenu uočavaju se problemi u vidu osvetljenja, dubine i visine prostorija.

Ukoliko je cena rekonstrukcije prevelika (kao novogradnja) predlaže se rušenje ili ukoliko objekat nije fizički ugrožen, domolcija u periodu od 10 godina. Tada se vrše samo neophodni građevinski radovi na objektu. Stanovništvo se, dok traje rekonstrukcija, privremeno smešta u susedne objekte ili u pokretne, privremene objekte.

Reciklaža podrazumeva, uz unapređenje stanovanja, istovremeno unapređenje i kompatibilnih sadržaja kao što su škole, vrtići, prostori za igru dece, parkovi. Ovde se misli i na kreaciju novih radnih mesta u vidu lokalnog biznisa, zanatskih radnji dok se industrija preusmerava na nove lokacije.

Usporavanje saobraćaja u rezidencijalnim zonama (a u cilju postizanja što višeg standarda stanovanja u ovim zonama) vrši se uvođenjem jednosmernih ulica, kružnih tokova, integrisanih ulica itd. Preporučuje se javni transport i biciklistički prevoz.

2.2. Mogućnosti urbane reciklaže u našim uslovima

2.2.1. Urbana reciklaža priobalja

Beograd, grad koji leži na dve reke, Savi i Dunavu, poseduje veliki potencijal za urbanu reciklažu. Lučki objekti su zastareli u većini slučajeva. Dokovi su stihijski uređeni, ne postoji generalni plan obnove cele zone. Postoje objekti kao što su pivare i napuštene fabrike koji bi mogle biti podvrgnute reciklaži.

Za sada su osmišljeni projekti koji u ovim zgradama predlažu uglavnom funkcije kulture kao što su muzeji i galerije.

Do sada imamo samo nekoliko realizovanih projekata urbane reciklaže u Beogradu:

jedna napuštena fabrika u gradu prenamenjena u stambenu zgradu (u starom gradskom jezgri grada, a uz prilična ulaganja);

stara šećerana reciklirana je u multifunkcionalni prostor KPGT-a;

menza na poslednjem spratu zgrade BIGZ-a se često koristi u druge funkcije (promocije, izložbe, proslave...);

projekat hotela za objekat Starog mlina koji je devastiran u požaru (još nije realizovan).

Ono što bi bio pravi doprinos razmišljanju u duhu održivog razvoja, jeste reciklaža napuštenih fabrika u objekte sa socijalnim i posebnim namenama (centri za socijalni rad, centri za zbrinjavanje ugroženih lica, centri za mlade nezaposlene i one koji su ostali bez posla, centri za prihvatanje beskućnika i starih i sl.). Ovakva investicija u prvi mah se može učiniti nepfotabilnom, ali bi sigurno na duži period imala pozitivne povratne efekte na grad. Za sada se ovo u praksi dešava najčešće u zemljama sa dobrim standardom i visokom socijalnom svešću, kao npr. u Nordijskim zemljama.

Politička elita naše zemlje još nije svesna da će neralno visokim cenama za davanje u najam gradskog građevinskog zemljišta i potencijalnih lokacija za reciklažu u zemlji definitivno odbaciti investitore iz sveta, a naročito kada je u pitanju urbana reciklaža, koja je često skuplja po m² od izgradnje novih objekata. Rasprodaja javnih ustanova i organizacija koja je upravo u toku kod nas, mora da se radi pažljivo. Strana ulaganja koja za cilj osim profita sigurno imaju i rešavanje problema nezaposlenosti manja su 2006. - u poređenju sa prethodnim godinama. Investitori se prebacuju na zemlje sa dugoročno stabilnom političkom situacijom što baca senku na projektovane ciljeve.

2.2.2. Urbana reciklaža stambenih blokova

Apsolutna novina u sferi urbane regeneracije u cilju rešavanja socijalnih pitanja su prenamene zapuštenih stambenih konglomerata iz doba 50-ih i 60-ih godina i njihova rekonstrukcija u socijalno stanovanje.

Ovi zahvati izvode se potpuno u duhu koncepta održivog razvoja. Koristi se postojeći građevinski fond, najčešće državno vlasništvo, što olakšava proces. Standard ovih velikih stambenih blokova nije više zadovoljavajući ni za socijalno stanovanje, pa je neophodan tzv. „refurbishment“ - dorada tehničke opremljenosti i obnova infrastrukture. Ponekad se stanovi preprojktuju, povećavaju i dorađuju. S obzirom da su današnji stambeni standardi sve viši, mnogi objekti iz 50.ih i 60.ih više ne zadovoljavaju termičke ni funkcionalne parametre, niti imaju dovoljnu tehničku opremljenost. U Beogradu

postoje čitavi blokovi u koje nije ulagano 50-ak godina, kao i mnogi primeri industrijske arhitekture na veoma atraktivnim lokacijama koja bi metodom urbane reciklaže mogla da dobije novi izgled i da se prenameni kako u stambenu namenu tako i za socijalno stanovanje za čitav niz ugroženih ciljnih grupa.

Beogradski beskućnici i oni sa posebnim potrebama, ratni vojni invalidi i druga ugrožena lica traže brza rešenja. Urbana regeneracija, nažalost, ne daje odmah rezultate i to je jedan od njenih većih nedostataka. Takođe, s obzirom da država sama ne poseduje sredstva za zbrinjavanje svih, neophodne su Donacije stranih država koje su, zaista, pokazale zavidnu solidarnost u Srbiji do sada. Međutim, strane donacije polako prestaju, šire se i na druga ugrožena područja, tako da je krajnje vreme da se okrenemo na vlastite resurse, građevinske, prirodne i humane.

3. ZAKLJUČAK

Urbana regeneracija i metod urbane reciklaže su posebno korisni sada, unutar teških socijalnih prilika u kojima se Srbija danas nalazi. Nekada se smatralo da je zatečeno graditeljsko nasleđe potrebno čuvati netaknuto, danas znamo da to nije moguće i da je princip tzv. „aktivne zaštite“ presudan. Novo tkivo mora da se uklopi u zatečeno, a staro da se unapredi, aktivira i razvije sve svoje potencijale. Obnova gradova posmatra se unutar socioekonomske situacije koja nam nije naklonjena. Ekologija i urbana reciklaža postaju nedeljiv deo problematike. Srbija se polako prilagođava evropskim tokovima svesna da još neko vreme neće moći ni ekonomski, a ni drugačije, da se uklopi u trendove i dobre uzore.

Zajedništvo u aktivnostima oko urbane obnove je veoma bitno, mora da postoji interakcija grada, Države i Donatora da bi uspešno pristupili novoj socioekonomskoj situaciji. Socijalni servis, briga o zdravlju čoveka i njegovim potrebama dolazi u prvi plan. Srbija je imala u okviru stare Jugoslavije i socijalističkog režima stabilno ekonomsko stanje i visokorazvijenu socijalnu politiku, nažalost na nerealnim osnovama, na bazi kredita i spoljnih dugova. Stanovništvo srednje i starije generacije se zato danas teško prilagođava na nove, surove merkantilističke uslove, koje defavoriziranim grupama (slabim, starim i srednjim generacijama, manjinama) ne pružaju nadu.

Osnovni kvalitet neophodan danas u bilo kom projektu razvoja prostora, je upravo adaptabilnost i ideje koje će obezbediti investicije i unaprediti ekonomske, socijalne, kulturne i prostorne osnove područja. Upravo u kontekstu ovih opštih načela su i projekti reciklaže napuštenih i devastiranih područja i objekata. Projekti urbane reciklaže pokazuju da nešto što je po pravilu trošak, može da postane pokretač razvoja.(Djukic A.,Tomic V., 2004.)

Nova metoda korišćenja zapuštenih stambenih objekata i njihova obnova u solidne socijalne stanove je možda jedan od načina da se uloži u početak rešavanja ogromnih socijalnih problema. Ali, za ovo je potrebno znanje, eksperti, mala i fleksibilna organizacija, interakcija Grada, države i Donatora, dobra volja nadležnih ljudi i smanjenje mogućnosti za korupciju.

Drugi potencijal razvoja gradova je svakako regeneracija njihovih priobalja (što se posebno odnosi na Beograd). Beograd poseduje značajne resurse u tom smislu, a reciklažom postojećih objekata i uspešnom interpolacijom novih, bih svakako mogli da učinimo znatno atraktivnijim obale Save i Dunava. Pored ekonomskih i ekoloških beneficija koje bi grad dobio ovom regeneracijom, postiglo bi se i rešavanje nekih socijalnih problema (otvaranjem novih radnih mesta, razvojem mreže socijalnih usluga).

4. LITERATURA

1. Bertram C. : "Regeneration of European Sites in Cities and Urban Environments", RTD Projects R.E.S.C.U.E., UK, 2000.
2. Djukic A., Tomic V. : "Saniranje devastiranih područja sa ciljem integralnog razvoja regiona – iskustva razvijenih zemalja" u monografiji "Strateški okvir za održivi razvoj Srbije", IAUS, Beograd, 2004., str.51-57.
3. Economic Commission for Europe: „Country Profiles on the Housing Sector“, Serbia and Montenegro, United nations, New York, Geneva 2006
4. Pristup socijalnim pravima u Evropi, Evropski komitet za socijalnu koheziju, Strazbur, 2002.
5. Prokopijević, Miroslav: “Evropska Unija, socijalna politika”, Službeni glasnik, Beograd 2005.
6. Vaništa Lazarević E. : "Obnova gradova u novom milenijumu", Classic Map Studio, Beograd, 2002.
7. Vaništa Lazarević E. : "Urbana rekonstrukcija", Zadužbina Andrejević, Beograd, 1999.

Goran Ćirović¹
Darko Plamenac²

NEDOSTAJUĆI PODACI I GRUBI SKUPOVI - PRIMENA U GRAĐEVINARSTVU -

Rezime: U radu su predstavljene kompletne i nekompletne tabele odlučivanja. Prikazano je indukovanje algoritma odlučivanja u sistemima sa nedostajućim podacima. Svi mogući slučajevi tabele podataka i odlučivanja su prikazani na primeru rasporeda oplata. Problem je rešavan primenom teorije grubih skupova na primeru proračuna godišnjeg fonda radnog vremena za zemljane radove.

Ključne reči: Nedostajući podaci, grubi skupovi, tabele odlučivanja, pravila odlučivanja, raspored oplata, godišnji fond radnog vremena.

MISSING VALUES AND ROUGH SETS - APPLICATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY -

Summary: The complete and incomplete decision tables are described in the paper. Decision algorithm induction in the systems with missing data is presented. All prospective cases of information and decision tables are presented on the formworks disposition example. The problem has been solved by application of rough sets theory on the annual working hour's fund computation example.

Key words: missing values, rough sets, decision tables, decision rules, disposition of formworks, annual working hour's fund.

¹ Dr Goran Ćirović, dipl. građ. inž., Viša građevinsko-geodetska škola, Beograd, Hajduk Stanka 2, tel/fax 2422-178, Email: cirovic@sezampro.yu

² Mr Darko Plamenac, dipl. građ. inž., Viša građevinsko-geodetska škola, Beograd, Hajduk Stanka 2, tel/fax 2422-178, Email: gplamenac@sezampro.yu

1. UVOD

Nekompletni sistemi podataka (tabele podataka / odlučivanja) se, ne retko, pojavljuju u građevinarstvu. Nekompletnost se odnosi na to da neke vrednosti atributa nedostaju, odnosno da u tabeli podataka nedostaju neki podaci. Prema Grzymala – Busse – u (2003), prilikom rešavanja ovakvih problema primenom teorije grubih skupova, razmatraju se dve grupe nedostajućih podataka (*missing values*): a) *izgubljeni* (*lost*), npr. izbrisani, ili iz nekog drugog razloga nestali podaci i b) *nebitni* ili manje bitni (*do not care*) podaci, npr. suvišni ili ne neophodni podaci za donošenje odluke ili klasifikovanje. Prvi put teoriju grubih skupova u rešavanju problema sa “do not care” (nebitnim) podacima je primenio Grzymala – Busse (1991). Grzymala – Busse i Wang (1997), primenjuju grube skupove u sistemima sa izgubljenim podacima.

Teorija grubih skupova, pored neuralnih mreža, genetskih algoritama i rasplinutih (fuzzy) skupova, spada u osnovne tehnike soft computing-a i jednu od ključnih oblasti veštačke inteligencije. Savremene hibridne metode i sistemi predstavljaju različite kombinacije integrisanja ovih tehnika. Jedan od osnovnih pravaca istraživanja u oblasti veštačke inteligencije ide ka razvoju ekspertnih sistema, u čemu su u velikoj meri zastupljeni grubi skupovi.

Teoriju grubih skupova predložio je 1982. godine poljski akademik Zdzislaw Pawlak (1982). Oni predstavljaju uspešan matematički alat koji se bavi neodređenim pojmovima, i od značaja su za veštačku inteligenciju i zasnivanje znanja, naročito ekspertne sisteme, sisteme za donošenje odluka, mašinsko učenje, mašinsko pronalaženje znanja, prepoznavanje slučajeva i tabele odlučivanja.

U teoriji grubih skupova razlikuju se dva koncepta – neodređenost i neizvesnost. Neodređenost je svojstvo skupova i opisuje se aproksimacijom, dok je neizvesnost svojstvo elemenata skupa i izražava se funkcijom grube pripadnosti. Teorija grubih skupova objašnjava neodređenost preko graničnog područja skupa, a ne preko parcijalne pripadnosti, kao što je to slučaj u rasplinitim skupovima. Teorija rasplinitih skupova je usmerena ka gradualnosti / postepenosti znanja, izraženoj preko fuzzy pripadnosti, dok je teorija grubih skupova usmerena ka granularnosti / zrnima znanja izraženoj preko relacije nerazlikovanja.

2. GRUBI SKUPOVI

Polaznu tačku teorije grubih skupova, koje je uveo i predložio Pawlak (1982, 1991), čini tabela podataka (*information table*). Pri tome se podrazumeva da su tabele podataka kompletne. Uobičajeno, kao tabela podataka podrazumeva se četvorostruka grupa podataka:

$$S = (U, A, V, \rho),$$

gde su:

U konačan skup objekata (univerzum);

A konačan skup atributa;

V skup svih vrednosti atributa (uz svaki atribut $a \in A$);

$\rho: U \rightarrow V_a$ funkcija podataka.

Uz svaki podskup atributa B od A , pridružuje se relacija *nerazlikovanja* na U , označena kao $IND(B)$, i shodno tome definisana za $x, y \in U$ kao:

$$(x, y) \in IND(B) \text{ akko } \rho(x, a) = \rho(y, a), \forall a \in B \quad (1)$$

Relacija nerazlikovanja je relacija ekvivalencije. Prema Polkowskiom (2002), kategorija stvaranja procesa bez atributa odluke se može posmatrati sa stanovišta mašinskog učenja kao slučaj nenadgledanog učenja: data je tabela podataka, koncepti su formirani od samog sistema na bazi deskriptora izvučenih iz podataka. Ipak, u najvećem broju važnih primena mora se postupati sa nadgledanim slučajem kada su objekti u univerzumu pre – klasifikovani od strane eksperata (pomoću različitog atributa d koji nije u A , i zove se odluka). Tada je zadatak algoritama zasnovanih na teoriji grubih skupova indukcija kategorija koje bi aproksimovale što je moguće bliže datu pre-klasifikaciju ekspertove odluke. Tabela odlučivanja je tabela podataka u kojoj se razlikuju dve klase atributa (atributi uslova i atributi odluke). Kao i svaki drugi atribut, d je funkcija:

$$d : U \rightarrow V_d \text{ na univerzumu } U \text{ u skup vrednosti } V_d.$$

Neka je $X \subseteq U$ i $B \subseteq A$. Definišu se dve osnovne operacije u teoriji grubih skupova, dodeljivanjem svakom $X \subseteq U$, dva skupa: $B_*(X)$ i $B^*(X)$, nazvana donja i gornja aproksimacija od X :

$$B_*(X) = \{x \in U : B(x) \subseteq X\} \quad (2)$$

$$B^*(X) = \{x \in U : B(x) \cap X \neq \emptyset\} \quad (3)$$

Granično područje X je skup:

$$BN_B(X) = B^*(X) - B_*(X) \quad (4)$$

Iz same definicije aproksimacija se vidi da su one izražene u uslovima (pojmovima) granula znanja. Donja aproksimacija skupa je unija svih granula koje su potpuno uključene (sadržane) u skupu. Gornja aproksimacija je unija svih granula koje imaju ne–prazan presek sa skupom. Granično područje skupa je razlika između gornje i donje aproksimacije.

3. PODACI I TABELE

Teorija grubih skupova ne zahteva prethodno poznavanje ili dodatne informacije o empirijskim podacima. Ova osobina grubih skupova ih svrstava u red metoda koje isključuju subjektivnost u analizi znanja, vrednovanju odluka i podršci odlučivanju, što im daje specifičnost u odnosu na ostale tehnike i metode.

Uobičajeno je da se, u mnogim oblastima privrede i nauke, podaci, naročito ako ih je veliki broj, predstavljaju u obliku tabela.

Tabele podataka imaju veliku prednost, naročito kada treba sistematizovati i sagledati veliki broj podataka. Dalje, one su korisne prilikom hibridizacije, odnosno kombinovanja različitih tehnika *soft computing-a*, što omogućava lakše i fleksibilnije upravljanje sistemima sa nejasnim i nepreciznim okruženjem, naročito ako se radi o velikim i kompleksnim sistemima. Hibridni sistemi, kombinovani i objedinjeni sa tehnikama *soft computing-a* poboljšavaju kvalitet sistema koji se formira i analizira. Ovo je slično i u slučaju kombinovanja grubih skupova sa neuralnim mrežama, genetskim algoritmima, evolutivnim programiranjem, alatima za statističko zaključivanje ili Petri mrežama.

Dalje, karakteristična za grube skupove je *tabela odlučivanja* sa atributima uslova i atributima odluke.

U problemima u kojima su atributi uslova realni brojevi primenjuje se tehnika *diskretizacije*. Tehnika diskretizacije je zasnovana na teoriji grubih skupova i Boole-ovom rezonovanju. Korak diskretizacije određuje koliko grubo se posmatra sistem.

Takođe, mnogi autori su razvili veliki broj softverskih sistema za indukciju pravila, koji su primenjeni za analizu podataka i realne probleme.

Grubi skupovi se mogu koristiti i kada se radi o nekonzistentnim podacima. Posebnu prednost grubi skupovi imaju u slučaju indukovanja pravila odlučivanja u sistemima sa „nedostajućim“ podacima, odnosno za proučavanje sistema koje karakterišu nedovoljne i nepotpune informacije.

Grubi skupovi se uspešno primenjuju i u rangiranju alternativa, prilikom izbora optimalnih alternativa (strategija, tehnologije, investiranja, i slično). U daljem tekstu će se prikazati njihova primena u građevinarstvu, na primeru izbora optimalnog rasporeda oplata u polumontažnom sistemu građenja i godišnjeg fonda radnog vremena za izvođenje zemljanih radova.

3. TABELA PODATAKA – Montažno-demontažna oplata

Jedan od načina izrade zidova armirano-betonske konstrukcije objekata je pomoću prenosne montažno-demontažne oplata. Izvođenje zidova ovom oplatom se vrši u taktovima. Svaki takt obuhvata demontažu i montažu oplata, montažu armature i prve faze elektroinstalacija i betoniranje dela zidova na jednoj osnovi (spratu), upotrebom određenog broja panoa. Pri pravilnom definisanju taktova vrlo je značajna modularna koordinacija. Taktovi se definišu uklapanjem panoa prema projektu konstrukcije, a po katalogu proizvođača. Problem izvođenja zidova pomoću prenosne oplata postaje kompleksniji kada se izrada, montaža i demontaža oplata i betoniranje zidova kombinuju sa montažnim ili polumontažnim tavanicama. Ovo je čest slučaj u praksi, jer se primenom ove tehnologije skraćuje vreme građenja. Suštinsko je postizanje tehnologije koja omogućava kontinuirani rad tesarske brigade, ekonomično korišćenje oplata i ujednačenu količinu betonskih radova po taktu.

Kao što je rečeno, polaznu tačku teorije grubih skupova čini *tabela podataka* (*information table*). Jedna takva tabela podataka je prikazana u tabeli 1, na primeru primene grubih skupova za opisivanje osnova objekata koji se grade, sa stanovišta montažno-demontažne oplata, zatim opisivanje zavisnosti i redukcija atributa i generisanje pravila odlučivanja. Posmatrano je ukupno 6 različitih osnova tipskog sprata objekata koji se izvode prenosnom oplatom.

Osnova	Atributi uslova		
	Brzo izvođenje	Mali utrošak oplata	Montaža tavanica
1	ne	da	dobra
2	da	ne	dobra
3	da	da	odlična
4	ne	da	srednja
5	da	ne	dobra
6	ne	da	odlična

Tabela 1. Tabela podataka

Kolone u tabeli obeležene su atributima (osobinama oplate), a redovi objektima (osnovama građevinskog objekta koji se izvodi), dok su zapisi u tabeli vrednosti atributa. Na taj način svaki red se može posmatrati kao informacija o pojedinoj osnovi.

4.1. Tabela odlučivanja

Tabela 2 predstavlja tabelu odlučivanja, i dobijena je iz tabele 1 dodavanjem atributa odluke.

Osnova	Atributi uslova			Atribut odluke
	Brzo izvođenje	Mali utrošak oplate	Montaža tavanica	Primenljiva osnova
1	ne	da	dobra	da
2	da	ne	dobra	da
3	da	da	odlična	da
4	ne	da	srednja	ne
5	da	ne	dobra	ne
6	ne	da	odlična	da

Tabela 2. Tabela odlučivanja

Tabela 2 je nekonzistentna tabela odlučivanja, jer objekti 2 i 5 imaju iste attribute uslova, a različite attribute odluka. U suprotnom tabela odlučivanja je konzistentna.

4.2. Nekompletna tabela odlučivanja

Slučaj prikazan u tabeli 3 predstavlja najopštiji slučaj *tabele odlučivanja* sa nedostajućim vrednostima atributa uslova oba tipa: izgubljenim (?) i “do not care” (*) podacima.

Osnova	Atributi uslova			Atribut odluke
	Brzo izvođen je	Mali utrošak oplate	Montaža tavanica	Primenljiva osnova
1	ne	?	dobra	da
2	da	*	dobra	da
3	*	da	odlična	da
4	ne	da	?	ne
5	da	ne	?	ne
6	?	*	odlična	da

Tabela 3. Tabela odlučivanja sa nedostajućim podacima

U slučaju nekompletnih tabela podataka umesto relacije nerazlikovanja, uvodi se *karakteristična relacija*. Prema Grzymala–Busse–u (2003), karakteristična relacija $R(B)$ na U za tabele odlučivanja, sa oba tipa nedostajućih podataka, se definiše kao:

$$(x, y) \in R(B) \text{ akko } \rho(x, a) = \rho(y, a), \text{ ili } \rho(x, a) = *, \text{ ili } \rho(y, a) = *, \text{ za svako } a \in B \text{ takvo da } \rho(x, a) \neq ?, \quad (5)$$

gde $x, y \in U$ i B je ne prazan podskup skupa A svih atributa. Za slučaj x , karakteristična relacija $R(B)$ se može predstaviti svojim karakterističnim skupom $K_B(x)$:

$$K_B(x) = \{y \mid (x, y) \in R(B)\} \quad (6)$$

Donja i gornja aproksimacija u slučaju nekompletne tabele odlučivanja se definišu kao:

$$B_*(X) = \{x \in U : K_B(x) \subseteq X\} \quad (7)$$

$$B^*(X) = \{x \in U : K_B(x) \cap X \neq \emptyset\} \quad (8)$$

U slučaju kompletne tabele odlučivanja karakteristična relacija se redukuje u relaciju nerazlikovanja. Karakteristična relacija $R(B)$ je refleksivna, ali generalno ne mora biti simetrična ili tranzitivna.

5. PRIMER – Godišnji fond radnog vremena

Godišnji fond radnog vremena predstavlja prosečan broj časova efektivnog rada radnika i mašina u očekivanim radnim uslovima. Zavisi direktno od vrste posla koji se obavlja na gradilištu, odnosno od klimatskih uslova koji utiču na obavljanje konkretnog posla. Za formiranje tabele godišnjeg fonda radnog vremena uzimaju se u obzir odgovarajući, pre svega meteorološki (ali i ostali) podaci / faktori koji utiču na formiranje godišnjeg fonda radnog vremena. Njihov uticaj se posmatra po mesecima.

Faktori koji utiču na formiranje godišnjeg fonda radnog vremena su sledeći:

- padavine (veće od 10 mm/m²),
- temperatura vazduha¹ (generalno, niža od 0 °C za zemljane radove, odnosno 5 °C za betonske i zidarske radove),
- brzina vetra (veća od 10 m/s),
- nedelje, praznici i slično.

Mogući fond radnog vremena dobija se oduzimanjem zbira neradnih dana od kalendarskog fonda radnog vremena. Na osnovu toga formira se mogući okvir radnih meseci. Naime, mogući fond radnog vremena množi se sa brojem radnih sati radnih smena, pri čemu se dobija usvojeni fond radnog vremena, izražen u radnim danima, odnosno u radnim časovima (Ćirović, 2005).

Na osnovu prethodno navedenog, moguće je formirati tabelu proračuna godišnjeg fonda radnog vremena za npr. zemljane radove (tabela 4).

¹ Temperatura ima veoma značajnu ulogu u formiranju fonda radnog vremena. U slučaju zemljanih radova, kada je temperatura niža od 0 °C, zemlja postaje tvrda, pa se određeni radovi obustavljaju. Takođe, generalno, kada je temperatura niža od 5 °C, odlaže se betoniranje i zidanje, osim u slučajevima primene posebnih tehnoloških zahvata.

Radi pojednostavljenja, u tabelama nisu predstavljeni svi meseci, već su kao reprezentanti prikazana godišnja doba.

Period	Atributi uslova			Atributi odluke
	Padavine > 10mm	Temperatura < 0°C	Mogućnost rada u dve smene	Fond radnog vremena
Zima	11	12	ne postoji	mali
Proleće	7	2	preporučljivo	srednji
Leto	2	0	preporučljivo	veliki
Jesen	6	3	moгуće	srednji

Tabela 4. Kompletna tabela odlučivanja

Period	Atributi uslova			Atributi odluke
	Padavine > 10mm	Temperatura < 0°C	Mogućnost rada u dve smene	Fond radnog vremena
Zima	*	12	ne postoji	mali
Proleće	?	?	preporučljivo	srednji
Leto	2	0	preporučljivo	veliki
Jesen	6	*	*	srednji

Tabela 5. Nekompletna tabela odlučivanja

Slučaj prikazan u tabeli 5 predstavlja najopštiji slučaj tabele odlučivanja (budući da su joj pridruženi atributi odluka) sa nedostajućim vrednostima atributa uslova oba tipa: izgubljenim (?) i “do not care” (*) podacima (Čirović i Plamenac, 2005).

Iz tabele 5 sledi:

$$[(\text{Padavine}, > 10 \text{ mm})] = \{Z\}, \quad (9)$$

$$[(\text{Padavine}, < 10 \text{ mm})] = \{L, J\}, \quad (10)$$

$$[(\text{Temperatura}, < 0 \text{ stepeni})] = \{Z, J\}, \quad (11)$$

$$[(\text{Temperatura}, > 0 \text{ stepeni})] = \{L, J\}, \quad (12)$$

$$[(\text{Mogućnost rada u dve smene, mala})] = \{Z, J\}, \quad (13)$$

$$[(\text{Mogućnost rada u dve smene, velika})] = \{P, L\}, \quad (14)$$

pa je, prema (6):

$$K_B(Z) = \{Z\} \cap \{Z\} = \{Z\}; \quad (15)$$

$$K_B(P) = \{P, L\}; \quad (16)$$

$$K_B(L) = \{L, J\} \cap \{L, J\} \cap \{P, L\} = \{L\}; \quad (17)$$

$$K_B(J) = \{Z, J\}. \quad (18)$$

Prema definicijama donje i gornje granice, (7) i (8), sledi:

$$B_*(Z) = \{Z\}; \quad (19)$$

$$B_*(P, J) = \{\emptyset\}; \quad (20)$$

$$B_*(L) = \{L\}. \quad (21)$$

$$B^*(Z) = \{Z, J\}; \quad (22)$$

$$B^*(P, J) = \{P, L, Z, J\} = U; \quad (23)$$

$$B^*(L) = \{P, L\}. \quad (24)$$

Sigurna pravila odlučivanja, indukovana iz donje aproksimacije, su:

(broj dana sa $T < 0^{\circ}\text{C} \geq 12$) & (Mogućnost rada u dve smene, ne postoji / mala)
 \Rightarrow (fond radnog vremena, mali)
 (broj dana sa $T < 0^{\circ}\text{C} = 0$) & (Mogućnost rada u dve smene, preporučljivo / velika)
 \Rightarrow (fond radnog vremena, veliki)

6. ZAKLJUČAK

Uobičajeno je da se, u građevinarstvu, kao i u mnogim drugim oblastima privrede i nauke, podaci naročito ako ih je veliki broj, predstavljaju u obliku tabela. *Tabele podataka* imaju veliku prednost, naročito kada treba sistematizovati i sagledati veliki broj podataka. Teorija grubih skupova pruža mogućnost donošenja pravila odlučivanja i iz tabela sa nedostajućim podacima. Raspored oplata i proračun godišnjeg fonda radnog vremena, u kome su često prisutni nedostajući podaci, i odluke koje na osnovu njega slede predstavljaju jedan od osnovnih ulaznih podataka u organizaciji građevinske proizvodnje.

Teorijom grubih skupova se u novije vreme bave mnogi autori, kako naučnici teoretičari, tako i stručnjaci koji pokušavaju i uspevaju da veliki broj različitih problema iz mnogih praktičnih oblasti interpretiraju, analiziraju i reše pomoću ove teorije. Oni su pokazali da su grubi skupovi pogodni za analizu i proučavanje kvalitativnih ali i kvantitativnih svojstava (atributa). Takođe, teorija grubih skupova ne zahteva prethodno poznavanje ili dodatne informacije o empirijskim podacima, kao što je raspodela verovatnoće u statistici ili stepen pripadnosti u teoriji rasplnutih skupova. Posebno, ona je vrlo pogodna kada su skupovi empirijskih ili eksperimentalnih podataka mali da bi se proučavali uobičajenim statističkim metodama. Teorija grubih skupova omogućava karakterisanje skupova objekata prema vrednostima njihovih svojstava / atributa, otkrivanje totalne ili parcijalne zavisnosti između atributa, redukciju suvišnih atributa ili podataka, nalaženje značajnih atributa, kao i generisanje pravila odlučivanja, preko tabela odlučivanja. Ona je značajna i za proučavanje sistema koje karakterišu nedovoljne i nepotpune informacije, kao i za klasifikovanje / raspoređivanje.

7. LITERATURA

1. Ćirović, G., (2005), Problemi planiranja, organizacije i tehnologije građenja, III prerađeno i dopunjeno izdanje, Viša građevinsko-geodetska škola u Beogradu, Beograd.
2. Ćirović, G., Plamenac, D., (2005), Grubi skupovi: Primena u građevinarstvu, Biblioteka Operaciona istraživanja i informacioni sistemi, Društvo operacionih istraživača, Beograd.
3. Ćirović, G., Plamenac, D., (2005), Grubi skupovi – prednosti i perspektive, XXII simpozijum o operacionim istraživanjima, SYM OP IS 2005, Vrnjačka Banja, str. 357-360.
4. Grzymala – Busse, J. W., (1991), On the unknown attribute values in learning from examples. In: Proceedings of the ISMIS-91, 6th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, Charlotte, North Carolina USA, 368-377.
5. Grzymala – Busse, J. W., Wang, A. Y., (1997), Modified algorithms LEM1 and LEM2 for rule induction from data with missing attribute values. In: Proceedings of the Fifth

- International Workshop on Rough Sets and Soft Computing (RSSC'97) at the Third Joint Conference on Information Sciences (JCIS'97), Research Triangle Park, NC, 69-72.
6. Grzymala – Busse, J. W., (2003), Rough set strategies to data with missing attribute values. In: Proceedings of the Workshop and New Directions in Data Mining, associated with third IEEE International Conference on Data Mining, Melbourne, FL, USA, 56-63.
 7. Pawlak, Z., Rough Sets, International Journal of Computer and Information Science, 11(1982), 341-356.
 8. Pawlak, Z., (1991), Rough Sets - Theoretical Aspects of Reasoning about Data, Kluwer Academic Publisher. Dordrecht.
 9. Plamenac, D., Ćirović, G., (2006), Indukovanje pravila odlučivanja u sistemima sa nedostajućim podacima primenom teorije grubih skupova, Tehnika – Naše građevinarstvo, 60(2006)3
 10. Polkowski, L., (2002), Rough Sets: Mathematical Foundation, Physica-Verlag, Heidelberg.

Ilija Nikolić¹
Milomir Kostić²

PLANIRANJE RADNE SNAGE I MEHANIZACIJE U MEŠOVITIM SMENAMA NA PROJEKTU PRIMENOM SOFTVERA MS PROJECT

Rezime: U radu se ukazuje na problem planiranja radne snage i mehanizacije na projektu sa mešovitim smenama primenom softvera MS Project. Razmatraju se naredne varijante rasporeda navedenih resursa: (1) na aktivnostima u jednoj smeni, (2) na aktivnostima u dve smene, (3) na aktivnostima u jednoj smeni i aktivnostima u dve smene. Navedena složenost modeliranja projekta se javlja sa stanovišta mehanizacije, tako da je potrebno uvoditi prekovremeni rad za drugu smenu ili kombinovati uvođenje kalendara za ovu vrstu resursa i kalendara za odgovarajuće aktivnosti. Predloženo rešenje je testirano na realnom građevinskom projektu, što se ilustruje.

Ključne reči: upravljanje projektom, građevinski menadžment, radna snaga, mehanizacija, mešovite smene, softver MS Project.

LABORS AND PLANTS PLANNING IN MIXED SHITS ON PROJECT USING SOFTWARE MS PROJECT

Summary: This paper reviews the labor and plants planning problems when MS Project software is using on project with mixed shifts. The next variants of resource scheduling are discussed: (1) on actives with one sheet, (2) on activities with two sheets, and (3) on activities with one sheet and activities with two sheets. Named difficulties are more significant for plants, so it is necessary to use overtime work or combine the particular calendars for this resources and responsive calendars for certain activities. Suggested approach is tested for one real project on construction area, and some illustration will be presented.

Key words: project management, construction management, labor, plant, mixed shifts, MS Project software.

¹ Red. profesor, Dr, dipl. inž. organizacionih nauka, Beogradski Univerzitet, Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd, e-mail: nikolic.ilija@fon.bg.ac.yu; Univerzitet "UNION", Fakultet za menadžment nekretnina, Fakultet za preduzetnički biznis, Cara Dušana 62-64, Beograd.

² Samostalni inženjer, dipl. inž. graditeljstva, Energoprojekt – Hidroinženjering, Mihaila Pupina 12, Beograd, mica_kostic@yahoo.com

1. UVODNE NAPOMENE

Posmatrajući projekat kao skup aktivnosti koje se jednokratno sprovode da bi se ostvario postavljeni cilj, od osnovnog je značaja je sačiniti najbolji plan sa raspoloživim resursima (videti [1] do [4]). To čini početnu fazu procesa upravljanja projektom i sledi realizacija sa odgovarajućom kontrolom sprovođenja plana, uz adekvatne korekcije u slučajevima kada se utvrdi da postoje odstupanja od tekućeg plana ili se proceni da mogu nastupiti odstupanja. Pri tome se različito razmatraju nepotrošivi resursi (radna snaga, mašine i dr.) i potrošivi resursi (razni vidovi materijala, delova, maziva i dr.), za koje softver MS Project koristi nazive resursi tipa Work i resursi tipa Material, respektivno (videti [2], [12] i [19]).

U radu se ukazuje na značaj resursa tipa Work na projektu i modeliranje projekta, odnosno definisanje polaznih podataka, kada postoje: (a) aktivnosti koje se izvode u jednoj smeni i (b) aktivnosti koje se izvode u dve smene. Složenost planiranja resursa tipa Work nastaje sa stanovišta njihovog angažovanja: (1) samo na aktivnostima u jednoj smeni, (2) samo na aktivnostima u dve smene i (3) na aktivnostima u jednoj smeni i na aktivnostima u dve smene. Za aktivnosti tipa Material nije od značaja angažovanje po smenama.

Potrebno je napomenuti da upravljanje projektom obuhvata i mnoge druge značajne aspekte koji nisu predmet ovog rada. Na primer, novčana sredstva (kao zasebni vid potrošivih resursa) javljaju se kao priliv i odliv novca, te je potrebno obezbediti likvidnost na projektu u terminima plaćanja za ostvarene troškove (videti [17] i [16]). Posebno, projekte u građivinarstvu karakterišu životni ciklus, priprema podataka, obezbeđenja materijala, formiranje dokumentacije i dr. (videti [7], [13] i [15]). Za razliku od problema koji se odnose na pojedinačne projekte, izloženih u radu i navedenoj literaturi, složenije je planirati i upravljati istovremeno sa više projekata (videti [18], [5], [2], [8], [11] i [14]).

2. PLANIRANJE RESURSA I PRIMENA SOFTVERA MS PROJECT

Upravljanje svakim složenijim projektom nameće potrebu da se koristi neki od efikasnih standardnih softverskih paketa za Project Management (Primavera Project Planner, MS Project, CA-SuperProject i dr.). [2], [5], [19], [20]

U cilju modeliranja projekta, neka projekat ima " m " aktivnosti sa indeksima $i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$ i koristi " n " kategorija resursa tipa Work sa indeksima $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$, pri čemu posmatrana i -ta aktivnost koristi n_i kategorija j -tih resursa Work sa indeksima $j \in J_i \subseteq J$. Usvojimo da vremenska jedinica iznosi $t = [1 \text{ dan}]$ i $t \in T = \{1, 2, \dots, T_p\}$, gde T_p = trajanje projekta i T = skup vremenskih jedinica na projektu. Označimo d = dužina radnog vremena za jednu smenu (na primer, $d = 8$ [čas/dan]).

2.1. Resursi tipa Work i resursi tipa Material

Trajanje projekta definišu raspoložive količine resursa, tako da se sa više resursa određuje kraće trajanje projekta. Obrnuto, manje resursa određuje trajanje projekta. Softver MS Project podržava razmatranje ograničenih količina sam za nepotrošive resurse, podrazumevajući da je potrebno obezbediti odgovarajuće količine za potrošive resurse.

Nepotrošivi resursi tipa Work (radna snaga, mašine i dr.) se definišu na projektu sa tri aspekta iz nastavka.

- (a) Obim posmatrane aktivnosti za određenu kategoriju resursa Work (vrednost $Work = W_{ij}$, iskazuje potrebno apsolutno vreme angažovanja j-te kaegorije resursa da se izvede i-ta aktivnost), konstantna veličina data u [čas].
- (b) Intenziteti određene kategorije resursa Work na posmatranoj aktivnosti ($Units = w_{ij}$, iskazuje potreban broj jedinica j-tog resursa u jedinici vremena na i-toj aktivnosti), odabrana vrednost iz skupa dopustivih vrednosti (broj izvršilaca na dan, broj radnih mašina na dan i sl.). Ima namenu da se odredi t_i = trajanje aktivnosti, kao količnik obima i-te aktivnosti, intenziteta j-tog resursa i dužine dnevnog radnog vremena: $t_i = W_{ij} \cdot w_{ij} \cdot d$, $j \in J_i$, $i \in I$. Ako ista aktivnost koristi više kategorija resursa Work, njeno trajanje određuje kategorija resursa sa dužim vremenom angažovanja: $t_i = \min \{W_{ij} \cdot w_{ij} \cdot d \mid j \in J_i\}$, $i \in I$.
- (c) Maksimalna raspoloživa količina određene kategorije resursa na projektu u jedinici vremena ($Max Units = a_j$, broj jedinica j-tih resursa namenjenih za sve aktivnosti). To može da bude konstantna vrednost na projektu: $a_j(t) = a_j$, $\forall t \in T$. U opštem slučaju, to mogu da budu odgovarajuće konstantne vrednosti za određene vremenske intervale $T^{(s,j)}$: $a_j(t) = a_j^{(s,j)}$, $\forall t \in T^{(s,j)}$. Sada je, za svaki j-ti resurs, period trajanja projekta T razdeljen na periode $T^{(s,j)}$ u kojima posmatrani j-ti resurs ima konstantne raspoložive količine $a_j^{(s,j)}$, gde $s \in S_j$ (s-ti indeksi takvih perioda za j-ti resurs čine skup S_j) i važi $\bigcup_{s \in S_j} T^{(s,j)} = T$.

U suštini, sa (c) se formira plan projekta. Na osnovu tehonološko-logičkih zavisnosti aktivnosti i vremenskog rasporeda na mrežnom dijagramu projekta (MD) ili linijskom dijagramu (LD) sa analizom vremena projekta, određuje se minimalo trajanje projekta (1) sa uslovom da ukupne potrebe svake kategorije resursa tipa Work na svim aktivnostima u bilo kojoj jedinici vremena ne može da bude veći od njegove maksimalne raspoložive količine (2). Ako se sa $I(t)$ označi skup indeksa aktivnosti koje se obavljaju u t-toj vremenskoj jedinici, $I(t) \subseteq I$ za $t \in T$, sa usvojenim intenzitetima resursa $w = \{w_{ij}(t), i \in I, j \in J, t \in T\}$ i raspoloživim resursima $a = \{a_j(t), j \in J, t \in T\}$ potrebno je rešavati naredni matematički model:

$$\min_{LD} Tp(w, a) \dots\dots\dots (1)$$

p.o.

$$\sum_{i \in I(t)} w_{ij}(t) \leq a_j(t), \quad \forall j \in J, \forall t \in T \dots\dots\dots (2)$$

Heuristički proces svođenja potreba za resursima tipa Work u granice raspoloživih resursa u (2) i određivanje minimalnog trajanja projekta na LD u (1), tzv. nivelisanje resursa, poznat je u teoriji kao Gray-Kiddov algoritam koji podržavaju softver MS Project i drugi standardni paketi za Project Management. Pri tome je $w_{ij}(t) = w_{ij}$ ako $i \in I(t)$, $t \in T$. U suprotnom je $w_{ij}(t) = 0$. U literaturi se uobičajeno prikazuju ručni postupci navedenog algoritma za nivelisanje jedne katetorije resursa Work, dok je u [5] razvijen algoritam sa ručnim postupcima za više kategorija ovih resursa. Standardni softver za Project Management ne ograničava broj kategorija resursa kojima se vrši nivelisanje.

Potrošivi resursi tipa Material (razni vidovi materijala, delova, maziva i dr.), kada se koristi softver MS Project definišu se samo sa stanovišta obima (ukupnih

potreba) na svakoj aktivnosti. Zbir potreba posmatranog resursa ovog tipa na svim aktivnostima određuje njegovu konstantnu ukupnu potrebu na projektu. Dalje se vrši proračun ukupnih potreba svakog resursa tipa Material u svakoj vremenskoj jedinici projekta za plan koji je dopustiv sa stanovišta ograničenih resursa tipa Work na osnovu modela (1)–(2). Smatra se da je moguće obezbediti resurse tipa Material u potrebnim količinama. Ako to nije moguće, neophodno je interaktivno sprovesti ručne postupke za Gray Kiddov algoritam posmatrajući odgovarajuće značajnije resurse tipa Material (uvođenje maksimalnih raspoloživih količina, proračun ukupnih potreba u svakoj vremenskoj jedinici projekta, neposredno pomeranje aktivnosti za koje nedostaju materijali u periode sa dovoljno materijala) i primeniti softver za nivelisanje resursa tipa Work (videti [12] i [9]). Dakle, softver MS Project ne podržava da se automatizovano vrši nivelisanje i resursa tipa Material, dok softver CA-SuperProject to podržava (videti [4] i [20]).

Šira analiza projekta sa stanovišta vremena trajanja i raspoloživih resursa može da se vrši postavljanjem odabranih varijanti $k=1,2,\dots,p$; $k \in K=\{1,2,\dots,p\}$ za vrednosti maksimalnih količina j -tih resursa Work u modelu (1)–(2). Sa k -tom varijantom vrednosti $a_j(t) = a_j^{(k)}(t)$ u (2), funkcijom kriterijuma (1) se određuje minimalno trajanje projekta $Tp(w, a^{(k)}) = Tp^{(k)}$. Dalje je potrebno pronalaziti minimalne vrednosti za maksimalne količine svake kategorije razmatranih resursa sa trajanjem projekta $Tp^{(k)}$: $a_j^{(k)}(t)^*$, $i \in I$, $t \in T^{(k)}$. Kao rezultat nastaje k -ta varijanta plana projekta i nakon razmatranja svih takvih varijanti dobijen je naredni skup planova projekta (videti [10], [11]):

$$P^{(k)} = \{Tp^{(k)}, a_j^{(k)}(t)^*, j \in J, t \in T^{(k)}\}, k \in K \dots\dots\dots (3)$$

U cilju izbora najprihvatljivijeg plana može da se sprovede višekriterijumska analiza (VKA) sa planovima $P^{(k)}$ kao alternativama i kriterijumima $Tp^{(k)}$, $a_j^{(k)}(t)^*$; $k \in K$, $j \in J$, $T \in T^{(k)}$ iz naredne tabele. Pri tome mogu da se razmatraju i drugi kriterijumi, koji nisu obuhvaćeni ranijim modelima, uz proračun njihovih vrednosti za odgovarajuće planove (na primer, C_p – troškovi projekta). Različiti stepeni značajnosti kriterijuma izražavaju se odgovarajućim težinskim koeficijentima. Rezultat analize je višekriterijumska rang-lista planova sa rang-mestima $R(P^{(k)})$, $k \in K$ i najpovoljniji je plan sa najvišim rang-mestom.

Alternative (varijante planova)		Kriterijumi						Rang-mesta planova	
		K ₁	K ₂				K ₃		
			K ₂₁	K ₂₂	...	K _{2n}			
		Tp ^(k)	a ₁ ^{(k)*}	a ₂ ^{(k)*}	...	a _n ^{(k)*}	Cp ^(k)		...
	1	2	3		n+1	n+2	...		
P ⁽¹⁾	Tp ⁽¹⁾	a ₁ ^{(1)*}	a ₂ ^{(1)*}	...	a _n ^{(1)*}	Cp ⁽¹⁾	...	R(P ⁽¹⁾)	
P ⁽²⁾	Tp ⁽²⁾	a ₁ ^{(2)*}	a ₂ ^{(2)*}	...	a _n ^{(2)*}	Cp ⁽²⁾	...	R(P ⁽²⁾)	
...	
P ^(p)	Tp ^(p)	a ₁ ^{(p)*}	a ₂ ^{(p)*}	...	a _n ^{(p)*}	Cp ^(p)	...	R(P ^(p))	
Tip kriterijuma		min	min	min	...	min	min	...	
Težinski koeficijenti	w ⁽¹⁾	w ^{(1)₁}	w ^{(1)₂}				w ^{(1)₃}		
	w ⁽²⁾		w ^{(2)₂₁}	w ^{(2)₂₂}	...	w ^{(2)_{2n}}			

Tabela 1. Model za VKA varijanti planova projekta i rešenje (rang-mesta planova)

Potrebno je ukazati da se VKA može sprovoditi definisanjem više hijerarhijskih nivoa za kriterijume i uvođenjem pokazatelja njihovih značajnosti. Na primer, dva nivoa: (1) kriterijumi K₁, K₂ i K₃ sa nivoom I (trajanje projekta, resursi i troškovi); (2) kriterijumi sa nivoom II ili podkriterijumi K₂₁ do K_{2n} za kriterijum K₂ (pojedinačni resursi). Sada je neophodno razmatrati značajnost kriterijuma sa težinskim koeficijentima w⁽¹⁾ na nivou I i w⁽²⁾ na nivou II. Navedenu analizu podržava softver Expert Choice sa metodom AHP (analitičkih hijerarhijskih procesa), uz korišćenje težinskih koeficijenata ili tzv. "skale 9 tačaka" za iskazivanje značajnosti svakog para kriterijuma na istom nivou hijerarhije. [21], [6], [4], [10], [11]

2.2. Planiranje resursa tipa Work u jednoj smeni, dve smene i mešovito

Softver MS Project podržava da se obuhvate tri oblika izvođenja aktivnosti na projektu, odnosno angažovanja resursa tipa Work: rad u jednoj smeni, rad u dve smene i mešovito. Pri tome, neki resursi ovog tipa mogu da se angažuju i manje od punog radnog vremena u odgovarajućim smenama.

Neka se razmatra jedna aktivnost sa W₁ = 160h (Resource Work) angažovanja određene kategorije radne snage (Radnici 1) i W₂ = 80h (Resource Work) angažovanja odgovarajuće mehanizacije (Masina 1). Ukupno angažovanje resursa na nivou aktivnosti iznosi W = W₁ + W₂ = 160 + 80 = 240h (Work), što se može pratiti u Gantt Chart (Slika 1). Zahtevano vreme rada resursa iskazuje sa osobinom aktivnosti Task type = Fixed Work (prikazuje se u Task Form). Za dalju ilustraciju planiranja navedenih resursa definisano je u Project Calendar da sedmica ima pet radnih dana (neradni dan je nedelja).

1) Angažovanje resursa u jednoj smeni

Neka trajanje smene iznosi d = 8h na dan. Sa w₁ = 2 radnika (Units) i w₂ = 1 mašina (Units) određuje se vreme obavljanja aktivnosti t = max {W₁:w₁:d; W₂:w₂:d} = max {160:2:8; 80:1:8} = max {10; 10} = 10 dana (Duration). Podaci za resurse, Units i

Resource Work (softver koristi naziv Work), mogu da se definišu u Task Form (Slika 1). Ako aktivnost ima početak 2.10.06 određuje se završetak 12.10.06.

Task Name	Work	Overtime Work	Duration	Start	Finish
Proj_1: Jedna smena	240 hrs	0 hrs	10 days?	2.10.06	12.10.06
Aktivnost 1 smena	240 hrs	0 hrs	10 days?	2.10.06	12.10.06

ID	Resource Name	Units	Work	Ovt. Work	Baseline Work	Act. Work	Rem. Work
1	Radnici 1	2	160h	0h	0h	0h	160h
2	Masina 1	1	80h	0h	0h	0h	80h

Slika 1. Angažovanje resursa tipa Work u jednoj smeni za Task type = Fixed Work

2) Angažovanje resursa u dve smene

Neka druga smena ima isto trajanje kao prva smena, $d = 8h$. Potrebno je: (1) definisati dvostruki broj izvršilaca za radnu snagu, $Units = 2 \cdot w_1 = 2 \cdot 2 = 4$ radnika (za svaku smenu po $w_1 = 2$ radnika); (2) zadržati broj radnih mašina kao za jednu smenu, $Units = w_2 = 1$ mašina (ista mehanizacija se angažuje u obe smene); (3) definisati prekovremeni rad mehanizacije u visini polovine ukupnog vremena angažovanja, $Resource\ Overtime\ Work = W_2^{(2)} = W_2 : 2 = 80 : 2 = 40h$. Mehanizacija se koristi na sledeći način: (a) rad za normalno radno vreme u prvoj smeni ($Resource\ Normal\ time\ Work = W_2^{(1)} = W_2 : 2 = 80 : 2 = 40h$); (b) prekovremeni rad u drugoj smeni ($Resource\ Overtime\ Work = W_2^{(2)} = W_2 : 2 = 80 : 2 = 40h$); (c) ukupno angažovanje iznosi $Work = W_2 = W_2^{(1)} + W_2^{(2)} = 40 + 40 = 80h$. Trajanje aktivnosti ista kalendarskog vremena (aktivnost ima Task type = Fixed Work) iznosi $Duration = t = \max \{W_1 : (2 \cdot w_1) : d; W_2 : w_2 : d; W_2^{(2)} : w_2 : d\} = \max \{160 : (2 \cdot 2) : 8; 40 : 1 : 8; 40 : 1 : 8\} = \max \{5; 5; 5\} = 5$ dana. Posmatrajući obe smene, može da se smatra da broj angažovanih mašina iznosi $2 \cdot w_2 = 2 \cdot 1 = 2$ i određuje se isto trajanje aktivnosti $t = \max \{W_1 : (2 \cdot w_1) : d; W_2 : (2 \cdot w_2) : d\} = \max \{160 : (2 \cdot 2) : 8; 80 : (2 \cdot 1) : 8\} = \max \{5; 5\} = 5$ dana. Ako aktivnost ima početak 2.10.06 određuje se završetak 6.10.06 (Slika 2).

Task Name	Work	Overtime Work	Duration	Start	Finish
Proj_2: Dve smene	240 hrs	40 hrs	5 days?	2.10.06	6.10.06
Aktivnost 2 smene	240 hrs	40 hrs	5 days?	2.10.06	6.10.06

ID	Resource Name	Units	Work	Ovt. Work	Baseline Work	Act. Work	Rem. Work
1	Radnici 1	4	160h	0h	0h	0h	160h
2	Masina 1	1	80h	40h	0h	0h	80h

Slika 2. Angažovanje resursa tipa Work u dve smene za Task type = Fixed Work

Planiranje angažovanja mehanizacije samo u dve smene primenom softvera MS Project može da se vrši i primenom odgovarajućih kalendara, tako što se ovoj vrsti resursa definiše radno vreme $2 \cdot d = 2 \cdot 8 = 16h$. Za radnu snagu je potrebno postupiti kao napred, postaviti dvostruko veći broj izvršilaca (na razmatranim aktivnostima: $Units = 2 \cdot w_1 = 2 \cdot 2 = 4$ radnika).

3) Angažovanje resursa u jednoj smeni i dve smene

Kada ista se ista mehanizacija koristi u jednoj smeni na jednim aktivnostima i u dve smene na drugim aktivnostima, može da se vrši samo uvođenje prekovremenog rada kod aktivnosti koje se obavljaju u dve smene.

4) Angažovanje resursa manje od punog radnog vremena

Resursi mogu da budu angažovani na aktivnostima i manje od punog radnog vremena. Na primer, na aktivnosti u jednoj smeni sa $W_1 = 160h$ za jednu kategorije radnika i $W_2 = 60h$ za određenu mašinu, $w_1 = 2$ radnika je potrebno da rade $t_r = W_1 : w_1 : d = 160 : 2 : 8 = 10$ dana i $w_2 = 1$ mašina zahteva $t_m = W_2 : w_2 : d = 60 : 1 : 8 = 7,5$ dana. Trajanje aktivnosti određuje duži rad radnika $t = \max\{10; 7,5\} = 10$ dana. Usaglašavanje vremena angažovanja radnika i mašine vrši iz uslova $t_r = t_m$, odnosno na osnovu zahteva $W_1 : w_1 : d = W_2 : w_2 : d$. Proizilazi da je potrebno angažovati $w_2 = (W_2 \cdot w_1) : W_1 = (60 \cdot 2) : 160 = 0,75$ mašina sa 8h na dan, odnosno 1 mašinu sa $8 \cdot 0,75 = 6h$ na dan. Time se ostvaruje da i angažovanje mašine iznosi $t_m = W_2 : w_2 : d = 60 : 0,75 : 8 = 10$ dana.

3. ILUSTRATIVNI PRIMER

Razmatra se realni projekat izgradnje tunela kroz planinu za prevođenje vode iz jedne reke u akumulaciono jezero obliženje hidroelektrane u našoj zemlji. Koristi se 247 vrsta resursa: 32 kategorije radnika, 7 građevinskih mašina i odgovarajući materijali. Kada se sve aktivnosti obavljaju u jednoj smeni sa dnevnim radnim vremenom 8h, minimalno trajanje projekta iznosi 643 dana. Međutim, uvođenje dve smene na odgovarajućim aktivnostima iskopa tunela i betonskih radova obezbeđuje da se projekat obavi za 453 dana. Ovo trajanje projekta se ostvaruje sa narednom organizacijom angažovanja mehanizacije:

- Samo u dve smene koristiti 5 radnih mašina: (1) Aku – lokomotiva i vagoni od 6m³; (2) Auto pumpa 5 m³; (3) JUMBO Raildrill 252 Atlas Copco sa 2 ruke; (4) Mikser 8m³; (5) Tunelski utovarivač preko glave Atlas Copco LM 250.
- U jednoj smeni i u dve smene koristiti 3 radne mašine: (1) Buldožer guseničar snage do 200 kw; (2) Kamion do 10m³; Utovarivač točkaš kašika do 2,00m³.
- Koristiti ostalu mehanizaciju u jednoj smeni.
- Na manjem broju aktivnosti koristiti odgovarajuću mehanizaciju sa nepunim radnim vremenom. Na primer, za jednu aktivnosti je definisano: (1) Auto pumpa sa Units = 0,30 ili 2,4h u smeni; (2) Mikser 8m³ sa Units = 0,20 ili 1,6h u smeni.

4. ZAKLJUČAK

U radu su izloženi osnovni aspekti planiranja resursa na projektu primenom standardnog softvera MS Project. Ukazano je na razliku između nepotrošivih resursa tipa Work i potrošivih resursa tipa Material. Trajanje projekta određuju raspoložive količine resursa tipa Work, tako da više resursa daje kraće trajanje projekta i obrnuto. Ako se odrede varijante planova projekta sa različitim vrednostima za raspoložive količine resursa Work, izbor najpovoljnijeg plana može da se vrši primenom višekriterijumske analize.

Uvođenjem dve smene na odgovarajućim aktivnostima može da se njihovo trajanje svede na polovinu vremena u odnosu na korišćenje jedne smene. Za rad u dve smene, kod mehanizacije je potrebno polovinu ukupnog angažovanja na aktivnosti definisati kao prekovremeni rad u drugoj smeni. To zahteva dvostruko veći broj radnika u odnosu na jednu smenu, odnosno isti broj radnika u svakoj smeni.

LITERATURA

1. Jovanović P.: *Upravljanje projektom – Project Management*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2005.
2. Nikolić I.: Multimedijalni CD-ROM: Project Management & Multi Project Management (upravljanje projektom i projektima) u graditeljstvu, Fakultet za graditeljski menadžment, Beograd, 2004.
3. Kerzner H.: *Project management – A systems approach to planning, scheduling and controlling*, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, 2003.
4. Borović S., Nikolić I.: Multimedijalni CD ROM: Višekriterijumska optimizacija – Odabrane metode, softver i primeri primene, 2. i 3. prošireno izdanje, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2000-2001.
5. Nikolić I., Krčević S., Malešević Đ., Ilić M.: *Upravljanje projektima i primena softvera CA-SuperProject*, Institut za bakar, Bor, 1998.
6. Nikolić I., Borović S.: Višekriterijumska optimizacija – metode, primena u logistici, softver, CVŠ VJ, Beograd, 1996.
7. Ivković B., Popović Ž.: *Upravljanje projektima u građevinarstvu*, Jugimport SDPR, IP "Nauka", Beograd, 1994.
8. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, Project Management Institute, U.S.A., 1996 Edition, 2000 Edition, 2004 Edition.
9. Nikolić I.: Modeli nivelisanja resursa i planiranja nabavki materijala na projektu", Zbornik radova, YUPMA 2006, X Internacionalni simpozijum iz Project Managementa "Projektno upravljanje organizacijama – Novi pristupi", Zlatibor, 13-15. Maj 2006., str. 155-149.
10. Nikolić I.: "Šest osnovnih problema optimizacije vremena i resursa u procesu upravljanja projektom", *CD Zbornik radova, Simpozijum "Istraživanja i projektovanja za privredu 2005"*, Redakcija časopisa Istraživanja i projektovanja za privredu, Mašinski fakllet Univerziteta u Beogradu, Akademija inženjerskih nauka Srbije i Crne Gore; Beograd 06. i 07. oktobar 2005, str. 93-102.
11. Nikolić I.: "Procesi upravljanja projektom i projektima: višekriterijumski aspekti", Predavanje po pozivu za Plenarnu sednicu, *Zbornik radova, DQM 2005, 8. Međunarodna konferencija – Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću*, Beograd, 15-16 Jun 2005., str. 95-109.
12. Nikolić I.: "Softverska podrška upravljanju resursima tipa Work i Material na projektu", Zbornik radova YUPMA 2005, IX Internacionalni simpozijum iz Project Management-a

- "Sa Projekt Menadžmentom u evropske integracije", Zlatibor, 12-15. Jun 2005., str. 415-419.
13. Nikolić I., "Softver za modeliranje projekata u građevinarstvu i standardni softver za upravljanje projektima", *Zbornik radova, SYM-OP-IS 2005, XXXII Jugoslovenski simpozijum za operaciona istraživanja*, Vrnjačka Banja, 27.-30. Septembar 2005., str. 424-427.
 14. Nikolić I., Božilović S.: "Upravljanje projektom i upravljanje projektima – teorija, softverska podrška, obrazovanje i praksa", *Zbornik radova, Simpozijum Procedure i problematika izgradnje objekata*, Arandelovac, 21-23. Maj 2003., str. 243-253.
 15. Božilović S., Nikolić I.: "Menadžment u građevinarstvu – aspekti izvođenja radova, dokumentacije i softverske podrške", *Zbornik radova, SYM-OP-IS 2003, XXX Jugoslovenski simpozijum za operaciona istraživanja*, Herceg Novi, 29.09.-03.10.2003., str. 415-418.
 16. Nikolić I., Urošević J., Božilović Z., Ristoski R.: "Upravljanje tokom novca i likvidnošću na više projekata primenom MS Project 2000", *Zbornik radova, YUPMA 2002, VI Internacionalni simpozijum iz Project Managementa "Upravljanje projektima u sprovođenju reformi"*, Zlatibor, 8.-10. Maj 2002., str. 117-121.
 17. Rajkov M., Nikolić I.: "Proširenje standardne metodologije Project Managementa sa planiranjem i kontrolom toka novca", *Zbornik radova, YUPMA '99, III internacionalni simpozijum iz Project Managementa "Uloga Project Management-a u obnovi i razvoju zemlje"*, Zlatibor, 27-29 septembar 1999., str. 142-146.
 18. Drobniaković S., Urošević J., Nikolić I.: "Upravljanje sa više projekata (UVP)", *Zbornik radova II, SymOrg '95, IV Međunarodni simpozijum "Menadžment, ekonomska kriza i promene"*, Zlatibor, 29.05.-01.06. 1995., str. 460-466.
 19. <http://www.microsoft.com/office/project/>
 20. <http://www.superproject.com/>
 21. <http://www.expertchoice.com/>

Ivan Randjelović¹

Vesna Kosorić²

INTEGRALNO PROJEKTOVANJE - FAKTOR ODRŽIVOG GRADITELJSTVA

Rezime: Ovaj rad se bavi principima integralnog projektovanja u funkciji ostvarivanja održivog graditeljstva. Sagledavaju se elementi od uticaja na uspostavljanje održivog pristupa u graditeljstvu, a u okviru celokupne koncepcije održivog razvoja. Definiše se uloga integralnog projektovanja, kao metoda ostvarivanja održive arhitekture. Objedinjavanjem inženjerskih disciplina, ostvaruje se mogućnost efikasnijeg sagledavanja celokupne projektantske problematike. Odgovarajućim metodama se omogućava multidisciplinarno praćenje i razvoj projektantske ideje od samog njenog začetka. Ovim postupkom obezbeđuje se maksimalna koordinacija i usaglašavanje projektantskih elemenata, a u cilju postizanja karaktera održivosti budućeg objekta.

Ključne reči: integralno projektovanje zgrada, energetska efikasnost, održivo graditeljstvo, »zelene« zgrade, okruženje, energetska optimizacija, numeričke simulacije

INTEGRATED DESIGN - THE FACTOR OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Summary: This paper deals with principles of integral design with a function of achievement of sustainable construction. Elements influencing creation of sustainable approach in construction are overseen, in a frame of general concept of sustainable development. The role of integral design is defined as a method to accomplishment of sustainable architecture. With joint implementation of engineering branches possibility to have more efficient understanding of overall design issues is created. With adequate methods, multidisciplinary tracing and development of an idea from its very beginning is enabled. With this procedure, maximal coordination and harmonization of designing elements is ensured, with a goal to achieve sustainability of future construction.

Key words: integral design of buildings, energy efficiency, sustainable construction, »green« buildings, environment, energy optimization, numerical simulations

1 Saobraćajni Institut CIP, Zavod za arhitekturu i urbanizam, Nemanjina VI/4, 11000 Beograd, Srbija, Tel +381 11 3616815, Fax +381 11 3618324, Email: irandjel@eunet.yu

2 SEEAA d.o.o., Slogina 4/22, 11000 Beograd, Srbija, Tel +381 64 8209035, Email: vesna2yu@yahoo.com

1. UVOD

Intenzivan proces urbanizacije kao fenomen dvadesetog veka je doveo do značajnih promena i u pogledu kvaliteta stanovanja. Ekonomski i ekološki aspekti se na tom polju nisu adekvatno sagledavali.

Trenutno veoma aktuelni problemi globalnog čovečanstva se u najkraćem mogu identifikovati kao sledeći:

- konstatovana iscrpljivost i minimalno prognozirano vreme potpune potrošnje neobnovljivih izvora energije,
- enormni porast broja stanovnika koji direktno implicira povećane potrebe za trošenjem energije,
- povećano zagađenje životne sredine,
- povećano zagađenje zatvorenog prostora u kome čovek boravi i njegov uticaj na zdravlje ljudi.

Progresivan rast broja stanovnika, kao i ubrzani razvoj čitave civilizacije, uzrokuje intenzivni porast potrošnje energije, kao i zagađenje životne sredine na našoj planeti. Internacionalna agencija za energiju (International Energy Agency) i Svetski savet za energiju (World Energy Council) predviđaju porast globalne potrošnje energije do 2010. godine za 40%, kao i do 2050. godine za čitavih 400%. Iz tog razloga, predviđa se učešće obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji energije u iznosu od 50% do 2050. godine.

Pojam održivosti, nastao sedamdesetih godina prošlog veka, a nakon prve velike svetske energetske krize, predstavlja složeno isprepletenu vezu ekološke, ekonomske i socijalne sigurnosti. Razvoj civilizacije po ovim principima podrazumeva poboljšanje ekonomskih i društvenih uslova života usaglašen sa dugoročnim procesom očuvanja osnovnih prirodnih postulata života. Održivi razvoj podrazumeva efikasno korišćenje resursa, kako u pogledu okruženja, tako i sa ekonomskog aspekta.

Zgrade predstavljaju velike potrošače energije, sa prosečnim učešćem od 40-50% ukupne potrošnje energije u svetu. Intenzivna upotreba fosilnih goriva za proizvodnju energije utiče na konstantno zagađenje naše planete, pa se zgrade direktno smatraju odgovornim za 30-40% ugljendioksida u atmosferi. S tim u vezi, pitanje graditeljstva u uslovima održivog razvoja ima izuzetan značaj.

2. PRINCIPI ODRŽIVOG GRADITELJSTVA

Održivo graditeljstvo, tj. arhitektura, je pokret koji teži da stvori energetske efikasne zgrade prijateljski naklonjene prema okruženju, kao i efikasno rukovođenje prirodnim resursima. Ovo povlači za sobom pasivne i aktivne principe korišćenja solarne energije i upotrebu ekološki ispravnih materijala koji u svojoj proizvodnji, primeni i raspodeli minimalno zagađuju zalihe vode, zemljišta i vazduha u okruženju.

Održivo graditeljstvo se može definisati kao "kreacija", ali i odgovorno rukovođenje zdravom izgradnjom okruženja baziranom na principima uštede energije, racionalnom raspolaganju resursima, kao i ekologije.

To podrazumeva sledeće principe:

- minimiziranje upotrebe neobnovljivih izvora energije
- unapređenje prirodnog okruženja
- eliminisanje ili minimiziranje upotrebe štetnih materija

Održivo graditeljstvo se može definisati kao graditeljstvo sa minimumom štetnih uticaja na već izgrađenu strukturu i prirodno okruženje. Ono obuhvata praksu građevinarstva koja teži zajedničkom kvalitetu, uključujući ekonomske, socijalne, kao i karakteristike okruženja. Racionalna upotreba prirodnih resursa i odgovarajuće rukovođenje aktivnostima u građevinarstvu doprinosi uštedi resursa, smanjenju utroška energije, kao i poboljšanju kvaliteta okruženja.

Održivo graditeljstvo uključuje celoviti životni ciklus zgrade, uzimajući u obzir kvalitet okruženja, kvalitet funkcije i budućih vrednosti. Novonastala situacija na globalnom energetskom i ekološkom planu direktno utiče na promene zahteva samog tržišta. S tim u vezi, inicijative okruženja u domenu građevinarstva, kao i potrebe korisnika, predstavljaju sve bitniji element od uticaja. Vladin sektor predstavlja ključni faktor u pogledu davanja podsticaja održivom građevinarstvu odobravanjem, stimulisanjem i uslovljavanjem ovakvog razvoja od opšteg interesa.

Projekti OECD-a su definisali pet principa održivog graditeljstva:

- efikasno raspolaganje resursima
- energetska efikasnost (uključuje smanjenje emitovanja gasova koji izazivaju efekat staklene bašte)
- prevencija zagađenja (uključuje kvalitet unutrašnjeg vazduha i umanjenje buke)
- usklađivanje sa okruženjem (uključuje procenjivanje okruženja)
- potpun i sistematski pristup (uključuje sistem za upravljanje okruženjem)

3. PRINCIPI PROJEKTOVANJA U ODRŽIVOM GRADITELJSTVU

Održivi pristup u okviru projektovanja se može posmatrati kroz sledeće stavove:

- rušiti i iznova graditi samo ako nije ekonomično ili praktično ponovo koristiti, adaptirati ili zadržati postojeću konstrukciju,
- smanjiti potrebu za transportom tokom rušenja, rekonstrukcije i izgradnje, kao i strogo kontrolisati sve aktivnosti u cilju smanjenja buke, prašine, vibracija, zagađenja i otpada,
- maksimalno koristiti lokaciju izučavanjem njene istorije i namene, lokalne mikroklimе, dominantnih vetrova i klimatskih uslova, potencijale za korišćenje sunčeve energije, obezbediti funkcionisanje javnog saobraćaja, kao i adekvatno tretiranje okolnih zgrada,
- projektovanje zgrada radi minimalizovanja cene transporta i njenih uticaja na okruženje tokom veka trajanja čineći lakšim održavanje, kao i objedinjavanjem tehnika i tehnologija u cilju očuvanja energije, vode i umanjenja emisije ka tlu, vodi i vazduhu,
- kad god je moguće, poželjno je koristiti tehnike konstrukcije koje su nasleđene na lokaciji, učeći od lokalne tradicije u pogledu materijala i projektovanja,
- stavljanje funkcije zgrade i unutrašnjeg komfora ispred bilo kakvog izveštaja koji se tiče vlasnika ili projektanta. Ovo čini građevinu sigurnijom, fleksibilnom i prilagodivom za korišćenje.
- izgradnja odgovarajućeg kvaliteta i trajanje. Dugovečnost zavisi uglavnom od forme, završne obrade, kao i postupka ugradnje primenjenih materijala,
- izbegavati upotrebu materijala od neobnovljivih resursa ili onih koji ne mogu biti ponovo korišćeni ili reciklirani, naročito u konstrukcijama koje su kratkog veka.

Alarmantna ugroženost zdravlja ljudi uzrokovana je uticajima koji postoje u zgradama koje je sam čovek stvorio. Savremeni čovek provodi do 70 % (Von Rosen

bladt), a prema nekim autorima i do 90% svog vremena u zatvorenom prostoru. Imajući u vidu ovaj podatak, s pravom se može konstatovati da je na taj način čovek u velikoj meri izolovan od potencijalnih negativnih uticaja spoljašnje sredine i da je dakle, neuporedivo više izložen dejstvu mikroklimе zatvorenog boravišnog prostora. Imajući u vidu gore navedene činjenice, potrebno je u svakoj fazi projektovanja razmišljati o kvalitetu življenja u zgradama i energiji koju zgrada troši u cilju postizanja komfora u najširem smislu.

Projektovanje okruženja u okviru održivog graditeljstva igra vrlo bitnu ulogu i može se posmatrati kroz sledeće principe:

-Zdravo unutrašnje okruženje. Projektom treba garantovati da materijali i sistemi gradnje ne emituju otrovne supstance i gasove u atmosferu. Dodatne mere će se primenjivati radi prečišćavanja i obnavljanja unutrašnjeg vazduha filterima i postrojenjima.

-Energetska efikasnost. Sve moguće mere treba primeniti radi obezbeđenja minimalne potrošnje energije u zgradama. Sistemi za grejanje, hlađenje i osvetljenje će koristiti metode i proizvode koji čuvaju ili ne troše energiju.

-Ekološki povoljni materijali. Projekat treba da podrazumeva korišćenje građevinskih materijala i proizvoda koji minimalizuju degradaciju okruženja. Materijali i proizvodi će se odabirati na osnovu toksičnosti otpada prilikom proizvodnje.

-Oblikovanje okruženja. Sve moguće mere treba primeniti radi dovođenja u vezu sa formom i situacijom na lokaciji, regionom i klimom. Primeniće se mere radi revitalizacije i poboljšanja ekološke situacije na lokaciji. Prilagođavanja u toku projektovanja treba vršiti u cilju mogućnosti reciklaže i povećanja energetske efikasnosti. Mere će se primeniti radi stavljanja u vezu oblika zgrade i harmonične veze između korisnika i prirode.

-Dobar projekat. Projekat treba predvideti odgovarajuće mere radi efikasnosti, dugovečnosti i elegantne veze između korisne površine, komunikacije, oblika zgrade, sistema instalacija i građevinske tehnologije. Simbolične veze sa odgovarajućom istorijom, zemljištem i duhovnim principima će se izučavati i izražavati kroz projekat. Buduća zgrada će biti dobro izgrađena, laka za korišćenje i odgovarajućih estetskih kvaliteta.

Količina energije koja se troši u zgradama i kvalitet mikroklimе unutrašnjeg prostora, navode na potrebu za detaljnom analizom svakog pojedinačnog elementa u sklopu zgrade. S obzirom da se kroz omotač zgrade odvijaju sve interakcije između spoljašnje sredine i unutrašnjeg prostora, on predstavlja jedan od ključnih elemenata u zgradi od koga direktno zavisi komfor unutrašnjeg prostora, spoljašnji izgled, kao i energetska bilans same zgrade.

4. METOD INTEGRALNOG PROJEKTOVANJA

Integralno projektovanje podrazumeva sveukupno objedinjavanje arhitektonskog, građevinskog, mašinskog i električnog inženjerstva. Ovaj postupak takođe podrazumeva prioritet ponašanja objekta tokom dužeg vremenskog perioda eksploatacije, tj. po pitanju okruženja, ekonomije i društva.

Integralno projektovanje uključuje međusobne saradnje različitih projektantskih procesa. Saradnja sa konsultantima, inženjerima i drugim ekspertima se dešava u ranoj fazi projektantskog procesa, kada se najviše može uticati na budući karakter objekta.

Idejna energetska optimizacija vrši se uporedo sa razvojem idejnog arhitektonskog projekta. Rezultati ovakvih optimizacija definišu parametre za izradu glavnih projekata. Osluškiivanje zahteva lokalnih zajednica, kao i krajnjeg korisnika, postaju uobičajena praksa.

Energetska efikasnost objekta predstavlja jedan od osnovnih razloga primene integralnog projektovanja. Energetski efikasnim lociranjem i projektovanjem zgrada postižu se brojni ekonomski, društveni i ekološki boljici. Energetski efikasne zgrade su projektovane i izgrađene u cilju povećanja efikasnosti snabdevanja energijom zgrada putem inovativnih rešenja koja su tehnički izvodljiva i logična, opravdana u odnosu na troškove, prihvatljiva u pogledu čovekovog okruženja i koja omogućavaju zadovoljavanje i održavanje konvencionalnih standarda života i očekivanog komfora. Svaki novi razvoj bi trebao da ima tačno određenu energetska strategiju, tj. način kako ostvariti neophodne pogodnosti.

Energetske kompjuterske simulacije se mogu koristiti radi određivanja mera za štednju energije, na početku i kroz proces projektovanja. Uvećani projektantski tim sarađuje spočetka u toku izrade koncepta projekta radi sakupljanja svih alternativnih rešenja forme zgrade, omotača i pejzaža, usredsređujući se na minimalizovanje najvećih energetskih opterećenja, potreba i potrošnje. Energetske simulacije kompjuterom se koriste radi odmeravanja efikasnosti uštede energije, kao i cene gradnje. Smanjenje opterećenja od grejanja i hlađenja kvalitetnijim zastakljivanjem, izolovanjem, dnevnim i veštačkim osvetljenjem i drugim merama dozvoljava manju i jeftiniju opremu, kao i sisteme za klimatizaciju, grejanje i hlađenje. Ovaj postupak podrazumeva malo ili nikakvo povećanje cena gradnje u poređenju sa konvencionalnom gradnjom. Simulacije se koriste radi pročišćavanja projekata i garantovanja da su ušteda energije i ciljevi ulaganja u saglasnosti, kao i radi prikazivanja usaglašenosti sa zahtevima regulacija.

Svi resursi koji sačinjavaju zgradu, bilo ugrađeni materijali, gasovi ili uloga korisnika, treba da budu uzeti u obzir prilikom integralnog projektovanja ako se želi održiva arhitektura. Odluke svakog projektovanja imaju uticaj na okruženje. Mere za "ozelenjavanja" zgrade podrazumevaju četiri oblasti:

- smanjenje potrošnje energije,
- minimiziranje spoljašnjeg zagađenja i narušavanja okruženja,
- smanjenje energije utkane u zgradu i
- minimalizovanje unutrašnjeg zagađenja i narušavanje zdravlja.

"Zelena" zgrada podrazumeva visok prioritet zdravlja korisnika, karakteristike očuvanja okruženja i resursa tokom njenog životnog veka. Ovi novi prioriteti razvijaju i dopunjuju udeo klasičnog projektovanja zgrada sa aspekta ekonomije, održavanja, trajnosti i uživanja.

Većina zelenih zgrada su visokog kvaliteta; one traju duže, manje koštaju prilikom funkcionisanja i održavanja, kao i ostvaruju veću satisfakciju korisnicima nego u običnim zgradama. Najveća potražnja je od strane kupaca prefinjenih zahteva, tj. onih koji su spremni da dodatno plate njihov poseban kvalitet. Ono šta iznenađuje mnoge ljude koji nisu dovoljno upoznati sa ovom tendencijom u projektovanju je to što dobre zelene zgrade često koštaju malo više ili isto kao i konvencionalno projektovane. Ostvarivanje boljih karakteristika, bliska saradnja tima kroz projektantski proces, otvaraju nove pristupe i informacije u smislu najbolje primene, što je bitnije nego veliki budžet namenjen gradnji.

Ugrađena energija podrazumeva ukupnu energiju potrebnu za celokupnu aktivnost objedinjenu u celokupnom procesu "proizvodnje" objekta. Ona uključuje splet uzajamnih

odnosa korišćenih u svim aktivnostima unazad sve do sticanja prirodnih bogatstava, kao i energiju upotrebljenu u proizvodnji opreme i ostalih pratećih funkcija, tj. direktnu plus indirektnu energiju. Ona je potrebna za iskop, transport i proizvodnju građevinskog materijala, kao i izgradnju objekta, i može iznositi četvrtinu energije potrebne za životni ciklus veoma energetske efikasne zgrade. U cilju smanjenja ugrađene energije, bez remećenja dugovečnosti ili efikasnosti potrebno je:

- ponovno korišćenje postojećih zgrada i konstrukcija gde god je to moguće,
- projektovanje dugovečnih zgrada, lakog održavanja i prilagodljivih promenama potreba,
- građenje zgrada i infrastrukture bez materijala iz okruženja ili niskoenergetskih materijala gde je to neophodno,
- smanjenje obima gradnje visokih, slobodnostojećih ili prizemnih zgrada,
- projektovanje kontura koje minimizuju izloženost putu, kao i zone za prilaz instalacija po stambenij jedinici i
- pravljenje strategije.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Povećanje energetske efikasnosti zgrade, energetska optimizacija i poštovanje principa održivog graditeljstva postaju sve primarniji principi pri projektovanju zgrada. Optimizacija energetske efikasnosti podrazumeva razmatranje različitih mera za smanjenje energetske potreba, raznih mogućnosti umanjenja potrošnje energije za zadovoljavanje smanjenih potreba, mogućnosti uvođenja novih ekološki ispravnih tehnologija i obnovljivih izvora energije, pre svega sunčeve energije, kao što obuhvata i analizu odeljenih ekonomskih faktora. Na ovaj način se svakako teži tome da rešenje zgrade maksimalno iskoristi i isključi negativne uticaje uslova lokacije.

Samo zajedničkim naporom i saradnjom arhitekata i ostalih inženjera od samog početka ideje o projektu je moguće kao rezultat dobiti zgradu sa optimalnom energetske efikasnošću i minimumom energetske potreba. Sofisticirane metode matematičke analize sistema omogućavaju nalaženje optimalnih arhitektonskih i tehničkih rešenja za projektovanje energetske efikasne zgrade.

Prilikom projektovanja objekata potrebno je razmatrati dva sistema: spoljašnju sredinu kao izvor energije koja omogućuje određivanje energetske potencijala spoljašnje okoline i samu zgradu kao pojedinačni energetske sistem. Razvijeni specifični simulacioni programi omogućavaju arhitektama i inženjerima da sa velikom tačnošću predvide rad različitih sistema u zgradi, pa i zgrade kao jedinstvenog sistema. Pomoću ovih programa se može brzo izvršiti evaluacija primene različitih projektantskih rešenja.

Imajući prethodno rečeno u vidu, može se zaključiti da integralno projektovanje predstavlja gotovo neophodan korak u procesu projektovanja objekata koji imaju za cilj poštovanje principa održivog graditeljstva. Ono omogućava multidisciplinarno praćenje samog početka projektantske ideje. Na ovaj način moguće je postići maksimalnu usaglašenost projektantskih elemenata, a sve u cilju postizanja održivosti i energetske efikasnosti budućeg projekta.

6. LITERATURA

1. Jovanović, J., Mičić, T., Todorović, M.: "Integralno projektovanje zgrada uključujući energetski izvor, građevinsku strukturu, KGH i druge tehničko-tehnološke sisteme-primer Sabirne kapele na Bežanijskoj kosi u Beogradu", Zbornik radova pisanih za 33. kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciju Toplotna energija u današnjim ekonomskim i ekološkim uslovima, SMEITS 2002, str. 36-52
2. Tabunschikov, Yu., M.Brodatch.: "Principi projektovanja energetski efikasnih zgrada", Naučno-stručni časopis za klimatizaciju, grejanje i hlađenje, Broj 1, Februar 2005, str. 33-38
3. Todorović M. : "Globalni prostor i mreža izvrsnosti EU-FP6 za integralne projekte održivih zgrada- Polivalentene energetske fasade i integrisani sistemi korišćenja OIE u zgradama", Alternativni izvori energije, Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Podgorica, 2004, str. 54-59
4. Herzog, T., Krippner, R., Lang, W.: Facade Construction Manual, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, 2004
5. Zbornik referata: Zdravstveno-tehnički aspekt za izgradnju i održavanje stambenog radnog prostora, posebno izdanje broj 5, Esologica, Beograd, 1998
6. Wigginton, M., Harris, J.: Intelligent skins, Architectural Press, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 2004

Jelena Ivanović Šekularac¹Nenad Šekularac²

IZRADA ZAŠTITNIH KONSTRUKCIJA ZA NATKRIVANJE ARHEOLOŠKIH LOKALITETA I SREDNJEVEKOVNIH OBJEKATA

Rezime: Zaštitne konstrukcije predstavljaju posebnu vrstu pomoćnih konstrukcija čija se osnovna uloga ogleda u mogućnosti njenog izvođenja iznad već postojeće konstrukcije ili nekog većeg otvorenog prostora, uz sposobnost savladavanja velikog raspona i bez mogućnosti ugrožavanja (konstruktivno i fizički) postojeće konstrukcije ili objekta koji treba da štiti.

Izrada ovog tipa konstrukcija ima za cilj zaštitu arheološkog lokaliteta ili nekog srednjevekovnog objekta njegovim natkrivanjem – izradom odgovarajuće nadstrešnice. Ovakvom vrstom zaštite predmet zaštite (arheološki lokalitet ili srednjevekovni objekat) zaštićen je od direktnog dejstva atmosferilija (kiša, sneg) i na taj način sprečeno je direktno nepovoljno dejstvo atmosferilija na kulturno dobro. Neophodnost adekvatne zaštite objekata ove vrste direktno se ogleda u sprečavanju i zaštiti kulturnih dobara od eventualnog propadanja.

Ključne reči: Zaštitne konstrukcije, pomoćne konstrukcije, privremeni karakter, stalni karakter, predmet zaštite, arheološka nalazišta, srednjovekovni objekti, natkrivanje.

THE INSTALLATION OF PROTECTIVE CONSTRUCTIONS FOR COVERING ARCHEOLOGICAL EXCAVATION SITES AND MIEVIAL BUILDINGS

Summary: Protective constructions represent a special kind of auxiliary constructions. Their main role is reflected in a possibility of their installation over already existing construction or a larger open space, with an ability to overcome a large span and without a possibility to damage (constructively and physically) already existing construction or a building which is they should protect.

The installation of this type of protective constructions has an aim to protect an archeological site or a medieval building covering it – by building suitable eaves. With this kind of protection the object of protection (archeological excavation site or a medieval building) is protected from a direct effect of atmospheric conditions (rain, snow) and in that way is prevented an unwanted effect of atmospheric conditions on a cultural property. The necessity of an adequate protection is reflected directly in preservation of a cultural property and prevention of its possible destruction.

Key words: Protective constructions, auxiliary constructions, permanent protective construction, temporary protective constructions, the object of protection, archeological sites, medieval buildings, eaves.

¹ Magistar dipl.inž.arh, Asistent, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd, Srbija

² Magistar dipl.inž.arh, Asistent, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd, Srbija

1. PODELA ZAŠTITNIH KONSTRUKCIJA PO KARAKTERU ZAŠTITE

U zavisnosti od predmeta zaštite, odnosno od tipa objekta koji je potrebno natkriti, određuje se i vrsta zaštitne konstrukcije. Zaštitne konstrukcije za natkrivanje možemo podeliti na: stalne i privremene.

1.1. Stalne zaštitne konstrukcije

Stalne zaštitne konstrukcije izvode se iznad arheoloških lokaliteta i imaju funkciju njihovog natkrivanja i zaštite od direktnog dejstva atmosferilija, kao i formiranje stalnog izložbenog prostora. Na ovaj način omogućeno je, ukoliko je potrebno, i dalje istraživanje i iskopavanje unutar samog lokaliteta. Ovaj vid zaštite, a samim tim i odabir vrste i tipa konstrukcije izvodi se na duži vremenski period (trajno rešenje), pa zato ima karakter stalne zaštitne konstrukcije.

Primer ovakvog tipa izvedene stalne zaštitne konstrukcije nalazi se iznad arheološkog lokaliteta ostataka rimskog vojnog logora i naselja Viminacijuma, u okolini današnjeg grada Požarevca (Srbija i Crna Gora). Viminacium (Viminacivm) je bio glavni grad provincije Gornje Mezije. Najstariji tragovi ovog nalazišta datiraju iz I veka naše ere. Na ovom lokalitetu izvedena su tri različita tipa zaštitne konstrukcije i to dva stalnog i jedan privremenog karaktera. Analizu izvedenih konstrukcija izvršićemo na osnovu njihovog karaktera i samih konstruktivnih rešenja.

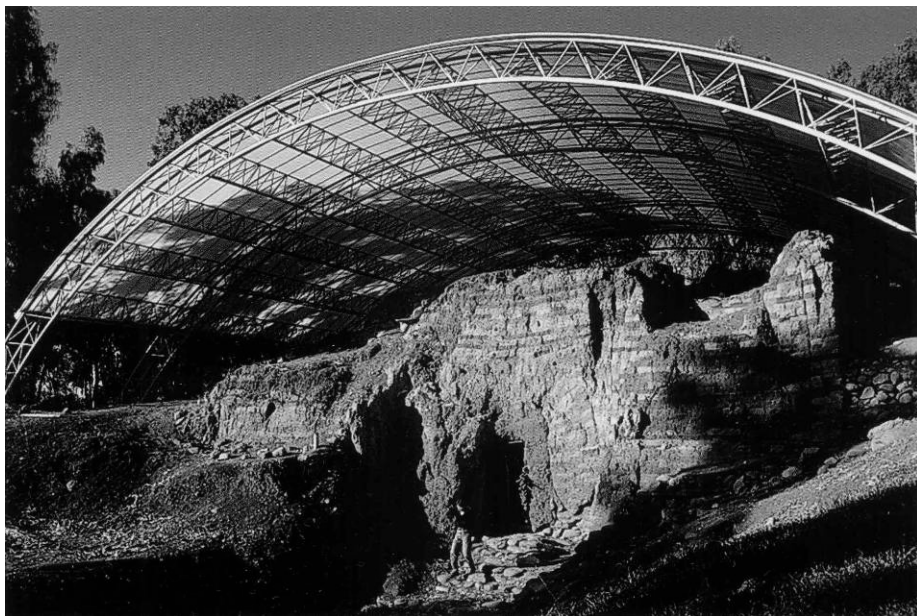


Slika 1: Zaštitna konstrukcija iznad terme, Viminacium

Prva stalna zaštitna konstrukcija izvedena je tako da natkriva ostatke nekadašnje terme iz rimskog perioda. Konstrukcija je po geometriji cilindričnog oblika i izvedena je od lepljenih lameliranih nosača postavljenih u ortogonalnoj šemi. Svaki lepljeni lamelirani nosač predstavlja trozglobni luk. Nosači su postavljeni na armirano betonske postamente.



Slika 2: Piramidalna zaštitna konstrukcija iznad grobova, Viminacijum



Slika 3: Zaštitna konstrukcija iznad lučne kapije od opeke, Dan

Primer stalne zaštitne konstrukcije na lokalitetu Viminacijuma predstavlja konstrukciju izvedenu iznad prostora na kome je otkriveno više grobova iz doba rimske imperije. Ova konstrukcija je takođe izvedena od lepljenog lameliranog drveta i piramidalnog je oblika. Svaki primarni nosač predstavlja trozglobni luk. Nosači od lepljenog lameliranog drveta su postavljeni na armirano betonskom prstenu koji istovremeno predstavlja i platformu po kojoj se kreću posetioci lokaliteta. Autor svih zaštitnih konstrukcija u okviru kompleksa Viminacium je akademik prof. dr Vojislav Kujundžić, dipl.inž.arh.

U oba navedena slučaja preko nosača od lepljenog lameliranog drveta izvedeno je platno kao privremeni krovni pokrivač, a usled nedostatka finansijskih sredstava. U doba snežnih padavina neophodno je aktiviranje uređaja za otapanje snega. Sama lamelirana drvena konstrukcija dimenzionisana je tako da prihvati i opterećenje od snega kao i odgovarajući trajni krovni pokrivač. Osvetljenje ovog prostora predviđa se preko lanterni.

Kao primer stalne zaštitne konstrukcije navešćemo i konstrukciju iznad lučne kapije od opeke u antičkom gradu Danu (XVIII veka pre naše ere). Kompletne konstrukcije izvedene su u kombinaciji trobojnih lučnih i pravih čeličnih nosača, a kao pokrivač postavljen je proizvod na bazi polikarbonata. Autor zaštitne konstrukcije je Ayelet Mor, arhitekta.

1.2. Privremene zaštitne konstrukcije

Privremene zaštitne konstrukcije izrađuju se iznad arheoloških lokaliteta u vreme iskopavanja i istraživanja, kao i iznad srenjevekovnih objekata u vreme njihove sanacije i rekonstrukcije, i to samo na ograničen vremenski period dok traju radovi na pomenutim objektima.



Slika 4: Privremena konstrukcija, Viminacium

Primer izvedene privremene zaštitne konstrukcije je na arheološkom lokalitetu Viminacijum. Zaštitna konstrukcija je izvedena iznad lokaliteta na kome se vrši iskopavanje i istraživanje. Konstrukcija je izvedena od drvenih rešetkastih nosača kod kojih su čvorne veze ostvarene konekterima. Kao pokrivač iznad ove zaštitne konstrukcije postavljeno je platno.

Privremena zaštitna konstrukcija izvedena je i iznad jednog od lokaliteta u Efesu, u Turskoj. Ovaj značajni lokalitet potiče iz I veka pre naše ere. Tip ove zaštitne konstrukcije je primarna čelična tropojasna rešetkasta konstrukcija u kombinaciji sa podupiralima ispod platna kao pokrivača.



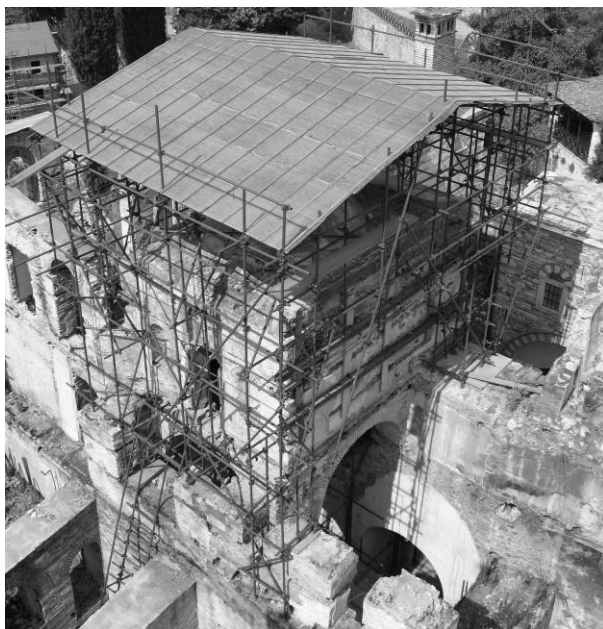
Slika 5: Privremena konstrukcija, Efes

Primeri izvedenih privremenih zaštitnih konstrukcija iznad srednjevekovnih objekata nalaze se i u najstarijoj monaškoj državi na Svetoj Gori, na Atosu, u Grčkoj. Ovaj tip nadkrivanja izveden je na sledećim objektima na Svetoj Gori: iznad Paraklisa Svetih Arhangela, u okviru manastira Hilandar i iznad paraklisa Svetog Nikole na Hilandaru. Manastir Hilandar, osnovan je davne 1199. godine i dugo je bio duhovno i kulturno središte srpske srednjovekovne države.

Privremena zaštitna konstrukcija izvedena iznad Paraklisa (crkve) Svetih Arhandela kao i Paraklisa Svetog Nikole na Hilandaru, je od cevaste čelične skele kao rešetkaste konstrukcije. Autor i izvođač ovih konstrukcija je i jedan od autora ovog rada mr. Nenad Šekularac dipl.inž.arh. Ukrućenje ove konstrukcije takođe je izvedeno cevastom čeličnom skelom. Pokrivanje zaštitne konstrukcije iznad ovih objekata izvedeno je OSB pločama preko kojih je postavljena zaštitna folija. Montaža ove konstrukcije vršena je bez upotrebe teške mehanizacije.



Slika 6: Zaštitna konstrukcija iznad paraklisa Sv. Arhangela u okviru manastira Hilandara



Slika 7: Zaštitna konstrukcija iznad paraklisa Sv. Nikole u okviru manastira Hilandara

Svrha podizanja privremene zaštitne konstrukcije iznad Paraklisa (crkve) Svetih Arhandela (iz XIV veka) je zaštita objekta u toku prepokrivanja krova i zamena postojećeg kamenog pokrivača novim kamenim pokrivačem.

Privremena zaštitna konstrukcija iznad Crkve Svetog Nikole (iz XVII veka) podignuta je radi zaštite potpunog objekta (oštećenog u toku požara 2004.godine.) i stvaranja uslova za sanaciju i rekonstrukciju objekta.

Privremena zaštitna konstrukcija izvedena je i iznad crkve Protata (iz IX veka) u Kareji, na Svetoj Gori. Konstrukcija je postavljena da bi zaštitila objekat za vreme njegove rekonstrukcije i zamene krovnog pokrivača. Ova lučna konstrukcija izvedena je od čeličnih varenih nosača. Čelični nosači su postavljeni na betonskim postamentima (dimenzija 3,0 x 3,0 x 2,5m). Lim, kao krovni pokrivač, izveden je preko čeličnih rožnjača koje su postavljene na primarnu čeličnu konstrukciju. Pojedina polja u krovu su transparentna i pokrivena proizvodima na bazi polikarbonata. Nedostatak ovog tipa zaštitne konstrukcije ogleda se u neophodnosti upotrebe mehanizacije pri montaži kao i demontaži ove glomazne konstrukcije. U ovom slučaju prisutan je i problem načina uklanjanja velikih betonskih postamenata (betonskih stopa). U konstrukciju ovog tipa uložena su znatna materijalna sredstva, a dovodi se u pitanje i mogućnost ponovnog korišćenja ove čelične konstrukcije kao zaštitne konstrukcije u nekoj drugoj situaciji, na nekom drugom objektu.



Slika 8: Zaštitna konstrukcija Protatske crkve u Kareji

2. PREPORUKE PRI PROJEKTOVANJU ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE

Svi navedeni tipovi zaštitnih konstrukcija izvedeni su u kombinaciji različitih materijala u zavisnosti od vrste – tipa zaštite (da li se radi o stalnoj-trajnoj ili privremenoj zaštiti) kao i od specifičnosti konkretnog objekta. Primeri navedeni u ovom radu obuhvati su konstrukcije izrađene od lepljenog lameliranog drveta, konstrukcije od toplovaljanih čeličnih profila, konstrukcije od cevaste čelične skele kao i konstrukcije od lakih rešetkastih drvenih nosača.

Izrada adekvatne zaštitne konstrukcije koja treba fizički da zaštiti – da natkrije i zakloni, neki prostor (objekat, lokalitet) od izuzetnog je značaja i ispravno odabrana zaštitna konstrukcija u velikoj meri utiče na dalji tok radova na predmetnom lokalitetu ili

objektu, bilo da se radi o istraživačkim, konzervatorskim ili radovima na sanaciji, ili se prezentira konačna postavka i sam arheološki lokalitet.

Pogrešnim i lošim odabirom zaštitne konstrukcije dovodi se u pitanje sam predmet zaštite (lokalitet, objekat), jer neadekvatna masivna i glomazna zaštitna konstrukcija može da izazove sleganje terena, a ono za posledicu da statičku nestabilnost i ugroženost lokaliteta ili same konstrukcije – objekta koji štitimo.

Ukoliko se izvrši neadekvatan odabir neke masivne zaštitne konstrukcije dovodi se u pitanje kasniji način uklanjanja bezbedan po sam lokalitet ili objekat kao predmet zaštite.

Privremena zaštitna konstrukcija pored svoje sigurnosti u toku eksploatacije mora da ispuni i uslove lake montaže i demontaže po obavljenom poslu. Odatle se nameće zaključak da svaka privremena zaštitna konstrukcija mora da ima karakteristike lake konstrukcije, demontažnog tipa, koja u najkraćem mogućem roku može da se postavi (montira) i ukloni (demontira) i da ne iziskuje znatna materijalna sredstva.

S obzirom da se radi o raznolikosti objekata i lokaliteta i o maloj verovatnoći mogućnosti primene određene zaštitne konstrukcije na većem broju konkretnih situacija, preporučuje se da se kao rešenje u izradi zaštitne konstrukcije primeni konstrukcija izvedena iz pojedinačnih elemenata (cevasta čelična skela) koja ima mogućnost velikog broja kombinacija u zavisnosti od konkretnog zadatka, odgovarajuće elemente za ukrućenje (prijem horizontalnih sila-dejstvo vetra i seizmičko dejstvo) kao i adekvatan pokrivač.

Kao moguće rešenje zaštitne konstrukcije privremenog karaktera preporučuje se i izvođenje konstrukcije od drvenih rešetkastih nosača, koji jednovremeno predstavljaju i primarnu konstrukciju a i ukrućenje u statičkom smislu. Prednost ovog tipa zaštitne privremene konstrukcije je i u mogućnosti savladavanja velikih raspona, relativno maloj težini same konstrukcije, brzom montaži i demontaži bez upotrebe mehanizacije i sa skromnim ekonomskim sredstvima koja treba da budu uložena u nju.

Zaštitne konstrukcije stalnog karaktera pored svoje osnovne funkcije zaštite treba da ispune i uslov visokih estetskih zahteva s obzirom da se nalaze na zaštićenim lokalitetima i u zaštićenim ambijentima. Ono što još treba naglasiti sa arhitektonskog stanovišta je da ovaj tip konstrukcije ne treba da dominira prostorom u kome se nalazi, već da se svojim arhitektonskim i oblikovnim rešenjem uklopi u okruženje na što bolji način i da akcenat bude na predmetu zaštite (objekat, arheološki lokalitet itd).

3. LITERATURA

1. Dimitrios Salpistis, *"Manuel Panselinos, from the holy church of the protaton"*, Thessaloniki, 2003, Agioritiki Hestia.
2. Korać, V. & Kovačević, M. *"Manastir Hilandar, Konaci i utvrđenja"*. Beograd, 2004.: Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Srbije; Manastir Hilandar; Vizantološki institut Srpske akademije nauka i umetnosti.
3. Petković S. *"Hilandar"*, Beograd, 1989: Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Srbije

Mehmed Sarić¹

SANACIJA ARMIRANOBETONSKOG EKRANA BRANE HE RAMA NA RIJECI RAMI, BOSNA I HERCEGOVINA

Rezime: Nakon izgradnje nasute brane i punjenja akumulacije, na uzvodnom betonskom ekranu brane, neposredno ispod maksimalnog nivoa akumulacije na kontrolnoj bušotini, registrovano je povećano filtriranje vode. Filtrirana voda se svodi u kontrolnu galeriju smještenu neposredno uz uzvodni betonski ekran brane. Obzirom na osjetljivost nastalog problema i moguće posljedice na sigurnost brane, uspostavljena je redovna kontrola propuštanja vode, izvršene su pripreme za pražnjenje akumulacije i urađena sanacija oštećenja ekrana brane.

Ključne riječi: Nasuta brana, betonski ekran brane, dilataciona brtva, kontrolna galerija

OVERHAUL OF THE REINFORCED CONCRETE COVER AT THE DAM ON HYDRO POWER PLANT RAMA, RAMA RIVER, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Summary: After construction of the rockfill dam and filling of the accumulation lake, a leakage was detected. It was located at the control hole on upstream side of the reinforced concrete screen just below maximum lake level. Filtrated water leaked to the control gallery located beside reinforced upstream concrete screen of the dam. Taking into consideration sensitivity of the mentioned problem and possible consequences to the dam safety, a regular leakage control was established. It was followed by preparing for water release, emptying of the accumulation basin and overhaul of the reinforced concrete cover of the dam.

Key words: rockfill dam, concrete screen of the dam, dilatation seal, control gallery

¹ Dr.prof. dipl.inž.grad., Građevinski fakultet Mostar, BiH

UVOD

Brana HE Rama je izvedena kao nasuta, konstruktivne visine $H=100,00$ m (prilog 1 i 2), a izgrađena je na desnoj pritoci rijeke Neretve na Rami, u periodu od 1965. do 1968. god (prilog 1. i 2.). Izvođač radova je bila G.P. Hidrogradnja Sarajevo. Potporno statičko tijelo je izvedeno od nasipa kamenog nabačaja. Vodonepropusni dio brane je armirano-betonski ekran, koji se sastoji od 185 armirano-betonski ploča, različitih dimenzija, a najveće ploče su dimenzija $14,0 \times 14,0$ m. Debljina ploča je različita i iznosi 30 do 99 cm. Armirano-betonski ekran se oslanja na 20 obodnih galerija dužine po 12,0 m [1].

HE Rama je derivaciono postrojenje kod kojeg se količina vode od $Q_i=64$ m³/s dovodi na dvije Frensis turbine tunelom 9 500 m, prečnika profila 5 m. Branu HE Rama je izgradila „Hidrogradnja, Sarajevo, ukupna zapremina kamenog nasipa i suhozida iznosi 1 551 000 m³. Radove na izgradnji strojarne je izveo „Konstruktor, Split, a na izgradnju dovodnog tunela bili su angažirani „Hidrogradnja, Sarajevo; „Tunelogradnja, Beograd i „Konstruktor, Split. Kompletna projektna dokumentacija je urađena od strane „Energoinvest -Hidrograđevinski biro, Sarajevo, a vodeći projektant je bio prof. dr. Milorad Pavlović. Vodonepropusnu zavjesu ispod obodne galerije je izvela specijalistička firma „Geotehnika” Zagreb, a površina iste iznosi 86 500,0 m². Maksimalna dubina injekcione bušotine je 195,0 m, a ukupni utrošak cementa na izradi injekcione zavjese iznosi 3 600,0 t.

HRONOLOGIJA PROBLEMATIKE PROCJEĐIVANJA VODE NA EKRANU BRANE

U toku izgradnje AB ekrana, kao i u fazi etapnog i probnog punjenja akumulacije, uspostavljenim sistemom mjernih tačaka, registrirano je slijeganje pojedinih ploča ekrana brane u uzdužnom i visinskom smjeru (prilog 5 i 6.). Takođe je uspostavljeno i mjerenje otvaranja i zatvaranja fuga između ploča ekrana (prilog 3) u zavisnosti od kote uspora akumulacije i temperaturnih promjena (prilog 7. i 8.). Registracija pomjeranja i deformacija vršena su preciznim mjerenjima na AB ekranu. Intrpretacijom većeg broja mjerenja može se zaključiti da su temperaturni uticaji i hidrostatski pritisci na površinu ekrana meritorni faktori na prostorno ponašanje ekrana, a izazvani efekti imaju negativne posljedice (oštećenja površine ekrana i trajne deformacije na pločama ekrana (prilog br.4). Oštećenja na pločama ekrana su registrovana u vidu ljuštenja (pucanja) zaštitnog sloja betona debljine 5 cm i to uglavnom na uglovima ploča. Površinski, ova oštećenja su iznosila od 0,7 do 1,5 m². Na pločama je registriran i znatan broj pukotina i naprslina (prilog 4.). Pojava znatnih filtriranja vode iz akumulacije kroz AB ekran i drenažnu bušotinu $\varnothing 116$ mm u obodnu galeriju registrovana je 1977. godine, pri koti uspora akumulacije 594,30 m n.m. tj. pri koti 0,7 m ispod maksimalnog nivoa akumulacije, u iznosu od 73 l/s.

U periodu od 1977. god. do početka sanacije bušotine „B₃” 1978. god. količina propuštanja se povećavala do max. iznosa od 132 l/s. Analizom hidrotehničkih efekata brzine isticanja (l/s), izmjerenih pritisaka (bar) zaključeno je da je isticanje vode iz bušotine „B₃”, u direktnoj vezi sa akumulacijom, kao i da je oštećenje ploče ekrana odnosno pucanje brtve između obodne galerije i obodne ploče u neposrednoj blizini ulaza u drenažnu bušotinu „B₃” (prilog 10.).

SANACIJA OŠTEĆENOG AB EKRANA SA OSVRTOM NA SANACIJU DRENAŽNE BUŠOTINE „B₃„

Poslije pojave isticanja znatnih količina vode na bušotini „B₃“, poduzimane su opsežne aktivnosti na sanaciji oštećenja pri raznim kotama uspora akumulacije, a više puta su angažirani ronionci. Sve prethodne aktivnosti nisu dale rezultate u cilju minimiziranja isticanja. Elektroprivreda BiH, i Direkcija HE na Neretvi su u aprilu 1978. god. donijeli odluku da se akumulacija hidroelektrane isprazni u cilju saniranja oštećenja površine ekrana i obodne galerije. Akumulacija HE Rama je kontinualno pražnjena kroz 2 Frensis turbine $Q_i=2 \times 32 \text{ m}^3/\text{s}$ i kroz temeljni ispušt $Q_i=250 \text{ m}^3/\text{s}$. Za sanaciju oštećenja na lokalitetu drenažne bušotine „B₃“, kao i sanaciju svih oštećenja na površini AB ekrana i dilatacionim spojnica, od strane Elektroprivrede BiH određen je rok od 30 kalendarskih dana. Tehničko rješenje sanacije oštećenja na lokalitetu bušotine „B₃“ uradio je projektant „Energoinvest-Hidroinžinjeri“, Sarajevo i Tehničke službe hidroelektrana na Neretvi [2]. Aktivnosti na sanaciji drenažne bušotine „B₃“ i sanaciji oštećenja na površini AB ekrana završene su u predviđenom roku.

U fazi punjenja akumulacije sve do kote 592,90 m n.m. tj. 2,10 m ispod normalne kote uspora, na drenažnoj bušotini „B₃“ nije registrovana pojava filtrirajućih voda iz akumulacije. Kod dostizanja navedene kote problem se obnovio na drenažnoj bušotini „B₃“ došlo je do pojave filtriranih voda iz akumulacije u iznosu od 17,0 l/s.

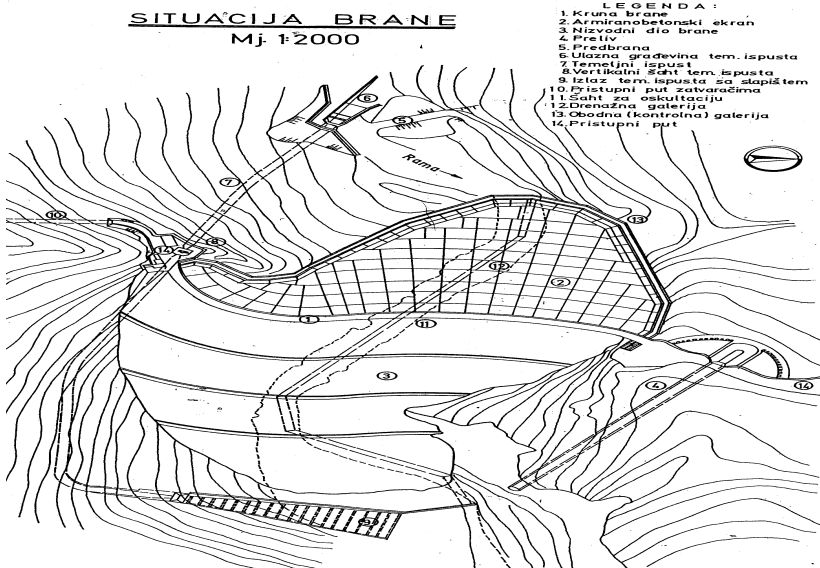
U proteklih 18 god. količina filtriranih voda na bušotini „B₃“ stalno se povećala i početkom 2005. god. je iznosila 50 l/s pri koti akumulacije 592,0 m nadmorske visine (prilog 7. ; 8. i 9.). Cjeneći činjenice da količina filtriranih voda ima tendenciju porasta, prihvaćeno je da se, kao jedina pouzdana varijanta sanacije bušotine „B₃“ kao i sanacije postojećih oštećenja na AB ekranu i dilatacionim spojnicama, može izvršiti sa površine AB ekrana uz uslov potpunog pražnjenja akumulacije HE Rama.

ZAKLJUČAK

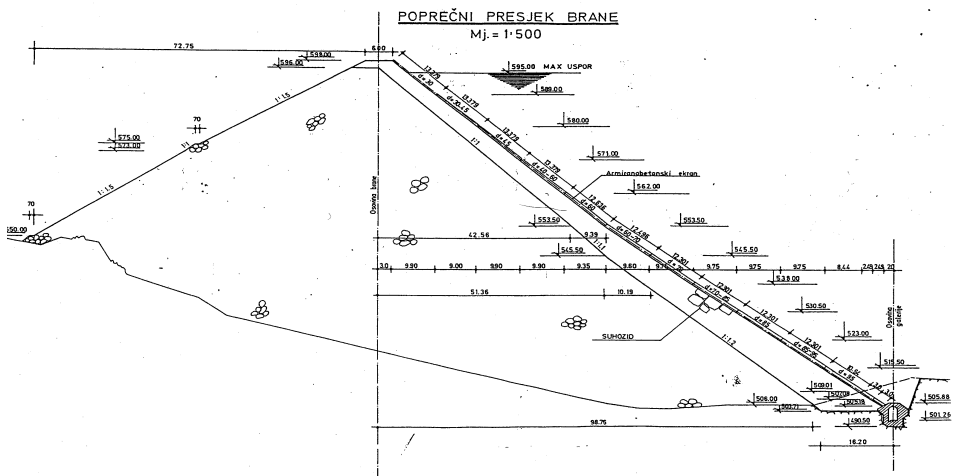
I pored redovnog održavanja visokih brana hidroelektrana, tokom eksploatacije objekta, mogu se pojaviti neočekivani problemi koji zahtijevaju izvođenje neophodnih radova na sanaciji. Zavisno od tipa izgrađene brane nastale pojave mogu biti izuzetno složene, a rezultati sanacije, obzirom na dugačak životni vijek hidroelektrane, neizvjesni. Tehnička rješenja sanacije ovih objekata za projektante brana i za tehničko osoblje hidroelektrana nisu uobičajena i tipizirana. Direktni i indirektni troškovi sanacije mogu biti enormno visoki i narasti znatno više od predviđenih.

U ovom radu je obrađen tipičan slučaj koji se desio na brani Hidroelektrane Rama. Tehničko rješenje sanacije AB ekrana urađeno od projektanta objekta, nije dalo dugoročne rezultate. Filtracija vode kroz kontrolnu bušotinu se potpuno obnovila i oscilira zavisno od nivoa akumulacije, sigurnost objekta je upitna, a projektant priprema novo rješenje sanacije.

PRILOZI



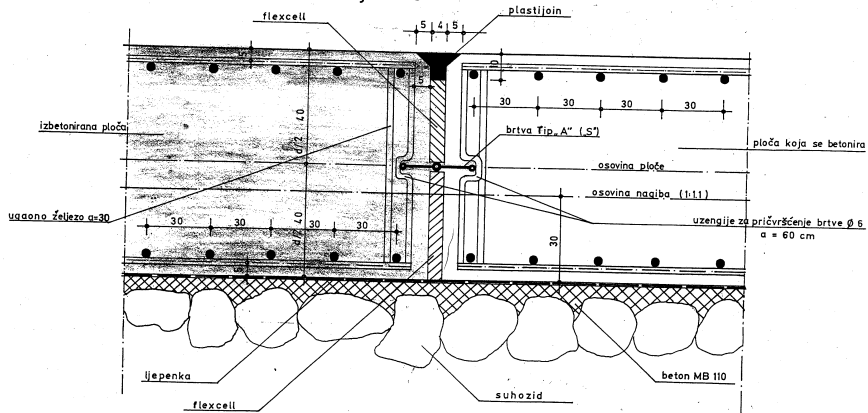
Prilog 1. Situacija brane sa pozicijom obodne galerije i temeljnim ispustom



Prilog 2. Poprečni presjek brane

DETALJ BRTVLJENJA I ARMIRANJA PLOČA

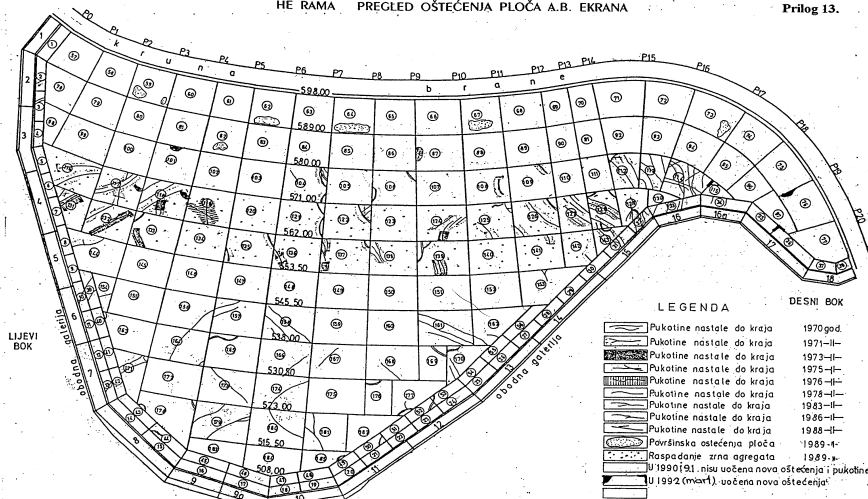
Mj.= 1:10



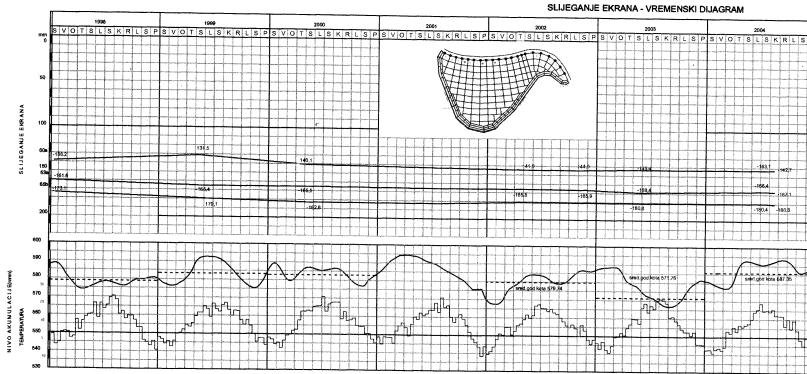
Prilog 3. Detalj brtvljenjai armiranja ploča AB ekrana brane

HE RAMA PREGLED OŠTEĆENJA PLOČA A.B. EKRANA

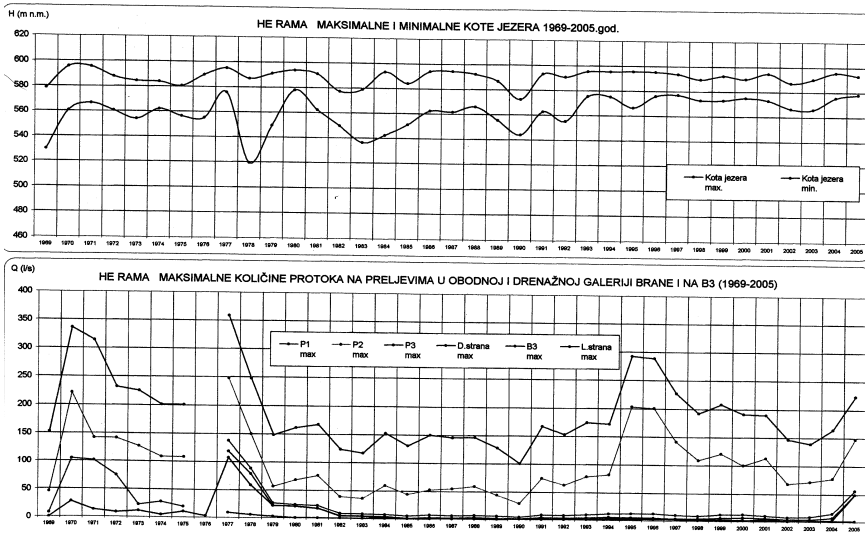
Prilog 13.



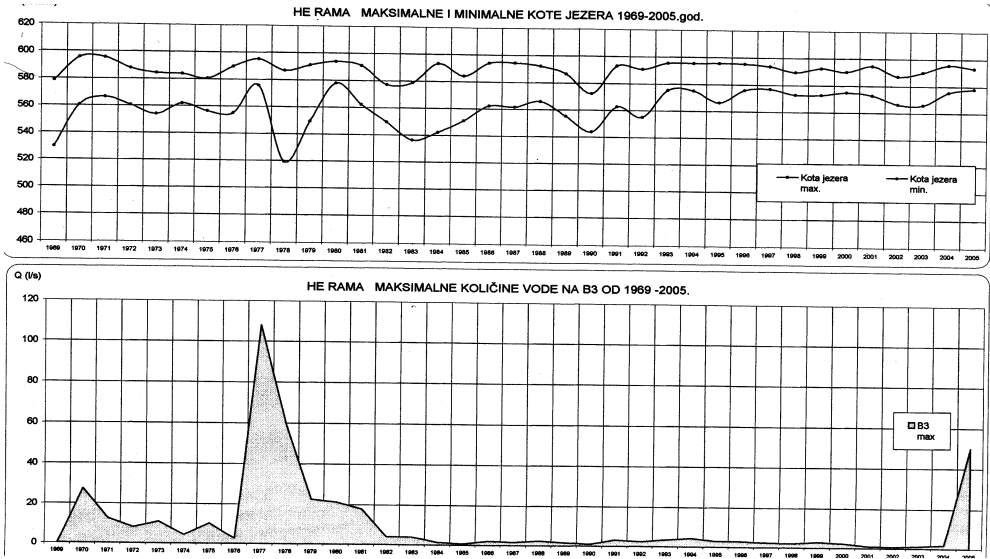
Prilog 4. Pregled oštećenja ploča AB ekrana brane



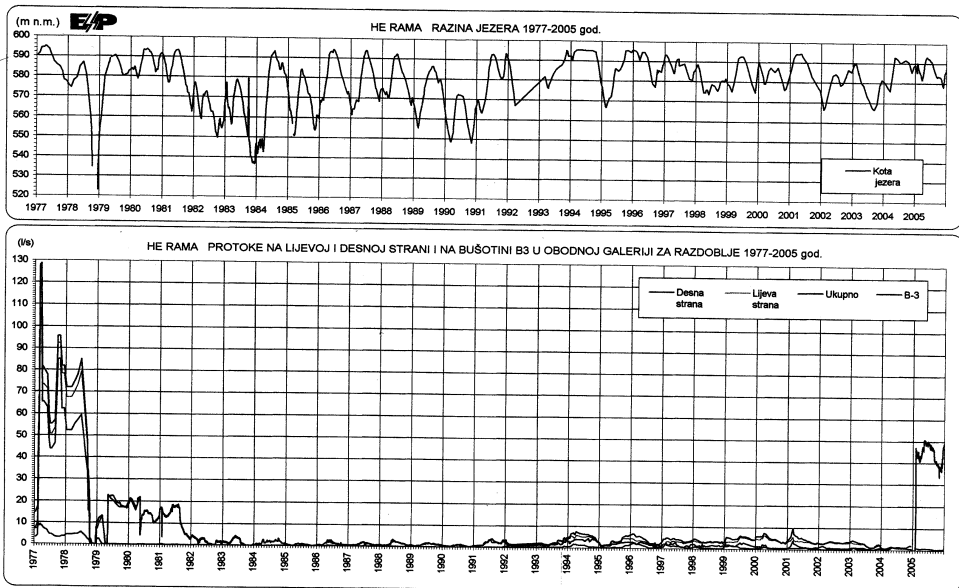
Prilog 5. Dijagram slijeganja ekrana brane za period 1998.-2004. godina



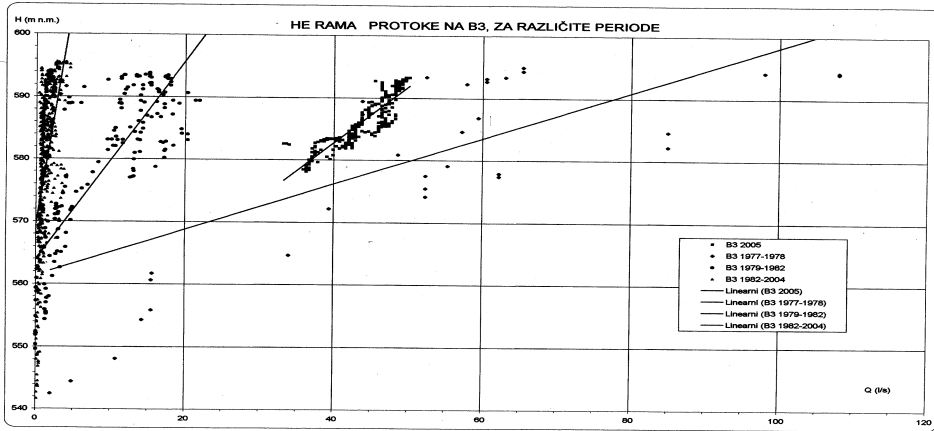
Prilog 6. Slijeganje brane u funkciji kote akumulacije za period 1969.-2004. godina



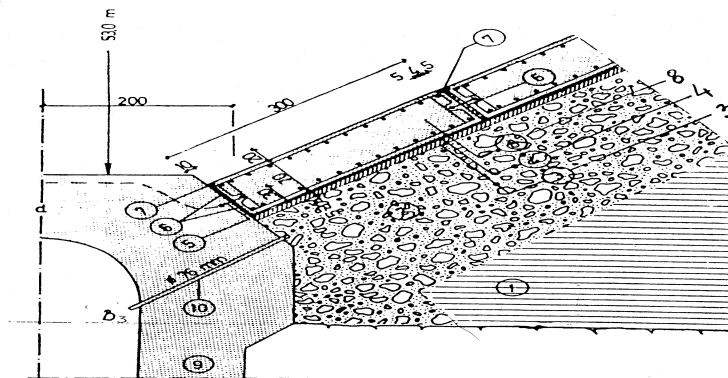
Prilog 7. Maks. količine vode na bušotini B₃ u funkciji kote akumulacije za period 1969.-2005. g.



Prilog 8. Protoci na lijevoj i desnoj strani brane, na bušotini B₃ za period od 1977.-2005. godina



Prilog 9. Isticanje na bušitini B_3 za različite kote akumulacije i karakteristične godine



Sl. 1 — Detalj spoja obodne armirano betonske ploč ekrana sa obodnom galerijom:
1. Kameni nasip, 2. Slagani kamen, 3. Izravnavajući porozni betor
4. Ljepenka, 5. Gumena brtva, 6. Fleksel (Flexcell), 7. Plastižo (Plastižoin), 8. Ploča ekrana, 9. Obodna galerija, 10. Drenažna bušotina (\varnothing)

Prilog 10. Pozicija injekcione bušotine B_3

LITERATURA

1. Glavni građevinski projekat brane Hidroelektrane Rama, Energoinvest Sarajevo 1964.
2. Projekat sanacije AB ekrana brane Hidroelektrane Rama, Energoinvest Sarajevo 1976.

Merima Šahinagić-Isović¹
Suad Špago²

SPOJEVI OD MIKROARMIRANIH BETONA NAPREGNUTI SMICANJEM

Rezime: Uključivanjem vlaknastog ojačanja u beton, malter i cementnu pastu poboljšavaju se mnoge osobine osnovnog materijala, kao što su: čvrstoća pri savijanju i zatezanju, žilavost-duktilnost, čvrstoća na udar, otpornost na zamor, smanjenje deformacija skupljanja i dr. Vlaknasto armirani beton već je našao svoju primjenu kod konstrukcija kod kojih su ove njegove osobine važne, kao kod tunelskih obloga, aerodromskih pista, podnih ploča, pragova željezničkih pruga i sl.

Zbog svojih osobina vlaknasto armirani beton mogao bi se primjeniti i za ostvarivanje spojeva prefabrikovanih krupnopanelnih zgrada u područjima jakih zemljotresa. Osnovna ideja kod spojeva u zgradama od velikih panela je da se dozvole određene "kontrolisane" deformacije za veća opterećenja. Takve deformacije bi uticale na ukupnu otpornost zgrade smanjujući krutost konstrukcije i stvarajući mehanizam za rasipanje energije.

Ključne reči: mikroarmirani beton, čelična vlakna, spojevi, prefabrikovane betonske konstrukcije

THE CONNECTIONS OF FIBER-REINFORCED CONCRETE UNDER SHEAR STRESS

Summary: Inclusion of fibre reinforcement into concrete, plaster and cement paste improves many properties of the basic material, such as: bending and tension strength, ductility, impact strength, fatigue strength, reduced shrinkage, etc. Fibre-reinforced concrete has already found its application at structures where its properties are important, such as tunnel cladding, airfield runways, floor panels, sleepers, etc.

Due to its properties, fiber-reinforced concrete could be applied for connections of precast large panel buildings in areas of strong earthquakes. The basic idea of connections in buildings constructed of large panels is to allow certain "controlled" deformations for larger loads. Such deformations influence the resistance of the building by reducing rigidity of a structure and creating a mechanism for energy dissipation.

Key words: fiber-reinforced concrete, steel fibers, connections, recast concrete structures

¹ Magistar tehničkih nauka, viši asistent, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, USRC „Midhad Hujdur-Hujka“ bb, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, BiH, merima.sahinagic@unmo.ba

² Dipl.ing.građ., asistent, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, USRC „Midhat Hujdur-Hujka“, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, BiH, spagos@bosnia.ba

1. UVOD

Zgrade od armirano-betonskih zidova, građene monolitno ili od montažnih panela su dosta krute, pa se javljaju znatno veće seizmičke sile, nego npr. kod skeletnih zgrada. Međutim njihov kapacitet nosivosti može biti vrlo velik, pa seizmičke sile ne predstavljaju ozbiljniju teškoću ako se spojevi (naročito kod montažnih konstrukcija) dobro riješe. U načelu su moguće tri koncepcije po kojima se projektuju panelne zgrade.

Prva koncepcija je koncepcija neoštećene zgrade. Po njoj zgrada se ponaša kao elastičan sistem i dovoljno je jaka i kruta da bez oštećenja savlada punu seizmičku silu koja se na datoj lokaciji može javiti. To praktično znači da zgradu treba računati na ubrzanje koje se može dobiti iz spektra ubrzanja za elastične sisteme, što može biti i tri do četiri puta više od maksimalnog ubrzanja tla. Na ovaj način mogu se konstruisati manje zgrade, pod uslovom da se mogu uspješno fundirati.

Druga koncepcija je koncepcija “jakih spojnica”. Kod ovih zgrada plastificiranje se predviđa u samim panelima, a ne po spojnica. Osim samih zidova, kao primarni amortizeri (apsorberi) kinetičke energije ovdje se javljaju i kratki nosači iznad vrata i prozora kojih uvijek ima u svim zgradama sa nosivim zidovima. Kod monolitnih zgrada, betoniranih na licu mjesta, nema teškoće oko primjene ove koncepcije. Teškoće se mogu javiti kod montažnih panelnih zgrada, gdje u vrlo skučenom prostoru treba organizovati dobu vezu armature i betona. Klasične veze sa ispuštenim armaturnim petljama iz panela su vrlo komplikovane za izvođenje i ne garantuju uvijek zahtjevani kvalitet. Primjenom zavarivanja ili specijalnih nastavaka na bazi zavrtneva ili prednaprezanja mogu se ostvariti veze koje obezbjeđuju plastificiranje panela.

Treća koncepcija je koncepcija “slabih spojeva”, odnosno spojnica slabijih od panela. Ovdje se energija disipira (troši) neelastičnim radom spojnica, kao i gredama nad otvorima. Ostaje pitanje izbora spojnica u kojima će doći do oštećenja. To ne treba da budu spojnice među tavaničkim pločama, niti spojnice između tavanica i vertikalnih panela, jer se na taj način remeti pretpostavljeni način prenošenja horizontalnih sila.

Odabiranje “jakih” horizontalnih, a “slabih” vertikalnih spojnica predstavlja najpovoljnije rješenje. Vertikalne spojnice nemaju nikakvog udjela u prenošenju gravitacionih opterećenja i njihovo oštećenje ne može izazvati lom cijele građevine. Sa gledišta nosivosti vertikalnog opterećenja, vertikalne spojnice bi mogle ostati i otvorene. Pošto se vertikalne spojnice projektuju za određenu transversalnu silu, onda i njihova konstrukcija treba da je što jednostavnija, da ima dovoljan kapacitet plastificiranja rada i da pri tome može da izdrži dovoljan broj plastičnih deformacija, osim toga treba da se lako popravljaju. Pri konstruisanju veze treba težiti da se plastifikacija događa u samoj spojnici, a ne u armaturi koja ukotvljuje vezu u panel, jer je na taj način opravka oštećenja lakša [1].

2. OPĆENITO O SPOJEVIMA

Kod montažnih panelnih zgrada najčešće srećemo spojeve napregnute smicanjem. Svi se oni praktično mogu svrstati u slijedeće grupe:

- kontinualni spojevi
- spojevi sa moždanicima
- zavareni spojevi
- spojevi ostvareni prednaprežanjem.

Spojevi u zgradama od velikih panela nisu samo specifične konstruktivne komponente, nego mogu i znatno uticati na ukupnu seizmičku otpornost. Sa tog aspekta od posebnog je interesa ponašanje spojeva u zidovima izloženim smicanju. Posebno su značajne karakteristike spoja u prenosu smičućih sila.

Uopšte postoje dva tipa spojeva koji omogućuju prenos smičućih sila:

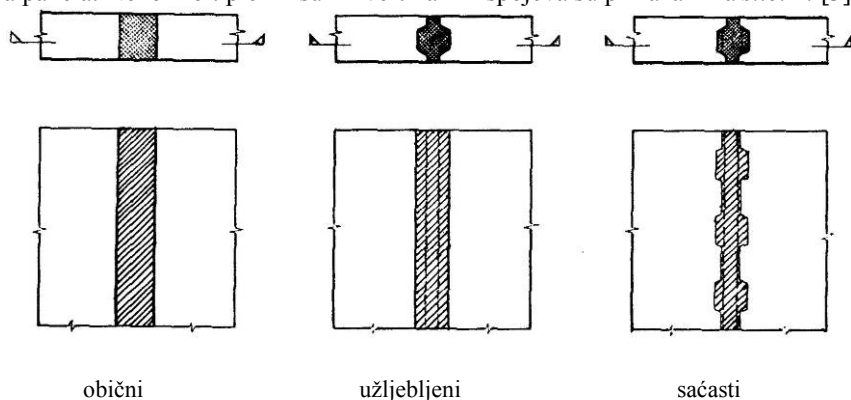
- mokri spojevi (koristeći armirani ili nearmirani beton liven na licu mjesta)
- i suhi spojevi (koristeći vijke ili zavarene čelične elemente).

Mokri spojevi daju uniformni (ravnomjerni) prenos smičućih sila po dužini spoja. Suhi spojevi prenose sile preko pripremljenih detalja (elemenata) [3].

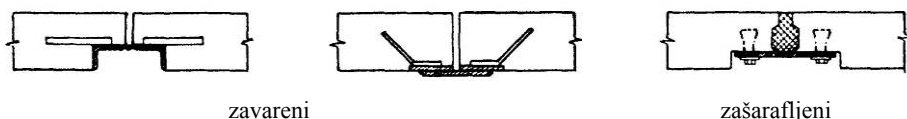
Ranije smo naznačili pravilnu upotrebu vertikalnih i horizontalnih spojnica, tj. pravo riješenje je odabir "jakih" horizontalnih i "slabih" vertikalnih spojnica.

Vertikalni spojevi mogu biti mokri ili suhi. Prema profilu ivica zidnog panela mokri spojevi se dijele na: obične, užljebljene i sačaste spojeve, prikazano na *slici 1*.

Suhi spojevi su obično sa običnim ivicama panela, iako postoje sa užljebljenim ivicama panela. Nekoliko tipičnih suhih vertikalnih spojeva su prikazani na *slici 2*. [3]

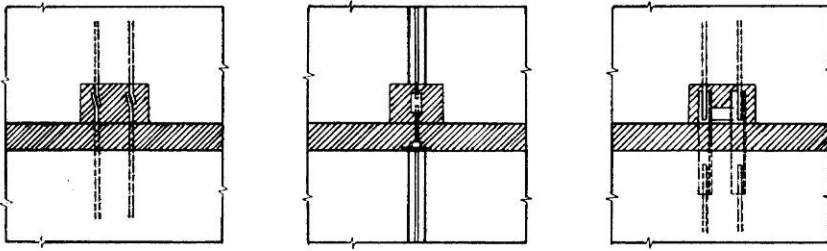


Slika 1. Tipični vertikalni mokri spojevi [3]



Slika 2. Tipični vertikalni suhi spojevi [3]

Horizontalni spojevi su uglavnom suhi ili polumokri. Pored njihove funkcije u prenosu smičućih i pritisnih sila, horizontalni spojevi moraju obezbjediti vertikalni kontinuitet armature koji je potreban u seizmičkim područjima. Zatege između gornjih i donjih zidnih panela su uglavnom postavljene na samo nekoliko mjesta duž ivice panela. U nekim tipovima sistema sa velikim panelima one su ostvarene stavljanjem podužne armature u vertikalne spojeve, stvarajući na ovaj način neku vrstu vertikalnih zatega. Gornje i donje ivice panela su obično ravne, osim pristupnih usjeka potrebnih za određene vrste spojnih uređaja. Tipični horizontalni spojevi su prikazani na *slici 3*. [3].



Slika 3. Tipični horizontalni spojevi [3]

Osnovni tipovi horizontalnih spojeva su:

- spoj sa zavarenom armaturom
- spoj sa naknadno-napregnutim šipkama
- spoj sa različitim vrstama smičućih moždanika
- spoj sa šarafima koji omogućuju naprezanje zatege.

2.1. Mokri spojevi

Ispitivanja pokazuju da se mogu razlikovati dva stanja u ponašanju spojeva kod prenošenja smicanja: prvo prije otkazivanja direktnog (primarnog) nosivog spoja i drugo poslije toga.

Prvo stanje se dalje dijeli u dvije faze. Prva faza je faza u kojoj smičuća sila nije prešla granicu od oko 80% od granične čvrstoće spoja, nijedna komponenta čvrstoće betona nije prekoračena. Karakteriše je skoro linearno ponašanje i velika krutost, što je i razumljivo imajući na umu velike površine i zapremine betona kroz koje se smičuća sila prenosi. Zbog istog razloga i uprkos maloj čvrstoći betona na smicanje i zatezanje, neki tipovi spojeva dostižu velike granične čvrstoće (posebno sačasti spojevi). Druga faza je faza u kojoj smičuća sila prekorači predhodno određenu granicu od približno 80% granične statičke čvrstoće. Dešava se završna deformisanost spoja ili betonskog panela, što se manifestuje pojavom i širenjem pukotina. Ova faza prije smičućeg otkazivanja, nije toliko karakteristična za statičko koliko za ciklično ponašanje spojeva.

Drugo stanje počinje kada smičuća sila prekorači graničnu čvrstoću spoja. U ovom stanju, odmah pri prekoračenju granične nosivosti spoja na smicanje, dolazi do naglog pada sile i značajnih povećavanja horizontalnog klizanja. Otkazivanje direktnog nosivog mehanizma se dešava pri maksimalnom smicanju koje spoj može ponijeti. Prenos opterećenja zavisi uglavnom od smičućeg trenja, a ciklično opterećenje brzo i drastično smanjuje krutost i kapacitet smicanja spoja [3].

Ponašanje mokrih spojeva zavisi od slijedećih osnovnih parametara:

- pripreme površine panela;
- čvrstoće betona kako panela tako i betona spoja izlivenog na licu mjesta;
- sila okomitih na spoj
- armature spoja.

Osnovni zahtjevi su da razlika između granične i rezidualne čvrstoće treba biti mala da bi se izbjegli iznenadni lomovi i da je početna hrapavost dovoljna velika da bi se izbjegle velike deformacije pri malom naprezanju.

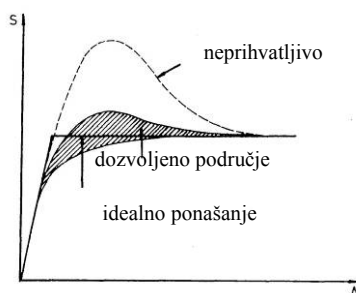
2.2. Suhi spojevi

Mnogo je manje objavljenih rezultata ispitivanja suhih spojeva nego mokrih. No oni objavljeni pokazuju da je ponašanje odnosa opterećenje-deformacija suhih spojeva slično ponašanju za mokre spojeve. Razlog za to je taj, što iako je mehanizam direktnog prenosa smicanja osiguran preko čeličnih uređaja različitih oblika (neelastičnost u prvom stanju odnosa opterećenje-deformacija dolazi uglavnom od sredstava spajanja moždanika za beton panela), u drugom stanju odnosa opterećenje-deformacija, nakon otkazivanja direktnog nosivog mehanizma, smičuće sile se prenose preko trenja kao u mokrim spojevima [3].

3. DOSADAŠNJA RIJEŠENJA SPOJEVA I BUDUĆE NAZNAKE

Spojevi u zgradama od velikih panela, kao i monolitnim armirano-betonskim zidovima, su specifične konstruktivne komponente, koji mogu znatno uticati na ukupnu seizmičku otpornost zgrade. Osnovna ideja je da se dozvole određene **“kontrolisane”** deformacije za veći intezitet zemljotresa, pretežno u vertikalnim spojevima panelnih zidova, ali takođe i u horizontalnim spojevima ako je potrebno. Takve deformacije bi uticale na ukupnu otpornost zgrade smanjujući krutost konstrukcije i praveći mehanizam za rasipanje energije. Zbog toga je od velikog značaja da se u potpunosti ispita ponašanje spojeva pod uslovima opterećenja za vrijeme jakih zemljotresa.

Sadašnji prihvaćeni pristup projektovanju zgrada od velikih panela u seizmičkim područjima zahtjeva duktilne vertikalne spojeve. Idealno elasto-plastični odnos opterećenje-deformacija je ustanovljen kao željeno ponašanje spojeva. Na *slici 4.* je dato kvalitativno područje prihvatljivih karakterističnih krivih po prijedlogu Pommeret-a (*Cambridge, Massachusetts*)[12].



Slika 4. Zahtjevano ponašanje vertikalnih spojeva [3]

Osnovni zahtjevi su da razlika između granične i rezidualne čvrstoće treba biti mala da bi se izbjegli iznenadni lomovi i da je početna hrapavost dovoljna velika da bi se izbjegle velike deformacije pri malom naprezanju.

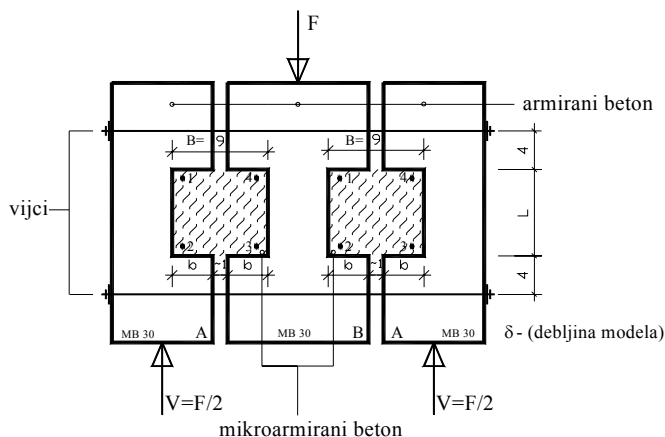
Dosadašnji rezultati ispitivanja ukazuju da **samo** nekoliko tipova veza može da obezbjedi zahtjevano ponašanje, kao što su šarafljeni spojevi sa ograničenim klizanjem

među suhim i užebljeni spojevi sa podužnom i dobro usidrenom armaturom među mokrim spojevima.

Na osnovu tih saznanja izvršena su eksperimentalna ispitivanja ponašanja spojeva od mikroarmiranog betona sa poprečnom ukrutom vijcima, kao moguće trajno riješenje spojeva u zidovima izloženih smicanju (naročito kod montažnih konstrukcija). Ova vrsta spojeva predstavlja kombinaciju preporučenih dobrih riješenja mokrog i suhog spoja. Mikroarmirani beton je direktni nosivi mehanizam, i zahvaljujući svojim poboljšanim karakteristikama u odnosu na običan beton (rezultati eksperimenata i analiza u svijetu), treba da povećava graničnu čvrstoću spoja. Vijci sa ograničenim klizanjem u slučaju većih pomjeranja (drugo stanje) mogu da prenose dio sile smicanja, a ujedno (primarna funkcija) da spriječe razdvajanje elemenata konstrukcije i okretanje spoja od mikroarmiranog betona. Na modelima sa uzorcima od mikroarmiranog betona različitih dimenzija određene su deformacije prije pojave prslina, poslije pojave prslina i pri pomjeranju veze, pri statičkom (i kvazi statičkom opterećenju).

4. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA I NUMERIČKA ANALIZA SPOJEVA OD SFRC NA SMICANJE

Model vertikalnog spoja panela na kojem su vršena ispitivanja, izrađenog od mikroarmiranog betona sa poprečnom ukrutom vijcima i način opterećenja modela prikazan je na slici 5.



Slika 5. Šema modela za ispitivanje

Eksperiment je obuhvatio tri modela sa uzorcima od mikroarmiranog betona (različitih dužina uzorka dok su širina i debljina uzorka iste) dimenzija $L/(b+l+b)/\delta$:

uzorak 6/9/12cm

$L = 6.0\text{cm}$; $b = 4.0\text{cm}$; $\delta = 12\text{cm}$

uzorak 12/9/12cm

$L = 12.0\text{cm}$; $b = 4.0\text{cm}$; $\delta = 12\text{cm}$

uzorak 18/9/12cm

$L = 18.0\text{cm}$; $b = 4.0\text{cm}$; $\delta = 12\text{cm}$

Cilj eksperimenta je bio da se za različite dimenzije uzoraka (kvadara) (širine naljezanja i dužine kvadara i to: 4/6 cm, 4/12 cm, 4/18 cm) i predviđene kvalitete betona

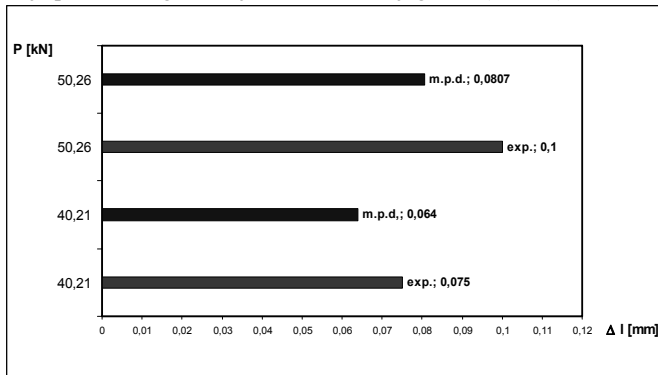
(dijelova konstrukcije i kvadera) odrediti graničnu nosivost spoja za statička opterećenja i kvazistatička opterećenja, kako bi se odredila najoptimalnija konfiguracija spojeva izloženih smicanju.

Eksperimentalni rezultati iskorišteni su za numeričku analizu ponašanja spojeva od mikroarmiranog betona u zidovima povezanim čeličnim spojnicama (armatura, vijci itd.). Predložena su dva modela koji razmatraju uticaj statičkih transferzalnih sila i to:

- model pritisnute dijagonale
- model MKE

Nakon određivanja dimenzija pritisnute dijagonale izvršen je proračun izduženja (skraćčenja) pritisnute dijagonale (za intezitet opterećenja u stanju elastičnosti i stanju prvih neelastičnih deformacija), te se poredio sa eksperimentalno dobijenim rezultatima (dijagonalne promjene rastojanja između repera uzoraka).

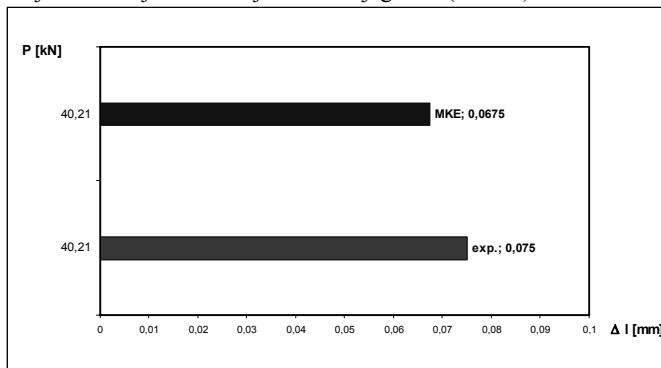
Taj odnos je prikazan u grafičkoj formi u vidu dijagrama (Slika 6).



Slika 6. Odnos opterećenje-dijagonalne promjene rastojanja između repera uzoraka određeni: eksperimentom i metodom pritisnutne dijagonale

Po MKE razmatrana su dva modela. Nije uveden uticaj deformabilnosti vijka u vezi. Prvi model je sa $2 \times 4 = 8$ oslonaca, a drugi model je sa $2 \times 5 = 10$ oslonaca. Oslonci simuliraju uticaj osnovnog materijala konstrukcije na spoj od mikroarmiranog betona. Model sa $2 \times 4 = 8$ oslonaca daje rezultate koji se manje razlikuju od izmjenjenih eksperimentalnih vrijednosti.

U grafičkoj formi ovaj odnos dat je u vidu dijagrama (Slika 7).



Slika 7. Odnos opterećenje-dijagonalne promjene rastojanja između repera uzoraka određeni: eksperimentom i MKE

Vidimo da je odnos opterećenje-dijagonalno rastojanje između repera izmjeren eksperimentom i izračunat pomoću modela pritisnute dijagonale i MKE približno isti (razlike su od 10% do 15%), odnosno razlike dijagonalne promjene rastojanja repera izmjerene eksperimentom i izračunate metodom pritisnute dijagonale, te dobivene MKE, **male su i mogu se izraziti** u 100-tim i 1000-tim dijelovima mm. A već smo rekli da eksperimentalna mjerenja deformacija imaju tačnost ± 100 -ti dio mm. Što znači da su ove metode sa predloženim modelima pogodne za numeričku analizu ovakve vrste spojeva.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ovih numeričkih analiza i izvršenih eksperimenata mogu se donjeti neki **zaključci o izradi spojeva (konfiguraciji spojeva)** od mikroarmiranog betona izloženih smicanju.

1. Dužina moždanika od mikroarmiranog betona ne smije preći određenu veličinu, jer će u protivnom doći do loma betona konstrukcije umjesto smicanja kroz moždanik. Odnos dužina/širina (L/B) moždanika od mikroarmiranog betona mora da bude < 4.5 :

$$\frac{L}{\left(\frac{B}{2} - 1\right)} = \frac{18}{4} = 4.5 \quad (1)$$

2. Sličan efekat kao i dimenzije moždanika ima i izbor čvrstoće mikroarmiranog betona. Prevelika čvrstoća MAB moždanika u odnosu na čvrstoću betona konstrukcije mogla bi prouzrokovati lom betona konstrukcije. Odnos čvrstoće betona konstrukcije i čvrstoće MAB moždanika uz zadovoljavanje kriterija pod 1., treba da bude.:

$$\frac{f_b^{kon}}{f_b^{veze}} = 1.5 - 2.0 \quad (2)$$

3. Deformacija (izduženje) vijka znatno utiče na pomjerljivost veze, na taj način izborom površine vijka može se uticati na pomjeranje u vezi. Vijak veće površine poprečnog presjeka smanjuje pomjeranja u vezi se 2 do 4 puta, u zavisnosti od dimenzije uzorka.

4. Ovakva vrsta veza preporučuje se u montažnoj gradnji kod spajanja elemenata građevinskih konstrukcija gdje je potrebno obezbjeđenje prenosa transverzalnih sila na mjestu spoja.

6. LITERATURA

1. Aničić D., Fajfar P., Petrović B., Szavits-Nossan A., Tomažević M.: Zemljotresno inženjstvo-visokogradnja; DIP «Građevinska knjiga»; Beograd, 1990., str. 642.
2. Šahinagić M.: Analiza pomjerljivih spojeva od mikroarmiranih betona kod građevinskih konstrukcija, Magistarski rad, Građevinski fakultet Mostar, juni 2004., str. 104.
3. Verbič B.: Nonlinear behaviour of large-panel connections; International research conference on earthquake engineering, Skopje, 1980.

Milutin Vucinic¹

Radomir Folc²

Danilo Ristic³

NOVI ADAPTIBILNI SISTEMI ZA SEIZMIČKU IZOLACIJU MOSTOVA

Rezime: Cilj ovog rada je da polazeći od aktuelne problematike projektovanja mostova u seizmičkim uslovima potencira ekspanzivni savremeni razvojni trend u svijetu, sistema za baznu izolaciju i kontrolu vibracija i njihovu praktičnu primjenu u građevinarstvu. Njenom primjenom moguće je osigurati znatnu redukciju seizmičkih sila, a da konstrukcija ostane u elastičnom području ponašanja. Prikazani su originalni karakteristični rezultati istraživanja seizmičkog odgovora, prototipskog mosta sa primjenom GOSEB-2 sistema za seizmičku izolaciju mostova. To je upravo i svrha ovog rada, da se ukaže na potencijalne mogućnosti seizmičke zaštite konstrukcija, naročito onih od vitalnog značaja kod kojih je nužno osigurati njihovu upotrebljivost neposredno nakon dejstva jakog zemljotresa. Konstatuje se da se kontrola vibroizolacija kao nadgradnja konvencionalnog pristupa sve više primjenjuje u svijetu.

Ključne riječi: Zemljotres, vibracije, seizmička izolacija, GOSEB-2, nelinearan seizmički odgovor, projektovanje.

NEW ADAPTIBILATION SYSTEMS FOR SEISMIC ISOLATION OF BRIGDES

Summary: The purpose of this announcement is to point out expansive modern developing trend in the world, starting from the current problems of bridge designing in seismic condotions, of the sistem for basic insulation and control vibration and its practical application in civil engieneering. The application of seismic isolation enables considerable reduction of seismic forces, whereat the structure remains to behave in the elastic range. Presented further are the original characteristic results from the investigation of the seismic response of a prototype bridge appling the GOSEB-2 system for seismic isolation of bridges. This is the very objective of this work, i.e., to point out the potential possibilities for seismic protection of structures, particularly those of vital importance that need to remain operational immediately after a strong earthquake. It is stated that the contro lof vibration isolation as an extenyion of the conventional approach is increasiny applied over the world.

Key words: Earthuquake, vibrations, seismic isolation, GOSEB-2, nonlinear seismic response, design

¹ Dr, dipl. ing. građ., Republički zavod za urbanizam i projektovanje, Podgorica

² Dr, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu i redovni član jugoslovenske inženjerske akademije

³ Dr, redovni profesor Instituta za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju, Univerziteta „Sv. Kiril i Metodij” u Skoplju

1. UVOD

Za projektovanje objekata u seizmičkim područjima projektant mora da posjeduje dovoljno znanja i umijeća da predvidi veličinu najvećih vibracija kojima konstrukcija može biti izložena tokom svog vijeka trajanja, odnosno mora dati prognozu seizmičkih dejtava na građevinu.

Seizmičko dejstvo zemljotresa na objekte mora se posmatrati u vezi sa tri grupe specifičnih pojava, koje se odnose na vibracije tla, na vibracije same konstrukcije i na uslove njihovog skupnog vibriranja.

Sve ove pojave imaju svoje fizičke osobenosti, pa opšte rješenje zadatka o seizmičkim dejstvima na objekte ne postoji. U vezi sa ovim, treba tražiti najbolja rješenja u cilju ocjenjivanja uticaja pojedinih faktora, koji formiraju dejstvo zemljotresa na objekte [4].

U novije vrijeme čine se naponi da se konstruktivnim sistemima stvori mogućnost njihove adaptacije i osposobljenosti da tokom trajanja zemljotresa imaju aktivnu funkciju. Takvi konstruktivni sistemi se nazivaju aktivno kontrolisani sistemi i predstavljaju sisteme budućnosti. Faktor iznenađenja kod ovih sistema je zanemarljiv [9].

Poslednjih godina u porastu je zaštita konstrukcija korišćenjem pasivnih, aktivnih i hibridnih (poluaktivnih) sistema, odnosno sistema koji se sa aspekta upravljanja dijele na pasivne sisteme koji ne koriste dodatnu spoljnu energiju, i aktivno kontrolisane sisteme koji uslovljavaju dodatnu spoljnu energiju. Rješenja koja koriste oba sistema aktivni i pasivni nazivaju se hibridni sistemi [11].

2. OSNOVNO O KVALITATIVNOM UNAPREĐENJU SEIZMIČKE STABILNOSTI MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA

Zbog svoje važnosti, za objekte tipa mostova i vijadukata veoma je zanimljivo djelovanje zemljotresa jer druge potrese uključujemo u dinamički faktor [10]. Odgovor ovih konstrukcija na slučajne oscilacije od potresnog gibanja predstavlja svojevrsan problem. Predviđanje ponašanja konstrukcije pri zemljotresu se otežava zbog stohastičke promjene zemljotresnih pokreta tla na kojoj se objekat temelji, kao i stohastičke prirode materijala i same konstrukcije [12].

Oštećenja mostovskih konstrukcija najčešće nastaju zbog slabih ležišta, konstruktivnih nedostataka i oštećenja uzrokovana slabošću tla. Uzroci oštećenja mostovskih konstrukcija su nešto više prikazani u radovima [1], [2] i [4], kao i u literaturi [5].

Konstrukcije tipa mostova i vijadukata su prostorne konstrukcije. Mostovi se za vrijeme dejstva zemljotresa ponašaju isključivo kao prostorni sistem gdje je interakcija među elementima mosta prostorni fenomen. Međutim, interakcija između nosive kolovozne konstrukcije i donjeg stroja mosta (stubova) koja se odvija preko ležišta je jedan od glavnih fenomena koje treba analizirati. Prije svega treba da se procijeni koje se sile i deformacije očekuju u ležištima preko kojih se oslanja nosiva kolovozna konstrukcija na donji stroj. Takođe, od posebnog interesa je interaktivni fenomen između temelja i tla kada je u pitanju seizmička stabilnost konstrukcije. U tom cilju kod matematičkog modeliranja treba uključiti i dio tla na kojem se temelji mostovska konstrukcija. Na kontaktu između temeljne osnove i tla treba da se inkorporira tzv. „kontaktni element" u prostoru sa ciljem da se simuliraju što realniji fenomeni pojave zatežućih napreznja ili napreznja usled klizanja temelja po osnovi tla.

Potreba za obezbjeđenjem sigurnosti mostova do znatnog povećanja stepena pouzdanosti usloveli su nagli istraživački uspon u više istraživačkih centara u svijetu. Ovaj progres je evidentan prije svega u razvijenim zemljama čije su teritorije locirane u zonama intenzivnih seizmičkih dejstava. Istraživanjima se intenzivno bave na Novom Zelandu, SAD, Japanu, Italiji, Francuskoj, Rusiji, Makedoniji. Više o ovim istraživanjima u radovima [1], [2] i [4].

3. OSVRT NA OSNOVNE TEORIJSKE POSTAVKE SEIZMOIZOLACIJE

Seizmička izolacija se definiše kao „ skup svih mjera za smanjivanje uticaja vibracija". Zadatak uređaja za seizmičku izolaciju je da smanje količinu gibanja koja se sa temelja koji vibrira prenosi na konstrukciju [5]. Teoretske osnove za izolaciju sistema na čijoj osnovi počiva savremena ideja izolacije konstrukcija šire je obrađena u literaturi [7] i [2], gdje su razmatrani sistemi sa jednim stepenom slobode, pobuđeni prinudnim silama i pobuđeni pomjeranjima tla, bez i sa prigušivanjem, te tretiranjem izolatora sa linearnim i nelinearnim ponašanjem. Takođe i koncepcija bazne izolacije i seizmičke kontrole dinamičkog odgovora konstrukcije sa energetske tačke gledišta obrađena je u ovoj literaturi. Djelovanje izolatora može se procijeniti na osnovu karakteristika odgovora sistema, konstrukcija – izolator – temelj na stacionarnu harmonijsku pobudu [6].

Principi pasivne izolacije u širem i bazne u užem smislu kategorije koja se sve više primjenjuje u građevinarstvu šire je obrađena u radu [11].

4. POTENCIJALNE MOGUĆNOSTI PRIMJENE SISTEMA ZA KONTROLU VIBRACIJA

Svrha seizmičke izolacije je reduciranje djelovanja zemljotresa na konstrukcije promjenom njenih dinamičkih svojstava, kako bi se njeno ponašanje pod dejstvom zemljotresa što više zadržalo u elastičnom području i na taj način na ekonomski prihvatljiv nivo smanjilo oštećenje konstrukcije a time i troškovi sanacije [1]. Bazna izolacija i kontrola vibracija kao nadgradnja konvencionalnog koncepta ima veliku perspektivu i sve se više nameće i realnoj praksi, posebno kod konstrukcija kod kojih je potrebno osigurati njihovu upotrebljivost neposredno nakon dejstva jakog zemljotresa.

5. OSVRT NA ISTRAŽIVANJA SEIZMIČKOG ODGOVORA PROTOTIPSKOG MOSTA SA PRIMJENOM GOSEB-2 SISTEMA ZA SEIZMIČKU IZOLACIJU

Za kvalitativno unapređenje seizmičke sigurnosti mostovskih konstrukcija predloženo je novo tehničko rješenje koje bazira na ugrađivanju dopunskih elemenata za izolaciju i apsorpciju seizmičke energije u konstrukcijama – patentiran GOSEB-2 sistem, kojim se obezbjeđuje kontrola dinamičkog ponašanja mostova pri jakim zemljotresnim pobudama.

5.1. Komponente novog GOSEB-2 sistema

Sistem je baziran na kombinovanoj primjeni:

- 5.1.1. Optimalnog sistema prostorno distribuiranih seizmičkih izolatora,

5.1.2. Optimalnog sistema prostorno distribuiranih više-stepenih prigušivača ili disipatora seizmičke energije i

5.1.3. Optimalnog sistema prostorno distribuiranih odbojnika od gume (stopera) za kontrolu ekscenih deformacija.

Oni su adekvatno instalisani u osnovi konstrukcije ili u odgovarajući prostor među definisanom pod konstrukcijom (donji stroj) i nad konstrukcijom koja predstavlja gornji dio konstrukcije ili gornji stroj mosta, slika 1.



Slika 1. Izgled i način postavljanja komponenta GOSEB-2 sistema za seizmičku izolaciju

5-2. Karakteristike prototipskog mosta

Za analitičko istraživanje dinamičkog ponašanja mostovskih konstrukcija sa različitim visinama srednjih stubova izabran je karakterističan armiranobetonski most, slika 2. Prema gemehaničkim podacima stope su fundirane u tlu dozvoljene nosivosti $\sigma_{doz}=4,5 \text{ kg/cm}^2$. Kvalitet betona je MB-30.

5.3. Seizmički parametri

Kao reprezentativni zemljotresni zapisi za dinamičku analizu odabrane prototipske mostovske konstrukcije korišćeni su :

a) Akcelerogram od zemljotresa El Centro dogođen u SAD, 1940. godine, komponenta SOOE i

b) Akcelerogram od zemljotrsa u Crnoj Gori, dogođen 15. IV 1979. godine, na lokaciji Ulcinj-hotel Albatros, komponenta N-S.

U prvoj fazi istraživano je dinamičko ponašanje konstrukcije mosta pri dejstvu veoma jakih zemljotresa definisani sa nivoom pik akceleracije od $A_p = 0,5g$.

U drugoj fazi istraživano je dinamičko ponašanje konstrukcije mosta pri dejstvu razornih zemljotresa definisanih sa nivoom pik akceleracije od $A_p = 0,7g$.

Skaliranjem vrijednosti originalnih akcelerograma odgovarajućim faktorima dovedena su ulazna ubrzanja na potrebni intenzitet.

5.4. Totalno nelinearan matematički model

Formulisani totalno nelinearan matematički model prototipskog mosta koncipiran je tako da obezbijedi što realniju simulaciju nelinearnih karakteristika kako elemenata konstrukcije, tako i elemenata ugrađenog GOSEB-2 sistema. Nelinearni diskretni matematički model definisanog prototipskog mosta sa ugrađenim novim GOSEB-2 sistemom za seizmičku izolaciju, sa označenim konačnim elementima i čvornim tačkama prikazan je na slici 2 za podužni pravac, a za porečni pravac zbog nedostatka prostora nije prikazan.

Nelinearne AB komponente su modelirane tako da je osnovni parametar sa kojim se određuje ponašanje elementa kako u elastičnom tako i u plastičnom području rada, anvelopni dijagram $M-\varphi$, tj. moment-krivina.

Aseizmička ležišta, seizmički apsorberi K-10, seizmički apsorberi K-15 i odbojnici od gume su modelirani sa nelinearnim elementima u obliku federa.

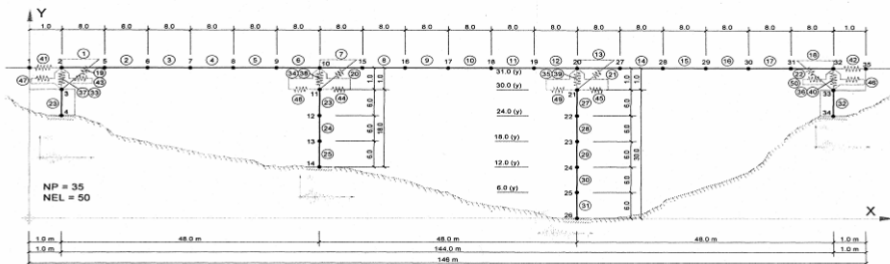
5.5. Originalni rezultati dinamičke analize seizmički izolovanog mosta

Karakteristični rezultati od izvršenih obimnih istraživanja seizmičkog odgovora prototipskog mosta, sa primjenom GOSEB-2 sistema za seizmičku izolaciju, pri snažnim zemljotresnim dejstvima u podužnom i poprečnom pravcu, Urađeni su reprezentativni analitički testovi za nelinearno ponašanje prototipske mostovske konstrukcije, za prethodno navedene jake seizmičke pobude. Pri tom, u testovima su selektirane potrebne karakteristične tačke prototipske mostovske konstrukcije na gornjoj i donjoj konstrukciji mosta. Dati su komparativni prikazi vremenskog odgovora pomjeranja, brzine i ubrzanja. U isto vrijeme dati su i prikazi vremenskog integralnog (histerezisnog) odgovora za moment-krivina, transverzalna sila-pomjeranje, za sve specifične komponente integralnog sistema.

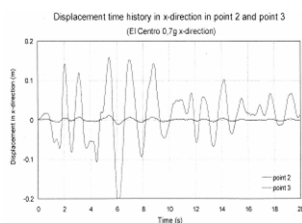
Iz veoma obimne izvršene analize [2] radi boljeg poimanja karakterisika razmatranog sistema za seizmičku izolaciju prikazuju se neki nelinearni seizmički odgovori (za El Centro 0,7g) čija objašnjenja slijede pored i ispod slika.

5.5.1. Dejstvo zemljotresa u podužnom pravcu mosta

Diskretan matematički model konstrukcije prototipskog mosta sa označenim konačnim elementima i čvornim tačkama pretstavljen je na slici 2.

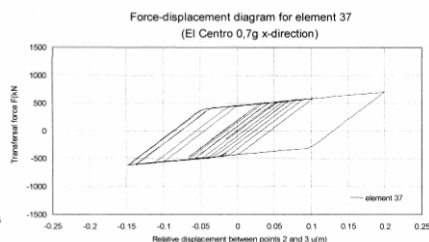


Slika 2. Formulisan totalno-nelinearan matematički model prototipskog mosta sa ugrađenim novim GOSEB-2 sistemom za seizmičku izolaciju, korišćen pri realizovanju atestnih analitičkih istraživanja ostvarenog stepena seizmičke sigurnosti objekta za dejstva veoma jakih zemljotresa u podužnom pravcu-x



Тачка 2: max: 0.16 m; T=5.44 s
min: -0.21 m; T=6.12 s

Тачка 3: max: 0.01 m; T=5.38 s
min: -0.01 m; T=6.14 s

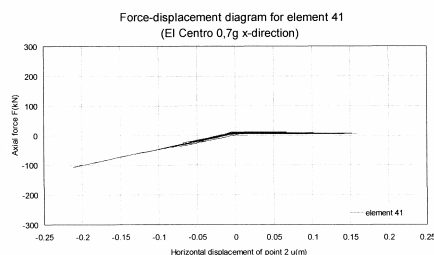


елемент 37: max: $u = 0.19$ m; $F = 700.76$ kN

елемент 37: min: $u = -0.15$ m; $F = -614.65$ kN

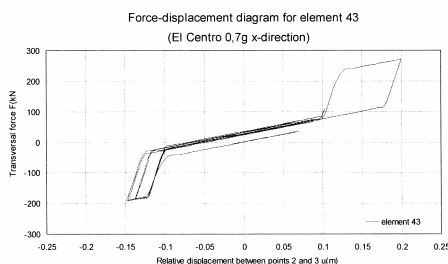
Slika 2.1. Uporedni prikaz odgovora pomjeranja u pravcu $-x$ таčke 10 (gornji stroj). i таčke 11 (iznad краћег стуба). Poseban odgovor pomjeranja donje i gornje mostovske konstrukcije

Slika 2.2. Prikaz vremenskog histerezisnog odgovora transverzalna sila-pomjeranje za seizmički GOSEB-2 izolator montiran iznad lijevog oporca (element 37). Velika apsorpcija energije.



елемент 41: max: $u = 0.16$ m; $F = 11.67$

елемент 41: min: $u = -0.21$ m; $F = -107.03$ kN

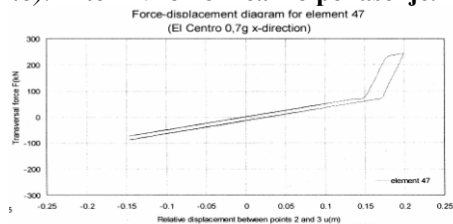


елемент 43: max: $u = 0.19$ m; $F = 271.08$ kN

елемент 43: min: $u = -0.14$ m; $F = -192.13$ kN

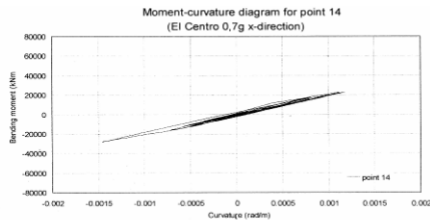
Slika 2.3. Prikaz vremenskog histerezisnog odgovora transverzalna sila-pomjeranje za seizmički GOSEB-2 odbojnik montiran na lijevom oporcu (element 41). Aktivan gumени odbojnik.

Slika 2.4. Prikaz vremenskog histerezisnog odgovora transverzalna sila-pomjeranje za seizmički GOSEB-2 histerezisni apsorber K-10 montiran na lijevom oporcu (element 43). Intenzivno nelinearno ponašanje.



елемент 47: max: $u = 0.19$ m; $F = 243.65$ kN

елемент 47: min: $u = -0.15$ m; $F = -87.77$ kN



NP14: max: $f = 0.001175$ rad/m; $M = 22725.50$ kNm

NP 14: min: $f = -0.001452$ rad/m; $M = -28373.77$ kNm

Slika 2.5. Prikaz vremenskog histerezisnog odgovora transverzalna sila-pomjeranje za seizmički GOSEG-2 histerezisni apsorber K-15 montiran na lijevom oporcu (element 47). Nelinearno ponašanje.

Slika 2.6. Prikaz vremenskog histerezisnog odgovora moment-krivina za presjek u bazi краћег стуба (тачка 14). Linearno ponašanje.

5.5.2. Dejstvo zemljotresa u poprečnom pravcu mosta

Analiziran je i poprečni pravac i dobijeni su veoma zadovoljavajući rezultati seizmičke zaštite primjenom GOSEB-2 sistema, ali zbog ograničenog prostora nijesu prikazani u ovom radu.

Dio rezultata izvršenih istraživanja [2] seizmičkog odgovora prototipskog mosta primjenom GOSEB-2 sistema za seizmičku izolaciju pri jakim zemljotresnim dejstvima u podužnom i poprečnom pravcu ukazuju da i pri ovakvim seizmičkim pobudama, rad konstrukcije je linearan. Sa ovim komparativnim vremenskim prikazima prezentirane su kvalitetne prednosti ovog novog sistema za seizmičku izolaciju, što predstavlja novo tehničko rješenje za efikasnu zaštitu mostovskih konstrukcija pri jakim zemljotresnim dejstvima, a što se ogleda kroz sposobnost sistema da se ponaša kao seizmički izolator, apsorber seizmičke energije i graničnik (kontrolor) relativnih pomjeranja konstrukcije u oba pravca. Razmatrani GOSEB-2 sistem predstavlja novo tehničko rješenje koje se temelji na optimalnoj integraciji različitih mehaničkih komponenti koje obezbjeđuju uslove za aktiviranje višestepene kontrole seizmičkog odgovora, čime se postiže efikasan globalni fizički odgovor konstrukcije pri dejstvu jakih zemljotresa.

Poznato je, da je osnovna filozofija aseizmičkog projektovanja uobičajenih mostova, da za slabe i umjerene zemljotrese, konstrukcija mosta „radi“ u elastičnoj oblasti, bez većih oštećenja elemenata konstrukcije, dok ih za jake zemljotrese treba projektovati tako da se spriječi lom. Primjenom GOSEB-2 sistema stvaraju se uslovi da se rad konstrukcije mosta i pri jakim seizmičkim pobudama zadrži u elastičnom području, što ovaj sistem preporučuje za praktičnu primjenu.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog i dosadašnjih saznanja može se ukazati na probleme i pouke u primjeni seizmičke zaštite objekata.

8.1 Primjenom seizmičke izolacije moguće je osigurati znatnu redukciju seizmičkih sila a da konstrukcija ostane u elastičnom području ponašanja. To se postiže različitim oblicima pasivne i aktivne kontrole, u kojima je akumuliran znatan potencijal za preventivnu zaštitu konstrukcija od spoljnih dejstava.

8.2 Neophodan uslov za nastanak i opstanak, mnogih izuzetnih konstruktorskih ostvarenja, visokih zgrada i mostova velikih raspona, je primjena adekvatnih sistema za seizmičku izolaciju i kontrolu vibracija.

8.3 Posebnu pažnju treba posvetiti protivrječnim zahtjevima jer upotreba izolatora redovno je povezana sa pojavom velikih pomjeranja za vrijeme dejstva jakih zemljotresa, a uslovi upotrebljivosti nalažu ograničeno pomjeranje objekta.

8.4 Produženjem perioda oscilovanja konstrukcije postiže se udaljavanje od predominantnog perioda oscilovanja tla, koji za većinu zemljotresa iznosi 0,2 do 1,0 sec, čime se isključuje pojava rezonancije.

8.5 Analizirani GOSEB-2 sistem za seizmičku zaštitu mostovskih konstrukcija, omogućuje da se, u toku zemljotresa, dinamičke performanse mijenjaju – adaptiraju po unaprijed zadatom putu, čime se dolazi do redukcije seizmičkih uticaja i do kontrolisanog odgovora konstrukcije, što je i krajnji cilj i projektanta/graditelja.

8.6 Jednostavna, laka i racionalna primjena GOSEB-2 sistema seizmičke izolacije, uz kontrolisani, željeni odgovor konstrukcije, u toku zemljotresa, predstavlja značajna preimućstva aseizmičkog projektovanja u odnosu na postojeću filozofiju klasičnog pristupa.

7. LITERATURA

1. Vučinić M., Razvoj i primjena sredstava za seizmičku kontrolu mostovskih konstrukcija, JDGK 11. KONGRES, Vrnjačka Banja, 25. – 27. septembar, 2002.
2. Вучинић М., Потенцијални можности за примена на нови адаптибилни системи за сеизмичка изолација на патни армиранобетонски мостови,
3. Докторска дисертација, ИЗИИС, Скопје, 2005.
4. Medvedev S. V., Inženjerska seizmologija, Građevinska knjiga, Beograd, 1965.
5. Мицов В., Развој на системи за контрола на вибрации и смалување на сеизмичкиот ризик на мостовски конструкции, Докторска дисертација, ИЗИИС, Скопје, 1998.
6. Okamoto S., Introduction to earthquake engineering, University of Tokio Press, 1973.
7. Podhorsky I., Protiv potresna izolacija – nova koncepcija aseizmičkog projektiranja, Građevinski institut, Fakultet građevinskih znanosti, Građevinar br.2, Zagreb, 1987.
8. Ristić d., Control of Structural Behaviour, Part II : Passive Structural Control, IZIIS, Skopje, 1993.
9. Ристић Д., (Автор на патентот и раководител на проектот), Вучинић М., (Соработник – истражувач), Инвентивен МЛ-ГОСЕБ систем за сеизмичка изолација применлив за ефикасна сеизмичка заштита на нови и сеизмичка ревитализација на постојни мостови и згради (Научноистраживачки проект, период на реализација: 1 I 2001. – 31. XII 2003. год.), ИЗИИС, Скопје.
10. Спасов А., Бетон и армиран бетон за архитекти, II – дел, Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 1988.
11. Tonković K., Mostovi u izvanrednim okolnostima, Školska knjiga, Zagreb, 1979.
12. Folić R., Pasivna kontrola konstrukcija – Zaštita od seizmičkih dejstava, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, 2006.
13. Folić R., Ladinović Đ., Uporedna analiza Evrokoda 8 za projektovanje seizmički otpornih konstrukcija sa nekim nacionalnim odredbama, Fakultet tehničkih nauka, Institut za građevinarstvo, Građevinski kalendar, Novi Sad, 2003.

Milica Maksić¹

KRITIČKA ANALIZA ESTETIKE U POSTMODERNOJ ARHITEKTURI I URBANIZMU

Rezime: U radu se analizira estetika u postmodernoj arhitekturi i urbanizmu. Estetika će biti posmatrana i u kontekstu održivog razvoja. Biće razmotren pokušaj da se estetika uvrsti u koncept održivog razvoja kao četvrta varijabla, označavajući interese kulturnih postupaka bez kojih je život nezadovoljavajući.

Ključne reči: estetika, postmoderna, održivi razvoj

CRITICAL ANALYSIS OF AESTHETICS IN POSTMODERN ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN

Summary: In this paper, aesthetics in postmodern architecture and urbanism will be analyzed. Aesthetics will be analyzed also in the context of sustainable development. Attempt to put the aesthetics into the concept of sustainable development as fourth variable will be considered, meaning those cultural behaviour without which life would be unsatisfying.

Key words: aesthetics, postmodern, sustainable development

¹ dipl.inž.arh, stipendista Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, adresa: Jovana Ristića 2/12, 18 000 Niš; e-mail: maxici@ptt.yu
rad rađen u okviru poslediplomskih studija na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu; predmet: Građena sredina; mentor: prof. dr Zoran Nikezić

1. UVOD

Kada se danas govori o gradovima uzimaju se u obzir socijalni, ekonomski, geografski, prirodni, kulturni, politički faktori koji utiču na njegov izgled. Postavlja se pitanje da li danas estetika ima nekog uticaja u oblikovanju gradova i ako ima koja je njena uloga.

U radu će biti analizirana estetika postmodernog pokreta u arhitekturi i urbanizmu.

Različita vremena poseduju različite estetičke teorije. Zbog toga estetika može biti ravnopravno analizirana sa stanovišta svakog pokreta u skladu sa teoretskim postavkama koje je taj pokret definisao. Ovde je za analizu odabran postmoderni pokret zbog toga što u to vreme dolazi do ponovnog interesovanja za prirodu i čulnost, kao i do ponovnog naglašavanja estetike definisane na način koji umetnosti ponovo pokušava da vrati fikciju.

Estetika će biti posmatrana i u kontekstu održivog razvoja. Pojam održivog razvoja ušao je u globalnu planersku praksu osamdesetih godina. U periodu devedesetih godina XX veka većina evropskih zemalja pokušava da formuliše jedinstvenu urbanu politiku, kao i druge vitalne politike, kao što su politika očuvanja kulturne baštine, politika očuvanja okruženja ili politika stanovanja.

Estetika je kao deo kulturne baštine uvek bila deo održivog razvoja, ali je različiti autori u okviru hijerarhije odnosa različito postavljaju. U ovom radu biće suprotstavljena dva koncepta: koncept održivog razvoja planera Skota Kempbela koji u dijagramu održivosti ima 3 elementa: pravičnost, ekonomiju i ekologiju i tetraedar Stivena Mura koji kao četvrti elemenat dodaje estetiku.

2. ESTETIKA POSTMODERNOG POKRETA

2.1. ESTETIKA POSTMODERNE KULTURE I UMETNOSTI

Postmoderna je naziv za umetnost i kulturu koja nastaje na kritici i prevazilaženju značenja, vrednosti, smisla i načina života modernog društva, kulture i umetnosti (Šuvaković, 1997, 90). Postmoderna se definiše:

1) kao tehnički termin označavanja različitih tendencija u umetnosti i kulturi XX veka kojima se želi prevazići i nadići moderna kultura;

2) kao termin periodizacije megakultura XX veka - postmodernom se označava postistorijski period nakon dovršavanja moderne kulture (po nekim autorima kraj moderne označava 1945. godina i bacanje prve atomske bombe na Hirošimu, slom utopijskih vizija i pobune mladih tokom 1968.)

(Šuvaković, 1997, 90).

Portogezi kaže da je "postmoderno"- odbijanje, raskid, napuštanje, mnogo pre nego izbor pravca kretanja (Portogezi, 1989, 149). Ovaj autor smatra da jeste moguće dati definiciju postmoderne samo ako se o njoj ne misli kao o nekoj etiketi koja označava homogene i srodne stvari i ako se prizna da je njena korist upravo u tome što je omogućila da se privremeno objedine i među sobom uporede različite stvari, ali stvari koje su stvorene iz istog duševnog stanja: nezadovoljstva prema onom zajedništvu heterogenih stvari koje se naziva modernost (Portogezi, 1989, 149).

Portogezi smatra da je statut modernosti bio pravljen po meri društva u kome još nije bilo došlo do revolucije informacija koja je duboko prodrmala strukture našeg sveta (Portogezi, 1982, 149). Ovaj autor kaže da je pre postmoderne kulture postojalo "postmoderno" stanje, plod "postindustrijskog" društva i da je bilo manje predvidljivo da će umetnost, umesto da se razvije u futurističko-mehaničkom smeru, u stilu "2000", kao što su mnogi mislili, usmeriti se ka obnavljanju nekih vidova tradicije (Portogezi, 1982, 149).

Šuvaković razlikuje tri modela postmodernih društava i kultura:

- *zapadno evropski postmodernizam* je zasnovan na postistorijskom, neokonzervativnom i postindustrijskom potrošačkom društvu koje proživljava kraj veka kao dekadentni, simbolički, senzualni, erotizovani i sentimentalni povratak regionalnom i tradicionalnom (mediteranskom, severnjačkom ili srednjoevropskom duhu);
- *anglosaksonski postmodernizam* je postindustrijski i aistorijski (bez interesovanja za istoriju) koncept društva, u pitanju je semiotičko društvo masovne proizvodnje i potrošnje roba i informacija, tj. društvo se organizuje kao masovni spektakl (ekstaza spektakla) stvaranja nove virtuelne hiperrealnosti medijskih-elektronskih slika;
- *postkomunizam* je postmodernizam bivših realsocijalističkih društava-nastaje kao eklektičko društvo unutrašnjih sukoba institucija realsocijalizma sa aktuelnim postmodernističkim modelima zapadne demokratije i istorijskim sećanjima na predkomunističku (predmodernističku ili modernističku) organizaciju društva; (Šuvaković, 1997, 93).

Prema Elin, proširenost gledanja televizije takođe ima uticaja na raspon pažnje i estetske sklonosti (Elin, 2002, 118). Televizijski program i oglašavanje nas izlažu mnogim drugim svetovima i težnjama. Na taj način se stvara pozornica za pluralizam, kompleksnost, eklekticizam i uključenje postmodernizma u njegove različite manifestacije (Elin, 2002, 118).

Prema Šuvakoviću, estetičko i umetničko legitimni termini/pojmovi postmoderne kulture (Šuvaković, 1997, 93). Ovaj autor dalje kaže da ono što ih čini drugačijim od modernističkih formulacija je stav da je svako istorijsko određenje estetskog i umetničkog pristupačno postmodernom teoretičaru i umetniku. U modernističkoj arhitekturi je postojao stav da je estetsko ono što je funkcionalno (Hans Majer, citirao Šuvaković, 1997, 94). Šuvaković kaže da se u postmodernom urbanizmu i arhitekturi pokazuje da je svaka funkcionalna i nadutilitarna determinacija višestruko estetizovana, drugim rečima da ne postoji funkcionalno i utilitarno koje nije estetsko.

Šuvaković smatra da estetsko više nije čulna spoznaja prirodnog ili veštački lepog, već proizvodnja lepog (udobnog, ukusnog, prijatnog, ali i izuzetnog, opčinjavajućeg, erotizovnog ili sublimiranog) u konstituisanju životne realnosti (Šuvaković, 1997, 93). O umetniku se ne govori više kao umetniku, već kao kulturnom radniku, a o filozofu kao teoretičaru kulture. Ričard Rorti naglašava da je savremena filozofija postala oblik izučavanja i interpretiranja kulture (Rorti; citirao Šuvaković, 1997, 94).

Elin smatra da postmoderni oblik kulturnog izraza predstavlja opadanje ideala koji se manifestuje kao nedostatak standarda pomoću kojih bi se nešto ocenilo i posledično kao oklevanje da se zauzme stanovište (Elin, 2002, 127). "Kao rezultat postmoderni oblici kulturnog izražavanja teže da prezrivo odbiju originalnost i da budu (iz toga) izvedeni. Oni teže da traže potvrdu, pozajmljujući i ponovo kombinujući već usvojene

stvari radije nego da stvaraju nove” (Elin, 2002, 127). Za Krimpa umetnik postmodernista odustaje od modernističke “aure” umetnika kao producenta i on jednostavno reprodukuje (Crimp, 1987; citirala Elin, 2002, 127).

Posebno posmatrajući estetsko područje, Lesli Fidler pozdravlja pojavu manje elitističke umetnosti koja “zatvara ponor” između umetnika i publike (Fiedler u šezdesetim; citirali Best i Kelner, 10; citirala Elin 2002, 132). Džemison uzdiže “mogućnost da se postmodernizmom započne proces jedne potpuno nove estetike” (Jameson, 1985, 86; citirala Elin, 2002, 133) zbog čega je estetika homogenosti zamenjena u službi nove vrste opažanja za koje su napetost, protivurečnost, registrovanje nepodudarnosti, i sukobljavanje u i van sebe, jak uzor povezivanja dva nemerljiva elementa, polova i stvarnosti (Elin, 2002, 133).

Prema Klocu, program avangarde bio je oduzeti umetnosti obuzetost estetskim i postmoderna kao “revizija moderne” zahteva da se vrata granice umetnosti kao fikcije (Kloc, 1995, 9).

Kloc smatra da je oštrije nego u drugim umetnostima, pre svega u arhitekturi, za temu uzet sukob između umetničkog i korisnog (Kloc, 1995, 11). Angažovanom postmodernom preduzet je pokušaj da se arhitektura resemantizuje i da joj se, pored ispunjenja funkcija, vrati i značenjski sadržaj, jedan fikcionalni višak (Kloc, 1995, 11).

2.2. ESTETIKA POSTMODERNE ARHITEKTURE I URBANIZMA

Pojam postmoderne kao oznake za novu istorijsku etapu zapadne civilizacije i za umetnost nove megakulture različite od megakulture modernizma, tokom sedamdesetih godina je utemeljen u arhitekturi. Šuvaković kaže da se termin ustalio u upotrebi od 1975. godine kada ga je arhitekta i teoretičar arhitekture Čarls Dženks preuzeo iz književnosti i primenio na kritiku modernizma u arhitekturi (Šuvaković, 1997, 91).

Čarls Dženks daje definiciju *postmoderne* arhitekture: “ona je dvostruko kodirana, jednom polovinom moderna i drugom kodirana negde drugo (najčešće u tradicionalnom građenju) u svojoj želji (pokušaju) da može da komunicira i sa širokom publikom i sa zainteresovanom manjinom, koju najčešće čine drugi arhitekti” (Dženks, 1986, 5).

Kloc smatra da od strane Čarlsa Dženksa tako definisana postmoderna ne vuče svoje poreklo iz filozofije ili neke druge kulturnonaučne discipline, već iz novih tendencija arhitekture koje su imale kritičan odnos prema funkcionalizmu (Kloc, 1995, 165). Iako se taj pojam ranije pojavio negde drugde, npr. u literarnoj kritici, tek zahvaljujući Dženksu je dobio današnju vrednost (Kloc, 1995, 165).

Prema Dženku, ključno objašnjenje postmodernog pokreta je pluralizam, u isto vreme filozofski i stilistički, kao i dijalektički i kritički odnos prema ranijim ideologijama (Dženks, 1978; citirala Elin 2002, 104). Kao dodatak multivalentnosti i pluralizmu, druge karakteristike koje Dženks pripisuje postmodernoj arhitekturi su disonantna lepota, antropomorfizam i povratak centru koji nestaje (Dženks, 1977; citirala Elin, 2002, 104).

Dženks vezuje pojavljivanje postmoderne arhitekture za nove tehnologije kao što je kompjutersko modelovanje, automatska proizvodnja i tržišno istraživanje i predviđanje, što je omogućilo masovnu proizvodnju “skoro ličnog proizvoda” - kuće unutar manje gustog i centralno izgrađenog okruženja (Dženks, 1977, 5; citirala Elin, 2002, 104). Dženks kaže da u želji da ispravi grešku moderne arhitekture, “postmoderna” komunicira sa korisnicima (Dženks, 1977; citirala Elin, 2002, 104) i ostvaruje veze sa gradom i istorijom (Dženks, 1978, 14; citirala Elin, 2002, 104).

Dženks razlikuje 3 faze u postmodernoj arhitekturi:

1. prva faza je početak postmodernizma u umetnosti i arhitekturi pedesetih i šezdesetih kada se reagovalo na modernizam;
2. druga faza u ranim sedamdesetim čije su odlike bile pluralizam i eklekticizam;
3. treća ili klasična faza koja počinje u kasnim sedamdesetim; ova faza se odlikuje “povratkom prošlosti, obraćanjem pažnje na tradiciju, ali na tradiciju sa različitostu, tradiciju koja je svesna intervencija u našem modernom svetu” (Dženks, 1977; citirala Elin, 2002, 104).

Rober Štern opisuje tri “principa” ili “stava” postmoderne arhitekture:

- *Kontekstualizam*, koji prepoznaje individualnu kuću kao deo veće celine i rezultat neizbežnog nadraščanja “građevina u odnosu na vreme”;
- *Aluzionizam* koji crpe iz istorije kulture, inženjerstva, istraživanja ponašanja - da bi arhitekturu učinili prihvatljivijom i punom značenja za njene korisnike;
- *Ornamentalnost fasada (zidova)*

(Štern, 1977; citirala Elin, 2002, 105).

Henrik Kloc objašnjava da je krajnji cilj oslobađanje arhitekture nemušnosti čiste forme i razmetljive vike konstrukcija da bi zgrada mogla ponovo da postane prilika za stvaralački napor, usklađen ne samo sa činjenicama i korišćenjem programa, već i sa poetskim idealima i rukovođenjem subjektom u epskoj razmeri (Kloc, 1988; citirala Elin, 2002). Ovaj autor dalje kaže da tada rezultat neće biti više skladišta funkcija i čuda konstruisanja, već će izražavati simboličan sadržaj i živopisne teme - estetske ideje koje ne ostaju apstraktne “čiste forme” već se pojavljuju kao stvarna ostvarenja, a da bi se usvojila sa više osećajnosti (Kloc, 1988, 239; citirala Elin, 2002, 105).

Prema Bojeru, povratak estetici razikuje se od ranijih otelotvorenja, pošto sada ističe “potpuno slobodnu igru stilova, nenavodenu, slike koje se stapaju jedna u drugu” (Boyer, 1990, 100-101; citirala Elin, 2002, 147).

Elin smatra da je naglašavanje spoljnog izgleda preneto i na prikazivanje fasada građevina koje, u stvari, kriju stvarni materijal, razmeru, istoriju, svrhu i da se to obično čini u nastojanju da se veštački održi ili stvori osećaj urbanosti ili tradicije (Elin, 2002, 148). Postmoderna arhitektonska teorija i kritika su na sličan način optuženi za “fasadizam” - zbog njihove težnje da ponude analize samo na osnovu formalnih izgleda građevina (Ley i Mills; citirala Elin, 2002, 148) i da zamute više nego da razjasne.

Elin kaže da izmišljena tradicija i hiperrealna sredina nude protivotrov za uskogrudost moderne, oni lako mogu da pređu i u loš ukus ili kič, u svom sentimentalnom povezivanju sa prošlošću (Elin, 2002, 149). Skot-Laš smatra da nagoveštaj ili značenje koga se drže oni koji nagoveštavaju postmodernu arhitekturu je nebitan i nestaje u vakuumu kiča (Lash, 1990b, 36; citirala Elin, 2002, 149). Meštrović primećuje da su “postmoderne teme pobuda - igre, zabave i mašte...plitke, kič imitacije sažaljenja jednog romantičara (Meštrović, 15; citirala Elin, 2002, 149).

Dženks u “Jeziku postmoderne arhitekture” daje razvojno stablo u kome se postmoderna arhitektura kreće od 1. historicizma preko 2. oživljavanja prošlosti, 3. neovernakularnog stila, 4. urbanističke ad hoc, 5. metaforičke metafizičke, 6. postmodernog prostora do 7. radikalnog eklekticizma.

U “Postmodernom urbanizmu” Elin kaže da ove promene u arhitektonskoj teoriji zajedno sa istovremenom evolucijom ponovo određuju teoriju urbanističkog projektovanja od šezdesetih do osamdesetih godina (Elin, 2002, 106). Prema ovom autoru, jasno određeni uslovima reakcije na moderni urbanizam, osnovne ideje urbanističkog projektovanja se mogu sažeti: 1. Istoricism; 2. Kontekstualizam 3.

Korišćenje simbolizma 4. Apolitičnost, skromnost, nedostatak vere i traganje za nečim u šta bi se verovalo.

Elin kaže da su u teoriji urbanističkog projektovanja univerzalizam i puritizam postepeno nadgrađeni pluralizmom i kontekstualizmom dok je uloga urbaniste-projektanta zamenjena ulogom nadahnutog genija, umetnika ili društvenog radnika, a ponekad do one skromnije uloge uslužnog pomoćnika (Elin, 2002, 141). Alen Gije primećuje da “od arhitekta koji bi trebalo da daje drugima (moderni arhitekta) mi smo se pomerili za vrlo kratko vreme do arhitekta “umetnika” (postmoderni arhitekta) koji govori o sebi, o svom sopstvenom geniju (Guiheux, 21; citirala Elin, 2002, 158). Hakstabl kaže “zagrebite jednog postmodernistu i otkrićete apostola arhitekture zbog same umetnosti” (Hakstabl, 1981b, 104).

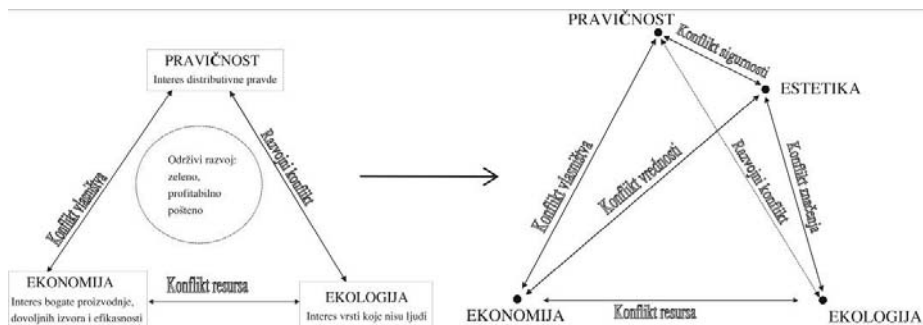
Elin smatra da se postmoderno ponovno naglašavanje estetike često objašnjava kao reakcija na modernističko zanemarivanje estetskih pitanja u korist političkih (Elin, 2002, 161). “Od “socijalne arhitekture” projektovane da razreši “kolektivne probleme” (Oskar Niemeyer, 1955, citirao Holston, 38, citirala Elin 2002, 161), postmodernizam se okrenuo interesima koji su manje politički ambiciozni, više kozmetički i simbolički” (Elin, 2002, 161).

3. ESTETIKA KAO DEO ODRŽIVOG RAZVOJA

Prema Svetskoj komisiji za okruženje i razvoj, održivi razvoj je razvoj koji izlazi u susret potrebama sadašnjosti bez ugrožavanja mogućnosti narednih generacija da izađu u susret svojim potrebama (Svetska komisija za okruženje i razvoj, 1987).

Prema Muru, Evropi je naučna interpretacija održivosti u arhitekturi određena praktičarima high-tech arhitekture kao što su Norman Foster, Nikolaus Grimšou, Renco Pjano. U sedamdestim ovi projektanti uglavnom su zainteresovani za ekspresivni potencijal građevine (Mur, 2001, 3). U Severnoj Americi koncept energetske efikasnosti i održivosti je više povezan sa uticajem okruženja na izbor materijala i redukciju uključene energije u zgradama (Mur, 2001, 4).

Prema Muru, estetička istraživanja i socijalna kritika su isto tako važni za društvo kao i zdravlje javnosti. Ovaj autor smatra da je neophodno proizvesti teoriju i nauku održive arhitekture pre nego što naše akcije budu imale neke koristi (Mur, 2003, 3). Mur veruje da je proizvodnja lepote socijalna praksa zato što njeno postojanje čini čovekov život vredan življenja. On takođe veruje da je proizvodnja estetičke kritike socijalna praksa zato što nam pomaže da prepoznamo neočekivane mogućnosti življenja (Mur, 2003, 4).



Slika 1. Planerski trougao i planerski tetraedar (predlog prvog - Skot Kempbel, 1996; predlog drugog Mur; izvor: http://www.ar.utexas.edu/faculty/moore/data/moore_arch-aest-publ-health.pdf)

Na slici 1 data dva dijagrama koja definišu održivi razvoj. Planerski trougao uradio je planer Skot Kempbel i on ima tri elementa: pravičnost, ekonomiju i ekologiju. Predlog drugog dijagrama dao je Mur. On predlaže da ovaj koncept bude trodimenzionalan i kao četvrtu varijablu održivog razvoja dodaje estetiku, kao oznaku onih kulturnih postupaka bez kojih je život nezadovoljavajući.

Mur smatra da je prednost dodavanja četvrte dimenzije definiciji održivog razvoja to što arhitektura neće biti redukovana na neku kvantitativnu formulu primenjenu od strane dobronamernih, ali jednoličnih tehnokrata (Mur, 2003). Ovaj autor kaže da bi se brisanjem estetike kao kriterijuma teško poboljšala situacija; ali sa druge strane, problem dodavanja četvrte dimenzije definiciji održivog razvoja je da će neuhvatljive varijable teško biti izmerene i na taj način biće teža mogućnost da se njima upravlja (Mur, 2003).

4. ZAKLJUČAK

Analizom postmodernog pokreta u kulturi i umetnosti može se zaključiti da je postmoderna ponovo probudila interes za prirodu i čulnost. Program avangarde je bio oduzeti umetnosti obuzetost estetskim, dok postmoderna zahteva da se vrate granice umetnosti kao fikcije.

Estetsko i umetničko su legitimni pojmovi postmoderne kulture. Svako istorijsko određenje estetskog je pristupačno postmodernom teoretičaru i umetniku.

U postmoderni, estetsko više nije čulna spoznaja prirodnog ili veštački lepog, već proizvodnja lepog. Umetnik postmodernista odustaje od modernističke "aure" umetnika kao producenta i on jednostavno reprodukuje.

Arhitektura postmoderne pokušava da se resemantizuje i da joj se, pored ispunjenja funkcija, vrati i značenjski sadržaj, jedan fiktionalni višak.

U urbanističkom projektovanju postmoderne, uloga urbaniste-projektanta zamenjena ulogom nadahnutog genija, umetnika ili društvenog radnika, a ponekad do one skromnije uloge uslužnog pomoćnika.

Estetici u arhitekturi i urbanizmu u savremenom dobu pridaje se sve veći značaj. Jedan od pokazatelja je i to što estetika pokušava da bude uključena u koncept održivog razvoja kao četvrta varijabla, označavajući interese onih kulturnih postupaka bez kojih je život nezadovoljavajući.

5. LITERATURA

1. Elin, Nan: Postmoderni urbanizam, Beograd, 2002.
2. Dženks, Čarls: Moderni pokreti u arhitekturi, Građevinska knjiga, Beograd, 1986.
3. Dženks, Čarls: Jezik postmoderne arhitekture, Vuk Karadžić, Beograd, 1985.
4. Kloc, Hajnrih: Umetnost u XX veku: moderna-postmoderna-druga moderna, Svetovi, Novi Sad, 1995.
5. Portogezi, Paolo: Jedinstvena vizija arhitekture, Beograd, 1989.
6. Venturi, R, D. Skot Braun, S. Ajzenur : Pouke Las Vegasa , Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
7. Šuvaković Miško: "Estetsko i umetničko u modernoj i postmodernoj kulturi i umetnosti"; Estetsko zadovoljstvo i moderna umetnost, Estetičko društvo Srbije, Beograd, 1997.

Izvori

8. Hui, Sam C M : "Sustainable architecture", December 1996.
<http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm>, februar 2005.
9. Moore, Steven A: "Architecture, Esthetics and the Public Health", 2003.
http://www.ar.utexas.edu/faculty/moore/data/moore_arch-aest-publ-health.pdf, februar 2005.
10. Moore, Steven A: "Energy Efficient Design", 2001.
http://www.ar.utexas.edu/faculty/moore/data/moore_energy-efficient-design.pdf, mart 2005.

Milorad Tatomirović¹

PRORAČUN SILOSA PREMA EVROKODU 1 - DEO 4

Rezime: U radu se razmatra analiza opšti principi i dejstva pri projektovanju silosa za skladištenje zrnastih materijala prema Evrokod-u 1 - deo4.. Opterećenja na vertikalnim zidovima se sastoje od fiksnog opterećenja, tzv. simetričnog opterećenja, i slobodnog lokalnog opterećenja, koja se uzimaju da deluju istovremeno. Detaljna pravila za proračun opterećenja pri punjenju i prežnjenju ćelija su data u zavisnosti od vitkosti silosa i klase pouzdanosti.

Ključne reči: Silos, opterećenja, zidovi ćelija.

SILO DESIGN ACCORDING TO EUROCODE 1 - PART 4

Summary: This Paper provides general principles and actions for the structural design of silos for the storage of particulate solids according to the Eurocode1 – part4. The load on vertical walls is composed of a fixed load, called the symmetrical load, and a free load, called patch load, which shall be taken to act simultaneously. Detailed rules for the calculation of filling loads and discharge loads are given according to the slenderness of the silo and classes of reliability..

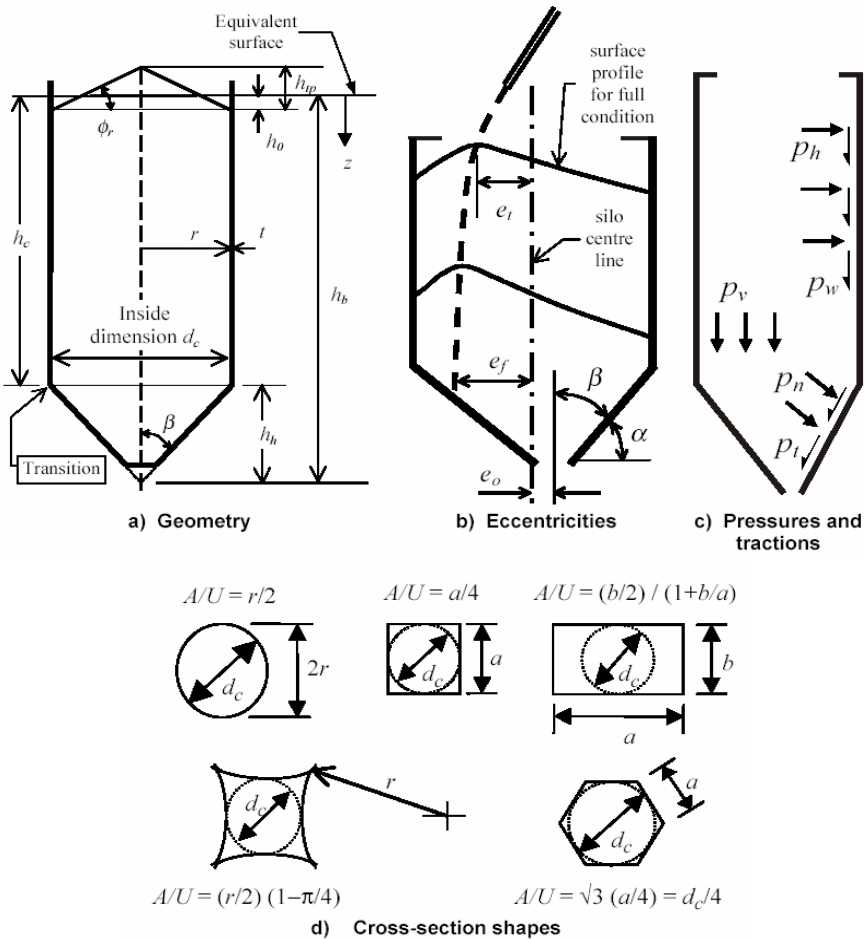
Key words: Silos, load, silo wall.

¹ Mr., dipl.inž.građ, Fakultet tehničkih nauka, IG, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad

UVOD

Evropski standard za proračun silosa i rezervoara EN 1991-4 [1] se najvećim delom odnosi na proračun i analizu silosa. Verzija standarda iz 2003. godine [1] je mnogo obimnija od prethodne verzije [2], koja je prevedena i na naš jezik [3]. Proračun silosa se odnosi na silose sa sledećim karakteristikama:

- Oblici poprečnih preseka čelija silosa se ograničavaju na preseke prikazane na slici 1, a samo manje promene u oblicima se dopuštaju s obzirom na rezultujuće promene u pritiscima.
- Geometrijska ograničenja su data sa $h_b/d_c < 10$, $h_b < 100$ m i $d_c < 60$ m.
- Tranzicija vertikalnog dela čelije na levak leži u horizontalnoj ravni.
- Silos ne sadrži umetnute unutrašnje elemente kao npr. konusni ili piramidalni unetnuti delovi, poprečne grede, i slično; ali se dopušta primena izuzimača i anti-dinamičkih cevi sa mirnim i centričnim praznjenjem.
- Silosi se projektuju na definisani rang karakteristika usipnih materijala.



Slika 1. Forme silosa sa prikazanim geometrijskim veličinama i oznakama napona

Standard podržava proračun levkova konusnog tipa (osnosimetrični) i izduženih rogljastih levkova sa vertikalnim užim bočnim stranama. Silosi su konstrukcije za skladištenje sipkog (zrnastog) materijala (pod silosima se u okviru EN 1991-4 [1] podrazumevaju i bunker, i koševi i uobičajeni čelijski silosi).

Podela silosa u standardu, se pravi u pravcu načina proračuna vertikalnih zidova silosa, pri čemu se uvodi vitkost silosa (odnos visine ćelije prema prečniku upisanog kruga u osnovi ćelije). Klase silosa prema vitkosti i prema postupku proračuna su:

- Silosi velike vitkosti sa odnosom $2,0 \leq h_c/d_c$ (vitki silosi),
- Silosi srednje vitkosti sa $1,0 < h_c/d_c < 2,0$ (umereno vitki silosi),
- Silosi male vitkosti sa $0,4 < h_c/d_c \leq 1,0$ (zdepasti silosi),
- Silosi sa potpornim zidom (*retaining silos*), sa ravnim dnom i odnosom $h_c/d_c \leq 0,4$,
- Silosi u kojima se skladišti aerisani materijal.

Tabela 1. Klase silosa prema pouzdanosti procene dejstva (proračunske klase)

Klasa pouzdanosti procene dejstva (<i>Reliability Class</i>)	Opis slučaja
Klasa procene dejstva 1	Silos sa kapacitetom ispod 100 tona.
Klasa procene dejstva 2	Silos koji se ne vode pod klasama 1 i 3.
Klasa procene dejstva 3	Silos sa kapacitetom iznad 10000 tona. Silos sa kapacitetom preko 1000 tona u slučajevima: a) ekscentrično pražnjenje $e_c/d_c > 0,25$; i b) zdepasti silosi sa eksc. vrha nasipne kupe $e_c/d_c > 0,25$.

U tabeli 1 je dato razvrstavanje silosa po pouzdanosti, koje je napravljeno u odnosu na neizvesnost u određivanju dejstava (opterećenja) sa odgovarajućom preciznošću. Posledice konstrukcijskih grešaka i opasnosti za život i vlasništvo su uvedeni u Evrokodove sa klasifikacijom pouzdanosti. Za silose u klasi 1, koriste se uprošćene procedure ovoga standarda za tu klasu. Pravila za male silose su jednostavna – uprošćena i konzervativna zbog toga što imaju uvedene grube aproksimacije i zbog previsoke cene potrebne za ispitivanje materijala. U slučajevima silosnih baterija, gde je više silosnih ćelija konstrukcijski međusobno spojeno, klasa silosa se uzima prema pojedinačnoj ćeliji, a ne prema ukupnoj bateriji silosa.

Vrednosti karakteristika najčešće skladištenih materijala u silosima su date tabelarno u aneksu E u EN 1991-4 [1], tj. EC 1-4. U tabelama 2 i 3, prikazanim u ovom radu, dati su podaci samo za nekoliko ovih materijala. Sa donjom vrednošću zapremine težine γ_1 , sračunava se projektovani kapacitet silosa, a svi proračuni opterećenja se rade na osnovu gornje vrednosti zapremine težine γ_u . Vrednosti za μ_m , K_m i ϕ_{im} su preporučene srednje vrednosti. Ako materijal nije u okviru spiska u EC 1-4, potrebno je sprovesti neophodna ispitivanja karakteristika materijala kako bi se utvrdili potrebni podaci za projektovanje. Novina u EC 1-4 je uvođenje proizvoljnog materijala koji velikim opsegom karakteristika pokriva neodređenosti pri projektovanju silosa za skladištenje nedovoljno poznatog ili potpuno nepoznatog materijala (ovo se može primeniti kod serijske proizvodnje manjih silosa, ali je potpuno neracionalno za projektovanje velikih silosa).

Za određivanje opterećenja od uskladištenog materijala u silosnim ćelijama, koriste se gornje i donje karakteristične vrednosti za K , μ i ϕ , koje se dobijaju tako što se srednje vrednosti K_m , μ_m i ϕ_m (tabele 3 i 4) množe, odnosno dele sa odgovarajućim konverzionim faktorom a (tabele 3 i 4), prema sledećem:

- gornje karakteristične vrednosti: $K = a_k K_m$; $\mu = a_\mu \mu_m$;
 $\phi_i = a_\phi \phi_m$
- donje karakteristične vrednosti: $K = K_m / a_k$; $\mu = \mu_m / a_\mu$; $\phi_i = \phi_m / a_\phi$

Tabela 2. Karakteristike nekih zrnastih materijala prema EC 1-4

Tip zrnastog materijala	Zapreminska težina γ		Ugao prirodnog nagiba	Ugao unutrašnjeg trenja ϕ_i		Odnos bočnog pritiska K	
	γ_l	γ_u	ϕ_r	ϕ_{im}	a_ϕ	K_m	a_k
	donja	gornja		srednja	faktor	srednja	faktor
	kN/m ³	kN/m ³	stepeni	stepeni			
Proizvoljni materijal	6.0	22.0	40	35	1.30	0.50	1.50
Cement	13.0	16.0	36	30	1.22	0.54	1.20
Cementi klinker	15.0	18.0	47	40	1.20	0.38	1.31
Brašno	6.5	7.0	45	42	1.06	0.36	1.11
Kukuruz	7.0	8.0	35	31	1.14	0.53	1.14
Pšenica	7.5	9.0	34	30	1.12	0.54	1.11

Tabela 3. Karakteristike nekih zrnastih materijala prema EC 1-4 (nastavak)

Tip zrnastog materijala	Koeficijent trenja materijala o zid silosa $\mu = \tan \phi_w$				Faktor ref. materijala za lokalno (<i>patch</i>) opterećenje C_{op}
	Tip zida D1	Tip zida D2	Tip zida D3	a_μ	
	srednja	srednja	srednja	faktor	
Proizvoljni materijal	0.32	0.39	0.50	1.40	1.0
Cement	0.41	0.46	0.51	1.07	0.5
Cementi klinker	0.46	0.56	0.62	1.07	0.7
Brašno	0.24	0.33	0.48	1.16	0.6
Kukuruz	0.22	0.36	0.53	1.24	0.9
Pšenica	0.24	0.38	0.57	1.16	0.5

U tabeli 3, uvedena je klasifikacija tipova zidova, prema materijalu od kojeg je zid napravljen i hrapavosti površine u kontaktu sa uskladištenim materijalom:

- D1 – zidovi sa malim trenjem (klizavi zidovi; npr. zidovi od hladno-valjanog ili poliranog nerđajućeg čelika),
- D2 – zidovi sa umerenim trenjem (glatki zidovi; npr. od običnog konstrukcijskog čelika),
- D3 – zidovi sa velikim trenjem (hrapavi zidovi; npr. betonski zidovi), i
- D4 – neregularni slučaj trenja o zidova (npr. zidovi od valovitog lima i slično).

Koeficijenta trenja za nekoliko sipkih materijala i prva tri tipa zidova su dati u tabeli 3. Trenje kod zidovi tipa D4 se posebno obrađuje u jednom prilogu u EC 1-4.

Opterećenja silosa od uskladištenog materijala se razmatra na sasvim punom silosu. Opterećenja od punjenja i pražnjenja materijala se uzimaju za analizu pri

graničnim stanjima nosivosti i upotrebljivosti. Proračun uticaja pri punjenju i pražnjenju materijala u silosnu ćeliju predstavlja glavne slučajeve - kombinacije opterećenja koji vode različitim graničnim stanjima elemenata konstrukcije, pri čemu se analiziraju:

- maksimalni normalni pritisak na vertikalne zidove;
- maksimalni vertikalni napon smicanja usled trenja o zidove ćelija;
- maksimalni vertikalni pritisak na dno silosa; i
- maksimalno opterećenje na levak silosa.

Gornju karakterističnu vrednost zapreminske težine zrnastog materijala treba koristiti u svim ovim slučajevima određivanja opterećenja. Određivanje svakog slučaja opterećenja se pravi korišćenjem pojedinačnog seta odgovarajućih vrednosti svojstava materijala μ , K i ϕ , tako da svako granično stanje odgovara pojedinom definisanom uslovu uskladištenog materijala.

Tabela 4. Vrednosti svojstava koje se koriste za različite procene opterećenja zidova

Svrha procene	Karakteristična vrednost koja se primenjuje		
	Koeficijent trenja o zid μ	Odnos bočnog pritiska K	Ugao unutrašnjeg trenja ϕ
Za vertikalni zid:			
max. normalni pritisak na vert. zid	donja	gornja	donja
max. opt. od trenja o zid ćelije	gornja	gornja	donja
max. vert. opt. na levak ili dno silosa	donja	donja	gornja
Za zid levka:		Odnos pritisa na levku F	
max. pritisak na levak pri punjenju	gornja (za levak)	donja	donja
max. pritisak na levak pri pražnjenju	donja (za levak)	gornja	gornja

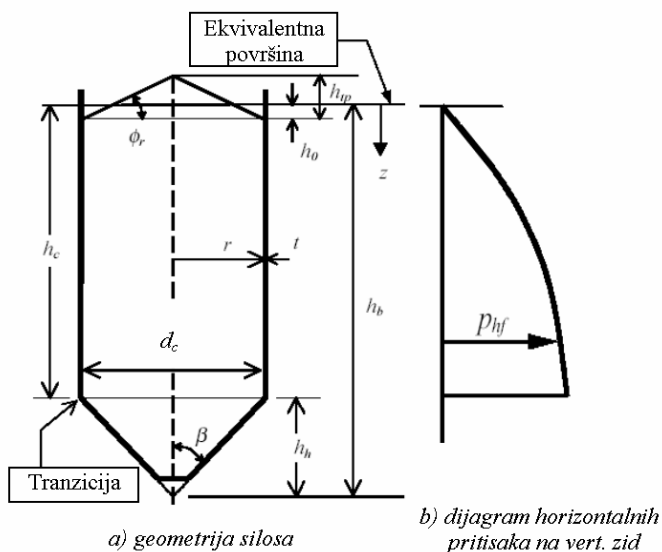
Praktično, zahteva se analiza kombinacija karakteristika materijala za svaki navedeni proračunski slučaj. Na ovaj način jedno opterećenje se pojavljuje u svojim brojnim varijetetima, što će kod proračuna silosa klase 2 i 3, značajno umnožiti broj kombinacija opterećenja u ukupnoj analizi konstrukcije. Kod silosa proračunske klase 1, koji se odnose na silose kod kojih se uprošćava stepen potrebnih analiza, potrebno je uzeti samo jednu kombinaciju karakterističnih vrednosti uskladištenog materijala, i to sa srednjim vrednostima koeficijenata trenja, odnosa bočnog napona i ugla unutrašnjeg trenja (μ_m , K_m i ϕ_m , respektivno). Ovo predstavlja značajno pojednostavljenje kod analize silosa malog kapaciteta.

OPTEREĆENJA NA VERTIKALNIM ZIDOVIMA SILOSA

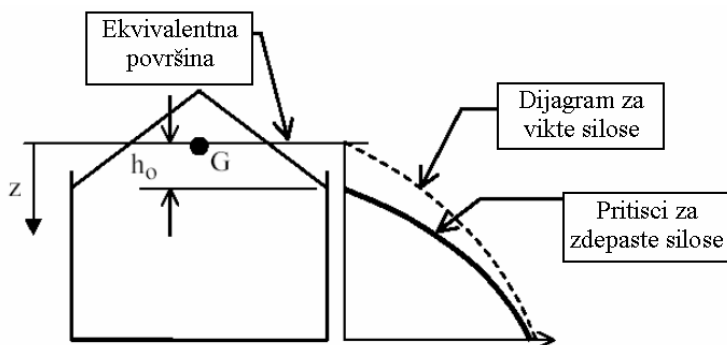
Opterećenja na vertikalnim zidovima silosa od zrnastog materijalom sa malim ekscentricitetom pri punjenja i pražnjenju se predstavlja kao simetrično opterećenje i kao nesimetrično lokalno opterećenje (*patch load*). Simetrična opterećenja su u vidu horizontalnih pritisaka p_h na unutrašnjoj strani vertikalnih zidova silosa, normalnih pritisaka p_n na kose zidove levka, tangencijalni naponi smicanja usled trenja p_w i p_t , i vertikalni pritisak p_v u uskladištenom materijalu.

Veličine horizontalnih pritisaka na zidove pri punjenju p_{hf} , opterećenja od trenja na zidovima p_{wf} i vertikalnih pritisaka p_{vf} na posmatranoj dubini uskladištene mase nakon punjenja ili pri stanju mirovanja se određuje na osnovu izraza datih u tabeli 5, prema

teoriji Reimbert-ovih i Janssen-ovoj teoriji u formi koji odgovara EC 1-4. Na slici 4 je data šema proračuna opterećenja pri pražnjenju za različite klase i vitkosti silosa. Zdepasti i umereno vitki silosi se sračunavaju prema teoriji Reimbert-ovih, a vrlo vitki silosi prema teoriji Janssen-a. U ovim izrazima sa A i U su označene površina i unutrašnji obim poprečnog preseka silosne ćelije, respektivno. Geometrijske veličine se mogu sagledati na slikama 1, 2 i 3. Dubina z odgovara dubini ispod ekvivalentne površine zrnastog materijala (nivo ove površine odgovara nivou izravnate kupe nasutog materijala u ćeliji). Faktori povećanja simetričnih opterećenja pri pražnjenju, C_h i C_w , prikazani su u okviru slike 4, a njihove vrednosti zavise od klase i vitkosti silosa. Kod silosa klase 1, povećane vrednosti ovih koeficijenata treba da obuhvate i uticaje od nesimetričnih opterećenja pri pražnjenju silosa, kako se kod ove klase taj proračun isključuje iz analize. Kod srednje vitkih i vitkih silosa kod faktora povećanja C_h i C_w , uvodi se uticaj ekscentričnosti uskladištene mase, koja se uzima kao veća vrednost između ekscentriciteta pri punjenju e_f i ekscentriciteta pri pražnjenju e_o (e_f i e_o su prikazani na slici 1).



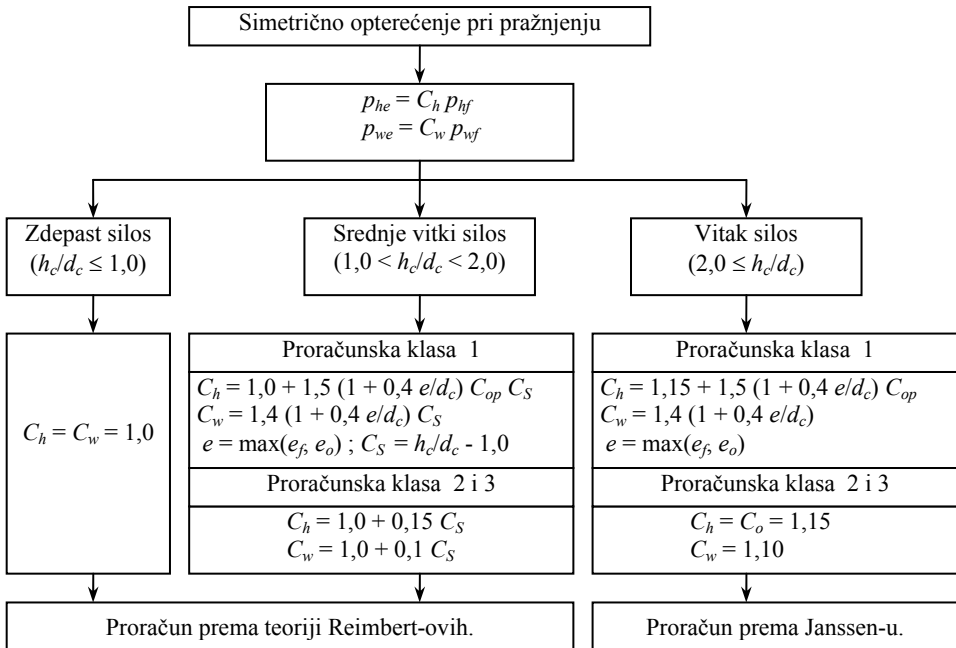
Slika 2. Simetrični horiz. pritisci pri punjenju na vertikalne zidove vitkih silosa



Slika 3. Horizontalni pritisci kod zdepastih i srednje vitkih silosa.

Tabela 5. Izrazi za određivanje simetričnog opterećenja na zidove ćelije pri punjenju.

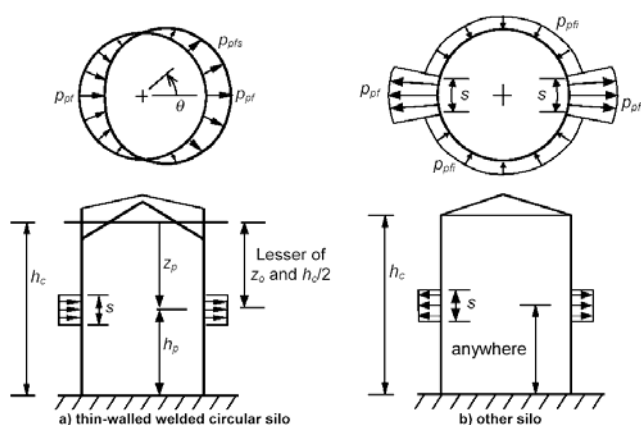
Izrazi za opterećenje prema Reimbert-ovima:	Izrazi prema Janssen-u:
$p_{hf}(z) = p_{ho} Y_R(z)$	$p_{hf}(z) = p_{ho} Y_J(z)$
$p_{wf}(z) = \mu p_{hf}(z) = \mu p_{ho} Y_R(z)$	$p_{wf}(z) = \mu p_{hf}(z)$
$p_{vf}(z) = \gamma z_V$	$p_{vf}(z) = \frac{p_{hf}(z)}{K} = \frac{p_{ho}}{K} Y_J(z)$
$p_{ho} = \gamma K z_o = \gamma \frac{1}{\mu} \frac{A}{U}$	$p_{ho} = \gamma K z_o$
$z_o = \frac{1}{K \mu} \frac{A}{U}$	$z_o = \frac{1}{K \mu} \frac{A}{U}$
$Y_R(z) = \left(1 - \left\{ \left(\frac{z - h_o}{z_o - h_o} \right) + 1 \right\}^n \right)$	$Y_J(z) = 1 - e^{-z/z_o}$
$z_V = h_o - \frac{1}{(n+1)} \left(z_o - h_o - \frac{(z + z_o - 2 h_o)^{n+1}}{(z - h_o)^n} \right)$	
$n = -(1 + \tan \phi_r) (1 - h_o / z_o)$	
$h_o = r \tan \phi_r / 3$ za kružnu ćelije poluprečnika r	
$h_o = d_c \tan \phi_r / 4$ za pravougaonu ćeliju	



Slika 4. Šema proračuna simetričnog opterećenja na vertikalni zid silosa pri pražnjenju.

Nesimetrična opterećenja na vertikalne zidove silosa sa malim ekscentricitetom pri punjenju i pražnjenju materijala se predstavljaju sa lokalnim opterećenjem (*patch load*), slika 5. Ova opterećenja se predstavljaju u obliku lokalnog horizontalnog opterećenja p_h na unutrašnjoj površini zidova silosa. Antimetrično opterećenje, prikazano na slici 5(a), se primenjuje kod tankozidnih čeliја (čelični silosi), a opterećenje na slici 5(b) kod drugih tipova silosa (betonski silosi). Opterećenje na slici 5(b) je slobodno opterećenje koje može biti na bilo kojoj poziciji po visini i obimu vertikalnog zida silosa. Ova opterećenja su istog oblika i za stanje punjenja i za stanje pražnjenja silosa. Lokalno opterećenje deluje na dužini s koja iznosi $0.2 d_c$. Na slici 5 su prikazana lokalna opterećenja pri punjenju silosa (sadrže indeks f), a ista slika odgovara i za lokalna opterećenja pri pražnjenju (samo se indeks f zamenjuje sa indeksom e).

Za silose računске klase 1, nesimetrična opterećenja se mogu predstavljaju sa uvećanim simetričnim opterećenjem sa faktorom povećanja C . Kod silosa računске klase 2, nesimetrična opterećenja se mogu alternativno predstaviti sa uvećanim simetričnim opterećenjem sa povećanjem koje zavisi od veličine lokalnog nesimetričnog opterećenja.



Slika 5. Lokalno opterećenje vertikalnog zida silosa (*patch load*).

Nesimetrična opterećenja na vertikalne zidove silosa sa većim ekscentricitetom pri punjenju i pražnjenju silosa se predstavljaju sa posebno definisanim nesimetričnom rasporedom horizontalnih pritisaka p_h i opterećenja od trenja p_w koji deluju po celoj visini čelije silosa (detalji proračuna dati u [1]).

LITERATURA

1. prEN 1991-4: Eurocode 1 –Action on structures, Part 4: Silos and tanks, Final PT draft (Stage 34), 5 March 2003, CEN TC250/SC1, 110. pp.
2. ENV 1991-4: EUROCODE 1: Basis of Design and Actions on Structures, Part 4: Actions on Silos and Tanks, CEN/TC250/SC1, April 1993, 40 pp.
3. EVROKOD 1: Osnove proračuna i dejstva na konstrukcije, Deo 4: Dejstva u silosima i rezervoarima Prevod na srpski: GF Univerziteta u Beogradu, 1977., str. 66.

Miloš Knežević¹, Marina Rakočević², Radivoje Mrdak³, Ljiljana Žugić-Zornija⁴,
Mladen Gogić⁵, Dragica Perović⁶

EKSPERTIZA OŠTEĆENJA I UPOTREBLJIVOSTI OBJEKATA I PROCJENA VRIJEDNOSTI OBJEKATA USLJED EKSPLOZIJE SKLADIŠTA EKSPLOZIVA U NIKŠIĆU

Rezime: U selu Vir, opština Nikšić desila se razorna eksplozija skladišta eksploziva. Urađena je metodologija klasifikacije oštećenja i upotrebljivosti objekata. Klasifikovano je 89 objekata, koji su svrstani u dvije grupe: prva grupa objekti sa djelimičnim oštećenjima i druga grupa objekti sa teškim oštećenjima. Za objekte sa teškim oštećenjima urađena je procjena vrijednosti svakog objekta u odnosu na stanje prije eksplozije. Ukupno je procijenjeno 16 objekata.

Ključne reči: eksplozija, klasifikacija oštećenja, procjena vrijednosti.

DAMAGES AND STRUCTURES EXPERTISE AND VALUE ESTIMATION OF THE STRUCTURES DURING EXPLOSION OF THE EXPLOSIVE STOREHOUSE

Summary: In the village Vir, community Nikšić destructive explosion of the explosive storehouse happened. Methodology of the damage classification is done as well as the structures usage. 89 structures have been classified, and they belong to two groups: there are structures with the partial damages in the first group and there are structures with hard damages in the second group. Value estimation is performed for the structures with the hard damages for each structure in relation to the period before explosion. Total 16 structures are estimated.

Key words: explosion, damage classification, value estimation.

¹ Doc. dr, dipl. inž. građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

² Doc. dr, dipl. inž. građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

³ Mr, dipl. inž. građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

⁴ Mr, dipl. inž. građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

⁵ Dipl. inž. građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

⁶ Dipl. inž. elek, JU Institut za razvoj i istraživanja u oblasti zaštite na radu,
Cetinjski put b.b, Podgorica

1. UVOD

U noći 08.07.2006. godine u selu Vir, opština Nikšić desila se razorna eksplozija skladišta eksploziva. Na zahtjev opštine Nikšić, Ekspertski tim Građevinskog fakulteta u Podgorici uradio je klasifikaciju oštećenja i upotrebljivosti objekata oštećenih eksplozijom i nakon toga za objekte za koje je utvrđeno da je njihova sanacija tehnički i ekonomski neisplativa urađena je procjena vrijednosti objekta za stanje prije nastupanja eksplozije. Oštećenja je pretrpjelo ukupno oko 2000 objekata u prečniku od oko 5 km od mjesta eksplozije. Ovom Ekspertizom obuhvaćeno je 89 objekata, za koje se procijenilo da su teže oštećeni.

2. METODOLOGIJA KLASIFIKACIJE OŠTEĆENJA I UPOTREBLJIVOSTI OBJEKATA

Ekspertski tim je usvojio metodologiju klasifikacije oštećenja i upotrebljivosti objekata koja je prilagođena uslovima u kojima je radio. Usvojena klasifikacija se može primijeniti samo kada se zahtijeva da se na osnovu vizuelnog pregleda u veoma kratkom roku, da ocjena stanja na veoma velikom broju objekata.

Treba istaći da Ekspertski tim nije imao zadatak da utvrdi uzročnike i vrijeme nastanka oštećenja na objektu. U tom smislu, nakon obilaska objekata usvojeno je da se objekti klasifikuju u dvije grupe: I grupa, koju čine objekti sa djelimičnim oštećenjima i II grupa, koju čine objekti sa teškim oštećenjima.

I Objekti sa djelimičnim oštećenjima

Ova grupa predstavlja objekte čije saniranje ima tehničko i ekonomsko opravdanje, čime se objekat dovodi u stanje stabilnosti koje je posjedovao prije oštećenja, a na njima je konstatovano:

- rastresanje, klizanje i padanje krovnog pokrivača,
- prsline na malteru zidova i plafona,
- otpali komadi maltera sa zidova i plafona,
- oštećeni i djelimično srušeni dimnjaci,
- manje pukotine i prsline na pregradnim zidovima,
- laka oštećenja konstruktivnih zidova, kao što su prsline i manje pukotine,
- laka oštećenja AB tavanice, kao što su prsline i manje pukotine,
- laka oštećenja krovne i međuspratne konstrukcije od drveta,
- djelimično oštećena spoljna i unutrašnja stolarija i bravarija,
- djelimično oštećene instalacije.

II Objekti sa teškim oštećenjima

Ova grupa predstavlja objekte čije saniranje nema tehničko i ekonomsko opravdanje, a na njima je konstatovano:

- rastresanje, klizanje i padanje krovnog pokrivača,
- veća oštećenja krovne konstrukcije,
- veća oštećenja tavanice,
- teže oštećeni dimnjaci,

- teža oštećenja konstruktivnih zidova, kao što su djelimična rušenja i veće pukotine,
- teža oštećenja pregradnih zidova, kao što su djelimična rušenja i veće pukotine,
- teža oštećenja spoljne i unutrašnje stolarije i bravarije,
- oštećene instalacije.

Za objekte koji su svrstani u II kategoriju, objekti sa teškim oštećenjima, urađena je procjena vrijednosti objekta za svaki objekat pojedinačno.

3. OPIS OBJEKATA I KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA I UPOTREBLJIVOSTI OBJEKTA

Da bi postupak klasifikacije oštećenja i upotrebljivosti objekta bio jednostavan, efikasan i primjenljiv za objekte ugroženog područja, nakon obilaska terena i analize, osmišljeni su formulari koji su popunjavani na licu mjesta. U tu svrhu definisana su dva formulara.

Opis oštećenog objekta dat je u obliku formulara - Obrazac N°1 (*Slika 9.*) koji sadrži podatke o objektu koji su neohodni za definisanje krovne konstrukcije i ostalih elemenata konstrukcije, kao i ostale podatke o objektu kao što su vrsta krovnog pokrivača, vrsta unutrašnje i spoljašnje stolarije, i sl.

Klasifikacija oštećenja i upotrebljivosti objekata data je u obliku drugog formulara – Obrazac N°2 (*Slika 10.*). Ovaj obrazac sadrži podatke o spratnosti, bruto površini i stepenu oštećenja posmatranog objekta. Stepenu oštećenja je određen prema procentima oštećenosti pojedinih djelova objekta, krovne konstrukcije, tavanice, spoljašnjih i unutrašnjih zidova, dimnjaka, krovnog pokrivača, stolarije i elektro instalacija. Usvojen je sljedeći kriterijum:

- Lako oštećenje do 10% oštećenosti;
- Srednje oštećenje od 10% do 50% oštećenosti;
- Teško oštećenje preko 50% oštećenosti.

Predmetni opis i klasifikacija potkrijepljeni su detaljnom foto-dokumentacijom za svaki pojedinačni objekat. Na slikama od 1 do 4 prikazana su karakteristična oštećenja objekata svrstanih u prvu kategoriju.



Slika 1.



Slika 2.



Slika 3.



Slika 4.

Na slikama od 5 do 8 prikazana su karakteristična oštećenja objekata svrstanih u drugu kategoriju.



Slika 5.



Slika 6.



Slika 7.



Slika 8.

Obrazac N^o 1

OPIS OŠTEĆENOG OBJEKTA	
Vlasnik objekta _____	Datum _____
Konstrukcija objekta: zidana <input type="checkbox"/> betonska <input type="checkbox"/> arm. betonska <input type="checkbox"/> betična <input type="checkbox"/> montažna <input type="checkbox"/> drvena <input type="checkbox"/>	
Spoljajni zidovi: lomljeni kamen <input type="checkbox"/> obrađen kamen <input type="checkbox"/> puna opeka <input type="checkbox"/> blok opeka <input type="checkbox"/> bet. blokovi <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Unutrašnji nosači zidovi: lomljeni kamen <input type="checkbox"/> obrađen kamen <input type="checkbox"/> puna opeka <input type="checkbox"/> blok opeka <input type="checkbox"/> bet. blokovi <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Pregradni zidovi: opeka <input type="checkbox"/> bet. blokovi <input type="checkbox"/> laki beton <input type="checkbox"/> gips ploče <input type="checkbox"/> cakla <input type="checkbox"/> drvo <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Sekaji: amirano-betonski: horizontalni <input type="checkbox"/> da <input type="checkbox"/> ne <input type="checkbox"/> vertikalni <input type="checkbox"/> da <input type="checkbox"/> ne <input type="checkbox"/>	
Konstrukcija tavanica: drvena <input type="checkbox"/> Atramentno <input type="checkbox"/> tavanica T10 <input type="checkbox"/> AB ploča <input type="checkbox"/> kaselirana <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Krov: u nagibu <input type="checkbox"/> ravan <input type="checkbox"/> prohodan <input type="checkbox"/> neprohodan <input type="checkbox"/>	
Krova konstrukcija: drvena <input type="checkbox"/> amirano-betonska <input type="checkbox"/> betična <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Pokrivac: crijeva <input type="checkbox"/> satoni <input type="checkbox"/> lim <input type="checkbox"/> staklo <input type="checkbox"/> bitumenska hidroizolacija <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Stolarija-spoljajna: drvena <input type="checkbox"/> ekokasirana <input type="checkbox"/> plastificirana <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Stolarija-unutrašnja: drvena <input type="checkbox"/> ekokasirana <input type="checkbox"/> plastificirana <input type="checkbox"/> drugi <input type="checkbox"/>	
Elektro instalacije: monofazni priključak <input type="checkbox"/> trofazni priključak <input type="checkbox"/>	
Posebne napomene _____	

Obrazac N^o 2

KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA I UPOTREBLJIVOSTI OBJEKATA	
Namjena objekta _____	Vlasnik _____
Godina izgradnje _____	
OPŠTI PODACI O OBJEKTU	
Sp rashod _____	Bruto površina m ² _____
KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA	
krovnog pokrivača	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
krova konstrukcije	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
tavanica	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
konstruktivnih zidova	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
pregradnih zidova	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
spoljajne stolarije i bravarije	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
unutrašnje stolarije i bravarije	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
dimnjaka	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
elektro instalacija	lako <input type="checkbox"/> srednje <input type="checkbox"/> teško <input type="checkbox"/>
ZAKLJUČAK	
I OBJEKT SA DUELIMČINIM OŠTEĆENJIMA	<input type="checkbox"/>
II OBJEKT SA TEŠKIM OŠTEĆENJIMA	<input type="checkbox"/>
Posebne napomene _____	

Slika 9. Formular N^o1-Opis oštećenog objektaSlika 10. Formular N^o2- Klasifikacija oštećenja i upotrebljivosti objekata

4. PROCJENA VRIJEDNOSTI OBJEKATA

Kao što je naprijed rečeno za objekte sa teškim oštećenjima, urađena je procjena vrijednosti objekta za svaki objekat pojedinačno. Primjenjena metodologija procjene zasnovana je na troškovnom pristupu i najobjektivnije izražava vrijednost izgradnje objekata uvažavajući i činjenicu da postoji znatan nivo pratećih troškova.

Cijeneći da se radi o objektu koji je oštećen u eksploziji, uzeto je u obzir da se vrši procjena u odnosu na stanje objekta prije eksplozije.

Obračun nove građevinske vrijednosti objekata, koji su bili predmet procjene izvršen je na osnovu:

- prethodno urađenog izvještaja o klasifikaciji oštećenja i upotrebljivosti objekata,
- snimljenih građevinskih elemenata objekta, uvida u opšte stanje konstruktivnog sistema, instalacija i završne obrade i
- tržišne procjene troškova tj. troškova iskazanih po jedinici mjere odgovarajuće pozicije na osnovu prethodno urađenih analiza cijena (u skladu sa lokalnim uslovima tržišta).

Tehnike procjene

Osnovna tehnika koja je primjenjena pri procjeni vrijednosti objekta zasnovana je na troškovnom pristupu.

Građevinska vrijednost nekog objekta (SG) jednaka je razlici nove građevinske vrijednosti tog objekta (NG) i umanjivanja zbog starosti i trošnosti objekta (UA) i umanjivanja po osnovu održavanja objekta (UO).

$$S_G = N_G - U_A - U_o$$

Pod novom građevinskom vrijednošću (NG) podrazumijevaju se svi troškovi koji se odnose na predmetni objekat, i to od prve ideje o potrebi investiranja do početka korišćenja objekta.

S obzirom da se predmetni objekat nalazi u neurbanizovanom području, te da zemljište nije predmet procjene, struktura ovih troškova (NG) dobija se kao zbir troškova:

- priključenja na sekundarnu infrastrukturu vode i električne energije, potrebne za normalno funkcionisanje objekta,
- izrade investiciono-tehničke i druge dokumentacije,
- građenja, koji obuhvataju troškove izvođenja pripremnih, građevinskih i građevinsko - zanatskih radova, ugradnju instalacija i postrojenja,
- ostalih poslova (upravljanja projektom) kao što su: nadzor nad izvođenjem radova, troškovi tehničkog pregleda objekta, troškovi komisije za obračun izvedenih radova, i svi ostali troškovi neophodni za potpuni završetak građevinskog objekta i stavljanje istog na korišćenje.

Kako se predmetni objekti nalaze u zoni koja nije urbana, nema oštećenja na primarnoj infrastrukturnoj mreži, ne treba plaćati nanovo doprinose užoj i široj zajednici i dr, cijena je sračunata u skladu sa tim uslovima.

Nije razmatrana vrijednost mobilijara jer nije bio predmet ove procjene.

Opredjeljenje da se procjena radi troškovnim pristupom su sljedeća:

- objekat je teško oštećen u razornoj eksploziji,
- nije oštećena primarna infrastrukturna mreža,
- objekat će biti nanovo sazidan,
- objekat se ne stavlja u promet nepokretnosti, pa nema smisla cijeniti njegovu tržišnu vrijednost.

Analiza jediničnih cijena

Utvrđivanju cijena Ekspertski tim je poklonio posebnu pažnju. Pri tome posebno su analizirane cijene materijala, radne snage i prateći troškovi (transport, mašine i sl.). Cijene za materijale i opremu formirane su u osnovi fco proizvođača, gdje su uključeni svi troškovi, proizvodne cijene, porezi, marže i drugo. Troškovi transporta od proizvođača do gradilišta, posebno su procijenjeni i uključeni su u nabavnu cijenu materijala. Cijene radne snage računane su na osnovu kretanja cijena na tržištu, tj. cijena po kojima se može angažovati radna snaga za izvršenje ovakvih vrsta radova.

Faktori umanjivanja vrijednosti

Umanjenje građevinske vrijednosti zavisno je od:

- vijeka trajanja objekta, i
- stanja u kome se objekat nalazio u trenutku procjene i mogućnosti za njegovo dalje korišćenje.

Umanjenje vrijednosti objekta obuhvaćeno je koeficijentima umanjivanja.

Uticaj starosti i trošnosti objekta obuhvaćen je odgovarajućim umanjenjem vrijednosti (UA), koje je sračunato prema modifikovanoj Ungerovoj formuli:

$$UA = 0.35 \times \left(\frac{n}{N} + \left(\frac{n}{N} \right)^2 \right),$$

pri čemu je :

n- starost objekta,

N- prosječni vijek trajanja zavisno od kategorije objekta.

Uticaj održavanja objekta obuhvaćen je odgovarajućim koeficijentima umanjenja vrijednosti (O).

Procijenjeni objekti

Ukupno je procijenjeno 16 objekata i konstatovano da njihova vrijednost nije velika. Ulazni podaci za ovu procjenu dati su u Obrascu 3 (*Slika 11.*) koji je popunjavan na licu mjesta i koji sadrži sve geometrijske podatke o posmatranom objektu.

PODACI O OBJEKTU**Obrazac No 3**

Vlasnik _____

Datum: ____07.2006.god.

Sprat ☐Spratna visina ☐ m**Podovi:**

prostorija <input type="checkbox"/>	pod od <input type="text"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	površina <input type="text"/>	m ²
prostorija <input type="checkbox"/>	pod od <input type="text"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	površina <input type="text"/>	m ²
prostorija <input type="checkbox"/>	pod od <input type="text"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	površina <input type="text"/>	m ²
prostorija <input type="checkbox"/>	pod od <input type="text"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	površina <input type="text"/>	m ²
prostorija <input type="checkbox"/>	pod od <input type="text"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	površina <input type="text"/>	m ²

Spoljni zidovi:

-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	obrada <input type="text"/>	debljina <input type="text"/>	cm
-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	obrada <input type="text"/>	debljina <input type="text"/>	cm
-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	obrada <input type="text"/>	debljina <input type="text"/>	cm
-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	obrada <input type="text"/>	debljina <input type="text"/>	cm

Pregradni zidovi:

-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	debljina <input type="text"/>	cm	-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	debljina <input type="text"/>	cm
-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	debljina <input type="text"/>	cm	-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	debljina <input type="text"/>	cm
-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	debljina <input type="text"/>	cm	-zid <input type="checkbox"/>	dimenzija <input type="text"/>	m	m	debljina <input type="text"/>	cm

Otvori u zidovima:

-zid <input type="checkbox"/>	-vrata <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m	-zid <input type="checkbox"/>	-vrata <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m
	-prozor <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m		-prozor <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m
-zid <input type="checkbox"/>	-vrata <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m	-zid <input type="checkbox"/>	-vrata <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m
	-prozor <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m		-prozor <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m
-zid <input type="checkbox"/>	-vrata <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m	-zid <input type="checkbox"/>	-vrata <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m
	-prozor <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m		-prozor <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	m

Šema objekta:
Napomena:

- I šema objekta mora imati
- arapskim brojevima numerisane podove
 - rimskim brojevima numerisane zidove

Podatke obradili: _____

Slika 11. Formular N^o3- Podaci o objektu**5. ZAKLJUČAK**

U razornoj eksploziji u selu Vir u Nikšiću oštećeno je oko 2000 objekata, od kojih je ovom ekspertizom obuhvaćeno 89. Od ukupno 89 objekata koje je tim obišao, a kasnije analizirao podatke unešene u prikazane obrasce, uz detaljan pregled foto-dokumentacije, 73 objekta je svstano u I kategoriju, a 16 objekata u II kategoriju.

Za objekte II kategorije urađena je procjena vrijednosti objekata. Zaključeno je da njihova vrijednost nije velika, jer se radi o starijim kamenim objektima kao i slabom održavanju istih.

Miloš Knežević¹, Biljana Ivanović², Zlatko Zafirovski³, Mladen Gogić⁴

ORGANIZACIJA GRAĐENJA REKONSTRUKCIJE MAGISTRALNOG PUTA KOLAŠIN – MATEŠEVO

Rezime: U radu je dat prikaz elemenata organizacije i tehnologije građenja rekonstrukcije magistralnog puta Kolašin-Mateševo ukupne dužine 10,5 km sa prethodnim, pripremnim i glavnim radovima i to na trasi, tunelu Ključ, potpornim konstrukcijama i propustima. Tunel "Ključ" na pomenutoj trasi je ukupne dužine 290.33m. Planiranje građenja obuhvaćeno je sa ukupno 82 aktivnosti na izvođenju građevinskih i drugih radova. Planirana dinamika je 147 kalendarskih dana.

Ključne reči: organizacija građenja, rekonstrukcija trase puta, tunel, potporne konstrukcije, dinamički plan, aktivnosti.

BUILDING ORGANIZATION OF THE REPAIR FOR THE MAIN ROAD KOLAŠIN – MATEŠEVO

Summary: In the paper there is the view of the elements for the organization and building technology of the repair for the main road Kolašin-Mateševo, of the total length 10,5 km with preliminary, preparatory and main works on the section, in the tunnel Ključ, with the retaining structures and culverts. The tunnel "Ključ" on the mentioned section is of the total length 290.33m. Building plan includes the total 82 activities on the construction and other works. The planned dynamics include 147 calendar days.

Key words: building organization, the route repair, tunnel, retaining structures, dynamic plan, activities.

¹ Doc. dr, dipl.inž.građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

² Ass. mr, dipl.inž.građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

³ Ass, dipl.inž.građ, Građevinski fakultet Skoplje, Partizanski odredi br.24, Skoplje

⁴ Hon. sar, dipl.inž.građ, Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b, Podgorica

1. UVOD

Put Mateševo-Kolašin kategorisan je kao magistralni - M9, u mreži magistralnih i regionalnih puteva Crne Gore. Važeći Prostorni plan Republike predmetnu dionicu tretira kao priključak na budući autoput Podgorica-Mateševo-Andrijevice.

U cilju obezbjeđenja elemenata koji odgovaraju funkcionalnom nivou dionice, povećanja bezbjednosti i protočnosti saobraćaja, smanjenja troškova korisnika, zaštite životne sredine i produženja vijeka trajanja, neophodno je bilo uraditi rekonstrukciju trase puta. Rekonstrukcija počinje u Kolašinu u zoni raskrsnice za Ski-centar, a završava se ispred mosta u mjestu Mateševo, ukupne dužine 10,5 km.

Put Kolašin-Mateševo pruža se obalom rijeke Tare. U okviru ove dionice nalazi se tunel Ključ. Ovom rekonstrukcijom je obuhvaćena izgradnja novoprojektovane saobraćajnice, izgradnja tunela Ključ i građenje potpornih konstrukcija.

2. OPIS METODA I TEHNOLOGIJE GRAĐENJA

2.1. PRETHODNI I PRIPREMNI RADOVI

Prethodni radovi se izvode prije početka glavnih radova uz obavezu da se prethodno pribavi katastar podzemnih instalacija za radove koji predstavljaju izmještanje voda elektro instalacija, kao i saglasnost Zavoda za zaštitu spomenika kulture za izmještanje spomenika sa buduće trase. Cijene pripremnih radova obuhvaćene su cijenama glavnih radova.

2.2. GLAVNI RADOVI

Glavni radovi se izvode na trasi, tunelu Ključ, potpornim konstrukcijama i propustima.

2.2.1. Radovi na trasi

Dužina trase iznosi 9480.87m. Usled prilagođavanja terenskim uslovima i pojave ostećenja na kolovozu postojeća niveleta sadrži puno lomova nagiba. Pošto zadržavanje postojeće nivelete nije bilo prihvatljivo kao rješenje za magistralni put, nova niveleta trase projektovana je tako da ima što manje promjena nagiba. Max uzdužni nagib iznosi 3.74%, a min 0.50%. Prelomi nivelete zaobljeni su vertikalnim krivinama na mjestima gdje razlika nagiba koji formiraju prelom prelazi vrijednost od 0.5%.

Radovi na trasi otpočinju sa geodetskim obilježavanjima svih elementarnih tačaka. Nakon obilježavanja pristupa se izvođenju zemljanih radova u širokom otkopu sa tri fronta rada na cjelokupnoj trasi.

Izrada donjeg nosećeg sloja obuhvata nabavku, transport, razastiranje sa grubim planiranjem, fino planiranje i zbijanje drobljenog materijala. Prema projektnom rješenju, podrazumijeva se izrada sloja prosečne debljine $d=30$ cm, (u tunelu Ključ $d=42$ cm) od nekoherentnog materijala.

BNS sloj se ugrađuje jednim finišerom i odgovarajućom garniturom valjaka po tehnologiji usvojenoj na probnoj dionici. Može se polagati na podlogu koja je suva i nije smrznuta. Prije početka radova podloga mora da je dobro oprana, očišćena čeličnim četkama i izduvana kompresorom.

Asfaltni sloj se, takođe, ugrađuje jednim finišerom i odgovarajućom garniturom valjaka po tehnologiji usvojenoj na probnoj dionici. Temperatura asfaltne mešavine na mjestu ugrađivanja ne smije da bude niža od 130°C i viša od 175°C. Asfaltni sloj se valja dok se ne postigne zahtjevana zbijenost, koja se kontroliše na licu mesta izotopnom sondom.

Habajući sloj se može ugrađivati isključivo u periodu od 15. aprila do 15. oktobra, odnosno u periodu kada su temperature vazduha veće od 5°C, bez vjetra ili minimum 10°C sa vjetrom. Asfaltna mješavina ne smije se ugrađivati kada je izmaglica ili kiša. Temperatura podloge ne smije biti niža od +5°C.

Ugrađivanje ivičnjaka se vrši na sloju svježeg betona MB30 sa markom vodonepropusnosti V6, uz pomoć bočne oplata.

Primjenjeni su sledeći elementi puta:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> širina kolovoza | 2x3.00 m |
| <input type="checkbox"/> širina ivične trake | 2x0.25 m |
| <input type="checkbox"/> širina rigola | 0.50 m |
| <input type="checkbox"/> širina bankine | 1.00 m |
| <input type="checkbox"/> širina berme | 1.00m |
| <input type="checkbox"/> proširenja u krivinama | mimoilaženje dva teretna vozila sa prikolicama |

Projektom je predviđena fleksibilna kolovozna konstrukcija i to:

- ☐ habajući sloj od asfalt betona AB 11s d=4 cm,
- ☐ bituminizirani noseći sloj d=2x6 cm,
- ☐ tampon sloj od drobljenog kamenog materijala d=30 cm (zbog potrebnog nagiba posteljice od 4% debljina varira od 25-35cm).

2.2.2. Radovi na izgradnji tunela

Tunel "Ključ", dužine 290.33m, nalazi se na putu Kolašin-Mateševo, od st. 7+795.709 do st. 8+086.039. Čitavom dužinom tunel se nalazi u lijevoj krivini poluprečnika 250m, poprečnog nagiba kolovoza 2.5% i podužnog nagiba 1.2%. Širina kolovoza je 2x3.0m uz ivične trake 2x0.25m.

Osnovni način iskopa tunela je miniranjem kamene mase, a u slučaju prolaza kroz mekane ili vrlo mekane stijene iskop će se po pravilu vršiti bagerom uz minimalno miniranje eventualnih tvrdih dijelova. Osnovne bezbjednosne mjere tokom iskopavanja i stabilizacije tunelskih cijevi biće prskani beton projektovane debljine, armaturne mreže (Q189 i Q 377), potporni lukovi (TH profil) i sidra nosivosti do 250 kN.

Unutrašnja betonska obloga će se ugrađivati pošto se ispuni konvergentni kriterijum smirivanja deformacija primarne obloge. Ugradnji unutrašnje obloge projektovane debljine prethodi ugradnja hidroizolacionog sloja (geotekstil filc i folije d=1.5 mm). Voda iz kamene mase odvodi se u centralnu horizontalnu kanalizaciju tunela

putem uzduže drenaže koja će biti poprečno povezana sa glavnom kanalizacijom. Odvodnjavanje kolovoza izvodi se kinetama na ivičnjaku tunela.

Tehnologija iskopa tunelskih cijevi prilagođena je geološkoj situaciji na trasi tunela. Potporni zahvati koji se budu primjenjivali za stabilizaciju tunelskih cijevi biće prilagođeni klasifikaciji kamene mase izrađenoj prema ONORM B 2203.

U geotehničkoj sredini "A" iskop se može vršiti mašinski ili konturnim miniranjem uz napredovanje od 2.0 do 3.0m. Stijenska masa u ovoj geotehničkoj sredini nakon iskopa je generalno stabilna, ali je zbog zaštite stijene od promjene vlage (bubrenje) i mogućeg ispadanja labilnih blokova neophodno formirati primarnu oblogu u što kraćem roku da se ne bi stvorila kinematska mogućnost ispadanja većih blokova.

U geotehničkoj sredini "B" iskop se može vršiti mašinski ili konturnim miniranjem uz napredovanje od 1.0 do 1.5m. Maksimalna dužina nepodgrađenog iskopa je 2.0m. Za obezbjeđenje privremene stabilnosti iskopa koristiti remenate od "zvonastih" profila TH21 postavljenih na rastojanju 1.2 – 1.5m. Iskop ne treba da stoji nepodgrađen duže od 8 sati, a maksimalno rastojanje na kom treba kompletirati primarnu podgradu je 6m, u vremenu ne dužem od 3 dana. Iskop stepenice može otpočeti tek nakon postizanja potpune nosivosti primarne podgrade u kaloti, dakle ne prije od 20 dana od nanošenja torkreta i/ili injekcione mase ankera.

Iskop kalote će se po pravilu vršiti bagerom, a miniranje je ograničeno na segmente sa tvrdim stijenama. Zaštita iskopanog čela kalote i bočnih strana tunela izvodiće se istovremeno sa iskopom u slučaju iskopavanja bagerom odnosno neposredno posle miniranja. Po iskopu kalote ostaje manje ili više ucvršćeno zaštitno jezgro (mreže za armiranje, prskani beton i po potrebi, sidra).

Prije postavljanja čeličnih lukova na čela iskopa, prema potrebi se, nanosi zaštitni sloj prskanog betona, a zatim se postavlja gornji kalotni dio čeličnog luka. Čelični lukovi se postavljaju pomoću vozila sa teleskopskom platformom ili nekim sličnim vozilom i fiksiraju se u pravilnom, projektovanom položaju. Prostor koji ostane između spoljašnje prirubnice čeličnih lukova i površine kamene mase ispunjava se prskanim betonom.

Za prskani beton koristiće se mokra mješavina betona pripremljena u fabrici betona koja se prevozi na gradilište u automiješalicama kapaciteta 4 - 6 m³. Armaturna mreža se postavlja pomoću vozila sa teleskopskom platformom i fiksira na sidra odnosno na poprečne armaturne palice.

Predviđeno je sidrenje pomoću sidara raznih tipova i dužina zavisno od kamene mase i njenih karakteristika. Predviđena su SN sidra dužine 3 - 5 m. Injektiranje sidara izvodi se cementnim malterom.

Polaganje hidroizolacije se obavlja pomoću vagona koji omogućava pristup do svake tačke periferije spoljne betonske obloge. Preko sloja geotekstil filca polaže se hidroizolaciona folija debljine 1.5 mm. Rok izgradnje uslovljava istovremenu izradu hidroizolacije i unutrašnje betonske obloge, uz istovremeni rad dvije ekipe sa određenim međusobnim razmakom. Tempo u ostalim fazama radova tunela zahtijeva da se u svakoj smjeni izvede kompletna hidroizolacija jedne kampade.

Hidraulična garnitura oplata koja će se upotrebljavati za betoniranje unutrašnjeg svoda imaće korisnu dužinu oko 12 m i sa njom će biti moguće ošalovati i ugraditi beton jedne kampade unutrašnjeg svoda za cca 24 sata uzimajući u obzir minimalno vrijeme potrebno za stvrdnjavanje betona prije skidanja oplata (8-12 sati).

Poslije betoniranja unutrašnjeg svoda dolazi kontaktno injektiranje u gornjoj zoni svoda čija je svrha popunjavanje praznog prostora između izolacije i svoda. Istovremeno se obavljaju i manje reparature na površini nove betonske obloge.

Portalni dio betonskog svoda se izvodi sa istom garniturom oplata uz dopunsko šalovanje zidova sa spoljašnje strane. Za to se upotrebljavaju unaprijed izrađeni elementi oplata za velike zidove. Pošto je portalni dio svoda armiran, posle fiksiranja garniture oplata najprije se položi armatura, a zatim se oplata zatvori sa spoljašnje strane i izbetonira.

Poslije faze betoniranja unutrašnje betonske obloge dolazi izgradnja glavne kanalizacije tunela, montaža prefabrikovanih ivičnjaka, obrada instalacionih kineta, izgradnja kolovoza, izrada trotoara i montaža saobraćajne opreme. Montažni armirano-betonski ivičnjaci polažu se sa cementnim malterom na već izrađen temelj na projektovanu visinu.

2.2.3. Potporne konstrukcije

Dispoziciono rješenje potpornih konstrukcija, odnosno upotreba osnovnih materijala za konstrukciju, usvojeno je u skladu sa lokalnim uslovima na terenu i projektom rekonstrukcije postojeće saobraćajnice na predmetnoj lokaciji.

Kao konstruktivno rješenje usvojeni su sledeći tipovi potpornih konstrukcija:

TIP 1 - Izrada armiranobetonskog zida u nožici nasipa.

TIP 2 - Izrada betonskog gravitacionog zida u nožici nasipa.

TIP 3 - Izrada betonskog gravitacionog zida u nožici nasipa.

TIP 4 - Izrada betonskog gravitacionog zida u kosini usjeka.

TIP 5 - Izrada betonskog gravitacionog zida u kosini usjeka.

TIP 6 - Ojačanje postojećih kamenih zidova veznom gredom na vrhu i AB oblogom na licu, koji su ojačani ankerima $\phi 19$ mm izbušenim u postojeći kameni zid ($L=70$ cm) na svakih 50 cm.

TIP 7 - Ojačanje postojećih kamenih zidova veznom gredom na vrhu i ankerima $\phi 19$ mm, koji se buše u postojeći kameni zid ($L=70$ cm) na svakih 50 cm.

2.2.4. Propusti

Na postojećem putu Kolašin-Mateševo primjenjene su tri vrste propusta: cjevasti propusti (uglavnom prečnika cijevi $\phi 800$ i $\phi 1000$); pločasti propusti raspona do 5.0m i propusti sa zasvedenom (lučnom) konstrukcijom i bočnim potpornim zidovima. Pored ove tri vrste propusta postoji jedan broj propusta nestandardnog oblika i dimenzija: zidani od kamena pravougaonog poprečnog presjeka male širine 50-70cm, formirani od starih konstrukcija propusta trougaonog poprečnog presjeka i sl.

Proširenje i rekonstrukcija puta uslovili su da se postojeći propusti produže i prilagode novoprojektovanom stanju.

U zavisnosti od položaja novorojektovanog puta cjevasti propusti su produženi sa: gornje strane puta (lijevo), pri čemu je bilo neophodno porušiti ulivni šaht, produžiti cijev i sagrađiti novi ulivni šaht; donje strane puta (desno), pri čemu je izlivna cijev produžena i sagrađeno novo izlivno ojačanje; sa gornje i donje strane puta kada se put širi na obje strane.

Postojeći pločasti propusti su nedovoljne širine (nakon proširenja puta) pa je izvršeno proširivanje saglasno potrebnoj širini kolovoza i bankina (pješačkih staza) na pojedinim propustima. Generalno propusti su prošireni 1.0m lijevo i desno od projektovane širine asfaltnog zastora, ali je na pojedinim mjestima zbog formiranja oslonca to proširenje nešto veće.

Zadržane su iste dimenzije konstruktivnih elemenata postojećih propusta i na proširenim djelovima propusta (debljina ploče oslonačkih zidova, širina temelja i sl.) radi lakšeg spoja starog i novog dijela propusta. Za postojeće dimenzije je sračunata potrebna armatura prema odgovarajućem opterećenju od sopstvene težine i standardnog vozila V600.

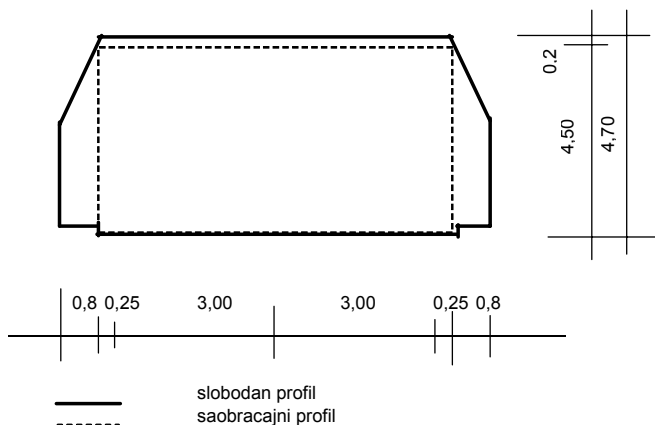
Svi novi konstruktivni elementi propusta (oslonci, rasponska konstrukcija, krila i temelji) izvede se od betona MB30, VDP8 i otpornosti na mraz na 100 ciklusa, maksimalnog zrna agregata 32mm. Sloj betona za izravnjanje – pad izvodi se od betona MB20 i maksimalnog zrna agregata 16mm.

2.2.5. Regulacija saobraćaja u toku građenja

Pri samom izvođenju radova na svim pozicijama, treba po mogućnosti svesti na minimum sve uticaje koji bi prouzrokovali ometanje saobraćaja, ljudi i okoline pri čemu, takođe, treba postaviti i svu potrebnu saobraćajnu i sigurnosnu signalizaciju po posebnom odobrenju nadležnog organa, što treba da pribavi izvođač radova.

Zastoji u saobraćaju nijesu dozvoljeni. Izuzetno po odobrenju nadzornog organa moguće je kratkotrajno obustaviti saobraćaj. U svakom slučaju obaveza je da se radovi koji bi izazvali obustavu saobraćaja izvršavaju u periodu najmanjeg saobraćajnog opterećenja na predmetnoj dionici puta.

Elementi koji su primjenjeni u tunelu su (*Slika 1*): slobodan i saobraćajni profil 4.70m i 4.50m; širina kolovoza 2x3.00m; širina ivične trake 2x0.25m; širina pješačke staze 2x0.80m.



Slika 1. – Slobodni i saobraćajni profil i elementi tunela

3. TERENSKI I LOKALNI USLOVI

Put Kolašin – Mateševo pruža se obalom rijeke Tare, gdje se trasa na pojedinim mjestima značajno približava rijeci.

U smislu saobraćajnih tokova lokacija je povoljna za građenje. Teren, kroz koji prolazi trasa, je strmog nagiba. Kosine zasjeke su strme sa gustom vegetacijom. Poslije obilnijih padavina učestala su osipanja i otkidanja sitnijih blokova sa padina i iz kosina.

Nepovoljne morfološke karakteristike terena uslovile su nepovoljne horizontalne elemente trase sa nepovoljnim međusobnim odnosom.

Sa seizmološkog aspekta lokacija pripada zoni C 2, od VIII⁰ MCS skale. Za ovu lokaciju su mjerodavni projektni seizmički parametri za povratni period od 100 godina: $a_{\max}(g)=0,10$ i $K_s=0,0262$.

Projektovani objekti biće fundirani u geotehničkoj sredini u okviru koje su zastupljeni materijali III, IV i V kategorije, koji predstavljaju dobru osnovu za direktno temeljenje (GN 200).

Za definisanje mogućeg fonda radnog vremena korišćeni su podaci Hidrometeorološkog Zavoda Republike Crne Gore za opštinu Kolašin. Klimatski i meteorološki uslovi u području Kolašina su dosta nepovoljni u zimskom periodu. Opredjeljenje da se koriste meteorološki podaci iz Kolašina uslovljeno je nadmorskom visinom predmetnog lokaliteta i nedostatkom podataka na samom lokalitetu. Uz dobru organizaciju rada, i uz primjenu relativno jeftinih sredstava higijensko-tehničke zaštite na radu, na lokaciji se mogu izvoditi radovi u toku proljeća, ljeta i jeseni.

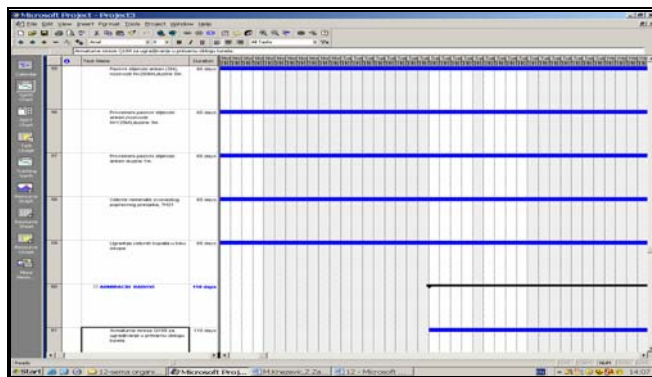
Obzirom da klimatske karakteristike područja u znatnoj mjeri utiču na izvođenje radova na objektu izvršena je analiza njihovog uticaja na pojedine vrste radova kroz proračun godišnjeg fonda radnog vremena.

4. ORJENTACIONI DINAMIČKI PLAN

Dinamički plan je urađen na osnovu trajanja aktivnosti i uspostavljenih međuzavisnosti aktivnosti. Dinamički plan predmetne rekonstrukcije urađen je kao mrežni plan u programskom paketu Microsoft Project. Ovaj plan se sastoji od ukupno 82 aktivnosti na izvođenju građevinskih i drugih radova.

Potrebno vrijeme za obavljanje pojedinih aktivnosti (koje su razložene do vrsta rada), dobijeno je na osnovu detaljne analize njihovih elementarnih aktivnosti, količina i prosječnih normativa u građevinarstvu. Pri terminiranju dinamičkog plana uzet je u obzir i proračunati fond radnog vremena, tako da su na planu predstavljeni kalendarski, a ne radni dani.

Na osnovu izvršenih proračuna i usvojenih pretpostavki, utvrđen je rok od 5 kalendarskih mjeseci (odnosno 147 dana) za realizaciju planiranih aktivnosti na izgradnji u periodu povoljnih vremenskih uslova. Prikaz dijela dinamičkog plana dat je na *Slici 2*.



Slika 2. Orijentacioni dinamički plan izvođenja radova (prikaz dijela plana)

5. ŠEMA ORGANIZACIJE GRADILIŠTA

Na šemi organizacije gradilišta grafički su prikazani objekti koji će se graditi i svi pripremni (privremeni) objekti:

- ☐ potez obuhvaćen rekonstrukcijom;
- ☐ privremeni objekti (kancelarije, trpezarija, garderobe);
- ☐ prostor za organizovanje drobilnog postrojenja;
- ☐ tesarska radionica za izradu oplata;
- ☐ skladišta građevinskog alata, cementa, dasaka, i sl;
- ☐ parking mehanizacije; mehanizacija: automikser, pumpa za beton, mašina za torkretiranje, mehanizovani alati (za savijanje armature, cirkulari, bušilice, aparati za zavarivanje i sl.);
- ☐ agregat za struju;
- ☐ gradilišni WC.

Imajući u vidu da gradilište predstavlja jedan dinamičan sistem na šemi gradilišta prikazani su položaji mašina i skladišta u različitim fazama izvođenja radova. Dinamika izgradnje pojedinih objekata i mjesta za skladišta i deponije, koncipirani su tako da omoguće nesmetano odvijanje planiranih radova.

6. ZAKLJUČAK

Organizovanje građenja rekonstrukcije magistralnog puta Kolašin-Mateševo, ukupne dužine 10,5 km sa prethodnim, pripremnim i glavnim radovima i to na trasi, tunelu Ključ, potpornim konstrukcijama i propustima zahtijevalo je sagledavanje velikog broja parametara koji bitno utiču na građenje. Planiranje građenja obuhvaćeno je sa ukupno 82 aktivnosti na izvođenju građevinskih i drugih radova. Projektovana dinamika od 147 kalendarskih dana sagledana je uz uslov da se realizacija aktivnosti izvrši na kvalitetan i ekonomičan način.

7. LITERATURA

1. Trbojević B, Prašćević Ž: "Građevinske mašine", Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
2. Trbojević B: "Organizacija građevinskih radova", Građevinska knjiga, Beograd, 1992.
3. Đuranović P: "Projektovanje organizacije građenja", Građevinski fakultet i Kulturno prosvjetna zajednica Podgorice, Podgorica, 1995.
4. "Glavni projekat organizacije i tehnologije građenja rekonstrukcije magistralnog puta Mateševo-Kolašin", Građevinski fakultet u Podgorici, Podgorica, 2005.

Miodrag Manić¹Borko Bulajić²

PROBABILISTIČKA I DETERMINISTIČKA OCENA SEIZMIČKOG HAZARDA ZA ŠIRU TERITORIJU BEOGRADA

Rezime: U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja vezanih za ocenu seizmičkog hazarda na deterministički (ocena hazarda za zemljotres maksimalne dogođene i zemljotres maksimalne moguće magnitude) i na probabilistički (metoda "Cornell-McGuire") način, preko vrednosti parametra - ubrzanje tla, a za širu teritoriju Beograda. Na bazi komparacije rezultata za dve lokacije koje spadaju u širi region Beograda, pokazano da je izražavanje seizmičkog hazarda preko vrednosti makroseizmičkog intenziteta isuviše grubo i manje tačno u odnosu na direktnu ocenu seizmičkog hazarda preko vrednosti ubrzanja tla. Primenom parametarske analize istraživano je i koliki uticaj na izvršenu ocenu hazarda ima izbor dubine zemljotresnih izvora (žarišta), izbor maksimalne moguće jačine (magnitude) zemljotresa koje mogu da se jave u razmatranim žarišnim zonama, kao i uticaj korišćenja različitih atenuacionih zavisnosti za ubrzanje tla koje su predložene za teritoriju Balkana i Evrope. Na bazi rezultata ove parametarske analize, može se zaključiti da ubedljivo najveći uticaj na ocenu hazarda ima izbor atenuacione jednačine.

Ključne reči: ocena seizmičkog hazarda, deterministički i probabilistički način, parametarska analiza, Beograd, atenuacione zavisnosti.

PROBABILISTIC AND DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT FOR THE WIDER TERRITORY OF BELGRADE

Summary: This paper presents results of the investigations regarding the seismic hazard assessment for the wider territory of Belgrade, by using the deterministic (hazard assessment for the earthquake of the maximum occurred and earthquake of the maximum possible magnitude) and probabilistic ("Cornell-McGuire" method) approach, with the seismic hazard being expressed through the values of the peak ground acceleration. On the basis of comparison of the results for the two locations that fall into the wider region of Belgrade, it was shown that the expression of the seismic hazard through the values of the macroseismic intensity is to rough and less accurate in comparison with the direct seismic hazard estimates expressed through the values of the ground acceleration. By using the parametric analysis, we have investigated also which influence on the performed hazard assessment has the choice of the depth of earthquake sources, the choice of the maximum possible size (magnitude) of the earthquakes that can occur in the considered source zones, as well as the influence of the use of different ground acceleration attenuation relationships that have been proposed for the territory of Balkan and Europe. On the basis of the results of this parametric analysis, it can be concluded that undoubtedly the largest influence on the hazard estimates has the choice of the attenuation equation.

Key words: seismic hazard assessment, Belgrade, deterministic and probabilistic approach, parametric analysis, attenuation relationships.

¹ Doc., dr., dipl. inž. građ., Institut za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju, Salvador Aljende 73, P.O. Box 101, 1000 Skopje, R. Makedonija

² Mr., dipl. inž. građ., Institut za puteve A.D., Kumodraška 257, 11000 Beograd

1. OPIS PODATAKA I ZAVISNOSTI KORIŠĆENIH U ANALIZAMA

Važeće seizmološke karte za povratne periode T od $T = 50$ do $T = 10000$ godina za teritoriju prethodne SFRJ, pa tako i za teritoriju Republike Srbije, rezultat su analiza seizmičkog hazarda izvršenih početkom 80-tih godina 20-og veka. Iz ovog razloga smo u našim analizama koristili podatke koji je Seizmološki zavod Srbije (SZS, Beograd) dostavljao Institutu za zemljotresno inženjerstvo i inženjersku seizmologiju (IZIIS, Skoplje, Republika Makedonija), u periodu od 1979. do 1983. godine, za potrebe ocene seizmičkog hazarda i/ili mikrorajonizacije lokacija i širih regiona u Republici Srbiji, pri realizaciji različitih aplikativnih i naučno-istraživačkih projekata na teritoriji Republike Srbije (na primer: [1], [2]). Ono što je novo u ovim sadašnjim istraživanjima je to što smo u parametarskoj analizi seizmičkog hazarda, pored ranije korišćene atenuacione jednačine za akceleraciju tla koju su Esteva i Villaverde [3] izveli na bazi podataka skupljenih u zapadnim delovima SAD-a, koristili i novo-predložene atenuacione zavisnosti za: teritoriju prethodne SFR Jugoslavije [4; 5], Grčke [6], Italije [7] i cele Evrope [8].

1.1. Seizmogene zone

Pregled seizmogenih zona i parametara najjačih zabeleženih dogođenih zemljotresa, a koji imaju dominantan uticaj na vrednosti parametara kretanja tla na širem području Beograda, dat je u tabeli 1.

Redni broj	Seizmogena zona	Datum pojave zemljotresa	Geo. širina ϕ Epicentra	Geo. dužina λ epicentra	Magn. M	Dubina H [km]	Epicen. intenzitet I_0 [MCS]
1	Fruška Gora	20/12/1739	45.20	19.80	5.7	5 (10)	9 (8)
2	Golubac	10/10/1879	44.67	21.63	5.0 (5.5)	10	8 (7)
3	Svilajnac	08/04/1893	44.27	21.28	6.3 (6.5)	18	9
4	Lazarevac	24/03/1922	44.47	20.30	6.5 (6.0)	10 (4)	9
5	Rudnik	15/05/1927	44.12	20.35	6.5 (5.9)	10 (5)	9

Tabela 1. Pregled seizmogenih zona i parametara najačih dogođenih zemljotresa

Podaci o zemljotresima koji su prikazani u tabeli 1 su oni koji su dati od strane Seizmološkog zavoda Srbije - SZS [1; 2]. Kao što može da se vidi iz tabele 1, za određene zemljotrese date su po dve vrednosti za magnitudu, dubinu žarišta i epicentralni intenzitet. Prve vrednosti su one koje je Seizmološki zavod Srbije dao 1979. godine [1], a druge su one koje je Seizmološki zavod Srbije dao 1982. godine [2]. Budući da se date vrednosti za M i h značajno razlikuju, neophodno je da se istraži uticaj koji usvojene maksimalne moguće vrednosti magnitude M (koja može da se javi u pojedinoj seizmogenoj zoni), kao i vrednosti mogućih dubina žarišta zemljotresa h , mogu da imaju na procenjene vrednosti parametara kretanja tla (ubrzanje, brzinu, pomeranje i dr.). Vrednosti koje su predložene od strane Vukašinovića za maksimalne moguće magnitude M_{\max} , dubine žarišta h , koeficijente rekurentnih krivih za M ($\log N$), kao i za površine pojedinih seizmogenih zona S , date su u tabeli 2. U istoj tabeli, u poslednje dve kolone su takođe date i vrednosti za M_{\max} i h koje su korišćene u našoj parametarskoj analizi seizmičkog hazarda za ocenu vrednosti ubrzanja kretanja tla u široj okolini Beograda.

Red. broj	Žarišna zona	$\log(N_{100})$ a – bM	M_{\max}	Maks. moguća magn. M_1/M_2	h_1/h_2 [km]	S [km ²]	Uzeta vrednost M_{\max}	Uzeta vrednost h [km]
1	Fruška Gora	2.32 – 0.40M	5.7	6.0/6.0	5/10	350	6.0/6.0	5/10
2	Golubac	3.52 – 0.63M	5.0/5.5	5.3/6.0	5/10	100	6.0/6.0	5/10
3	Svilajnac	4.26 – 0.69M	6.3	6.3/6.5	5/13	500	6.5/6.9	5/10
4	Lazarevac	3.74 - 0.53M	6.0/6.5	6.5/6.9	5/15	800	6.5/6.9	5/10
5	Rudnik	4.84 - 0.75M	5.9/6.5	6.5/6.9	5/15	800	6.5/6.9	5/10

Tabela 2. Rekurentne krive, vrednosti maksimalnih magnituda, dubine žarišta i površina seizmogenih zona predložene od strane Vukašinića kao i vrednosti maksimalnih magnituda i dubina žarišta koje su korišćene u parametarskoj analizi u ovom radu

1.2. Atenuacione zavisnosti

Atenuacione zavisnosti predstavljaju vezu između nekog parametra kretanja tla (ubrzanje, brzina, pomeranje i dr.) i parametara koji opisuju jačinu zemljotresa, rastojanje od žarišta i karakteristike lokalnog tla, a u nekim slučajevima i druga svojstva tla i/ili samog zemljotresa koja mogu da utiču na vrednosti kretanja tla na određenoj udaljenosti od žarišta. U tabeli 3 su date atenuacione zavisnosti koje su korišćene u našim analizama seizmičkog hazarda, za ocenu vrednosti ubrzanja, za prosečne uslove tla, stenu i kruto tlo, za širu okolinu Beograda. Jednačine pod rednim brojevima od 1 do 4 ne uzimaju u obzir uticaj lokalnog tla na vrednosti akceleracije, dok one pod rednim brojevima od 5 do 8 uzimaju u obzir uticaj lokalnog tla. U jednačinama 2 i 5, M predstavlja tzv. „surface-wave“ magnitudu (M_S) kada su i magnituda M_S i lokalna magnituda (M_L) veće ili jednake 5.5, odnosno magnitudu M_L kada su manje od 5.5. U jednačinama 3, 4, 6, 7 i 8, M predstavlja vrednosti M_S magnitude, dok je tip magnitude koja se koristi u jednačini 1 nepoznat. R predstavlja hipocentralno rastojanje, E epicentralno, dok d predstavlja najkraće rastojanje od stanice do površinske projekcije raseda. Dalje, u jednačinama 5 i 8, parametar S ima vrednost 0 za stensku lokaciju i 1 za čvrsto tlo, dok je u jednačini 6 obrnuto. U jednačini 7 parametri S_A i S_S imaju vrednost 0 za stensku lokaciju, $S_A = 1$ and $S_S = 0$ za čvrsto tlo, a $S_A = 0$ i $S_S = 1$ za meko tlo.

Pre bilo kakvih daljih komparacija ocene hazarda korišćenjem različitih atenuacionih zavisnosti, trebalo bi ukratko nešto reći i o podacima na bazi kojih su izvedene pomenute jednačine. Sabetta i Pugliese su u svojoj analizi koristili 190 horizontalnih komponenti akcelerograma registrovanih u Italiji u periodu od 1976. do 1984. godine. Međutim, njihova regresiona analiza se bazirala na 95 vrednosti maksimalnih (“peak”) akceleracija, odnosno samo veća vrednost od dve registrovane horizontalne komponente je uzeta u analizi. Za analiziran set podataka, autori kažu da je srednja vrednost proračunata od maksimalnih (od dve horizontalne komponente)

vrednosti akceleracije, veća za 12% od srednje vrednosti proračunate od obe horizontalne komponente zajedno. Manić je u svojim istraživanjima koristio 276 horizontalnih komponenti registrovanih na prostoru prethodne SFRJ u periodu od 1976. do 1983. godine. On je u svojoj regresionoj analizi koristio vrednosti akceleracije registrovane na obe horizontalne komponente. Odnos srednje vrednosti od maksimalnih vrednosti akceleracije (138 podataka) i srednje vrednosti od obe horizontalne komponente (276 podataka) je 1.14. Theodulidis i Papazachos su u svojoj analizi koristili 105 horizontalnih komponenti registrovanih u Grčkoj u periodu od 1972 do 1986 godine, kao i 16 horizontalnih komponenti registrovanih u Japanu u periodu 1968. – 1979. godina, tako da je ukupni broj analiziranih podataka iznosio 121. Ambraseys i dr. su u svojoj analizi koristili 844 horizontalne komponente registrovane u periodu od 1969. do 1994. godine na teritoriji 10 država (Italija, predhodna SFRJ, Grčka, Alžir, Azori, Bugarska, Iran, Portugalija, Turska i predhodni SSSR). Međutim, isto kao i Sabetta i Pugliese, i oni su u regresionoj analizi koristili 422 komponente sa maksimalnim vrednostima akceleracije. Od ukupnog broja analiziranih podataka (422), 308 podataka (ili oko 73%) su podaci registrovani u Italiji, predhodnoj SFRJ i Grčkoj, a ostalih 114 podataka (ili oko 27%) su registrovani na teritoriji ostalih 7 država.

Rednibroj	Autor	Izvor podataka	Atenuaciona jednačina [cm/s ²] ili [g]	Stan. dev. $\sigma_{\ln A}$ ili $\sigma_{\log A}$
1	Esteve & Villaverde, 1974	Zapad SAD-a	$\ln A = 8.630 + 0.8M - 2.0 \ln(R+40)$	0.64
2	Naumovski, 1984	SFRJ, Italija, Grčka	$\ln A = 6.483 + 0.544M - 1.333 \ln(R+20)$	0.672
3	Ambraseys et al., 1996	Evropa	$\log A = -1.39 + 0.266M - 0.922 \log(d^2 + 3.5^2)^{1/2}$	0.25
4	Manic, 1998	SFRJ	$\log A = -1.508 + 0.333M - 1.093 \log(R^2 + 6.6^2)^{1/2}$	0.276
5	Sabetta & Pugliese, 1987	Italija	$\log A = -1.562 + 0.306M - 1.000 \log(d^2 + 5.8^2)^{1/2} + 0.169S$	0.173
6	Theodulidis & Papazachos, 1992	Grčka	$\ln A = 3.88 + 1.12M - 1.65 \ln(E+15) + 0.41S$	0.71
7	Ambraseys et al., 1996	Evropa	$\log A = -1.48 + 0.266M - 0.922 \log(d^2 + 3.5^2)^{1/2} + 0.117S_A + 0.124S_S$	0.25
8	Manic, 1998	SFRJ	$\log A = -1.664 + 0.333M - 1.093 \log(R^2 + 6.6^2)^{1/2} + 0.236S$	0.254

Tabela 3. Atenuacione zavisnosti korišćene u analizama seizmičkog hazarda u ovom radu

2. DETERMINISTIČKI REZULTATI

U ovom poglavlju biće prikazane vrednosti akceleracije za Beograd i Lazarevac dobijene na bazi determinističkog načina ocene hazarda za maksimalno dogođene i maksimalno moguće zemljotrese u širem regionu Beograda.

Od svih poznatih seizmičkih zona u bližoj okolini Beograda (Fruška Gora, Golubac, Lazarevac, Rudnik i Svilajnac), najveća seizmička opasnost za Beograd i njegovu širu okolinu dolazi iz lazarevačke seizmičke zone. Iz ovog razloga smo mi najpre izvršili ocenu za dve vrednosti magnitude koje su date za dva, u prošlosti dogođena, zemljotresa: Mionica 1998. godine ($M_S = 5.5$) i Lazarevac 1922. godine ($M_S = 6.0/6.5$). Odmah zatim, izvršili smo ocenu hazarda i za dve vrednosti magnitude, $M_{\max 1} = 6.5$ i $M_{\max 2} = 6.9$, koje se, prema Vukašinoviću, daju kao maksimalno moguće za lazarevačku seizmogenu zonu. Dobijene vrednosti akceleracije iz izvršene determinističke analize seizmičkog hazarda za Beograd-centar grada i Lazarevac-centar grada, a za stenske uslove tla, prikazane su u tabeli 4.

	T&P92	ASB96	S&P87	MM98	T&P92	ASB96	S&P87	MM98
	h=5	h=5	h=5	h=5	h=10	h=10	h=10	h=10
Beograd								
M=5.5	60.18	38.02	39.61	32.00	58.12	36.97	38.45	30.99
M=6.0	105.35	51.63	56.32	46.96	101.75	50.20	54.67	45.46
M=6.5	184.43	70.13	80.09	68.90	178.13	68.17	77.73	66.71
M=6.9	288.66	89.56	106.13	93.64	278.81	87.08	103.02	90.67
Lazarevac								
M=5.5	246.42	176.14	168.22	143.46	170.52	105.93	111.43	95.79
M=6.0	431.40	239.19	239.20	210.52	298.53	143.85	158.45	140.57
M=6.5	755.24	324.82	340.12	308.91	522.62	195.34	225.30	206.27
M=6.9	1182.09	414.91	450.74	419.83	817.99	249.52	298.58	280.33

Tabela 4. Vrednosti akceleracije sa verovatnoćom pojave od 50% na površinskoj steni ocenjene primenom atenuacionih jednačina koje su dali Sabetta i Pugliese (S&P87), Theodulidis i Papazachos (T&P92), Ambraseys i dr. (AMB96), i Manić (MM98), za magnitudu $M = 5.5, 6.0, 6.5$ i 6.9 , dubinu žarišta $h = 5$ i 10 km

Prilikom posmatranja podataka datih u tabeli 4, trebalo bi imati stalno u vidu da je, kao što smo već napomenuli, Manić u svojoj regresionoj analizi koristio vrednosti akceleracije registrovane na obe horizontalne komponente dok se regresiona analiza koju su izveli Sabetta i Pugliese bazirala samo na vrednostima maksimalnih ("peak") akceleracija, odnosno da je uzimana samo veća vrednost od dve registrovane horizontalne komponente, kao i da srednji odnos vrednosti akceleracija sračunatih jednačinom Manića samo za maksimalne vrednosti akceleracije i sračunatih za obe horizontalne komponente iznosi 1.14. Ako se ovo ima u vidu, razlike između vrednosti koje se dobijaju jednačinom koju su dali Sabetta i Pugliese i jednačinom Manića su uglavnom zanemarljive.

3. PROBABILISTIČKI REZULTATI

U ovom poglavlju biće prikazane vrednosti akceleracije za Beograd i Lazarevac dobijene na bazi probabilističkog načina ocene hazarda, korišćenjem metode “Cornell-McGuire”. S obzirom da nam je cilj bio poređenje sa postojećim kartama hazarda, za koeficijente rekurentnih krivih za M ($\log N$) uzeli smo vrednosti koje su predložene od strane Vukašinovića i koje su date u trećoj koloni tabeli 2. Dalje, kako je za probabilističku analizu prema “Cornell-McGuire” metodi, potrebno za svaku žarišnu zonu definisati i maksimalnu moguću magnitudu M_{\max} i dubinu žarišta h , a kako je ove vrednosti inače teško jednoznačno i pouzdano utvrditi, u našim analizama smo uzimali po dve varijantne vrednosti (poslednje dve kolone tabele 2). U tabelama 5 i 6, date su vrednosti ubrzanja tla za različite povratne periode T , dobijene na bazi probabilističkog pristupa, korišćenjem Manićeve atenuacione krive, i za različite vrednosti maksimalnih mogućih magnituda (M) i dubina žarišta (H).

Povratni period (T) [godina]	Postojeći propisi		MM98 H=0 M=6.5 Stena	MM98 H=5 M=6.5 Stena	MM98 H=10 M=6.5 Stena	MM98 H=0 M=6.9 Stena	MM98 H=5 M=6.9 Stena	MM98 H=10 M=6.9 Stena
	Intenzitet [stepeni po MSK-64 skali]	Ubrzanje tla (A) [cm/s^2]						
50	VII	50-100	/46.68	/46.44	/45.74	51.09	50.81	50.02
100	VII	50-100	58.50	58.14	57.12	66.02	65.60	64.41
200	VIII	100-200	/73.30	/72.79	/71.32	/84.76	/84.18	/82.71
500	VIII	100-200	*95.62	*94.96	/93.08	111.03	110.31	108.27
1000	IX	200-400	/111.36	/112.58	/110.38	134.31	/133.33	/130.54
10000	IX	200-400	/189.24	/187.69	/183.33	229.87	228.11	223.16

Tabela 5. Vrednosti intenziteta i odgovarajuće vrednosti “peak” akceleracija prema postojećim propisima, i ocenjene vrednosti “peak” akceleracija pomoću probabilističke analize seizmičkog hazarda korišćenjem atenuacione jednačine koju je predložio Manić (MM98), a za lokaciju “Beograd” i za stenu

U tabelama 5 i 6, date vrednosti maksimalne magnitude (M) se odnose samo na žarišne zone Lazarevac, Rudnik i Svilajnac, dok je za žarišne zone Fruška Gora i Golubac maksimalna magnituda u svim analizama ista i iznosi 6.0. Vrednosti za dubinu žarišta (H) koje su date u tabelama, odnose se na sve žarišne zone. Dalje, znak * ukazuje na to da se ocenjena vrednost ubrzanja neznatno (do 5%) razlikuje u odnosu od donje ili gornje granicne vrednosti ubrzanja date prema propisima, znak / ukazuje na to da su ocenjene vrednosti ubrzanja manje od onih datih u postojećim propisima, dok znak // ukazuje da su ocenjene vrednosti ubrzanja veće od onih datih u postojećim propisima. Sve vrednosti ispred kojih nema znaka predstavljaju vrednosti ubrzanja koje se kreću unutar dozvoljenih granica prema postojećim propisima. U tabelama 7 i 8 date su srednje vrednosti rezultata za fiksne vrednosti M_{\max} , h i Manićeve atenuacione jednačine (za stenu), za lokaciju “Beograd”, normalizovane u odnosu na srednje vrednosti od svih izvršenih (probabilističkih) analiza.

Povratni period (T) [godina]	Postojeći propisi		MM98 H=0 M=6.5 Stena	MM98 H=5 M=6.5 Stena	MM98 H=10 M=6.5 Stena	MM98 H=0 M=6.9 Stena	MM98 H=5 M=6.9 Stena	MM98 H=10 M=6.9 Stena
	Intenzitet MSK-64	Ubrzanje tla (A) [cm/s ²]						
50	VIII	100-200	*201.66	178.36	142.63	//219.12	196.00	156.90
100	IX	200-400	263.23	232.11	/184.67	296.00	260.57	208.20
200	IX	200-400	335.15	297.09	231.50	380.74	336.49	266.64
500	IX	200-400	//447.61	387.58	305.34	//524.57	//456.55	354.68
1000	IX	200-400	//547.48	//473.52	362.49	//643.16	//562.07	//432.73
10000	IX	200-400	//947.45	//800.95	//614.48	//1148.57	//996.09	//744.26

Tabela 6. Vrednosti intenziteta i odgovarajuće vrednosti “peak” akceleracija prema postojećim propisima, i ocenjene vrednosti “peak” akceleracija pomoću probabilističke analize seizmičkog hazarda korišćenjem Maničeve atenuacione jednačine (MM98), za “Lazarevac” i za stenu

Povratni period (T) [godina]	Postojeći propisi		Srednja vrednost	M=6.5	M=6.9	H=0	H=5	H=10
	Intenzitet MSK-64	Acc [cm/s ²]						
50	VII	50-100	82.86	0.95	1.05	1.01	1.00	0.99
100	VII	50-100	106.44	0.94	1.06	1.01	1.00	0.99
200	VIII	100-200	133.56	0.93	1.07	1.01	1.00	0.99
500	VIII	100-200	175.47	0.92	1.08	1.01	1.00	0.99
1000	IX	200-400	211.83	0.91	1.09	1.01	1.00	0.98
10000	IX	200-400	364.61	0.90	1.10	1.01	1.00	0.98

Tabela 7. Vrednosti intenziteta i odgovarajuće vrednosti “peak” akceleracija prema postojećim propisima, srednje vrednosti od svih probabilističkih analiza, i u odnosu na njih normalizovane, srednje vrednosti za različite maksimalne magnitude i dubine žarišnih zona, a za lokaciju “Beograd”

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Rezultati naših analiza očigledno govore da je prikazivanje seizmičkog hazarda preko parametra “makroseizmički intenzitet”, i njegovog prevođenja u vrednosti ubrzanja tla, isuviše grubo i manje tačno u odnosu na direktnu ocenu seizmičkog hazarda preko parametra “ubrzanje tla”. Takođe, naši rezultati govore i da je za kvalitetnu ocenu hazarda na teritoriji Republike Srbije, potrebno što detaljnije i što pouzdanije utvrditi osnovne karakteristike žarišnih zona (geometrija, dubina, maksimalna magnituda), ali pre svega biti veoma pažljiv u izboru atenuacione jednačine za naš region, s obzirom da od svih analiziranih ulaznih parametara, atenuaciona jednačina, kao što se može jasno videti iz tabela 7 i 8, ima ubedljivo najveći uticaj na ocenu seizmičkog hazarda.

Povratni period (T) [godina]	Postojeći propisi		Srednja vrednost	MM98 Stena	ASB96 Stena	S&P87 Stena	T&P92 Stena
	Intenzitet MSK-64	Acc [cm/s ²]					
50	VII	50-100	82.86	0.58	0.74	0.58	1.29
100	VII	50-100	106.44	0.58	0.72	0.55	1.40
200	VIII	100-200	133.56	0.59	0.70	0.53	1.49
500	VIII	100-200	175.47	0.58	0.67	0.51	1.61
1000	IX	200-400	211.83	0.58	0.66	0.48	1.69
10000	IX	200-400	364.61	0.57	0.62	0.42	1.89

Tabela 8. Vrednosti intenziteta i odgovarajuće vrednosti "peak" akceleracija prema postojećim propisima, srednje vrednosti od svih probablističkih analiza, i u odnosu na njih normalizovane, srednje vrednosti za različite atenuacione jednačine (Manić (MM98), Ambraseys i dr. (ASB96), Sabetta i Pugliese (S&P87), i Theodulidis i Papazachos (T&P92)), za "Beograd" i za stenu

5. LITERATURA

1. Stojković, M., Talaganov, K., Aleksovski, D., Milutinović, Z., Manić, M.: "Definisanje potencijala likvifikacije pepela na odlagalištu termoelektrane "Nikola Tesla-B" u Obrenovcu, Knjiga I: Definisanje parametara dejstva zemljotresa na lokaciji", Izveštaj IZIIS 79-184, Skopje, 1979.
2. Stojković M., Manić, M.: "Eksperimentalna i teoretska istraživanja seizmičke stabilnosti montažnog krupno-panelnog sistema "Rad-Balency", Beograd, Knjiga II: Prosečni parametri dejstva zemljotresa u seizmičkim zonama VII, VIII i IX stepena i na širem području Beograda", Izveštaj IZIIS 82-44/2, Skopje, 1982.
3. Esteva, L., Villaverde, R.: "Seismic risk, design spectra, and structural reliability", *Proc. 5th WCEE*, Rome, Italy, 1973, Vol. 2, pp. 2586-2596.
4. Naumovski N.: "Opredeluvanje na seizmički proektni parametri za nuklearni elektrani – verovatnostan pristap", *doktorska disertacija*, Univerzitet "Kiril i Metodij", Skopje, Institut za zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija, 1984, 216 p.
5. Manic, M.: "A new site dependent attenuation model for prediction of peak ground horizontal acceleration in Northwestern Balkan", *Proc. 11th ECEE*, Paris, France, Balkema, Rotterdam, 1998, Abstract Vol. 100, and CD-ROM.
6. Theodulidis, N., Papazachos, B.: "Dependence of strong ground motion on magnitude-distance, site geology and macroseismic intensity for shallow earthquakes in Greece: I, Peak horizontal acceleration, velocity and displacement", *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, Vol. 11, 1992, pp. 387-402.
7. Sabetta, F., Pugliese, A.: "Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from Italian strong-motion records", *Bull Seism. Soc. Am.*, Vol. 77, No. 5, 1987, pp. 1941-1513.
8. Ambraseys, N., Simpson, K., Bommer, J.: "Prediction of horizontal response spectra in Europe", *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, Vol. 25, 1996, pp. 371-400.

Miodrag Nestorović¹

Milan Dević²

Ognjen Rogachev³

MODALITETI POLIEDARSKE GEOMETRIJE PRIMENJENI PRI FORMIRANJU SAVREMENIH PROSTORNIH KONSTRUKCIJA

Rezime: Pojavom novih arhitektonskih rešenja i konstruktivnih formi Mengerinhauzena, Cuboija, Safdia, Foster, Kalatrave i drugih, koji su tvorci veličanstvenih struktura, možemo reći da je inicirana eksplozija inventivnosti u arhitekturi koja se kontinuirano nastavlja i unapređuje. Cilj ovog rada je da prikaže deo mogućnosti palete konstruktivnih sistema koji su do danas u našoj sredini gotovo nepoznati, a veoma su atraktivni sa aspekta prostornih transformacija, materijalizacije prostora i tehnologija realizacije. Načini formiranja savremenih prostornih konstrukcija, organizacije unutrašnjeg prostora, kao i određivanje spoljnih granica, nude mogućnosti za ambiciozna i inventivna arhitektonska rešenja.

Osnovno svojstvo svih analiziranih prostornih struktura je u njihovom geometrijskom poreklu (Arhimedova i Platonova tela, poliedarske strukture, bionika struktura), koje aplicira kvalitete pravilnosti, simetrije, brzine konstruisanja, kao i modularnost osnovne matrice. Prikazane studije i rešenja razmatraju multifunkcionalnost prostornih matrica, te je njihov potencijal u domenu arhitektonskog stvaralaštva vrlo značajan. Svrha ovog rada je da razmotri razvoj matričnih sklopova u kontekstu arhitektonskog projektovanja formi u budućnosti, sa težištem na opisivanju geometrije struktura i moguće primene na objekte javnih i stambenih prostora.

Ključne reči: Arhitektura, Konstruktivni sistemi, Prostorne strukture, Poliedri, Bionika struktura

MODALITIES OF POLYHEDRON GEOMETRY APPLIED TO MODERN SPACE STRUCTURE SHAPING

Summary: The appearance of new architectural solutions and structural forms of Mengerinhauzen, Tsuboi, Safdie, Foster, Calatrava and other creators of magnificent structures, may be taken as an initiation and explosion of inventiveness which is continued up to this day. Consequently, the object of this paper is to show a part of broad palette of structure systems which are not disclosed enough in Serbia and surroundings, in spite of their attractiveness in contemporary architecture, in terms of space transformations, materialization and technology.

The basic properties of all analysed space structures is in their geometric shape (Archimedean and Platonic polyhedra, polyhedron structures, and bionic of structures as well), which applies regularity, symmetry, speed of mounting, as well as modularity of the original matrices. Solutions and analyses shown deal with multifunctional space matrices, which makes its potential very important both in architectural design and structural theory. The topic of this paper is to consider the development of matrix structure in context of architectural forms in future, emphasizing the importance of structural geometry and its possible applications.

Key words: Architecture, Structural Systems, Space Structures, Polyhedron, Bionics of Structure.

¹ Redovni profesor Arhitektonskog fakulteta u Beogradu, Bul. Kralja Aleksandra 73/II

² Direktor preduzeća „Simprolić“

³ Saradnik u nastavi na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu

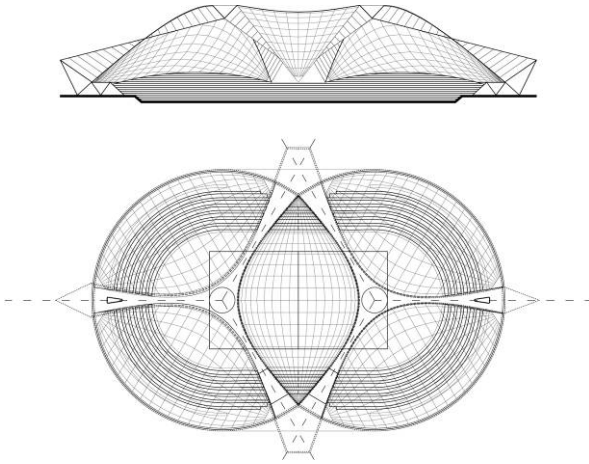
Ono što leži u osnovi svake dobre arhitekture jeste stalna potraga za nekim redom, za harmonijom i ravnotežom, poretком stvari uspostavljenim na pravi način; i taj red, poredak stvari, hijerarhija i harmonija, u mnogim slučajevima proizilaze iz geometrije. Počeci geometrije vezuju se za antičku Grčku, prevashodno za Pitagorejsku i Euklidsku školu, koje su bile različite po shvatanjima i tumačenjima geometrijskih sistema, ali su i jedna i druga geometriji davale mitski kontekst. Ovaj kontekst, brojne analogije koje proizilaze iz njega, skrivene veze među brojevima i oblicima (Gika, Paskal), osnovni arhetipovi u strukturi i estetici antičke arhitekture, predstavljaju ogledni primer za redefinisane hipoteze o univerzalnoj strukturi (i primeni) poliedarske arhitekture.

Među graditeljima neretko postoji podela na inženjerstvo i arhitekturu, što je pojednostavljena teza; inženjerstvo se posmatra kao kvantitet, a arhitektura kao kvalitet. Ovaj kvalitet jeste vizuelan, ali ne i samo vizuelan. U istoriji arhitekture i graditeljstva, inženjerski dometi bili su redovno u savršenom skladu sa arhitektonskim, stvarajući jednu neraskidivu nit između ove dve celine: jedinstvo i svrsishodnost. Pojavom novih građevinskih tehnologija, novih funkcija i geometrija, savremena arhitektura daje nove modalitete za rešavanje i kreativno oblikovanje arhitektonskih programa. Ovi modaliteti, u kontekstu formiranja savremenih prostornih konstrukcija, baziraju se i opisuju preko geometrijskih sistema i celina definisanih kao *poliedri*.

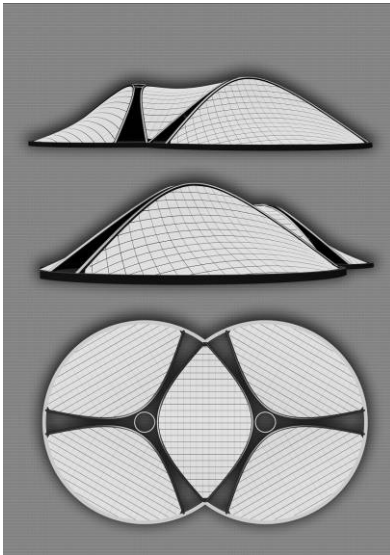
Poliedri, i poliedarske geometrije imaju svoje teorijsko uporište još u antičkom svetu, dok u novije vreme, počev od pedesetih godina prošlog veka, sa Bakminsterom Fulerom dobijaju svoju tehničku primenu. Radi se o ćelijastim strukturama koje dopuštaju kreativno i gotovo neograničeno kombinovanje arhitektonskih formi, stvarajući prostorne okvire koji određuju arhitektonski prostor. U kontekstu arhitekture, dolazi do novih tendencija, koje redefinišu staru ideju o jedinstvu umetnosti i tehnike, i svoja logička, etička i estetska načela ujedinjuju sa iskustvima i prednostima tehnike (tehnologije), objedinjujući umetnički čin i savremene tehnološke trendove.

Kao što je ispitivanje i traženje forme jedan od nesvesnih poriva usmeren ka prevazilaženju nesigurnosti, tako i generisanje strukture poliedara treba shvatiti kao stvaranje systemske sigurnosti, koja teži prevazilaženju sopstvenih ograničenja. Ove strukture je moguće shvatiti univerzalno, kao princip oblikovanja, definisanje i rešenje problema, kao istovremeno klasične i savremene strukture. Poliedarske geometrije imaju svoje brojne modalitete, svoje sisteme i mogućnosti, i preko geodezijskih kupola, tensegriti konstrukcija, slobodnih i amorfni površi koje se aproksimiraju preko poliedarskih geometrija, predstavljaju univerzalno primenljive strukture. Analogije sa sferom, principi bionike, analogije sa strukturnim modelima molekulskih rešetki, analogije sa zlatnim presekom, Fibonačijevim nizom, Paskalovim trouglom, čudesnim svetom koji povezuje i tumači brojeve i oblike, uzajamno opisuje kompleksne sisteme, jesu sama suština strukturnog ustrojstva i uzajamnih analogija arhitektonike prirode. I sva ova načela, u svom opštem i suštinskom smislu, predstavljaju jedan kod, jedan koherentan sistem: multifunkcionalnost i univerzalnost. Suština problema je u shvatanju da jedan prilično složen i višeznačno postavljen sistem (poliedarske strukture), sa svojim brojnim geometrijskim, estetskim, bioničnim, i strukturnim analogijama, pruža velike mogućnosti za kreativno arhitektonsko i inženjersko projektovanje, u smislu unapređenja funkcije (prostora), konstrukcije (strukture), i forme (oblika).

Kepes: "Svaki fenomen – fizički predmet, organska forma, osećaj, misao, naš grupni život - duguju svoj oblik i karakter sukobu između suprotnih tendencija; fizička konfiguracija je proizvod sukoba između urođene konstrukcije i spoljašnje okoline".

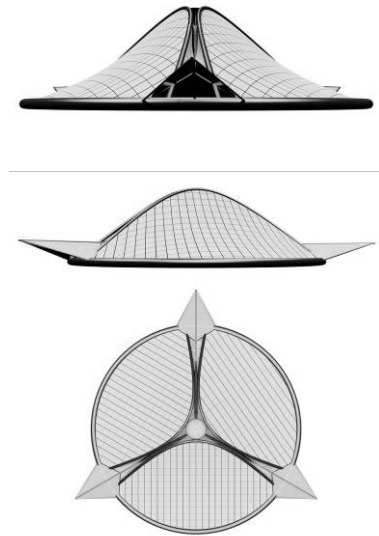


Slika 1. Osnova i presek objekta (višenamenska hala)

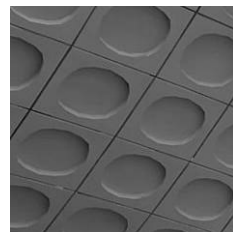
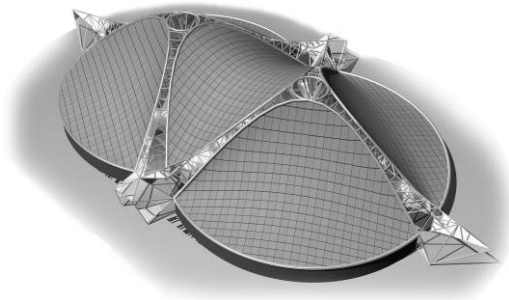


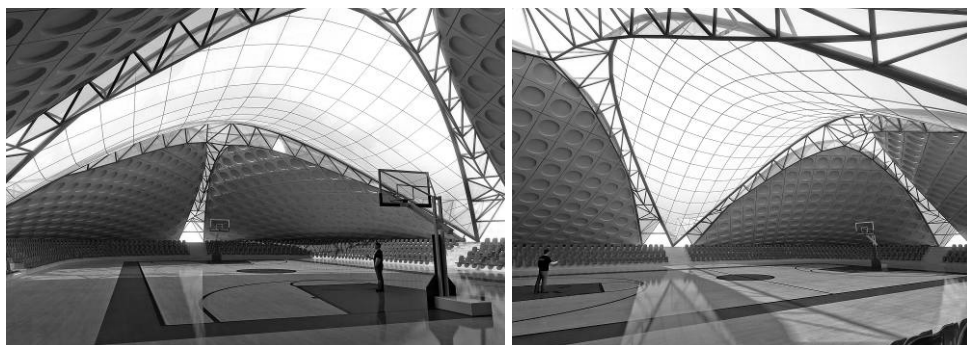
Slika 1a. Osnova krova i izgledi objekta

Slika 1-1b.
Elementi ljuske nastali konstruktivnom transformacijom ivičnih lučnih nosača postavljenih u kosim ravnim, koji su međusobno povezani kablovskom konstrukcijom; U geometrijskom pogledu rađena je analiza elemenata razvoja objekata velikih raspona. Tako se u analizi razvio pristup od osnovnog do složenog modela, u najkraćem: imamo osnovnu ćeliju sačinjenu od tri identična elementa oblika hiperboličkog paraboloida (HP), potom dvojnju ćeliju sačinjenu od četiri identična elementa oblika HP (petog, koji je međuelement), i trojnu, koja se dalje svodi na tipizovane elemente HP-a, koji formiraju objekte velikog raspona (polivalentne prostore, hale, tržnice...)



Slika 1b. Modularnost tipskih segmenata

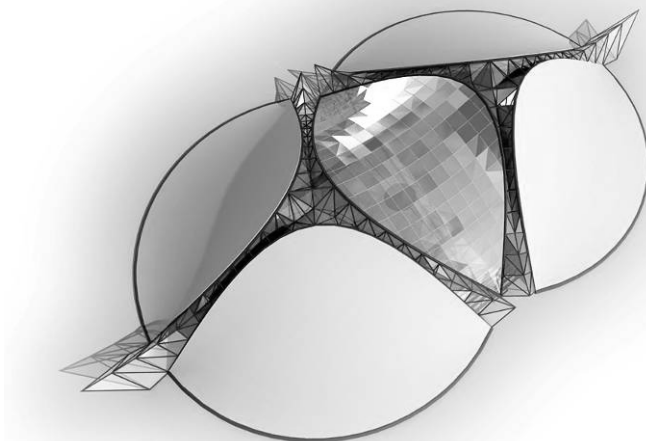




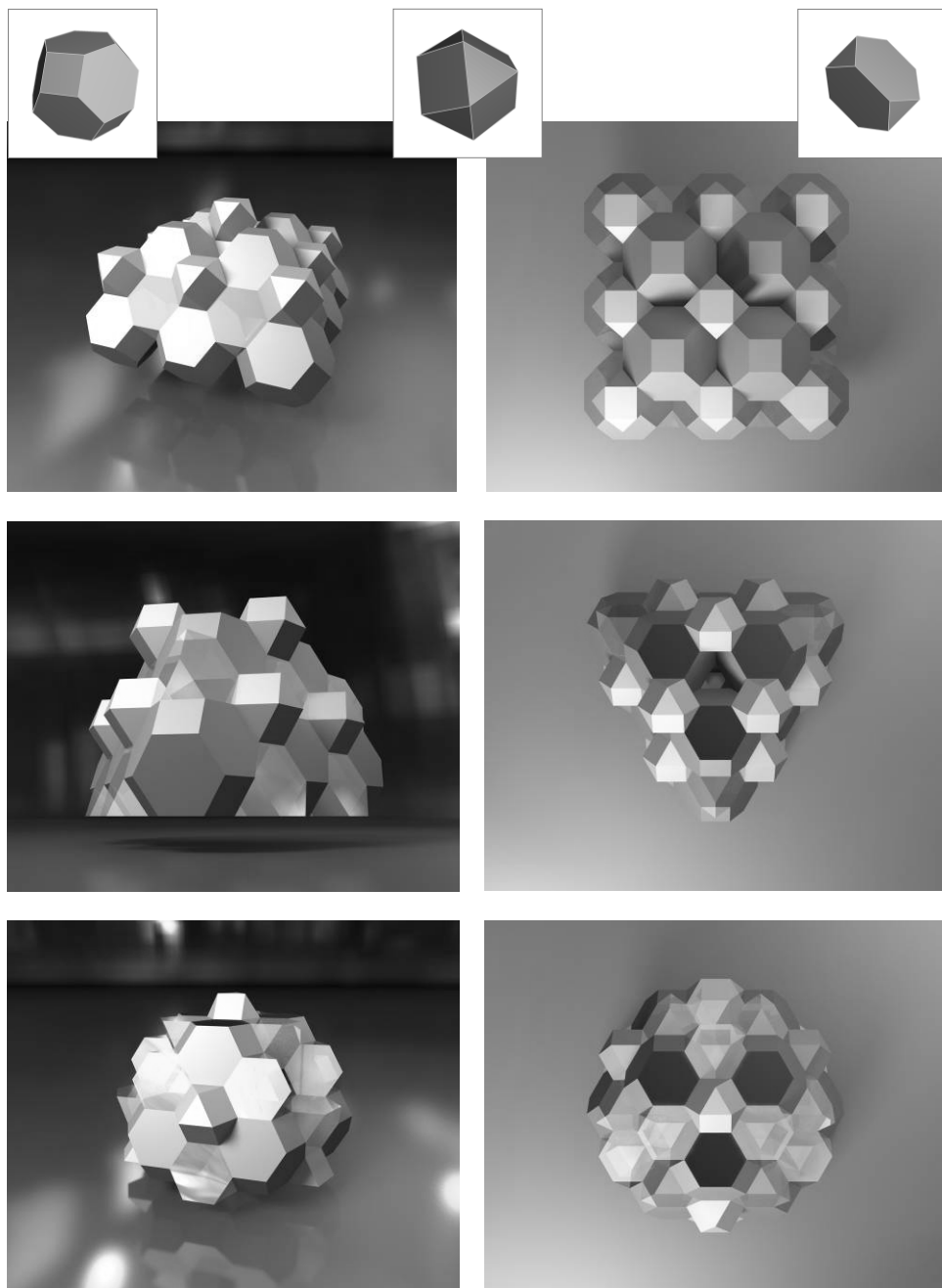
Slika 2. Enterijeri objekta: modularnost tipskog segmenta (HP) i tipskog elementa (koruba)

Gore navedenom analizom došlo se do zaključka da je pokrivač ove konstrukcije u sistemu “Simplolit” koruba (tipski elementi koruba vidljivi u enterijeru), primenjenih na moguće sportske objekte koji se pojavljuju u slobodnim prostorima i okruženjima urbanih celina. Koruba kao konstruktivni element ima sva svojstva noseće konstrukcije, uz kvalitet protivpožarne i termičke zaštite, lakoće konstruktivnog elementa, brzine montaže, i enterijerskog efekta. Opšti konstruktivni princip ove vrste objekata orijentisan je na tipske elemente u konstrukciji, primenu savremenog materijala (“Simplolit”), brzine montaže, i konačno – sigurnosti i cene ove vrste objekata.

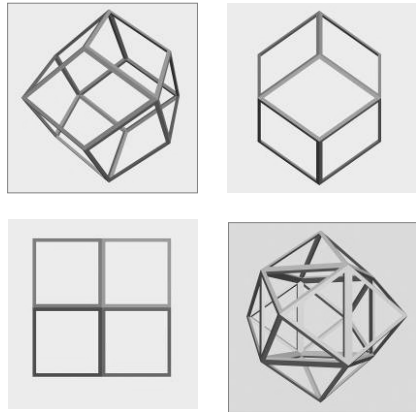
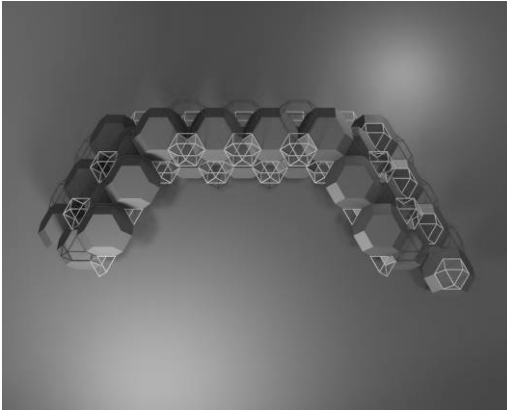
Dijametar osnovne ćelije (tipski segment) je 60 metara, što ukazuje da su lučni elementi hiperboličkog paraboloida takođe značajnih dimenzija, međusobno povezani glavnim prstenom, a unutar HP-a povezani kablovima prednapregnutim u oba pravca. Tipske “Simplolit” korube se umeću po obliku i formi na odgovarajuća mesta u mreži kablova, potom se preko njih polaže mrežasta armatura i na kraju se torkretira betonom u sloju od tri centimetra; Krovna površina se oblaže zaštitnom folijom. U sistemu netransparentnih hiperboličnih paraboloida, pojavljuju se i transparentni HP-i, sačinjeni od istih nosećih konstruktivnih elemenata sa aluminijumskom podkonstrukcijom i staklenim pokrivačem. Odvodnjavanje objekta je predviđeno u sklopu oslonačkih mesta projektovanih HP-a.



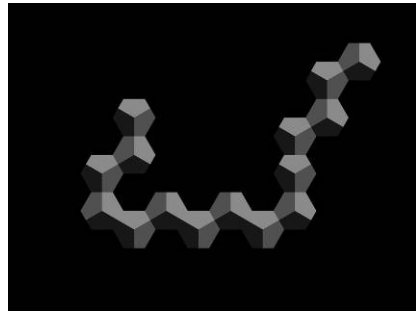
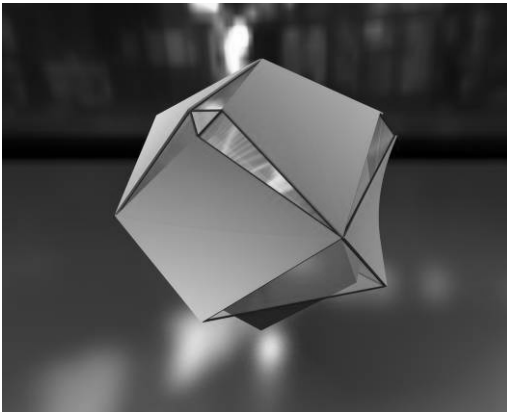
Slika 2a. Perspektivni prikaz objekta: materijalizacija strukture



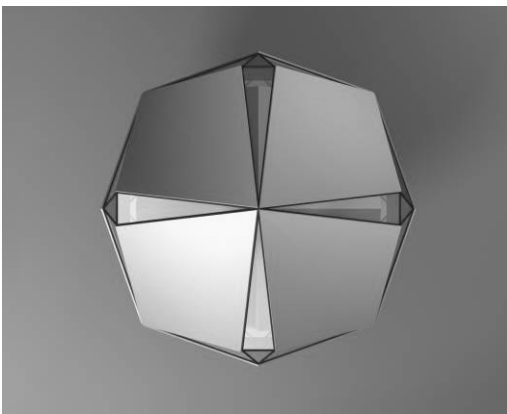
Slika 3. Modaliteti poliedarske geometrije primenjeni pri formiranju savremenih stambenih struktura; Tipiski elementi Arhimedovih poliedara (zarubljeni tetraedar, kuboktaedar, i zarubljeni oktaedar). Elementi dopuštaju brojne prostorne transformacije: kvadratna struktura (gore), triangulisana struktura, i heksagonalna struktura (dole). Stambene jedinice su smeštene u primarnim ćelijama (zarubljeni oktaedar), a komunikacije, instalacije, i svetlosni otvori, u drugim.



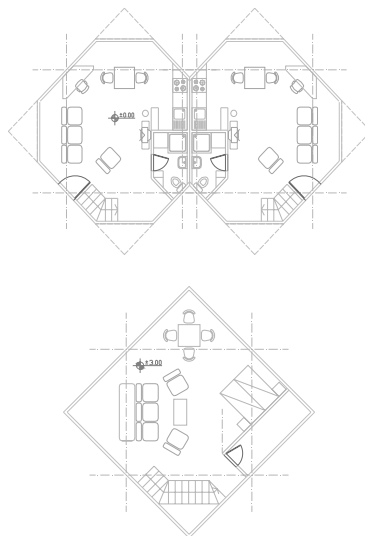
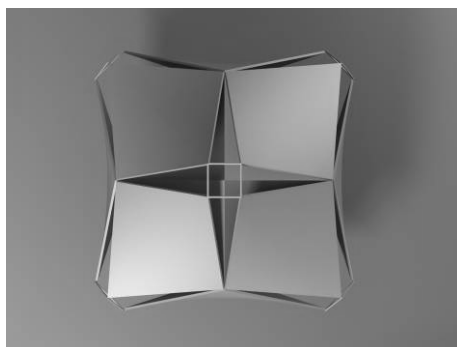
Slika 4. Tridimenzionalni prostorni ram: dual poliedra kuboktaedra, 12 jednakih strana, i 24 jednake ivice spojene pod uglom od 120 stepeni.



Slika 4a. Varijante prostornog komponovanja (levo): čelijaste strukture (poliedri) i prostorni tridimenzionalni ramovski sistemi; ovako koncipirani sklopovi dopuštaju razne mogućnosti kombinovanja: na nivou urbanih celina, do nivoa tipskih stambenih jedinica. Na slikama levo prikazani su modaliteti osnovnog Arhimedovog poliedra (kuboktaedar) u formi duala (Katalanov poliedar), u vertikalnom položaju. Ovakva struktura pokazuje dobre prostorne, funkcionalne i konstruktivne karakteristike: Volumen prostora, uklapanje po horizontali i vertikalni, prostorni okvir od tipskog elementa-ivice koja se spaja sa susednim.



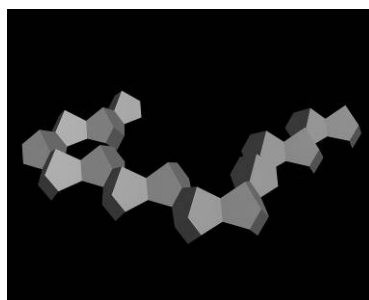
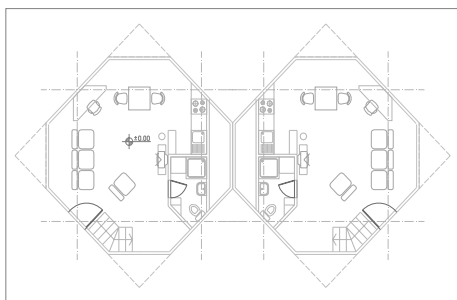
Slika 4a-4b. Tipiski element romb-dodekaedra (dual kuboktaedra) postavljen u vertikalnom položaju oblaže se "Simplolit" pločama, preko kojih se postavlja proteza koja prima dvostruko zakrivljene površi (HP), koji konstrukciji daju krutost, ali i vizuelni efekat. Osim HP-a, moguće je konstrukciju dodatno učvrstiti sistemom nabora (triangulacija), odnosno kombinacijom prethodnih. Na slici 4b (sredina desno) vidimo mogućnost prostornog kombinovanja kocke u vertikalnom položaju, koja je poslužila kao osnovna ideja (arhetip).



*Slika 5a. Osnove prizemlja i sprata
tipske jedinice romb-dodekaedra.
Konstruktivni raster, spajanje jedinica
po horizontali, odnosi puno-prazno.
Ivica okvira je u rasponu od 3-4m.*

Slika 5. Tipski element romb-dodekaedra;

Modaliteti postojeće strukture od tridimenzionalnih ramova i HP elemenata u sistemu "Simplolit". Primer pokazuje varijante modelovanja, gde HP-i mogu zauzimati različite položaje osa i postavljati se prema funkcionalnim zahtevima prostora; osnovna namena HP elemenata je ukrućenje, ali i stvaranje vizuelnog efekta, koji se može varirati u zavisnosti od željenih efekata (puno-prazno, propuštanje dnevnog svetla u segmentima, igra svetlosti u enterijeru, zasjecanje elemenata HP-a prema potrebi i zahtevima, i sl.). Tipaska jedinica prizemlja je četvorostrano orijentisana, sadrži dnevni boravak sa radnim prostorom, kuhinju i kupatilo. Usled prostorne strukture elementa, kosine je moguće ispuniti instalacionim jedinicama, odnosno, moguće ih je koristiti kao mini-galerije u sistemu jedinstvenog prostora. Sprat (ili galerija, u zavisnosti od veličine), pruža izuzetno kvalitetan arhitektonski prostor, sa dodatnim (opcionim) osvetljenjem, mogućim balkonima, galerijom na spratu i slično. Jedna od opcionih mogućnosti je uvođenje elemenata solarne (bioklimatske) arhitekture, postavljanje foto-panela, pasivnih prostora za akumulaciju toplote, što je omogućeno višestranom orijentacijom objekta, i dobrim iskorišćenjem sunčeve energije. Na slici dole (desno) prikazana je osnovna ideja prostornog komponovanja od početnih ćelija - zarubljenih kocki u vertikalnom (dijagonalnom) položaju.



ZAKLJUČAK:

Cilj ovog rada je da prikaže deo mogućnosti savremenih prostornih konstrukcija, definisanih preko jasnih geometrijskih obrazaca (poliedara i pravoizvodnih površi), i ukaže na nekoliko bitnih karakteristika ovih sistema u prostornom, strukturnom i oblikovnom smislu:

- 1) Poliedarske sisteme odlikuje tipizacija osnovnog elementa (ćelije);
- 2) Elementi se mogu kombinovati i uklapati neograničeno u prostoru;
- 3) Karakterišu se tipizacijom rastera i sastavnih delova konstrukcije;
- 4) Pogodni su za implementiranje u različitim urbanim kontekstima;
- 5) Elementi su prefabrikovani, montažno-demontažnog tipa;
- 6) Pogodni su za industrijsku proizvodnju, lako i brzo se montiraju;
- 7) Elementi su otvoreni ka okruženju: višestрана orijentacija, osunčanost, provetravanje, mogućnost bioklimatskih principa (solarne kuće: aktivne i pasivne);
- 8) Mogućnost materijalizacije sistemom "Simplolit", koga odlikuju dobra mehanička, termička, i protivpožarna svojstva, kao i povoljan odnos cene i kvaliteta;
- 9) Poliedarske i pravoizvodne geometrije dopuštaju velike oblikovne mogućnosti;
- 10) U praksi postoje veoma uspešni primeri implementacije poliedarskih struktura.

LITERATURA:

1. Critchlow K.: "Order in Space", London: Thames and Hudson, 1969.
2. Gabriel J.F.: "Polyhedra in Architecture: The International Conference on The Design and Construction of Non-Conventional Structures", Edinburgh 1987, Vol. 1, pp. 139-146.
3. Lloyd S.: "Buckminster Fuller's Universe", New York: Perseus Books, 2001.
4. Mainstone R.J.: "Developments in Structural form", London: Architectural Press, 2001.
5. Nestorović M. i Stošić N.: "Razvoj formi stanovanja kroz primenu višeslojnog tridimenzionalnog prostornog rama", Unapređenje stanovanja: zbornik radova, Beograd 1994, str. 455-462.
6. Newman R. et Fowler D.: "Space, Structure and Form". London: McGraw-Hill, 1996.
7. Grupa autora: "Studies in Polyhedric Architecture", Olivetti review no. 19.

Miroslava Radeka¹

VEZA IZMEĐU PROPUSTLJIVOSTI CEMENTNOG MALTERA I OTPORNOSTI NA DEJSTVO MRAZA I SOLI

Rezime: Oštećenja koja se javljaju pri kombinovanom dejstvu mraza i soli u najvećoj meri su posledica propustljivosti površine betona/maltera. U ovom radu je urađena karakterizacija sistema pora na primeru dva standardna cementna maltera spravljena sa različitim vezivima (portland cement i portland cementni kompozit). Ova dva veziva na različite načine definišu strukturu pora cementnog kamena. Karakteristike sistema pora su određene živinom porozimetrijom. Na bazi rezultata merenja određena je kumulativna kriva i kriva dV/dp . Na osnovu maksimalne vrednosti krive dV/dp određena je vrednost kritičnog poluprečnika koji kao i srednji poluprečnik pora (r_{50}) definiše propustljivost sistema pora.. Rezultati ukazuju da su vrednosti ukupne poroznosti, kritičnog poluprečnika pora i srednjeg poluprečnika najveće za malter napravljen na bazi portland cementnog kompozita.

Ključne reči: otpornost na mraz i soli, propustljivost, živina porozimetrija

RELATIONSHIP BETWEEN PERMEABILITY AND SALT FROST RESISRANCE

Summary: Deterioration that occurs during freezing in the presence of saline water is mostly determined by concrete/mortar surface permeability. This paper determined the pore characteristics of two mortars containing portland and blended cements, which were produced according to the standard procedure. The characteristics of hydrated cement paste are influenced by the type of binder. The pore structure was characterized by mercury intrusion porosimetry. Some typical results of mercury intrusion porsimetry studies are shown, such as the intruded volume and dV/dp curve. The determination of the critical pore radius as the inflection point on dV/dp curve and median pore radius (r_{50}) indicate differences in pore structure and permeability. The obtained results regarding total porosity, critical pore radius and mean radius values indicate the greatest values in the case of the mortar based on portland cement composite.

Key words: salt frost resistance, permeability, mercury porosimetry

¹ Docent, Univerzitet u Novom Sadu, FTN-Odsek za građevinarstvo, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6.

1. UVOD

Dejstvom niskih temperatura u betonu i malteru može doći do površinskih oštećenja i do oštećenja u unutrašnjim slojevima. Površinska oštećenja nastaju kombinovanim dejstvom mraza i soli, a oštećenja nastala u unutrašnjim slojevima su izazivana dejstvom mraza.

Karakteristike kombinovanog dejstva mraza i soli su [1]: (1) daju oštećenja površine u obliku ljuipi, (2) najveća oštećenja nastaju za koncentraciju soli oko 3%, (3) hemijski sastav rastvorljivih soli nije od značaja, (4) do oštećenja dolazi samo ako rastvor na površini betona (spoljašnji rastvor) ima nižu temperaturu mržnjenja od temperature mržnjenja rastvora u porama betona (unutrašnji rastvor), (5) stepen oštećenja raste ako je temperatura niža od -10°C , (6) uvođenjem vazdušnih pora se povećava otpornost betona, (7) betoni sa većom poroznošću površinskog sloja su osetljiviji od betona sa manjom vrednosti poroznosti, (8) osetljivost betona na ovu vrstu uticaja nije u korelaciji sa osetljivošću betona na "dejstvo mraza".

Mehanizmi koji dovode do ove vrste oštećenja su dugo proučavani. Trenutno je najviše prihvaćen mehanizam dejstva poznat pod nazivom *mehanizam formiranja leda u obliku mikrosočiva*. On je prvobitno definisan u cilju objašnjenja specifične vrste oštećenja koja nastaju u betonu pod dejstvom mraza. Suština ovog mehanizma je da pri malim brzinama hlađenja i zagrevanja, u betonu dolazi do stvaranja leda u krupnim kapilarama cementnog kamena; istovremeno su sitne kapilare i gelske pore ispunjene vodom jer je u njima temperatura zamrzavanja vode niža od temperature zamrzavanja u krupnim kapilarnim porama. Nezamrznuta voda ima veću slobodnu energiju od kristala leda. U cilju smanjenja ukupne slobodne energije nezamrznuta voda se kreće kroz sistem pora ka kristalima leda i učestvuje u njihovom rastu. Kristali leda u kapilarnoj pori zbog priliva vode iz gelskih i sitnih kapilarnih pora mogu da narastu mnogo više nego što dozvoljava prostor u pori u kojoj su formirani. Proces rasta kristala leda će trajati sve dok se ne izjednači slobodna energija kristala leda sa slobodnom energijom nezamrznute vode. Pre nego što dođe do izjednačavanja slobodnih energija razviće se pritisci na zidove pora koji mogu po vrednosti nadmašiti čvrstoću pri zatezanju betona, te dolazi do oštećenja.

Ulogu nezamrznute vode u gelskim i sitnim kapilarnim porama, u slučaju kombinovanog dejstva mraza i soli, ima rastvor soli¹ na površini betona. Umesto da voda do kristala leda u kapilarnoj pori dolazi iz okolnih gelskih pora, u ovom slučaju će dolaziti iz rastvora sa površine betona. Rastvor ima temperaturu mržnjenja nižu od čiste vode. Zato je moguće, na datoj temperaturi, istovremeno imati kristale leda formirane u kapilarnim porama i nezamrznut rastvor soli na površini betona. Prema ovom mehanizmu stepen oštećenja površine betona je srazmeran stepenu prenosa vode iz rastvora u slojeve betona gde su formirani kristali leda. Na stepen prenosa utiču karakteristike sistema pora u površinskom sloju. Od ovih karakteristika zavisi brzina hlađenja betona (koeficijent prenosa toplote), tj na kojoj dubini u materijalu se postižu temperature nula i manje od nule, stepen propustljivosti sistema pora i količina formiranih kristala leda (raspodela veličina pora).

¹ Uloga rastvorljivih soli je u značajnom smanjivanju temperature mržnjenja/topljenja leda. One se dodaju vodi u količini koja može da spusti temperaturu mržnjenja ispod temperature vazduha. [1].

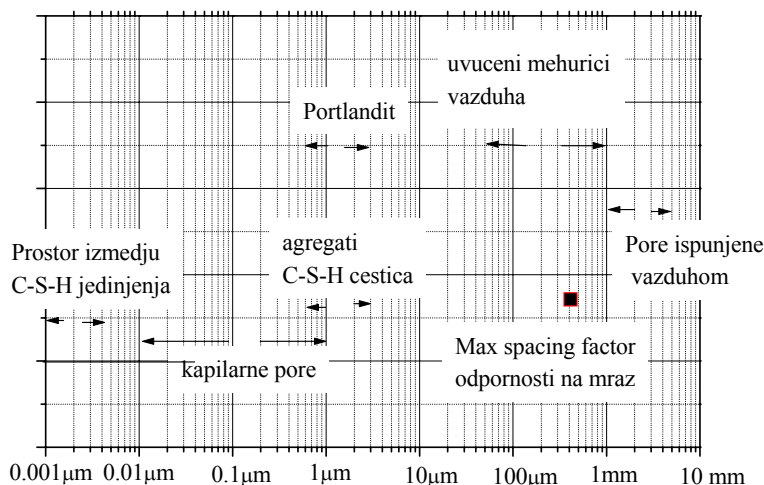
1.1. Propustljivost sistema pora

Za propustljivost betona su odgovorni: ukupna poroznost i raspodela veličina pora cementnog kamena, poroznost zrna agregata i propusnost kontaktne zone između zrna agregata i cementnog kamena u betonu. U ovom radu će se govoriti o propusnosti cementnog kamena.

Struktura pora cementnog kamena je određena u procesu hidratacije. Tada se formiraju dve vrste pora: gelske i kapilarne, slika 1. Voda u gelskim porama je najvećim delom adsorbovana na zidovima pora, a manjim delom slobodna. Međumolekulske sile u slobodnoj vodi, koje određuju viskozitet vode, su manje za oko pet puta od međumolekulskih sila molekula vode i zidova pora (adsorpcioni efekat). Slojevi adsorbovanih molekula na zidovima pora sužavaju prostor za kretanje vode i jona te je njihov transport kroz gelske pore zanemarljiv.

Za oštećenja koja nastaju dejstvom mraza i soli odgovoran je transport vode i jona hlora iz "spoljašnjeg" rastvora u "unutrašnji" rastvor. Kretanje jona hlora zavisi od razlike koncentracija između ova dva rastvora.

Transport vode i jona hlora se odvija: (1) difuzijom (postojanje gradijenta koncentracije), (2) kapilarnim upijanjem i (3) konvekcijom (tok vode kroz krupnije pore), slika 2.



Slika 1. Prikaz intervala veličina čvrstih čestica i precnika pora u cementnom kamenu (Mehta, 1986)

U pogledu prenosa jona hlora interesantne su dve situacije:

1. Koncentracija jona hlora u "unutrašnjem" rastvoru je konstantna i jednaka koncentraciji jona hlora u "spoljašnjem" rastvoru. U tom slučaju je temperatura mržnjenja "unutrašnjeg" rastvora niža od temperature mržnjenja vode u istim porama. Količina formiranih kristala leda je manja, pa su i oštećenja izazvana kombinovanim dejstvom mraza i soli manja.
2. Koncentracija jona hlora u "unutrašnjem" rastvoru je manja nego u "spoljašnjem". Zbog postojanja gradijenta koncentracije dolazi do difuzije jona hlora iz "spolja-



Slika 2. Načini kretanja i vezivanja molekula vode u suvim porama: adsorpcija za zidove pora, učestvovanje u procesima hidratacije i difuzija

šnjeg " u "unutrašnji " rastvor. U površinskom sloju betona/maltera se formira gradijent koncentracije jona hlora koji opada od površine ka unutrašnjosti. Razlika je veća što je propusnost sistema pora manja. Kristali leda se stvaraju u dubljim delovima betona, jer delovi betona bliži površini imaju veću koncentraciju rastvorljivih soli, te nižu temperaturu mržnjenja. U tom slučaju se za rast kristala leda mogu trošiti molekuli vode osim iz "spoljašnjeg " rastvora i iz "unutrašnjeg " rastvora koji se nalazi bliže površini betona/maltera. Kristali leda u ovom slučaju mogu postići daleko veću zapreminu nego u prethodnom, što njačešće znači i veći stepen razaranja .

Oštećenja nastala pri kombinovanom dejstvu mraza i soli mogu biti manja ako je propusnost sistema pora takva da sprečava prolazak molekula vode iz spoljašnjeg rastvora u unutrašnji, a u pogledu koncentracije jona hlora težimo slučaju opisanom u tački 1. Pri prenosu jona hlora kroz cementi kamen deo reaguje sa produktima hidratacije cementa. Što je manji deo jona hlora u vezanoj formi to su veće šanse za postizanjem uniformne raspodele koncentracija jona hlora (slučaj opisan u tački 1). Manji stepen reakcije hloridnih jona sa produktima hidratacije omogućava dodatak krečnjaka u cementu.

U cilju smanjenja propustljivosti sistema pora za vodu treba imati u vidu sledeće činjenice: gelske pore ne učestvuju u procesu prenosa molekula vode. Jedan deo mezopora (2-50nm) se takođe ponaša slično gelskim porama. U ovim porama adsorbovana voda na zidovima pora, smanjuje efektivni prečnik, tako da pore pružaju veliki otpor kretanju vode kroz nju. Prema literaturnim podacima [2] pore prečnika od 75 do 750 nm se smatraju propusnim za vodu. Po dugim literaturnim podacima na propustljivost pora cementnog kamena najveći uticaj imaju kapilarne pore i pukotine (ako su prisutne) od 10 nm do 1 μ m. Dodaci cementu najviše utiču na menjanje sadržaja mezopora..

1.2. Uticaj vrste veziva na strukturu pora i koncentraciju hloridnih jona

Uticaj vrste veziva na otpornost betona/maltera na mraz i soli se može pratiti kroz uticaj na strukturu pora i koncentraciju hloridnih jona u unutrašnjem rastvoru. Struktura pora definiše propustljivosti i sadržaj pora sa uvučenim vazduhom¹. U tom pogledu se pravi razlika između uloge čistog portland cementa i portland cementa sa dodacima.

¹ Na osnovu teorije Powersa vazdušne pore služe kao mesta za otpuštanje pritiska koji se razvijaju u sistemu pora zbog dejstva mraza. Voda pod dejstvom hidrauličnog pritiska, dolazi u vazdušnu poru iz pore gde kristala leda vrši pritisak na zidove pora. U novijoj literaturi [1] se navodi da je prava uloga vazdušnih pora da obezbede prostor gde dolazi do kristalizacije leda bez stvaranja pritiska na zidove pora.

Čist portland cement obično ima u strukturi pora (pored gelske) i makrokapilarnu poroznost. Povećano prisustvo alkalija u portland cementu povećava poroznost maltera i betona [3] i najverovatnije utiče na ukupnjavanje vazdušnih pora [4]. U literaturi [5] se na primer preporučuje upotreba čistog portland cementa sa smanjenim sadržajem alkalija i povećanom otpornošću na sulfate (mali sadržaj C_3A), u cilju povećanja otpornosti na kombinovano dejstvo mraza i soli.

Dodaci cementu (pucolani, zgura) utiču na povećanje udela mezokapilarnih pora [6]. Ova činjenica bi trebalo da utiče na smanjenje difuzije hloridnog jona, međutim ispitivanja su pokazala [6] da propustljivost hloridnog jona mnogo više zavisi od mahanizma difuzije i upravo je proporcionalna sa srednjim poluprečnikom pora (r_{50} kod živine porozimetrije). Pucolanski dodaci utiču na povećanje ukupne poroznosti ali na smanjenje vrednosti kritičnog poluprečnika (smanjena propustljivost) u odnosu na istu vrednost kod čistog portland cementa i na raspodelu pora (više diskontinualna). Pored pozitivnog uticaja na smanjenje propustljivost sistema pora pucolani sa povećanim sadržajem organskih materija mogu da utiču na variranje potrebnog sadržaja uvučenog vazduha. Dodatak zgure čini da se ukupna poroznost maltera i betona kroz vreme smanjuje iako je po vrednosti veća od ukupne poroznosti istih načinjenih od čistog portland cementa. Kao i u slučaju dodatka pucolana raspodela veličina pora se menja u pravcu povećanja učešća finijih pora (mezopora). Kod cementa sa dodacima se preporučuje provera otpornosti na dejstvo mraza i soli u funkciji starosti betona [4].

Uticaj krečnjaka kao dodatka se sastoji u modifikaciji početne reakcije C_3A jedinjenja, u ubrzanju procesa hidratacije C_3S jedinjenja kao i u efektu smanjenju trenja pri pakovanju zrna klinkera [7]. Osim toga krečnjak smanjuje količinu hloridnog jona koji reaguje sa cementom, tj povećava količinu slobodnog hloridnog jona. Veća količina slobodnih jona utiče na brzinu procesa izjednačavanja koncentracija u "spoljašnjem" i "unutrašnjem" rastvoru. Podaci o uticaju dodatka krečnjaka na stepen oštećenja pri dejstvu mraza i soli je različit [9].

2. EKSPERIMENTALNI DEO

U cilju bolje karakterizacije materijala i razumevanja procesa koji se dešavaju u materijalu dejstvom mraza i soli rađena su ispitivanja primenom živine porozimetrije.

Živina porozimetrija je najšire primenjivani metod u procesu karakterizacije strukture sistema pora, uprkos dobro poznatim ograničenjima metode. Niskotemperaturna adsorpcija azota je mnogo pogodniji metod za karakterizaciju gelskih pora. Međutim ova vrsta pora ne doprinosi u značajnijoj meri brzini prenosa vode i jona, te za propustljivost nisu od većeg značaja. Rezultati Hg porozimetrije se najčešće prikazuju na način predstavljen na slikama 4,6 a) *kumulativna kriva* na osnovu količine utisnute žive [mm^3/g], b) dV/dp u funkciji poluprečnika pora. Pored ovih vrednosti daje se i raspodela veličina pora, slika 5. Prikaz rezultata u obliku $dV/d\log p$ omogućava da se istaknu razlike u sadržaju kapilarnih pora. Za ocenu propustljivosti pora vrednosti koristi se dijagram dV/dp . Na osnovu ovog dijagrama određuje se vrednost poluprečnika u tački koja odgovara maksimumu sa najvećom vrednošću dV/dp ("kritični poluprečnik pora"). Vrednost "kritičnog poluprečnika pora" označava najmanji poluprečnik najveće grupe pora koje su međusobno povezane i određuju propustljivost sistema pora. Što je njegova vrednost veća i propustljivost je veća.

Drugi po važnosti parametar u postupku karakterizacije raspodele veličine pora je vrednost poluprečnika pora koji odgovara vrednosti 50% ukupne zapremine žive utisnute u sistem pora (r_{50}).

Materijal: Za ispitivanje porznosti smo koristili uzorke standardnog cementnog maltera načinejene od dve vrste cementa:

- Standardni malter spravljen sa cementom CEM I 42.5R-oznaka **M1**
- Standardni malter spravljen sa cementom CEM II/A-M (S-L) 42.5R-oznaka **M2**

Cement je proizveden u fabrici cementa "Lafarge Beočinska fabrika cementa". Malter je napravljen prema proceduri datoj u standardu JUS EN 196-1. Uzorci su bili stari 28 dana.

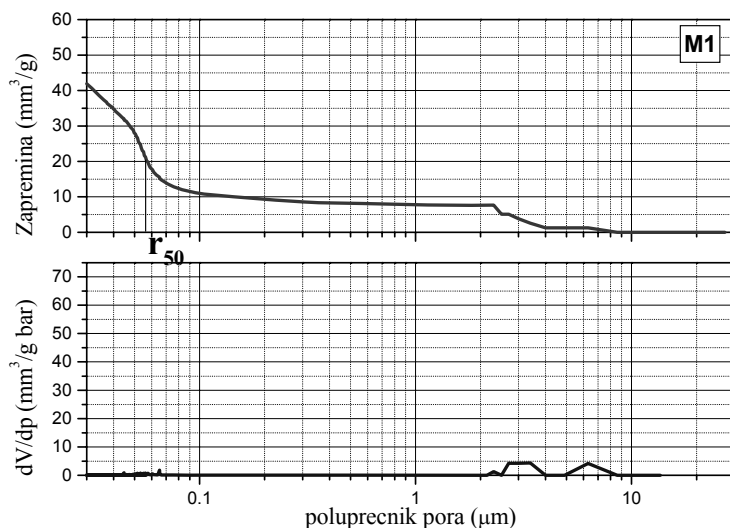
Pre određivanja poroznosti uzorci su bili osušeni na temperaturi $105 \pm 5^\circ\text{C}$.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja poroznosti primenom živine porozimetrije u pogledu ukupne poroznosti, vrednosti kritičnog poluprečnika i r_{50} su date u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati Hg porozimetrije

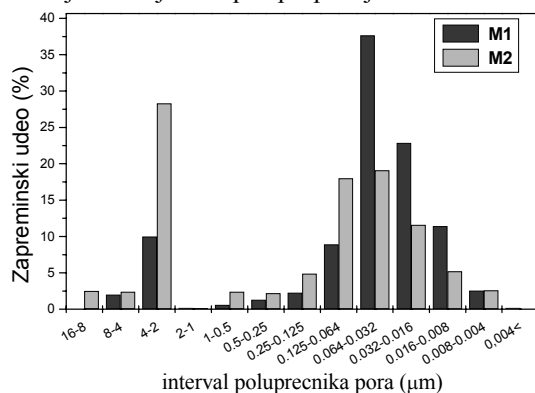
Standardni malter	Ukupna poroznost (%)	Kritičan poluprečnik pora, (μm)	r_{50} , (μm)
M1	14	3; 4.5	0.05
M2	21.16	2.3	0.15



Slika 4. Prikaz rezultata Hg porozimetrije a) Kumulativna kriva b) dV/dp za standardni malter M1

Dobijene vrednost ukupne poroznosti su manje za malter M1, napravljen sa portland cementom u odnosu na malter M2 napravljen sa portland cementom sa dodatkom zgure i krečnjaka. Ostaje nedoumica u kojoj meri je na vrednost ukupne poroznosti uticala temperatura sušenja [6]. Vrednosti kritičnog poluprečnika pora, tabela

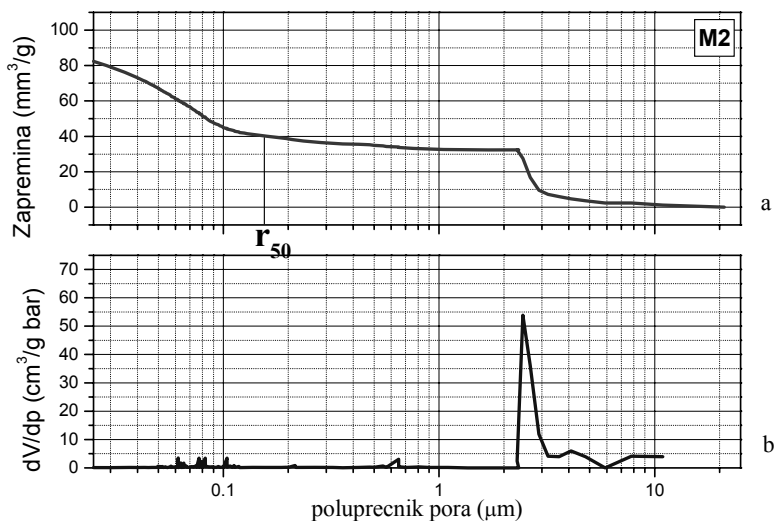
1, koje su daleko veće od kapilarnih pora, ukazuju da kontaktna zona između veziva i zrna agregata ima značajan uticaj na stepen propustljivost maltera.



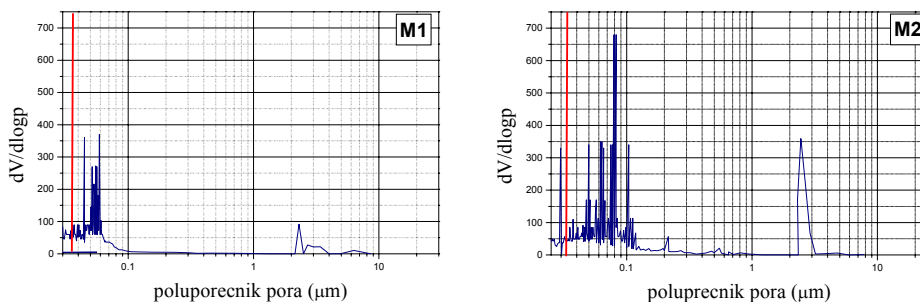
Slika 5. Raspodela veličina pora

Uz pretpostavku da su pore manje od $1\mu\text{m}$ rezultat procesa hidratacije cementa, (ako zanemarimo da su u procesu sušenja mogli nastati defekti ovog reda veličine), proizilazi da je zapremina pora manjih od $1\mu\text{m}$ veća kod maltera M2 sa vezivom CEM II/A-M (S-L)42.5R, slika 4 i 6. Interesantno je da u pogledu raspodele pora ovaj cement, CEM II/A-M (S-L)42.5R, ima više makrokapilarnih pora ($d > 50\text{ nm}$ po IUPAC nomenklaturi), slika 5.

Očekivano je da prisustvo zgre povećava učestće mezokapilarnih pora ($2 < d < 50\text{ nm}$ po IUPAC nomenklaturi), ali izloda da je prisustvo krečnjaka uticalo na promene u raspodele kapilarne poroznosti. O propusnosti mezo i mikrokapilarnih pora se može više saznati sa dijagrama prikazanih na slici 7, na osnovu vrednosti pikova. Granica između mezo i makrokapilara je označena crvenom bojom.



Slika 6. Prikaz rezultata Hg porozimetrije a) Kumulativna kriva b) dV/dp za standardni malter M2



Slika 7. Prikaz rezultata Hg porozimetrije kao $dV/d\log p$

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja putem Hg porozimetrije maltera M1 i M2 može se zaključiti da je:

- Ukupna poroznost, kritičan poluprečnik i r_{50} veća kod maltera M2
- Krečnjak kao dodatak bi mogao da ima značajnu ulogu u brzom izjednačavanju koncentracije hloridnog jona u spoljašnjem rastvoru sa koncentracijom hloridnog jona u unutrašnjem rastvoru.

Napomena: U radu su prikazani rezultati koji su proizašli iz istraživanja u okviru projekta TP-6517A koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine.

5. LITERATURA

1. Valenza J. J., Scherer W. G.: "Mechanism for Salt Scaling", J. Am. Ceramic Soc., **89**, 1161, 2006.
2. Dureković A.: "Cement i cementni kompozit i dodaci betonu", Školska kniga, Zagreb, 1996, str. 74.
3. Kazusuke K., Morie O., Kenji N., Zuuichi U.: "Effect of Alkalies on Micropore Structure of Concrete", Seisan Kenkyu, 40 (7), 344-345, 1988.
4. Mielenz R.C. at al: "Origin, evolution and effects of the air-void system in concrete". Four articles in ACI Journal 30 (1958):2, 30 (1958):3 (1958):4.
5. Fagelund G. (2001). CONTECVET –Manual for assessing concrete structures affected by frost, Div. Building Materials, Lund Institute of Technology.
6. Della M. R.: "Relationships Between Permeability, Porosity, Diffusion and Microstructure of Cement pastes, Mortar and Concrete at Different Temperatures", SHRP-C-628, 76-85.
7. Elkhadiri I., Diouri A., Boukhari A., Aride J., Puertas F.: "Mechanical behaviour of various mortars by combined fly ash and limestone in Moroccan Portland cement", Cem an Con. Research, **32**, 1597-1603, 2002.
8. Duh D., Bokan-Bosiljkov V.: "Vpliv poroznosti in vrste apnenčeve moke na zmrzlinisko odpornost samozgoščevalnega betona", Konferenca "Vtderževanje, zaštita in popravila betonskih konstrukcij", Zbornik referatov, Lipica, str. 130-137. 2005.

Mladen Ćosić¹
Dorđe Ladinović²

NELINEARNA STATIČKA KONVENCIONALNA I MODIFIKOVANA PUSHOVER METODA

Rezime: Prikazana je nelinearna statička konvencionalna i modifikovana pushover metoda za procenu veličine seizmičkih sila i nelinearnog ponašanja zgrada. Zgrada je modelirana primenom grednih konačnih elemenata, uveden je faktor krutosti krajeva štapa, na krajevima štapova su locirani plastični zglobovi i uvedena geometrijska nelinearnost. Poprečno pushover opterećenje je definisano preko modalnog opterećenja prema prvom svojstvenom obliku. Modifikacija nelinearne pushover metode izvršena je preko korekcije perioda vibracija zgrade posle svake inkrementalne nelinearne statičke pushover analize. Kao odgovor na nelinearno ponašanje zgrade generisana je pushover kriva. Zatim je pushover kriva konvertovana u krivu kapaciteta u ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum) formatu, dok su odgovarajuće spektralne krive prikazane za različite nivoe prigušenja sa različitim efektivnim koeficijentom prigušenja. Komparacijom krive kapaciteta i spektralnih kriva dobija se odnos seizmičkog kapaciteta zgrade i seizmičkog zahteva.

Ključne reči: zgrada, plastični zglobovi, nelinearna analiza, matrica krutosti, svojstveni oblik, pushover kriva, kriva kapaciteta

NON-LINEAR STATIC CONVENTIONAL AND MODIFIED PUSHOVER METHODS

Summary: Non-linear static conventional and modified pushover methods are described for the level evaluation of seismic forces and non-linear behaviour of buildings. The building was modelled with beam finite elements, used rigid end factor, plastic hinges placed at the ends of beams, also geometric non-linearity introduced. Lateral pushover load defined using modal load with the first mode shape. The correction of period vibration of the building used for the modification of non-linear pushover method after each incremental non-linear static pushover analysis. As a response on the non-linear behaviour of building pushover curve generated. After that pushover curve was converted into a capacity curve in ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum) format, till spectral curves shown for different levels of damping with different effective damping ratios. The relation between seismic capacity of the building and seismic demand are getting from the comparison of capacity curve and spectral curves.

Key words: building, plastic hinges, nonlinear analysis, stiffness matrix, mode shape, pushover curve, capacity curve

¹ Dipl. inž. građ., student posleddiplomac, Fakultet Tehničkih Nauka, 21000 Novi Sad, Trg. D. Obradovića 6

² Dr, docent Univerziteta u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 21000 Novi Sad, Trg. D. Obradovića 6

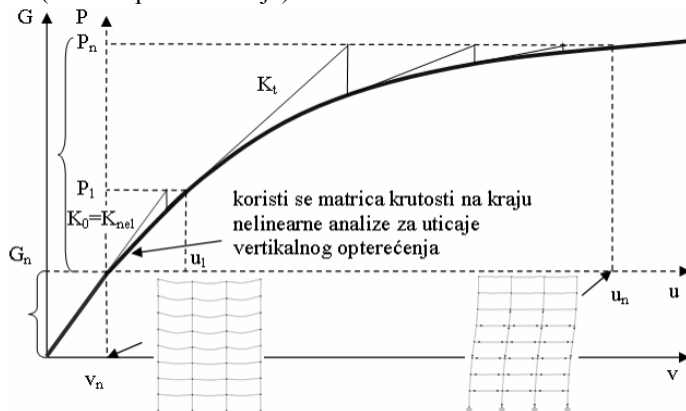
UVOD

Analiza ponašanja konstrukcije i razvoj seizmičkih sila prekoračenjem linearno-elastičnog ponašanja, i ulaskom u zonu nelinearnosti može se pratiti primenom *nelinearne statičke pushover metode*. Ponašanje konstrukcije se prati preko promene pomeranja čvora na najvišem spratu u odnosu na ukupnu horizontalnu silu. Dobijena kriva se zove *pushover kriva*. Degradacija krutosti se progresivno nastavlja sve dok tangenta na krivu u datoj tački ne postane horizontalna, dakle tangencijalna krutost u nelinearnom području opada na nekoliko procenata inicijalne krutosti. Pri seizmičkim analizama koriste se pojednostavljeni dinamički modeli (za razliku od modela za statičku analizu) na koje se apliciraju seizmičke sile. Ove sile se proračunavaju iz elastičnog ili projektnog spektra, a redukuju se faktorom redukcije. Problemi koji se javljaju kod ovakvih analiza su:

- redukcionni faktor je aproksimativan i ne reprezentuje karakteristike konstrukcije pod datim uslovima,
- kada se određeni delovi štapa modeliraju plastičnim zglobovima, i ulaskom u nelinearno područje dolazi do značajne preraspodele sila i deformacija, ove promene nisu predstavljene redukcionim faktorom,
- ne postoji predstava o formiranju mehanizma konstrukcije,
- globalna i delimična lokalna preraspodela deformacija u nelinearnom području egzistira, dok u linearnoj oblasti ne postoji.

KONVENCIONALNA PUSHOVER METODA

Konvencionalnom pushover metodom [8] prvo se vrši nelinearna statička analiza za vertikalno opterećenje primenom metode konačnih elemenata, a zatim se nastavlja nelinearna statička pushover analiza (slika 1). U prvoj fazi se definiše [5]: geometrija sistema, karakteristike materijala (potrebno je odrediti preliminarne dimenzije i količinu armature u poprečnom preseku), karakteristike plastičnih zglobova prema [4], a zatim se aplicira opterećenje na konstrukciju. Sledeći korak je proračun modalne analize sa nultim početnim uslovima (nulto naponsko stanje).

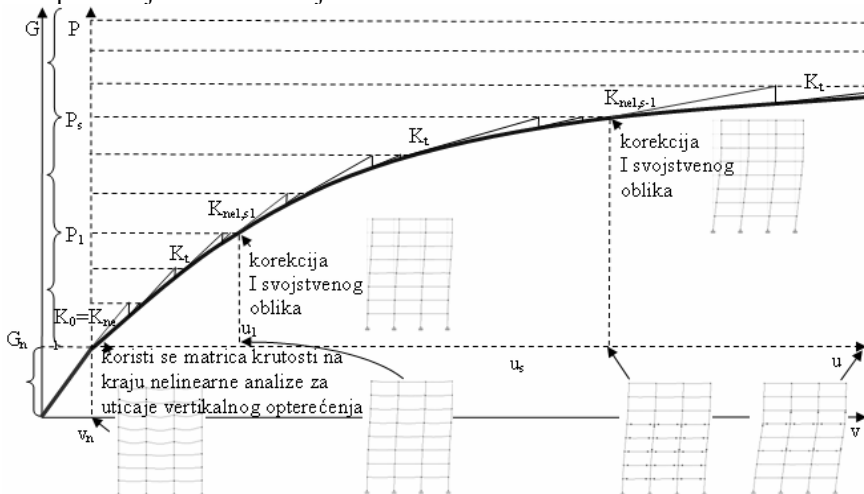


Slika 1. Inkrementalno-iterativna procedura sa inicijalnom matricom krutosti $K_0=K_{nel}$ za pushover analizu

Nelinearna statička analiza se vrši za uticaje vertikalnog opterećenja sa nultim početnim uslovima (nulto naponsko stanje) i kontrolom opterećenja po silama. Primenom inkrementalno-iterativne procedure [2] postepeno se povećava veličina sila, a istovremeno se prati odgovor konstrukcije. Pošto je ova analiza inkrementalno-iterativna to se matrica krutosti na kraju date analize koristi za pushover analizu $K_{pushover,0}=K_{G,nel}$. Nelinearna statička pushover analiza takođe koristi inkrementalno-iterativnu proceduru za proračun jednačina ravnoteže primenom metode konačnih elemenata, koja se izvršava sve dok se ne dostigne unapred definisani nivo horizontalnog pomeranja ili dok ne dođe do kolapsa konstrukcije. Kod pushover analize koristi se kontrola pomeranja čvora na vrhu konstrukcije u horizontalnom pravcu U_x . U odnosu na ovaj čvor prati se raspodela ukupne horizontalne sile. Pri ovoj analizi uzimaju su u obzir samo pozitivni inkrementi pomeranja. Uvođenjem geometrijske i materijalne nelinearnosti analiza se odvija sa tangentnom matricom krutosti K_t . Ovakvom inkrementalno-iterativnom procedurom omogućeno je praćenje razvoja materijalne nelinearnosti u plastičnim zglobovima, pri različitim fazama opterećenja konstrukcije (*step by step*).

MODIFIKOVANA PUSHOVER METODA

Formulacija modifikovane koncepcije javila se u cilju poboljšanja konvencionalne pushover metode (koncepcija i analiza prema autorima ovog rada), u poređenju sa dinamičkim analizama koje se mogu smatrati kao merodavne. Modifikacija pushover metode se ogleda u tome što se nakon svake promene krutosti redefiniše model (slika 2). Pad krutosti izaziva povećanje perioda vibracija. Dakle, vrši se proračun novog perioda vibracija konstrukcije, svojstvenog oblika i nova raspodela horizontalnih sila za svaki novi redefinisani model. U prvoj fazi se isto kao kod prethodne metode definiše: geometrija sistema, karakteristike materijala (potrebno je definisati dimenzije i količinu armature u poprečnom preseku), karakteristike plastičnih zglobova prema [4], a zatim se aplicira opterećenje na konstrukciju.



Slika 2. Inkrementalno-iterativna procedura sa inicijalnom matricom krutosti $K_0=K_{nel}$ za pushover analizu i korekcijom I svojstvenog oblika

Sledeći korak se odnosi na raspodelu vertikalnog opterećenja na unapred definisan broj delova n (inkremenata). Prva (početna) modalna analiza se vrši sa nultim početnim uslovima (nulto naponsko stanje). Za unapred definisan broj inkremenata n vertikalnog proračunskog opterećenja, za svaki inkrement $i=1$ do n proračunavaju se presečne sile iz nelinearne statičke analize, sa nultim početnim uslovima i kontrolom po silama. Matrica krutosti na kraju date analize se koristi za narednu modalnu i nelinearnu statičku analizu za vertikalno opterećenje ($i=2$). Ovaj postupak se ponavlja sve dok se ne ispuni uslov $i=n$. Po ispunjavanju uslova $i=n$ matrica krutosti na kraju svih nelinearnih statičkih analiza za vertikalno opterećenje $K_{nel,i=n}$ koristi se za nelinearnu statičku pushover analizu. Pushover opterećenje se deli na određeni broj inkremenata m . Na kraju svake pushover analize matrica krutosti $K_{nel,s}$ se koristi za narednu modalnu i nelinearnu statičku pushover analizu dok se ne postigne uslov $s=m$. Kod pushover analiza koristi se kontrola pomeranja čvora na vrhu rama u horizontalnom pravcu U_x . Pushover opterećenje u nelinearnoj statičkoj pushover analizi s se generiše iz svojstvenog oblika modalne analize $s-1$. Na ovaj način se dobija niz analiza u kojima se naizmenično vrši proračun svojstvenih oblika konstrukcije, vertikalnog opterećenja i pushover opterećenja. U okviru svakog inkrementa opterećenja i , s odvija se posebna sub-inkrementalno-iterativna analiza. Suština ove metode se sastoji u podeli ukupnog opterećenja na niz manjih delova (sub-inkremenata). Jednačine problema rešavaju se za niz posebnih sub-inkrementalnih opterećenja. U okviru svakog sub-inkrementa pretpostavlja se da je sistem jednačina linearan. Tako se rešenje nelinearnog problema dobija kao zbor niza linearnih (sub-inkrementalnih) rešenja. Za dovoljno malu veličinu sub-inkrementa rešenje konvergira ka tačnom rešenju. Ovakvom modifikovanoom konvencionalnom pushover metodom se uzima u obzir promena perioda vibracija konstrukcije posle svake nelinearne statičke analize, za razliku od konvencionalne pushover metode gde se celokupna analiza odvija sa konstantnim periodom vibracija. Promena perioda vibracija konstrukcije odvija se usled razvoja geometrijske i materijalne nelinearnosti, koje su uključene uzimanjem u obzir matrica krutosti na kraju nelinearnih analiza K_{nel} , pri proračunu modalnih analiza.

MODELIRANJE KONSTRUKCIJE I PUSHOVER OPTEREĆENJE

Konstrukcija se modelira primenom jedno-dimenzionalnih grednih konačnih elemenata [9], kod kojih se uzimaju obzir i efekti smicanja. Konačni element je konstantnog poprečnog preseka sa dva čvora i šest stepeni slobode pomeranja u svakom čvoru: tri translaciona i tri rotaciona. Diskretizacija štapa se vrši prema kriterijumu maksimalne veličine jednog konačnog elementa i minimalnog broja konačnih elemenata po jednom štapu. Uticaj krute veze na kontaktu stub-greda uvodi se preko faktora krutosti krajeva štapa (*rigid end factor*) [8], tako da se dobija realna dužina štapa L_R , odnosno fleksibilna dužina štapa prema:

$$L_f = L - R(i_{off} + j_{off}), \quad (1)$$

gde je R faktor krutosti krajeva štapa. Vrednost faktora R se nalazi u granicama $0 \leq R \leq 1$. Ukoliko je $R=0$ uzima se u obzir idealna dužina štapa, a ukoliko je $R=1$ podrazumeva se da su krajevi štapa potpuno kruti. Na svakom štapu apliciraju se plastični zglobovi na kraju i početku štapa, i to plastični zglob za momenat oko horizontalne ose i plastični zglob za normalnu silu. Uvođenjem krutih krajeva štapa modelira se uticaj veze greda-stub. U ovom slučaju plastični zglobovi se pomeraju od krajeva štapa za vrednost dužina

krutih krajeva štapa i_{off} i j_{off} , tako da se smanjuje fleksibilna dužina štapa. Formiranjem plastičnih zglobova na konstrukciji, prati se razvoj nelinearnih deformacija i preraspodela statičkih uticaja na štapovima. Odnos sila-deformacija za plastični zglob prema [9] glasi:

$$f = k_y d + (k_e - k_y) e, \quad (2)$$

gde su:

k_y - krutost pri pekoračenju granice velikih izduženja,

d - ukupna deformacija,

k_e - inicijalna linearna krutost,

e - elastična deformacija u granicama $\pm d_y$.

Proračun jednačine (2) se vrši u iterativno primenom numeričke integracije. Pri svakoj iteraciji i proračunavaju se elastične deformacije prema sledećem algoritmu:

$$\text{ako je: } v e_t^{(i-1)} \leq 0: \quad e_t^{(i)} \leq e_{t-\Delta t} + v, \quad (3)$$

$$\text{ako je: } v e_t^{(i-1)} > 0: \quad e_t^{(i)} \leq e_{t-\Delta t} + \left(1 - \left|\frac{e_{t-\Delta t}}{d_y}\right|^n\right) v, \quad (4)$$

$$\text{ako je: } e_t^{(i)} > d_y: \quad e_t^{(i)} = d_y, \quad (5)$$

$$\text{ako je: } e_t^{(i)} < -d_y: \quad e_t^{(i)} = -d_y. \quad (6)$$

Iterativna sila se dobija prema:

$$f_t^{(i)} = k_y d_t^{(i)} + (k_e - k_y) e_t^{(i)}. \quad (7)$$

Kod zgrada nižih i srednjih spratnosti dominira prvi svojstveni oblik vibracija, dok kod zgrada sa većim brojem etaža uticaj imaju i viši svojstveni oblici vibracija. U ovom slučaju viši oblici mogu uticati i na oblik *pushover krive*. Poprečno pushover opterećenje se definiše preko modalnog opterećenja prema prvom svojstvenom obliku [8], tako da je sila u svakom čvoru:

$$S_j = m_j \varphi_j \omega_1^2, \quad (8)$$

gde su:

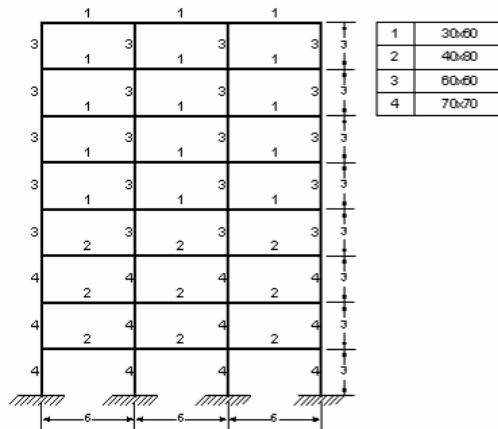
m_j - masa j -tog čvora,

φ_j - svojstvena vrednost,

ω_1 - kružna frekvencija.

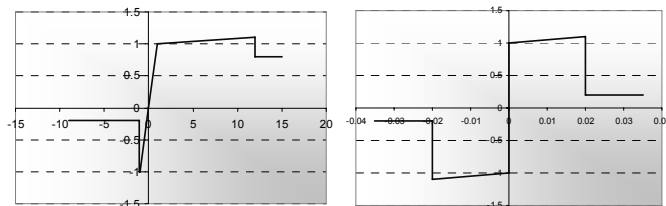
NUMERIČKA ANALIZA RAMA

U ovom delu rada prikazana je numerička analiza rama (slika 3). Svi štapovi su modelirani 1D konačnim elementima. Diskretizacija je izvršena prema kriterijumu tako da je maksimalna veličina jednog konačnog elementa $0.5m$, a minimalni broj konačnih elemenata po jednom štapu 4. Ukupan broj generisanih grednih konačnih elemenata u analiziranom modelu iznosi 480. Analiza opterećenja je izvršena za slučaj stalnog opterećenja od sopstvene težine rama, armirano-betonske tavanice, poprečnih zidova, podužnih zidova; i za slučaj korisnog opterećenja. Razmak ramova u podužnom pravcu je $6m$. Period vibracija je proračunat tako da bude približno jednak vrednosti dobijenoj prema formuli $T = 0.1 \cdot n$, pri čemu je n broj spratova.



Slika 3. Analizirani model

Da bi se odredila preliminarna armatura u poprečnom preseku greda i stubova izvršena je analiza statičkih uticaja. Seizmičke sile su analizirane primenom ekvivalentne statičke metode i aplicirane na konstrukciju. Zatim su formirane kombinacije opterećenja. Primenom metode konačnih elemenata određeni su statički uticaji, a potom je izvršen proračun armature prema BAB '87, za kvalitet betona *MB 30* i armaturu *RA 400/500*. Veza greda-stub modelirana je faktorom krutosti krajeva štapa $R=0,8$. Za sve plastične zglobove definisane su krive prema [4] (slika 4).

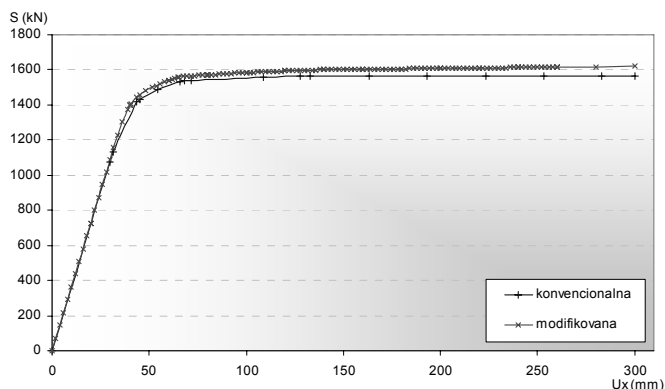


Slika 4. Kriva aksijalnog i momenat plastičnog zgloba

Prvo je izvršena konvencionalna statička pushover metoda prema opisanom postupku, a zatim je izvršena modifikovana statička pushover metoda. Primenujući algoritam koji je opisan za nelinearnu statički modifikovanu pushover metodu razvijena je *pushover kriva*. Za vertikalno opterećenje usvojen je broj inkremenata $n=5$, dok je za statičko pushover opterećenje izvršena optimizacija broja inkremenata u odnosu na nivo horizontalnog pomeranja po jednom inkrementu, tako da je dobijena vrednost za $m=15$. Na osnovu prethodno usvojenih inkremenata generisane su nelinearne i modalne analize. Dakle, ukupan broj analiza iznosi 40, i to 5 nelinearnih statičkih analiza za vertikalno opterećenje, 15 nelinearnih statičkih pushover analiza i 20 modalnih analiza.

Na dijagramu 1 su prikazane pushover krive za nelinearnu statičku konvencionalnu i modifikovanu pushover metodu. Povećanjem nivoa horizontalnog pomeranja povećava se razlika u horizontalnoj smičućoj sili za prikazane metode. Takođe u zavisnosti od stepena nelinearnosti modela i promene perioda vibracija po inkrementima, razlika između prikazanih kriva će biti veća. Na dijagramu 2 prikazan je kapacitet konstrukcije preko *krive kapaciteta* u ADRS (*Acceleration Displacement*

Response Spectrum) formatu, dok su odgovarajuće spektralne krive prikazane za različite nivoe prigušenja sa različitim koeficijentom prigušenja: 5%; 10%; 15% i 20%.



Dijagram 1. Krive nelinearne statičke konvencionalne i modifikovane pushover metode

Presek ove dve krive je tačka koja aproksimira odgovor konstrukcije na zadato opterećenje [6], odnosno ova tačka pokazuje uslove pod kojim je seizmički kapacitet konstrukcije jednak seizmičkom zahtevu. Radijalani pravac perioda T poklapa se sa krivom kapaciteta u području linearno elastičnog ponašanja konstrukcije, odnosno do pojave prvih plastičnih zglobova u konstrukciji. Period koji odgovara punoj elastičnoj krutosti konstrukcije zove se početni period vibracija. U nelinearnom području tačkama na krivi spektra odgovaraju radijalni pravci manjeg nagiba.



Dijagram 2. Pushover konvencionalna kriva u ADRS formatu

Uticaj efekata geometrijske i materijalne nelinearnosti na raspodelu poprečne seizmičke sile do nivoa horizontalnog pomeranja od 30mm nema globalnog uticaja. Povećanjem horizontalnog pomeranja vrha rama evidentan je pad krutosti na svega nekoliko procenata inicijalne krutosti, ukoliko se primenjuje nelinearna analiza. Za isti nivo horizontalnog pomeranja od 200mm razlika u poprečnoj seizmičkoj sili, ukoliko se uzme u obzir za komparaciju linearni model i model gde je omogućen razvoj plastičnih zglobova, iznosi i preko 350%.

ZAKLJUČAK

Kod klasičnog dimenzionisanja zgrada prvo se vrši linearna analiza za različite uticaje opterećenja, a zatim superpozicija dobijenih uticaja, takođe i uticaja dobijenih za seizmičku kombinaciju. Primenjujući nelinearnu pushover metodu za analizu seizmičkih uticaja ne može se primeniti princip superpozicije za različite kombinacije. U ovom radu je korišćena modifikacija kod nelinearne analize za seizmičke uticaje, jer je prvo izvršena analiza za uticaje vertikalnog opterećenja, a zatim je korišćena matrica krutosti istog za pushover analizu. Dakle, simulirana je analiza konstrukcije u realnim uslovima gde se prvo izvrši deformacija za gravitacione uticaje, gde na deformisanu konstrukciju deluje zemljotres. Modifikacijom pushover analize preko korekcije svojstvenog oblika po završetku svakog inkrementa pushover opterećenja, uzima se u obzir promena perioda vibracija za različite nivoe horizontalnog pomeranja konstrukcije. Primenom nelinearne statičke pushover metode omogućava se realan uvid u nelinearno ponašanje konstrukcije i raspodelu generisanih seizmičkih sila, a što se za komparativnu analizu može obuhvatiti primenom nelinearne analize vremenske istorije (*Nonlinear Time-History Analysis*). Najnovija istraživanja [1] i [7] pokazuju da rezultati pushover metode daju zadovoljavajući novo slaganja sa rezultatima nelinearne dinamičke analize vremenske istorije, a takođe pushover metoda je inkorporirana u propise [4] i [3].

LITERATURA

1. Antoniou S., Pinho R. : "Advantages and Limitations of Adaptive and Non-Adaptive Force-Based Pushover Procedures", Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, Imperial College Press, 2004., str. 497-522.
2. Crradock J. : "Introduction to Nonlinear Problems", Power point presentation.
3. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1, General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, European Committee for Standardization, Brussels, 2003., str. 48-49.
4. FEMA 273 (Federal Emergency Management Agency), NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington D.C., 1997., VI str. 1-60.
5. Habibullah A., Pyle S. : "Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis", Structure (magazine), 1998., str. 1-6.
6. Hrasnica M.: "Spektri odgovora za seizmičku procenu zgrada", časopis Građevinar, Zagreb, 2002., str. 659-663.
7. Papanikolaou V. , Elnashai A. , Pareja J. : "Limits of Applicability of Conventional and Adaptive Pushover Analysis for Seismic Response Assessment", Mid-America Earthquake Center, Civil and Environmental Engineering Department, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2005., str. 1-92.
8. SAP 2000 8.0.8 Integrated Software for Structural Analysis and Design, Analysis Reference Manual, Computers and Structures, Berkeley, 2002., str. 321-323., 101-104., 310-312.
9. Wilson E. : "Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures, A Physical Approach with Emphasis on Earthquake Engineering", Computers and Structures, University of California at Berkeley, 2002., IV str. 1-13.

Nenad Šekularac¹

Nebojša Adžić²

OBLIKOVANJE NABORASTIH KONSTRUKCIJA PRIMENOM DRVENIH REŠETKASTIH NOSAČA

Rezime: Mali broj ljuskastih konstrukcija, uključujući i naboraste konstrukcije, izveden je u poslednje vreme. One su najčešće oblikovane primenom pločastih proizvoda drvne industrije, što asocira na pokušaj neadekvatne zamene betona drvetom.

U ovom radu prikazaće se mogućnost formiranja naborastih konstrukcija formiranih od drvenih rešetkastih nosača kod kojih su međusobne veze ostvarene konekterima, kao i primer izvedenog prototipa cilindrične naboraste konstrukcije raspona 25.0 m čiji je autor i autor ovog rada.

Ključne reči: Naborasta konstrukcija, prostorne strukture, cilindrična naborasta konstrukcija, krovna konstrukcija, drveni rešetkasti nosači, konekteri

FOLDED STRUCTURES FORMED OF METAL PLATE CONNECTED WOOD TRUSSES

Summary: *A small number of shell structures, including folded structures, has been made lately. Most often they were shaped by application of plate products of lumber industry which seems like inappropriate replacement of concrete by wood.*

The possibility of shaping folded structures formed of metal plate connected wood trusses will be presented in this work, as well as the example of the cylindrical folded structure of a 25.0m span. The author of these structures is the author of this work.

Key words: folded structures, spaces structures, cylindrical folded structure, roof structure, wood trusses, metal plate fasteners,

¹ Magistar dipl.inž.arh, Asistent, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd, Srbija,

² dipl.inž.arh, Asistent, Univerzitet u Podgorici, Građevinski fakultet, Cetinjski put bb, 81000 Podgorica, Crna Gora

1. NABORASTE KONSTRUKCIJE

Područje naborastih konstrukcija kao konstruktivni sistem, dosada je bilo rezervisano uglavnom za primenu betona i armiranog betona u teoriji, praksi (građevinskoj realizaciji). U okviru teorije armiranog betona i u teoriji tankozidnih nosača ovom sistemu konstrukcija posvećena je veća pažnja. Skoro svi problemi vezani za teoriju, oblikovanje, proračun i analizu stabilnosti ovih tankozidnih ljuski u betonu su rešeni, dok drugim materijalima (čeliku i drvetu) nije poklonjena adekvatna pažnja teoretičara, konstruktera ni izvođača radova.

U radu će biti prikazana iskustva koja je autor stekao za vreme izvođenja konstrukcije raspona 25.0 m, cilindrične forme formirane u vidu nabora. Naboraste konstrukcija je izvedena kao prototip hale, koji se sastoji iz dva polja naboraste konstrukcije, i izveden je na sajmu građevinarstva u Budvi, Srbija i Crna Gora.

Navedeni primer naboraste konstrukcije sastoji se od dva tipa trouglastih rešetkastih nosača koja se prostorno kombinuju tako da susedne trougaone rešetke zaklapaju ugao od 90°, i na taj način eliminišu bočna izvijanja pritisnutih štapova.

Ovakva konstrukcija zahvaljujući modernoj tehnologiji, ima osobinu da uspešno nosi sva stalna i klimatska opterećenja, a da pri tome formira i enterijer.

Idejno rešenje i statički proračun ove konstrukcije izradio je arhitekta Nenad Šekularac. Proizvodnja rešetkastih elemenata bila je u pogonu preduzeća "Lisina" iz Nikšića, i njom je rukovodio arhitekta Nebojša Adžić. Montažom su rukovali Nenad Šekularac i Nebojša Adžić, a samo izvođenje je ostvareno sa radnicima preduzeća "Lisina" iz Nikšića. Konsultant prilikom projektovanja i izvođenja konstrukcije je bio Akademik Prof. Dr Vojislav Kujundžić, arhitekta. Projektovanje, proizvodnja i montaža prototipa naboraste konstrukcije je obavljena u toku septembra 2005. godine.

2. CILINDRIČNA NABORASTA KONSTRUKCIJA OD DRVENIH REŠETKASTIH NOSAČA

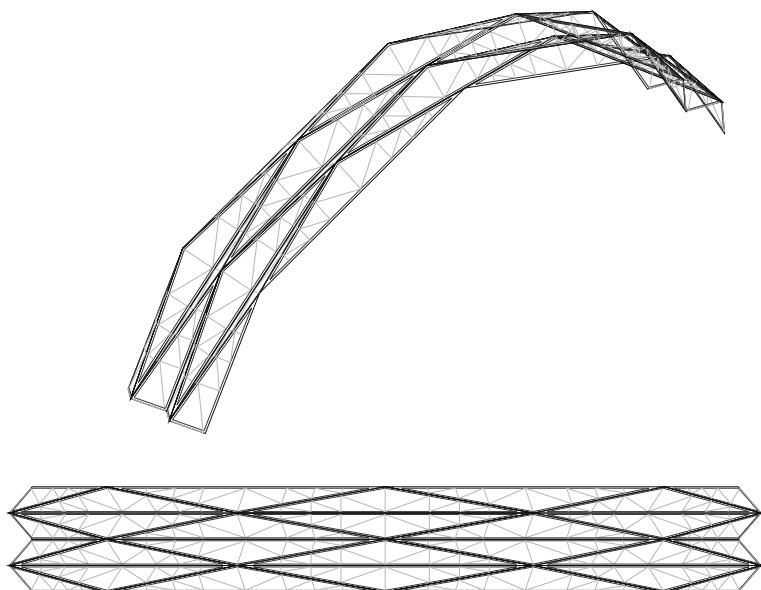
Poliedarsku formu cilindrične naboraste konstrukcije, koju u ovom slučaju sačinjavaju, 20 osnovnih trougaonih rešetkastih nosača i 10 koji su $\frac{1}{2}$ osnovnog rešetkastog nosača. Cilindrična forma pretvorena je u poliedarsku, i statički je proračunata kao dvozglojni luk. Formiranjem konstrukcije na ovaj način omogućava se savladavanje raspona od 25.00m (a može i više), sa tim da se uspešno koristi princip međusobnog sprečavanja bočnog izvijanja pritisnutih pojasnih štapova rešetkastih nosača. Ovakva konstrukcija formira se sa malim brojem različitih rešetkastih nosača, što je čini veoma racionalnu u proizvodno tehnološkom smislu. Na ovaj način pojednostavljena je proizvodnja, omogućen transport relativno malih elemenata (dužine do 10.0 m), a sama montaža i sklapanje elemenata se jednostavno obavlja na samom gradilištu.



Slika 1. Montaža konstrukcije na tlu

2.1. Opterećenja na naborastoj konstrukciji

Prilikom proračuna konstrukcija je sračunata da prihvati sva gravitaciona opterećenja, od sopstvene težine, pokrivača, instalacija (koje se moraju postaviti sa donje strane konstrukcije), kao i klimatska opterećenje od snega za područje na kome je planirano da se konstrukcija postavi. Osim gravitacionih opterećenja konstrukcija je opterećena i sa horizontalnim uticajima od vetra. Proračun uticaja seizmičkih sila u ovom slučaju nije relevantan iz razloga male težine same konstrukcije. Konstrukcija se zbog svog oblika i međusobnog rasporeda štapova, veoma dobro pokazala prilikom opterećenja horizontalnim silama. Prilikom montaže konstrukcije sa većim brojem polja naborastih konstrukcija, uticaji na konstrukcija bi bili zanemarljivi za horizontalna dejstva jer bi se u osnovi formirala veća triangulisana forma. Na Slici 2, prikazan je osnovni segment izvedene strukture koja se sastoji od dva polja, i na kojoj se jasno vide trougaoni nosači i triangulacija naboraste forme. Na ovog grafičkom prikazu su izostavljene rožnjače (u ovom slučaju one su i dijafragme) da bi triangulacija forme došla do izražaja.



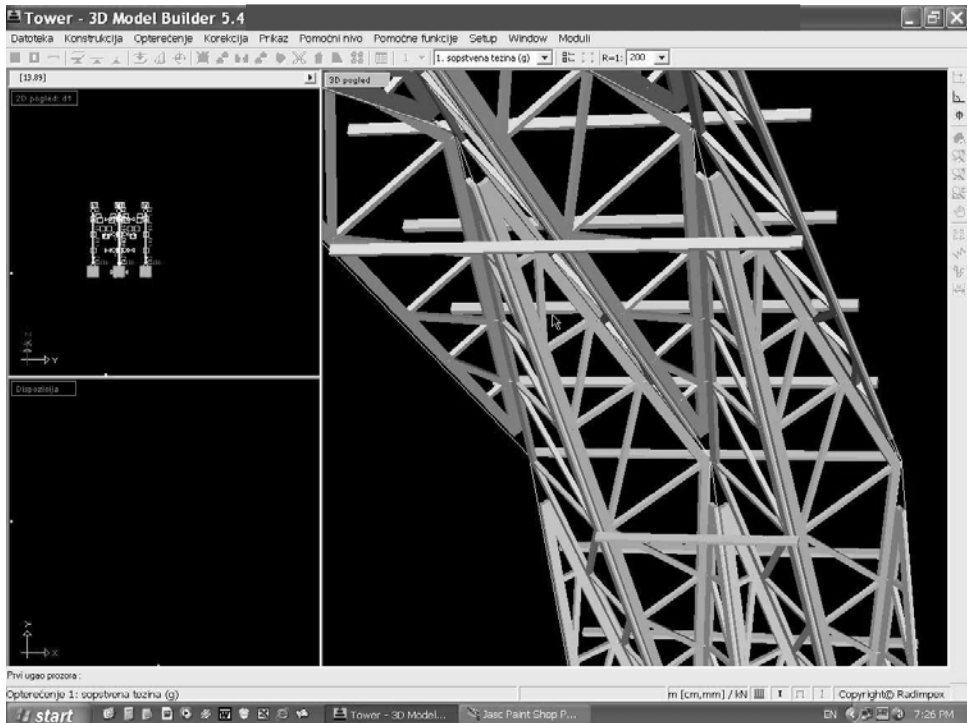
Slika 2. Prikaz osnovnog segmenta strukture- model konstrukcije u AutoCad-u

2.2. Statički sistem

Statički sistem projektovane i izvedene krovne konstrukcije može se predstaviti kao dvozglobna lučna konstrukcija, koja se formira od trougaonih rešetkastih nosača koji su u odnosu na cilindričnu ravan rotirani za 45° . Rešetkasti nosači međusobno zaklapaju ugao od 90° i na ovaj način svaki rešetkasti nosač sprečava susednom rešetkastom nosaču bočno izvijanje. Na ovaj način dobijeni su štapovi malih poprečnih preseka. Svi pojasni štapovi su dimenzija $b/d = 4.40 \times 9.60$ cm, dok su štapovi ispune dimenzija 4.40×6.0 ili 4.40×8.0 cm. Rožnjače u ovom slučaju ujedno predstavljaju i dijafragme i dodatno utiču na stabilnost cele forme. One su postavljene na mestima čvorova što je rezultovalo različitim međusobnim udaljenjem.

2.3. Proračun

Proračun prostorne konstrukcije je urađen primenom kombinacije autorizovanih programa TOWER 5. - Radimpex, softvera koji je kompletno urađen u Srbiji i čiji je modul za dimenzionisanje drvenih elemenata uradio Mr. Nenad Sekularac, dipl. inž.arh, kao i programa SDN (Programski paket za oblikovanje i proračun drvenih rešetkastih nosača kod kojih su čvrne veze ostvarene konekterima) čiji je autor Mr. Nenad Sekularac, dipl. inž.arh.



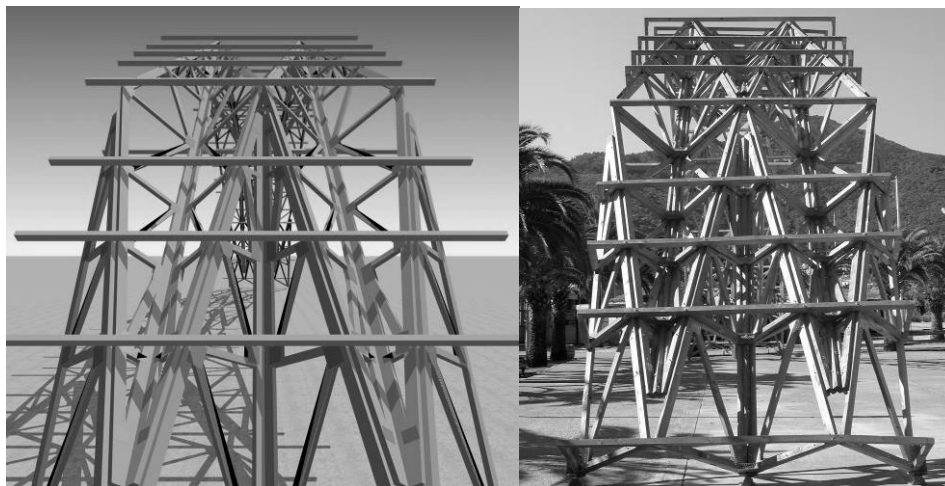
Slika 3. Prikaz proračuna konstrukcija u programu Tower 5.4

2.4. Materijali

Upotrebljeno je drvo II kvalitetne klase, četinari, i na odgovarajući način je zaštićeno premazima (protiv požara, mikroorganizama i vlage). Metalni konekteri su izrađeni od čeličnog lima kvaliteta č-0146, debljine 1.50 mm, koji je prethodno zaštićen od korozije toplim cinkovanjem sa 250 gr cinka po 1.0 m². Okov je zaštićen osnovnom bojom i obojen završnim premazom.

2.5. Radionička dokumentacija

Sva radionička dokumentacija je izrađena korišćenjem Programa za proračun i oblikovanje savremenih drvenih rešetkastih nosača "SDN" (autora Nenada Šekularca), koji ujedno izrađuje radioničku dokumentaciju za rešetkaste nosače kod kojih su veze ostvarene konekterima.



Slika 4. Prikaz 3d modela proračunate i izvedene cilindrične naboraste konstrukcije

2.6. Utrošak materijala

Za prototip hale raspona 25.66m, koji se sastoji iz dva naborasta polja, ukupne širine 3.56m, i koji pokriva osnovu površine 91.35 m², odnosno razvijene površine krova 110.00m², utrošeno je ukupno 4.47 m³ drvenih elemenata, 175.33 kg konektera i 295.66 kg metalnih veznih elemenata – zajedno sa okovom i zavrtnjevima.

Ukupan utrošak materijala na izgradnji prototipa cilindrične naboraste konstrukcije po m² osnove hale i po m² razvijene površine pokrivača dat je u Tabeli 1. Utrošak materijala. Mora se napomenuti da su ovde uključeni i elementi za bočno ukrućenje konstrukcije-dijafragme, koji ujedno predstavljaju i rožnjače, na koje se oslanja projektovani krovni pokrivač.

Rekapitulacija	Po m ² osnove	Po m ² razvijene površine krova
Drvenih elemenata	0.049 m ³ /m ²	0.041 m ³ /m ²
Konektera	1.919 kg/m ²	1.594 kg/m ²
Metalnih veznih elemenata	3.237 kg/m ²	2.688 kg/m ²
Ukupna težina	~ 32.841 kg/m ²	~ 27.272 kg/m ²

Tabela 1. Utrošak materijala



Slika 5. Montirani prototip cilindrične naboraste konstrukcije na sajmu

2.7. Montaža



Slika 6. Montaža prototipa cilindrične naboraste konstrukcije

Prilikom montaže projektovani sistem je pokazao dobre rezultate. Prvo su se formirali paketi od četiri trougaona elementa naboraste konstrukcije, koji su povezani sa dijafragmama i ujedno predstavljaju rožnjače na koje se oslanja krovni pokrivač sa svim slojevima izolacije, ali i na koje je planirano oslanjanje unutrašnjih instalacija grejanja i

verenja kao i osvetljenja. Formirani paketi nosača su na tlu međusobno povezani u naborastu konstrukciju koja je auto dizalicom montirana na svoje projektovano mesto. Na ovaj način je izbegnuto korišćenje velikih skela, već samo priručnih jer se radilo sa paketima visine od 3.56 m. Skoro sav rad je obavljen na tlu, što je omogućilo laku i brzu montažu cele konstrukcije.

3. REZIME

Krovovi formirani na ovaj način, odnosno trodimenzionalne krovne strukture, formirane montažom unapred proizvedenih elemenata sa unificiranim spojevima, omogućavaju industrijsku proizvodnju, jednostavan rad na gradilištu i efikasnu montažu, što daje tehnološku, funkcionalnu i ekonomsku prednost ove konstrukcije u odnosu na armirano betonske naboraste konstrukcije.

Naboraste konstrukcije formirane od drvenih rešetkastih nosača predstavljaju nastavak istraživanja autora na razvoju i korišćenju drvenih rešetkastih nosača u građevinskoj praksi.

4. LITERATURA

1. Šekularac N.: Magistarski rad, Savremeni pristup oblikovanju proračunu i dimenzionisanju, funkcionalnih elemenata u sistemu LKV primenom računara, Arhitektonski fakultet, Univerziteta u Beogradu, Beograd 1998.
2. Uputstvo Tower 5.0, Radimpex, Beograd, 2004.

Nikola Luković¹

GLAVNI PROJEKAT REKONSTRUKCIJE MAGISTRALNOG PUTA "BUDVA – BAR"(DIONICA KUFIN)

Rezime: Direkcija javnih radova Republike Crne Gore je u proljeće 2005. godine raspisala tender za izradu generalnih i glavnih projekata rekonstrukcije magistralnog puta "Budva – Bar" (za dionice: Kufin, Rafailovići, Petrovac i Pržno). Nakon otvaranja ponuda, za najpovoljnijeg ponuđača za izradu tehničke dokumentacije za sve četiri dionice izabran je Građevinski fakultet u Podgorici koji postaje nosilac posla. U ovom radu je opisan tok izrade tehničke dokumentacije za dionicu "Kufin" kao i problemi sa kojima se sretao Projektant prilikom izrade iste.

Ključne riječi: Tender, tehnička dokumentacija, izrada, problemi.

MAIN DESIGN FOR RECONSTRUCTION OF TRUNK ROAD "BUDVA – BAR" (LINK KUFIN)

Summary: Management of public works Republic Montenegro in has announced tender for construction of General and Main design for reconstruction of trunk road "Budva – Bar" (for links: Kufin, Rafailovići, Petrovac i Pržno), in the spring of 2005. After the opening of offers for the most acceptable bidder for construction of technical documentation for those four links it is chosen Faculty of Civil Engineering in Podgorica, which became the bearer of works. In this work, the way of construction of technical documentation for link Kufin is described, as also the problems that the Designer met during the construction of the same.

Key words: Tender, technical documentation, construction, problems.

¹ Dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put b.b., Podgorica, tel: 081/242-218, e-mail: nlukovic@cg.ac.yu

1. UVOD

Rekonstrukcija magistralnog puta "Budva – Bar" je podrazumijevala izgradnju treće trake na dionicama: Kufin, Rafailovići, Petrovac i Pržno. Od ove četiri dionice Kufin je bila najveća dionica ukupne dužine oko 5 km, po Projektnom zadatku.[1]

Zahtjevi Investitora su bili maksimalno iskorištavanje postojeće kolovozne konstrukcije i zastora zbog visine finansijskih sredstava odobrenih od strane evropskih institucija koje su bile finansijski ovog posla kroz razne kreditne linije.

Projektom zadatkom je predviđena izrada dodatne saobraćajne trake za spora vozila širine 3 m. Potreba za uvođenjem dodatne saobraćajne trake za spora vozila je proistekla iz konstantnog podužnog nagiba od $\approx 6,0 - 6,5 \%$ na potezima dugim i po 3 km. Ovakvi potezi su stvarali česta zagušenja saobraćaja, pogotovo u danima turističke sezone, što je naravno uticalo na količinu protoka vozila. Dodatni problem je predstavljala i relativno niska preglednost puta koja je dalje uslovljavala sigurno preticanje vozila.

Nakon dobijanja svih potrebnih uslova i saglasnosti pristupilo se izradi tehničke dokumentacije.

2. TOK IZRADE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

2.1 Izrada Generalnog projekta

U startu se pristupilo izradi tri varijantna rješenja A, B i C. Osnovna razlika ovih varijantnih rješenja je bila u položaju prostiranja treće trake kao i načinu rekonstrukcije dva postojeća mosta na dionici puta.

S obzirom da se put nalazio u zasjeku većim dijelom, razmatrana su rješenja da se treća traka dodaje sa jedne ili sa druge strane puta kao i njen uticaj u posmatranom slučaju na same geometrijske elemente puta. Rezultat položaja treće trake je bio izrada još većih usjeka sa jedne strane ili izgradnja potpuno novih potpornih zidova sa druge.

Drugi uslov je bila potpuna ili djelimična rekonstrukcija dva postojeća mosta. U nekim varijantnim rješenjima je predviđana kompletna rekonstrukcija mostova i njihovo proširenje, dok se u drugim razmatralo isključenje traka za spora vozila prije mostova i njihovo ponovno uključanje poslije mostova.

Presudan uticaj na odabir varijantnog rješenja je imala i geologija tla.

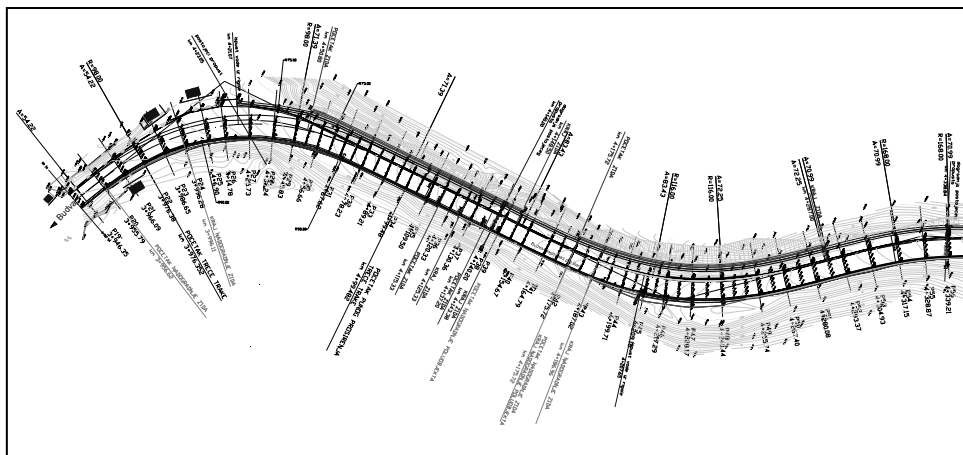
Nakon finansijske analize svih varijantnih rješenja u kojima je bila uključena i eventualna potpuna rekonstrukcija mostova i odabira jednog rješenja, Komisija za reviziju Generalnog projekta je dala saglasnost za dalji nastavak izrade tehničke dokumentacije, tj. Glavnog projekta.

2.2 Izrada Glavnog projekta

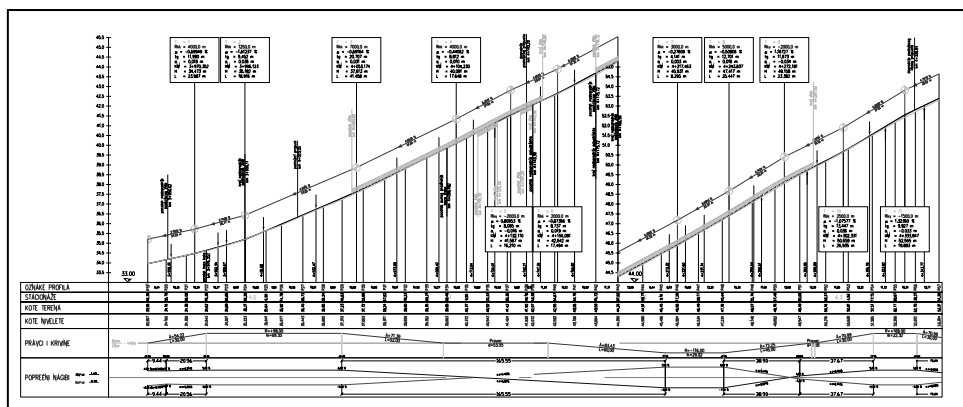
Postupak izrade Glavnog projekta je bio standardan. Prvo se pristupilo detaljnijoj i preciznijoj izradi geodetskih podloga. Snimani su profili po već utvrđenim stacionažama iz Generalnog projekta. Pojas koji je snimljen tom prilikom iznosio je od 15 do 20 m

lijevo i desno od osovine puta. Rastojanja između stacionaža su bila od 3 do 10 m zavisno od stanja na terenu i potreba projektanat.

Nakon usvajanja geodetskih podloga od strane Komisije za reviziju Glavnog projekta, pristupilo se izradi i usaglašavanju situacionog plana i podužnog profila puta. Nakon toga su urađeni poprečni profili puta i utvrđen pojas za eksproprijaciju. (Sl. 1 i 2)



Slika 1. Dio situacionog plana



Slika 2. Dio podužnog profila

Na kraju je urađen predmjer i predračun radova sa dokaznicama mjera koje su obavezan i sastavni dio predmjera radova kod puteva kao dokaz o definisanim količinama potrebnih zemljanih, asfalt – betonskih i drugih radova.

3. PROBLEMI KOJI SU PRATILI IZRADU GLAVNOG PROJEKTA

Prvi problem koji se javio još u fazi razrade Generalnog rješenja je pojava velikog klizišta koje je trebalo odmah sanirati. Klizište se pojavilo svega nekoliko stotina metara

pred kraj trase predviđene po Projektnom zadatku. Zbog slabe geologije tla u tom pojasu odmah je i u potpunosti isključena rekonstrukcija i dodavanje treće trake na tom potezu.

Drugi problem koji je naknadno uočen je bila nemogućnost kvalitetne i isplativije rekonstrukcije jednog od mostova zbog problema sa naknadnim fundiranjem. Naime, dodatnim ispitivanjima je utvrđen loš kvalitet tla u kome je postojeći most fundiran. Da bi problem bio još veći, položaj ovog mosta je bio na manje od 1 km prije novonastalog klizišta. Rezultat ovog saznanja je bila intezivna konsultacija oko isplativosti uvođenja treće trake poslije ovog mosta s obzirom da ga nije bilo moguće širiti bez velikih finansijskih ulaganja. Uvođenje treće trake iza ovog mosta i njen finansijski efekat na ukupnu dionicu puta je predstavljen u jednom od varijantnih rješenja.

Sljedeći problem je bila urbanizacija i izgradnja objekata uz sam magistralni put sa mnogobrojnim priključcima u naseljenim mjestima. Ovo je uslovalo formalno smanjenje ranga puta što je dalje prouzrokovalo i smanjenje računskih brzina u pojedinim segmentima puta.

Poseban problem su bili i poluobjekti na putu, postojeći i novoprojektovani, kao i planiranje nagiba kosina novih usjeka u skladu sa geotehničkim elaboratom.

Međutim, jedan od najvećih problema na rekonstrukciji ove dionice predstavljali su zapušteni i neodržavani propusti koji su usloveli propadanje kolovozne konstrukcije koja je na pojedinim mjestima zbog toga morala biti kompletno promijenjena. Loše stanje kolovozne konstrukcije je uočeno tek nakon detaljnog geodetskog snimanja postojećeg puta u fazi izrade Glavnog projekta.

Konačno, jedan od posljednjih većih problema je bio dvosmjerni poprečni nagib na kolovozu koji je ovim projektom ispravljen na jednosmjerni, a da se pri tom moralo voditi računa o struganju i nadogradnji habajućeg sloja kako se ne bi dovodila u pitanje ponovna izrada kolovozne konstrukcije.

4. ZAKLJUČAK

Rezultat rekonstrukcije magistralnog puta i pored svih evidentnih problema koji su se javili u toku izrade tehničke dokumentacije jeste:

- značajno popravljjanje geometrijskih elemenata puta koji su se tokom vremena bili izgubili neadekvatnim i neplanskim dodavanjem habajućeg sloja od asfalt betona na pojedinim mjestima gdje je kolovozna konstrukcija bila oštećena zubom vremena,
- znatno povećana protočnost vozla zbog uvođenja trake za spora vozila i
- povećana preglednost puta u krivinama koja je bila smanjena najviše zbog neodržavanja puta u proteklom periodu.

Da bi se ovo i potvrdilo, neophodno je uraditi i "Cost – benefit" analizu prije i poslije rekonstrukcije, tj. potrebno je utvrditi odnos ušteda – troškovi. Ključni dio analize "ušteda" bi bio uslovljen redukcijom učestalosti nezgoda, dok bi ključni dio analize "troškovi" bili investicioni troškovi.

Odnos uštede – troškovi predstavljao bi osnovni pokazatelj (ne)opravdanosti rekonstrukcionih mjera. Sve dok čista godišnja ušteda pokazuje pozitivnu vrijednost, može se govoriti o opravdanosti primijenjenih mjera rekonstrukcije.

LITERATURA

1. Projektni zadatak za izradu Generalnog i Glavnog projekta rekonstrukcije magistralnog puta "Budva – Bar", dionica Kufin, 2005.
2. Stevanović N., Rekonstrukcija vangradskih puteva sa stanovišta sigurnosti vožnje, magistarska teza, 1996.

Olga Radulović¹

Mirko Aćić²

OTVORI KOD VISOKIH ARMIRANOBETONSKIH NOSAČA

Rezime: Pri projektovanju armiranobetonskih nosača ponekad je neophodno predvidjeti otvore za prolaz i servis raznih instalacija. Uticaj ovih otvora na ponašanje nosača može imati veliki, često odlučujući, značaj, posebno ako je otvor na „putu“ unutrašnjih sila pritiska. Za određivanje unutrašnjih sila u takvom nosaču (sa otvorima) danas se vrlo uspješno koristi metod pritisnutih i zategnutih štapova. Taj metod je sastavni dio propisa za proračun i analizu konstrukcija u sve većem broju zemalja. Usled svoje jednostavnosti, metod teži da postane opšte prihvaćena inženjerska alatka. Ovaj rad, ustvari, predstavlja kritički osvrt na najvažnija istraživanja u svijetu na nosačima sa otvorima u kojima se primjenjuje ovaj metod.

Ključne riječi: visoke ab grede sa otvorima, model rešetke, pritisnuti štap, zatega

WEB OPENINGS OF REINFORCED CONCRETE DEEP BEAMS

Summary: It is necessary to provide web openings in RC deep beams for services or access. Those openings have significant influence on beam behavior and very often this influence is decisive, especially if the opening cut the natural load path of internal forces. The strut and tie method is successfully used in analysis of RC deep beams with web openings. The method has been validated and now it became the part of practice codes in many countries. Because of its simplicity, strut and tie method aim to be commonly accepted as an engineer tool. This paper presents the survey of most important research studies that used this method in analysis of RC deep beams with web openings.

Key words: rc deep beams with web openings, truss model, strut, tie

¹ Mr, dipl.inž.građ., Elektroprivreda Crne Gore, Vuka Karadžića 2, Nikšić, Crna Gora

² Prof. dr, dipl.inž.građ., Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija

1. UVOD

Ponekad je neophodno predvidjeti otvore u uobičajenim, posebno u armiranobetonskim visokim nosačima za opsluživanje ili pristup, odnosno prolaz pojedinih instalacija. Prema EN standardima greda čiji je raspon manji od trostruke ukupne visine njenog poprečnog presjeka je visoki nosač (greda) (deep beam).

Uticaj otvora na ponašanje nosača – greda ima veliki, često odlučujući, značaj, posebno ako je otvor na „putu“ unutrašnjih sila – sila pritiska.

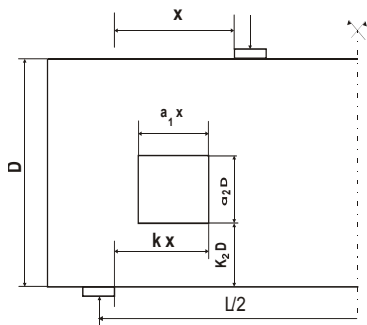
Ponašanje visokih armiranobetonskih greda pod dejstvom opterećenja je bitno različito u odnosu na linijske elemente. Analiza naponsko – deformacijskog stanja, koju je za homogen materijal moguće sprovesti pomoću Teorije elastičnosti, metodom konačnih elemenata, pokazuje da uobičajene hipoteze o ravnosti presjeka poslije deformacije i o linearnoj raspodjeli normalnih napona po visini presjeka, nijesu ostvarene kod visokih nosača.

Metoda pritisnutih i zategnutih štapova, koja se koristi za određivanje unutrašnjih sila u nosaču sa otvorima, zasniva se na statičkoj teoremi teorije plastičnosti, kod koje, pored uslova ravnoteže, moraju biti zadovoljeni uslovi plastičnosti i konturni uslovi po naponima odnosno silama. S obzirom da se, primjenom ove teoreme, dobija donja granica kritičnog opterećenja, to rješenje zadatka pomoću ove metode daje vrijednosti koje nijesu veće od stvarnih, pa su dobijeni rezultati na strani sigurnosti. Funkciju pritisnutih štapova preuzima beton, a zategnutih – aramtura.

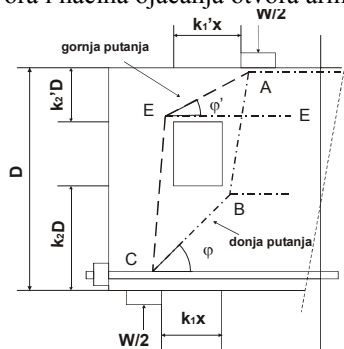
2. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Proučavajući dosadašnja istraživanja u ovoj oblasti [1, 2, ..., 14] možemo zaključiti da su osnovni faktori koji utiču na ponašanje visoke grede: veličina, oblik i lokacija otvora, iznos i lokacija glavne armature, iznos, tip i lokacija armature po obrazima grede, karakteristike betona i armature, odnos polje smicanja/visina grede, tip i pozicija opterećenja.

Granična nosivost greda na smicanje u istraživanjima [2, 3, 4] je predviđena sa određenom tačnošću, korišćenjem računске idealizacije. Ta idealizacija se bazira na probnim testovima na 24 grede, pokrivajući širi opseg otvora i ojačanja otvora armaturom. Testovi su obuhvatili vitkosti L/D od 1; 1.5 i 2; odnos raspon smicanje/visina – x/D od 0.2; 0.25; 0.3 i 0.4 kao i širok opseg otvora i načina ojačanja otvora armaturom.



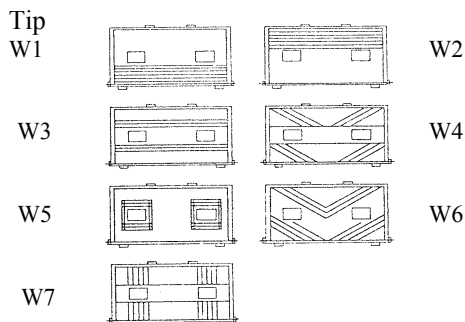
Slika 1- Geometrija otvora u gredi



Slika 2- Idealizacija ponašanja grede sa otvorima [3]

Grede su bile podijeljene u dvije grupe: grupa O greda bez armaturnog ojačanja i grupa W greda sa armaturnim ojačanjem (sedam tipova ojačanja), slika 3. Veličina jednog otvora je data ($a_1 \times$) ($a_2 D$), slika 1, gdje je faktor a_2 bio konstanta 0.2, dok je faktor a_1 varirao od 0.3 do 1.5.

Grede su uglavnom bile opterećene sa dvije koncentrisane sile. Aproksimacija ponašanja grede je korišćena da bi se izračunala granična nosivost na smicanje visoke grede sa otvorima, slika 2.



Slika 3- W grede sa tipovima ojačanja otvora armaturom [3]

Proračunski model, zasnovan na sistemu zategnuto – pritisnutih štapova, ukazuje da bi efektivnost donje putanje mogla biti postignuta povećanjem ugla ϕ , dok za gornju putanju treba povećati ugao ϕ' , slika 2.

Jednačina za izračunavanje graničnog opterećenja, [3], slika 2, ako otvor prekida prirodni put opterećenja, ima oblik

$$Q_{ult} = C_1 (1 - 0,35 k_1 x/k_2 D) f_t b k_2 D + \sum \lambda C_2 A y_1/d \sin^2 \alpha_1 \quad (1)$$

Ukoliko otvor ne presjeca prirodni put opterećenja, jednačina ima oblik

$$Q_{ult} = C_1 (1 - 0,35 x/D) f_t b D + C_2 \sum A y/d \sin^2 \alpha \quad (2)$$

gdje je:

C_1 – empirijski koeficijent ($C_1 = 1.40$)

C_2 – empirijski koeficijent ($C_2 = 300 \text{ N/mm}^2$)

λ - empirijski koeficijent (1.5 za armaturu po obrazima grede i 1.0 za glavnu armaturu)

α i α_1 – uglovi presjeka između armature i potencijalne dijagonalne pukotine

y i y_1 – visine na kojima armatura presjeca potencijalne dijagonalne pukotine

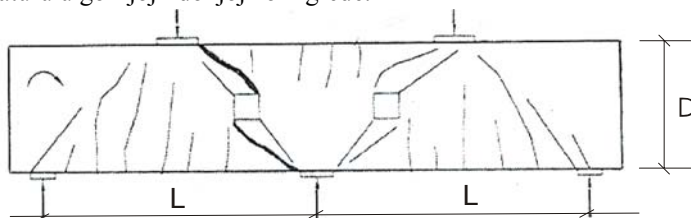
A – površina armature

f_t – čvrstoća betona pri zatezanju

Nakon svih analiza i kombinacija otvora, autori studija [2, 3, 4] zaključuju da, gdje je god moguće, otvore treba predvidjeti van oblasti prirodnog toka putanje opterećenja i, u tom slučaju, granična nosivost nosača može biti predstavljena jednačinom (2), kao da ne postoji otvor. Ukoliko otvor prekida prirodni put opterećenja potrebno je da projektant osigura da faktor k_2 ne bude manji od 0,2 i ugao ϕ ne manji od 30° , slike 1 i 2. Granična nosivost grede na smicanje obezbjeđuje se potrebnom količinom armature (horizontalna i vertikalna armatura i/ili kose uzengije). Obje zone oko otvora (iznad i ispod otvora) moraju biti obezbjeđene armaturom. Lokacija otvora je glavni faktor koji utiče na graničnu nosivost grede, kao i odnos vitkosti L/D i odnos raspon čisto smicanje/visina x/D . Armiranobetonske grede sa otvorima koji prekidaju tok

napona pritiska u polju smicanja deformišu se uglavnom usled rotacije tri velika bloka grede u polju smicanja. Jedan blok je iznad otvora, drugi ispod, a treći između otvora i kraja grede. Ukoliko je moguće, otvore bi trebalo izbegavati u zoni blizu spoljne ivice grede, kao i u zoni zatezanja blizu oslonaca (slika 1). Rezultati eksperimenata koji su prezentirani u ovim istraživanjima idu u prilog podrške računskoj idealizaciji konstrukcije, zasnovane na metodu pritisnutih i zategnutih štapova.

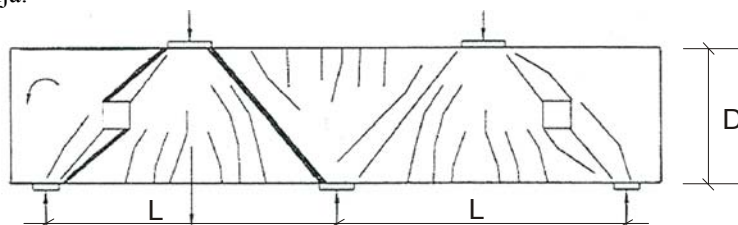
U istraživanjima [7] su prikazani rezultati ispitivanja 16 kontinualnih armiranobetonskih visokih greda sa otvorima. Sve grede su imale istu geometriju ($L/D = 2.4$) i glavnu armaturu u gornjoj i donjoj zoni grede.



Slika 4 – Nastanak pukotina u gredi sa otvorima u unutrašnjoj zoni smicanja [7]

Posmatrana su dva načina loma, zavisno od pozicije otvora. Za grede gdje su otvori u unutrašnjoj zoni smicanja, tj. bliže srednjem osloncu, lom se razvijao dijagonalnim pukotinama između uglova otvora, ivice opterećenja i oslonca, slika 4.

Ukoliko su otvori u spoljašnjoj zoni smicanja, tj. bliže krajnim osloncima, lom je okarakterisan glavnom dijagonalnom pukotinom u unutrašnjoj i spoljašnjoj zoni smicanja, slika 5. Otvori koji su u unutrašnjoj zoni smicanja prouzrokuju veću redukciju nosivosti grede od onih koji su van te oblasti, odnosno, od onih koji su bili u spoljašnjoj oblasti smicanja.



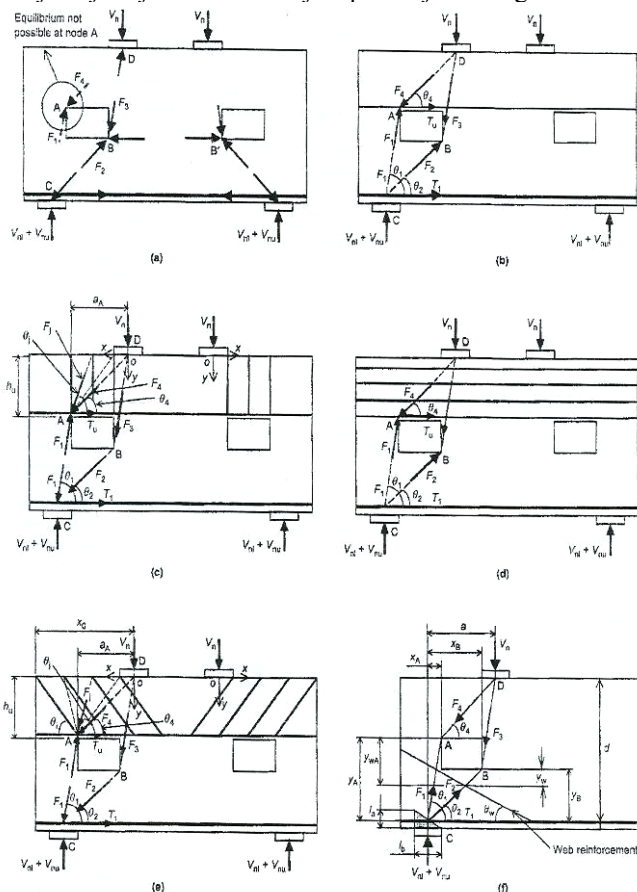
Slika 5 – Nastanak pukotina u gredi sa otvorima u spoljašnjoj zoni smicanja [7]

Analizirana su dva načina loma na lokaciji otvora, bez obzira na njegov položaj, iznos i tip armature. Vertikalna armatura je imala veći uticaj na nosivost grede od horizontalne armature. Kontinualne visoke grede sa otvorima u spoljašnjoj oblasti smicanja pokazuju blisko ponašanje kao i pune kontinualne grede. Predložene jednačine u istraživanju [7] predviđaju granično opterećenje kontinualnih visokih greda sa otvorima.

U istraživanjima [12] je predstavljen jedan originalan i nov pristup analizi nosivosti visokih greda sa otvorima i različitim konfiguracijama armature. Ispitano je pet modela i oni uključuju različite kombinacije horizontalne, vertikalne i kose armature.

Ovim postupkom indentifikuju se najkritičniji čvorovi u rešetkastoj analogiji. Iako ovaj metod, obrađen u ovom istraživanju, ne može biti upotrebljen za definisanje načina

loma kod visokih greda, on omogućava postojano i precizno predviđanje u tri eksperimentalne studije koje zajedno obuhvataju ispitivanje na 15 greda.



Slika 6 – Model pritisnutih i zategnutih štapova za visoke grede sa otvorima [12]

Korišćen je metod pritisnutih i zategnutih štapova za različite konfiguracije armature iznad otvora. Pokazano je da armatura ispod otvora nije efikasna. Istraživanja armature obuhvataju grede: a) bez armature (model 1), b) sa jednom horizontalnom šipkom (model 2), c) sa kombinovanom horizontalnom i vertikalnom armaturom (model 3), d) sa jednako raspoređenom horizontalnom armaturom (model 4) i e) sa kombinovanom horizontalnom i kosom armaturom (model 5), slika 6. Model 5 je najopštiji slučaj iz kojeg svi ostali modeli mogu biti izvedeni.

Kompletna analiza se može sumirati u četiri koraka i to: Korak 1 – Odrediti F_1 u gornjoj putanji opterećenja; Korak 2 – Odrediti glavne napone u donjoj zoni; Korak 3 – Odrediti F_2 u donjoj putanji opterećenja; Korak 4 – Odrediti graničnu nosivost grede, tj. silu V_n . Početne vrijednosti su pretpostavljene za različite uglove štapova i, konvergenција se takođe provjerava u ovom koraku (dijagram procedure [12]). Za gornji put opterećenja, definisana je jednačina za silu F_1 za svih pet modela sa različitim konfiguracijama armature. Za visoke grede sa ravnomjernom raspoređenom

horizontalnom, vertikalnom i kosom armaturom, F_1 se može izračunati kombinovanjem modela 3, 4 i 5.

Za pojedinačne modele, slika 6, definisani su izrazi za silu F_1 i to kako slijedi:

model 1 – $F_1 = 0$

model 2 – $F_1 = T_u \sin\theta_4 / \sin(\theta_1 - \theta_4)$

model 3 – $F_1 = (T_u \sin\theta_4 + \frac{1}{2} \rho_v f_{yv} b_w a_A \cos\theta_4) / \sin(\theta_1 - \theta_4)$

model 4 – $F_1 = (\frac{1}{2} \rho_h f_{yh} b_w h_u \sin\theta_4) / \sin(\theta_1 - \theta_4)$

model 5 – $F_1 = (T_u \sin\theta_4 + \frac{1}{2} (\rho_i f_{yi} b_w a_A \sin^2(\theta_4 + \theta_i)) / \cos\theta_4) / \sin(\theta_1 - \theta_4)$

gdje je:

f_{yv} , f_{yh} , f_{yi} - granica razvlačenja vertikalne, horizontalne i kose armature, respektivno

ρ_v , ρ_h , ρ_i - koeficijenti armiranja, respektivno

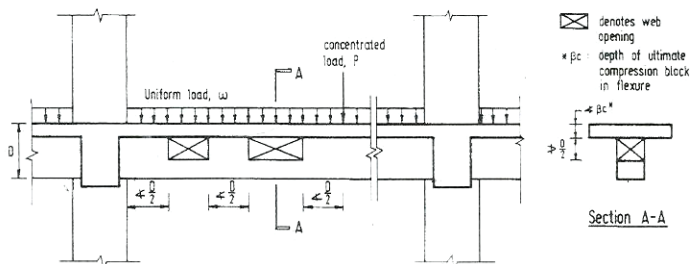
b_w - širina grede

a_A - rastojanje od opterećenja do gornjeg lijevog ugla otvora

h_u - vertikalno rastojanje od gornje ivice grede do gornje ivice otvora

Poređenje vrijednosti dobijenih metodom pritisnutih i zategnutih štapova sa test rezultatima za ukupno 15 greda jasno pokazuje da je data metoda konzistentna i dovoljno pouzdana za različite tipove armature, lokacije i veličine otvora. Ispitivane grede su imale različite tipove armature oko otvora. U studijama se jasno pokazuje da je predloženi postupak dovoljno pouzdan, šta više, postupak obezbjeđuje inženjerima fizički osjećaj prenosa sila od mjesta dejstva opterećenja do oslonca, i samo su kritični čvorovi razmatrani u ovoj analizi.

U istraživanjima [11] je prikazan postupak proračuna armiranobetonskih greda sa velikim otvorima. Ukazano je na pravila koja treba slijediti da bi olakšali izbor veličine i lokacije otvora u gredama, slika 7. Za gredu T presjeka, otvori su smješteni uz flanšu grede. U slučaju pravougaonih greda, otvori su obično smješteni u sredini visine presjeka, ali oni mogu biti i ekscentrično smješteni.

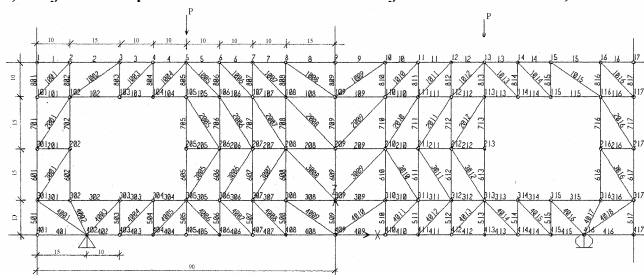


Slika 7 – Lokacija otvora u gredi[11]

Otvori ne mogu biti locirani blizu oslonca na rastojanju od polovine visine presjeka, izbjegavajući kritičnu oblast loma smicanja i nagomilanu armaturu. Visina otvora se ograničava na 50% ukupne visine grede. Analiza i proračunski postupak zahtijevaju da budu verifikovani eksperimentalnim rezultatima. Potvrđena je saglasnost odredbi ACI Code-a sa rezultatima predmetnog istraživanja.

U istraživanjima [5] su analizirana tri visoka nosača sa koncentrisanim opterećenjem, vitkosti $L/D=150/60\text{cm}=2.50$, širine $b = 15\text{ cm}$, sa simetrično postavljenim otvorima dimenzija $25/20\text{ cm}$, čiji je položaj variran. U prvom slučaju otvor je lociran tako da presjeca liniju prirodnog puta opterećenja (na polovini), u drugom slučaju otvor je lociran bliže zoni oslonaca, a u trećem blizu ivice grede. Svi otvori presjčaju liniju prirodnog puta opterećenja.

Kreiran je odgovarajući zamijenjujući rešetkasti nosač (sistem pritisnutih i zategnutih štapova) kojim se aproksimira tok unutrašnjih sila u nosaču, slika 8.



Slika 8 – Aproksimacija nosača sa otvorima sistemom zatega i pritisnutih štapova [5]

Povjeravajući sile pritiska betonu, a sile zatezanja armaturi, određuje se granična nosivost nosača i potrebna armatura. Napravljeni su realni modeli za sva tri nosača koji su eksperimentalno ispitani pri monotono rastućem koncentrisanom teretu, od nule do loma.

Tip 1	$P_{u \text{ eks.}} / P_{u \text{ rač.}} = 340 / 332 = 1,024$
Tip 8	$P_{u \text{ eks.}} / P_{u \text{ rač.}} = 280 / 261 = 1,07$
Tip 11	$P_{u \text{ eks.}} / P_{u \text{ rač.}} = 320 / 297 = 1,07$
Tip 0	$P_{u \text{ eks.}} / P_{u \text{ rač.}} = 623 / 580 = 1,07$

Tabela 1- Uporodne vrijednosti sila loma

Potvrđena je dobra saglasnost teoretskih i eksperimentalnih rezultata. Istraživačka studija, prikazana u ovom radu, je utemeljena na sopstvenim eksperimentalnim rezultatima.

Odnosi eksperimentalnih i računskih vrijednosti sila loma nosača prikazani su u tabeli 1. Prema tabeli 1 matematički model je dobro odabran jer daje vrijednosti bliske stvarnim vrijednostima ispitivanih greda. Može se konstatovati da je osnovni tip loma visokih greda sa otvorima (vitkosti $L/D=2.5$, otvora dimenzija 25/20 cm) lom dijagonalnim pritiskom do koga dolazi iscrpljenjem nosivosti betona u pritisnutoj betonskoj dijagonali koja se formira između glavnih kosih prslina, slika9.

Od kvaliteta procjene geometrije aproksimirajućeg nosača (štapova rešetke) i mehaničkih karakteristika zavisi uspjehnost matematičko – mehaničkog modela kojim se određuje nosivost nosača.



Slika 9 - Greda nakon loma [5]

3. ZAKLJUČAK

Za modeliranje elemenata konstrukcije pomoću pritisnutih i zategnutih štapova, potrebno je poznavati tok sila u elementu, odnosno trajektorije glavnih napona u oblasti linearno elastičnog ponašanja elementa. Zadovoljavajuća rješenja se mogu dobiti koristeći i približno skiciranu sliku trajektorija. Geometriju sistema pritisnutih štapova i zatega treba tako odabrati da pritisnuti štapovi što bolje aproksimiraju pravce trajektorija pritiska (tok sila pritiska), a zatege – trajektorije zatezanja, odnosno tok sila zatezanja u betonskom elementu.

Primjena metode pritisnutih i zategnutih štapova daje zadovoljavajuće rezultate koji su na strani sigurnosti.

4. LITERATURA

1. Ačić M.: "Prilog rješenju graničnih stanja zidnih nosača od armiranog betona", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1978.
2. Kong F.K., Kubik L.A.: "Large scale tests on reinforced concrete deep beams with web openings", University of Cambridge, Cambridge, 1979, pp.84.
3. Kong F.K., Sharp G.R.: "Structural idealization for deep beams with web openings", Magazine of Concrete Research, 1978, Vol.29, No.103, June, pp. 81-91.
4. Kong F.K., Sharp G.R., Apelton S.C., Kubik L.A.: "Structural idealization for deep beams with web openings", Magazine of Concrete Research, Vol.30, No.103, June, 1978, pp.89-95.
5. Radulović O.: "Uticaj otvora na granična stanja visokih armiranobetonskih nosača", Magistarska teza, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003.
6. Radulović O., Ačić M., Ulićević M.: "RC Deep Beams with web openings", fib Symposium Keep Concrete Attractive, Budapest, Vol.2, May, 2005.
7. Rishi G., Ashour A.F.: "Tests of Reinforced Concrete Continuous Deep Beams with web Openings", ACI Structural Journal, V. 97, No.3., May-June, 2000.
8. Ray S.P., BLACKIE and SON Ltd: "Deep beams with web openings", 1990, pp.60-94.
9. Schäfer K., Hottmann H.U.: "Bemessen von stahlbetonbalken und wandscheiben mit öffnungen", Deutscher Ausschuss fuer Stahlbeton, Heft 459, 1996.
10. Schlaich J.: "Praktičan postupak za metodičko dimenzioniranje i konstruiranje u armiranom betonu" (Prevod sa njemačkog jezika), Zagreb, 1978.
11. Tan K.H., Mansur M.A.: "Design Procedure for Reinforced Concrete Beams with large Web Openings", ACI Structural Journal, V. 93, No. 4., July – August, 1996.
12. Tan K.H., Tong K., Tang C.Y.: "Consistent strut-and-tie modelling of deep beams with web openings", Magazine of Concrete Research, Vol. 55, No.1, February, 2003, pp. 65-75
13. Ulićević M.: "Eksperimentalna i teorijska analiza graničnih stanja kontinualnih visokih greda od armiranog betona", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet u Podgorici, Podgorica, 1992.
14. EN 2004 – Evrokod 2 – Proračun betonskih konstrukcija, Beograd, Februar, 2006.

Petar Mitković¹

Ivana S. Bogdanović²

PRILOG UNAPREĐENJU STAMBENIH KOMPLEKSA PRIMENOM URBANE REGENERACIJE SA UTVRĐIVANJEM SMERNICA ZA REŠAVANJE PROBLEMA U NIŠU

Rezime: Širok dijapazon procesa i aktivnosti prisutnih u gradovima, generatorima mnogobrojnih promena, odražava se na kvalitet stanovanja i kvalitet života. U razvijenim zemljama urbana regeneracija je aktuelan proces koji traje više desetina godina. U našoj zemlji je, uz sagledavanje ekonomsko-socijalnih specifičnosti, vlasničke transformacije i privatizacije potrebno razraditi metode, mehanizme i modele za urbanu regeneraciju. U periodu tranzicije u kojem se naša zemlja nalazi potrebno je izgraditi i modernizovati planski pristup i regulativu za sprovođenje regeneracije. Predmet ovog rada je utvrđivanje smernica za regeneraciju stambenih kompleksa u Nišu u cilju unapređenja kvaliteta života, koje bi mogle da predstavljaju osnovu za detaljniju analizu konkretnih lokacija u Nišu i izradu izvodljivih i primenljivih projekata urbane regeneracije.

Ključne reči: urbana regeneracija, stambeni kompleksi, stanovanje

CONTRIBUTION TO THE RESIDENTIAL COMPLEXES IMPROVMENT USING URBAN REGENERATION WITH GUIDELINES ESTABLISHING FOR SOLVING PROBLEMS IN NIS

Summary: Broad diapason of activities and processes present in towns, generators of numerous changes, reflects on the quality of housing and quality of life. Urban regeneration is current process which lasts for several decades in the developed countries. It is necessary to develop methods, mechanisms and models for urban regeneration in our country. This requires consideration of the specific national socio-economic situation, and the privatization and ownership transformation. In the transition period, which is where our country is, it is also necessary to create and modernize the planning approach and regulations for regeneration. The subject of this paper is establishing the guidelines for the regeneration of the residential complexes in Nis in the aim of quality of life improvment. This guidelines could serve as basis for detailed analysis of concrete locations in Nis and production of feasible and applicable projects of urban regeneration.

Key words: urban regeneration, residential complexes, housing

¹ Profesor, Dr, dipl.inž.arh., Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, mitkovicp@ptt.yu

² Asistent pripravnika, dipl.inž.arh, Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, ivanab76@eunet.yu

1. UVOD

Poslednjih godina XX veka došlo je do velikih tehnoloških, socijalnih i ekonomskih promena i urbanog razvoja, što se odrazilo na način života, porast socijalne nejednakosti, transformacije ljudskih potreba i urbanog okruženja. Urbani razvoj u vreme globalizacije, internacionalizacije, ubrzane urbanizacije, denacionalizacije tržišta, prvenstveno podrazumeva postizanje ekonomskih ciljeva, ali i unapređenje kvaliteta života stanovnika u gradovima. Kvalitet života, kao mnogostruki fenomen koji obuhvata ekonomske, socijalne i environmentalne aspekte života, u mnogome je uslovljen kvalitetom stanovanja, jednom od primarnih urbanih funkcija i potreba čoveka.

Na kvalitet stanovanja u urbanoj sredini utiču prostorna distribucija, kvalitet fizičkih struktura i njihova usklađenost sa potrebama korisnika, funkcionalne vrednosti slobodnih prostora, kao i ambijentalna vrednost stambene sredine. Urbana regeneracija onih stambenih kompleksa u kojima su pomenute vrednosti narušene predstavlja prioritet svakog društva.

Narušavanje kvaliteta stanovanja prisutno je u manjoj ili većoj meri u svim zemljama sveta. U razvijenim zemljama urbana regeneracija je aktuelni proces koji traje više desetina godina. Odvijaja se u saradnji između vlade i lokalnih vlasti gradova, sa razrađenim mehanizmima, u saradnji sa korisnicima i usaglašena je sa nacionalnom stambenom politikom. U našoj zemlji je, uz sagledavanje ekonomsko-socijalnih specifičnosti, vlasničke transformacije i privatizacije potrebno razraditi metode, mehanizme i modele za urbanu regeneraciju. U aktuelnom periodu tranzicije potrebno je izgraditi i modernizovati planski pristup i regulativu za sprovođenje regeneracije.

Predmet ovog rada je utvrđivanje smernica za regeneraciju stambenih kompleksa u Nišu u cilju unapređenja kvaliteta života. Narušavanje kvaliteta stanovanja evidentno je i kod individualnog stanovanja, koje je godinama zapostavljano u planskim dokumentima, kao i kod kolektivnog stanovanja, za koje se vezuju problemi proistekli iz prelaska sa centralnog na tržišni sistem planiranja, neizdiferenciranosti vlasničkih odnosa i propadanja usled nerešene nadležnosti održavanja. Smernice utvrđene u ovom radu bi trebalo da predstavljaju osnovu za detaljniju analizu konkretnih lokacija u Nišu i izradu izvodljivih i primenljivih projekata urbane regeneracije.

2. URBANA REGENERACIJA

U teoriji urbanizma stanovanje je primarna urbana funkcija koja obeležava urbanu sliku svakog grada. Permanentno poboljšanje uslova života i kvaliteta stanovanja u gradu u svakom periodu njegovog razvoja jeste globalni zadatak svakog društva. I pored stalne izgradnje novih stambenih kompleksa, veliki broj stanovnika gradova živi u neadekvatnim uslovima, neprilagođenim njihovim potrebama i savremenim koncepcijama organizovanja stanovanja i gradskog života.

Odnos između čoveka i okruženja je dinamički, interaktivni sistem i kao što čovek deluje na svoje okruženje, tako i ono deluje na čoveka. Potreba za unapređenjem funkcionalne, ekološke i ambijentalne vrednosti stambene sredine proizilazi iz velikog uticaja stanovanja i stambenih potreba na kvalitet života stanovnika u socijalnom, ekonomskom i egzistencijalnom pogledu.

Uprkos nejednakom ekonomskom razvoju, stambenoj regulativi i socijalno-kulturnim osobenostima, vrste problema koje se pojavljuju u stambenim kompleksima su

slične u različitim zemljama u svetu. To su higijenski uslovi stanovanja, propadanje građevinskog stambenog fonda i pripadajućeg slobodnog prostora, neracionalno korišćenje građevinskog zemljišta nepovoljni položaj lokacije u strukturi grada, saobraćajni problemi, siromaštvo stanovnika, odsustvo ambijentalne vrednosti, ekološki problemi, socijalna izolacija.

Gradovi kao dinamični sistemi predstavljaju generatore mnogobrojnih tehnoloških, društvenih, environmentalnih, ekonomskih, socijalnih, ekoloških promena. U skladu tendencijom konstantnog razvoja gradova i urbana obnova je bila stalno prisutan fenomen u različitim oblicima i u različitim razmerama, a posebno se razvila poslednjih četrdesetak godina. Od II svetskog rada pa do danas oblici obnove gradova menjale su se od urbane rekonstrukcije do urbane regeneracije, aktuelnog procesa unapređenja gradova.

Urbana regeneracija predstavlja: " *sveobuhvatnu i integrisanu viziju i akciju koja vodi ka rešavanju urbanih problema i koja teži da prouzrokuje trajno unapređenje u ekonomskim, fizičkim, socijalnim i environmentalnim uslovima urbanog područja koja je predmet promene*" [2]. Izbor ciljeva, prioriteta, kriterijuma i konkretnih programa regeneracije potrebno je uskladiti sa nacionalnom stambenom politikom i politikom razvoja društva. Efikasno sprovođenje urbane regeneracije podrazumeva postojanje zakonske regulative i razrađenih mehanizama implementacije, prilagodljavanje ekonomskim i socijalnim promenama, režimu finansiranja, institucijalnim aranžmanima. što je u skladu sa načinima upravljanja gradskim zemljištem u mnogim razvijenim zemljama. Pošto se naša zemlja nalazi u procesu tranzicije, ovi mehanizmi su samo delimično razrađeni. Uspesna urbana regeneracija podrazumeva identifikaciju ograničenja i potencijala konkretnog urbanog područja i sagledavanje unapređenja u kontekstu obnove na nivou šireg konteksta, grada, regiona [2].

Iskustva razvijenih zemalja ukazuju da se najbolji efekti postižu uključivanjem različitih interdisciplinarnih timova i građana, agencija, kooperacija u vidu različitih oblika partnerstava. Kao integralno starteška aktivnost primenjuje se za pronalaženje kratkoročnih rešenja za trenutne probleme i za dugotrajne pristupe kojim se rešavaju potencijalni problemi i poželjno je usaglašavanje sa održivim razvojem. U procesu urbane regeneracije planiranje uređenja i korišćenja prostora je najvažniji mehanizam državne intervencije i instrument homogenizacije funkcija naseljskog prostora i racionalnog korišćenja zemljišta.

3. OSVRT NA STANJE STAMBENIH KOMPLEKSA U NIŠU

Za razliku od razvijenih zemalja sveta, u kojima se regeneracija stambenih kompleksa odvija više desetina godina traje, u našoj zemlji je ovaj proces gotovo potpuno zapostavljen. Dugogodišnje odsustvo ulaganja u održavanje stambenih objekata i kompleksa, što bi trebalo da bude jedan od imperativa stambene politike svake zemlje, [4] doprinelo je da unutar postojećeg stambenog fonda postoji veliki broj onih koji ne zadovoljavaju standarde savremenog stanovanja. Posledice se se manifestuju kao kriza u organizaciji gradskog života, nizak nivo kvaliteta stanovanja, nizak stepen bezbednosti, gubljenje urbanog identiteta. Svi ovi nedostaci ukazuju na nužnost sprovođenja regeneracije u cilju poboljšanja uslova stanovanja, a samim tim i života. Specifični političko-socijalni problemi u našoj zemlji, skućene ekonomske mogućnosti, odsustvo saradnje između vlasti i stanara, nepostojanje jasne determinacije svojinskih odnosa nad slobodnim prostorima u okviru stambenih kompleksa sa višespratnim stanovanjem, kao

posledica načina sprovođenja vlasničke transformacije započete 1990. godine, usporavaju proces regeneracije.

Posle drugog svetskog rata, u vreme ubrzane urbanizacije, individualno stanivanje u našoj zemlji je bilo zapostavljeno u planskim dokumentima, a stambena izgradnja je bila usmerena ka kolektivnom stanovanju. Masovna stambena izgradnja višespratnih zgrada bila je racionalnija od individualne i mogla je da zadovolji potrebe većeg broja korisnika. Pošto je krajem XX veka došlo do smanjenja izgradnje višespratnih zgrada, a posle transformacije vlasničkih odnosa prestalo dodeljivanje besplatnih stanova od strane države, individualno stanovanje je postalo aktuelnije. Samim tim nameće se i potreba za regeneracijom ovog oblika stanovanja, njegovog integrisanja u proces planiranja i obezbeđenje većeg stepena kvaliteta stanovanja.

Stambeni kompleksi sa kolektivnim stanoavljenjem, građeni od 1960.-ih do 1980.-ih godina u gradovima u našoj zemlji odlikuju se neiskorišćenim oblikovnim i upotrebim potencijalom slobodnih prostora, neatraktivnošću i odsustvom ambijentalne vrednosti. Motivi za građenje ovih stambenih kompleksa bili su obezbeđenje stana za što veći broj korisnika u što kraćem vremenskom roku, što je realizovano kroz izgradnju ogromnih stambenih kompleksa sa zgradama društvenoj svojini [3]. Dominantna karakteristika ovih zgrada jesu veliki gabariti, velika spratnost i velika gustina naseljenosti, a stambena naselja karakterisala je monofunkcionalnost i neprepoznatljiv stil u arhitekturi. Ovi njihovi nedostaci su se veoma brzo odrazili na nemogućnost zadovoljenja potreba korisnika. Problemi koji se javljaju u njima su: fizički, funkcionalni, ekološki, ekonomski i socijalni i ambijentalni.

4. REGENERACIJA STAMBENIH KOMPLEKSA U NIŠU

Potreba za regeneracijom stambenih kompleksa u Nišu nameće se kao nužan proces koherentan sa aktuelnom graditeljskom tradicijom koja determiniše razvoj i oblikovanje strukture grada u celini. U radu su analizirana 2 stambena kompleksa koja se razlikuju po: 1. tipu stanovanja, 2. morfološkoj strukturi i 3. poziciji u strukturi grada.

Prvi se nalazi u u rubnom području grada, a drugi u naselju Durlan. Analizirani stambeni kompleksi razmatrani su u kontekstu unapređenja kvaliteta stanovanja i prilagođavanja novim tržišnim uslovima i zahtevima korisnika, po principu minimalnih intervencija i ulaganja i efikasnijeg korišćenja građevinskog zemljišta. Osnovna ideja u konceptu regeneracije bilo je poboljšanje nivoa kvaliteta života, naglašavanje humanog ambijenta namenjenog, usklađivanje fizičkih struktura, povećanje zelenih površina, unapređenje stanja slobodnih prostora i stvaranje kvalitetnih mikroambijenata u skladu sa potrebama stanara. Polazni element bila je postojeća urbana matrica, a ciljevi ekološki komfor, dobra prostorna dostupnost, celovitost stambenog ambijenta i zadovoljavajući nivo socijalizacije stanovnika [1].

4.1. Regeneracija individualnog stanovanja

Naselje Sljaka nastalo je spontano, neplanski pre tridesetak godina u severozapadnoj zoni Niša. U ovom naselju prisutni su samo stambeni objekti, a postoji tendencija pretvaranja pojedinih prizemlja u trgovinske objekte. Može se reći da je posle nekih romskih naselja, naselje Sljaka na najnižem stupnju društvene lestvice sa ozbiljnim

socijalnim problemima. Položaj naselja u odnosu na centar grada je nepovoljan, kao i u odnosu na specijalizovane centre. Saobraćajna povezanost sa ostalim delovima grada i sa centrom grada je loša.

Naselje Šljaka je tipičan primer bespravne gradnje sa narušenim osnovnim urbanim vrednostima i svim negativnim posledicama po kvalitet stanovanja. Oblici parcela su izlomljeni, pojedine parcele su nepravilno postavljene u odnosu na ulicu, a neke imaju nepovoljan odnos stranica. Na nekim parcelama primenjena je ivična izgradnja (sl. 1), a ima i parcela do kojih nije moguć motorni pristup. Neplanska gradnja ogleda se i u karakteristikama ulica: nepravilno pružanje ulica, nepropisna regulaciona širina, nepostojanje trotoara, neadekvatni ulični zastor (sl.1). U kvalitativnom pogledu razlikuju se zapušteni stambeni objekti, bez elementarnih higijenskih uslova i nedovršeni stambeni objekti, iz materijalnih razloga, ali i zbog neposredovanja odobrenja za gradnju. Visinska regulacija ne postoji, a ima i dosta slučajeva dogradnje, koje još više narušavaju izgled objekata. Na većini parcela prisutni su dotrajali pomoćni objekti (sl.1). Sva ta nekontrolisna gradnja u ovom naselju stvara haotičnost i nesklad.



Slika 1: Prikaz naselja Šljaka

Veliki broj objekata je toliko ruiniran i zapušten, tako da nema elementarnih higijenskih uslova za život, čemu doprinose i problemi oko održavanjem čistoće. Između izgrađenih površina su prazni zeleni prostori, poljoprivredno zemljište, sa zapuštenim i neuređenim zelenilom. Do 2003. godine naselje je imalo veoma oskudnu infrastrukturu, samo vodovod i elektrifikaciju. Aprila 2003. godine naselje Šljaka je dobilo kanalizaciju, a započeto je i asfaltiranje pojedinih ulica. Pošto je jedan deo stambenog fonda prilično oštećen za vreme Nato bombardovanja, zahvaljujući humanitarnim organizacijama i lokalnim vlastima izvršena je njihova obnova.

Smernice za regeneraciju

U uslovima trenutnog socijalnog raslojavanja u našoj zemlji, porodično stanovanje postaje sve aktuelnije, dok je cena građevinskog zemljišta u porastu te su mogućnosti za individualnu stambenu izgradnju ograničene. U slučaju naselja Šljaka nameće se pitanje da li je cilj očuvanje njegovih tradicionalnih vrednosti (ako uopšte postoje) ili stvaranje preduslova za izgradnju individualnih stambenih objekata prema novim standardima i kriterijumima. U svakom slučaju potrebno je izvršiti legalizaciju bespravno izgrađenih objekata, ažuriranje planova i sankcionisati dalju bespravnu izgradnju. Gradske vlasti bi trebalo da usmere više sredstava za opremanje građevinskog zemljišta, naročito u pogledu asfaltiranja ulica i raščišćavanja zapuštenih delova naselja. Potrebno je izvršiti rekonstrukciju ulica, u pogledu pravca pružanja, materijalizacije, proširenja regulacione širine, dodavanja trotoara, uklanjanje zapuštenih, pomoćnih

objekata i preparcelaciju.. Poželjno je težiti očuvanju postojećih parcela, a ukloniti samo minimalne i izvršiti vertikalnu regulaciju. U cilju racionalnijeg korišćenja zemljišta, predlaže se i plansko pugušćavanje, a potrebno je i ulaganje u infrastrukturu. Efikasnom sprovođenju regeneracije naselja doprinelo bi i izrada studije unapređenja životne sredine i definisanje strategije daljeg razvoja. U okviru pomenute studije trebalo bi sagledati najugroženije objekte, izvršiti privremeno raseljavanje stanovnika i pronaći mehanizme za finansiranje izgradnje novih.

U higijenskom i kompozicionom smislu poželjno bi bilo uređenje postojećeg i uvođenje novog unutarblokovskog zelenila i stvaranje jedinstva sa okolnim zelenim prostorom. Pored toga potrebno je i uvođenje objekata društvene suprastrukture primerenih stambenoj zoni, uređenje organizovanog odnošenja komunalnog otpada i bolja povezanost naselja sa centrom grada, kako bi se prevazišla sadašnja otuđenost. Siromaštvo stanovništva i bespravna gradnja deluju destimulativno na volju stanovništva da participiraju u unapređenju stambene sredine, te je potrebno edukovati stanovništvo i stimulisati ih na unapređenje sopstvene životne sredine.

4.2. Regeneracija kolektivnog stanovanja

Analizirana lokacija se nalazi u naselju Durlan, na približno 3.5 km od centralne gradske zone. Fizičke strukture - višeporodične zgrade spratnosti VP+4 građene su 1970-ih godina. Položaj kompleksa u odnosu na obrazovne centre, objekte kulture, ugostiteljske sadržaje i parkove je nepovoljan, a nema ni sadržaja za decu, omladinu i odrasle. Pored stanovanja prisutni su i privremeni objekti sa uslužnim delatnostima, čiju arhitekturu karakteriše usitnjena izgradnja i raznolikost materijala i boja. Neki od ovih objekata su u veoma lošem stanju, tako da i u higijenskom pogledu i u estetskom smislu narušavaju izgled kompleksa. Saobraćajna povezanost sa centrom grada je prosečna, a velike probleme u pogledu bezbednosti blizina gradske saobraćajnice sa velikom frekvencijom saobraćaja. Arhitekturu stambenih zgrada čine jednostavni gabariti, oživiljeni samo terasama, bez naglašenih ulaznih partija. Pre nekoliko godina započeta je nadogradnja pojedinih stambenih zgrada, čime su delimično revitalizovane fasade zgrada, ali uz nesklad i veliki dijapazon nekomplementarnih boja.

Slobodni prostor karakterišu higijenski, funkcionalni i funkcionalni problemi. Nedostaje im i reprezentativnost, atraktivnost i privlačnost za korisnike, što se ogleda kroz: neorganizovane prostore za korisnike bez konkretnih sadržaja, zastarelu urbana



Slika 2: Prikaz dela slobodnog prostora

oprema, pešački platoi materijalizovani u duhu socijalističke izgradnje, sa dominantnim sivim tonovima i naprsline nastale usled neodržavanja, loše osvetljenje (sl.2). Stanje

zelenih površina je veoma nepovoljno. Travnjaci su neuređeni, prekriveni otpadom, a jer se njihovom održavanju ne poklanja dovoljna pažnja (sl.2). Nizak higijenski nivo i neuređenost narušavaju ekološki komfor bloka, kao i njegovu ambijentalnu vrednost. Veliki problem je mešanje pešačkog i motornog saobraćaja i parkiranje automobila na slobodnim prostorima i trotoarima. Nakon nadogradnje pojedinih zgrada, pogoršani su uslovi parkiranja i evidentan je problem manjka broja parking mesta.

Smernice za regeneraciju

Polazna osnovna za regeneraciju posmatranog stambenog kompleksa jeste razrešenje pitanja vlasništva nad slobodnim prostorom, pitanja nadležnosti održavanja i naglašavanje polujavnog karaktera. To bi doprinelo stvaranju osećaja pripadnosti prostoru kod stanara i identifikacije sa njim i pokrenulo ih na inicijativu ka zajedničkim aktivnostima. Dominantan problem u ovom stambenom bloku predstavlja odsustvo segregacije pešačkog i motornog saobraćaja, te se predlaže kompletna reorganizacija parking prostora. Predviđa se potpuno izmeštanje parkiranja iz centralnog dela bloka i formiranje tri parkirališta između stambenih zgrada, čime bi se istovremeno povećao i stepen bezbednosti. Predlaže se i rekonstrukcija fasada stambenih zgrada i naglašavanje ulaznih partija. Kreativnije i utilitarnije unapređenje karaktera bloka podrazumeva sprovođenje regeneracije u skladu sa korisničkim preferencama. Predlaže se anketiranje stanara, kako bi se došlo do podataka o njihovim potrebama, idejama i interesovanjima, a istovremeno i iniciralo njihovo uključivanje u regeneraciju i održavanje prostora.

Slobodni prostor u ovom bloku ima veliki potencijal za organizovanje različitih sadržaja i aktivnosti. Veliki deo prostora ima nedorečen karakter, te se predlaže intervencija u funkcionalnom i vizuelno-oblikovnom pogledu: oživljavanje niskog i visokog zelenila zelenila, popločavanje, organizovanje nekoliko manjih prostora za okupljanje stanara različitih starosnih kategorija, opremljenih odgovarajućom urbanom opremom (klupe, zidići za sedenje, pergole, senici), koji bi omogućili stvaranje poluintimnih prostora. Za starije stanare je moguće posebno osmisliti zaklonjeni prostor, sa visokim i niskom zelenilom, platoom za društvene igre i klupama za odmaranje. Pošto u blizini ovog stambenog bloka nema parkovskih površina, moguće je da ovaj centralni prostor dobije i karakter mini blokovskog parka. Trebalo bi razmotriti varijantu ograđivanja ovog prostora niskom ogradom.

Kako je analizom postojećeg stanja utvrđeno da u posmatranom bloku nema organizovanih prostora za igru, predlaže se formiranje platoa za igru sa adekvatnom urbanom opremom. Poželjno je detaljno čišćenje travnatih površina, dodatno ozelenjavanje i postavljanje sistema za navodnjavanje, kao i oblikovanje žive ograde na pojedinim mestima u blizini ulaznih partija. Za unapređenje ambijentalne vrednosti, potrebno je adaptirati fasade zgrada koje nisu nadograđane, uz pažljiv izbor kompatibilnih boja. Takođe se predlaže se rušenje privremenih objekata i plansko ozelenjavanje visokim zelenilom. Kako je nivo održavanja i higijene u posmatranom bloku na veoma niskom nivou, posebno treba posvetiti pažnju poboljšanju higijenskih uslova, odnošenju smeća i održavanju zelenila. Postojeće prostore na kojima se nalaze kontejneri trebalo bi preurediti, uskladiti materijalizaciju ograda tih prostora sa arhitekturom zgrada, a poželjno bi bilo i zasaditi visoko zelenilo u blizini.

5. ZAKLJUČAK

Tendencija unapređenja stambenih kompleksa predstavlja trajno i uvek aktuelno opredeljenje velikog broja zemalji. Iskustva razvijenih zemalja u pogledu regeneracije stambenih kompleksa pokazuju da je za njihovo uspešno unapređenje neophodna svestrana koordinacija svih subjekata obnove, multidisciplinarno istraživanje, formiranje jake stambene politike i izbor adekvatnih finansijskih instrumenata. Od posebne je važnosti formiranje asocijacija stanara i njihova aktivna participacija u procesu regeneracije. Kako je stanovanje povezano sa ukupnim društveno-ekonomskim razvojem, to se izbor ciljeva, prioriteta, kriterijuma i konkretnih programa mora uskladiti sa nacionalnom stambenom politikom i politikom razvoja društva. Savremene tendencije u unapređenju stambenih kompleksa podrazumevaju precizno propisanu zakonsku regulativu, koja će definisati odgovornost, prava i obaveze svih subjekata regeneracije obezbediti usmeravanje svake prostorne intervencije u kontekstu poboljšanja kvaliteta stanovanja.

Na nivou grada Niša treba sprovesti istraživanje kvaliteta postojećeg stambenog fonda, izvršiti grupisanje u različite kategorije prema stepenima potrebne intervencije i prema prioritetima za regeneracijom, uz obavezno istraživanje korisničkih preferenci. Prioritet svake lokalne zajednice bi trebalo da bude definisanje strateškog programa regeneracije ugroženih stambenih kompleksa. Od posebne važnosti je pronalaženje pravnog okvira kojim bi se razjasnilo pitanje vlasništva nad zgradama i pripadajućim slobodnim prostorima, a sposobnost vlasti da obezbede finansijske instrumente biće presudno za brzinu i kvalitet realizacije procesa regeneracije. Imajući u vidu značaj uključivanja stanovnika u regeneraciju, potrebno je raditi na edukaciji stanovnika, unapređenju kulture stanovanja, ukazivanju na značaju poštovanja zajedničkih vrednosti čime se štite i lične vrednost. To podrazumeva i informisanje i edukaciju stanara da mogu i imaju prava da učestvuju u organizaciji i regeneraciji prostora u kome žive. Istovremeno treba raditi i na razvoju partnerstava koja bi organozaciono i finansijski učestvovala u unapređenju stanovanja .

6. LITERATURA

1. Bogdanović I., Mitković P.: Revitalization of residential complexes in the context of housing quality improvement, *Facta Universitatis*, Vol.3, N^o2, 2005., pp.219-233
2. Roberts P., Sykes H., *Urban regeneration. A Handbook*, SAGE, London, 2000., pp.86-109, 177-228,
3. Stankov S, "Istraživanje tipologije stanovanja sa aspekta načina života", *Indis* 2003, N. Sad
4. Stojkov B., "Obnova gradova u Srbiji u novim razvojnim uslovima", *Obnova gradova u Srbiji – Temeljne odrednice*, IAUS, Beograd, 1996., str. 30-37

Radmila Sindić-Grebović¹

ANALIZA ARMIRANJA GREDNIH MODELA OD BETONA VISOKE ČVRSTOĆE PRI ISPITIVANJU SMICANJEM

Rezime: U radu se govori o izboru adekvatnih koeficijenata armiranja podužnom i poprečnom armaturom za armirano betonske gredne modele na kojima se ispituje uticaj primjene betona visoke čvrstoće na smičuću nosivost. Postoje određene razlike u potrebnoj armaturi koje se moraju uvažiti pri modeliranju, a koje su u funkciji čvrstoće betona. Kod ispitivanja modela od betona visoke čvrstoće potreban je veći koeficijent armiranja podužnom armaturom nego u slučaju betona normalne čvrstoće u cilju obezbjeđivanja karakterističnog tipa loma i odgovarajućeg nivoa dilatacija u podužnoj armaturi. U slučaju betona visoke čvrstoće lakše se dostiže lom tečenjem zategnute armature pri savijanju nego što bi to bio slučaj za identičan model od betona niže čvrstoće. Poprečna armatura mora biti prilagođena projektovanom tipu loma, kao i stepenu izraženosti pojedinih parametara koji se manifestuju pri lomu da bi se omogućilo njihovo adekvatno praćenje. U radu je data analiza armiranja pojedinih modela u istraživanjima prema literaturi, kao i analiza sprovedena u okviru projektovanja modela tokom pripreme sopstvenih eksperimentalnih istraživanja koji se ispituju u cilju definisanja efekata upotrebe betona visoke čvrstoće.

Ključne reči: Beton visoke čvrstoće, smicanje, koeficijent armiranja, podužna armatura, poprečna armatura, tip loma

REINFORCEMENT ANALYSIS OF THE HIGH-STRENGTH CONCRETE BEAM MODEL DURING THE TESTING BY SHEARING

Summary: In this paper it is talked about the choice of the adequate longitudinal and transversal reinforcement ratios for reinforced-concrete beam models where the effect of the high-strength concrete application on the shear strength is tested. There are certain differences in the necessary reinforcement which must be adopted during modeling and that are in the function of the concrete strength. During the testing of the model of the high-strength concrete, the higher reinforcement ratio by the longitudinal steel is necessary than in the case of the normal-strength concrete with the aim of obtaining characteristic type of failure and the adequate level of the longitudinal reinforcement strains. In the case of the high-strength concrete it is easier to obtain the failure by the tensile steel creeping during bending than it would be the case for identical model of the lower-strength concrete. Transversal reinforcement must be adapted to the designed type of failure as well as to the level of expressing certain parameters that are demonstrated during the failure, in order to make possible their adequate review. There is the analysis, in the paper, of the reinforcement of the particular model in researches according to the literature, as well as the applied analysis in the scope of the model designing during the preparation of experimental researches which are tested in the aim of effects definition of the high-strength concrete usage.

Key words: High-strength concrete, shear, reinforcement ratio, longitudinal steel, transversal steel, failure type

¹ Mr Građevinski fakultet Podgorica, Cetinjski put bb

1. UVOD

Problem smicanja je kompleksan zbog izražene međuzavisnosti svih parametara smičuće nosivosti kao što su: relativni raspon smicanja (odnos raspona smicanja i visine presjeka), čvrstoće betona pri pritisku, količine podužne i poprečne armature. Primjena betona različitih čvrstoća uslovljava i različite procene armiranja za modele istih geometrijskih karakteristika. Beton visoke čvrstoće ($f_c' > 60$ MPa) se osim prema mehaničkim, od betona niže čvrstoće ($f_c' \sim 30$ MPa) razlikuje i po deformacionim karakteristikama. U većini slučajeva σ - ϵ zavisnost kod betona visoke čvrstoće pokazuje veći stepen linearnosti, manju ukupnu deformaciju, dok se površine loma mogu karakterisati kao znatno glađe. Ove činjenice neophodno je uvažiti prilikom projektovanja modela za eksperimentalno ispitivanje armiranobetonskih elemenata od betona visoke čvrstoće. Za ispitivanje uticaja primjene betona visoke čvrstoće na smičuću nosivost armiranobetonskih greda potrebno je projektovati eksperimentalni model kod kojeg će doći do loma usljed smičućih dejstava, omogućiti što potpunije praćenje deformacija u betonu nakon pojave prsline, obezbijediti kontrolu širine prsline i izbjegavanje iznenadnog loma. Svi ovi činioci utiču da se pri projektovanju modela za eksperimentalno ispitivanje mora dodatna pažnja posvetiti izboru koeficijenata armiranja u cilju postizanja optimalnih rezultata pri ispitivanju.

2. USLOVI KOJI ODREĐUJU OPTIMALNO ARMIRANJE

Povećanje čvrstoće betona od kojeg se izrađuju eksperimentalni modeli za ispitivanje smicanjem generalno zahtijeva povećanje koeficijenata armiranja podužnom i poprečnom armaturom ili upotrebu čelika većih mehaničkih karakteristika. Eksperimentalne modele pri ispitivanju uticaja čvrstoće betona na smičuću nosivost treba projektovati tako da se postigne zahtijevani tip i karakter loma i izbjegne lom odmah nakon pojave kose prsline. Pri tome treba voditi računa i o gornjoj granici koeficijenata armiranja pri kojima bi došlo do loma savijanjem po pritisnutom betonu ili loma betona po pritisnutoj dijagonali. Do loma može doći i u zoni ankerovanja podužne armature ukoliko ne postoji dovoljna dužina sidrenja zategnute armature ili se ne obezbijede dodatni elementi za sidrenje. Obezbeđivanje uslova za optimalno smještanje armature unutar betonskog presjeka je još jedan od opredjeljujućih uslova kod izbora armature.

2.1. Izbor tipa loma

Lom smicanjem kod armiranobetonske grede izložene dejstvu poprečnih sila dešava se ukoliko je granična nosivost na smicanje niža od granične nosivosti na savijanje. Za grede bez poprečne armature i sa podužnom zategnutom armaturom od najmanje 1.5 – 2 % dešava se lom smicanjem. Kod takvih modela do loma dolazi po jednoj izraženoj kosoj prslini. Lom je iznenađan i često eksplozivan. Karakterističan izgled loma za model bez poprečne armature dat je na slici 1, prema radu [4]. Ispitivanja na modelima bez poprečne armature ne pružaju mogućnost istraživanja efekata međudejstva betona i armature u prenosu smicanja. Bez poprečne armature umanjeno je i dejstvo klina zbog pomjerljivosti podužne armature u poprečnom pravcu. Potrebno je projektovati model koji će imati minimalno potrebnu količinu poprečne armature koja će

ograničiti širinu prsline i obezbijediti uključivanje isprskalog betona u prenos sile smicanja.



Slika 1. Lom po kosoj prslini kod grede bez poprečne armature

Kod određivanja minimalno potrebnog procenta armiranja treba uvrstiti parametar čvrstoće betona. Na ovakav stav navode nalazi nekih istraživača da je kod grede od betona visoke čvrstoće evidentna nedovoljna otpornost na smicanje nakon pojave kose prsline koju može obezbijediti minimalna propisana smičuća armatura. Primjena velikog procenta armiranja poprečnom armaturom može dovesti do promjene tipa loma jer povećanjem količine poprečne armature raste granična nosivost na smicanje. U cilju zadržavanja odnosa nosivosti na smicanje i savijanje na projektovanom nivou potrebno je povećati nosivost na savijanje pojačavanjem podužne zategnute armature. Krajnja granica porasta ovih parametara je lom grede po pritisnutom betonu usljed savijanja ili drobljenjem pritisnute dijagonale.

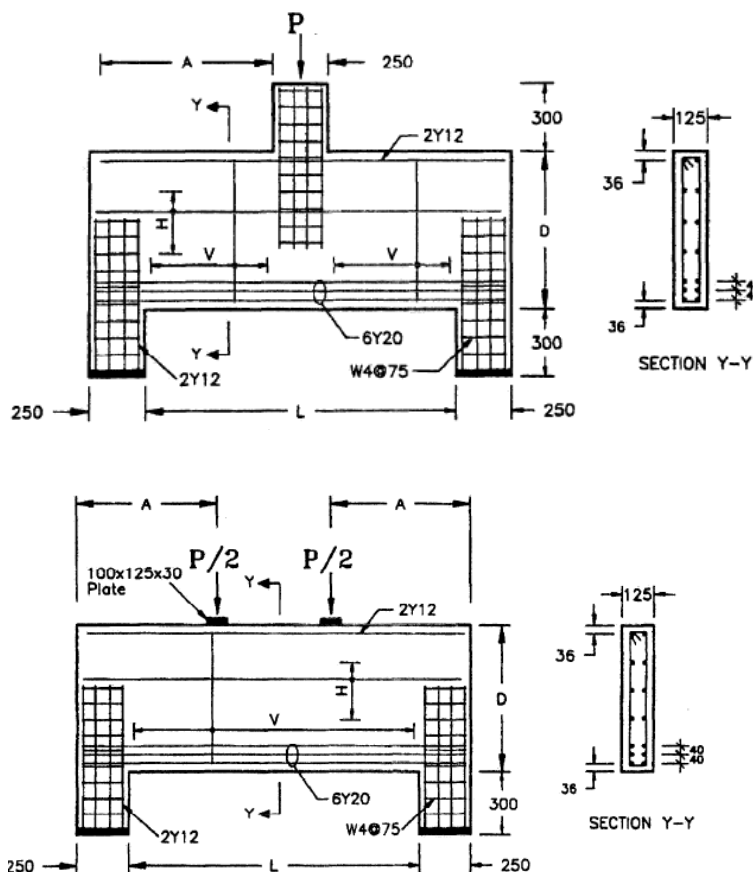
2.2. Geometrijske karakteristike modela

Dimenzije poprečnog presjeka grede kao i odnos raspona i visine poprečnog presjeka predstavljaju parametre preko kojih se definiše tip grede i vrši klasifikacija na visoke i vitke grede. Grede se klasifikuju kao visoke ukoliko je $2 \leq l/d \leq 5$ gdje je l – raspon grede a d statička visina presjeka grede, [3]. Kod vitkih greda male visine poprečnog presjeka uobičajen je izbor donje zategnute armature koja se postavlja u jednom redu, naročito ako je širina presjeka dovoljna za smještanje potrebnog broja šipki. Kod većine istraživanja modeli su armirani sa dvije ili tri šipke debljih profila. Ukoliko je presjek grede male širine, kao i kod visokih greda potrebno je postaviti armaturu u više redova kao i dodatnu armaturu ravnomjerno po visini presjeka. Na osnovu rezultata nekih eksperimentalnih istraživanja za visoke grede od betona visoke čvrstoće registrovana je mnogo veća sila loma pri smicanju nego što se dobija računskim putem na osnovu relacija iz važeće tehničke regulative, pa čak i onih koji uzimaju u obzir parametar a/d (relativni raspon smicanja). Adekvatno značajno većoj nosivosti na smicanje ovakvih modela potrebno je povećati nosivost na savijanje. Proračun potrebne armature za savijanje primjenom relacija važeće tehničke regulative ne daje upotrebljive rezultate. Eksperimenti su pokazali veću nosivost na savijanje nego što daju rezultati proračuna. Proračun smičuće nosivosti kao i nosivosti na savijanje treba izvršiti uzimajući u obzir dimenzije (visinu) grede.

3. PARAMETRI ARMIRANJA U POZNATIM ISTRAŽIVANJIMA

Na osnovu rezultata eksperimentalnih istraživanja dostupnih u literaturi izvršena je analiza parametara koji mogu biti pokazatelji optimalnog načina armiranja modela. Analiziran je uticaj koeficijenta armiranja podužnom (ρ_l) i poprečnom armaturom (iskazan u obliku $\rho_v f_y$) na tip loma, kao i odnos eksperimentalno utvrđenih nosivosti na smicanje i vrijednosti nosivosti na smicanje proračunatih na bazi pojedinih relacija. Odabrane su relacije za proračun koje su izvedene iz rezultata eksperimentalnih istraživanja novijeg datuma i obuhvataju uticaj relativnog raspona smicanja, armiranja podužnom armaturom i primjenljive su za beton visoke čvrstoće. Za presjek grede u kojem djeluje maksimalan moment savijanja od sile loma pri smicanju utvrđena je granična nosivost na savijanje i sila koja odgovara tom momentu. Data je korelacija ove dvije sile.

Analizirani su rezultati eksperimenata citirani u [3] koji se odnose na ispitivanje smičuće otpornosti visokih greda. Na slici je data dispozicija ispitanih modela, pri čemu je ispitivanje obavljeno sa jednom koncentrisanom silom u sredini raspona ili sa dvije koncentrisane sile, kako je prikazano na slici 2.



Slika 2. Dispozicija ispitivanja visokih greda prema [3]

U tabeli 1 dati su osnovni podaci o ispitanim gredama i rezultati ispitivanja nosivosti na smicanje. U tabeli su date i proračunate nosivosti na smicanje za iste grede primjenom relacija prema [5], označene sa V_{RUSSO} . Primijenjene relacije obuhvataju sljedeće parametre: dimenzije grede (efektivnu visinu poprečnog presjeka d uključenu preko koeficijenta ξ), čvrstoću betona pri pritisku (f'_c), koeficijent armiranja podužnom armaturom (ρ), relativni raspon smicanja (a/d), granicu razvlačenja podužne armature f_{yl} , kao i uticaj poprečne armature preko parametra $\rho_v f_{yv}$ (MPa). Ove relacije su izvedene na bazi rezultata eksperimentalnih ispitivanja 148 greda bez poprečne armature i 116 greda sa poprečnom armaturom. Relacija za proračun smičuće nosivosti prema [5] je:

$$v_u = \xi \left[0.97 \rho^{0.46} f'_c{}^{1/2} + 0.2 \rho^{0.91} f'_c{}^{0.38} f_{yl}{}^{0.96} (a/d)^{-2.33} \right] + 1.75 \cdot I_b \cdot \rho_v f_{yv} \quad (1)$$

Takođe su proračunate i nosivosti na bazi teorije plastičnosti prema [1] - (V_{TP}), koje se odnose na najveću vrijednost donje granice nosivosti uz dostizanje granice tečenja u zategnutoj armaturi. Data je i poprečna sila u nosaču koja odgovara računskoj nosivosti na savijanje za dati model (V_{sav}). Za sve grede je koeficijent armiranja podužnom armaturom $\rho=0.0242$ ili 2.42%, visina poprečnog presjeka $D=70$ cm, dok je $L=140$ cm za grede sa oznakom B2, i $L=210$ cm za grede sa oznakom B3. Grede koje u oznaci imaju A ispitane su sa dvije koncentrisane sile, pri čemu je relativni raspon smicanja različit i to za $A=67.5$ cm je $a/d=1.08$ i za $A=92.5$ cm je $a/d=1.48$. U skladu sa geometrijom sve ispitane grede spadaju u kategoriju visokih greda kod kojih je $2 \leq l/d \leq 5$.

Oznaka	f'_c (MPa)	a/d	$\rho_v f_{yv}$ (MPa)	V_{exp} (kN)	$V_{\text{rač}}$ (kN)			$V_{\text{exp}}/V_{\text{rač}}$		
					V_{RUSSO}	V_{TP}	V_{sav}	RUSSO	TP	sav
B2.0-3	78	1.32	2.41+H*	700	428.9	672	513.5	1.63	1.04	1.36
B2.0-1	83	1.32	2.41+H*	795	438.5	679	514.4	1.81	1.17	1.54
B2.0-B	89	1.32	0	585	379.8	438.2	518.2	1.54	1.33	1.13
B2.0-C	93	1.32	3.62	730	491.7	816.4	520.5	1.48	0.89	1.56
B2.0-D	104	1.32	2.41	720	475.4	703.5	526	1.51	1.02	1.37
B2.0-2	120	1.32	2.41+H*	825	500.5	717.8	533.5	1.65	1.15	1.55
B3.0-1	80	1.68	2.41+H*	510	344.8	687.7	403.4	1.48	0.74	1.26
B3.0-2	120	1.68	2.41+H*	525	392.8	724.1	419.1	1.33	0.72	1.25
B3.0-3	77	1.68	2.41	525	340.6	683.9	403.4	1.54	0.77	1.30
B3.0-B	89	1.68	0	435	251.2	343.7	407.2	1.73	1.26	1.07
B2.0-A	86	1.08	2.41	950	598	723.1	633	1.59	1.31	1.50
B3.0-A	88	1.48	2.41	775	423.7	665.3	461	1.83	1.16	1.68

* Model je armiran horizontalnom armaturom ravnomjerno po visini presjeka

Tabela 1. Rezultati ispitivanja prema [3] i proračunske nosivosti na smicanje i savijanje

Svi prikazani modeli su pri ispitivanju imali lom zatezanjem, osim modela B2.0-1 koji je imao balansiran lom. Analizom rezultata nosivosti i odgovarajućih korelacija između eksperimentalnih i računskih vrijednosti uočava se značajna potcijenjenost

nosivosti na smicanje koju daje formula Russo-a. Na ovakav rezultat utiče velika visina presjeka koja je uvedena preko koeficijenta ξ i obrnuto je proporcionalna nosivosti, kao i raspon smicanja usvojen pri proračunu jednak osovinskom rastojanju između oslonca i stuba (ploče) preko kojeg se opterećenje nanosi. Urađena je proba gdje je za raspon smicanja usvojen čist razmak između stuba oslonca i stuba opterećenja ($a/d=0.921$) za model B2.0-B koji je bez poprečne armature i dobijena $V_{\text{RUSSO}}=772.8\text{ kN}$, a prema teoriji plastičnosti $V_{\text{TP}}=596.7\text{ kN}$. U ovom slučaju nosivost koju daje formula Russo-a je precijenjena ($V_{\text{exp}}/V_{\text{RUSSO}}=0.757$), dok je za računsku vrijednost po teoriji plastičnosti dobra ocjena nosivosti ($V_{\text{exp}}/V_{\text{TP}}=0.98$). Doprinos poprečne armature proračunat prema teoriji plastičnosti je precijenjen što se uočava upoređivanjem rezultata za modele bez poprečne armature i sa poprečnom armaturom. Za model B2.0-B je odnos eksperimentalno utvrđene nosivosti na smicanje i računске nosivosti na savijanje 1.13 što ukazuje da je lom pri smicanju modela bez poprečne armature blizu proračunate nosivosti na savijanje. Ovo potvrđuje i model B3.0-B koji je takođe bez poprečne armature i kod koga je ovaj odnos 1.07. Proračunska nosivost na savijanje je znatno manja od stvarne nosivosti na savijanje pa do loma savijanjem ne dolazi ni kod modela sa poprečnom armaturom. Sa smanjenjem raspona smicanja odnos izmjerene nosivosti na smicanje i proračunske nosivosti na savijanje se povećava tj. model se približava stanju u kojem može doći do loma savijanjem. Zaključak je da je za mali raspon smicanja i manji odnos l/d teže obezbijediti jasnu distancu između loma smicanjem i loma savijanjem.

Analizirani su i rezultati ispitivanja prema [2], za modele greda poprečnog presjeka $b/h=12.5/25$ cm, opterećenih jednom koncentrisanom silom u sredini raspona koji je variran od 64.5–107.5 cm i kod kojih je došlo do loma smicanjem. Podaci o modelima, rezultati ispitivanja kao i proračunske nosivosti date su u tabeli 2. Koeficijent armiranja podužnom armaturom ovih greda je $\rho=0.0365$ ili 3.65%.

Oznaka	f_c' (MPa)	a/d	$\rho_v f_{yv}$ (MPa)	V_{exp} (kN)	V_{rac} (kN)			$V_{\text{exp}}/V_{\text{rac}}$		
					V_{RUSSO}	V_{TP}	V_{sav}	RUSSO	TP	sav
HB1.5-0	73	1.40	0	142.1	195.6	215.5	239	0.726	0.659	0.594
HB1.5-50	73	1.40	3.617	246.0	229.7	351.1	239	1.071	0.700	1.029
HB1.5-100	73	1.40	7.23	280.3	263.7	486.6	239	1.063	0.576	1.173
HB2.0-0	73	1.90	0	96.0	115.9	155.2	176	0.828	0.618	0.545
HB2.0-50	73	1.90	2.58	196.0	156.9	286.6	176	1.249	0.684	1.114
HB2.0-100	73	1.90	5.16	242.1	197.9	418.0	176	1.223	0.579	1.375
HB2.5-0	73	2.40	0	84.8	83.7	113.9	139.3	1.013	0.744	0.608
HB2.5-50	73	2.40	2.102	149.0	130	249.2	139.3	1.146	0.598	1.070
HB2.5-100	73	2.40	4.205	183.8	176.3	384.6	139.3	1.042	0.478	1.319

Tabela 2. Rezultati ispitivanja prema [2] i proračunske nosivosti na smicanje i savijanje

Analizom rezultata može se zaključiti da relacije prema teoriji plastičnosti precjenjuju nosivost na smicanje svih modela, a relacije Russo-a za modele bez poprečne armature i sa manjim rasponom smicanja. Prema teoriji plastičnosti precijenjen je doprinos poprečne armature za modele sa većim procentom poprečne armature. Proračunska sila nosivosti na savijanje je veća od eksperimentalno određene nosivosti na smicanje za modele bez

poprečne armature. Kod ovih modela desio bi se lom smicanjem prije nego savijanjem i sa nižim procentom podužne armature od usvojenog (3.65%). Za modele sa srednjim sadržajem poprečne armature (koji imaju oznaku 50) proračunska nosivost na savijanje približno je jednaka eksperimentalno utvrđenoj nosivosti na smicanje. Kod ovih modela dešava se lom smicanjem jer je proračunska nosivost na savijanje manja od realne pa bi do loma smicanjem došlo i za nešto manji procenat podužne armature. Za jako poprečno armirane modele (sa oznakom 100) opravdana je primjena usvojenog koeficijenta armiranja podužnom armaturom, pri čemu postoji mogućnost dostizanja loma u pritisnutom betonu. Slično ispitivanje citirano u [4] pokazuje da je za grede poprečnog presjeka 15/33 cm, od betona čvrstoće $f_c' = 80$ MPa, raspona 90, 150 i 210 cm, usvojeno 3.36% podužne armature iz razloga dostizanja loma na smicanje prije nego na savijanje.

4. REZULTATI ANALIZE EKSPERIMENTALNIH MODELA

U cilju pripreme eksperimentalnih istraživanja iz oblasti smicanja kod greda od betona visoke čvrstoće analizirane su računske vrijednosti nosivosti na savijanje i smicanje za moguće eksperimentalne modele. Dva od odabranih modela sa efektivnim visinama (d) 20.5cm i 32.5cm i ukupnim visinama (h) 24cm i 36cm pripadaju području visokih (kratkih) greda jer za raspon $l=80$ cm važi relacija $2 \leq l/d \leq 5$. Kod trećeg analiziranog modela je $d=44.5$ cm, a $h=48$ cm. Širina poprečnog presjeka za sve modele je $b=12$ cm. Podužna armatura se varira, dok je poprečna usvojena na nivou minimalne i to UØ6/20 za modele od NSC ($f_c' = 30$ MPa) i UØ6/12.5 za HSC modele ($f_c' = 80$ MPa). Ispitivanje se vrši pri dejstvu jedne koncentrisane sile u sredini raspona.

Model	f_c' (MPa)	a/d	Podužna arm.		$\rho_v f_{yv}$ (MPa)	V_{Russo} (kN)		V_{TP} (kN)		V_{sav}
			Tip	ρ (%)		Za $\rho_v=0$	Ukupno	Za $\rho_v=0$	Ukupno	
NSC 12/24	30	1.95	2RØ16	1.6	0.565	58.8	70.5	62.8	89.9	71.5
		2.16	4RØ16	3.6	0.565	62.3	72	100.2	127.3	105
HSC 12/24	80	1.95	2RØ19	2.3	0.904	93.4	107.5	107.4	150.8	107.7
		2.16	4RØ19	5.1	0.904	131	144.1	189.7	233.1	165*
NSC 12/36	30	1.23	2RØ16	1.03	0.565	107.6	117.9	119	146.1	120
		1.31	4RØ16	2.2	0.565	155.8	164	172	199.1	201*
HSC 12/36	80	1.23	2RØ19	1.45	0.904	162	176	187	230.4	172
		1.31	4RØ19	3.1	0.904	255.6	266.5	300.5	343.9	302*
NSC 12/48	30	0.9	2RØ16	0.75	0.565	201	209.6	175.8	202.9	168
		0.94	4RØ16	1.58	0.565	238.5	247.1	242.4	269.5	298*
HSC 12/48	80	0.9	2RØ19	1.06	0.904	289	300.5	266.6	310	244.6
		0.94	4RØ19	2.22	0.904	480	489	407	450.4	437.5

Tabela 3. Proračunske nosivosti na smicanje i savijanje za eksperimentalne modele

Rezultati proračuna dati su u tabeli 3. Sile označene sa * računski daju lom savijanjem po pritisnutom betonu. Predviđeni eksperimentalni modeli su armirani minimalnom poprečnom armaturom tako da je i doprinos poprečne armature računskoj nosivosti na smicanje mali, naročito prema relaciji Russo-a. Relacije po teoriji plastičnosti daju veći značaj poprečnoj armaturi. Prema rezultatima iz tabele 2 može se upoređivanjem smičućih nosivosti za isti model sa i bez poprečne armature zaključiti da relacije Russo-a potcjenjuju doprinos poprečne armature, dok ga relacije po teoriji plastičnosti precjenjuju.

Prema rezultatima proračuna iz tabele 3 i upoređivanjem sa rezultatima iz tabele 2 zaključujemo da je za model $b/d=12/24$ dovoljno primijeniti podužnu zategnutu armaturu 2RØ16 (1.6%) za NSC i 2RØ19 (2.3%) za HSC pa da kod modela dođe do loma smicanjem. Zaključak je zasnovan na sličnosti ovog modela sa modelom HB1.5-50 opisanim u tabeli 2, gdje je računska nosivost na savijanje približno jednaka računskoj nosivosti na smicanje, a do loma ipak dolazi smicanjem. Upotreba 4RØ19 (5.1%) za model 12/24 – HSC dovela bi do loma po pritisnutom betonu pri dilatacija zategnute armature od 3.5% ukoliko se ne bi desio lom smicanjem ranije, što je realno moguće.

Za model 12/36 – NSC dovoljno je 2RØ16 (1.03%), dok za isti model od HSC treba usvojiti 4RØ19 (3.1%) iako se prema proračunu dešava lom po pritisnutom betonu, ali je realna pretpostavka da će se prije desiti lom smicanjem. Za model 12/48 – NSC je pogodna primjena 4RØ16 (1.58%), dok je za model 12/48 – HSC uz primjenu 4RØ19 (2.22%) potpuno neizvjestan tip loma. Sa povećanjem podužne armature na 3% lom smicanjem bi bio izvjestan.

5. ZAKLJUČAK

Za postizanje loma smicanjem prije nego lom po zategnutoj armaturi za gredne modele istih dimenzija potrebno je 1.5 do 3 puta više podužne armature u slučaju primjene betona visoke čvrstoće u odnosu na beton normalne čvrstoće.

Sa smanjenjem odnosa l/d kod eksperimentalnih modela potrebno je u obzir uzeti više parametara pa je definisanje problema složenije. Takve modele treba armirati i horizontalnom armaturom po visini presjeka. Kod visokih modela uloga betona više dolazi do izražaja pa je uočljiviji efekat primjene betona visoke čvrstoće.

6. LITERATURA

1. Baestrup M: "Shear strength prediction-plastic method", Reinforced Concrete Deep Beams, Editor Kong F.K., Glasgow - London, 1990., str. 182-203.
2. Cho S: "Shear Strength Prediction by Modified Plasticity Theory for Short Beams", ACI Structural Journal, January-February 2003, str.105-112.
3. Duthinh D: "Shear Strength of High-Strength Concrete Walls and Deep Beams", National Institute of Standards and Technology, May 2000., str.16.
4. Ramirez J, Aguilar G: "Shear Reinforcement Requirements for High-Strength Concrete Bridge Girders", Indiana Department of Transportation Division of Research, July 2005., str. 127.
5. Russo G, Somma G, Angeli P: "Design shear strength formula for high strength concrete beams", Materials and Structures, RILEM, Vol 37, Decembar 2004., str. 680-688.

Ratko Mitrović¹
Strahinja Pavlović²

INDUSTRIJALIZACIJA KAO TEHNOLOGIJA GRAĐENJA U BUDUĆNOSTI

Rezime: U ovom radu predstavimo industrijalizaciju kod različitih tehnologiju građenja u budućnosti i analizirati zašto industrijalizacija građenja postaje sve više aktuelna u izvođenju objekata. Koje su prednosti i mane industrijskih montažnih sistema građenja. Na kraju rada prezentiraćemo jedan primjer industrijske montažne gradnje.

Ključne reči: Tehnologije, Industrijalizacija, Organizacija

INDUSTRIALIZATION OF TECHNOLOGY CONSTRUCTION IN FUTURE

Summary: (Style Summtitle) In this paper we will present industrialization of different kinds of technologies construction in future and we will to analyse why industrialization construction start to be more popular. Which are superiority and blemishes of industrialization assembly systems construction. At the end this papaer we will present one exampal of industrialization assembly construction.

Key words: Technology, Industrialization, Orgnization

¹ Prof. dr. Ratko Mitrović, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Podgorica

² Strahinja Pavlović, dipl. ing. građ.

1. UVOD

U zadnjem periodu industrijska montažna gradnja postaje sve više prisutna u izvođenju različitih vrsta građevinskih objekata, posebno u razvijenim zemljama. Nažalost taj trend u razvoju ovih vrsta tehnologija nije tako izražen u nerazvijenim zemljama i zemljama u tranziciji. Ipak, ubrzani razvoj tehnologija, obim industrijske proizvodnje gotovih sklopova, poluproizvoda i proizvoda, u razvijenim zemljama uslovio je njihovu značajniju primjenu i u nerazvijenim zemljama.

Naime, prisutna globalizacija u industrijskoj proizvodnji i povećani obim proizvodnje uslovi su neophodnost širenja tržišta i na nerazvijena područja. Tako se danas značajan broj savremenih industrijskih pluproizvoda, slopova, materijala koji se koriste u građevinarstvu, nalazi i u zemljama u razvoju, mada ne u onoj mjeri, kao u razvijenim zemljama. Primjećujemo ipak da se na našim gradilištima sve više primjenjuju savremenije tehnologije, industrijski proizvedeni gotovi proizvodi i poluproizvodi koji se uglavnom uvoze iz zemalja Evropske unije. Tako nam se nameću nove tehnologije i materijali na čiji razvoj mi ne možemo uticati i za čiju implemantaciju u praksi, po našem mišljenju, nismo ni adekvatno pripremljeni.

2. INDUSTRIJSKA GRADNJA U SVIJETU

Industrijska gradnja u svijetu je postala veoma značajna oblast, a posebno u SAD i razvijenim evropskim zemljama. Osnovni razlozi za povećanje obima industrijalizacije u građenju objekata u ovim zemljama su: smanjivanje troškova građenja, brzina građenja, dobijanje kvalitetnog objekta i jednostavnost izgradnje objekata. Gotovi proizvodi, poluproizvodi i razni sklopovi se industrijski proizvode u veoma velikim serijama, čime se postiže dobar i ujednačen kvalitet, niske cijene i stvaraju adekvatni uslovi za automatizaciju ovih proizvodnih procesa. Ovako veliki obim industrijske proizvodnje u sektoru građevinarstva uslovio je veoma dinamičan tehnološki razvoj. Osnovni pravci tih tehnoloških unapređenja su dobijanje kvalitativnih industrijskih proizvoda, koji su konkurentni na tržištu i za njihovu ugradnju na gradilištu nije potrebno mnogo vremena. Jedna od osnovnih komponenti uspjeha jedne tehnologije koja se bazira na industrijalizaciji je da su elementi koji se proizvode jednostavni i ne zahtijevaju dug vremenski period za montažu. Osnovni razlog za razvoj tehnologija u ovom pravcu je potreba da se smanje troškovi živog rada na samom gradilištu, jer su troškovi rada radnika na gradilištu veoma veliki u razvijenim zemljama. Tako je usvojena strategija da sve što je moguće treba industrijski proizvesti, a samo ono što je neophodno treba uraditi na samom gradilištu. Iz tih razloga, posebno u SAD, danas imamo da se svi elementi industrijski proizvode, a na gradilištu se vrši samo montaža i završni radovi na objektu. Ovakav način gradnje uslovljava tržište u ovom regionu, jer su satnice zanatskih majstora na gradilištu izuzetno velike (u SAD je prosječna satnica oko 20 \$, dok je kod nas oko 4\$), a industrijski proizvedeni elementi zahtijevaju minimalno učešće živog rada jer su svi ovi procesi automatizovani.

Industrijalizovani sistemi građenja koji se najčešće koriste kod izvođenja različite vrste objekata su objekti koji koriste čelične i drvene konstruktivne sisteme. Kod ovih sistema konstruktivni elementi se industrijski proizvode, a gotovi elementi se samo montiraju na samom objektu. Tako se kod izgradnje objekata sa konstrukcijom od čeličnika, čelični elementi proizvode u savremenim fabrikama, a na gradilištu se

uglavnom obavlja proces montaže, a sličan je proces i kod objekata koji koriste drvo kao osnovni konstruktivni materijal.

Prednost ovih industrijalizovanih procesa je prije svega u tome da valiki proizvođači proizvoda, sklopova, elementa i poluproizvoda imaju uglavnom dobro organizovane obuke za izvođenje radova u njihovoj tehnologiji. Pored ovih sistema obuke, na tržištu postoje mnoge kompanije koje se bave edukacijom zanatskih majstora koji koriste ove savremene procese rada.

U daljem izlaganju prikazaćemo neka od savremenih industrijskih metoda građenja koje se najčešće koriste u SAD. Na slici 1. prikazana je tehnologija građenja poslovnog objekta čija je osnovna konstrukcija napravljena od čelika. Svi elementi od čelika su industrijski proizvedeni u fabrici u kojoj je proizvodni proces potpuno automatizovan. Na samom gradilištu je vršena samo montaža. Svi zanatski radovi su obavljani uz korištenje industrijski proizvedenih elemenata, za čiju je montažu, odnosno ugradnju na gradilištu potrebno jako malo vremena.



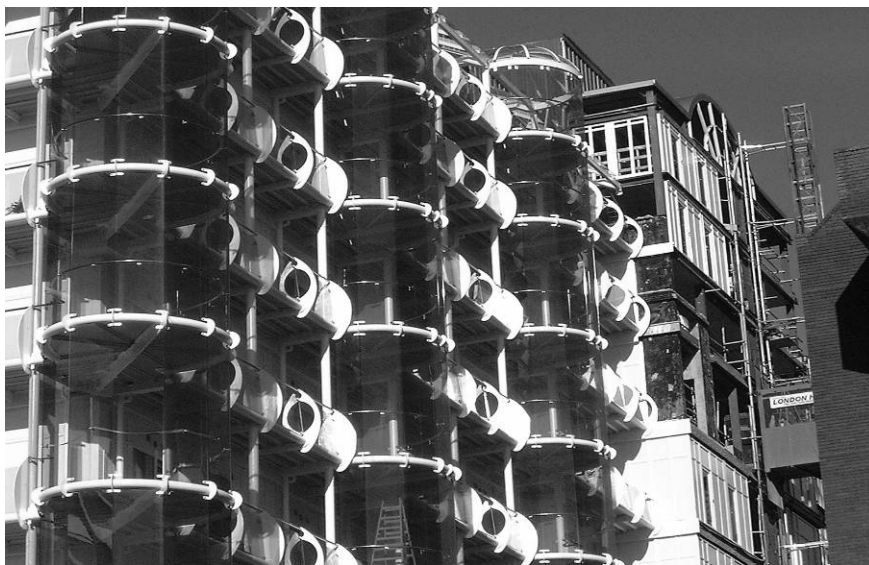
Slika 1. Industrijalizovane tehnologije građenja koje koriste čelik kao glavni konstruktivni materijala

Na slici 2. je prikazan objekat koji koristi drvo kao osnovni konstruktivni materijal. I u ovom slučaju gotovo svi elementi su industrijski urađeni i na gradilištu se uglavnom vrši montaža i ugradnja. Ovi industrijski dobijeni proizvodi od drveta, koji se proizvode u velikim serijama, su standardnog kvaliteta i duge trajnosti. Iz tih razloga 95 odsto američkih tehnologija građenja koristi drvo kao osnovni materijal za građenje individualnih stambenih objekata



Slika 2. Industrijalizovane tehnologije građenja koje koriste drvo kao glavni konstruktivni materijal

Klasičan primjer ovakve gradnje, tj. totalne industrijalizacije kod izgradnje poslovno-stambenog objekta je objekat koji je ove godine završen u Londonu (slika 3.). Objekat je, dakle, kompletno industrijski proizveden i na gradilištu je samo vršena montaža. U fabrici je čak izvršeno i završno farbanje svih elemenata koji su, zatim, u cjelofanu transportovani do gradilišta. Svi fasadni elementi su industrijski proizvedeni sa ugrađenom stolarijom i staklima i završenom fasadnom obradom. I svi pregradni zidovi sa ugrađenom stolarijom, gotova kupatila i svi podesni i stepenišni elementi su se industrijski proizveli. Bilo je veoma interesantno gledati izgradnju jednog ovakvog objekta koji se gradio u centru Londona sa minimalnim brojem radnika, a istovremeno asa ubrzanom dinamikom. Ovaj objekat, pored primjera totalne industrijske montaže, pokazuje i mogućnost ostvarivanja izuzetnih estetskih efekata, uz korištenje industrijskih metoda građenja.



Slika3. Primjer totalne industrijske montažne gradnje

3. INDUSTALIZACIJA KOD NAS

U našem regionu industrijalizacija je bila u najvećem usponu između osamdesetih i devedesetih godina prošlog vijeka. Razvijeni su mnogi sistemi industrijske gradnje kao što su: «IMS», Montasta, Ymros, Rad-Balansy, Sistem- 50 i mnogi drugi, ali se danas, i to u manjoj mjeri, još koristi samo sistem «IMS». Do prije nekoliko godina industrijska montažna gradnja se kod nas veoma malo koristila, prije svega zbog ekonomske krize, ali i poznatih događaja koji su se odigravali kod nas i oko nas.

Nekoliko godina unazad primjetne su primjene industrijske montažne gradnje kod nas, ali se one uglavnom zasnivaju na inostranim tehnologijama. Tako mi u određenoj mjeri postajemo uglavnom tržište za plasiranje svremenih industrijski proizvedenih materijala, elemenata oprema i drugih proizvoda koji se koriste u građevinarstvu od strane kompanija iz razvijenih zemalja. Mnoge evropske kompanije otvorile su predstavništva kod nas, prije svega da bi plasirali svoje tehnologije i proizvode. Oni su nam nametnuli brojne elemente građenja koji karakterišu industrijsku montažnu gradnju. Tako umjesto klasičnog malterisanja i zidanja pregradnih zidova imamo suhu montažu gipsanim pločama. Mnoge konstrukcije objekata se izvođe od čelika koji se industrijski proizvodi, mnoge fasadne obloge su industrijskog tipa, kao i podovi i dr.

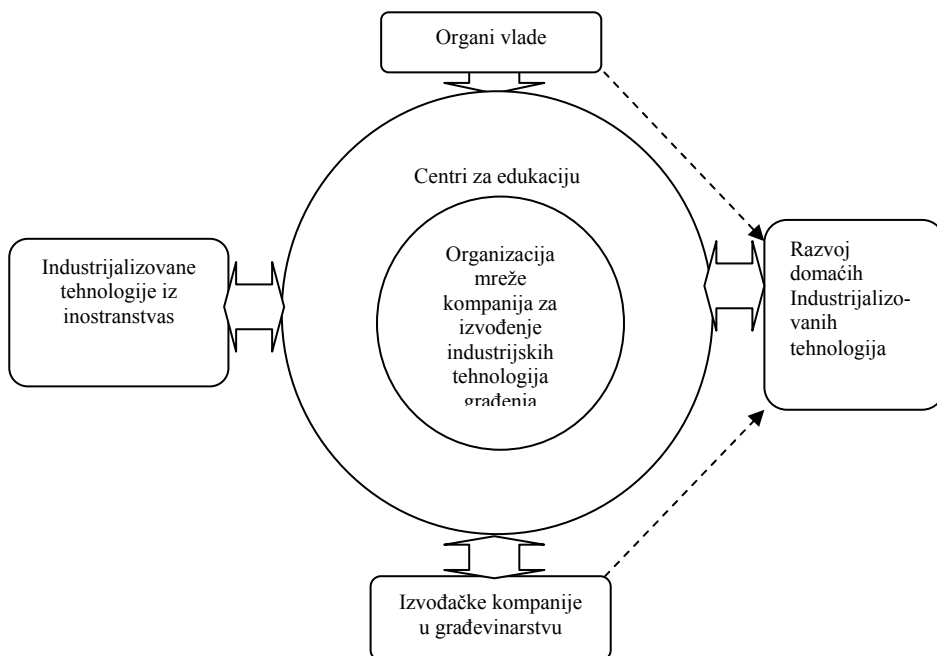
Industrijski montažni sistemi ipak nijesu još adekvatno zaživjeli kod nas i prisutan je značajan obim tradicionalnih i racionalizovanih sistema građenja. Evidentan je nedostatak adekvatno edukovanih zanatskih majstora za savremene tehnologije građenja, odnosno nedostatak zanatskih majstora uopšte u svim oblastima građevinarstva. Procjene Zavoda za zapošljavanje Crne Gore su npr. da je trenutno

potrebno oko 15000 zanatskih majstora za rad u građevinarstvu u Crnoj Gori. Slična situacija je i u okruženju, a pogotovo je alarmantna situacija kod zanatskih aktivnosti koje koriste savremene industrijske proizvodne elemente i tehnologije.

Stoga je uvođenje industrijalizacije kod nas izuzetno složen proces, jer mi možemo uvesti savremene tehnologije i opremu, elemente i materijale, ali nemamo dobro obučenu radnu snagu da bi se prednosti industrijske gradnje mogle adekvatno implementirati u praksi. Sistem obrazovanja u školama je takav da ne stimuliše praktičnu nastavu i praktični rad, a poslodavci nemaju dovoljno vremena da obrazuju zanatske majstore. Tako u praksi imamo veliki obim izvedenih radova neujednačenog i lošeg kvaliteta, što je direktna posljedica needukovanosti zanatskih majstora.

Svjesni smo da mi više ne možemo konkurisati u razvoju novih tehnologija i industrijalizaciji građevinske proizvodnje na svjetskom tržištu, jer smo malo tržište. Pa ipak, da bi se proces industrijalizacije građenja adekvatno primijenio kod nas, neophodno je stvoriti adekvatne uslove za implementaciju industrijskih proizvoda u izgradnji objekata. Na našem tržištu su prisutne mnoge savremene tehnologije građenja, elementi, oprema, materijali, ali nam nedostaju zanatski majstori za njihovu montažu. Iz tih razloga predložićemo konceptualni model koleracije primjene industrijskih metoda građenja i edukacije zanatskih majstora za njihovu primjenu u praksu.

Osnovni koncept je da zajedno sa implementacijom određene tehnologije razvijemo sistem edukacije i implementacije u praksi za njihovu primjenu u određenom području slika 4.



Slika 4. Organizaciona šema razvoja industrijalizovanih tehnologija građenja

Na slici 4. je predstavljena organizaciona šema razvoja industrijalizovanih tehnologija građenja za uslove poslovanja u regionu u kojem se mi nalazimo. Pored sve

značajnijeg prisustva kompanija sa razvijenih tržišta, smatramo da je potrebno razvijati i tehnologije građenja na našim područjima. Da bismo imali konkurentne lokalne kompanije, neophodna je adekvatna planska podrška države i odgovarajućih edukacionih ustanova. Iz tih razloga je planirano formiranje privatnih kompanija koje će se baviti obukama zanatskih majstora u industrijalizovanim sistemima građenja. Saradnja kompanija koje se bave edukacijom i kompanija koje izvođe redove, uz korištenje savremenih industrijalizovanih tehnologija, je najbolja strategija, jer će polaznici kurseva edukacije imati mogućnost praktičnog obrazovanja na samim gradilištima, što je veoma značajno.

7. ZAKLJUČAK

I na kraju, ovaj rad je nastao zbog želje da se industrijska montažna gradnja ponovo afirmiše na našim tržištima i da se naši objekti kvalitetnije i brže grade, uz manji obim učešća živog rada i sa standardnim kvalitetom. Prikazali smo primjere izgradnje objekata, uz primjenu totalne industrijske montažne gradnje, kao gradnje koja predstavlja budućnost u razvoju tehnologija građenja. Ovi primjeri su potvrda tendencije koja je prisutna u izvođenju objekata, da sve što je moguće treba industrijski proizvesti, a na gradilištu izvršiti smo montažu i time pojeftiniti i ubrzati izgradnju objekata.

Da bi se ove tehnologije izvođenja industrijskih objekata mogle adekvatno primijeniti u praksi, potrebno je riješiti problem nedostatka zanatskih majstora na tržištu rada. Iz tih razloga smo predložili model rješavanja ovog problema. Osnovni koncept ovog modela je da je uz razvoj industrijskih tehnologija građenja, neophodno razvijati i edukaciju zanatskih majstora za njihov rad u praksi, kao i pridobijanje kompanija koje bi podržale njihovu obuku, kao dio edukacije, na samom gradilištu. Ovo je jedan veoma značajan projekat, a pored definisanja algoritma aktivnosti, neophodno ga je realizovati prema osnovnoj šemi koja je ovdje prikazana. Potrebno je, naime, mlađoj populaciji objasniti da savremene tehnologije građenja nijesu više aktivnosti koje zahtijevaju veliki obim fizičkog rada i da akteri koji učestvuju u njihovoj implementaciji u praksi mogu pristojno živjeti od svoga rada.

8. LITERATURA

1. O. Moselhi, M.J. N Nicholas, Hybrid Expert System for Construction Planning and Scheduuling, 1900.
2. Fenoski Pena Mora, Information Technology for Batter Management of Change, Cost and Schedule in Construction Projects, 1997.
3. Frederick E. Gould, Nancy E. Joyce, Construction Project Management, Ohio, 2000.
4. Tve Construction Weekly Magasine, Engineering News- Record.
5. Branisalav Ivković, Željko Popovic, Upravljanje Projektima, Beogra, 1997.
6. Ratko Mitrović, Unapređenje proizvodnje i izgradnje montažnih panalnih zgrada, Magistarski rad, Beograd 1991.
7. Ratko Mitrović, Optimizacija korištenja solarne energije u Crnoj Gori, Internacionalni simpozijum, JUCE90, 1990, Beograd.
8. Ratko Mitrović, Tehničko Tehnološko Modeliranje Organizacionih Struktura.Doktorska disertacija, Novi Sad, 1995.
9. Ratko Mitrović, ,Višekriterijumska optimizacija iskorištenja solarne energije kod izgradnje različite vrste montažnih objekata, Simpozijum, SYMOPIS 95, 1995, Donji Milanovac.
10. Ratko Mitrović, Višekriterijumska optimizacija različitih vrsta objekata visokogradnje, Naučni skup katedri za Menadment i tehnologije građenja, 1995, Novi Sad.

Rešad Malović¹

VIBRACIJE BETONSKE I ČELIČNE KONSTRUKCIJE REKONSTRUISANIH TURBINA HIDROELEKTRANE JABLANICA

Rezime: Održavanje i obnova hidrotehničkih objekata hidroelektrane podrazumjeva stalni proces poboljšanja tehničkih karakteristika ugrađene opreme.

U ovom radu je obrađen fenomen vibracija betonske i čelične konstrukcije turbina hidroelektrane Jablanica koji se pojavio nakon procesa obnove postojeće dotrajale opreme. Ugradnjom i puštanjem u pogon nove opreme u tačno definisanim područjima snaga agregata i nivoa akumulacionog bazena hidroelektrane, na turbinskoj opremi i pripadajućoj betonskoj konstrukciji, registrovane su pojačane vibracije praćene sa povremenim eksplozijama zraka i »pištavim» zvukom u zoni difuzora turbina.

Nakon provedenih ispitivanja na opremi turbine i pripadajućoj betonskoj konstrukciji, te urađenih promjena na lopaticama radnih kola turbina, navedeni problem je eliminisan i rekonstruisani agregati hidroelektrane Jablanica pouzdano rade prema projektovanim parametrima.

Ključne riječi: vibracije, buka, Karmanovi vrtlozi, radno kolo turbine.

VIBRATION OF THE CONCRETE AND STEEL CONSTRUCTION ON HYDRO POWER PLANT JABLANICA RECONSTRUCTED TURBINES

Summary: Maintenance and renewal of hydro technical facilities implies constant improvement of technical characteristic.

This work treats phenomena of vibration of the concrete and steel construction on HPP's Jablanica turbines appeared after renewal of the existing worn out equipment. After building into and putting in operation of the new equipment, in exactly defined range of unit power and level of accumulation lake of HPP, at turbine equipment and accessory concrete construction increased vibration followed by occasional explosions of air and fizzling sound in draft tube were registered.

After examination done at the turbine equipment and accessory concrete construction, changes were done on the runner blades. Mentioned problem was eliminated, reconstructed units of the HPP Jablanica are working reliably according to project parameters.

Key words: vibration, noise, Karman's whirpool, turbine runner.

¹Magistar, Dipl.maš.ing.; Hidroelektrane na Neretvi Jablanica, Jaroslava Černija br.1.
88.420 Jablanica

1. UVOD

8.1. Hidroelektrana Jablanica, kapitalni hidroenergetski objekat u bivšoj Jugoslaviji, izgrađena je odmah nakon II Svjetskog rata u periodu od 1948. do 1954. godine. Prvi agregat ove elektrane pušten je u pogon 1955. godine, a zatim ostalih pet do kraja 1957. godine. Nakon 40 godina rada elektrane i prosječno 250.000 do 300.000 radnih sati po jednom agregatu, procijenjeno je da nije rentabilno stalno povećano ulaganje sredstava u održavanje pogonski dotrajalih i tehnički zastarjelih postrojenja i opreme, te je, na osnovu elaborata «Investicioni program hidroelektrane Jablanica» [2] 1997. godine počela obnova elektromašinske opreme i građevinskih dijelova postrojenja. Prema navedenom elaboratu, obzirom na potvrđene dobre tehničke karakteristike hidrograđevinskih objekata, na ovim dijelovima postrojenja nisu rađeni značajniji zahvati, dok su elektromašinski dijelovi postrojenja potpuno zamjenjeni sa novom sofisticiranom opremom.

8.2. Jedan od ciljeva rekonstrukcije i revitalizacije elektromašinske opreme bilo je i produženje životnog vijeka hidroelektrane za 25 do 30 godina.

8.3. Zamjenom opreme agregata 1. koja je planirana u ljeto 2008. godine, okončati će se kompletan proces rekonstrukcije i revitalizacije hidroelektrane Jablanica.

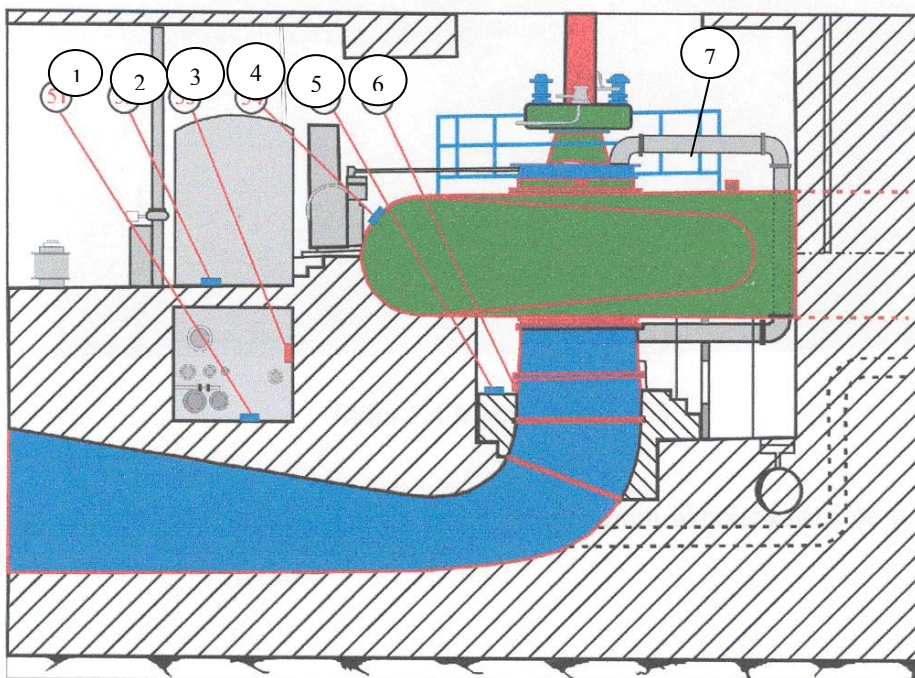
8.4. Puštanjem u pogon rekonstruisanih agregata pri tačno definisanim snagama i nivoima vode u akumulacionom bazenu, javljale su se povećane vibracije betonske i čelične konstrukcije agregata, povećana buka i zvučne eksplozije u zoni difuzora turbine praćene sa «pištanjem» zraka. Obzirom na novonastalu situaciju tehničko osoblje elektrane je, uz konsultacije sa isporučiocem turbina, donjelo odluku o ograničenom radnom području proizvodnih jedinica, odnosno agregati nisu mogli raditi sa snagama od 16 do 23 MW.

2. MJERENJE VIBRACIJA I DEFORMACIJA BETONA I OPREME

	Prethodno stanje	Obnovljeno stanje
Tip	Francis	Francis
Spec. broj okretaja n_s	189 min ⁻¹	160 min ⁻¹
Snaga pri H _n	25 MW	30 MW
Protok pri H _n	28 m ³ /s	34,5 m ³ /s
Neto pad H _n	93 m	99 m
Stepen iskorištenja η	0,88	0,94

Tabela 1. Osnovni podaci o turbinama HE Jablanica

Da bi se ustanovio karakter fenomena koji se javljao pri radu rekonstruisanih agregata, kao i moguće posljedice ovih pojava na destrukciju turbinske opreme, tehničko osoblje hidroelektrane, zajedno sa predstavnicima Mašinskog i Građevinskog fakulteta u Mostaru, dogovorilo je postupke i metode ispitivanja na turbinama. Odlučeno je da se u toku 2004. godine provjere veličine intenziteta vibracija, naponi i eventualne deformacije betona u neposrednoj blizini turbina i difuzora, te na dijelovima čelične konstrukcije turbina i to u trenucima kada se javljaju navedene pojave i u mirnom stanju. Nakon vizuelnog inspekcijskog pregleda opreme agregata 4,5 i 6 te pregleda pripadajuće betonske konstrukcije, izvršen je izbor mjernih mjesta na turbinama i betonskoj konstrukciji, gdje je bila instalirana oprema za mjerenje, kao što je prikazano slikom 1.

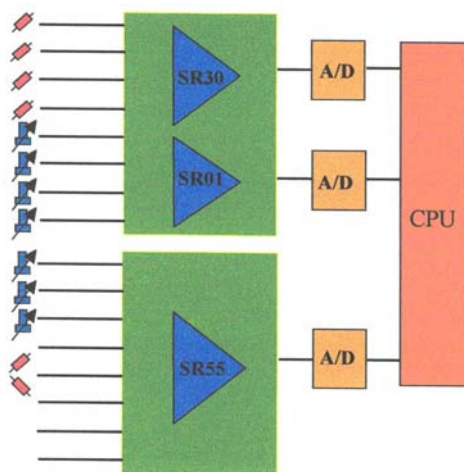


Slika 1. Izbor mjernih mjesta na agregatima

- Mjerno mjesto 1: beton u cijevnom hodniku uzduž strojarnice – ugrađen akcelerometar,
- Mjerno mjesto 2: pristupna betonska staza – ugrađen akcelerometar,
- Mjerno mjesto 3: vertikalni dio betona u cijevnom hodniku- ugrađena mjerna traka,
- Mjerno mjesto 4: čelično spiralno kućište turbine- ugrađena mjerna traka,
- Mjerno mjesto 5: sekundarni beton uz difuzor turbine – ugrađen akcelerometar,
- Mjerno mjesto 6: spoj prirubnice difuzora i betona – ugrađena mjerna traka,
- Mjerno mjesto 7: gornji turbinski poklopac – ugrađen akcelerometar.

2.1. Opreme za mjerenje i mjerni lanac

Mjerenje vibracija i deformacija obavljeno je kombinacijom opreme Hottinger Baldwin Messtechnik (HMB - Njemačka), Metra Mess und Frequenztechnik (MMF) i RFT Messelektronik «Otto Schven» (bivša DDR), prikazano slikom 2.



Slika 2. Mjerni lanac za mjerenje vibracija i deformacija

Registracija izmjerenih veličina obavljena je mjernom elektronikom «Spider 8» firme HMB povezanom sa PC računarom u kojem je bio instaliran software za registraciju i analizu mjerenja «Catman 3» iste firme. Pri mjerenju su korišteni pojačivački moduli «Spider 8» sa 8 mjernih pojačivača SR 55 i modul SR 8-30 sa četiri mjerna pojačivača SR 30 i četiri mjerna pojačivača SR 01.

Mjerne trake za mjerenje deformacija postavljene su u smjeru i okomito na smjer vode i priključene na mjerne pojačivače SR 30 i SR 55, dok su pjezoelektrični akcelerometri za mjerenje vibracija priključeni na pojačivače SR 01 i SR 55.

3. REZULTATI MJERENJA VIBRACIJA

Karakteristični podaci o izmjerenim veličinama vibracija na agregatima 4,5 i 6 dati su u tabeli 1.

Datum mjerenja		Snaga agregata MW			Kota D.V. m.n.m.	Kota G.V. m.n.m.	ΔH m
		A4	A5	A6			
14.10. 2004.	13h 12 min	20,2	20,5	20,6	159,45	259,25	99,80
	13h 14 min	20,2	20,4	20,5			
	13h 21 min	20,1	20,7	20,4			
Mjerno mjesto	Amplituda vibracija m/sec ²						
	13h 12 min		13h 14 min		13h 21 min		
	A _{max}	A _{min}	A _{max}	A _{min}	A _{max}	A _{min}	
A4-2	1,09	-0,84	1,38	-1,66	0,79	-0,70	
A5-5	1,97	-3,56	1,40	-8,09	1,70		
A5-2H	4,62	-3,99	4,92	-6,60	3,42	-7,68	
A5-2V	18,18	-33,37	11,03	-18,81	15,77	-21,11	
A6-1H	9,55	-9,52	11,37	-12,03	11,55	-11,80	
A6-1V	5,44	-3,75	5,13	-10,87	4,63	-8,49	
A6-2	6,20	-6,16	3,89	-2,59	4,58	-4,19	

Tabela 1. Podaci o ekstremnim veličinama vibracija agregata 4,5 i 6 HE Jablanica

Analizom podataka o veličinama vibracija prikazanih u tabeli 1 i osmatranjem rada agregata moglo se konstatovati:

- Intenzitet vibracija, kada se ne javljaju udari i buka u difuzoru turbine, tj. kada agregati rade uslovno mirno, ujednačen je kod sva tri osmatrana agregata. Na betonskoj pristupnoj stazi (mjerno mjesto 2 – prostor u kome se kreće osoblje) maksimalno registrovana vertikalna ubrzanja se kreću u granicama od 0,5 do 0,8 m / sec² i manja su od graničnih dozvoljenih amplituda za radna mjesta prema važećim propisima [6]. Na patosu cijevnog hodnika (mjerno mjesto 1) registrovano je maksimalno vertikalno ubrzanje betonske konstrukcije od 2,75 m/sec² (prostor u kome osoblje kratkotrajno boravi).
- U periodima pojave udara i buke u difuzoru turbine, intenzitet vibracija se višestruko povećava u zoni agregata 5 i 6, dok se u zoni agregata 4 neznatno povećava. Maksimalne registrovane vrijednosti vertikalnih ubrzanja se kreću od 5,5 do 12 m/sec², dok na betonskoj pristupnoj stazi turbini 5 (mjerno mjesto 2), ubrzanja dostižu vrijednosti preko 33 m/sec².
- Izvor pojave nastalog fenomena se mogao locirati u zoni prelaznog konusnog komada i difuzora turbina.

4. REZULTATI MJERENJA DEFORMACIJA

Deformacije betonske konstrukcije, čelične obloge spiralnog kućišta i difuzora turbina izmjerene su u isto vrijeme i pri istim radnim uslovima agregata 4,5 i 6. Na osnovu zapisa veličine deformacija izdvojene su maksimalne vrijednosti prikazane tabelom 2.

Datum mjerenja		14.10. u 13:12		14.10. u 13:14		14.10. u 13:20	
Mjerno mjesto		ϵ_{\max} $\mu\text{m} / \text{m}$	ϵ_{\min} $\mu\text{m} / \text{m}$	ϵ_{\max} $\mu\text{m} / \text{m}$	ϵ_{\min} $\mu\text{m} / \text{m}$	ϵ_{\max} $\mu\text{m} / \text{m}$	ϵ_{\min} $\mu\text{m} / \text{m}$
Beton	A4-3	6,27	-6,73	5,51	-6,21	5,09	-6,83
	A5-3	6,11	-6,24	6,31	-7,20	5,73	-5,65
	A6-3	5,34	-4,85	5,36	-5,59	5,98	-5,59
Čelik	A5-4	11,91	-10,28	10,94	-10,80	9,58	-9,20
	A5-6	192,93	-170,73	134,83	-159,52	177,75	-168,10

Tabela 2. Podaci o izmjeranim veličinama deformacija betonske i čelične konstrukcije turbina 4,5 i 6

Stvarne veličine napona u betonskim i čeličnim konstrukcijama turbina prikazane u tabeli 3. dobiju se iz izraza:

$$\sigma = E \cdot \epsilon \cdot 10^{-6} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right], \quad \text{gdje su:}$$

- E = modul elastičnosti ; E = 30.000 (N/mm²) za kvalitet betona MB 30, E = 34.000 (N/mm²) za kvalitet betona MB 40 i E = 210.000 (N/mm²) za čelik
- ϵ = izmjerena vrijednost deformacije, ($\mu\text{m} / \text{m}$).

Datum mjerenja		14.10. u 13:12		14.10. u 13:14		14.10. u 13:21	
Mjerno mjesto		σ_{\max} N/mm ²	σ_{\min} N/mm ²	σ_{\max} N/mm ²	σ_{\min} N/mm ²	σ_{\max} N/mm ²	σ_{\min} N/mm ²
Beton	A4-3	0,188	-0,201	0,165	-0,186	0,152	-0,204
	A5-3	0,183	-0,187	0,189	-0,216	0,171	-0,169
	A6-3	0,166	-0,138	0,160	-0,167	0,179	-0,167
Čelik	A5-4	2,50	-2,16	2,29	-2,26	2,01	-1,93
	A5-6	40,51	-35,70	28,30	-33,49	37,17	-16,81

Tabela 3. Stvarne vrijednosti napona u čeličnim i betonskim konstrukcijama turbina 4,5 i 6 HE Jablanica

Iz tabele je vidljivo da se najveći efekat udara na rast napona na betonskoj konstrukciji javlja na mjernom mjestu A6-3, odnosno:

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} = 0,166 - 0,138 = 0,28 \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right],$$

što je za ugrađenu marku betona znatno ispod dozvoljenih granica [1][6].

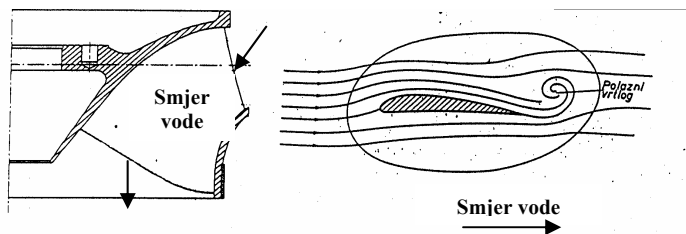
Najveća vrijednost napona na čeličnoj konstrukciji na mjernom mjestu A5-6 iznosi:

$$\sigma_{\max} = 40,51 \left[N/mm^2 \right] \leq \sigma_{\text{doz}} = 240 \left[N/mm^2 \right]$$

što s obzirom na stalnu pojavu vibracija ne garantuje siguran i dugotrajan rad turbine [3].

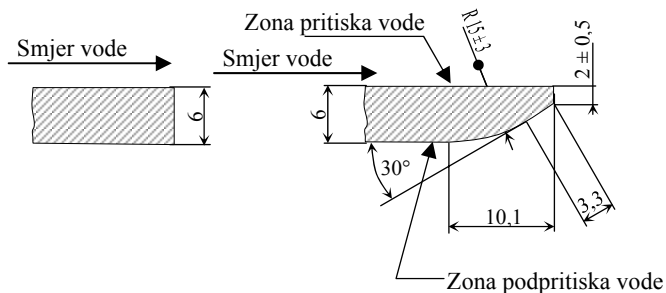
5. ANALIZA REZULTATA MJERENJA

Nakon analize rezultata mjerenja te obavljenih konsultacija sa isporučiocem turbine VATECH HYDRO Švicarska, zaključeno je da su izvor uočenog fenomena vibracije radnog kola turbine, gdje se na izlaznim ivicama lopatica, usljed nejednolikog opstrujavanja vode, formiraju tipični Karman-ovi vrtlozi, prikazano slikom 3[4].



Slika 3. Radno kolo turbine tipa Francis sa detaljem opstrujavanja lopatica.

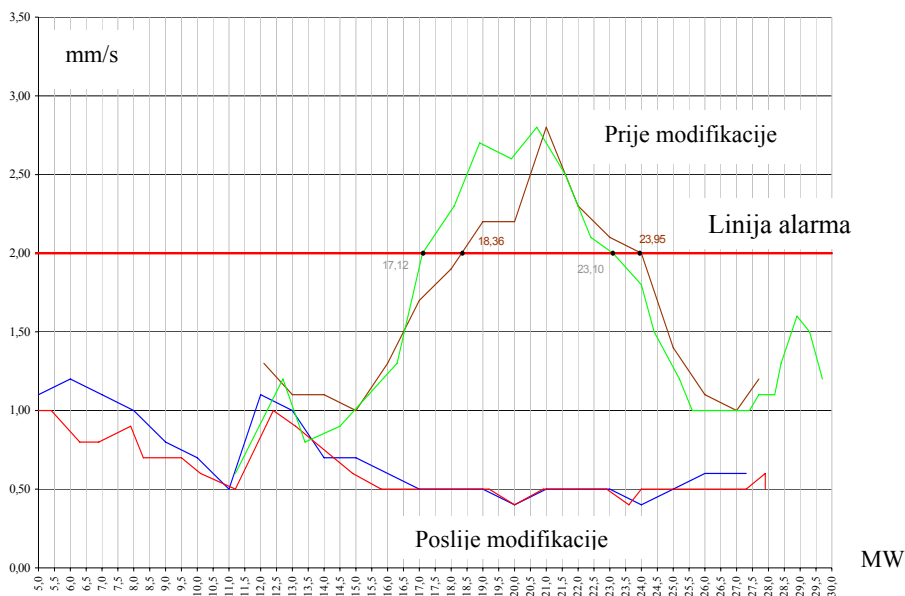
Radi eliminisanja nastalog problema projektant turbinske opreme VATECH HYDRO eksperimentalno je predložio tehničko rješenje modifikacije profila izlazne ivice lopatica radnog kola turbine 6, kao što je prikazano slikom 4.



Slika 4. Modifikacija izlazne ivice lopatica radnog kola turbine 6 HE Jablanica

Naknadna provjera vibracija na turbini 6, nakon modifikacije lopatica radnog kola, izvršena je pri istim pogonskim uslovima pri kojima su se i pojavljivali navedeni fenomeni.

Podaci o rezultatima izmjerenih vibracija na mjernom mjestu 7.(gornji turbinski poklopac) prikazani su na slici 5.



Slika 5. Uporedni dijagram vertikalnih vibracija gornjeg turbinskog poklopca turbine 6. HE Jablanica nakon modifikacije lopatica radnog kola

Analizom rezultata ponovljenih testiranja i provjere veličine apsolutnih vibracija gornjeg turbinskog poklopca turbine 6 u cijelom random području snaga, poslije modifikacije profila izlazne ivice lopatica radnog kola, može se konstatovati:

- Maksimalna vertikalna amplituda vibracija turbinskog poklopca, kao najmjerodavnijeg elementa za ocjenu efekta urađenih zahvata, iznosi 1,35 mm/s, što je za 2,5 puta manje u odnosu na prethodno stanje,
- Vertikalna amplituda vibracija u radnim područjima (snaga agregata od 15 do 30 MW) kreće se oko 0,50 mm/s, što je za 6.5 puta manje u odnosu na prethodno stanje i nalazi se u dozvoljenim granicama [7].
- U toku ovih ispitivanja registrovan je miran rad svih agregata, a nestalo je pojave povremenih eksplozija zraka i “pištanja” u difuzoru turbine.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu obavljenih mjerenja vibracija i deformacija betonske i čelične konstrukcije turbina 4, 5 i 6, te urađene modifikacije izlaznih ivica lopatica radnog kola turbine 6 i naknadnih mjerenja vibracija gornjeg turbinskog poklopca (čelik) iste turbine, mogu se istaknuti sljedeći zaključci:

1. Obnovom i rekonstrukcijom turbina HE Jablanica, u želji da se ostvare što bolji izlazni parametri agregata (povećanje izlazne snage i koeficijenta korisnog dejstva turbine) došlo je do promjene oblika i dužine lopatica radnog kola, što je rezultiralo povećanju protoka kroz turbine,

2. Promjena geometrije lopatica radnog kola i povećanje protoka kroz turbine rezultiralo je promjenom uslova tečenja i opstrujavanja lopatica i stvaranjem prolaznih vrtloga tipa Von Karmann iza izlaznih ivica radnog kola.
3. Navedena pojava reflektovala se povećanim vibracijama betonske i čelične konstrukcije turbine, povremenim eksplozijama i «pištanjem» zraka u zoni difuzora i prelaznog konusa turbine i povećanim nivoom buke u prostorima oko turbine.
4. Urađeno eksperimentalno rješenje modifikacije izlaznih ivica lopatica radnog kola turbine 6 dalo je dobre rezultate i agregat 6 HE Jablanica može nesmetano raditi u svim radnim područjima i prema projektovanim parametrima.
5. Navedenu rekonstrukciju potrebno je uraditi i na ostalih 5 turbine.

9. 7. LITERATURA

1. Bachman, H. At al.: Vibrations Problems in Structures, Birkhauser Verlag, Berlin, 1997.
2. 2. Investicioni program rekonstrukcije i modernizacije objekata hidroelektrane Jablanica, HE na Neretvi, Jablanica 1984. godine
3. J.P. den Hartog: Vibracije u mašinstvu; Građevinska knjiga, Beograd, 1972.
4. Rabe J: Hydraulische Maschinen and Anlagen, VDI Verlag, Dusseldorf 1989.
5. Richart, F.E., Hall, J.R., Woods, R.D.: Vibrations of soils and Foundations, Prentice Hall, New York, 1971.
6. Swiss Standard for Vibrational Damage to Buildings – Norm SN 640 312
7. VDI preporuke za velike mašine s visokofrekventnim temeljima, VDI 2056/1964.

Saša Đorđević, dipl. ing. arh.¹

Žikica Tekić, dipl. ing. arh.²

KONSTRUISANJE I TIPIZACIJA ČVORNIH VEZA U SISTEMU LKV

Rezime: Konstruisanje čvornih veza i nastavaka štapova drvenih rešetkastih nosača obuhvata analizu geometrijske konstrukcije čvora, kako bi obrazovanje čvora bilo u skladu sa principima teorije konstrukcija, ali i prilagođeno tehnologiji realizacije jednog sistema. U radu je prikazana geometrijska konstrukcija čvora u Sistemu LKV i karakteristični oblici čvorova, u svrhu geometrijske tipizacije oblika čvorova i uspešnosti realizacije jednog savremenog sistema drvenih konstrukcija.

Ključne reči: Konekter, čvor, nastavak štapa.

DESIGNING AND SYSTEMATIZING OF NODES CONNECTIONS INTO THE LKV SYSTEM

Summary: Designing nodes connections and beams joints of wooden truss girders comprise analysis of geometry structure of nodes as would create nodes consistent concept of structures theory, but also occasional to this systems technology. This text illustrated geometric structure of girders nodes into the LKV system and typical nodes forms too, for a geometric forms specification and efficiency realisation of contemporary system of wooden structure.

Key words: Connector, node, beams joint.

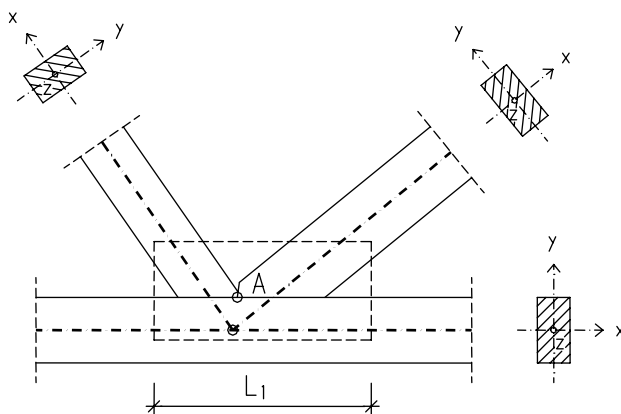
¹ Asistent pripravnika, Arhitektonski fakultet, Beograd

² Dr, docent, Arhitektonski fakultet, Beograd

1. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA ČVORA U SISTEMU LKV

U teoriji konstrukcija postoji termin "statička sistemna linija nosača". To je linija koju formiraju težišne ose poprečnih preseka svih štapova nosača (ose z), upravne na ravan poprečnog preseka (slika 1). Presek osa štapova čine čvorovi nosača. Obrazovanje čvorova i način ostvarivanja čvornih veza zavise od međusobnih uglova svih štapova u čvoru i visina poprečnih preseka štapova. Ovi parametri određuju oblik završetaka štapova koji se vezuju u čvoru.

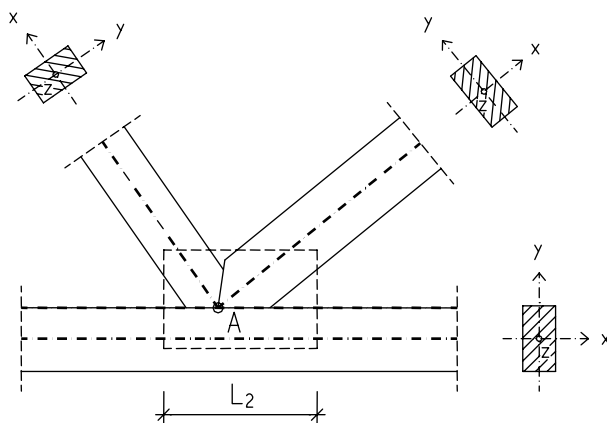
Ose štapova rešetkastog nosača po pravilu treba da budu centrično spojene u čvoru. Ako bi se obrazovanje čvorova vršilo prema definisanoj statičkoj sistemnoj liniji nosača, to bi relativno otežalo formiranje rešetkastog nosača, jer bi položaj referentne tačke "A" (slika 1), merodavne za položaj štapova ispunje na unutrašnjoj ivici pojasnog štapa, bio pomećen levo ili desno u odnosu na projekciju presečne tačke osa štapova na unutrašnju ivicu pojasnog štapa. To bi zahtevalo dodatne radnje oko određivanja položaja referentne tačke pri formiranju nosača, u odnosu na poznati položaj presečne tačke osa štapova koji obrazuju čvor.



Slika 1. Obrazovanje čvora prema statičkoj sistemnoj liniji nosača

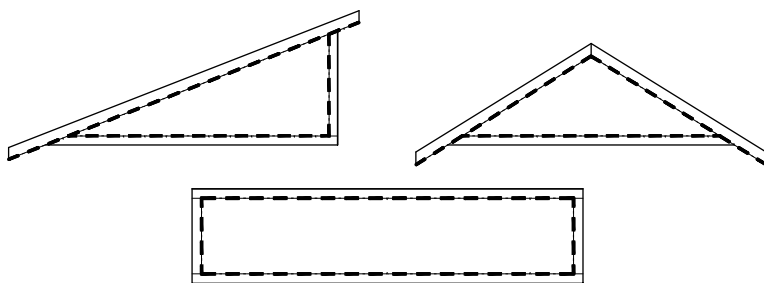
Iz uslova pojednostavljenja navedenog problema i realizacije geometrijske sistematizacije oblika čvorova i oblika čvornih veza štapova, usvojen je princip modifikovane sistemske linije rešetkastog nosača. U Sistemu LKV, koji je razvijen na našim prostorima, i koji se uspešno realizuje u poslednjih dvadesetak godina, usvojen je princip razlike između statičke i geometrijske sistemske linije kod rešetkastih nosača. Statičku sistemnu liniju čine ose štapova, kako je to i definisano u teoriji konstrukcija. Geometrijska sistemna linija LKV nosača je redukovana slika sistemske linije i nju čine pomerene ose konturnih štapova nosača na unutrašnju ivicu poprečnih preseka štapova (slika 2). Ovako formirana geometrijska linija je uslovljena tehnologijom formiranja nosača u proizvodnim LKV pogonima, a zbog ostvarivanja manje statičke visine nosača opravdana je sa aspekta stepena sigurnosti konstrukcije. Osim toga, u pitanju je i ekonomičnija primena metalnih konektera, s obzirom da je u slučaju obrazovanja čvora

prema geometrijskoj sistemnoj liniji nosača potrebna manja dužina konektera za ostvarivanje veze ($L_2 < L_1$, slike 1. i 2).



Slika 2. Obrazovanje čvora prema geometrijskoj sistemnoj liniji nosača

Na osnovu definisane geometrijske sistemne linije nosača, prikazan je njen položaj za neke od karakterističnih oblika LKV elemenata.



Slika 3. Geometrijska sistemna linija karakterističnih oblika LKV elemenata

U nastavku izlaganja će biti prikazani karakteristični oblici čvorova, čija geometrija je uslovljena napred definisanim geometrijskom sistemnom linijom, brojem štapova ispune koji formiraju čvor, kao i uglovima koje zaklapaju štapovi ispune sa pojasnim štapovima drvenog rešetkastog nosača. Geometrija prikazanih karakterističnih oblika čvorova uslovljava oblike završetaka štapova ispune koji definišu broj radnih operacija za formiranje ukupnog broja štapova drvenog rešetkastog nosača. Osim toga, geometrija čvora uslovljava i potrebne dimenzije metalnih konektera za prihvatanje presečnih sila na krajevima štapova, što se, u nekim slučajevima, može odraziti na ekonomičnost primene projektovanog LKV nosača, odnosno konstrukcije u celini.

2. TIPSKI OBLICI ČVORNIH VEZA

Možemo napraviti više podela čvorova, navešćemo samo neke od njih. Prva podela je po položaju samog čvora u samoj strukturi rešetkastog nosača, i to:

- čvorovi po konturi rešetkastog nosača,
- čvorovi u kojima se spajaju samo štapovi ispune.

Druga podela je u zavisnosti od toga da li postoji kontinuirani štap u samom čvoru ili su krajevi i počeci svih štapova u smom čvoru:

- čvorovi kod kojih postoji kontinuiran štap,
- čvorovi kod kojih svi štapovi imaju završetak u čvoru.

Čvorove možemo podeliti i na konveksne i konkavne, to jest čvorove kod kojih konturni štapovi formiraju ugao manji od 180° (prema unutrašnjosti rešetkastog nosača) i onih kod kojih su uglovi veći od 180° . Specijalni slučaj je kad je ugao jednak uglu od 180° i tretiraće se na isti način kao i konveksni. Konkavni uglovi neće biti tretirani zbog obimnosti rada, ali se svakako mogu formirati na sličan način kao i konveksni, a na sličan način se formiraju i krajevi štapova koji učestvuju u kreiranju čvorne veze.

Najjednostavnija podela bi bila prema broju štapova sistemne linije koji formiraju čvor, tako da imamo:

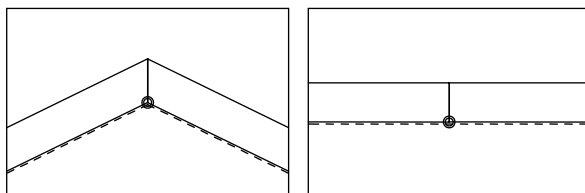
- čvorove koji su formirani vezom dva štapa,
- čvorove koji su formirani vezom tri štapa,
- čvorove koji su formirani vezom četiri štapa,
- čvorove koji su formirani vezom pet štapova.

Označavanje tipa čvora je usvojeno tako što prva cifra predstavlja broj štapova vezanih u čvoru, dok druge dve označavaju broj različitih tipova u okviru te podele.

2.1. Čvorovi koji su formirani vezom dva štapa

2.1.1. Čvor tipa 201

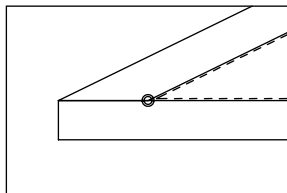
Čvor ovog tipa se obično nalazi u temenu trouglastog ili trapezastog rešetkastog nosača. Čvor je formiran simetričnim rezovima po simetrali ugla između osa štapova. U ovaj tip spada i nastavak štapova, kod kojih je ugao između štapova 180° .



Slika 4. Čvorovi tipa 201

2.1.2. Čvor tipa 202

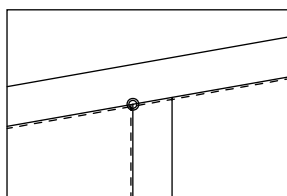
Čvor koji je formiran vezom dva štapova, a kod koga je jedan od štapova produžen, formira čvor tipa 202. To je konturni čvor i obično se nalazi na ivici strehe koja je formirana prepustom rešetkastog nosača preko oslonca i formiranjem čvora van gabarita objekta.



Slika 5 Čvor tipa 202

2.1.3. Čvor tipa 301

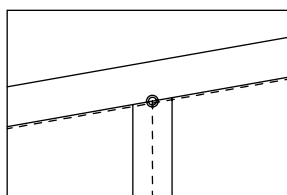
Čvor je konturni i formiran je od tri konturna štapa. Geometrijska sistemna linija je na unutrašnjim ivicama konturnih štapova.



Slika 6. Čvor tipa 301

2.1.4. Čvor tipa 302

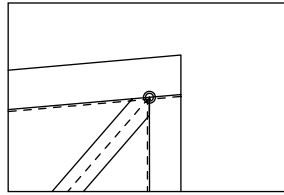
Čvor je konturni i istog je oblika kao i prethodni tip, ali se razlikuje u tipu trećeg štapa koji je štap ispune (unutrašnji štap).



Slika 7. Čvor tipa 302

2.1.5. Čvor tipa 303

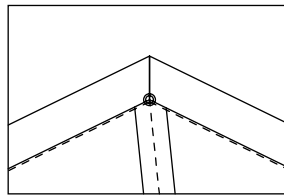
Svi štapovi koji formiraju čvor imaju svoj završetak u njemu. Unutrašnji, treći štap je štap ispune. Geometrijska linija je, po prethodno definisanom principu, na unutrašnjoj ivici konturnih štapova i po osi štapa ispune.



Slika 8. Čvor tipa 303

2.1.6. Čvor tipa 304

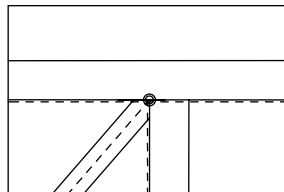
Čvor je formiran od tri štapa, s tim da su dva konturna, dok je treći štap ispune. Obično se nalazi u temenu rešetkastog nosala. Spoj konturnih štapova je po simetrali ugla između njih.



Slika 9. Čvor tipa 304

2.1.7. Čvor tipa 401

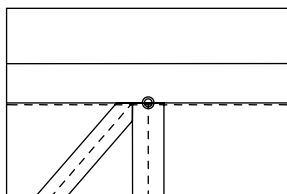
Čvor je konturni i formiran je od tri konturna štapa i jednog štapa ispune. Geometrijska sistemna linija je na unutrašnjim ivicama konturnih štapova.



Slika 10. Čvor tipa 401

2.1.8. Čvor tipa 402

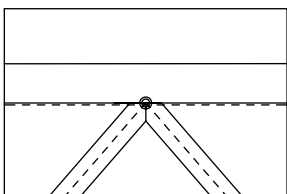
Od prethodnog čvora se razlikuje tako što je su dva štapa štapovi ispune (unutrašnji štap). Geometrijska sistemna linija je u osama konturnih štapova, osa jednog od štapova ispune je pod uglom $75-105^\circ$ u odnosu na konturne štapove, dok je osa poslednjeg štapa izvučena na ivicu tog istog.



Slika 11. Čvor tipa 402

2.1.9. Čvor tipa 403

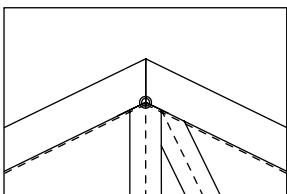
Čvor ovog tipa je formiran na sličan način kao i prethodni, samo što su oba štapa ispune ravnomerno vezani u čvoru. Uglovi tih štapova su manji od 75° u odnosu na konturne štapove.



Slika 12. Čvor tipa 403

2.1.10. Čvor tipa 404

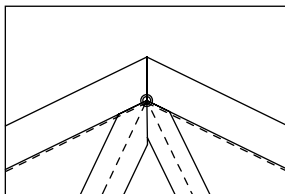
Kao i čvor tipa 304, samo što je dodat još jedan štاپ ispune. Ugao jednog od štapova ispune može da odstupa do 15° u odnosu na simetralu ugla konturnih štapova.



Slika 13. Čvor tipa 404

2.1.11. Čvor tipa 405

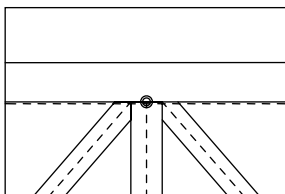
Čvor je formiran na isti način, samo su uglovi štapova ispune veći od 15° u odnosu na simetralu konturnih štapova pa su oni ravnopravno vezani u čvoru.



Slika 14. Čvor tipa 405

2.1.12. Čvor tipa 501

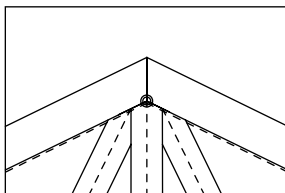
Konturni štapovi su, u stvari, jedan element, a čvor sadrži još tri štapa ispune. Veza dva spoljna štapa ispune je pomerena na ivicu srednjeg štapa.



Slika 15. Čvor tipa 501

2.1.13. Čvor tipa 502

Temeni čvor sa dva konturna, prekinuta štapa i tri štapa ispune. Štapovi ispune su vezani sa pojasnim štapovima na isti način kao i kod prethodnog tipa.



Slika 16. Čvor tipa 502

3. LITERATURA

1. Tekić Ž.: "Savremeni koncepti primene metalnih konektera u sistemima drvenih struktura", Doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet, Beograd, 2005. godine.
2. Šekularac N.: "Savremeni pristup oblikovanju, proračunu i dimenzionisanju funkcionalnih elemenata u sistemu LKV primenom računara", magistarska teza, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1998. godine.

Simo Sudić¹

PROCENA ZNAČAJNIH POZICIJA RADOVA

Rezime: Izrada ponude je najvažnija aktivnost i svaka građevinska firma treba da izgradi svoj sistem procenjivanja troškova, praćenja realizacije projekata i stanja na tržištu i formiranja baze podataka. Jedan od poznatih modela koji se zasniva na činjenici da mali broj pozicija radova iz strukture troškova čini veliki deo ukupnih troškova može se primeniti prilikom grubih procena i za brzu kontrolu detaljnijih procena. Ovaj model se naziva model troškovno značajnih pozicija radova. U radu su razmotrene srednje (očekivane) vrednosti, varijanse, standardne devijacije i koeficijenti devijacije na osnovu poznatih statističkih podataka o troškovima na više objekata (projekata), i na taj način potvrđen model.

Ključne reči: radovi, značajni, troškovi, procena

COST – SIGNIFICANT ITEMS ESTIMATE

Summary: Bidd competition is most important activity and every contracting company should build their own expence estimating system, project control system, market research and hystorical data base. One of the known systems which is based on the fact that a small amount of work activities from the expence structure include a great amount of project expencies could be used for rough estimating and for quick control of detailed estimating. This model is known as cost – significant items model. In this paper is considered average (expected) values, variances, standard deviations and coefficient of deviation based on collected expences statistical data for several projects, and in that way that model was confirmed.

Key words: works, significant, expencies, estimate.

¹ Simo Sudić, dipl. građ.inž., Planning Engineer, WorleyParsons Kayakhstan LLP ,
Atyrau, E-mail: Simo.Sudjic@kz.worleyparsons.com

1. UVOD

Izrada ponude je veoma važna aktivnost i sva građevinska preduzeća treba da razviju svoj sistem procenjivanja troškova, praćenja stanja na tržištu i formiranje baze podataka. Jedan od vrlo efikasnih alata je model troškovno značajnih pozicija radova. U daljem tekstu će biti objašnjeno određivanje očekivane (srednje) vrednosti troškovno značajnih pozicija radova na bazi podataka dobijenih iz prakse na izgradnji više objekata u Rusiji.

Teorija troškovno značajnih pozicija radova (cost – significant items) zasniva se na činjenici da mali broj pozicija radova iz strukture troškova čini veliki deo ukupnih troškova. U literaturi se ističe da na mnogim projektima 20% od svih pozicija imaju 80% od ukupne vrednosti svih pozicija radova.

Ovo pravilo 80/20 datira još iz XIX veka (1890-tih). Kada je Vilfredo Pareto, italijanski ekonomista, primetio da u nekoliko evropskih zemalja važi pravilo da 20% stanovništva donosi 80% državnog prihoda. Slična raspodela može da se primeni u mnogim istraživanjima i prema njenom tvorcu nazvana je Pareto – raspodela. (Ivković, B., Popović Ž., Božić I., 1998.)

Pozicije koje treba razmatrati prilikom ove analize se nazivaju troškovno značajne pozicije radova. Preciznija procena troškova ovih pozicija je veoma važna, jer greške u procenama troškova ovih pozicija radova imaju negativne posledice na procenu ukupnih troškova, što je veoma značajno naročito u fazi izrade ponude.

Procenat ovih troškovno značajnih radova zavisi od više faktora: vrste i namene objekta (visokogradnja, saobraćajnice, energetske objekti i dr.), zatim od uslova u kojima se objekat gradi, odnosa cena materijala i radne snage itd.

U radu će se razmotriti određivanje srednje (očekivane) vrednosti, varijanse, standardne devijacije i koeficijenta varijacije na osnovu poznatih statističkih podataka o troškovima na više objekata, odnosno skup objekata Ω .

2. MATEMATIČKA INTERPRETACIJA

Neka je broj objekata n (prikupljeni su podaci za 21 objekat na Ruskom tržištu), i neka su poznati troškovi C_i i procenat značajnih pozicija radova PZP_i ($i = 1, 2, \dots, n$) za svaki objekat.

U sledećoj tabeli dati su podaci koji su prikupljeni u roku od dve godine, sa napomenom da se većinom radi o projektima objekata visokogradnje.

	naziv objekta	vrsta objekta	vrednost ugovora	ukupan broj pozicija	broj troškovo značajnih pozicija radova	procenat troškovo značajnih pozicija radova
	1	2	3	4	5	6
1	CUM	tržni centar	\$ 25 835 271,72	196	29	14,80%
2	Schattdecor - proizvodni objekat	proizvodni objekat	\$ 8 507 992,40	60	10	16,67%
3	Schattdecor - skladište	skladište	\$ 6 849 011,27	51	8	15,69%
4	Schattdecor - poslovna zgrada	poslovna zgrada	\$ 1 099 528,46	47	11	23,40%
5	Schattdecor - tehnička zgrada		\$ 793 739,02	60	18	30,00%
6	Ryazan - zemljani radovi	fabrika lekova	\$ 4 942 347,70	14	5	35,71%
7	Ryazan - podna ploča	fabrika lekova	\$ 6 244 616,52	16	4	25,00%
8	Ryazan - pristupni put	fabrika lekova	\$ 3 594 264,93	5	3	60,00%
9	RIVERSTONES	fitnes centar	\$ 4 488 793,60	80	21	26,25%
10	Rezervoar	rezervoar	\$ 89 837,10	20	6	30,00%
11	Martkauf - nulevoj cikl	tržni centar	\$ 1 218 458,70	17	6	35,29%
12	Martkauf - krov	tržni centar	\$ 1 659 582,40	12	5	41,67%
13	Rulog	distributivni centar	\$ 5 627 424,33	310	26	8,39%
14	Jukovka	tržni centar	\$ 4 417 740,98	15	6	40,00%
15	Odincovo - zgrada	stambena zgrada	\$ 10 248 727,87	94	24	25,53%
16	Odincovo - garaža 1	garaža	\$ 4 581 774,03	38	12	31,58%
17	Odincovo - spoljnje uređenje	spoljnje uređenje	\$ 3 707 347,53	16	5	31,25%
18	Raiffeisen Evolution	hotel	26 854 624,89 €	148	37	25,00%
19	Novokuzneckaya	stambena zgrada	\$ 14 976 133,18	146	30	20,55%
20	Arbat 1/2	poslovna zgrada	\$ 32 866 536,28	135	39	28,89%
21	Sahalin	Naftna bušotina i naftovod	\$ 1 322 771 450,00	124	25	20,16%

Tablica 1 :Procenat troškovno značajnih pozicija radova [5]

Ako se procenat PZP_i shvati kao jedan elementaran događaj koji pripada skupu događaja PZP

$$PZP = \{PZP_1, PZP_2, \dots, PZP_n\}$$

i ako se svakom od ovih događaja pridruži broj p_i ; $0 \leq p_i \leq 1$

$$p_i = \frac{C_i}{\sum_{j=1}^n C_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

koji predstavlja verovatnoću elementarnih događaja PZP_i , tj. verovatnoću da procenat značajnih pozicija radova na objektu bude O_i

$$P_i = \Pr\{PZP_i = p_i\} \quad (2)$$

onda je

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1 \quad (3)$$

što sledi iz formule (1)

Očekivana vrednost procenta pozicija značajnih radova za skup objekata Ω je:

$$PZP_e = \sum_{i=1} p_i PZP_i \quad (\%) \quad (4)$$

Varijansa (disperzija) procenta značajnih pozicija radova

$$V_z = \sum_i p_i (PZP_i - PZP_e)^2 \quad (\%) \quad (5)$$

a standardna devijacija,

$$\sigma_z = \sqrt{V_z} \quad (\%) \quad (6)$$

Koeficijent varijacije procenta značajnih pozicija radova je

$$v_z = \frac{\sigma_z}{PZP_e} \quad (\%) \quad (7)$$

Koeficijent varijacije v_z je značajan pokazatelj odstupanja srednje vrednosti procenta pozicija značajnih radova PZP_i u skupu objekata Ω .

Ako je:

$v_z \leq 5\%$ odstupanja su jako mala - izvanredno odgovara;

$5\% < v_z \leq 10\%$ odstupanja su mala - veoma dobro odgovara;

$10\% < v_z \leq 20\%$ odstupanja su srednja - dobro odgovara;

$20\% < v_z \leq 30\%$ odstupanja su značajna - prihvatljivo;

$v_z > 30\%$ odstupanja su neprihvatljiva - neprihvatljivo.

Pored ovih pokazatelja mogu se još pokazati i momenti:

drugi momenat

$$\mu_2 = V_z \quad (8)$$

treći momenat

$$\mu_3 = \sum_i p_i (PZP_i - PZP_e)^3 \quad (9)$$

četvrti momenat

$$\mu_4 = \sum_i p_i (PZP_i - PZP_e)^4 \quad (10)$$

Na osnovu vrednosti momenata mogu se sračunati Pearson- ovi (Pirsonovi) koeficijenti:

$$\beta_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3} \quad (11)$$

$$\beta_2 = \frac{\mu_2^2}{\mu_4} \quad (12)$$

Ako je $\beta_1 \approx 0$ i $\beta_2 \approx 3$ onda dobijenim podacima za procenat pozicija značajnih radova odgovara normalna (*Gauss-ova*) raspodela.

3. PROCENA ZNAČAJNIH POZICIJA RADOVA PROCENA ZANAČAJNIH POZICIJE RADOVA

U tabeli su dati podaci za $n = 21$ objekata. Vrednost radova C_i izražena je u US\$, dok su odgovarajuće vrednosti PZP_i date u procentima. Prema prethodno datim izrazima dobijeni su sledeći rezultati:

	vrednost radova C_i (US\$)	procenat troskovno značajnih pozicija radova PZP_i (%)	verovatnoca procenta P_i
	1	2	3
1	\$ 25 835 271,72	14,80%	0,017261
2	\$ 8 507 992,40	16,67%	0,005684
3	\$ 6 849 011,27	15,69%	0,004576
4	\$ 1 099 528,46	23,40%	0,000735
5	\$ 793 739,02	30,00%	0,000530
6	\$ 4 942 347,70	35,71%	0,003302
7	\$ 6 244 616,52	25,00%	0,004172
8	\$ 3 594 264,93	60,00%	0,002401
9	\$ 4 488 793,60	26,25%	0,002999
10	\$ 89 837,10	30,00%	0,000060
11	\$ 1 218 458,70	35,29%	0,000814
12	\$ 1 659 582,40	41,67%	0,001109
13	\$ 5 627 424,33	8,39%	0,003760
14	\$ 4 417 740,98	40,00%	0,002952
15	\$ 10 248 727,87	25,53%	0,006847
16	\$ 4 581 774,03	31,58%	0,003061
17	\$ 3 707 347,53	31,25%	0,002477
18	26 854 624,89 €	25,00%	0,021530
19	\$ 14 976 133,18	20,55%	0,010006
20	\$ 32 866 536,28	28,89%	0,021959
21	\$ 1 322 771 450,00	20,16%	0,883765
	\$ 1 496 746 127,89		

Tablica 2: Verovatnoća procenta P_i [5]

Srednja (očekivana) vrednost procenta značajnih radova je $P_e = 27,90\%$.

Varijansa procenta značajnih radova $V_z = 0,107430\%$.

Standardna devijacija procenta značajnih radova $\sigma_z = 3,277654 \%$

Koeficijent varijacije procenta značajnih radova $v = 15,856 \%$

Momenti $\mu_2 = V_z = 0.107430 \%$; $\mu_3 = 0,02028970 \%$; $\mu_4 = 0,00688411 \%$

Pirsonovi koeficijenti

$$\beta_1 = 3,320262 ; \beta_2 = 0,016765$$

Pošto je koeficijent varijacije 15,856 % odstupanja troškovno značajnih pozicija radova od srednje vrednosti su srednja, što znači da dobro odgovaraju.

Pošto su Pirsonovi koeficijenti $\beta_1 = 3,320262$; $\beta_2 = 0,016765$ može se smatrati da ovim vrednostima procenta značajnih pozicija radova kao slučajnim promenljivim odgovara, ali ne u potpunosti Normalna raspodela. Provera da vrednostima procenata značajnih pozicija radova odgovara Normalna raspodela može se izvršiti još i promenom testa Kolmogorova i Pirsonovim χ^2 testa.

Kod objekata visokogradnje koji se grade u centru grada, po sistemu “Shell & Core”, troškovno značajne pozicije su najčešće:

- zaštita temeljne jame;
- zemljani radovi – iskop i odvoz materijala;
- fundiranje objekta (temeljna ploča i šipovi);
- armirano-betonski zidovi i međuspratne konstrukcije;
- fasada objekta;
- prozori;
- vitraži i staklena vrata;
- grejanje i klimatizacija;
- ventilacija;
- sistemi slabe struje.

4. ZAKLJUČAK

Dobijena srednja vrednost je veća od vrednosti koju srećemo u literaturi zbog toga što se u strukturi troškova (ponudama) koje su obrađene nisu sagledavani svi radovi. U svakom slučaju ovaj model je jako primenjiv i treba ga koristiti prvenstveno prilikom grubih procena i kao kontrola detaljnijih procena. Vrlo važno je da se u zavisnosti od delatnosti preduzeća vodi stalna kontrola promena na tržištu (cene materijala, uvođenje savremenih tehnologija i dr.) i da se na osnovu toga ažurira baza istorijskih podataka o značajnim pozicijama radova. Na osnovu tih podataka može se na ovde pokazan način lako proceniti procenat značajnih pozicija radova.

5. LITERATURA

1. Ivković, B., Popović Ž., Božić I., "Mogućnost primene modela troškovno značajnih stavki za procenu troškova u građevinarstvu", časopis "Izgradnja" 52 (1998), str. 271-277
2. Ivković B., Popović Ž., "Upravljanje projektima u građevinarstvu", Građevinska knjiga, Beograd, 2005.
3. Ivanović B., "Teorijska statistika", Naučna knjiga, Beograd, 1973.
4. Jevremović V., Mališić J., "Statističke metode u meteorologiji i inženjerstvu", Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd, 2002.
5. Sudić, S., Modeli organizacionih struktura malih i srednjih građevinskih preduzeća , magistarska teza, Građevinski fakultet, Beograd, 2006.

Srđan Kisin¹
Nebojša Ravić²

PROJEKAT PORSCHE – ADA... ASPEKT NADZORA

Rezime: Ekipa firme Konstruktor konsalting obavila je konsalting i posao nadzora na kompleksnom prodajno-poslovnom-servisnom centru Porsche-Ada u Beogradu. Rad obuhvata kraći opis objekta, te metodologiju rada nadzorne službe. Ukazano je i na poteškoće koje su se javile u realizaciji ovog projekta. Afirmacija obavljenog posla je potvrđena činjenicom da ista ekipa obavlja konsalting i nadzor na objektima Porsche 2 i 3.

Ključne reči: Konsalting, nadzor, dinamički plan, kvalitet, rokovi.

THE PORSCHE – ADA PROJECT... SUPERVIZING ASPECT

Summary: The team of Konstruktor konsalting company has done consulting and supervising service on complex selling- bussines- service center Porsche – Ada at Belgrade. The paper includes breaflyng description of project, like as methodology of supervising work. Some difficulties that occured during the work are underlined. Confirmation of this work has been got by the fact that the same team thast now is engarget in consulting and the supervising work on Porsche 2 and 3 projects.

Key words: Consulting, supervising, net- chart, quality, terms.

¹ Prof. dr, redovni profesor FTN-a u Novom Sadu, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6

² Dipl. inž građ, vodeći projektant, Konstruktor konsalting d.o.o, Beograd, Kolonija 33
e-mail: kkonsalting@sezampro.yu

1. UVOD

Akteri na projektu prodajno-poslovnog-servisnog centra Porsche-Ada u Beogradu bili su:

- Investitor... Porsche SCG, Beograd
- Supervizor... Konstruktor konsalting d.o.o., Beograd
- Projektovanje i gradnja... Gemax d.o.o., Beograd

Firma Konstruktor konsalting d.o.o Beograd dobila je angažman na konsalting i nadzornim poslovima ovog projekta na osnovu javnog oglasa, što je bio odraz potrebe Investitora da dobije stručnu i objektivnu potporu u realizaciji projekta.

Projekat je realizovan u periodu jul 2005 – avgust 2006. Objekat je već dva meseca u punoj funkciji.

2. OPIS OBJEKTA

Porsche – Ada je prodajno-servisni poslovni centar u sklopu lanca Porsche Salzburg. Površina objekta je 7400 m². Na slikama 1, 2 i 3 prikazane su osnovne faze gradnje- od početnog izgleda lokacije do potpuno završenog objekta.



Slika 1. Pripremljena lokacija objekta



Slika 2. Faza izgradnje



Slika 3. Završen kompleks

OSNOVNI DELOVI OBJEKTA:

- Prodajni salon Audi (slika 4)
- Prodajni salon Porsche (slike 5 i 6)
- Prodajni salon Seat (slika 7)
- Servis za sve robne marke (slike 8 i 9)
- Skladište rezervnih delova
- Upravni blok Porsche Beograd



Slika 4. Prodajni salon Audi



Slike 5 i 6. Prodajni salon Porsche



Slika 7. Prodajni salon Seat



Slike 8 i 9 Servis za sve robne marke

SISTEM GRADNJE

- Fundiranje na šipovima,
- Hidroizolacija podzemnog dela EPDM folijama proizvođača Trelleborg,
- Konstrukcija objekta u kombinaciji beton-čelik (slike 10 i 11),
- Oblaganje termoizolacionim panelima.
- Pokrivanje ravnog krova hidroizolacionim folijama firme Sika (slika 12),
- Unutrašnja obrada: u skladu sa normiranim zahtevima robnih marki Audi, Porsche i Seat (slika 13)



Slike 10 i 11 Sistem gradnje



Slika 12 Postavljanje izolacije krova



Slika 13 Unutrašnje uređenje

3. ORGANIZACIJA I METODOLOGIJA RADA NADZORA

PREDMET NADZORA

- Konsultantske usluge u periodu projektovanja,
- Usluge kontrole kvaliteta radova i rokova realizacije pojedinih faza,
- Učešće u rešavanju pojedinih specifičnih problema na gradilištu,
- Ostali poslovi reprezentovanja interesa Investitora na projektu,
- Koordinacija aktivnosti sa logističkim centrom PORSCHE-IMMOBILIA u Salzburgh-u.

OSNOVNI PRINCIPI RADA EKIPE SUPERVIZORA

- Stručnost za pojedine oblasti (arhitektura, konstrukcija, tehnologija građenja, instalacije),
- Poznavanje zakonske regulative u oblasti urbanizma i građenja,
- Sistematičnost i upornost u realizaciji preuzetih obaveza,
- **Neutralnost,**

METODE I BITNE POZICIJE RADA

- Upoznavanje sa projektom već u periodu njegove pripreme
- Insistiranje na detaljnim up-date mrežnim planovima gradnje
- Prethodna kontrola bitnih pozicija u vidu zahteva ka izvođaču da obezbedi opise rada i dokaze o kvalitetu materijala koje namerava ugraditi
- Tekuća kontrola svih pozicija rada
- Sistematizacija uverenja o kvalitetu ugrađenih materijala i drugih ispitivanja
- Sistematizacija uverenja o kvalitetu ugrađenih materijala i drugih ispitivanja
- Overa građevinskog dnevnika i procene eventualnog izvršenja radova (objekat ugovoren po sistemu ključ u ruke)
- Iniciranje i aktivno učešće na obaveznim sedmičnim sastancima sa projektantima, rukovodiocima pojedinih faza rada i isporučiocima opreme sa ciljem razmene informacija i koordinacije
- Informisanje logističkog centra PORSCHE-IMMOBILIA o toku aktivnosti i problemima, te učešće u proširenim mesečnim sastancima sa stručnjacima PORSCHE-IMMOBILIA
- Formiranje liste eventualnih nedostataka i neposredni nadzor na njihovom otklanjanju
- Zastupanje investitora u procesu tehničkog prijema objekta

4. ZAKLJUČAK

Projekat je ugovoren po sistemu „ključ u ruke“, tako da je izostao osnovni instrument prinude- overa mesečnih situacija. Umesto ovoga sledile su periodične procene procenta izvršenosti radova, što je bio delimični ulog u autoritetu nadzorne službe. Međutim, primenom opisanih metoda i principa rada služba nadzora je doprinela završetku vrlo kompleksnog objekta sa zakašnjenjem od 12 dana. Naša ocena je da u slučaju striktnog pridržavanja terminima nabavke iz mrežnog plana do zakašnjenja ne bi uopšte došlo.

Potvrdu uspešnosti rada ovako organizovanog nadzora Investitor je dao angažovanjem istog tima firme Konstruktor konsalting d.o.o na projektima Porsche 2 i 3 u Beogradu, te u pripremama projekta Porsche u Novom Sadu.

Srđan Kisin¹
Nebojša Ravić²

REKONSTRUKCIJA CRKVE SVETOG ARHANGELA GAVRILA

Rezime: Crkva u Dragaljevcu izgrađena je pre gotovo jednog veka u kombinaciji zidana opeka i drvena konstrukcija krova, uključujući kupole i svodove. Nagrižena zubom vremena dovedena je u polurazrušeno stanje. Realizovana je temeljita rekonstrukcija temelja i formirane su armirano betonske konstrukcije novih stubova, galerije, svodova i kupole. Na ovaj način dobijen je trajan objekat u smislu konstrukcije i njene izolacije. Specifično je rešenje donjih površina svodova i kupole koje su obrađene u opečnom materijalu sa ciljem stvaranja uslova oslikavanja unutrašnjosti crkve.

Ključne reči: Kupola, svod, temelji, obloga od opeke.

ST. ARHANGEL GAVRILO CHURCH RECONSTRUCTION

Summary: Church at Dragaljevac was built almost one century ago using combination masonry work and timber structure of roof, including domes and arches. Seriously damaged during the past time it was at half - disrupted state. It has been realized foundation reconstruction and a quite new reinforced concrete structure of columns, galleries arches and domes. In that way we have got durable church in sense of structure and its insulation. It was used a specific solution of arch and dome down surfaces facing by installing brick material giving opportunity for interior painting.

Key words: Dome, arch, foundation, brick coat.

¹ Prof. dr, redovni profesor FTN u Novom Sadu, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6

² Dipl. inž. građ., Vodeći projektant, Konstruktor konsalting, d.o.o., Beograd, Kolonija 33

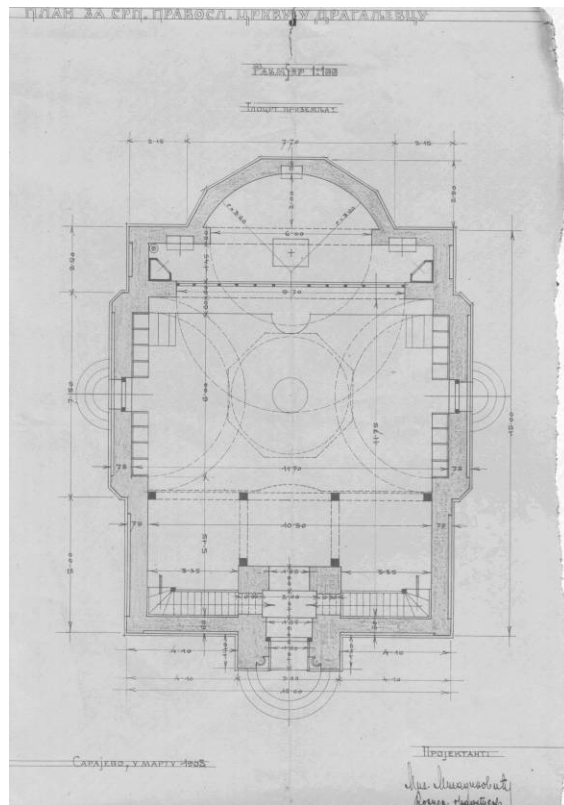
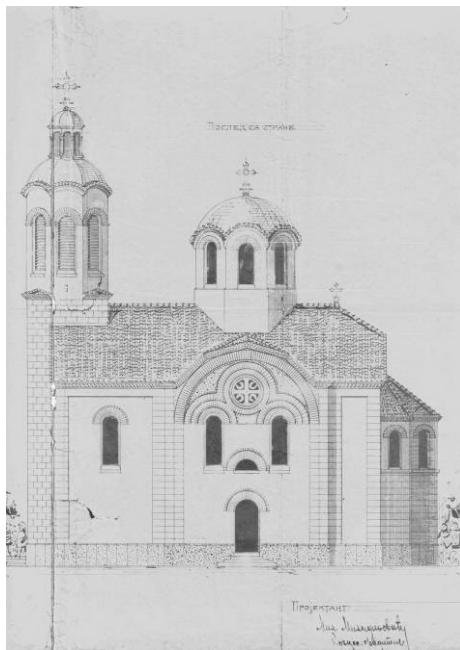
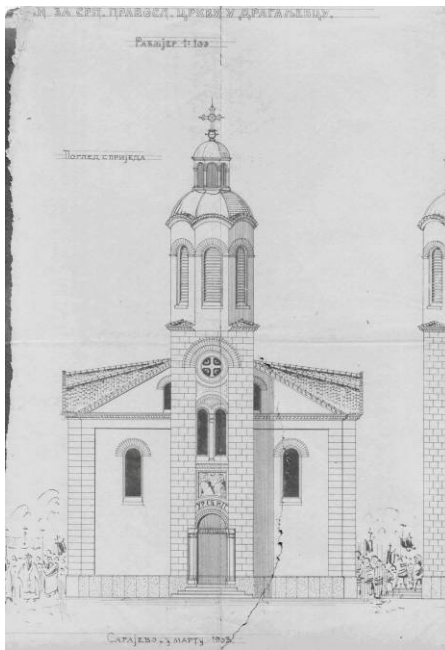
1. UVOD

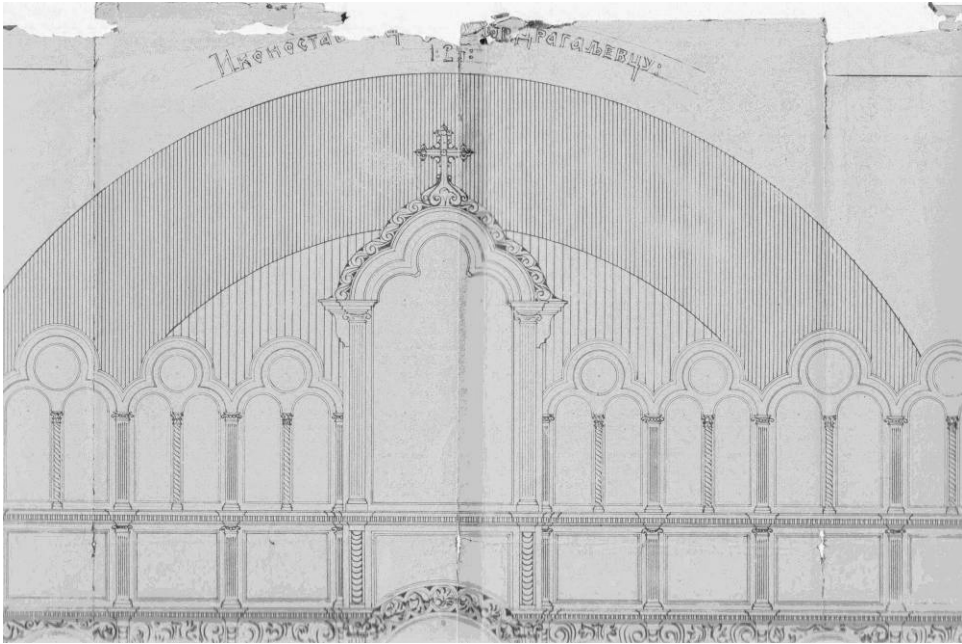
Crkva Svetog Arhangela Gavrila (slika 1.) izgrađena je na lepoj zaravni koja dominira iznad doline Save u Dragaljevcu, mestu u blizini puta Bijeljina Brčko.

Tokom rada na projektu došli smo u posed interesantnog dokumenta - originalnog nacrtu iz 1908. godine izrađenog od strane Građevinsko-tehničkog biroa koncesioniranog graditelja Miloša Miladinovića. Ove crteže (vidi slike 2 do 5) prikazujemo u radu i kao informaciju o objektu, ali kao i podsećanje današnjim inženjerima kojima često tehničko crtanje nije jača strana profesije. Projekat je odobren od strane austrougarskog nadleštva, što se takođe vidi na skeniranom detalju (slika 6). Interesantno je da je zvono poklonio kralj Petar I Karađorđević (slika 7).

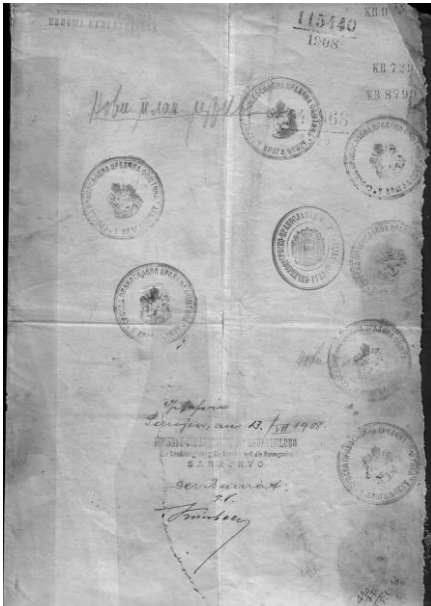


Slika 1. - Crkva pre rekonstrukcije





Slika 2 - 5 - Originalna grafička dokumentacija



Slika 6 - Overa projekta



Slika 7 - Crkveno zvono

2. OPIS REŠENJA REKONSTRUKCIJE

Prvo su izvedeni radovi na temeljima, što je detaljnije opisano kao tehnološko rešenje u radovima [2] i [3]. Na slikama 8 i 9 prikazan je izgled temelja sa vanjske i unutrašnje strane crkve.



Slika 8 - Temelji izvana



Slika 9 - Temelji iznutra

Osnovna koncepcija rekonstrukcije je formiranje samostalne armirano-betonske konstrukcije svoda sa kubetom i kupolom oslonjene na ramovski sistem koji još nosi i međuspratnu konstrukciju hora. Takođe, se formira samonoseća armirano-betonska stepeništa. Sve novoprojektovane konstrukcije su dilatirane od postojeće zidane konstrukcije manastira minimalno 5 cm. Prostor dilatiranja se ispunjava tvrdim ekspandiranim polistirolom čime se formira jedinstvena površina za malterisanje. Obavezna je bila obrada spojnice plastičnom mrežicom zaljepljenom građevinskim lepkom i u zoni novog stuba i u zoni postojećih zidova.



Slika 10 - Rekonstrukcija crkve

Predviđeni kvaliteti materijala su bili: marka betona u svim konstruktivnim elementima (temelji, stubovi, grede, ploče, svod, kupola, rebra i prsteni) je MB 30, armatura GA 240/360 i MAG 500/560. Obavezno su sve površine, armirano betonskih elemenata, vidne u enterijeru obložiti opekarskime elementima - "kanalicama" za gredice fert tavanica. Ovi opekarski elementi su pogodni zbog svojih dimenzija 12x25x4 cm i karakterističnog oblika koji će omogućiti da se dobro vežu za osnovnu betonsku masu. Takođe, preko ovih elemenata je vršeno malterisanje i oslikavanje.

Radovima na izgradnji prethodilo je uklanjanje postojeće konstrukcije sledećim redosledom (slika 10):

1. uklanjanje kupole sa svim pripadajućim elementima i materijalima obloge i konstrukcije,
2. uklanjanje kubeta,
3. uklanjanje pokrova i noseće konstrukcije na centralnom deli (iznad svoda i hora),
4. uklanjanje svoda,
5. uklanjanje drvene konstrukcije hora (greda, stubova i podova), i
6. uklanjanje poda crkve.



Slika 11 - Formiranje stubova

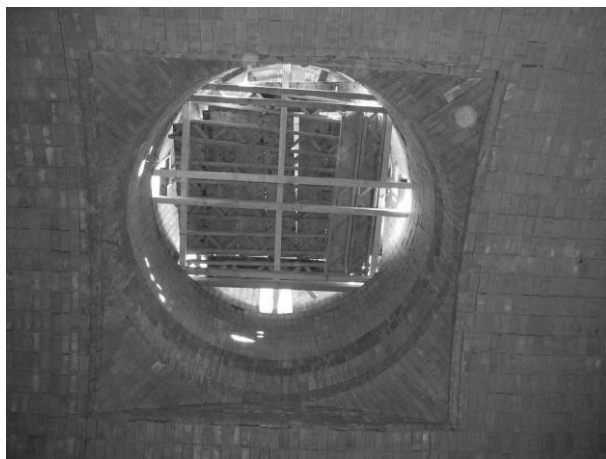
Nakon navedenih radova pristupilo se radovima na fundiranju nove armirano-betonske konstrukcije. Temelji su trakasti preseka $b/h=80/40$ cm na centralnom delu naosa i samci $b/d/h=75/55/30$ cm ispod konstrukcije hora. Oni su urađeni preko tampona šljunka debljine 10 cm, na istoj koti na kojoj su projektovani novi temelji ispod svih zidova crkve. Uklanjanje poda crkve omogućilo je da se deo radova na ojačanju temelja zidova crkve izvede i iz unutrašnjosti objekta. Naravno, ovim putem se omogućuje da se vertikalna hidroizolacija zidova uradi sa unutrašnje strane od bitumenske trake debljine 4 mm umjesto od krute izolacije kako je to prethodno predviđeno.

Stubovi i grede nove konstrukcije su formirani od armiranog-betona u oplati pri čemu je posebna pažnja posvećena vertikalnosti stubova zbog njihove velike visine. Ramovi u osi A i B su formirani od stubova preseka 35/35 cm i greda 35/35cm. Naravno sve površine ramova koje će biti oslikane su obložene opekarskim "kanalicam" dimenzija 12x25x4 cm, tako da su fizički preseki stubova i greda biti najčešće 43/43 cm ili manje.

Ram u osi V se formira od stubova 25/25cm i greda 25/25 cm, uz obavezno oblaganje površina "kanalicama". Konačna dimenzija stubova i greda je 33/33 cm.



Slika 12 - Opečna oplata svodova



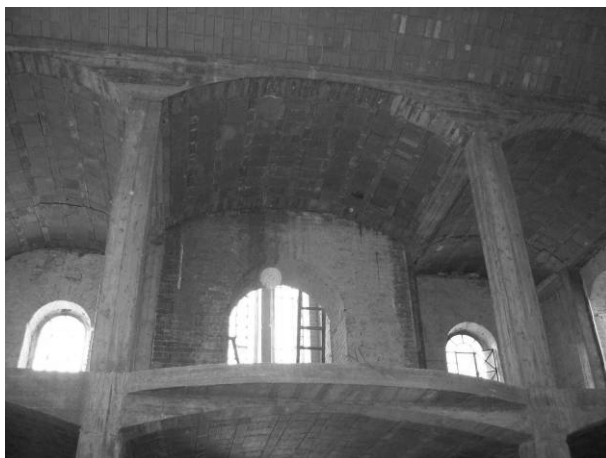
Slika 13 - Kupola

Na izvedenoj konstrukciji ramova pristupilo se izradi FERT tavanice u zoni hora, a u delu naosa izradi svoda (slike 12 i 13). Fert tavanica je od standardnih gredica dužine 4.20 i 4.40 m postavljenih na razmaku od 40 cm, između kojih se postavlja ispuna od blokova 250 x 280 x 160 (po JUS B.D1.030). U ovako formiranoj oplati izlivena je sitnorebrasta tavanica sa pločom debljine 6 cm. Armatura gredica i ploče, te potrebne grede za ukrućenje u svemu prema statičkom proračunu i planovima armature.

Stepenište je projektovano kao samostalno oslonjeno na temelj (POZ TV1 i TV4) i zid zvonika u visini međuspratne konstrukcije hora.

Konstrukcija svoda je izvedena na sledeći način: nakon očvršćavanja betona stubova reda A i B postavljaju se lučne čelične grede između njih. Ove grede obrnutog T preseka služe kao nosači fert gredica koje se postavljaju između osa 1 - 2, 2 - 3 i 3 - 4. Pomenute grede imaju standardnu armaturu koja se zavaruje za T nosač. Na ovaj način

je formirana oplata za betoniranje svoda. Pre postavljanja fert gredica grede u osi A i B moraju biti izbetonirane i beton u njima postigao projektovanu čvrstoću. Iz ovih greda se ostavljaju ankeri za vezu sa armaturom svoda i rebra na svodu. Jednovremeno sa betoniranjem svoda betoniraju se i pripadajuća rebra i ojačanje otvora ispod kubeta. Debljina ljuske svoda je 8.00 cm, preko oplata od kanalica (debljine 4.00 cm). Rebra na svodu su dimenzija 35(17.5)/25, dok je ojačanje otvora dimenzija 10(30)/25 cm. Krajnja rebra imaju zatege formirane od okruglog čelika 3Ø18 sa srednjim zavrtnjem za dotezanje. Ove zatege se u potpunosti zatežu pre betoniranja konstrukcije svoda.



Slika 14 - Konstrukcija galerije

Stubovi i prsten kubeta su urađeni u klasičnoj oplati. Sama kupola je urađena na skeli u dvostranoj oplati (na delu gde je neophodno), pri čemu se skela oslanja na ojačanje otvora ispod kubeta na svodu. Debljina betonske ljuske je 6.00 cm, ispod koga je sloj od kanalica debljine 4.00 cm.

Uklonjena krovnu konstrukcija je zamenjena novom konstrukcijom, pri čemu je konstrukcija na delu iznad hora drvena rešetkasta sa "kružnim" donjim pojasem na koji je postavljena podkonstrukcija od fert gredica, omalterisana i oslikana. Ovim je dobijena još jedna forma svoda kojom bi se poboljšao estetski kvalitet prostora.

3. ZAKLJUČAK

Projekat je u celini realizovan uz poslovične probleme sa izvođačima.

4. LITERATURA

1. "Projekat sanacije manastira Svetog Arhangela Gavрила u Dragaljevcu", sveska 1-4, Konstruktor konsalting, d.o.o., Beograd, mart - avgust 2005.
2. Kisin S., Ravić N., Kisin O.: "Kombinovano rešenje temeljenja i hidroizolacije postojećih objekata", Geotehnika IT, 24.-27.10.2005. Kopaonik
3. Kisin S., Ravić N., Kisin O.: "One solution for foundation of the existing buildings", DGKM MASE, 2005.

Suad Špago¹
Merima Šahinagić-Isović²

FAKTORI KOJI SU U KORELACIJI SA POJAVOM OTKAZA NA SISTEMU CIJEVNE VODOVODNE MREŽE

Rezime: U protekloj deceniji provedena su mnoga istraživanja kako bi se identifikovali faktori koji utiču na otkaze cijevi u sistemima vodosnabdijevanja. Cilj istraživanja je razvijanje ili usavršavanje modela planiranja procesa obnavljanja dijelova cijevne mreže. Kao glavni parametri koji su u korelaciji sa intenzitetom otkaza, najčešće su indicirani: starost, materijal, dijametar, stanje tla u kojem se nalazi cijev, intenzitet saobraćaja i saobraćajno opterećenje iznad cijevi, procijenjeno stanje cijevi i prostorni raspored cijevi. Zakonitosti pojave dominacije nekih od njih u odnosu na druge, su izrazito zavisni od specifičnih uslova mikro lokacije cijevi, zbog čega je neophodno evidentiranje otkaza cijevne mreže u svakom sistemu vodosnabdijevanja.

Ključne reči: Sistem vodosnabdijevanja, cijevna mreža, otkaz cijevi, upravljanje procesom obnavljanja.

FACTORS THAT ARE IN CORRELATION WITH OCCURENCE OF FAILURES IN THE SYSTEM OF PIPE WATER SUPPLY NETWORK

Summary: In the last decade many researches have been conducted in order to identify the factors that influence failure of pipes in the water supply systems. The goal of these researches was development or improvement of the model of planning the process of rehabilitation of parts of pipe network. The following main parameters that are in correlation with the intensity of failures were identified most frequently: old age, material, diameter, conditions of ground in which the pipe is inserted, traffic intensity and traffic load above the pipe, evaluated pipe condition and spatial set-up of the pipes. Regularities of phenomenon of dominancy of some of these parameters in relation to others are extremely dependant on the specific conditions of micro location of the pipes, due to which it is necessary to register failures of pipe network in every water supply system.

Key words: water supplying system, pipe network, pipes failure, management of the process of rehabilitation

¹ Dipl.ing.građ., asistent, Građevinski fakultet Univerziteta "Džemal Bijedić" u Mostaru, USRC "Midhat Hujdur-Hujka", Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, BiH, spagos@bosnia.ba

² Magistar tehničkih nauka, viši asistent, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, USRC „Midhad Hujdur-Hujka“ bb, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, BiH, merima.sahinagic@unmo.ba

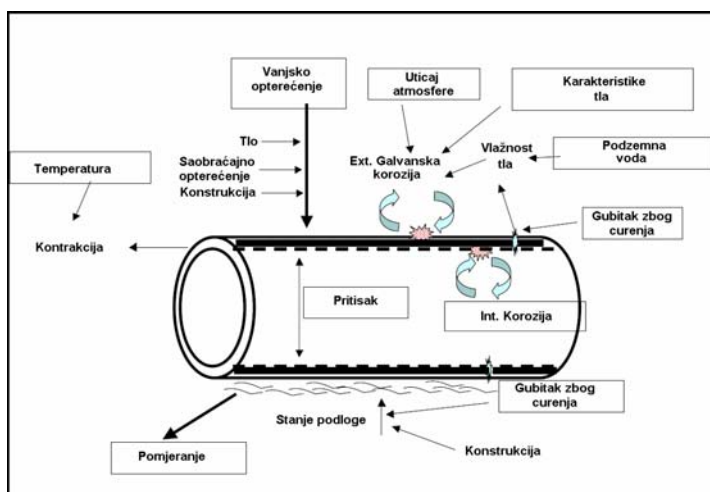
1. UVOD

Sistemi vodosnabdijevanja u cijelom svijetu su svakodnevno suočeni sa kvarovima cijevi, posljedicama kvarova i troškovima njihove sanacije. Povećanje troškova operativnog održavanja, gubici, kontaminacija i pad kvaliteta vode, poremećaj u snabdijevanju, gubitak javnog povjerenja u komunalnu službu, negativan uticaj na okoliš i izazivanje šteta na imovini su tipične posljedice kvarova cjevovoda [9]. Upravljači, u vodovodnim preduzećima, moraju donijeti veoma važne odluke o tome kako uspostaviti ekonomski prihvatljiv standard usluga [10]. Zbog toga se sektor vodosnabdijevanja suočava sa problemom kako na najefikasniji način upravljati procesom sanacije mreže, kako bi se dostignuti nivo usluga održao i obezbjedio za budućnost. [9,10]

U protekloj deceniji provedena su mnoga istraživanja kako bi se identificirali faktori koji utiču na otkaze cijevi u sistemima vodosnabdijevanja. Cilj istraživanja bio je razvijanje ili usavršavanje modela planiranja procesa obnavljanja dijelova cijevne mreže. Ova istraživanja su pokazala da je razvoj modela, koji bi omogućavao predviđanje otkaza cijevi, kompleksan proces zbog mnoštva uticaja kojima je vodovodna cijev izložena, a koji, prije ili kasnije, uzrokuju otkaz i koji konsekvntno imaju uticaja na upravljačke odluke o obnavljanju sistema cijevne mreže [7].

2. FAKTORI KOJI UTIČU NA POJAVU OTKAZA NA SISTEMU CIJEVNE MREŽE

Faktori od kojih zavisi intenzitet otkaza cijevi mogu biti *vremenski zavisni* ili *vremenski nezavisni*. Dijametar ili materijal cijevi su primjeri vremenski nezavisnih (ne mijenjaju se tokom vremena) faktora od kojih zavisi intenzitet otkaza cijevi. Starost cijevi, temperatura vode, temperatura i vlažnost tla, kao i uočena oštećenja cijevi su primjeri, vremenski zavisnih faktora koji utiču na otkaze vodovodnih cijevi [3].



Slika 1. Interakcije koje dovode do otkaza cijevi [6]

Na *slici 1.* šematski su prikazane interakcije koje direktno ili indirektno dovode do otkaza vodovodnih cijevi.[6] Kako bi proces propadanja cijevi opisali odgovarajućim matematskim modelom koji omogućava prognozu ponašanja sistema u budućnosti, u vodovodnim sistemima je ustanovljena praksa prikupljanja podataka o faktorima od kojih zavisi proces nastajanja otkaza. Cilj je uspostavljanje korelacije između pojedinih parametara kao što su starost, promjer cijevi, materijal, tlo itd. i intenziteta otkaza cijevi.

U *tabeli 1.* prikazani su podaci koji su prikupljeni putem ankete u dvanaest velikih gradskih vodovoda u SAD, a koji se odnose na karakteristike sistema cijevne mreže i otkaze cijevi sa mogućim faktorima koji imaju uticaja na njihov nastanak.[4]

Grad	Albuquerque	Atlanta	Chicago	Houston	Little Rock	Los Angeles	Lubbock	New Orleans	Sacramento	St. Louis	Salt Lake City	San Diego
GLAVNI PODACI O VODOVODU												
Definicija otkaza	N	Y	Q	N	Q	Y	N	N	Q	Y	Y	N
Pojedinačni podaci o otkazima												
Dijametar	B	C	B	B	Q	B	C	A	B	A	B	A
Materijal	B	C	B	B	Q	B	C	A	B	A	B	A
Starost	D	C	B	F	Q	D	C	D	D	A	F	Q
Podatak o otkazu	B	C	B	B	Q	B	C	B	B	A	B	A
Vrijeme popravke	B	C	B	B	Q	B	C	B	B	A	B	Q
Vrsta tla	D	C	B	F	Q	D	C	F	B	Q	F	Q
Pritisak vode	D	C	Q	F	Q	D	C	B	D	A	D	Q
Debljina cijevi	F	C	Q	F	Q	D	C	D	F	F	F	Q

Tabela 1. Podaci o karakteristikama mreže i otkazima cijevi koji su, u dvanaest gradskih vodovoda u SAD, prikupljeni putem ankete [4]

Objašnjenje skraćenica u *tabeli 1:*

A – podaci u računarskim bazama podataka, B – pisani podaci u obliku koji se može pročitati; (u najvećem broju izvještaji o popravkama), C – pisani podaci, stanje nepoznato; (iz zabilježenih podataka, onaj koji vrši procjenu, ne može izvući dovoljan broj informacija da bi donio svoj sud), D – pisani podaci, stanje slabo - neophodno istraživanje; (uključuje podatke, koji se dobijaju iz pisanih dokumenata, ali se mora pogledati više dokumenata da bi se dobila jedna vrijednost), F – podaci nisu dostupni, Q – odgovor nejasan, ili bez odgovora, Y – da, N – ne

OPIS PODATAK A	LYON	BORDEAUX	LAUSANNE	REGGIO EMILIA	BRISTOL	OSLO	TRONDHEIM	DRESDEN	STUDGART
Godina od kada je uspostavljen a baza kvarova	1993 - 1982 -	1951 - 1970 -	192 6 -	1994 -	1995 -	197 6 -	198 8 -	1994 -	1978 -
% cijevi sa podacima o starosti	S: 63 % C: 21 % (2)	85%	99%	NA	~)5(% 05	99 %	95 %	55%	99%
% cijevi sa podacima o dužini cijevnih	100%	100%	100 %	100%	100 %	100 %	100 %	100%	100%
% cijevi sa podacima o materijalu	S: 98 % C: 50 % (2)	95%	99%	Su: 86 % Di: 95 % (1)	51%	100 %	95 %	90%	99%
Ukupna dužina u kilometrima	3000	3000	700	890 (1) (Su. + Di.)	7694	160 0	750	1800	1326
% cijevi sa podacima o promjeru	100%	99%	100 %	100%	95%	100 %	100 %	90%	100%
% cijevi sa podacima o tlu	100%	60%	0%	NA	100 % (6)	Ge ol. ma pe	Ge ol. ma pe	Tlo: 60% Podloga: 20 %	31%
% cijevi sa podacima o prometu	100%	100%	0%	NA	Pone što	0%	0%	0%	0%
% cijevi sa podacima o položaju	98%	90%	0%	100 % (3)	100 %	100 %	100 %	50%	100%
Približan broj cijevnih segmenata	50000	10000	700 0	15886	7616 1	370 00	700 0	NA	16531
% cijevi sa podacima o vrsti priključka	NA	10%	50%	NA	11%	NA	80 %	60%	100%
% cijevi sa podacima o pritisku	20%	95%	100 %	-4	NA	100 %	100 %	100%	100%

Tabela 2. Sakupljeni podaci nekih Evropskih vodovodnih preduzeća [1]

Tabela 2. pokazuje rezultate studije koja sumira podatke istraživanja prikupljenih u devet gradova iz šest zemalja Evrope (Lyon i Bordeaux u Francuskoj, Lausanne u Švajcarskoj, Reggio Emilia u Italiji, Bristol u UK, Oslo i Trondheim u Norveškoj, Dresden i Studgart u Njemačkoj). [1]

OPIS BAZE PODATAKA	MALMO	BREBRO	ESKILSTUA	VASTERAS	LULEA	BROJ PRIKUPLJANIH PODATAKA
Tip otkaza	1	1	1	1	1	5
Datum otkaza	1	1	1	1	1	5
ID broj za cijev	1	1	1	1	1	5
Dijametar	1	1	1	1	1	5
Datum instalacije cijevi	1	1	1	1		4
Uzrok otkaza	1		1	1	1	4
Opis poduzete korektivne akcije		1	1	1		3
Cijena korektivne akcije		1	1	1		3
Dužina cijevne dionice	1	1	1			3
Datum prethodne popravke	1	1	1			3
Naziv ulice	1		1	1	1	4
Cijevni	1	1		1	1	4
Stanje cijevi				1		1
Podaci o tlu		1				1
Podaci o saobraćaju		1				1
Dubina cijevi		1				1
Tip spoja		1				1
Pritisak vode						0

Tabela 3. Tip sakupljenih podataka Švedskih vodovodnih preduzeća [8]

U *tabeli 3.* su predstavljeni podaci koji se evidentiraju u pet vodovodnih sistema u Švedskoj. Kao što se vidi iz *tabele 3.*, ni u jednom švedskom vodovodnom sistemu se ne

evidentiraju informacije o pritisku vode, dok se u većini vodovodnih sistema u devet evropskih gradova koji su predstavljeni u *tabeli 2*. prikupljaju te informacije.

Faktori od kojih zavisi proces nastajanja otkaza vodovodnih cijevi mogu se klasifikovati kao što je pokazano u *tabeli 4*.

Kategorije faktora koji utiču na veličinu otkaza cijevi	Faktor
Cijevni faktori	Cijevni materijal
	Promjer cijevi
	Tip spoja
	Starost cijevi
	Dubina cijevi ispod površine zemlje
	Stanje cijevi (debljina stijenke, stepen oštećenja, itd)
Operativni i faktori održavanja	Operativni pritisak (vodovodne mreže)
	Priroda i datum prošlog kvara (tip, uzrok, jačina)
	Priroda operacija održavanja (TV inspekcija, čišćenje cijevi, katodna zaštita)
	Priroda i datum posljednje reparacije (tip, dužina)
	Kvalitet vode
	Metod reparacije
Okolišni i klimatski faktori	Vrsta tla
	Temperatura tla ili dubina smrzavanja
	Oborine
	Vlažnost tla
	Temperatura vode
	Promet i saobraćajno opterećenje

Tabela 4. Faktori koji utiču na veličinu otkaza cijevi [6]

3. ZAKLJUČCI

Na osnovu uvida u evropsku i američku istraživačku literaturu, koja se odnosi na problem nastanka otkaza na vodovodnim cijevima, zakonitosti njihove pojave, te njihove

uticaje na upravljanje rehabilitacijom cijevne mreže sistema vodosnabdijevanja, može se ukratko rezimirati sljedeće:

Prema podacima o otkazima cijevi, koji se u vodovodnim sistemima evidentiraju u SAD i Evropi, kao glavni parametri koji su u korelaciji sa intenzitetom otkaza, najčešće su indicirani: starost cijevi, materijal od kojeg je cijev napravljena, dijametar cijevi, stanje tla u kojem se nalazi cijev, intenzitet saobraćaja i prometno opterećenje iznad cijevi, početno (procijenjeno) stanje cijevi i prostorni raspored cijevi.[1,2]

Faktori koji se nalaze u korelaciji sa intenzitetom otkaza vodovodnih cijevi (starost, dijametar, materijal, saobraćaj itd) ispoljavaju uticaje koji se mogu opisati deterministički. Međutim, zakonitosti pojave dominacije nekih od njih u odnosu na druge, su izrazito zavisni od specifičnih uslova mikrolokacije cijevi, zbog čega je neophodno evidentiranje otkaza cijevne mreže u svakom sistemu vodosnabdijevanja.[3]

Iz priloženih tabela je evidentno da ni u Evropi ni u SAD nema jedinstvene metodologije prikupljanja podataka o karakteristikama sistema cijevne mreže kao ni o otkazima cijevi i faktorima od kojih zavisi proces nastajanja otkaza. Vrsta podataka se bitno razlikuje, čak i unutar jedne države što je vidljivo i iz primjera švedskih gradova u *tabeli 3.* kao i francuskih (Lyon, Bordeaux), norveških (Oslo, Trondheim) i njemačkih (Dresden, Studgart) u *tabeli 2.* Postoji i velike razlike u kvalitetu prikupljenih podataka za pojedine parametre između navedenih vodovodnih sistema (*tabele 1.,2. i 3.*).

I pored toga što je u vodovodnim preduzećima svakodnevno prikupljanje mnoštva informacija dio standardne procedure upravljanja, praksa prikupljanja podataka o otkazima cijevi je u četiri sistema (*tabela 2.*) ustanovljena prije manje od 20 godina, a u tri (Reggio Emilia, Bristol i Dresden) prije 11 godina. Činjenica da se ti gradovi nalaze u Italiji, Engleskoj i Njemačkoj jasno ukazuje da se praksi prikupljanja podataka o otkazima cijevne mreže u sistemima vodosnabdijevanja i u najrazvijenijim zemljama, tek u proteklih 10-ak godina počela posvećivati potrebna pažnja.

Visok kvalitet podataka je presudan za razvoj optimalnih modela upravljanja vodovodnom infrastrukturom. To znači da donošenje odluka mora biti zasnovano na analizi pouzdanih podataka koji reflektuju stvarno stanje cijevnog sistema. Evidentno je iz evropskih i američkih istraživanja da, ako model ili aplikacija koristi dnevne zabilješke rezultati su kvalitetniji.

Iako je analiza pomenutih studija pokazala da je cijena prikupljanja podataka u Evropi visoka, nijedna studija ne upoređuje troškove skupljanja i na taj način dobivenih prednosti u procesu odlučivanja. Jedan od načina da se smanje troškovi prikupljanja podataka jeste da se skuplja samo minimalan broj podataka (materijal cijevi, starost, dužine sekcije, broj pucanja ili curenje i dijametar cijevi) neophodnih da bi modeli razvili prioritetnu listu cijevi za rehabilitaciju.[1]

Evropski istraživači bilježe da razmjena podataka između vodovoda može smanjiti troškove skupljanja podataka, a i unaprijediti tačnost modeliranja.[7] Da bi razmjena podataka bila moguća potrebno je usvajanje određenih jedinstvenih standarda u metodologiji prikupljanja i evidentiranja podataka.

4. LITERATURA

1. Eisenbeis P., Le Gauffre P., and Saegrov S.: „Water Infrastructure Management: An Overview of European Models and Databases“, AWWARF Infrastructure Conference and Exhibition Proceedings, Baltimore, Maryland, 2000.
2. Torterotot J.P., Rebelo M., Werey C., Craveiro J.: „Rehabilitation of water networks : analysis of the decision making processes“, Paper presented at 4th IWA World Water Congress – Marrakech 19-24 september 2004.
3. Kleiner, Y., Rajani B.: „Considering Time-dependent Factors in the Statistical Prediction of Water Main Breaks“, Ottawa, Ontario, Canada: Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Infrastructure Management Conference Proceedings, American Water Works Association Research Foundation, Baltimore, MD. 2000.
4. Mays L.: „Reliability analysis of water distribution Systems“ – New York 1989.
5. O'day, D.K.: „Water main condition monitoring – a case study. Pipeline Infrastructure – Proceedings“ 1988, p 274-286.
6. Stone S., Dzuray E. J., Meisegeier D., Dahlborg A., Manuela Erickson Logistics Management Institute McLean, VA 22102-7805: „Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems“, Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory U.S. Environmental Protection Agency Edison, NJ 08837-3679, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268, 2002.
7. Sundahl, Ann Christin: „Diagnosis of Water Pipe Conditions“, Lund University, Department of Water Resources Engineering, Lund, Sweden, 1996, ISSN 1101-9824.
8. Watson T., Christian C., Mason A., Smith M.: „Maintenance of Water Distribution Systems“, Proceedings of the The 36th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, University of Canterbury, New Zealand, 30 November - 1 December, 2001, p57-66.
9. Watson T., Christian C., Mason A., Smith M., Myers R.: „Bayesian-based Decision Support System for Water Distribution Systems“, Fifth International Conference on Hydroinformatics, Cardiff University, UK, 1-5 July 2002.

Suad Špago¹

Merima Šahinagić-Isović²

STANDARDIZACIJA MODELA UPRVLJANJA PROCESOM OBNAVLJANJA CIJEVNE VODOVODNE MREŽE

Rezime: Upravljanje procesom obnavljanja podrazumijeva donošenje odluka o obimu, vremenu, mjestu i načinu na koji će se sanacioni radovi izvesti, a primarni zadatak upravljanja je unapređenje pouzdanosti sistema u ispunjavanju njegovih ciljnih funkcija. Razvoj i primjena metodologije planiranja rehabilitacije cijevi, je osnova za postizanje ekonomski održivog upravljanja vodovodnom mrežom. Standardizacija procedura odlučivanja predstavlja jedan od glavnih pravaca aktuelne istraživačke aktivnosti u oblasti upravljanja procesom obnavljanja cijevne mreže sistema vodosnabdijevanja u svijetu.

Ključne reči: Sistem vodosnabdijevanja, otkaz cijevi, upravljanje procesom obnavljanja, standardizacija modela upravljanja.

STANDARDIZATION OF THE MODEL OF MANAGING THE PROCESS OF REHABILITATION OF PIPE WATER SUPPLY NETWORK

Summary: Managing the process of rehabilitation implies making decisions related to the scope, time, place and manner in which the reparation works will be performed, and the primary task of the managing is improvement of the reliability of the system regarding its goal functions. The development and implementation of methodology of planning the rehabilitation of the pipes, is the basis for achievement of sustainable management of water supply network. Standardization of the procedures of decision making represent one of the main directions of the current research activity in the area of management of process of rehabilitation of pipe network of the water supplying systems in the world.

Key words: water supplying system, pipes failure, management of the process of rehabilitation, standardization of the model of managing

¹ Dipl.ing.građ., asistent, Građevinski fakultet Univerziteta "Džemal Bijedić" u Mostaru, USRC "Midhat Hujdur-Hujka", Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, BiH, spagos@bosnia.ba

² Magistar tehničkih nauka, viši asistent, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, USRC „Midhad Hujdur-Hujka“ bb, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, BiH, merima.sahinagic@unmo.ba

1. UVOD

Cijevni sistem vodovodne distributivne mreže, kao nezaobilazni činilac svakog vodovodnog sistema, karakteriše izrazita složenost u odnosu na sve druge podsisteme (pumpe, sisteme za tretman, rezervoare, zahvatne građevine itd.) sistema vodosnabdijevanja. Njegov rast i razvoj je bitno određen razvojem urbanog ambijenta u kojem se nalazi, te je njegovo prostorno oblikovanje u velikoj mjeri posljedica uticaja faktora sistemskog okruženja, kako u procesu izgradnje tako i u procesu eksploatacije. Vrijeme njegovog formiranja nije kratak vremenski interval nego dug proces koji traje, zbog čega su materijali i tehnička izvedba cjevovoda veoma raznoliki u kvalitativnom smislu, u skladu sa tehničkim dostignućima vremena gradnje. Proces usvajanja novih materijala i tehnika gradnje vodovodnih sistema, zbog boljih eksploatacionih karakteristika ili jeftinije izvedbe, kod izrade cjevovoda je u posljednjim decenijama, bio najdinamičniji. Veličina prostora na kojem se prostire cjevovod uslovljava i različitost karakteristika tla, (topografskih, geo mehaničkih, fizičkih i hemijskih) u kojem je položen, što je faktor koji utiče na neujednačenost brzine degradacije cjevovoda jednakog kvaliteta i starosti unutar jednog sistema.

Navedeni faktori čine cijevni sistem vodovodne distributivne mreže naročito ranjivim podsistemom vodovodnog sistema, čiji otkazi predstavljaju najčešći uzrok ugrožavanja ciljnih funkcija vodovodnih sistema kao cjeline [7].

Starost infrastrukture cijevne distributivne mreže, razvoj i ograničena novčana sredstva rezultiraju potrebom za što snažnijom i efikasnijom metodologijom za podršku u donošenju upravljačkih odluka o prioritetima obnavljanja dijelova vodovodnih sistema i predviđanja budućih troškova održavanja i poboljšanja sistema vodosnabdijevanja [7].

Zbog izuzetno velikih sredstava koja komunalne službe i jedinice lokalne uprave izdvajaju za saniranje otkaza cijevne distributivne mreže sistema vodosnabdijevanja, u posljednjoj deceniji je u svijetu došlo do intenzivnijeg proučavanja zakonitosti nastanaka otkaza, njihovih uzroka i razvoja modela za upravljanje procesom sanacije [3,6].

Za predviđanje budućih stanja sistema vodosnabdijevanja iz kojih bi proisticale odgovarajuće upravljačke odluke, u Europi, SAD i Kanadi, nekoliko univerziteta, istraživačkih centara, vodovodnih preduzeća i privatnih kompanija razvilo je različite modele za procjene potreba održavanja i obnavljanja vodovodne infrastrukture.

Raspoložive računarske aplikacije i metode modeliranja (GEMINI, EPANET, EPAREL, Asset Map, AQVA - WERTmIN 4.0 itd.), kojima se predviđaju naredna stanja sistema iz kojih slijede odgovarajuće upravljačke odluke, su bazirane na analizi pouzdanosti cjevovoda vodovodnog sistema, na osnovu podataka o otkazima u toku eksploatacije.

Kako bi bilo koji, od ovih modela, bio primjenjiv na konkretnom vodovodnom sistemu, prvi i najvažniji korak je sistematizacija podataka o funkcionalnim karakteristikama sistema i formiranje baze podataka koji se odnose na strukturu i ponašanje njegovih elemenata u procesu eksploatacije [6]. Ti podaci, prema iskustvima u Evropi i SAD čine osnovu za izradu buduće strategije obnavljanja sistema.

2. UPRAVLJANJE PROCESOM OBNAVLJANJA SISTEMA CIJEVNE VODOVODNE MREŽE

Nivo usluga sistema vodosnabdijevanja je zasnovan na predhodno definisanim kriterijima koji su, od strane isporučioca vode, garantovani ugovorom prema korisniku. Dodatno, postoje i zakonske obaveze u skladu sa kojima je isporučilac dužan postupati. Iz zahtijevanog nivoa usluga proističu ciljne funkcije vodovoda kao sistema. Ciljne funkcije kao minimum uključuju: isporuku određene količine vode, potrebnim pritiskom s ograničenim brojem prekida (godišnja obezbjeđenost), obezbjeđenje protivpožarne rezerve i uz zadovoljenje standarda o kvalitetu isporučene vode. [7]

U sistemima vodosnabdijevanja, mora se u kontinuitetu realizovati upravljačka akcija obnavljanja (reaktivnog i preventivnog) da bi se postigao i održao prethodno definisan nivo usluga. Obnavljanje se provodi da bi se spriječili otkazi sistema i da bi se ponovo uspostavilo funkcionisanje sistema ako se otkaz desio [8]. Upravljanje procesom obnavljanja podrazumijeva *donošenje odluka o obimu, vremenu, mjestu i načinu na koji će se sanacioni radovi izvesti*, a primarni zadatak upravljanja je unaprjeđenje pouzdanosti sistema u ispunjavanju njegovih ciljnih funkcija [2].

3. TEHNIKE MODELIRANJA ZA PREDVIĐANJE REHABILITACIONIH POTREBA KOJE SE KORISTE U EVROPI I SAD

Pregledom evropskih i američkih članaka i literature koje objavljuju istraživači iz vodovodnih kompanija, identifikovano je osam modela i metodologija planiranja rehabilitacije cijevne vodovodne mreže.

Tabela 1. daje pregled osam modela koji se koriste u Evropi i SAD sa državama porijekla i primarnog korištenja.

Naziv modela	Država porijekla i primarnog korištenja
AQUA- WertMin	Njemačka
AssetMap	Francuska
EPANET/EPAREL	Norveška i SAD
Failnet	Francuska
Gemini	Norveška
KANEW	Njemačka i SAD
KureCAD	Njemačka
UtilNets	Različiti gradovi Evrope

Tabela 1. Software koji se koriste za planiranje rehabilitacije cjevovoda / pregled modela [6].

Prema pregledu objavljene literature i studije [1] o modelima koji se koriste u Evropi, podaci koji se u njih unose su klasifikovani kao „*zahtijevani podaci*“, „*vrlo značajni podaci*“ i „*korisni podaci*“. U tabeli 2. je dat pregled podataka koji se u modelima koriste sa numerički rangiranim značajem.

Sve računarske aplikacije traže, minimalno, sljedećih pet podataka za svaki cijevni segment: *starost, dužina, materijal, broj zabilježenih otkaza i dijametar cijev*. Druge značajne varijable koje se koriste u modelima uključuju *stanje cijevi, vrstu tla, opterećenje od saobraćaja ili lokaciju cijevi*. [6]

Opis podatka	AQUA- WertMin	AssetMap	Failnet	Gemini	KANEW	KureCAD	EPANET/ EPAREL	UtilNets
Cijevni materijal	1	1	1	1	1	1	1	1
Starost cijevi	1	1	1	1	1	1	1	1
Dužina cijevi	1	1	1	1	1	1	1	1
Broj otkaza	1	1	1	1	1	1	1	2
Dijametar cijevi	1	2	2	2	2	1	1	1
Podatak o tlu (razni tipovi)	2	2	2	2	2	2	1	1
Podatak o prometu (različiti tipovi)	2	2	2	1	2	2	3	1
Lokacija cijevi	3	2	2	1	3	1	3	3
Pritisak vode	3	2	3	3	3		3	2
Tip otkaza	2		2	1	2	3	2	2
Stanje cijevi	1	2		1	2	2	3	
Tip korektivne akcije	2			2	2	2		
Tip spoja	2		3	3	3	2	3	2
Procjena gubitaka	3	3	3	3	2	2		3
Datum reparacije cijevi	1	3		3	3	3		
Datum TV inspekcije	1			3	3	3		3
Ekonomski podaci	2	3		3	3	2		3
Cijena rehabilitacije	2	1		3	3	2		3
Lokacija sistema				3	3	3		3
Lokacija ogranka				3	3	3		3
Dubina cijevi				3	3	3		3

Tabela 2. Podaci koji se koriste kod Evropskih modele rehabilitacije sa numerički rangiranim značajem neophodnih podataka za modele [6].

Oznake: 1 - zahtijevani podaci, 2 - vrlo značajni podaci, 3 - korisni podaci

Tabela 3. daje pregled mogućnosti koje korisnicima pružaju svaki od osam modela pojedinačno.

NAZIV MODELA	INFRASTRUKTURA		METOD ZA PROCJENU SADAŠNJEG STANJA MREŽE						METOD ZA PREDVIĐANJE BUDUĆIH STANJA MREŽE						KORISNIČKI INTERFACE/ IZLAZNI PODACI			
	Vodovodna mreža	Kanalizacija	Uočeni kvarovi	Analiza intenziteta otkaza		Hidraulički kapacitet / Analiza osjetljivosti		Procjena sadašnje vrijednosti (upravljanje i procjena)	Model kvaliteta vode	Sistem za selekciju kritičnih cijevi za rehabilitaciju	Predviđanje otkaza/ Podaci o obnavljanju	Predviđanje hidrauličkog kapaciteta i osjetljivosti	Predviđanje budućih vrijednosti (karakteristika) infrastrukture	Predviđanje budućih troškova upravljanja i rehabilitacije	Predviđanje promjena kvaliteta isporučene vode	Poređenje budućih scenarija rehabilitacije mreže	GIS	Generiranje izvještaja
AQUA-WertMin 4.0	X	X	X	X				X		X	X	X	X			X		X
AssetMap	X		X	X			X		X	X	X					X	X	X
EPAREL/EPANET	X		X	X				X	X	X	X			X				X
Failnet	X		X	X	X	X					X	X	X	X		X		X
Gemini VA	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X					X	X	X
KANEW	X		X	X	X	X			X	X	X	X	X			X		X
KureCad	X	X	X	X	X	X												
UtilNets																	X	
(prototip)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 3. Rezime mogućnosti evropskih i američkih aplikacija, modela za rehabilitaciju vodovodne ili kanalizacione infrastrukture [6].

4. MODELI UPRAVLJANJE PROCESOM OBNAVLJANJA

Razvoj i primjena metodologije planiranja rehabilitacije cijevi, je osnova za postizanje ekonomski održivog upravljanja vodovodnom mrežom. Ako se ovakvo planiranje ne primjenjuje, u procesu upravljanja, može se očekivati povećanje operativnih troškova, veći gubici i broj otkaza cijevi, a krajnje posljedice bi bile manje pouzdano vodosnabdijevanje. [2]

Rezultati istraživanja modela koji se koriste u procesu odlučivanja u evropskim vodovodnim sistemima ukazuju da se proceduralna i logička struktura donošenja odluka o rehabilitaciji znatno razlikuje. Razlike među vodovodnim sistemima su evidentne i u informacijama unutar procesa odlučivanja, podacima koji se razmatraju i kriterijima koji se uzimaju u obzir.[2,3,6] Ne uvažavaju se dovoljno pokazatelji do kojih se dolazi tehničkom analizom kod predviđanja budućih stanja sistema, pri planiranju budžeta, tako da uspostavljeni budžet ima odlučujuću, ograničavajuću ulogu na kasniji proces donošenja odluka o obnavljanju dijelova sistema. [2,8]

Većina upravljačkih strategija, koje su u primjeni, baziraju se na donošenju odluka o obnavljanju nakon određenog broja otkaza [8]. Primjeri strategija upravljanja procesom obnavljanja koji se obično koriste uključuju:

1. Zamjena cijevi nakon „k“ tog otkaza
2. Zamjena cijevi nakon što broj otkaza dostigne vrijednost „b“ u nekom vremenskom intervalu (obično za godinu dana)
3. Zamjena cijevi nakon „y“ godina starosti
4. Potrošiti „m“ količinu novca za godinu [8].

Odluke o zamjenama pojedinih cijevi, cijevnih dionica ili rekonstrukcije pojedinih zona u sistemu cijevne distributivne mreže, prema aktuelnoj praksi, su najčešće zasnovane na inženjerskom iskustvu stečenom na konkretnom sistemu vodosnabdijevanja [7,8]. Ovakvu praksu karakterišu nedostatak standardizovanog pristupa u procjenama budućih stanja sistema i određena subjektivnost u procesu donošenja odluka. Nedostatak standarda u ovim procedurama ograničava mogućnosti razmjene iskustava među pojedinim sistemima, stvara teškoće kod procjene efikasnosti upravljanja sistemom i kreiranja politike cijene vode koja bi bila utemeljena na stvarnim ekonomskim pokazateljima.

5. STANDARDIZACIJA MODELA UPRAVLJANJA (CARE-W)

Kako bi se standardizovala politika upravljanja procesom sanacije cijevne mreže i podržao razvoj integrisanog modela odlučivanja u Evropi je, od 2001. do 2004. godine, provedeno obimno istraživanje. U okviru istraživačkog projekta CARE-W¹ finansiranog od Evropske komisije, u 14 vodovodnih sistema u 8 evropskih zemalja² analizirani su sadašnji (operativni) procesi donošenja odluka. Razmatrano je nekoliko aspekata kako bi se definisali akteri koji su involvirani u proces odlučivanja, njihove interakcije, struktura

¹ CARE-W (Computer Aided Rehabilitation of Water Networks - Kompjuterski podržana rehabilitacija vodovodnih mreža).

² Bristol (Velika Britanija), Brno (Češka), Drezden i Studgart (Njemačka), Codigoro, Ferrara i Reggio Emilia (Italija), Lausane (Švicarska), Lyon i Roubaix Tourcoing (Francuska), Montio i Oeiras Amadora (Portugal), Trondheim i Oslo (Norveška).

procesa odlučivanja, institucionalni i zakonski okvir kao i procedure i kriteriji koji se uzimaju u obzir u procesu donošenja odluka [2].

Rezultati istraživanja CARE-W, koji se odnose na sam proces donošenja odluka o optimalnoj strategiji obnavljanja vodovodne mreže, su dati u formi smjernica i preporuka, propisanih procedura za procjenu i donošenje odluke o strategiji obnavljanja vodovodne mreže. [4,5].

Smjernice projekta CARE-W za standardizaciju planiranja obnavljanja cijevne mreže sistema vodosnabdijevanja, su predočene u slijedećim koracima:

1. *Uspostavljanje okvira rehabilitacije* (Identifikacija upravljanja, definisanje strategija, postavljanje ciljeva)
2. *Razvoj ključnih indikatora karakteristika koji su odraz ključnih ciljeva* (Odrediti definicije ključnih indikatora karakteristika, podatke koji trebaju biti sakupljeni i ciljeve)
3. *Definisanje strateških zona* (Specificirati tip i veličinu oblasti, sakupiti zonske podatke o ključnim inidikatorima karakteristika i testirati, načiniti pravce procjena i dijagnosticirati problem)
4. *Prioritizirati zone* (Koristiti alate za analizu gdje je to primjenjivo, uspostaviti pravila odlučivanja, rangirati zone i područja problema u jednoj oblasti na nivou podzona)
5. *Plan razvoja* (Ciljevi koji su predmet obnavljanja, procjena troškova i značaj za različite strategije, uvođenje daljih pravila odlučivanja radi finalizacije strategija)
6. *Plan provođenja*
7. *Uspjeh strategija, procjena i revizija budućih planova.*

Krajnji korisnici ove standardizovane garniture alata su vlasnici sistema vodosnabdijevanja, operativne kompanije koje upravljaju sistemima vodosnabdijevanja, finansijske institucije i državni regulatori. Svaki od njih ima svoje pojedinačne potrebe u pogledu informacija. Vlasnici imovine su zainteresovani za uspostavljanje vrijednosti infrastrukture i postavljaju standarde u ugovoru sa kompanijom koja vodi računa o vodosnabdijevanju. Operativne kompanije trebaju informaciju o investicionim potrebama kako bi upravljale imovinom u skladu sa standardima definisanim ugovorom. Finansijske institucije, i potencijalni investitori trebaju informacije o magnitudi i ekonomskoj održivosti investiranja u rehabilitaciju, a regulatori za donošenje odluka i davanje preporuka o cijeni vode.[4]

6. ZAKLJUČCI

Ne postoji još široko rasprostranjena upotreba modelskih aplikacija u Evropi ni u SAD. Modeli predstavljeni u ovome radu se primjenjuju u gradskim vodovodima, ali ne i na državnom nivou.

Prostorna analiza igra važnu ulogu u planiranju rehabilitacije budući da istraživanja pokazuju [6] da značajan broj otkaza nastaje u „geografskim grupama“, međutim, samo 4 modela (AssetMap, Gemini, KureCAD i UtilNets) imaju integrisanu GIS korisničku površinu.

Koncept modeliranja uticaja otkaza cijevi na kvalitetu vode i korištenje tih informacija za planiranje rehabilitacije još uvijek nije bio implementiran u praksi. Samo

EPAREL/EPANET i UtilNets modeli imaju integrisan podprogram kvalitete vode i oni su još na razvojnem nivou.

Modeli rehabilitacije sistema cijevne vodovodne mreže temelje se na Teoriji pouzdanosti tehničkih sistema, odnosno na proučavanju intenziteta otkaza i na osnovu historijskih podataka o otkazima vrši se predviđanje budućih stanja sistema sa aspekta otkaza.[3]

Odluke o zamjenama pojedinih cijevi, cijevnih dionica ili rekonstrukcije pojedinih zona u sistemu cijevne distributivne mreže, prema aktuelnoj praksi, su zasnovane na inženjerskom iskustvu stečenom na konkretnom sistemu vodosnabdijevanja. Ovakvu praksu karakterišu odsustvo standardizovanog pristupa u procjenama budućih stanja sistema i određena subjektivnost u procesu donošenja odluka. Evropski istraživači bilježe da razmjena podataka između vodovoda može smanjiti troškove skupljanja podatka, a i unaprijediti tačnost modeliranja.[6] Da bi razmjena podataka bila moguća potrebno je usvajanje određenih jedinstvenih standarda u metodologiji prikupljanja i evidentiranja podataka.

Standardizacija procedura odlučivanja je jedan od glavnih pravaca aktualne istraživačke aktivnosti u oblasti upravljanja procesom obnavljanja cijevne mreže sistema vodosnabdijevanja u svijetu [CARE-W].

7. LITERATURA

1. Eisenbeis P., Le Gauffre P., and Saegrov S.: „Water Infrastructure Management: An Overview of European Models and Databases“, AWWARF Infrastructure Conference and Exhibition Proceedings, Baltimore, Maryland, 2000.
2. Torterotot J.P., Rebelo M., Wery C., Craveiro J.: „Rehabilitation of water networks : analysis of the decision making processes“, Paper presented at 4th IWA World Water Congress – Marrakech 19-24 september 2004.
3. Mays L.: „Reliability analysis of water distribution Systems“ – New York 1989.
4. Kowalski M., Hulance J., Controy P., *Report D12, The CARE-W procedure*, CARE-W Computer Aided REhabilitation of Water Network. Decision Support Tools for Sustainable Water Network Management, WP5 Elaboration and Validation of the CARE-W Prototype, Swindon, June, 2002.
5. Hertz R., Baur R., Lipkow A., Kropp I., *Report D11, Development of the „Rehab Strategy Evaluator“*, software, CARE-W Computer Aided REhabilitation of Water Network. Decision Support Tools for Sustainable Water Network Management, WP4 – Strategic Planning and Investment, Dresden, May 2003.
6. Stone S., Dzura E. J., Meisegeier D., Dahlborg A., Manuela Erickson Logistics Management Institute McLean, VA 22102-7805: „Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems“, Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory U.S. Environmental Protection Agency Edison, NJ 08837-3679, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268, 2002.
7. Watson T., Christian C., Mason A., Smith M.: „Maintenance of Water Distribution Systems“, Proceedings of The 36th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, University of Canterbury, New Zealand, 30 November - 1 December, 2001, st.57-66.
8. Watson T., Christian C., Mason A., Smith M., Myers R.: „Bayesian-based Decision Support System for Water Distribution Systems“, Fifth International Conference on Hydroinformatics, Cardiff University, UK, 1-5 July 2002.

Svetlana, L. Vuković¹,
Ivo, Š. Marinić²

ULOGA NEKRETNINA U FINANSIRANJU RAZVOJA

Rezime: Angažovanje finansijskih sredstava za realizaciju razvojnih projekata zasniva se na čvrstim garancijama investitora za povraćaj pozajmljenih sredstava pod određenim uslovima i prema predviđenoj dinamici. Za korišćenje kredita za razvoj sitnog preduzetništva su osobito pogodne nekretnine u vlasništvu preduzetnika u vidu imovine koja se koristi ne samo za privredne svrhe već i imovine koja se koristi za zadovoljenje ličnih potreba (kao što su stanovi, stambene zgrade i sl.). Zalog nekretnina je takođe pogodan vid obezbeđenja povraćaja kredita za finansiranje stambene izgradnje i rešavanje stambenih pitanja, naročito mlađeg stanovništva. U radu se razmatraju pitanja korišćenja nekretnina kao realne podloge za kreditiranje stambene izgradnje i razvoj sitnog preduzetništva u funkciji podsticanja tražnje za građevinskim radovima.

Ključne reci: nekretnine; hipoteka; rezidencijalno vlasništvo; komercijalno vlasništvo; gradjevinarstvo;.

ROLE OF REAL ESTATES IN FINANCING THE DEVELOPMENT

Summary: Using financial means for realizing developmental projects is based on solid guarantees by the investors for returning lent means under certain conditions and agreed dynamics. For utilizing the credit for the development of small entrepreneurship, it is beneficial to have estates in contractor's ownership; not only properties used for private purposes, but also properties used for satisfying private needs (like flats, residential buildings, and the like). Mortgaged property is also a suitable form for securing the return of a credit for financing residential construction building and solving housing problem, especially by younger population. The paper considers the question of using real estates as realistic foundation for crediting residential construction building and developing small entrepreneurship in order to stimulate the demand for construction works.

Key words: real estates, mortgage, residential property, commercial property, construction.

¹ Dr Svetlana L. Vuković, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

² Dr Ivo Š. Marinić, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

UVOD

Pojam *nekretnine* upotrebljava se da označi imovinu dužeg fizičkog veka trajanja. Ovakvo svojstvo imovine čini je podobnom za korišćenje kao založnog prava, odnosno kao realno pokriće za izmirivanje dugovanja po kreditima, po pravilu dugoročnih, ukoliko nastupe okolnosti zbog kojih dužnik nije u stanju izmirivati preuzete obaveze po kreditu prema njihovom dospeću.

Korišćenje založnog prava kao realne osnove za izmirivanje preuzete obaveze po kreditu naziva se *hipoteka*.

U savremenim državama ova pitanja uređena su posebnim zakonima a u našoj zemlji Zakonom o hipoteci iz 2005. godine.

Imovina u vidu nekretnina koristi se najčešće za sticanje novih nekretnina (kupovinu, adaptaciju, novu gradnju) za potrebe stanovanja (kuća, stanova i drugih objekata i prostora u funkciji stanovanja) i za razvoj delatnosti malih i srednjih preduzeća. U prvom slučaju radi se o finansijskim podsticajima za zadovoljenje egzistencijalnih potreba porodica a u drugom o finansijskim podsticajima za razvoj preduzetništva u određenim delatnostima u okviru kojih su mala i srednja preduzeća pogodan organizacioni oblik za ostvarivanje ciljeva poslovanja.

Sticanje imovine u vidu nekretnina motivisano je nastojanjem da se stvore materijalne pretpostavke za poboljšanje uslova života (viši kvalitet života), poboljšaju uslovi poslovanja, poveća masa profita i stvori realna osnova za nova investiranja i povećanje lične potrošnje. Međutim, ulaganje u nekretnine može biti motivisano poboljšanjem kreditne sposobnosti kroz povećanje vrednosti nekretnina kao zaloge za hipotekarne zajmove.

Građevinski objekti imaju svojstvo da im vrednost tokom vremena opada usled njihove amortizacije. Ulaganja u adaptaciju i rekonstrukciju mogu da uvećaju njihovu vrednost za iznos ovih ulaganja.

Lokacija građevinskih objekata u urbanim područjima utiče na vrednost građevinskog objekta usled efekata zemljišne rente koja se u urbanim sredinama sastoji od sledećih komponenti:

- apsolutne rente – prihoda po osnovu vlasništva zemljišta;
- diferencijalne rente I – prihoda koji nastaju usled prirodnih pogodnosti, blizine tržišta i sl.;
- diferencijalne rente II – prihoda koji nastaju kao rezultat ulaganja u komunalno opremanje parcele i u grad kao organsku celinu;
- monopolne rente – prihoda koji se u vidu ekstra profita ostvaruje na ekskluzivnim lokacijama.

Sa razvojem grada i poboljšanjem urbaniteta raste gradska renta i u skladu sa tim i tržišna vrednost objekata, iako taj porast nije rezultat porasta ulaganja u objekat i poboljšanje performansi parcele. Međutim, njena tržišna vrednost uzima se za hipotekarnu osnovicu, pa kreditna sposobnost vlasnika objekta raste. Usled toga, ulaganja u nekretnine su često motivisana spekulativnim razlozima.

Građevinska vrednost objekta formira se kao zbir vrednosti ulaganja u proizvodne komponente u izgradnju, adaptaciju i rekonstrukciju i umanjenje za vrednost amortizacije u toku eksploatacije. Tržišna vrednost građevinskih objekata sastoji se od građevinske vrednosti uvećana za rentne potencijale lokacije. U urbanim sredinama u strukturi tržišne cene građevinskih objekata rentni potencijali lokacije imaju visoko

učešće. Katkada je učešće građevinske vrednosti u strukturi tržišne cene građevinskog objekta simbolično, dok rentni potencijali lokacije čine dominantan deo tržišne cene.

Literatura u zemljama tržišne privrede je veoma instruktivna kada su u pitanju ulaganja u nekretnine, sticanje prihoda po osnovu korišćenja nekretnina i kretanja na tržištu nekretnina.

U knjizi Real Money Real Estate (6), autori navode sedam fundamentalnih koraka za kreiranje bogatstva. U prvom koraku potrebno je akumulirati investicioni kapital. Preporučuje se štednja radi investiranja umesto štednje radi kasnije potrošnje. U drugom koraku utvrđuje se struktura trošenja akumuliranog kapitala i usklađuje sa polaznim postavkama. U trećem koraku donose se odgovarajuće odluke o investiranju akumuliranog kapitala a u sledećem koraku odgovarajuće mere očuvanja i zaštite uloženog kapitala. U narednim koracima donose se odluke na osnovu koji se obezbeđuje profitabilnost investicije, odnosno uloženog kapitala, odgovarajućeg dohodak i porast zarade.

Dolf de Roos (3) razmatra prednosti i nedostatke rezidencijalnog u odnosu na komercijalno vlasništvo, pri čemu u rezidencijalno vlasništvo ulaze kuće i drugi prostori za stanovanje uključujući i objekte u izgradnji za ove namene, dok komercijalno vlasništvo obuhvata vlasništvo na objektima i stvarima angažovanim u delatnostima proizvodnje i usluga čiji se rezultati angažovanja reflektuju na tržištu. I jedan i drugi vid vlasništva donosi prihod, s tim što se prihodi od rezidencijalnog vlasništva ne moraju nužno realizovati na tržištu kao na primer prihodi od korišćenja kuća za sopstvene potrebe stanovanja, prihodi od korišćenja hipotekarnih kredita po osnovu zaloge stambenih objekata i sl, dok se prihodi od komercijalnog vlasništva realizuju isključivo na tržištu.

Prihodi od rezidencijalnog vlasništva obračunavaju se na bazi realnog tržišta (kada se rezidencijalni prostori izdaju u zakup) pretpostavljenog tržišta (kada se prostor koristi za sopstvene potrebe) i po osnovu korišćenja hipotekarnih zajmova (kada se prihodi ostvare na tržištu novca).

Ekonomska efektivnost rezidencijalnog i komercijalnog vlasništva može se utvrditi na bazi odnosa između ostvarenih prihoda u određenom periodu (obično godinu dana) i prosečnog stanja imovine u rezidencijalnom i komercijalnom vlasništvu u istom periodu. U uslovima ekonomske konjunktore prihodi od komercijalnog vlasništva rastu brže a u periodu ekonomske recesije prihodi od rezidencijalnog vlasništva ispoljavaju veći stepen rezistentnosti na opadanje ekonomskih rezultata privređivanja. Zbog toga, veći udeo rezidencijalnog vlasništva u ukupnom kapitalu na nacionalnom nivou ima i veću stabilizirajuću ulogu ukupnih nacionalnih ekonomskih tokova.

Pored toga što rezidencijalno vlasništvo ima stabilizirajuću ulogu u nacionalnoj ekonomiji, obim gradnje rezidencijalnih objekata deluje takođe stabilizirajuće na nacionalnu ekonomiju. Proizvodnja u građevinarstvu formira tražnju u većem broju sektora, pa porast proizvodnje u građevinskom sektoru a posebno rezidencijalnih objekata dovodi do induciranih proizvodnih i ekonomskih efekata u svim delovima ekonomskog sistema. Usled toga, regulacijom ekonomskih tokova u građevinskom sektoru moguće je uspešno regulisati celokupnu dinamiku ekonomskog sistema.

Rezidencijalno vlasništvo stabilizuje finansijski sistem zemlje kroz povećanje realnog pokrića kredita i sigurnosti naplate i u skladu s tim povećanje finansijskih potencijala za kreditiranje razvoja malih i srednjih preduzeća i ubrzanje ekonomskog razvoja. Redosled prioriteta finansiranja razvoja u zemlji mogao bi da se definiše na sledeći način:

- Finansiranje izgradnje rezidencijalnih objekata;
- Finansiranje građevinarstva kao delatnosti širokog spektra (izgradnje rezidencijalnih objekata, infrastrukture i dr.);
- Finansiranje izgradnje kapitalnih objekata (privrednih objekata velikog kapaciteta u raznim delatnostima);
- Finansiranje razvoja malih i srednjih preduzeća.

ULOGA NEKRETNINA U EKONOMSKOM I SOCIJALNOM RAZVOJU

U tržišnoj ekonomiji nekretnine imaju izuzetan značaj jer podstiču razne ekonomske aktivnosti kroz angažovanje kreditnih sredstava. Na osnovu nekretnina stiče se kreditna sposobnost, pa je vlasništvo nekretnina svojevrsan alokator kreditnih sredstava na njihove nosioce. To je dodatni motiv za sticanje nekretnina, štednju i njen plasman.

Merama ekonomske politike država stvara uslove za razvoj tržišta nekretnina, tako što podstiče ulaganja u nekretnine adekvatnim regulisanjem pravnog statusa vlasnika nekretnina, ugovornog prava, poreskog sistema, planiranja korišćenja prostora, uslova gradnje i drugih relevantnih uslova.

Stanje na tržištu nekretnina je u direktnoj zavisnosti od razvoja gradova koji može biti podstican ili ograničavan. Nerešena svojinska pitanja nad nekretninama a posebno građevinskim objektima i građevinskim zemljištem, deluju ograničavajuće na urbani razvoj, dok razvijeno tržište deluje podsticajno na nacionalnu ekonomiju.

Poreska politika na promet nepokretnosti je značajna, budući da deluje na nivo cena novogradnje i njenu strukturu. Značajnije odstupanje ove politike od politike u susednim zemljama dovodi do bitnijeg odstupanja cena nekretnina, što ima odgovarajuće posledice na regionalno tržište nekretnina.

Ulaganja u nekretnine su pod direktnim uticajem pravno-tehničkih procedura sa kojim se susreću budući ulagači. Zbog toga se ovim pitanjima poklanja odgovarajuća pažnja, posebno dužini trajanja procedura, sigurnosti i trajnosti ugovora, odnosu između zakonskih okvira propisanih procedura i ponašanja državnih službi u njihovoj realizaciji.

Tražnja za dugoročnim kreditima na stambenom tržištu je naglašena. Hipotekarni krediti povezuju stambeno tržište, građevinsku proizvodnju i tržište kapitala. Hipotekarni krediti su akceleratori stambene izgradnje, tržnje za proizvodnim komponentama građevinarstva i trajnih potrošnih dobara.

Prema Zakonu o hipoteci Republike Srbije (7), predmet hipoteke može da bude pravo svojine na nepokretno i to na::

- nepokretne stvari (zemljište, građevinski objekti i sl.);
- deo nepokretnih stvari;
- susvojinski udeo u nepokretnim stvarima;
- poseban deo zgrade na kome postoji pravo svojine ili pravo raspolaganja;
- pravo slobodnog pravnog raspolaganja zemljištem;
- objekat ili deo objekta u izgradnji za čiju je izgradnju izdato pravosnažno rešenje.

U Evropskoj Uniji, kao makro regionalnoj integraciji, ne postoji jedinstveno tržište hipotekarnih kredita i hipotekarnih vrednosnih hartija već se ova pitanja regulišu nacionalnim zakonodavstvom zemalja članica. Tako se u Francuskoj hipoteka

konstituiše prvenstveno na zemljište. Predmet hipoteke može biti i tuđe zemljište koje se koristi uz plaćanje rente. Pored toga postoji i mogućnost uspostavljanja hipoteke na pojedinim vrstama susvojine i hipotekarno opterećenje plodouživanja. Za razliku od Francuske, u Nemačkoj ne postoji mogućnost hipotekarnog opterećenja plodouživanja. Visina kredita određuje se prema vrednosti napokretnosti na kojoj je uspostavljena hipoteka i najčešće se kreće u iznosu od 60-80 % procenjene vrednosti nepokretnosti. Korisnik kredita vraća vrednost kredita poveriocu pod uslovima koji su ugovoreni (dinamika otplate, kamata i dr.). a ako dug ne bude plaćen o roku dospelosti poverilac može da naplati potraživanje iz cene dobijene prodajom nepokretnosti pod hipotekom, u skladu sa postupkom utvrđenim zakonom.

U skladu sa stvarnim pravom koje proizilazi iz prava svojine, plodouživanja, prava koncesionara i sl, formira se suma novčanih sredstava za kreditiranje investicionih aktivnosti u okviru kojih je najznačajnije učešće građevinskih aktivnosti. Zbog toga je stanje u finansijskoj sferi posebno značajno za dinamiku i obim građevinske aktivnosti i alokaciju prava svojine na nosioce investicione aktivnosti.

NEKRETNINE KAO ZALOGA ZA KORIŠĆENJE KREDITA ZA RAZVOJ SITNOG PREDUZETNIŠTVA

Hipotekarni zajmovi su pouzdan instrument za finansiranje stambenog tržišta. U odnosu na ukupno odobrene hipotekarne kredite rezidencijalni hipotekarni krediti (za nabavku stanova i kuća za stanovanje) u Evropskoj Uniji čine $\frac{1}{2}$ od ukupno odobrenih hipotekarnih kredita. Rezidencijalni hipotekarni krediti u prethodnoj dekadi imali su apsolutni i relativni rast u Evropskoj Uniji, a naročito u Nemačkoj i Velikoj Britaniji ali i u drugim zemljama Evropske Unije (2). Međutim, hipotekarni krediti za finansiranje delatnosti malih i srednjih preduzeća su takođe značajan vid aktivnosti finansijskih institucija u podsticanju investiciranja u građevinarstvu i u drugim delatnostima.

Hipotekarni krediti za podsticanje razvoja malih i srednjih preduzeća u Republici Srbiji odobravaju se na osnovu zalogu nekretnina akcionara (u vidu stambenih i drugih privrednih objekata, građevinskog, poljoprivrednog i šumskog zemljišta) u skladu sa Zakonom o hipoteci. Ove kredite preduzeća mogu koristiti za razvoj delatnosti, ulaganjem u nabavku opreme, rezervnih delova, razvoj tehnologije kroz tehničku pomoć i u izgradnju privrednih objekata u skladu sa programom podrške vlade za podsticanje razvoja malih i srednjih preduzeća za čiju realizaciju Narodna Banka Srbije zaključuje sporazume sa finansijskim institucijama. Uz ugovor o kreditu se, pored meničnog jemstva, uspostavlja hipoteka u korist finansijske institucije. Pored toga, u skladu sa ovim programom, krediti se mogu odobravati i na osnovu založnog prava na pokretnu imovinu.

Značaj malih i srednjih preduzeća u ekonomskom razvoju zemlje ogleda se i u činjenici da je Vlada Srbije u septembru 2006. godine formirala Savet za mala i srednja preduzeća, sa zadatkom da ukloni prepreke u razvoju malih i srednjih preduzeća i ohrabri ulaganja u ovaj tip preduzeća, radi postizanja ekonomskih i socijalnih ciljeva.

Među malim i srednjim preduzećima velik deo je u građevinskoj delatnosti. Na području Beograda je registrovano 4332 građevinska preduzeća koja se bave projektovanjem, izgradnjom objekata i izvođenjem građevinskih radova na objektima. Ova preuzeća kroz pojedinačne i združene nastupe (putem konzorcijuma i na druge načine realizuju složene građevinske poduhvate i predstavljaju značajan faktor ukupnog ekonomskog razvoja Beograda i Srbije. Planirani i programirani finansijski podsticaji

doprineli bi proširenju privrednih mogućnosti u vidu povećanja proizvodnja, širenja asortimana ponude i tržišta.

METODE PROCENE VREDNOSTI NEKRETNINA

Procena vrednosti nekretnina je značajna, budući da predstavlja osnov za zasnivanje hipoteke i korišćenje hipotekarnih kredita. Procena vrednosti kapitala (koja uključuje i procenu vrednosti nekretnina) vrši se od strane ovlašćenih sudskih veštaka, na osnovu odgovarajuće dokumentacije, u skladu sa ekonomskim načelima i principima i tržišnim uslovima u momentu procene i omogućuje uspostavljanje kreditnih odnosa za ulaganja u nekretnine između finansijskih institucija i investitora.

U praksi su razvijeni različiti metodi procene vrednosti nekretnina, koji služe za uspostavljanje različitih dužničko-poverilačkih odnosa za koje se koriste nekretnine. Osnovni metodi obračuna su:

- metod obračuna u stalnim cenama;
- metod diskontovanja neto vrednosti imovine;
- metod uporedivih imovina (komparativni metod);
- metod transakcija.

Metod obračuna u stalnim cenama polazi od podataka o cenama u momentu nabavke ili sticanja imovine koje su sadržane u dokumentima, diferenciranom uvećanju vrednosti komponenti imovine od momenta sticanja do momenta procene vrednosti, da bi se utvrdila nabavna vrednost imovine u stalnim cenama. Utvrđeni iznos se umanjuje za vrednost amortizacije u periodu korišćenja imovine na bazi stope amortizovanosti. Ovako utvrđena vrednost imovine predstavlja njenu sadašnju realnu vrednost u stalnim cenama u momentu procene.

Metod diskontovanja neto vrednosti imovine polazi od procene sadašnje vrednosti imovine u stalnim cenama, procene prinosa od korišćenja imovine u budućnosti i diskontovanja budućih prinosa na sadašnju vrednost.

Metod uporedivih imovina svodi se na međusobnom poređenju imovine različitih vlasnika, identičnih ili sličnih svojstava. Ovi podaci zasnivaju se na ponudi imovine na tržištu prema jediničnim troškovima i primeni ovih podataka na konkretnu imovinu. (Na primer podaci o cenama zemljištu - poljoprivrednom, šumskom, građevinskom po hektaru, ostambenoj površini po m², o poslovnom prostoru po m² i sl.).

Metod transakcija polazi od ostvarenih jediničnih cena na tržištu i primeni ovih cena na korespondirajuću imovinu. Tržišne informacije su neophodne za odgovarajuća procena vrednosti imovine.

Procene vrednosti imovine se najčešće vrše primenom više metoda, radi testiranja realnosti procene pre zasnivanja ugovornih odnosa na bazi hipoteke. Dostizanje visokog stepena realnosti procene je u interesu svih učesnika u konkretnoj transakciji, budući da se kroz zajednički interes uspostavljaju ravnotežni tržišni odnosi.

ODNOS VREDNOSTI NEKRETNINA I SREDSTAVA ZA HIPOTEKARNE KREDITE

U našim uslovima postojanja društvene svojine i ograničenja privatne svojine (stambenog i poslovnog prostora, poljoprivrednog, šumskog i građevinskog zemljišta i dr.), hipotekarni krediti su se ugovarali samo sporadično. U nedostatku realnog pokrića kredita i neefikasnosti pravnog sistema smanjivan je stepen naplate kredita, pa je kao posledica nastajala inflacija, odnosno obezvređivanje nacionalne valute i realni otpis dela vrednosti kreditnih potraživanja. U nastojanju da zaštite pozajmljene vrednosti od obezvređivanja, finansijske institucije su uvodile deviznu klauzulu u ugovore o kreditu.

Nakon tranzicije društvenog i ekonomskog sistema i privatizacije ranije društvene imovine, hipotekarni zajmovi zauzimaju sve značajnije mesto u finansijskom sistemu zemlje i slično razvijenim evropskim zemljama postaju pogodno sredstvo finansiranja stambene izgradnje i podsticanja sitnog preduzetništva kroz mala i srednja preduzeća. Na taj način razvija se se efikasan sistem za rešavanje stambenih pitanja velikog dela mlade populacije i za podsticanje ekonomskog razvoja, angažovanjem ličnih sredstava zajedno sa podsticajnim sredstvima finansijskih organizacija, radi sopstvenog zaposlenja u tržišno atraktivnim delatnostima, u okviru kojih građevinarstvo zauzima značajno mesto.

Na području Srbije bez Kosova, je prema popisu stanovništva i stanova 2002. godine, bilo 2,7 miliona stanova sa 181,2 milion m² stambenog prostora, od čega u gradskim naseljima 55 %. To je značajan ekonomski potencijal za zasnivanje hipotekarnih odnosa i podsticanje ekonomskih aktivnosti u stambenoj izgradnji i izgradnji manjih proizvodnih kapaciteta. U tom cilju ostvareno je značajno unapređenje katastra nepokretnosti u Republici Srbiji i stvoreni su uslovi za efikasno, moderno i kvalitetno ostvarivanje svojinskih prava. U skladu sa Projektom modernizacije i izrade katastra nepokretnosti u Republici Srbiji uspostavljen je sistema katastra, s ciljem da se doprine razvoju uspešnog tržišta nepokretnosti, ostvari povećanje poverenja i smanje troškovi transakcija, kroz izgradnju efikasnog sistema upisa prava na nepokretnostima.

ZAKLJUČCI

Zbog svojih fizičkih, vrednosnih, upotrebnih i prometnih svojstava nekretnine postaju sve značajnije za zasnivanje kreditnih odnosa vlasnika nekretnina. Vlasništvo omogućuje uspostavljanje kreditnih odnosa na bazi hipoteke, čime se obezbeđuje sigurnost naplate kreditnog potraživanja, uredna dinamika otplate i ubrzanje obrta kreditnih potencijala finansijskih organizacija. Na tim osnovama moguće je ubrzati razvoj stambenog tržišta, podstaći razvoj sitnog preduzetništva u tržišno atraktivnim delatnostima, podići nivo zaposlenosti i ostvariti odgovarajuće ekonomske efekte u vidu porasta dohotka i investicija.

Radi ostvarivanja savremene uloge nekretnina u ekonomskom i socijalnom razvoju, u Republici Srbiji pristupilo se stvaranju odgovarajućih formalno-pravnih preduslova, odnosno. uređivanju, osavremenjavanju i ažuriranju katastra nepokretnosti. Donošenjem Zakona o hipoteci otklonjene su mnoge prepreke u regulisanju hipoteke. Uređivanjem katastra nepokretnosti povećana je kreditna sposobnost vlasnika nepokretnosti. Stvoreni su preduslovi za razvoj stambenog tržišta, sitnog preduzetništva i preduslovi za razvoj malih i srednjih građevinskih preduzeća.

Literatura

1. De Roos, D: Real Estate Riches – How to become rich using your banker's money, Printed in Australia and New Zealand by Rich Dad Australia, 2003
2. Đokić, R: Facility menadžment u Srbiji danas, AG nekretnine broj 1, Beograd, 2006
3. Marinković, T, S: Kreditne garancije: podsticaj razvoju malih i srednjih preduzeća, Ekonomski fakultet, Niš.
4. McGeorge. D; Palmer, A; London, K: Construction Management – New Directions, Second Edition, Blackweel Science, Oxford, UK, 2002.
5. Srejić, M: Finansijski model HVB banke za finansiranje nekretnina, AG nekretnine broj 1, Beograd, 2006.
6. Sugars, B, J; Hows. D;. Jones, Ph: Real Money Real Estate – Winning the Real Estate game, Printed in Australia by Pure Print, Brisbane, 2003.
7. Zakon o hipoteci, Službeni glasnik 115 od 22. decembra 2005.

Tatjana Jurenić¹
Milica Pejanović²

ODRŽAVANJE I OBNOVA STAMBENOG FONDA - MODELOVANJE PROCESA

Rezime: Upravljanje i održavanje stambenim fondom, kao u zemljama Jugoistočne Evrope, tako i kod nas, predstavlja problem velikih razmera, koji se primarno odnosi na višestambene zgrade u urbanim sredinama, bez obzira da li su u vlasništvu privatnih ili pravnih lica. Koliki je uticaj na stambenu politiku i privredu uopšte ove forme stanovanja, najbolje govori to da prema rezultatima istraživanja (Metropolitan Research Institute) u regionu, od ukupnog stambenog fonda 55% je u urbanim područjima, od čega 30% u višestambenim zgradama. Kao rezultat procesa privatizacije u zemljama u tranziciji, dobijena je forma privatnog vlasništva nad individualnim stanom ili jedinicom u višestambenim zgradama i predviđena je podela prava i obaveze za zajedničke elemente imovine (krov, stepenište, instalacioni sistemi, zemljišna parcela, itd.) Regulativom o održavanju i upravljanju kondominijumima - kao novim oblikom zajedničke svojine, utvrđuje se obaveza vlasnika stanova u pogledu održavanja i korišćenja stambene zgrade u celini.

Cljučne reči: Stambena jedinica, višestambena zgrada, kondominijum, vlasnici, vlasnička udruženja, održavanje, upravljanje

MAINTENANCE AND REHABILITATION OF TOTAL DWELLINGS – SEMPLE OF PROCESS

Summary: Managing and maintenance of total dwellings is a huge problem, especially in multi-flat residential building in urban areas. This problem is immanent in Southeastern Countries as well as in Serbia, regardless of private or corporative ownership of building. Influence of this type of buildings on housing policy is follow out in study of Metropolitan Research Institute: 55% of all residential buildings is in urban area, whereof 30% is multi-flat building. In all countries in transition, as a result of privatization, all public property become private in form of individual flat or unite in multi-flat residential building. The privatization process also previes sharing rights and obligations for shared parts of property (roof, staircase, installation systems, building site etc.) Legal acts about management and maintenance of condominium, as new form of joint property, define an obligation of maintenance and utilization of whole building for individual flat owners.

Key words: flat unite, multi-flat building, condominium, owners, owners union, maintenance, management.

¹ Asistent, Mr, dipl. inž arh. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Srbija, tanja@arh.bg.ac.yu, +381 11 3218770

² Asistent, Mr, dipl. inž arh. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, Srbija, pmilica@arh.bg.ac.yu, +381 11 3218770

1. POSTOJEĆE STANJE

1.1. Karakteristike stambenog fonda

Prema preliminarnim rezultatima Popisa iz 2002. godine, populacija Republike Srbije (7.498.000) se oslanjala na ukupni stambeni fond od 2,96 miliona stambenih jedinica – u proseku 394 jedinice na 1.000 ljudi. Ovaj prosek je u odnosu na zemlje Evrope znatno manji (preko 500 jedinica u Francuskoj i Portugalu, preko 450 jedinica u Finskoj, Švarcarskoj, Švedskoj, Danskoj i Nemačkoj). U poređenju sa drugim bivšim socijalističkim zemljama, veličina stambenog fonda Srbije deluje adekvatno (od 471 u Bugarskoj do 308 u Poljskoj). Ukupan broj stambenih jedinica premašuje ukupan broj domaćinstava za više od 341.000 (oko 11%). Još jedan aspekt koji ukazuje na razuman broj stambenih jedinica je stalni porast fonda za 8,1% između 1991. i 2002. godine, dok se populacija povećala za 1%.

	2002	1991	porast
Ukupni stambeni fond u hiljadama	2965.5	2753.3	8.1%
u gradskim naseljima	1592.6	1445.1	10.2%
u ostalim naseljima	1363.9	1290.2	5.7%

Tabela 1. Promene stambenog fonda između dva popisa¹

Ukupni broj stambenih jedinica na 1000 stanovnika ne podrazumeva njihovu i adekvatnu raspodelu i ispunjenje stambenih potreba. Kada pogledamo stambenu iskorišćenost (broj osoba po jednoj sobi) – 36% zauzetih jedinica ima "standardnu" iskorišćenost, 46% imaju "normalnu" iskorišćenost od 1,1-2 osobe po sobi, dok je 18% prenatanjeno.

Standard zauzetosti	lica		stanovi	
	broj	%	Broj	%
Standard-1 i manje osoba/sobi	2720627	33.13	1251204	49.11
Normalno-2 i manje osoba/sobi	3504728	42.68	873894	34.30
Prenastanjeno- više od 2 osobe/sobi	1345666	16.39	283865	11.14
Ekstremno više od 3 osobe/sobi	587272	7.15	120873	4.74
Nestandardno stanovanje	54169	0.66	17921	0.70
ukupno	8212507	100.00	2547757	100.00

Tabela 2. Standard zauzetosti stana – broj osoba/sobi²

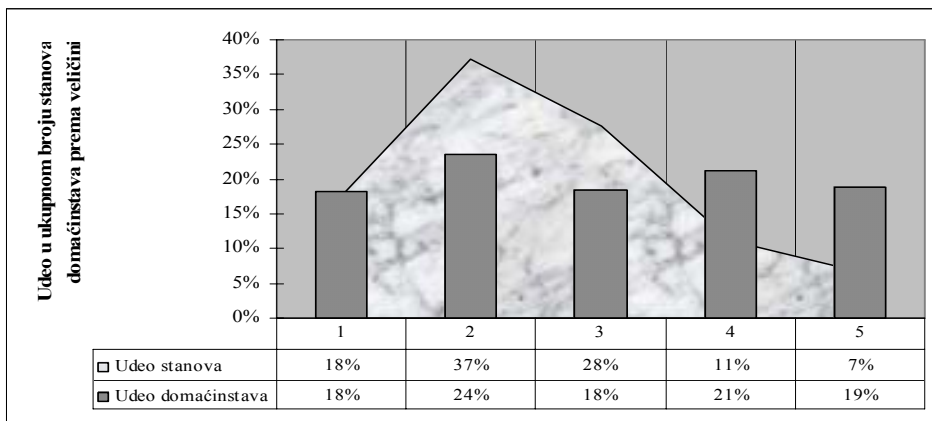
Slika 1 ilustruje statističku povezanost između veličine stambene jedinice po broju soba i veličine domaćinstva po broju osoba (brojevi od 1-5 na slici odgovaraju broju soba npr. jednosoban, dvosoban itd.). Postoji dobar odnos između malih stambenih jedinica i domaćinstava i statistički deficit velikih stambenih jedinica. Prvi utisak bi bio da su stambene jedinice premale da obezbede odgovarajuće korišćenje čak i ako su adekvatno raspoređene.

Drugi bitni faktor stambene iskorišćenosti je koristan prostor po osobi. Mereno prihvaćenim standardom od preko 25 m² korisnog prostora po osobi, samo 38% zadovoljav uslov. Drugih 32% se može smatrati prihvatljivim odstupanjima od 15-25 m²

¹ Izvor: Republički zavod za statistiku

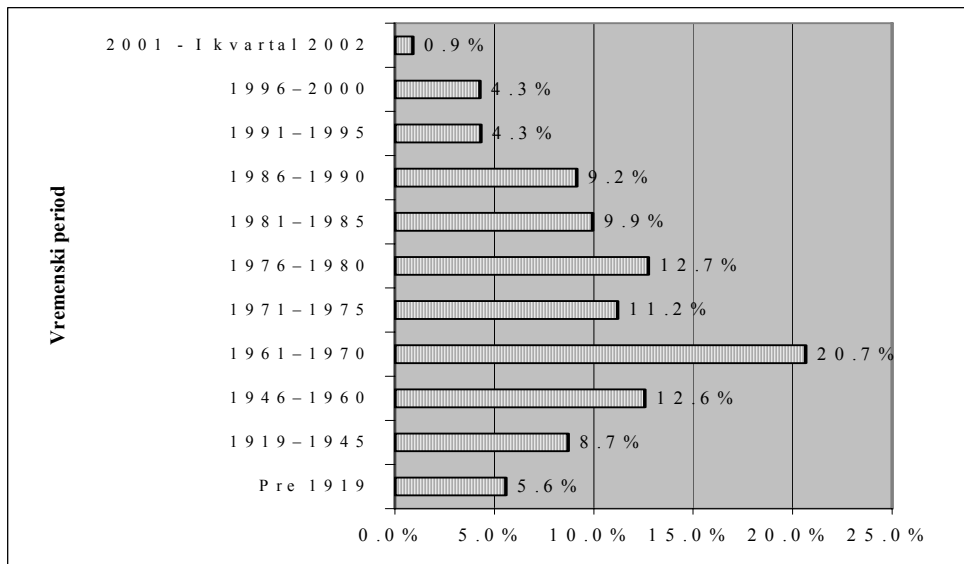
² Izvor: Republički zavod za statistiku

po osobi. Ostatak od 30% ima ekstremno mali standard iskorišćenja prostora. Stambena iskorišćenost u Srbiji može se porediti sa susednim zemljama, ali je mnogo niža od standarda u zemljama EU.



Slika 1. Odnos između udela stanova i domaćinstava prema veličini u ukupnom broju¹

Ključani faktor kvaliteta stanovanja su starost fonda, tip građevinske konstrukcije, udobnost i održavanje stana. Stambeni fond Republike Srbije je relativno nov u poređenju sa mnogim zemljama EU (vidi sliku 2).



Slika 2. Starosna struktura stambenog fonda²

Udobnost, odnosno opremljenost stnova i postojanje instalacionih mreža u objektu, kao i centrlnih komunalnim sistemima snabdevanja nije zadovoljavajuća. Pored toga

¹ Izvor: Republički zavod za statistiku

² Izvor: Republički zavod za statistiku

uočava se i značajana regionalna različitost. Vodovodna mreža je najbolje razvijena¹, dok su snabdevanje gasom i centralno grejanje nerazvijeni. Oko 1% stambenih jedinica (preko 28.000 jedinica) u gardskim naseljima nema pomoćne prostorije i osnovne standarde opremljenosti stana, dok 40 % seoskih domaćinstava nema kupatilo ni WC.

Karakteristika stambenog fonda prema tipologiji stambenih objekta je pretežnost jednoporodičnih kuća. Udeo ovih objekta, odnosno udeo višeporodičnih stambenih zgrada u ukupnom stambenom fondu nije moguće precizno odrediti, usled nepostojanja jasnih definicija u relevantnom zakonodavstvu i odgovarajućih podela u statističkim praćenjima. Zastupljenost višeporodičnih objekta se može proceniti na oko 30% od ukupnog stambenog fonda u Srbiji, odnosno oko 700 hiljada stambenih jedinica.

Slično većini drugih zemalja u tranziciji, Srbija ima veliki procenat stanovanja u ličnom vlasništvu i samo oko 2,1% javnog stambenog smeštaja (58.000 jedinica). Nasuprot opadanja stanovanje pod zakup u javnom sektoru, rentalno stanovanje u privatnom sektoru je dobilo na značaju poslednjih godina, naročito u većim gradovima širom Srbije.

Održavanje stambenog fonda je dvojakao:

- u privatnim kućama vlasnici sami održavaju sopstvene stanove, a ujedno i objekte u kojim se stanovi nalaze, kao i parcele koje predstavljaju jedinstvenu vlasničku celinu.
- stambene jedinice u višeporodičnim stambenim zgradama održavaju sami vlasnici, kao vlasnici idelnih delova nad objektom, dok upravljanje i održavanje zajedničkim delovima objekta kao celinom (zajedno sa infrastrukturom na građevinskoj parceli) nije u potpunosti uređeno Zakonskom regulativom. Osnovni razlog za ovo je ne postojanje adekvatnog oblika vlasništva.

Predmet daljeg razmatranja biće samo višeporodični stambeni objekti, kao dominantni problem u sferi održavanja stambenih objekta.

1.2. Zakonski okvir

U periodu od usvajanja *Zakona o stanovanju* 1992. godine, kada je javno obezbeđivanje zamenjeno tržišnim obezbeđivanjem stanovanja, bili smo svedoci deregulacije, a zatim i dezintegracije državne odgovornosti. Privatizacija kroz otkup stnova po veoma niskim cenama omogućio je dotadašnjim nosiocima stanarskih prava da postanu vlasnici. Međutim, oblik vlasništva nad višeporodičnim zgradama osto je i dalje dvojak: stambene jedinice su privatizovane, dok su zajednički delovi zgrda i parcela na kojoj se stanovi nalaze i delja ostali u državnom/društvenom vlasništvu. Vlasti na lokalnom nivou su rapolagale zajedničkim prostorijama – mogle su da ih izdaju ili čak da odobre njihovo pretvaranje u stambeni prostor. Na ovaj način izvršena je i degradacija zgrada u odnosu na njihovu ukupnu opremljenost i ukinuti su mogući dodatni izvori prihoda za održavanje objekta.

Zakonska regulativa nije u novonastalim okolnostima na adekvatan način pratila i oblast upravljanja i održavanja stambenih objekta. *Zakon o stanovanju* definiše da

¹ Do 2002., samo 2% urbanog stanovništva (odnosno oko 30.000 stambenih jedinica) je bez kućnog vodovoda, ali je isti pokazatelj za seoske sredine 9 puta veći.

vlasnici sami obezbeđuju investiciono¹ i tekuće² održavanje zgrade. Sredstva za održavanje obezbeđuju i snosne srazmerno površini svojih stanova – vlasničkog udela u celom objektu. Svedoci smo činjenice da se takvi objekti, u stvarnosti ne održavaju, niti se njima upravlja. Obaveznost održavanja, kao ni sankcije za slučajeve ne održavanja objekta nisu utvrđene Zakonom, dok je sudska zaštita neefikasna.

Zakonska obaveza održavanja višestambenih objekta utvrđena je samo u slučaju kada objekat može biti opasan po "život i zdravlje ljudi i sigurnost okoline". Nasuprot toga "održavanje zgrade na zadovoljavajućem nivou upotrebljivosti", zakonski ni normativno nije definisan, kao ni potreban nivo uslova koji obezbeđuju minimum kvaliteta stanovanja. Zakon samo utvrđuje da održavanje pretsvlja "javni interes", a nadležnost na sprovođenju zakonskih odredbi snose inspekcije. Međutim, ovi organi nemaju ovlašćenja da nalože radove na održavanju objekta osim u slučajevima kada stanje objekta ugrožava život ljudi i sigurnost okoline¹.

Još jedan problem prati primenu i sprovođenje Zakona i podzakonskih akata, a to je raznovrsnost društvenih grupa koje koriste zajedničke delove stambenog objekta, ali i ne razvijena svest samih vlasnika o neophodnosti održavanja. Sami valanici nisu dovoljna informisani o sopstvenim obavezama u pogledu održavanja objekta, kao i mogućnostima udela u finansiranju održavanja od strane lokalne uprave i preduzeća koja sa bave poslovima održavanjem. Novi vlasnici stanova i dalje porazumevaju da su država ili lokalna uprava dužni da održavaju objekte u kojima se ti stanovi nalaze, kao u periodu dok su ti stanovi bili subvencionisana kategorija.

Način upravljanja zgradama je regulisan pored Zakona o održavanju stambenih zgrada, i Uredbom o održavanju stambenih zgrada i stanova. Upravljanje se definiše kao serija odluka i aktivnosti koje obezbeđuju adekvatno održavanje, sredstva i upotrebu zajedničkog prostora. Jedna zgrada ima status pravnog lica, a telo koje donosi odluke je "skupština zgrade" (za zgrade preko 10 stanova) ili "savet zgrade" (za manje zgrade). Osnivanje pravnog lica zahteva kvorum od 51% svih vlasnika, dok odluku o "ulaganju u održavanje" – donose vlasnici koji poseduju preko 50% ukupnog prostora zgrade. Skupština/savet je slobodna da odlučuje o organizaciji održavanja. U slučaju lošeg izvođenja radova, građevinski inspektor može da naredi izvršavanje neophodnih prepravki preduzeću za održavanje, a na teret vlasnika stanova. Ovakav oblik održavanja je zajednička obaveza stanara i nadzora lokalne administracije. Podela troškova održavanja je proporcionalna veličini prostora koji se poseduje, i ona na mesečnom nivou ya potrebe hitnih poprevki iznos 2 -5 € (za stan od 65 m² - 4.8 EUR za zgrade sa liftom i 2 EUR za zgrade bez lifta). Sa aspekta uobičajenih troškova održavanja (na osnovu stranih iskustava) koji na godišnjem nivou iznose oko 1% vrednosti nekretnike, ova suma je nedovoljna.

Javna preduzeća za održavanje još uvek dominiraju u svim većim gradovima, jer održavanje zgrada još uvek ne donosi veći profit. Istraživanje vođeno od strane Poslovnog udruženja javnih komunalnih preduzeća Srbije u junu 2004., pokazuje da su

¹ Investiciono održavanje podrazumeva održavanje zgrade sa instalacijama, opremom i uređajima, kao i stanova i posebnih delova zgrade radi njenjenog korišćenja na način kojim se naće dovesti u opasnost život i zdravlje ljudi i sigurnost okoline.

² Tekuće održavanje :krećenje, pranje i čišćenje stepeništa, ulaznih prostora i zajedničkih prostorija, popravke i zamenu zajedničkih svetiljki i drugih radova kojima se obezbeđuje održavanje zgrade na zadovoljavajućem nivou upotrebljivosti.

domaćinstva u 62% od ukupnog broja stanova u 11 većih gradova, korisnici usluga javnih preduzeća za održavanje.

2. USLOVI ZA UNAPREĐENJE I MODELOVANJE PROCESA

2.1. Zakonski i institucionalni okvir

U slučaju naše zemlje, država je prenela ukupnu odgovornost za stambeni sektor na lokalnu upravu, koja u mnogim slučajevima nije imala upravljačka iskustva i instrumente ili finansijske resurse da održava stambeni fond i njegovu infrastrukturu. Jedna od osnovnih uslova za razrešavanje problema u ovoj svefi je uspostavljanje adekvatnog institucionalnog okvira na lokalnom nivou.

Trenutno se donacijom UN Habitata i Vlade Republike Italije sporvodi SIRP¹ program, u okviru koga sa podstiče razvoj Stambenih agencija, u sedam Opština na teritoriji države². Na ovaj način formira se okosnica institucije na lokalnom nivou. Stambene agencije, u okviru SIRP programa imaju obavzu izrade Lokalne strategije razvoja stambenog sektora, metodologijom participativnog planiranja (učesće svih relevantnih aktera u kompletnom procesu odabira i donošenja strateških programa i akcionih planova na lokalnom nivou). Uočava se da na osnovu dosadašnje realizacije programa ulaganja u održavanje postojećeg devstiranog stambenog fornda, kao i njegovo unapređenje u smislu udobnosti i opremljenosti stanova, predstavlja jedna od osnovnih strateških ciljeva razvoja stambenog sektora.

Postojanje *Zakon o osnovama imovinsko pravnih odnosa* i *Zakon o održavanju stambenih zgrada* u kojima se utvrđuje odgovornost suvlasnika stambenih zgrada da održavaju zgradu, u stvarnosti nije imalo efekta. Ovo se u velikoj meri može objasniti nedostatkom sveobuhvatnog *Zakona o kondominijumima*, kojim se definiše pravna forma zajedničkog vlasništva u višeporodičnim stambenim zgradama, generalno poznata pod terminom *kondominijum*³. Kondominijum predstavlja stambeni objekat (kuću ili zgradu) koja sadži najmanje dva stana sa najmanje dva vlasnika i koja ima "zajedničke prostorije i delove" uključujući građevinsku parcelu – zemljište na kome je objekat podignut. Nacionalni zakoni zemalja Zapadne Evrope sveobuhvatno regulišu pitanja zajedničkog vlasništva u kondominijumima, ali i daju smernice o načinu formiranje, uređenja i funkcionisanja ovakvog oblika vlaništva. Slični takvi zakoni, su doneti u većini zemlja u tranziciji, što kod nas još uvek nije slučaj.

Ustanovljenje kondominijuma podrazumeva i formiranje vlasničkih udruženja, kao suštinskih garnata zaštite individualnih vlasnika, zajedničke imovine, ali i nacionalnih i lokalnih interesa.⁴ Postojanje ove pravne forme je veoma važno za uspeh stambenih reformi i proces privatizacije u zemljama u tranziciji. Glavna nadležnost udruženja

¹ Settlement and integration of refugees programme

² Niš, Valjevo, Kraljevo, Pančevo, Čačak, Kragujevac i Stara Pazova.

³ condominium -« stambena zgrada u kojoj je svaki stan svojina stanara», Englesko srpskohrvatski rečnik Morton Benson, Prosveta, Beograd

⁴ Zakonski zahtev u mnogim ekonomski najrazvijenijim zemljama je obaveznost članstva vlasnika kondominijuma u udruženjima vlasnika.

vlasnika je da zaštiti i podigne vrednost imovine vlasnika. Funkcionisanje takvih udruženja treba da bude slično svakom drugom poslovnom neprofitnom udruženju sa jasno definisanim pravima i obavezama na svim nivoima organizacione strukture.

2.2. Prporuke za organizovanje vlasničkih udruženja

Vlasnički udeo je veoma važan za vlasnike i vlasnička udruženja. Ovo uslovljava svaku vlasničku odgovornost za plaćanja troškova održavanja i popravke zajedničkih delova vlasništva, kao i troškova funkcionisanja samih vlasničkih udruženja. Svaki pojedinačni vlasnik ima puna i neograničena vlasnička prava u sopstvenoj jedinici, ukoliko ne postoje određena ograničenja na osnovu specifičnih zakona ili propisa. Primeri gde zakon može ograničavati isključiva vlasnička prava, mogu biti u slučajevima promene namene ili deobe stambene jedinice.

Oblik vlasništva u višeporodičnom stambenom objektu obuhvata:

- *Jedinicu višeporodičnog stanovanja* ili jedinicu u privatnom vlasništvu - deo imovine čija je forma jasno ograničeni deo objekta ili ograđenog zemljišta i opisana je u nekoj vrsti dokumenata za upis vlasništva – posedovni list.
- *Delove zajedničke imovine u višeporodičnom stanovanju* - svi inženjersko-tehnički sistem, postrojenja, električna mreža i uređaji koji opslužuju celokupni objekat ili jedan njihov deo, pokrivajući više od jedne jedinice privatnog vlasništva kao i delovi imovine, uključujući ograđeno zemljište. Delovi zajedničkog vlasništva su generalno definisani kao zajedničko vlasništvo svih vlasnika u višeporodičnom stanovanju. Vlasnički udeo na ovim delovima se izražava u procentima i izračunava se po formuli:

$$\text{Vlasnički udeo} = \frac{\text{bruto površina jedinice u privatnom vlasništvu}}{\text{zbir bruto površina svih jedinica u priv. vlasništvu}}$$

2.3. Modeli za upravljanje vlasničkim udruženjem

Upravljanje imovinom u zajedničkom vlasništvu višeporodičnog stanovanja definiše se kao "skup zadaka i dužnosti koji se tiču administriranja, funkcionisanja i održavanja višestambenih objekata", i ono može biti samostalno, ili uz pomoć stručnjaka iz različitih profesija, kao i uz pomoć posebne kompanije ili pojedinca. Zbirni prikaz prednosti i nedostataka bilo kog izabranog sistema uprave, dat je u tabeli 3.

Generalno, upravljanje od strane vlasnika, preporučuje se samo za manje kondominijume, koji ne prelaze desetak jedinica. Za veće kondominijume, preporučuje se ugovaranje profesionalne uprave, bilo sa pojedincima ili preduzećima za upravljanje imovinom. Opštine treba da pomognu vlasničkim udruženjima obezbeđivanjem javnih i inoviranih lista potvrđenih pojedinaca/preduzeća za upravljanje imovinom. Vremenom, profesionalna udruženja će vršiti ovu funkciju.

Udruženje vlasnika treba ustanoviti kao pravno lice, sa pravnim autoritetom za delovanje u korist svih vlasnika višeporodičnog stanovanja. U cilju očuvanja interesa vlasnika po pitanju zajedničke imovine, vlasnička udruženja bi trebalo da budu sposobna

da sklope ugovorni sporazum, podižu kapital na tržištu i da pokreću i učestvuju u sudskim procesima. Iz tih razloga vlasničko udruženje treba da bude registrovano kao pravno lice u odgovarajućem nacionalnom registru.

Glavna odgovornost vlasničkih udruženja je da obezbede zadovoljavajuće održavanje i opravku imovine u zajedničkom vlasništvu, kao i da na najefikasniji način koriste finansijska sredstva. Ovaj primarni zadatak može biti podeljen na dve glavne oblasti nadležnosti:

- Upravljanje finansijskim sredstvima; i
- Funkcionisanje, održavanje i obnovu imovine u zajedničkom vlasništvu.

Država je odgovorna za donošenje opšteg zakonskog okvira za vlasnička udruženja. Bez obzira koliko je zakon detaljan, udruženje treba da donese pravna akta u vezi internih pitanja:

- *Ugovor o višeporodičnom stanovanju* - centralni dokument koji reguliše interne odnose između članova udruženja;
- *Deklaracija o podeli vlasništva* – dokument sa precizno utvrđenim pravilima za obračunavanje vlasničkih udela na osnovu koga se vrši registracija objekata višeporodičnog stanovanja, kao i stambenih udruženja na lokalnom nivou;
- *Upravljački ugovor* – uslovi i obaveze profesionalnog upravnika; i
- *Kućna pravila* – osnovna pravila kojih treba da se pridržavaju svi valsnici, odnosno stanari višeporodičnih objekta.

	Vlasnici	Profesionalna uprava	Državno/opštinsko preduzeće
PREDNOSTI	Niski troškovi	Specijalizovana, profesionalna radna snaga	Poseduje iskustvo vezano za imovinu
	Korišćenje veština/profesionalnih kvalifikacija vlasnika	Snizjenje cena kroz konkurs	Dobri odnosi sa opštinom
	Kreiranje identiteta zajedničkog stanovanja/ stambene zgrade	Fleksibilno korišćenje u skladu sa potrebama (po vrsti stručnosti)	Dobri odnosi sa snabdevačima
		Jasni ugovorni odnosi	
NEDOSTACI	Nedostatak kontinuiteta	Zahteva kontrolu i nadzor	Ne postoji konkurencija
	Poteškoće u kontroli kvaliteta radova	Moguća nedovoljna konkurentnost	Uložena sredstva i korist najčešće nisu u skladu
	Problemi sa integritetom i poverljivošću	Zahteva napore u procesu unajmljivanja	Vremenom može izgubiti funkciju
	Poteškoće sa objektivnim sagledavanjem postignuća	Zahteva profesionalni ugovor	

Tabla 3. Prednosti i nedostaci različitih modela upravljanja kondominijumima

3. LITERATURA:

1. Đorđević D., Jurenić T. - Upravljanje održavanjem stambenog fonda, Simpozijum "Planiranje i menadžment gradova i regiona", Udruženje urbanista Srbije, Kruševac, jun 2005.
2. Guidelines on Condominium Ownership of Housing for Countries in Transition, ECE/HBP/123, Economic Commission for Europe, Geneva, 1999.
3. Management of the Housing Stock in South-Eastern Europe, Metropolitan Research Institute, march 2003.
4. Nacrt Studije stambenog sektora Srbije, 2005
5. Petovar K., Mojović Đ., - Upravljanje i održavanje stambenih zgrada sa više stanova-kondominijuma, Nacionalna konferencija o stanovanju "Ka novoj nacionalnoj stambenoj politici", Beograd 6-7 jul 2006.godine, st.45-57
6. Uredba o održavanju stambenih zgrada i stanova, SL. Glasnik RS br. 43/93
7. Zakon o stanovanju, Sl. Glasnik RS 50/92 - 26/01
8. Zakon o održavanju stambenih zgrada, Sl. Glasnik RS 44/95 - 1/01

Zlatko Maglajlić¹

ODREĐIVANJE MATRICE KRUTOSTI ŠTAPA PO TEORIJI II REDA PRIBLIŽNIM POSTUPKOM

Rezime: U radu je analiziran približni postupak određivanja matrice krutosti štapa i sistema po teoriji II reda. Elastična osa štapa je usvojena u obliku polinoma. Na osnovu deformacionih uglova i dodatka deformacionih uglova štapa određeni su koeficijenti \bar{a}_{ik} , \bar{b}_{ik} , \bar{c}_{ik} , \bar{d}_{ig} štapa tipa «K» i «g» i odgovarajući članovi matrice krutosti. Za uobičajena opterećenja građevinskih konstrukcija rješenja ovog približnog postupka u odnosu na rješenja po teoriji II reda se razlikuju nekoliko procenata

Ključne reči: Približni postupak, matrica krutosti, okvirne konstrukcije.

DETERMINATION OF THE BAR MATRIX STIFFNESS OF SECOND ORDER THEORY BY APPROXIMATE PROCEDURE

Summary: Approximate procedure for determination of the bar matrix of stiffness of second order theory was analysed in this paper. Elastic deformation line of plane bar is adopted in form of polynomial. According to deformation angles and supplement of these angles of the plane bar coefficients \bar{a}_{ik} , \bar{b}_{ik} , \bar{c}_{ik} , \bar{d}_{ig} of bar tip «K» and «g» are determined and corresponding elements matrix of stiffness. According to the usual loadings of the civil engineering structures, the difference between results applied procedure and second order theory are approximately about several percentages.

Key words: Approximate procedure, matrix of stiffness, frame structures.

¹ Prof. dr., dipl.građ. inž., Građevinski fakultet u Sarajevu,
71000 Sarajevo, Patriotske lige 30, BiH.

1. UVOD

Za većinu problema u građevnom konstrukterstvu dovolja je linearna naliza konstrukcija. Ali za neke probleme neophodna je nelinearna analiza koja uvodi uticaj normalnih sila na deformaciju sistema. U tom smislu koristi se teorija konačnih deformacija ili teorija II reda. U današnje vrijeme razvijen je ne mali broj programa za računare kojiim se mogu riješiti problemi geometrijske nelinearnost građevinskih konstrukcija. Pogodno je razmatrati problem analizirati primjenom različitih programa računara da bi se smanjila mogućnost grešaka pri unosu podataka o konstrukciji. U ovom radu se daje postupak za određivanje matrice krutosti štapa u ravni uvodeći uticaj normalnih sila na deformaciju štapa. Ovim postupkom moguća je analiza problema uvodeći geometrijsku nelinearnost u fazi idejnih projekata i za kontrolu proračuna sistema u ravni po toriji II reda.

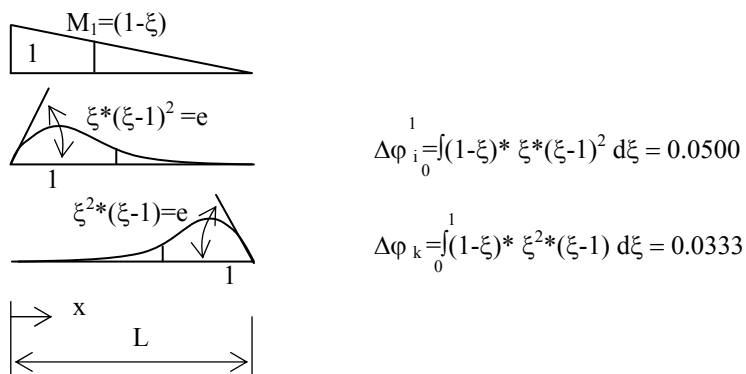
2. Približni postupak određivanja koeficijentata štapa

Postupak određivanja matrice krutosti štapa opterećen normalnim silama razmatran je u literaturi[2-5] i drugoj. Interpolaciona funkcija deformisane ose štapa može se usvojiti u obliku polinoma ili trigonometrijskih izraza, ako je u obliku trigonometrijskih izraza matrica krutosti konačnog grednog elementa je data izrazom (1), [2]

$$K_c = \frac{EI^* \omega^3}{L^3 \Delta} * \begin{vmatrix} \sin \omega & (1-\cos \omega)/k & -\sin \omega & (1-\cos \omega)/k \\ \cdot & (\sin \omega - \omega \cos \omega)/k^2 & -(1-\cos \omega)/k & (\omega - \sin \omega)/k^2 \\ \cdot & \text{simetrično} & \sin \omega & -(1-\cos \omega)/k \\ \cdot & \cdot & \cdot & (\sin \omega - \omega \cos \omega)/k^2 \end{vmatrix} \quad (1)$$

gdje je; $k^2 = N/EI$, $\omega = kL$, $\Delta = 2(1 - \cos kL) - kL \sin kL$, [2].

U ovom radu se razmatra približni postupak za određivanja uglova okretanja proste grede opterećene normalnom silom. Na osnovu deformacionih uglova krajeva grede određuju se konstante pritisnutog štapa a_{ik} , b_{ik} , c_{ik} d_{ig} i članovi matrice krutosti štapa. U radu[1] pretpostavljena je deformisana osa štapa u obliku Hermite-ovih polinoma. Na osnovu izabranog oblika elastične linije štapa moguće je odrediti dodatne uglove okretanja krajeva štapa koji je opterećen normalnim silama $\Delta\varphi = \int M_1(N^*e)dx$. Ako je dodatni momenat savijanja posljedica dejstva normalne sile usljed ekscentriciteta e , $\Delta M(N) = N^*e$ za pretpostavljenu elastičnu liniju štapa mogu se dobiti izrazi dodatnih uglova okretanja krajeva štapa koji su posljedica dejstva normalne sile. Izrazi okretanja krajeva štapa usljed djelovanja jediničnih momenata savijanja na krajevima bez uticaja normalnih sila su poznati iz teorije konstrukcija $\varphi_i = 1 \cdot L/3EI$ i $\varphi_k = \varphi_i/2 = 1 \cdot L/6EI$. Ovim uglovima treba dodati odgovarajuće dodatne uglove okretanja krajeva štapa $\Delta\varphi_i$ i $\Delta\varphi_k$, pa je $\varphi_i(N) = \varphi_i + \Delta\varphi_i$; $\varphi_k(N) = \varphi_k + \Delta\varphi_k$. Sa koeficijentima na sl. 1 dati su izrazi (2) dodatnih uglova okretanja štapa u zavisnosti od uglova okretanja krajeva štapa za usvojenu elastičnu liniju u oblika Hermite-ovih polinoma.



Slika 1. Momenti savijanja štapa $\Delta M = N * e$ i dodatni uglovi okretanja $\Delta\varphi_{i,k}$

$$\Delta\varphi_i = \varphi_i * N * 0.050 * L * L / EI \quad \Delta\varphi_k = \varphi_i * N * 0.0333 * L * L / EI$$

(2)

$$\Delta\varphi_i = \varphi_k * N * 0.0333 * L * L / EI \quad \Delta\varphi_k = \varphi_k * N * 0.050 * L * L / EI$$

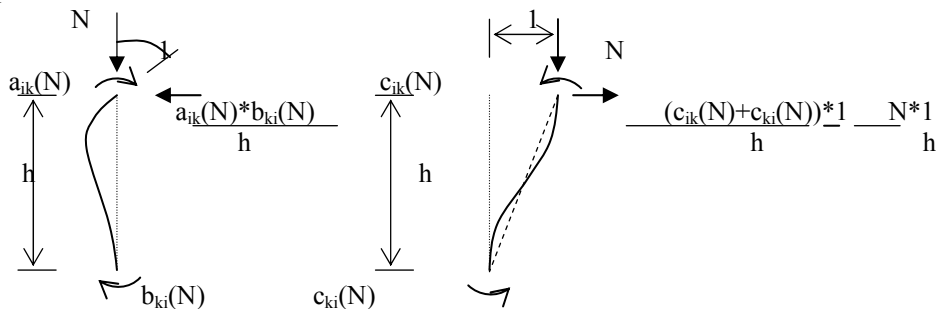
Sa dodatnim uglovima okretanja krajeva štapa iz izraza (2) dobijaju se izrazi za konstante štapa a_{ik} , b_{ik} , c_{ik} , d_{ig} . Tako je npr. $d_{ig}(N) = 1/\alpha_{ik}(N) = 1/(\varphi_i + \Delta\varphi_i)$, dok se koeficijenti štapa a_{ik} , b_{ik} određuju iz sistema jednačina (3) i $c_{ik}(N) = a_{ik}(N) + b_{ik}(N)$.

$$\alpha_{ik}(N) * a_{ik}(N) - \beta_{ik}(N) * b_{ki}(N) = 1$$

(3)

$$\beta_{ki}(N) * a_{ik}(N) - \alpha_{ki}(N) * b_{ki}(N) = 0$$

Sa koeficijentima a, b, c i d iz izraza (2) i (3) određuju se članovi matrice krutosti štapa u ravni. Neki od članova matrice krutosti štapa tipa «K» sa normalnom silom pritiska dati su na slici 2.



Slika 2. Članovi matrice krutosti štapa tipa «K»

Ovim približnim postupkom za uobičajene vrijednosti normalnih sila građevinskih konstrukcija u praksi dobijaju se vrijednosti članova matrice krutosti koji odstupaju od teoretskih rješenja. U tabeli 1 date su vrijednosti konstanti šapa po približnom postupku i teoretskom rješenju prema[3], za dva intenziteta normalnih sila. Štap je dužine $L=4.0\text{m}$, od čelika površine $A=61.20\text{cm}^2$ i $EI=2.1*8950\text{ kNm}^2$, u tabeli su date i veličine $\sigma=N/A$ i $\omega=L*(N/EI)^{1/2}$.

$N(\text{kN})/\sigma(\text{kN/cm}^2)$	ω	d_{ig}^{pr}	$d_{ig}^{teo}(\text{lit.3})$	a_{ik}^{pr}	$a_{ik}^{teo}(\text{lit.3})$
2600/42.48	1.49	12285.01	11.862.93	17561.97	17361.88
3900/63.70	1.82	11542.41	10637.03	17035.50	16622.77
Razlika (%)	-	3.56/8.51%	0/0	1.15/2.48%	0/0

Tabela 1. Konstante šapa $d(N)$ i $a(N)$

U ovom primjeru šapa, rješenja po približnom postupku odstupaju nekoliko procenata od teoretskih rješenja. Ovaj postupak je približan zbog toga što su koeficijenti za određivanje dodatnih uglova okretanja kraja šapa(prosta greda) dati na slici 1 ne zavise od normalnih sila. Elastična linija šapa prema usvojenom polinomu je istog oblika *bez obzira* na intenzitet i znak normalnih sila, pa za manje vitkosti štapova građevinskih konstrukcija u praksi rješenja po ovom postupku nemaju značajnija odstupanja od teoretskih rješenja.

2.1. Primjeri

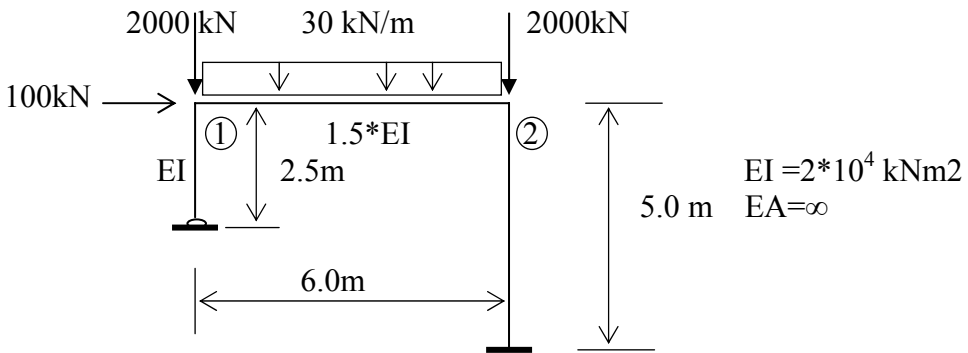
Za dva primjera okvirnih građevinskih konstrukcija u ravni izvršena je analiza pomjeranja i okretanja čvorova uvodeći uticaj normalnih sila stubova po predloženom približnom postupku, rezultati proračuna su poređeni sa rješenjima po teoriji II reda prema literaturi [3 i 4].

2.1.1. Primjer 1.

Odrediti pomjeranja čvorova 1 i 2 po predloženom približnom postupku uvodeći uticaj normalnih sila stubova na deformaciju. Rezultati proračuna pomjeranja po teoriji II reda dati su prema literaturi[4].

Matrica krutosti K i sistem jednačina $K*q=Q$ čijim rješavanjem se dobijaju okretanja čvorova 1, 2 i horizontalno pomjeranje rigle dobijen prema ovom približnom postupku je oblika,

$$\begin{vmatrix} 42999.00 & 10000 & -9199.99 \\ 10000 & 34793.28 & -4602.99 \\ -9199.99 & -4602.99 & 4267.19 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ u \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 90 \\ -90 \\ 100 \end{vmatrix}$$



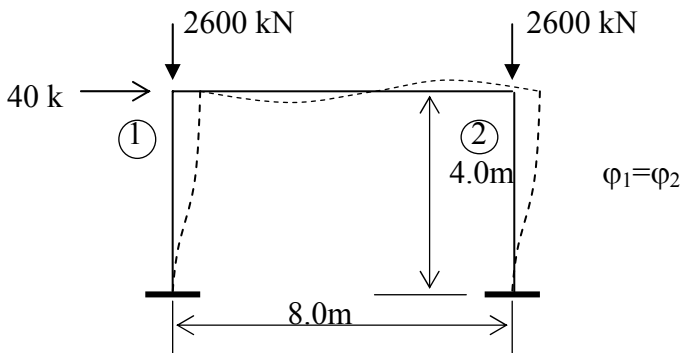
Rezultati proračuna pomjeranja čvorova prema predloženom postupku i teoriji II reda ,literatura [4], dati su u tabeli 2.

Postupak	$EI \cdot \varphi_1$	$EI \cdot \varphi_2$	$EI \cdot u$
Teorija II reda [4]	263.4	9.9	1044.2
Približni metod	263.8(+0.15%)	11.31(+14.2%)	1049.66(+0.52%)

Tabela 2. Primjer 1.

2.1.2. Primjer 2.

Za okvirnu konstrukciju datu u literaturi [3] određena su pomjeranja i okretanje čvorova rigle po teoriji II reda primjenom približne metode deformacije. Primjer je analiziran i po predloženom približnom postupku.



Stubovi i rigla INP 30; $A=61.20\text{cm}^2$, $I=8950\text{ cm}^4$, $EI=2.1*8950\text{ kNm}^2$

Numeričke vrijednosti okretanja čvorova φ_i i pomjeranje rigle u date u tabeli 3 su određeni po teoriji II reda, literatura [3], i po približnom postupku.

Postupak	$\varphi_1=\varphi_2$	$u_1=u_2$
Literatura [3]	0.003372	0.01564
Približni metod	0.003331(-1.2%)	0.01551(-0.95%)

Tabela 3. Primjer 2.

Pomjeranja i okretanja čvorova za dva primjera iz literature[3,4] određeni su po teoriji II reda. Može se ukazati da su odstupanja rezultata proračuna po teoriji II reda i po predloženom približnom postupku mala i reda veličine nekoliko procenata.

3. ZAKLJUČNE NAPOMENE

U radu je analiziran približni postupak određivanja matrice krutosti štapa i sistema po teoriji II reda. Elastična linija ose štapa je usvojena u obliku polinoma. Usljed ekscentričnog dejstva normalne sile, prema usvojenom polinomu, za štap opterećen momentima na krajevima određeni su dodatci deformacionih uglova kao konstantni koeficijenti koji zavise od intenziteta normalne sile. Na osnovu deformacionih uglova i dodatka deformacionih uglova štapa određeni su koeficijenti a_{ik} , b_{ik} , c_{ik} , d_{ig} štapa tipa «K» i «g» i odgovarajući članovi matrice krutosti štapa i sistema. Za uobičajena opterećenja građevinskih konstrukcija rješenja primjenom ovog približnog postupka u odnosu na teoriju II reda se razlikuju za nekoliko procenata. Postupak se može primjeniti za analizu okvirnih konstrukcija u fazi idejnih projekata, kao i za kontrolu rezultata proračuna koji su dobijeni primjenom komercijalnih programa savremenih računara.

4. LITERATURA

1. Maglajlić Z, Ademović N: «Prijedlog rješenja problema geometrijske nelinearnosti okvirnih konstrukcija približnom metodom», Materijali i konstrukcije 1-2/'06, Beograd, 2006. , str. 25-33.
2. Rankovic S: «Metode rešavanja zadataka stabilnosti», Građevinski fakultet, Beograd, 1994., str. 424.
3. Ranković S, Čorić B: «Stabilnost konstrukcija-zbirka rešenih zadataka sa kraćim izvodima iz teorije», Građevinski fakultet-Naučna knjiga, Beograd, 1983., str. 200.
4. Ramm E: «Stabtragwerke Teil V-Nichtlineare Verfahren», Institut für Bustatik, Universitat Stuttgart, Auflage 1995.
5. Sekulović M: «Metod konačnih elemenata», Građevinska knjiga, Beograd, 1984.

Zoran Cekić¹

PRIMENA NEURALNIH MREŽA ZA PODRŠKU DONOŠENJU ODLUKA U GRAĐEVINSKIM KOMPAIJAMA

Rezime: U ovom radu je prikazana primena modela Neuralnih mreža, kao dela Strategijskog informacionog sistema, za podršku donošenju stratejskih odluka u građevinskim kompanijama. Formirani model omogućava informaciono-tehnološku podršku analitičnom, sistematičnom i racionalnom donošenju neprogramskih odluka o izboru poslovnih strategija, organizacionih struktura i diversifikacionih strategija na pojedinim internacionalnim tržištima. Izborom balansirano projektog portfolia omogućava se formiranje korporativne strategije koja treba da doprinese uspešnom pozicioniranju građevinske kompanije na svetskom tržištu. Na taj način se omogućava da se konkurentne prednosti naših građevinskih kompanija usklade sa mogućnostima koje pružaju određena internacionalna tržišta.

Ključne reči: Neuralne mreže, građevinske kompanije, projektni portfolio, korporativna strategija, stratejski informacioni sistem

NEURAL NETWORKS APPLIED AS A DECISION SUPPORT IN CONSTRUCTION COMPANIES

Summary: This paper presents Neural network model, part of Strategic Information system, applied as a strategic decision support in construction companies. This model creates IT support for making non-programs strategic decisions about business strategies, organizational structures and diversification strategies in different international markets. Selection of ballanced project portfolio makes possible good positioning in world market and helps that competetive advantages of our construction companies meets possibilities of some international markets.

Keywords: Neural networks, construction company, project portfolio, corporate strategy, strategic information system

¹ Vanredni profesor, Dr, dipl.građ.inž., Fakultet za graditeljski menadžment, Univerzitet Union, Cara Dušana 62-64, 11000 Beograd, E-mail: cekicz@eunet.yu, Fax: 011 2180 287

1. UVOD

Informacione tehnologije (IT) i redizajn poslovnih procesa u građevinarstvu će biti u središtu promena koje građevinarstvo treba da dovedu u isti tehnološki nivo sa drugim privrednim granama [8]. Korišćenje IT u građevinarstvu postalo je sofisticirano korišćenjem virtualne realnosti, sistema zasnovanih na znanju, i neuralnih mreža [9]. Kao IT podrška redizajnu procesa formiranja korporativne strategije u ovoj radu će biti prikazan model neuralnih mreža za podršku donošenju strategijskih odluka. Ovaj model treba da omogući klasifikaciju projekata prema atraktivnosti tržišta i konkurentnosti kompanija. Na ovaj način se koriste dosadašnja iskustva naših kompanija i ostvaruje IT podrška formiranju projektnog portfolia kao najvažnijeg dela korporativne strategije.

Unutar hijerarhije menadžmenta jedne kompanije moguće je donositi različite tipove odluka i formirati različite strategije u njihovom donošenju. Feldman i Arnold [11] su identifikovali četiri vrste korporativnih odluka: Lične (lični život i napredovanja u karijeri), Organizacione (utiču na postojeće poslovne procese), Programske (određuju redosled rutinskih operacija) i Ne-programske (nestruktuirane, nedefinisane, kompleksne i bez procedura). Prema Ansoff-u [4] u kompanijama se donosi tri osnovna tipa odluka: Operativne (transformišu ulazne resurse u izlazne proizvode i usluge), Administrativne (u vezi organizacione strukture i alokacije resursa) i Strategijske (fokusirane ka spoljnom poslovnom okruženju). Donošenje odluka prilikom formiranja projektnog portfolia i korporativne strategije se može svrstati u donošenje strategijskih ne-programskih odluka. Zbog svoje važnosti za pozicioniranje kompanija donošenje odluke o formiranju projektnog portfolia bi trebalo da ima što analitičniji, promišljeniji i racionalniji pristup.

Mogu se definisati tri osnovna tipa strategije: korporativna strategija, poslovna strategija i operativna strategija. Korporativna strategija se bavi kompanijom kao celinom. Kod velikih kompanija sa diversifikovanim poslovanjem (kompanija koje nude veliki broj usluga i proizvoda na tržištu) korporativna strategija se zasniva na balansiranju poslovnim strategijama, organizacionim strukturama i diversifikacionim strategijama na različitim tržišnim sektorima. Balansiranje poslovnim strategijama se pre svega odnosi na balansiranje Poslovnim portfoliom kompanije. Poslovna strategija je koncentrisana na konkurentnost određene uluge ili proizvoda na određenom regionalnom tržištu. Kod velikih kompanija formiraju se posebne organizacione jedinice koje se nazivaju Strategijske poslovne jedinice (Strategic Business Units - SBU) koje su u stanju da donose samostalne strategijske usluge o plasmanu proizvoda ili usluge na određenom regionalnom tržištu. Operativna (ili funkcionalna) strategija predstavlja najdetaljniji nivo koji je fokusiran na produktivnost operativnih funkcija kompanije i njihov doprinos poslovanju kompanije.

Osnovne prednosti koje mogu biti ostvarene uspešnim upravljanjem projektnim portfoliom su sledeće:

- Olakšan nastup na internacionalnom tržištu – promišljen izbor projekata na kojima kompanija ima najveće konkurentske prednosti smanjuje strah od poslovnog neuspeha
- Informacije i kontakti sa novim investitorima – prikupljaju se informacije o potencijalnim investitorima, kao i postojećim projektima koje izvođe druge kompanije

- Raspodela rizika poslovanja - veliki broj projekata smanjuje uticaj neočekivanog smanjenja prihoda sa jednog projekta na uspešnost poslovanja čitave kompanije. Sa druge strane, iskustvo kompanija koje posluju na internacionalnom tržištu govori da je dovoljan neuspeh na jednom projektu da bi se destabilizovalo poslovanje
- Olakšano napuštanje internacionalnog tržišta - je posebno značajno kod velikih kompanija koje se mogu koncentrisati na jedno tržište samo u toku projekta
- Poboljšanje pozicije kompanije prema investitorima – bolji položaj u odnosu na investitore zbog toga što kompanija posluje sa velikim brojem investitora na internacionalnom tržištu, poboljšavajući svoju pregovaračku poziciju

2. INTERNACIONALNI PROJEKTNI PORTFOLIO

Ball [7] sugerise da profitabilnost poslovanja građevinske kompanije koja posluje na internacionalnom tržištu u najvećoj meri zavisi od uspešnog balansiranja između projekata koji se trenutno izvide i projekata za koje će se kompanija boriti na internacionalnim tenderima. Korporativna strategija građevinske kompanije koja nastupa na internacionalnom tržištu zasniva se na balansiranju između različitih poslovnih strategija, organizacionih struktura i diversifikacionih strategija. Građevinske kompanije su projektno orijentisane i njihova poslovna strategija je zasnovana na uspešnom balansiranju projektnim portfoliom. One poseduju veliki broj geografski razdvojenih kapaciteta i moraju da vode računa o fazama projektnog ciklusa u kojima se nalaze njeni projekti na internacionalnom tržištu [14] , [17].

U toku formiranja novog projektnog portfolia može se izabrati strategija povećanja obima poslovanja na internacionalnom tržištu ili strategija izbora kompleksnih i profitabilnih projekata radi povećanja profitabilnosti poslovanja kompanije. Građevinske kompanije mogu da koriste različite metode za povećanje obima svog poslovanja kao što su: formiranje zajedničkih kompanija (joint venture) sa lokalnim i globalnim kompanijama, kupovina manjih lokalnih kompanija i spajanje kompanija. Primer formiranja zajedničke kompanije radi učešća na velikom projektu je Joint-venture kompanija koju su formirale američke, japanske i kineske kompanije (uz kupovinu regionalnih kompanija iz Velike Britanije) radi izgradnje Chap Lap Kok aerodroma u Hong Kong-u. Povećanje obima poslovanja u novom projektnom portfoliu u odnosu na sadašnji projektni portfolio može biti ostvareno na nekoliko osnovnih načina:

- Ekspanzijom obima poslovanja vođenom unutar kompanije (internally driven expansion)
 - Proširenjem poslovanja na slična tržišta – poslovanje na tržištima sličnim tradicionalnim tržištima (na primer, prelazak sa tržišta izgradnje novih objekata na tržište održavanja i rekonstrukcije objekata)
 - Povećanjem postojećeg tržišnog udela – povećanje sopstvenih investicija u vrstu projekata koje kompanija izvodi na svom tradicionalnom tržištu

- Razvoj novih proizvoda i usluga – projektantska kompanija može, na primer, da počne sa prodajom opreme i nameštaja za objekte koje projektuje
- Ekspanzijom obima poslovanja vođenom izvan kompanije (externally driven expansion)
 - Horizontalnom integracijom poslovanja – ekspanzijom poslovanja kupovinom ili spajanjem sa kompanijama koje posluju u srodnim industrijama i industrijama podrške. Pri tome se može ostvariti spajanje sa kompanijama koje su priznati proizvođači građevinske opreme (mašinske, elektro, informaciono-tehnološke ili druge), građevinske mehanizacije ili građevinskog materijala, kao i kompanijama koje se bave prometom nekretnina i investicijama.
 - Diversifikacijom poslovanja - ekspanzijom na tržišta drugih usluga (na primer, kupovina kompanije koja se bavi projektantskim konsaltingom)

Uspeh u formiranju projektnog portfolia kompanije zavisi od uspešnosti predviđanja internacionalnih tržišta koja će doživeti ekspanziju (u periodu za koji se portfolio formira) i može omogućiti ekspanziju njenog poslovanja.

Potencijal građevinske kompanije za obavljanje velikog broja projekata na udaljenim internacionalnim lokacijama zahteva promišljeno formiranje organizacione strukture kompanije, kao i akumulirano znanje i iskustvo u poslovanju na internacionalnom tržištu kod angažovanih menadžera. Poslovanjem na većem broju tržišta može se smanjiti rizik poslovanja i umanjiti posledice prekida projekta sa jednog tržišta. Formirani model može se koristiti kao IT podrška u procesu donošenja odluka prilikom formiranja korporativne strategije naših građevinskih kompanija.

3. UVOD U TEORIJU NEURALNIH MREŽA

Razvoj teorije neuralnih mreža je započeo sa prvim otkrićima o načinu organizacije ćelija u mozgu od strane Sherrington-a [20] koja su izazvala veliko interesovanje za otkrivanja principa koji omogućavaju da kompleksno povezani jednostavni elementi procesiraju informacije na inteligentnom nivou. Principi računanja koji su zanovali na povezivanju jednostavnih elemenata vodili su do formiranja ćelijskog automata [22] koji je postavio osnove za primenu veštačke inteligencije [15] , [5].

Inicijalni zadatak u razvoju mreža bilo je modelovanje memorije kao kolektivne celine sastavljene od grupe elemenata procesiranja [21] , [23] , [13] , [3]. Rosenblatt [19] je kreirao konceptualnu topologiju - *Perceptron* i primenio je za prepoznavanje uzoraka, dok je Fukushima [12] primenio istu topologiju za ostvarenje određenih saznanja.

Neuralne mreže predstavljaju alatku veštačke inteligencije koja je inspirisana funkcionisanjem ljudskog mozga i predstavljaju kombinaciju elemenata procesiranja (Processing Elements) organizovanih po nivoima (layers). Osnovni modeli neuralnog računanja su *Klasifikacioni modeli* (Classification Models) – *Perceptroni* koji su organizovani u jednom ili više nivoa (Single or Multiple Layer). Snaga veza između elemenata procesiranja, koja se naziva težinom mreže, može biti adaptirana na način da izlaz bude prilagođen odgovoru mreže [18]:

$$x_i = \sigma(\sum_j w_{ij}x_j) \quad (1)$$

gde je σ nelinearnost, x_j ulaz u j , x_i izlaz iz i , w_{ij} težine koje povezuju j sa i .

Neuralne mreže funkcionišu po istom principu kao i biološki mozak, ali se sva dalja analogija na tome završava. Naučnici u početnoj fazi oponašanja biološkog mozga zbog nefleksibilnosti topologija i ograničene dinamike procesiranja.

Za razliku od analitičkih metoda procesiranja, neuralni pristup računanja bez prethodnih pretpostavki istražuje informacije koje se nalaze u prikupljenim ulaznim podacima. Veštačka inteligencija (Artificial Intelligence – AI) dekodira ljudsko znanje u IF-THEN pravila i primenjuje ih za donošenje zaključaka. Neuralne mreže, sa druge strane, otkrivaju veze koje postoje između ulaznih podataka kroz iterativno prezentovanje ulaznih podataka određenoj topologiji mreže.

Perceptron sa više nivoa (Multi-Layer Perceptron – MLP) je topologija u kojoj su elementi procesiranja organizovani u nivoe. U inženjerskim aplikacijama najveću primenu ima *Nadgledano učenje* koje zahteva specifikaciju *trening seta podataka*. Performanse se proveravaju *test setom podataka*, koje mreža nije videla. *Srednja kvadratna greška* (Mean Square Error - MSE) definiše se kao:

$$E = \sum_i \sum_j (d_i - y_j)^2 \quad (2)$$

gde je d_i željeni odgovor, y_i je veličina izlaza iz mreže, dok se suma odnosi na rad mreže u toku nekog vremena i obuhvata sve izlazne jedinice mreže.

U proceduri *povratnog rasprostiranja greške* (backpropagation procedure) izlazna greška se povratno rasprostire sve do prvog nivoa mreže. *Mreže koje imaju vezu prema napred* (Feedforward networks) nazivaju se *statičke mreže* jer prihvataju samo *algoritme učenja sa fiksnom tačkom*.

Određivanje optimalne veličine mreže postiže se eksperimentisanjem u okruženju za simulaciju, kao što je softverski paket *NeuroSolutions 4.17* [16].

4. PRIMENA NEURALNIH MREŽA U GRAĐEVINARSTVU

Primena neuralnih mreža u građevinarstvu je započela početkom devedesetih godina i obuhvata rešavanje velikog broja problema. Adeli [1] grupiše primenu neuralnih mreža u sledeće kategorije: upravljanje projektima, procenu troškova, alokaciju resursa i rešavanje sporova u projektima. Određivanje atraktivnosti tržišta i konkurentnosti kompanije je determinisano subjektivnim mišljenjem koje je teško kvantifikovati u više-kriterijumskom modelu koji ne uzima u obzir sve veze između parametara, zbog čega je primenjiviji model koji uzima u obzir sve veze između ulaznih i izlaznih parametara. Dobijeni skup kriterijuma je prikazan u tabeli 1.

Tabela 1 Skup kriterijuma korišćenih za vrednovanje internacionalnih projekata

Redni broj	Tip parametra	Naziv kriterijuma selekcije projekata
1	Projektni parametri	Tip projekta
2		Veličina projekta
3		Tip ugovora
4		Prethodno iskustvo na sličnim projektima
5		Striktni zahtevi za kratkim rokom gradnje
6		Striktni zahtevi za kvalitetom
7		Velika tehnička kompleksnost projekta
8		Tip investitora
9		Sigurnost plaćanja
10	Tržišni parametri	Potencijal rasta potražnje na domaćem tržištu
11		Izolovanost tržišta - Veliki intenzitet nastupa konkurencije
12	Državni parametri	Rizik nastupa na lokalnom tržištu
13		Dobra mogućnost obezbeđenja resursa na lokalnom tržištu
14	Izlazni parametri	Atraktivnost tržišta za nastup građevinskog preduzeća
15		Konkuretnost preduzeća na lokalnom tržištu

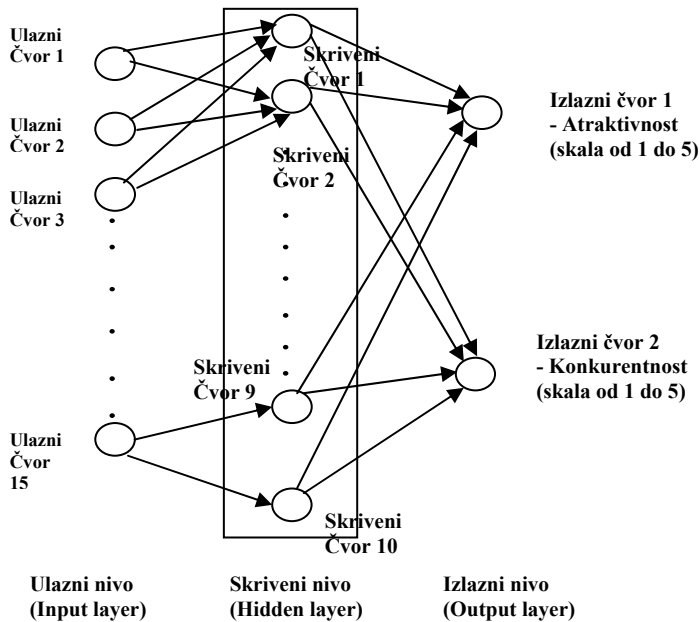
Podatke o 234 internacionalna projekta poslalo je 12 naših građevinskih kompanija koje su imale najviše uspeha na internacionalnom tržištu. Prikupljeni podaci predstavljaju set ulaznih podataka koje je mreža koristila za kodiranje ekspertskog znanja akumuliranog u toku nastupa srpskih građevinskih kompanija na internacionalnom tržištu. Umesto definisanja pravila, podaci se unose u model neuralnih mreža i on samostalno generiše pravila.

Jedanaest kriterijuma predloženih u Delfi metodi istraživanja su preformulisani i pretvoreni u 13 ulaznih kriterijuma koju zajedno sa 2 izlazna čine skup od 15 kriterijuma za vrednovanje projekata. Grupa eksperata je na osnovu ovih kriterijuma vrednovala 234 projekta. Iz modela je eliminisani ulazni parametri koji su prema rezultatima ispitivanja osetljivosti imali mali ili zanemarljiv uticaj na funkcionisanje modela. Na taj način je smanjen broj ulaznih čvorova sa 20 na 18, 16 i 15. Na ovaj način je formirana mreža sa 15 ulaznih čvorova. Ulazni čvorovi su dati u tabeli 2.

Tabela 2 Skala vrednovanja ulaznih parametara za mrežu sa 15 ulaznih čvorova

Kod	Ulazni čvor	Broj čvora
C 1	Tip projekta: Visokogradnja	Čvor 1
	Tip projekta: Niskogradnja	Čvor 2
	Tip projekta: Hidrotehnički objekti	Čvor 3
	Tip projekta: Industrijski objekti	Čvor 4
C 2	Tip ugovora: Izvođenje radova	Čvor 5
	Tip ugovora: Projektovanje	Čvor 6
	Tip ugovora: Ključ u ruke	Čvor 7
C 3	Striktni zahtevi za kratkim rokom gradnje	Čvor 8
C 4	Striktni zahtevi za kvalitetom	Čvor 9
C 5	Velika tehnička kompleksnost projekta	Čvor 10
C 6	Tip investitora	Čvor 11
C 7	Sigurnost plaćanja (avans, otvoreni revolving akreditiv)	Čvor 12
C 8	Potencijal rasta potražnje na domaćem tržištu	Čvor 13
C 9	Izolovanost tržišta - Intenzitet nastupa konkurencije	Čvor 14
C 10	Dobra mogućnost obezbeđenja resursa na lokalnom tržištu	Čvor 15

Mreža 15-10-2 je izabrana kao najmanje komplikovana mreža sa prihvatljivim performansama. Šematski prikaz mreže 15-10-2 je dat na slici 1.



Slika 1 Šematski prikaz mreže 15-10-2

Na slici 2 i 3 su za mrežu 15 10 2 prikazana odstupanja sračunatih vrednosti izlaznih parametra na osnovu rezultata testiranja mreže sa test setom od 58 slučajno izabranih uzoraka koje mreža nije prethodno videla.

Sračunata <i>Atraktivnost</i>	Veoma velika				6 86%	
	Velika		4 12%	9 70%	1 14%	
	Srednja	1 50%	31 85%	4 30%		
	Mala	1 50%	1 3%			
	Veoma mala					
		Veoma mala	Mala	Srednja	Velika	Veoma velika
Očekivana <i>Atraktivnost</i>						

Slika 2 Odstupanja sračunatih vrednosti parametra *Atraktivnosti*

Sračunata <i>Konkurentnost</i>	Veoma velika				1 100%	
	Velika		2 8%	9 75%		
	Srednja	3 23%	20 88%	3 25%		
	Mala	1 25%	8 62%	1 4%		
	Veoma mala	3 75%	2 15%			
		Veoma mala	Mala	Srednja	Velika	Veoma velika
Očekivana <i>Konkurentnost</i>						

Slika 3 Odstupanja sračunatih vrednosti parametra *Konkurentnost*

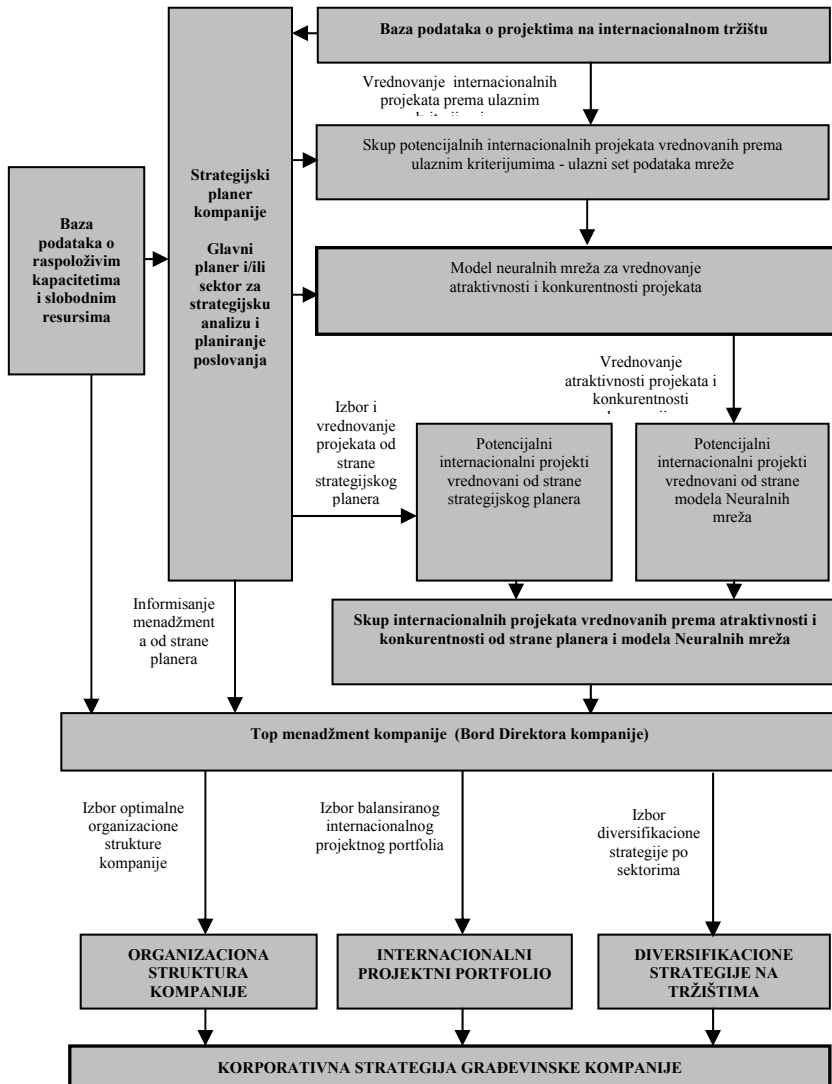
Procenat tačno pogodjenih vrednosti za kriterijum D1 je 81%, dok je za kriterijum D2 79%. U toku testiranja sa nepoznatim test setom podataka svi uzorci su klasifikovani u granicama prihvatljivog odstupanja od jedne devijacije.

Analizom rezultata osetljivosti neuralne mreže sa 15 ulaznih čvorova može se videti da promena svih ulaznih parametara ima značajan uticaj na funkcionisanje mreže i da bi bilo neopravdano dalje smanjenje broja ulaznih parametara i pojednostavljenje topologije neuralne mreže.

U toku rada na razvoju modela obavljen je veliki broj eksperimenata sa različitim topologijama mreže (sa 20, 18, 16 i 15 ulaznih čvorova). Za mreže sa 18, 16 i 15 ulaznih čvorova ispitano je po 7 topologija (detaljno je analizirana 21 topologija) sa različitim brojem skrivenih čvorova (sa 1, 5, 10, 15, 20, 25 i 50 skrivenih čvorova). Izvršeno je poređenje karakteristika i performansi mreža i usvojeno da mreža 15-10-2 ima najbolje klasifikacione performanse.

6. FORMIRANJE KORPORATIVNE STRATEGIJE

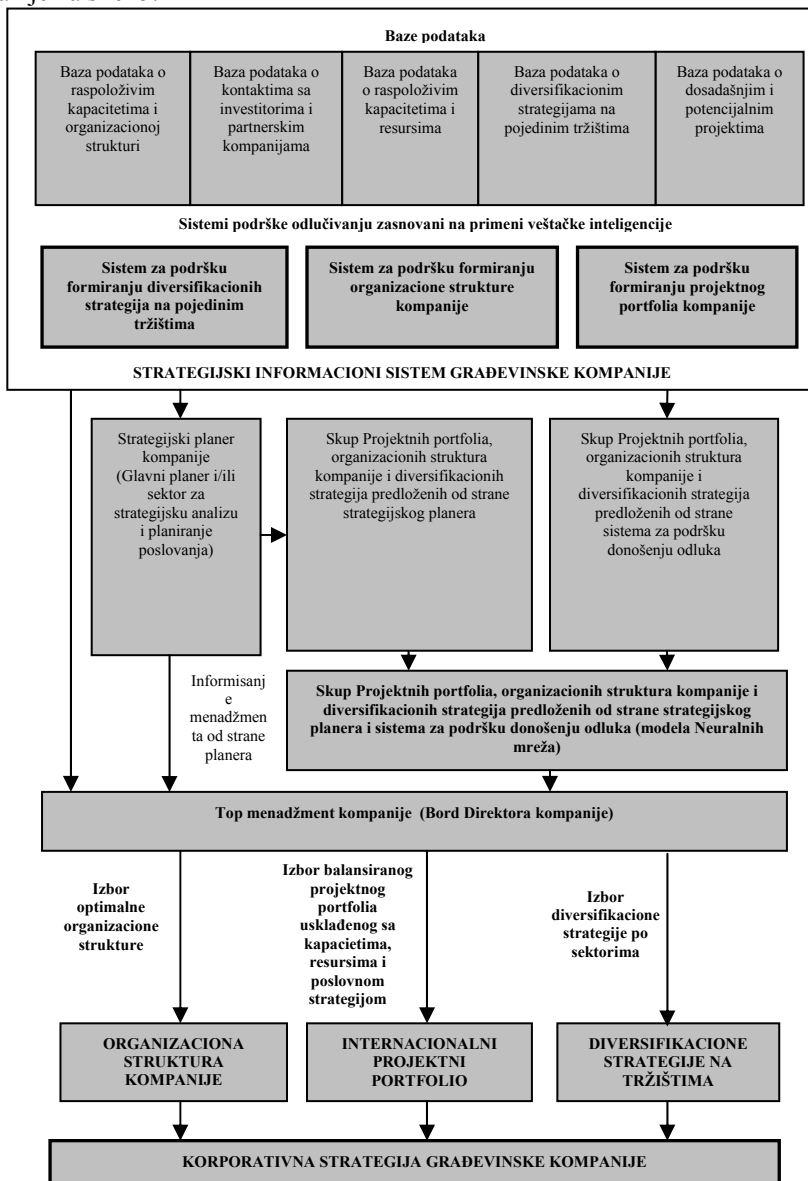
Primena modela u formiranju korporativne strategije prikazana je na slici 4. Izbor projektnog portfolia je od ključne važnosti za poslovanje i predstavlja najvažniji faktor korporativne strategije naših kompanija. Formirani model predstavlja primer organizovanog učenja i upravljanja akumuliranim znanjem.



Slika 4 Primena modela Neuralnih mreža za podršku formiranju korporativne strategije kompanije

Veliku podršku procesu formiranja korporativne strategije ima formiranje *Strategijskog informacionog sistema - SIS* građevinske kompanije pomoću koga se prikupljaju, obrađuju, skladište i rasprostiru informacije i znanja koji su neophodni za dobijanje poslova na internacionalnom tržištu.

Predlog modela Strategijskog informacionog sistema građevinske kompanije prikazan je na slici 5.



Slika 5 Strategijski informacioni sistem građevinske kompanije

7. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Uspješna selekcija projekata radi formiranja internacionalnog projektnog portfolija podrazumeva kontinualno praćenje svih državnih, tržišnih i projektnih parametara. Veliku pomoć poboljšanju tržišnog udela naših kompanija na internacionalnom tržištu može imati opsežna analiza internacionalnih tržišta radi prikupljanja velikog broja relevantnih podataka koji se mogu skladištiti u Strategijskom informacionom sistemu. Primena tehnika strategijskog korporativnog menadžmenta treba da omogućiti da se prednosti i kvaliteti koje poseduju naše kompanije udruže sa mogućnostima koje pružaju određena internacionalna tržišta.

LITERATURA

1. Adeli, H. 2001 "Neural Networks in Civil Engineering: 1989 – 2000", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol 16, strane 126 – 142
2. Adeli, H.; Wu, M. 1998 "Regularization Neural Network for Construction Cost Estimation", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol 124, No. 1, strane 18 – 24
3. Anderson, J.; Rosenfeld, E. 1990 "NeuroComputing: Foundations for research", *MIT Press*, Vol 2
4. Ansof, I. 1987 *Corporate Study*, 2nd edition, Penguin, Harmondsworth,
5. Arbib, M. 1987 *Brains, Machines and Mathematics*, Springer Verlag
6. Arditi, D.; Oksay, F. E.; Tokdemir, O. B. 1998 "Predicting the outcome of Construction litigation using Neural Networks", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol 13, No. 2, strane 75 – 81
7. Ball, M. 1988 *Rebuilding Construction – Economic Change in the British Construction Industry*, Routledge
8. Betts, M. 1999 "The significance of IT", U knjizi: *Strategic Management of IT in Construction*, editor Martin Betts, Blackwell Science Inc., UK, strane 78 - 115
9. Betts, M.; Jarrett, M.; Shafaghi, M. 1999 "Current strategic practice", U knjizi: *Strategic Management of IT in Construction*, editor Martin Betts, Blackwell Science Inc., UK, strane 201 - 217
10. Elazouni, A. M.; Nosair, I. A.; Mohieldin, Y. A.; Mohamed, A. G. 1997 "Estimating resource requirements at conceptual design stage using Neural Networks", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 11, No. 4, strane 217 – 223
11. Feldman, R.C.; Arnold, H. 1983 *Managing Individuals and Group Behaviour in organisations*, McGraw-Hill
12. Fukushima, K. 1980 "Neocognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position", *Biological Cybernetics*, Vol 36, strane 193 – 202
13. Kohonene, T. 1988 *Self Organization and Associative Memory*, Springer Verlag
14. Meredith, J. E.; Mantel, S. J. 2000 *Project Management: A Managerial Approach*, John Wiley and Sons
15. Minsky, M.; Papert, S. 1969 *Perceptrons*, MIT Press
16. Neuro Dimension, 2001, *Tutorial for NeuroSolution s 4.17*, Neuro Dimension, Gainesville, Florida, USA
17. Prašćević, Ž. 2003 "Neki problemi rizika u građevinskom menadžmentu", *Izgradnja*, broj 3, strane 55 – 63

18. Principe, J. C.; Euliano, N. R.; Lefebvre, W. C. 2000 *Neural and Adaptive Systems: Fundamentals Through Simulations*, John Wiley & Sons, Inc.
19. Rosenblatt, F. 1958 "The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain", *Psychological Review*, Vol. 65, strane 386 – 408
20. Sherrington, C. 1960 *The Integrative Action of the Nervous System*, Yale Press
21. Van der Marlsburg, C. 1990 "Network self-organization", U knjizi: *Introduction to Neural and Electronic Computing*, editori Zornetzer, Davis i Lau, Academic Press, strane 421 – 432
22. Van Neumann, J. 1958 *The Computer and the Brain*, Yale Press
23. Willshaw, D. 1981 *Holography*, "Associative memory and inductive generalization", U knjizi: *Parallel Models of Associative Memory*, editori Hinton i Anderson, Lawrence Erlbaum, strane 83 – 104

Zoran Grdić¹
Goran Radenković²
Marko Veličković³

ODREĐIVANJE KOROZIONE AKTIVNOSTI ARMATURNOG ČELIKA U BETONSKIM KONSTRUKCIJAMA METODOM MERENJA ELEKTRIČNOG POTENCIJALA

Rezime: Pod određenim uslovima u armirano betonskim konstrukcijama može doći do pojave korozije armaturnog čelika. Step en korozije može biti veoma različit, od početnog do veoma uznapredovalog, u zavisnosti od čega treba preduzeti različite mere zaštite ili sanacije konstrukcije. U ovom radu je prikazana nedestruktivna metoda određivanja korozione aktivnosti armaturnog čelika primenom aparata CANIN (Corrosion Analysing Instrument). Princip metode je baziran na merenju električnog potencijala koji se detektuje na površini betona i koji nastaje kao posledica elektrohemijskog procesa korozije armature.

Ključne reči: armirano betonske konstrukcije, korozija armature, CANIN

REINFORCEMENT STEEL CORROSION PROCESS ACTIVITY DETERMINATION IN THE CONCRETE STRUCTURES BY THE ELECTRIC POTENTIAL MEASURING METHOD

Summary: Corrosion of the rebar steel may occur under certain conditions in the reinforced concrete structures. The degree of reinforcement can be very varied, from the initial phase to the very advanced corrosion, on which bases the various protection or remedial structural measures should be undertaken. This paper presents the non-destructive method of the reinforcement steel corroding process activity determination, applying the CANIN device (Corrosion Analysing Instrument). The principle of the method is base on themesuring of the electric potential which is detected on the surface of concrete and which is generated as a result of the electro-chemical corrosion proces of the reinforcement.

Key words: reinforced concrete structures, reinforcement corrosion, CANIN

¹ Docent, Dr, dipl.inž.građ.,Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva br.14, 18000 Niš, Srbija

² Docent, Dr, dipl.inž.maš.,Mašinski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva br.14, 18000 Niš, Srbija

³ Asistent, dipl.inž.građ.,Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva br.14, 18000 Niš, Srbija

UVOD

Poznato je da pod određenim uslovima u armirano-betonskim konstrukcijama ili pojedinim konstruktivnim elementima može doći do pojave korozije armaturnog čelika. Step en korozije može biti veoma različit, od početnog do veoma uznapredovalog, u zavisnosti od čega treba preduzeti različite mere zaštite ili sanacije konstrukcije. U ovom radu je prikazana nedestruktivna metoda određivanja korozione aktivnosti armaturnog čelika primenom aparata CANIN (**C**orrosion **A**nalysing **I**nstrument). Princip metode je baziran na merenju električnog potencijala koji se detektuje na površini betona i koji nastaje kao posledica elektrohemijskog procesa korozije armature. Metoda je primenjiva kako u laboratoriji, tako i na terenu na svim armirano-betonskim konstruktivnim elementima. Preciznost aparata je takva da omogućava da se detektuje postojanje uslova za koroziju armature u betonu i u slučajevima kada korozija same armature još nije započela ili je u najranijoj fazi.

TEORIJSKA RAZMATRANJA

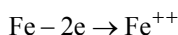
Korozija je reakcija između materijala i njegovog okruženja. Najčešći primer korozije sreće se kod čelika, jer je on najzastupljeniji tehnički metal. Čelik reaguje sa okolinom formirajući jedinjenja kao što su oksidi, sulfidi i hloridi pri čemu gubi početna fizička i hemijska svojstva. Mada otkazivanja konstrukcija koja nastaju usled korozije mogu biti katastrofalna, često se radi o vrlo sporim procesima, koji se mogu otkriti pre havarija.

Poznato je da beton obezbeđuje dobru zaštitu ugrađenom čeliku zbog svoje alkalnosti pri čemu se formira pasivan sloj na površini čelika, koji ga štiti od dalje korozije [1]. Međutim, beton je u većoj ili manjoj meri propustljiv za agresivne hemijske materije. Joni nekih od njih depasiviziraju čelik, počinje korozija i kada produkti korozije u dovoljnoj meri zamene čelik nastaje oštećenje betonske konstrukcije. Joni hlora, posebno u slučaju kada potiču iz natrijumhlorida (so za odmrzavanje koja se koristi u zimskom periodu, morske voda, neki aditivi, ponekad agregat i dr.) su najagresivniji posmatrano sa aspekta korozije čelika (armature u betonu).

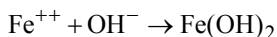
Korozija čelika u betonu takođe može biti izazvana karbonatizacijom betona koja predstavlja reakciju alkalija iz betona sa ugljendioksidom iz atmosfere. Posledica ovog procesa je snižavanje pH-vrednosti betona tako da on više ne štiti u dovoljnoj meri ugrađeni čelik [1]. Proces karbonatizacije betona je mnogo sporiji od prodiranja jona hlora tako da je broj primera korozije izazvane karbonatizacijom manji u odnosu na onu izazvanu agresivnim dejstvom jona hlora.

Korozija predstavlja oštećenje koje je posledica interakcije konstrukcionog materijala i okoline i polazi sa površine materijala. To je reakcija na granici između faza. Korozija može biti hemijska i elektrohemijska. Najveći broj korozionih procesa pripada elektrohemijskoj koroziji koja može nastati samo u elektroprovodnim sredinama.

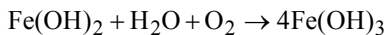
Ako čelik dođe u kontakt sa hemijski aktivnijom supstancom u uslovima vlažne sredine on će izgubiti dva elektrona i postaje pozitivno naelektrisan:



U sistemu u kojem se pozitivno naelektrisan čelik nalazi okružen vodom, tj. u vlažnoj sredini, nastaju uslovi za izdvajanje hidroksilnih jona sa kojima čelik reaguje:



Kako je $\text{Fe}(\text{OH})_2$ nestabilno jedinjenje, ono reaguje sa vodom u prisustvu kiseonika i prelazi u hemijski stabilnije jedinjenje:



Formirano jedinjenje $\text{Fe}(\text{OH})_3$ je zapravo rđa koja nastaje prethodno opisanim tipičnim mehanizmom korozije čelika.

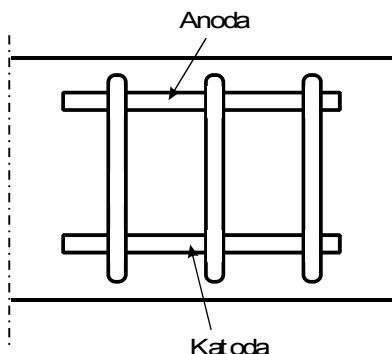
Ukoliko je čelik okružen betonom, u čijim se porama nalazi vodeni rastvor visoke pH-vrednosti, on se prevlači slojem oksida Fe_2O_3 koji ga štiti od dalje korozije, tj. pasivizira ga.

Da bi proces korozije mogao da se nastavi treba prvo da se čelične šipke depasiviziraju, pri čemu joni hlora imaju odlučujuću ulogu. Naime, potrebno je da kiseonik, voda i joni hlora budu prisutni i da beton bude nedovoljno otporan prema takvoj agresiji. Naravno, svi ovi uslovi treba da budu ispunjeni istovremeno, ali je najvažniji faktor prodiranje jona hlora.

Proces kojim se depasivizira čelična armatura nije potpuno razjašnjen. Nekoliko teorija je predstavljeno da bi se objasnila uloga jona hlora. Prvi uslov, prema svim teorijama, je da joni hlora dopru do čelične armature, npr. kroz vodu u porama betona i kroz prsline u betonu. Prema teoriji oksidnog sloja, joni hlorida probijaju oksidni film. Sa te tačke gledišta čelične šipke bivaju depasivizirane i korozija može da počne. Prema teoriji prolaza kompleksa joni hlorida imaju ulogu katalizatora. Joni hlora se kombinuju sa jonima gvožđa formirajući rastvorljivi kompleks gvožđe-hlorida, koji difunduje do površine metala. Naredno razlaganje hlorida gvožđa oslobađa jone hlora za ponovno formiranje hlorida gvožđa i korozija otpočinje.

U realnim uslovima, korozija armature je često prisutna kod betonskih mostova. Koncentracija jona hlora u preseku betonskih mostova nije jednaka. Hloridi obično prodiru sa gornje strane mosta usled upotrebe soli za odmrzavanje u toku zime, tako da je armatura u gornjem delu mosta izloženija hloridima nego armatura u donjoj zoni. Tako se uspostavlja galvanski tip korozione čelije, tzv. makročelija, pri čemu se zatvara kolo električne struje u kome armatura predstavlja elektrode, a beton elektrolit, slika 1.

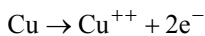
Uslovi za depasiviziranje šipki armature se stvaraju i kada ugljendioksid prolazi kroz zaštitni sloj betona i rastvara se u vodi u porama betona pri čemu se formira ugljena kiselina. Kiselina reaguje sa bazama iz cementa, formiraju se karbonati i smanjuje se pH-vrednost betona. Kada baznost dostigne dovoljno nizak nivo, čelična armatura se depasivizira i u prisustvu vode i kiseonika odpočinje korozija.



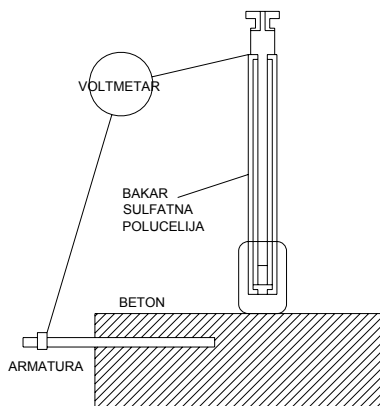
Slika 1. Galvanski tip korozije čelije-makroćelija

APARATURA I PRINCIP RADA

Aparatura za ispitivanje stepena korozije čelika u betonu (slika 2) mora da ima tzv. polućeliju, najčešće bakar-bakar sulfatnu, u obliku bakar sulfatnog rastvora u sudu od materijala koji sa njim ne reaguje. Metod koristi činjenicu da se pri polućelijskoj reakciji:



javlja potencijal zasićene bakar-bakar sulfatne polućelije koji se može izraziti u voltima. Potencijal se može meriti i korišćenjem drugih, a ne samo bakar-bakar sulfatne polućelije, ali se merene vrednosti konvertuju u ekvivalentni potencijal koji odgovara korišćenju bakar-bakar sulfatne polućelije.



Slika 2. Galvanski element od armature i bakar sulfatne elektrode sa voltmetrom (šematski prikaz)

Inače polućelijska reakcija odgovara stanju ravnoteže, u smislu elektronskog protoka, između metala, koji je pretrpeo elektrohemijski uticaj i redukcionu reakciju koja

odgovara takvom stanju. Znači, usled korozije dolazi do polučelijske reakcije koja za posledicu ima ravnotežni potencijal između elektrolita i metala.

Da bi se veličina potencijala mogla izmeriti potrebno je zatvoriti strujno kolo. To se može uraditi tako što se pomoću provodnika (žice) ostvari veza između armature i polučelije. Na relaciji armatura – polučelija postavlja se voltmetar pomoću kojeg se meri električni potencijal.

Takođe, između betona i polučelije treba obezbediti prisustvo tečnosti niskog električnog otpora, koja bi predstavljala most između betona i polučelije. U tu svrhu se koristi sunder koji se pre merenja natopi rastvorom niskog električnog otpora. Sunder treba da obavi vrh polučelije i obezbedi kontinuitet između vrha polučelije i betonskog elementa čvrstim pritiskom na površinu betona. Dužina trajanja pritiska sunderastim delom polučelijske elektrode na beton mora biti dovoljna da se na displeju, koji je sastavni deo aparature za merenje, formira grafički prikaz izmerenog potencijala, što aparat indikuje zvukom ili na neki drugi način.

Razmak između mernih mesta nije tačno definisan i on se određuje zavisno od konkretnog slučaja. Ipak, merenje sa suviše malim rastojanjem mernih mesta neće imati smisla, jer će se dobijati gotovo iste vrednosti za susedna merna mesta. S druge strane, ako je rastojanje mernih mesta isuviše veliko, može se prevideti postojanje korozije u određenom delu konstruktivnog elementa koji se ispituje. U svakom slučaju, razmak mora ostati konstantan na elementu koji se ispituje. Merenje se definiše kao numerisani folder u aparatu.

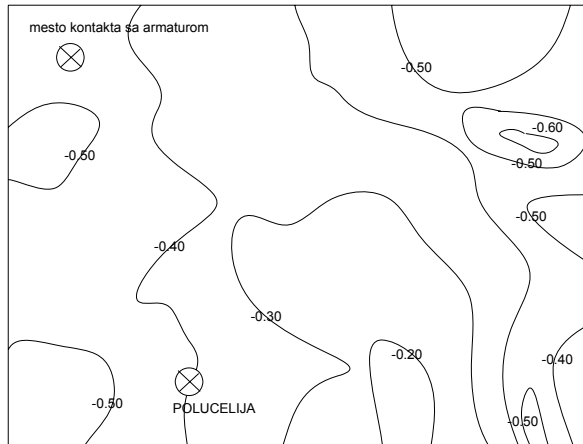
Površina na kojoj se vrši merenje se izdela na polja sa definisanim dimenzijama prema uslovima i tipu merenja. Takav isti razmak i raspored polja definiše se preko datih opcija na aparatu, kao mreža određenih dimenzija u X i Z pravcu. Meri se potencijal u jednom polju (ili ako se koristi više elektroda može se meriti u više polja istovremeno). Strelica na displeju pokazuje u kom pravcu i smeru aparat podrazumeva da će biti izvršeno sledeće merenje. Ukoliko se pravac i smer menjaju to treba definisati pre narednog merenja.

Kod mostova, rastojanja između mernih mesta mogu biti veća od 1m, ali bi razmak mogao biti smanjen na mestima gde razlika potencijala u susednim poljima prelazi 150 mV tj. u oblastima visoke korozione aktivnosti. Minimalan razmak treba da omogući razliku od najmanje 100 mV između susednih čitanja. U tom slučaju se formira novi folder kao da se radi o drugom elementu.

Električna veza sa armaturom se može ostvariti pomoću uzemljene spojnice, lemljenjem ili zavarivanjem. Da bi otpor bio manji, treba obrusiti ili očistiti šipku na mestu veze. Često se, lokalno, mora ukloniti i sloj betona da bi se došlo do armature. Armatura se veže sa pozitivnim izlazom na voltmetru, a polučelija za negativni. Ako se merenja ponavljaju posle nekog vremenskog perioda, treba ih izvršiti na istim mernim mestima kao i prethodna merenja.

Potencijal polučelije se snima sa tačnošću od 0,01 V i ukoliko je radna temperatura bila van opsega 22 ± 5 °C koriguje se pomoću određenih koeficijenata.

Rezultati merenja se mogu predstaviti korišćenjem ekvipotencijalnih linija (slika 3) ili metodom kumulativne frekvencije. U prvom slučaju se grafički razdvajaju oblasti na elementu gde je moguća koroziona aktivnost, a u drugom se indikuju veličine oblasti zahvaćenih korozijom na betonskom elementu.



Slika 3. Prikaz rezultata merenja pomoću ekvipotencijalnih linija

Ako su potencijali u merenoj oblasti:

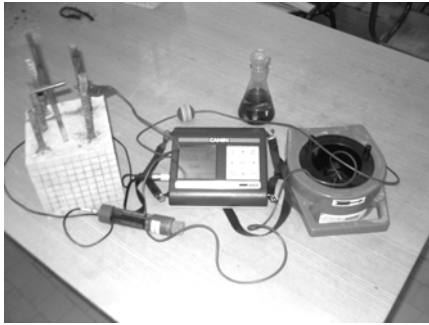
- pozitivniji od $-0,20$ V, postoji verovatnoća od 90% da ne postoji korozija čelika u trenutku merenja,
- u granicama od $-0,2$ V do $-0,35$ V, prisustvo korozione aktivnosti čelika nije isključeno,
- negativniji od $-0,35$ V, postoji više od 90% verovatnoće da postoji koroziona aktivnost u datoj oblasti u trenutku merenja.

PROBNO ISPITIVANJE U LABORATORIJSKIM USLOVIMA

Za potrebe probnog ispitivanja u laboratoriji napravljene su dve betonske kocke ivice 20 cm iz istog mešunga, beton klase C 25/30. U kocke su ugrađene čelične šipke (armatura) na međusobnom rastojanju od 5 cm (slike 4 i 5).



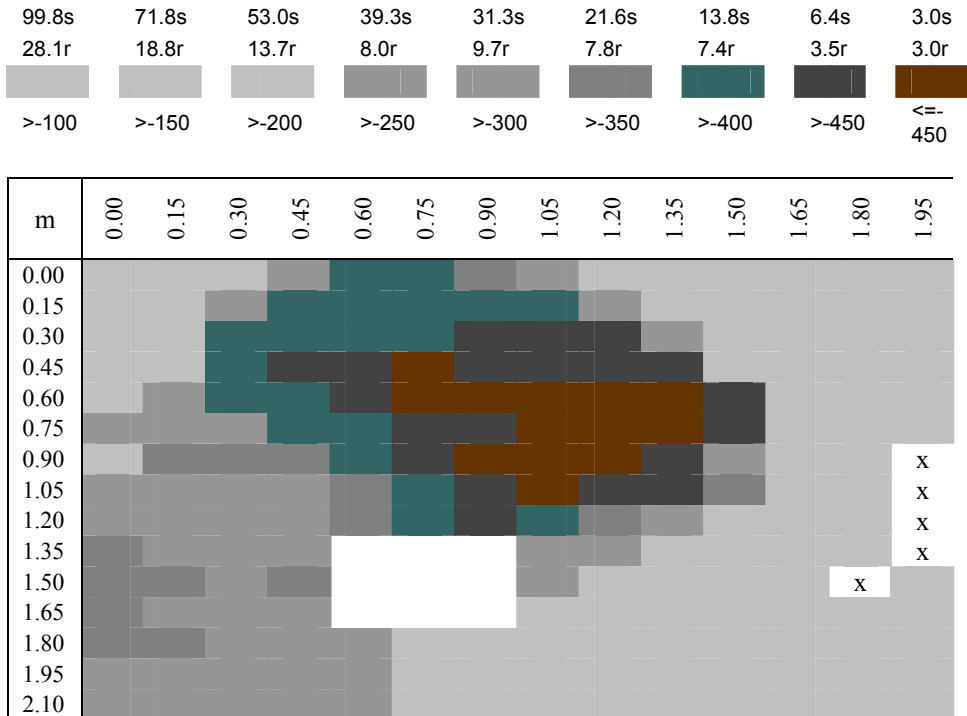
Slika 4. Izgled jednog betonskog tela sa ugrađenom armaturom



Slika 5. Izgled aparature

Da bi se rezultati mogli interpretirati u odnosu na realno fizičko stanje uzoraka izmerena je koroziona aktivnost odmah po očvršćavanju betona i 3 nedelje kasnije. Kako bi se napravila i registrovala razlika u korozionoj aktivnosti između uzoraka, jedan je negovan u običnoj vodi, dok je drugi negovan u slanoj vodi, da bi joni hlora ubrzali proces korozije. Izvedena merenja su pokazala da postoji bitna razlika u izmerenim vrednostima električnog potencijala na ova dva uzorka. Na uzorku koji je negovan u slanoj vodi izmerena je oko 2 puta negativnija vrednost potencijala, što potvrđuje prethodno iznete stavove. Demo snimak korozije armature u betonu prikazan je na slici 6.

Object 1



Slika 6. Prikaz demo snimka korozije armature u betonu

ZAKLJUČAK

Korozija armature u armirano betonskim konstrukcijama, posebno kod objekata putne infrastrukture i kod određenih industrijskih objekata, posle njihove višegodišnje eksploatacije i neadekvatnog održavanja česta je pojava. Jedna od mogućnosti za njeno pravovremeno detektovanje i preduzimanje adekvatnih mera zaštite je i upotreba specijalne aparature tipa CANIN, koja je u ovom radu prezentovana. Učinjen prvi korak u primeni ove metode, kao i interpretaciji rezultata, ukazuje da se sa velikom verovatnoćom može detektovati koroziona aktivnost armature u betonu. U cilju postizanja veće pouzdanosti u interpretaciji izmerenih vrednosti potencijala neophodno je mnogo više eksperimentalnog rada i to ne samo u laboratorijskim uslovima već i na stvarnim konstrukcijama od armiranog betona. Treba napomenuti da su prilikom rada sa aparatom korišćeni američki standardi, mada postoje i nemački i britanski, dok kod nas standarda iz ove oblasti još uvek nema.

LITERATURA

1. Holm J. : "Comparison of the Corrosion Potential of Calcium Chloride and Calcium Nitrate-Based Non-Chloride Accelerator - A Macro-Cell Corrosion Approach", Corrosion, Concrete, and Chloride - Steel Corrosion in Concrete: Causes and Restraints (SP-102), American Concrete Institute, Detroit, MI, 1987, pp. 35-48.
2. Thompson N.G., Lankard D.R.: " Improved Concretes for Corrosion Resistance (Report No. FHWA-RD-96-207)", Federal Highway Administration, Washington, DC, 1997, 176 pp.
3. ASTM C 876 – 91 (Reapproved 1999): Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.
4. ASTM G 3 – 89 (Reapproved 1999): Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing.
5. 3C15: Committee on Corrosion, Chairman: D. G. Manning, Corrosion Prevention, J. P. BROOMFIELD, Corrosion Consultant, D. G. MANNING, Ontario Ministry of Transportation.

Željka Radovanović¹

PRIKAZ GRADNJE PJEŠAČKOG MOSTA „ZABJELO“ U PODGORICI

Rezime: Pješački most „Zabjelo“ lociran je na južnom dijelu magistralnog prstena oko Podgorice. Most je u konstruktivnom smislu ramovska konstrukcija sa lučnom gredom. Raspon ramovske konstrukcije je 34.0 m, a svijetli otvor između oporaca 28.0 m. Poprečni presjek mosta je sandučastog oblika. Visina sanduka varira od 0.9 m u tjemenu do 2.45 m u uklještenju, na spoju sa oporcem. Širina sanduka je 1.5 m. Korisna širina prelaza je 3.0 m, i podijeljena je u dvije zone, zonu stepenica (15/32) i zonu rampe. Zahtjev investitora bio je da se u toku gradnje mosta saobraćaj postojećom, inače vrlo frekventnom saobraćajnicom, odvija neometano. Gradnju pješačkog mosta možemo podijeliti u tri faze: izradu središnje montažne grede, izradu konzolnih djelova sa prilaznim rampama i monolitizaciju konstrukcije. U prvoj fazi radova su izvođeni oporci i dijelovi rama, na koje dok su još poduprti, je postavljena predhodno u kalupu armirana i betonirana središnja greda. Središnja greda je raspona 14 m, visine 0.9 m i ukupne težine oko 45 t. Nakon montaže grede izvršena je monolitizacija i konstrukcija je prešla u uklješteni ram.

Ključne reči: betonski mostovi, građenje, montaža, sandučasti presjek

REVIEW OF CONSTRUCTION OF PEDESTRIAN BRIDGE „ZABJELO“ IN PODGORICA

Summary: The pedestrian bridge „Zabjelo“ is located in the south part of the main roads ring that surround Podgorica town. The bridge is frame construction with arch box beam fixed in the solid abutments. Structure span is 34.0 m; daylight width between abutments is 28.0 m. The bridge has a box cross section. Height of the box varies from 0.9 m in the middle part of the bridge to 2.45 m where beam is fixed in the abutments. The box width is 1.5 m and the webs are parallel. Useful width of the pedestrian bridge is 3.0 m, and it is divided in two zones: stairs zone (15/32) and ramp zone. Investor's request was that traffic in main road is continuously during bridge construction. Bridge construction can be divided into the three phase: construction of assembly girder in the middle span, construction of cantilever part of the bridge together with access ramp and monolitization of structure. Abutments and cantilever part of the frame are built in the first phase. Precoat girder, that is located in the middle of the bridge, has 14 m span, 0.9 m height and weight about 45 t. This girder is erected and put on the cantilever part of the bridge's frame. Monolitization of structure is built after precoat girder is put on the cantilever part of the bridge's frame. After that structure of the bridge is proceed into the frame construction.

Key words: concrete bridges, construction, erection, box cross section

¹ Mr, dipl.inž.građ., Asistent, Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Podgorica

1. UVOD

Agencija za izgradnju i razvoj Podgorice, u cilju obezbjeđivanja bezbjednog prelaska pješaka na magistralnim putevima: kroz Zabjelo, Donju i Gornju Goricu u Podgorici, u oktobru 2004.god. raspisala je konkurs za izbor projektanta Glavnog projekta tri pješačka mosta na navedenim lokacijama. Sastavni dio ponude bili su Idejni projekti mostova. Rješenja autora su prvorangirana i odabrano su za realizaciju.

Pješački most „Zabjelo“, čija gradnja je predstavljena u ovom radu, je u završnoj fazi, preostalo je još da se postavi kamen i kompletira ograda. Glavni projekat pješačkog mosta Donja Gorica završen je i očekuje se početak radova.

Postojeće saobraćajnice, na kojima je planirana izgradnja nadzemnih pješačkih prelaza, predstavljaju realizovanu jednu traku budućih saobraćajnica. Saobraćajnice su planirane u auto-putskom profilu koridora 28,00 m (četiri saobraćajne trake od po 3.5 m, razdjelno ostrvo 4.0 m, zeleni zaštitni pojas od po 2x2 m i trotoari širine 2x3.0m).

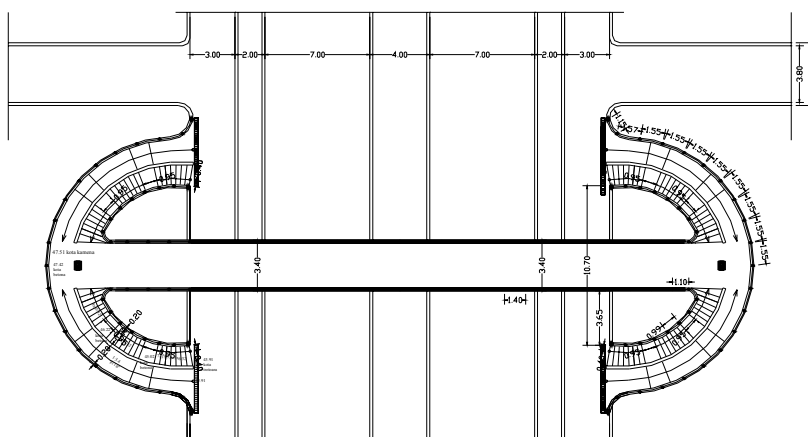
Radove na izgradnji mosta izvelo je preduzeće „Cijevnakomerc“ iz Podgorice. Izradu kompletne projektne dokumentacije i projektantski nadzor uradio je Građevinski fakultet u Podgorici.

2. O OSNOVNIM KARAKTERISTIKAMA KONSTRUKCIJE MOSTA

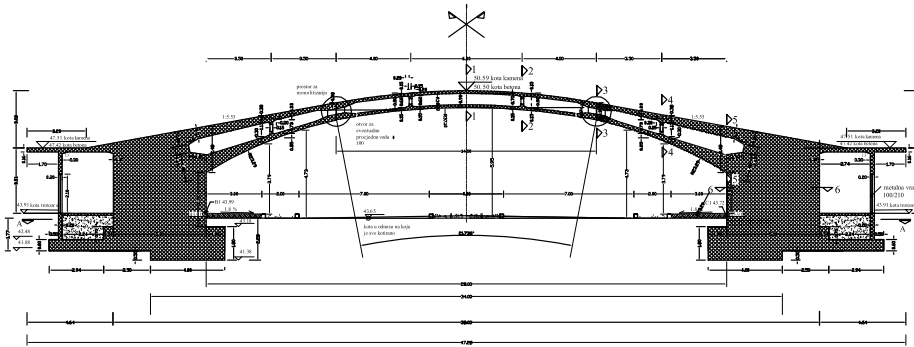
Most je u konstruktivnom smislu ramovska konstrukcija sa lučnom gredom. Raspon ramovske konstrukcije je 34.0 m, a svijetli otvor između oporaca 28.0 m. Korisna širina prelaza je 3.0 m, i podijeljena je u dvije zone, zonu stepenica (15/32) i zonu rampe.

Stepenišni kraci razvijaju se oko oporaca čime se razbija površina oslonućeg zida i istovremeno pješacima ostavlja više mogućnosti u izboru pravaca kretanja.

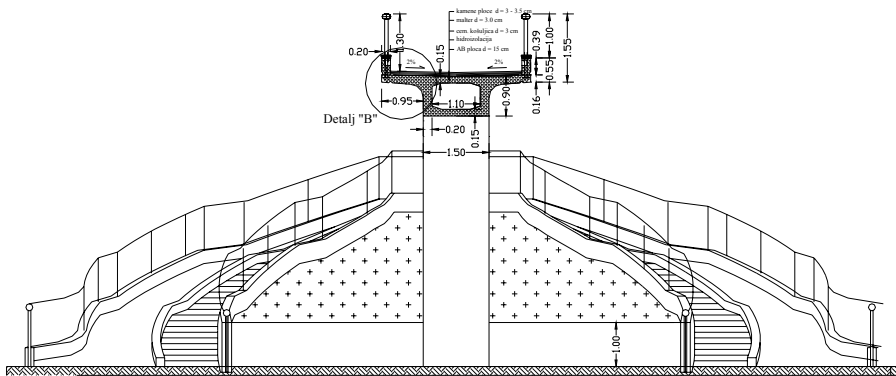
Niveleta je formirana po krugu poluprečnika 38.00 m. Dio rama od oporaca do središnje grede ima nagib nivelete 1:5.53. Ovaj nagib predstavlja krajnju granicu funkcionisanja rampe i mogućnosti formiranja stepenica. Da bi se sa polukružnog podesta spustili do trotoara projektovano je plokružno stepenište-rampa sa dva međupodesta.



Slika 1. Osnova pješačkog mosta „Zabjelo“



Slika 2. Podužni presjek mosta „Zabjelo“



Slika 3. Poprečni presjek mosta „Zabjelo“

3. KONSTRUKTIVNA ANALIZA

U računskom modelu konstrukcija je tretirana kao linijski štapasti sistem, u kojem je sandučasti presjek predstavljen štapom realno pripadajuće krutosti.

U računskom modelu koji je napravljen u cilju proračuna sila u konstrukciji, interakcija tla i konstrukcije predstavljena je elastičnim oprugama čije krutosti odgovaraju modulu stižljivosti tla na predmetnim lokacijama.

Središnja greda, koja se umeće u tjemenu dijelu pješačkog mosta, prolazi kroz tri faze. Fazu odizanja (prosta greda s prepustom), fazu montaže (prosta greda) i u konačnom, eksploatacionom obliku, postaje dio rama. Za sve ove faze greda je kontrolisana. Kritično je stanje eksploatacije.

Ramovski model konstrukcije provjeren je na uticaje stalnog i povremenog tereta, kao i na sile vjetera, temperaturne promjene i razlike, neravnomjerne slijezanje oslonaca i zemljotresa (ubrzanja $a=0.342g$, za povratni period od 200 god, projektni spektri) u dva upravna pravca.

Elementi AB konstrukcije mosta su dimenzionisani za mjerodavne kombinacije osnovnih, dopunskih i izuzetnih opterećenja. U većini presjeka kritična kombinacija opterećenja bila je stano+povremeno + temperaturni gradijent.

4. GRADNJA MOSTA „ZABJELO“

Nakon završetka širokog otkopa konstatovano je da je južni temelj oporca lociran na vještačkom nasipu, antropogenog porijekla, I i II kategorije, koji u osi južnog oporca ima visinu oko 4.5 m, a u osi sjevernog oporca ima visinu oko 2.5 m. Stoga se pristupilo zamjeni tla i valjanju nasutog materijala u slojevima. Geomehanički elaborat, urađen na osnovu istražnih bušotina, konstatovao je loše karakteristike materijala ispod južnog temelja mosta, te su uslovi zatečeni na terenu bili očekivani. Konstrukcija je u fazi projektovanja provjerena za raznorodna slijejanja. Na slikama 4. i 5. vide se dio temelja prije i poslije betoniranja.



Slika 4. Dio temelja prije betoniranja



Slika 5. Dio temelja poslije betoniranja

Oporci mosta su dimenzija 1.5 m širine i 5 m dužine. Izvedeni su u dvije faze, kako je to bilo predviđeno projektom betona.



Slika 6. Jedan od oporaca mosta



Slika 7. Šalovanje polukružnih zidova i rampe

Konstrukcija je projektovana tako da se u toku radova saobraćaj postojećom saobraćajnicom odvija bez zastoja.

U prvoj fazi radova izvedeni su oporci i dijelovi rama, na koje dok su još poduprti, je postavljena predhodno u kalupu armirana i betonirana središnja greda. Središnja greda je raspona 14 m, visine 0.9 m i ukupne težine oko 45 t. Montažna središnja greda izbetimirana je na skeli i u oplati u krugu gradilišta.

Na slikama, koje slijede, vidi se skela i oplata montažne grede sa armaturom postavljenom u donjoj ploči sanduka i dijelu rebara.



Slika 8. Montažna greda - poprečni prsjek



Slika 9. Pogled na dio skele montažne grede

Konzolni djelovi rama i prilazne rampe izbetonirani su prije montaže središnje grede. Skelu mosta činili su drveni podupirači i grede na koje su se oslanjale drvene remenat oblikovane prema planu oplata mosta. Središnja greda oslanjala se u fazi montaže na armirano betonski ram, koji je nakon monolitizacije konstrukcije uklonjen.



Slika 10. Sjeverni dio konstrukcije



Slika 11. Južni dio, vidi se skela i dio rampe

Greda opasana sajlama, koje su provučene kroz četiri rupe probušene u ploči, je sa platforme, na kojoj je izbetonirana, do mjesta montaže prenešena pomoću dvije autodizalice. Prenos je izvršen u šest odizanja i spištanja. Poslije svakog spuštanja je kontrolisano da li se u gredi eventualno pojavljuju prsline.



Slika 12. Greda u trenutku odizanja sa skele



Slika 13. Jedna od faza prenosa grede



Slika 14. Greda neposredno pred konačno postavljanje Slika 15. Greda postavljena na AB ramove

Nakon nalijeganja grede na armiranobetonske ramove skele izvršena je monolitizacija grede i „konzolnih“ djelova konstrukcije. Mjesto monolitizacije konstrukcije je zona najmanjih momenata. Ugrađeni beton u ovoj zoni je beton po recepturi kao u ostalom dijelu konstrukcije uz dodatak aditiva za kompenzaciju skupljanja. Skela mosta spuštena je dvedeset dana nakon završetka faze monolitizacije konstrukcije.



Slika 16. Pogled na južni oporac i dio rampe

Slika 17. Jedan od pogleda na most

5. ZAKLJUČAK

Pješački most je „Zabjelo“ u konstruktivnom smislu ramovska konstrukcija sa lučnom gredom, raspon ramovske konstrukcije je 34.0 m. Radovi na mostu su u završnoj fazi i trebalo bi da budu okončani do kraja oktobra 2006. godine.

6. LITERATURA

1. Radovanović Ž., "Konkursni rad za izgradnju nadzemnog prelaza na sobračajnom pravcu Voisavljevića (put JNA) Zabjelo", Podgorica, 2004.
2. Radovanović Ž., "Glavni projekat nadzemnog prelaza na sobračajnom pravcu Voisavljevića (put JNA) Zabjelo", Podgorica, 2005.
3. Radovanović Ž., "Idejna rješenja tri pješačka mosta u Podgorici", Materijali i konstrukcije, oktobar 2005.

Željko Gašparović¹

ISKUSTVA KOD PRIMENE FASADNE PVC STOLARIJE U OBNOVI ŠKOLA NA PODRUČJU BEOGRADA

Rezime: Ovaj rad je nastao iz saradnje sa investitorom, projektantima i proizvođačima građevinske stolarije na projektima zamene stare stolarije novom PVC stolarijom. Prilikom izrade projekta obnove fasadne stolarije morali su se poštovati brojni uslovi, odnosno činjenice radi zadovoljenja postavljenih arhitektonskih i funkcionalnih zahteva. Potreba za obnovom postojećih školskih objekata pojavljuje se poslednjih godina kao rezultat promena u načinu života, urbane kulture i dotrajalosti objekata.

Ključne reči: Sanacija, škola, prozor

PRACTICES WITH THE APPLICATION OF PVC FACADE JOINERY IN SCHOOL RENOVATION ON THE TERRITORY OF BELGRADE

Summary: This paper is a product of cooperation with investors, project designers and construction joinery manufactures while working on replacement of the old joinery with the PVC one. While developing a project of facade joinery renovation, a number of conditions had to be fulfilled, i.e. factors influencing response to assigned architectural and functional requirements. The need for renovation of present school buildings arose in the past couple of years as a result of change in lifestyle, urban culture and dilapidation of such buildings.

Key words: Sanation, school, window

¹ Titula i zvanje autora, adresa ustanove ili lična adresa autora. (Stil **Footnote Text**)

1. UVOD

Aktuelni trend na preispitivanju i unapređenju kvaliteta postojećeg građevinskog fonda, što u datim okvirima podrazumeva različite vidove obnove i unapređenja objekata, počevši od njegovih pojedinačnih elemenata, do restruktuisanja čitavih urbanih blokova, uz harmonizaciju zakona i propisa, otkriva probleme graditeljske aktivnosti u postojećim objektima. Stanje u kojem se nalazi postojeći građevinski fond pokazuje da pitanje njegovog održavanja treba da na znatno aktivniji i određeniji način postane predmet pažnje odgovarajuće regulative.

Kao svaka materijalna vrednost i građevinski fond podleže zakonitostima amortizacije, te vremenski gubi upotrebnu vrednost i zahteva povećane troškove održavanja, izaziva pad rentabiliteta korišćenja i navodi na potrebu za intervencijom. Današnje stanje građevinskog fonda u velikoj meri je posledica pažnje koja im je godinama poklanjana a ona je u srazmeri sa opštim kulturnim nivom društva, odnosno određene sredine.

Obnova podrazumeva maksimalno i racionalno korišćenje postojećih ekonomskih i društvenih vrednosti, odnosno građevinskog fonda za novi vremenski period. Obnova postojećih izgrađenih struktura sa identitetom ima privrednu i ekološku prednost pred novogradnjom, racionalnija je u upotrebi prostora, sredstava i energije i manje opterećuje okolinu.

Obnova objekata u Beogradu je unikatni posao jer su svi objekti različiti, neki su zazidani a neki pod zaštitom institucija za zaštitu spomenika. U toku obnove se češće nego pri novogradnji otkrivaju nedostaci, iskrsavaju problemi i nove ideje. Za savremeni način života, objekti imaju dosta nedostataka koje kod obnove treba u okviru datih mogućnosti otkloniti: zastarele sanitarne čvorove, slabe i neodgovarajuće instalacije, neizolovane prozore, vlažne zidove, krovove koji prokišnjavaju i zastarele gromobranske instalacije.

2. ZATEČENO STANJE U ŠKOLAMA I PREDUZETE MERE

Nezadovoljavajuće stanje u pogledu održavanja školskih objekata, prisutno već godinama u Beogradu, u mnogim objektima dovelo je u pitanje sigurnost i bezbednost učenika. S obzirom na starost i zapuštenost školskih objekata kod nas, bilo je krajnje vreme da se, uz stručni nadzor pristupi sanaciji postojećih objekata u cilju poboljšanja uslova rada. Pristup obnovi danas ima izrazitu tendenciju potpunijeg i adekvatnijeg odnosa prema postojećim vrednostima, koji se odražava kako u potpunijoj politici zaštite obrazovnih dobara, tako i u politici izgradnje i rekonstrukcije grada.

Kako su škole bile tretirane kao društvene, odnos prema održavanju elemenata objekata u koje spadaju prozori i vrata, bio je takav da se nije vodilo računa o redovnoj zaštiti drveta pa su se prozori vremenom rasušili a spojnice povećale usled čega je povećano i produvanje kroz prozore.

Imajući u vidu trajnost materijala za izradu stolarije, za objekte zidane pre 30-40 godina, može se reći da je bilo vreme da se izvrši kompletna rekonstrukcija građevinske stolarije kako bi se dobili zadovoljavajući funkcionalni i estetski rezultati.

Na ovom problemu se u zemljama zapadne Evrope veoma uspešno radi. Dotrajali prozori od drveta zamenjuju se prozorima od plastike, koji po obliku odgovaraju prethodnim, ne ugrožavajući izgled objekta. Moderna plastika se uglavnom probila u starim objektima. Plastični prozori su idealni za stara zdanja. Najmodernija

građevinska fizika nalazi se u najosetljivijem delu objekta, štiti od buke i trajno smanjuje troškove grejanja, klimatizacije i održavanja.

Akcija započeta 2000/2001. godine donacijom Evropske unije pod sloganom „Škole za demokratiju“ obuhvatala je obnovu zapuštenih školskih objekata tokom proteklih godina. Pod tom akcijom podrazumevalo se zamena stolarije, saniranje ravnih krovova koji su prokišnjavali, saniranje ruiniranih vlažnih fasada, saniranje zapuštenih i propalih sanitarnih čvorova, zamena dotrajalog nameštaja i opreme i nabavka nastavnih sredstava.

Gradska uprava grada Beograda je evidentirala oko 280 osnovnih i srednjih škola koje su imale potrebu za intervencijama u smislu poboljšanja uslova za korišćenje školskih objekata. Izvršeno je razvrstavanje po vrstama intervencija: zamene fasadne stolarije, saniranje fasadnih zidova, zamene dotrajale infrastrukture, zamena krovnog pokrivača, dogradnja fiskulturnih sala tamo gde nije bilo itd.

Za određeni broj škola Sekretarijat za obrazovanje grada Beograda pokrenuo je akciju zamene dotrajale fasadne stolarije novom PVC stolarijom u smislu lakšeg održavanja stolarije i znatnije uštede energije za zagrevanje školskih objekata. Poboljšanje energetskih performansi prozora i vrata postojećih objekata je jedna od mera u postupcima obnove i unapređenja ovih objekata. Od evidentiranih 280 osnovnih i srednjih škola do sada je obrađeno 150 škola.

Evidentiranjem svih škola koje imaju potrebu za poboljšanjem uslova rada, razvrstava se po stepenu oštećenja, neodržavanja u grupe neophodnih intervencija. Na ravnopravnoj osnovi, škole se rangiraju po vrsti intervencije i raspoređuju se projektnim organizacijama sa licencama. Po dobijtu projektne dokumentacije, otvaraju se tenderi za izbor izvođača po vrstama intervencije. Cilj tendera jeste da se dobije najpovoljnija ponuda koja se uklapa u predviđeni budžet. Po zakonu o javnim nabavkama postoje dve vrste nabavke: male i velike nabavne vrednosti. Po izboru najpovoljnijeg izvođača i potpisivanja ugovora na ponuđenu investicionu vrednost pristupa se procesu intervencije odnosno izvođenju određenih građevinsko-zanatskih radova.

U toku izvođenja radova vrši se stručni nadzor koji nadzire radove po predviđenom projektu i eventualno se koriguju neke pozicije ako se smatra da će dati bolje rešenje od datog u projektu. U tu svrhu mora da postoji tesna saradnja između projektanta, nadzornog organa i izvođača. Često se dešava da ima nekih odstupanja od projekta ili se dopunski predvidi što nije dato projektom koji mogu doći do limitiranih finansijskih sredstava.

Izdvojeni radovi koji po svojoj prirodi spadaju u grupu radova na investicionom održavanju školskih objekata nije samo u funkciji osposobljavanja objekta za normalno korišćenje, već je od znatno većeg značaja jer se njihovim izvođenjem sprečava i otklanja opasnost po život i zdravlje učenika odnosno obezbeđuje sigurnost korisnika škole i okoline.

3. UZROCI I MESTA TOPLOTNIH GUBITAKA KROZ PROZORE

Značajnu ulogu u toplotnim gubicima imaju prozori. Kod najvećeg broja škola kod nas ugrađeni su prozori sa dvostrukim staklom kod kojih je koeficijent provodljivosti toplote (K) oko pet puta veći nego kod zidova.

Konstatovano je da skoro svaki prozor u zimskom periodu ne zadovoljava funkciju toplotne zaštite, te je potrebno da se u smislu poboljšanja stanja ukaže na mesta

koja prouzrokuju neprijatna strujanja hladnog vazduha u okolini prozora, stvaraju toplotne gubitke i utisak hladnoće u blizini prozora. Realni gubici se ostvaruju:

- a – usled transmisivnih sposobnosti stakla, doprozornika i krila
- b – kroz spoj između krila i stakla
- c – kroz spoj između doprozornika i krila
- d – kroz spoj između doprozornika i zida
- e – kroz kutiju za „Eslinger“ roletnu.

a – Gubici toplote kroz prozore ostvaruju se u najvećoj meri transmisijom: količina toplote koja usled različite temperature spolja-unutra prelazi preko rama i stakla u spoljašnji prostor. Karakteristika veličina za ovu količinu je vrednost K. Koeficijent K kao merilo za prolaz toplote kroz prozore primenjuje se po važećem JUS-u U J5.600. Ukoliko je vrednost (K) niža, konstrukcija prozora ima bolje karakteristike u odnosu na toplotne gubitke. Na ukupne gubitke utiču:

- a – faktori samog prozora: konstrukcija prozora, veličina prozora, vrsta zastakljenja i vrste zaštite za prozore – zastori.
- b - spoljni faktori: lokacija objekta, orijentacija objekta, osunčanje, vetrovi i temperatura okoline.

Jednostruko staklo za naše klimatske uslove ne zadovoljava, jer ono ima koeficijent $K = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, dok kod dvostrukog stakla je upola manji koeficijent. Kod drveta i plastike koeficijent (K) okvira je manji od $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Postavljanjem roletne sa spoljne strane prozora umanjuju se gubici za 10%. Postavljanjem toplotno izolacionog zastora sa unutrašnje strane prozora gubici se umanjuju za 38%, specijalne reflektujuće folije smanjuju za 100% (vrednost K je $0,8-1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$). Specijalna stakla stvaraju koeficijent ($K = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$). Bolja toplotna zaštita od toplotnih gubitaka postiže se povećanjem broja stakala (trostruko, četvorostaklo) ili primenom specijalnih vrsta stakala (izolaciono staklo sa ispunom od plemenitog gasa) – niže za 10-15% koeficijent.

U Beogradu koji ima prosečno 140 vetrovitih dana a od toga 20 dana sa kišom, uobičajena je primena prozora sa dvostrukim staklima, tj. prozora sa dvostrukim izolacionim staklom (u poslednjih 25 godina).

Kod prozora sa izolacionim staklom proizvođači preporučuju poštovanje određenih uslova da bi otpornost na nepropustljivost i hermetičnost bila zadovoljena.

- c – Transmisioni gubici kroz doprozornik i krilo zavise od primenjenih materijala
- d – Kod uticaja spoja između doprozornika i zida na toplotne gubitke poznavanje osnovnih funkcionalnih, estetskih i tehničkih zahteva koje mora da ispunjava prozor kao element fasade definiše se kroz dobro konstruisan detalj. Nažalost, u našoj praksi spoj između doprozornika i zida predstavlja mesto velikih toplotnih gubitaka usled prodiranja iz više razloga:
 - zidarski otvor – je veći od projektovanog, prozor se ugrađuje u takav otvor a preostale šupljine se ili popunjavaju ili često samo pokrivaju prozorskom letvicom (lajsnom),
 - prozor ugrađen u otvor bez zuba ima mogućnost većeg prodiranja,
 - na spoju zida i doprozornika ne postavljaju se odgovarajuće zaptivke.
- e – Primena eslinger roletni nije predviđena u školama. Primenjuje se platneni zastor za sprečavanje prejakog sunca.

4. KARAKTERISTIKE MATERIJALA I PRIMENA PVC STOLARIJE

Stolarija od drveta, PVC-a i aluminijuma ima svoje vrline i mane. Cena obično određuje koja vrsta će se primeniti.

DRVENA STOLARIJA poseduje izuzetne toplotne karakteristike. Zbog lake obrade mogući su razni oblici a oštećenja se lako saniraju. Od lamelnih profila, smanjuje se izvijanje dok dihtovanje dodatno podižu falcevi sa zaptivnim gumama. Međutim, cena tako kvalitetne obrade izuzetno je visoka.

Sa druge strane, drvo je osetljivo na vlagu, bubrenje i vitoperenje. Usled promene vlažnosti vazduha, drvo bubri ili se suši, pa popuštaju spojevi, labave okovi, ili rukovanje postaje sve teže. Napadaju ga štetočina od kojih može da se zaštititi ali taj postupak treba periodično ponavljati, farbanje takođe nije trajno. Boju bi trebalo osvežiti ili obnoviti svake dve godine. Prosečna trajnost drvene stolarije je oko 20 godina.

PVC STOLARIJA doživljava bum na našem tržištu poslednjih pet godina zahvaljujući pristupačnoj ceni i sve prisutnim reklamama. Najviše je uvoznih profila poznatih evropskih proizvođača ali ima i profila sumnjivog porekla i kvaliteta. Po toplotnoj provodljivosti PVC stolarija je izjednačena sa slabijom drvenom. Ugaoni spojevi su zavareni tako da dobro dihtuju, a profili već ofarbani u masi tako da nema farbanja. PVC ne reaguje na vlagu, otporan je na slabe kiseline i baze i teško gori. Cena je 30-40% veća u odnosu na drvenu stolariju, ali su u cenu najčešće uračunati transport, montaža i zastakljivanje.

Danas se ALUMINIJUMSKI PROFILI uglavnom uvoze. Čvrsti su i trajni, ali su po toplotnim karakteristikama slabiji od PVC-a. Završna obrada površine je eloksaža ili elektrostatsko farbanje sa pečenjem – plastifikacija. Eloksaža svodi troškove održavanja na minimum, dok plastifikacija zavisi od njenog kvaliteta i može izazvati dosta problema ako nije kvalitetna jer su popravke nemoguće. Mehanička oštećenja su moguća i odražavaju se na lošije dihtovanje. Aluminijumska stolarija je 30-50% skuplja od PVC stolarije i 100% skuplja od drvene.

Izbor PVC stolarije je rezultat istraživanja sa građevinsko-ekonomskih aspekata koji je dao povoljnu ocenu za primenu u našim sadašnjim uslovima.

U odnosu na druge materijale (drvo, aluminijum) prednost PVC se ogleda u njegovim pozitivnim karakteristikama. Budući da su plastični prozori potvrdili u praksi svoje prednosti u odnosu na prozore od drugih materijala, primena im je svakim danom sve veća.

Primena plastičnih prozora u našoj zemlji je novijeg datuma, dok na zapadu postoji iskustvo od preko 40 godina za koje vreme nigde nisu zabeleženi slučajevi da su prozorski ramovi od PVC-a imali štetno dejstvo na zdravlje, da su npr. izazivali alergiju.

Iako postoji veći broj različitih profila za proizvodnju prozora, osnovna su dva principa njihove konstrukcije: jednokomorni i višekomorni (oba omogućavaju izradu prozora različitih veličina, oblika i načina otvaranja).

5. ISKUSTVA STEĆENA U PRAKSI (PROJEKTOVANJE I NADZOR)

Akcija zamene stare drvene stolarije novom PVC stolarijom započeta je izradom potrebne tehničke dokumentacije i to:

1. Grafičkih priloga sa predmerom i predračunom za kalkulantsko utvrđivanje broja pozicija i finansijskog efekta. Svrha je bila da se utvrdi finansijska konstrukcija za

svaku školu koja je trebala da se izdvoji iz fonda namenjena za ovakvu vrstu intervencije.

2. Utvrđivanjem postojećeg stanja sa prikazom šema određenih pozicija (osnove, šeme).
3. Eventualnim korigovanjem određenih šema pozicija u smislu smanjenja broja krila za otvaranje i pretvaranje u fiksna polja. Ovo je trebalo uraditi obazrivo sa postizanjem efekta uštede energije i zadovoljenja potrebne ventilacije prostorije..
4. Izbor pocinkovanog lima umesto bakarnog je iz finansijskog razloga.
5. Traženo je da se iz sigurnosnih razloga na ulaznim vratima predvide sigurnosna stakla i da se krila otvaraju prema spoljnoj sredini.
6. Organizacija izvođenja radova podrazumeva: demontažu stare stolarije, montažu nove stolarije, obradu zidnih površina oštećenih u fazi demontaže (kako koji tip prozora što zavisi od sklopa između zida i prozora), obrade spoljnih i unutrašnjih solbanaka (od lima i mermera), do molersko farbarskih radova zidova i rešetki gde ih ima.
7. Svaka faza je imala minimalno vreme izrade sa odgovarajućim brojem ljudi u svakoj fazi rada. To je odgovaralo i zbog neometanja nastave – samo minimalno – onoliko koliko je bilo potrebno (neophodno).
8. Postojeća tehnika ugradnje stolarije je zasnovana isključivo na iskustvu dok su sve operacione faze testirane unapred
9. Nadzorni organ je proveravanjem projektne dokumentacije i na licu mesta sa izvođačem korigovao određene šeme iz tehnoloških i praktičnih razloga. To je poboljšavalo kako u oblikovnom smislu tako i u uštedi energije.
10. U korigovanju šeme bilo je reči i o izboru stakala iz ekonomskih i praktičnih razloga. Na primer: gde nije potrebno vraćati rešetke spolja ili unutra ako se ugrade ili lexan ili armirano staklo sa flot staklom koji čini termopan staklo, ili ornament staklo radi smanjenja efekta sunca ili sprečavanja pogleda izvana unutra od suseda i obrnuto.
11. Posmatranjem i usmenim sugestijama boravišnih korisnika zapaženo je da u prostorijama sa ugrađenim starijim profilima PVC-a ima povećane vlažnosti što dovodi do pretpostavke da treba napraviti neki režim ventilacije za ugodan boravak u prostoriji.

6. ZAKLJUČAK

Značajnu ulogu u toplotnim gubicima imaju prozori. Kod najvećeg broja škola kod nas ugrađeni su prozori sa dvostrukim staklom kod kojih je koeficijent provodljivosti toplote (K) oko pet puta veći nego kod zidova. Gubici toplote kroz prozore su još veći, ako se zna da se usled nesavesnog izvođenja odnosno ugradnje prozora i neodgovarajućih zaptivki oni povećavaju.

Savremena gradnja stavlja pred sastave prozora i vrata mnoštvo zahteva, pri čemu su vrhunska toplotna i zvučna izolacija samo osnovni kriterijum. Dizajn, visoka stabilnost, ekonomičnost, široke mogućnosti korišćenja boja predstavljaju podjednako važne tačke pri izboru odgovarajućeg sastava. Energetski pojačani prozori poboljšavaju komfor tokom zime, pojačavajući površinsku temperaturu i kao nepropusni smanjuju promaju.

S obzirom da je energija danas skupa, a biće još skuplja, moramo nastojati da rekonstrukcijom starih objekata i načinom planiranja, projektovanja i izvođenja novih objekata, doprinesemo smanjenju toplotnih gubitaka iz škola. Kod prozora kao mesta

najvećih toplotnih gubitaka iz prostorija, potrebno je definisati mesta i uzroke toplotnih gubitaka i načine zaštite od njih.

Principi projektovanja elemenata za zaštitu prostorije od sunčevog zračenja:

- potrebno je uvažavati aspekte građevinske fizike, što podrazumeva ispravno ekonomisanje energijom,
- odmeriti težinu različitih i veoma često kontradiktornih zahteva da bi se ostvario razumni sklad.

Pošto je ova akcija vođena samo za fasadnu stolariju, efekat uštede nije obuhvatio fasadne zidove koji su eventualno ostavljeni za drugu priliku ili ne. Efekat bi bio potpuniji kada bi se sanacija vršila kompletno na objektu.

Svaka škola trebala bi da se analizira po termičkom svojstvu sklopa da bi se utvrdila vrednost koeficijenta provodljivosti toplote.

Kako smo suočeni sa nestašicom drveta kao prirodnog materijala i njegovom sve višom cenom, ostaje mogućnost šire proizvodnje prozora od plastike koji su u Evropi usvojeni i preporučeni za primenu u školama i kod rekonstrukcije starih objekata.

Zahvaljujući naprednoj tehnologiji proizvođači prave profile od tzv. 20. generacije polimera koji se razlikuju od 16-17. generacije po UV stabiliziranosti, ekološki prihvatljivim punilima koji su manje štetni za čoveka, temperaturnoj stabilnosti, povećanoj elastičnosti i dr.

7. LITERATURA

1. 1. Gašparović Ž: „Sanacija osnovne škole u naselju Cerak Vinogradi u Beogradu“, *Zbornik radova* sa skupa „Procedura i problematika izgradnje objekata“, Gradski zavod za veštačenja u Beogradu, Arandelovac, 223-227, (2003)
2. 2. Gašparović Ž, Džordeski A: „Primena fasadne PVC stolarije kod obnove škola na području Beograda“, *Zbornik radova* sa 9. naučnog skupa „Planiranje, projektovanje, građenje i obnova graditeljstva“ INDIS 2003, Novi Sad, 153-159, (2003)
3. 3. Marketingški materijali raznih proizvođača PVC stolarije (Veka, Trocal, Thyssen, Kommerling)
4. 4. Stanković S: „Primena savremenih tipova prozora kod sanacija i rekonstrukcija zgrada na primeru zgrade SMIP-a u Beogradu“, *Zbornik radova* sa skupa „Problemi izgradnje i vrednovanja objekata“, Editori: Živojin Prašević....(i dr.), Građevinski fakultet Beograd, 118-124, (2000)
5. 5. Dr Škopalj D: „Katalog za projektante – plastični fasadni prozori i vrata“, „Vujić“, Valjevo, (2002)
6. 6. „Održavanje, obnova i rekonstrukcija objekata višeporodičnog stanovanja i poslovanja“ – preporuke, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, Ministarstvo urbanizma i građevina Republike Srbije, Beograd, (2003)
7. 7. Graditeljstvo GO 21-br.4/2006, Zagreb

Željko Žugić¹

DINAMIČKA ANALIZA OŠTEĆENOG TV TORNJA IRIŠKI VENAC NA FRUŠKOJ GORI

Rezime: U radu je prikazana je dinamička analiza Televizijskog tornja Iriški Venac na Fruškoj gori, sa akcentom na proračun od uticaja seizmičkih sila, koji je rađen po Evrokodu 8. Analiza je sprovedena u okviru diplomskog - master rada "Procena stanja i sanaciono rešenje televizijskog tornja "Iriški Venac" na Fruškoj Gori". Rađena je komparativna analiza dinamičkih parametara trenutnog stanja i sanirane (neoštećene) konstrukcije, na osnovu čega je i donet zaključak o merama koje su prioritetne pri sanaciji. Seizmički proračun je rađen je spektralno modalnom analizom u programskom paketu Axis VM8.

Ključne reči: Dinamička analiza, seizmički proračun, modeliranje oštećenja, procena stanja, sanacija

DYNAMIC ANALYSIS OF DAMAGED TV TOWER PLACED ON "FRUŠKA GORA",

Summary: In this paper, dynamic analysis of Radio Television Novi Sad's TV Tower Placed in the National Park "Fruška Gora", is shown, with an emphasis on the seismic analysis using Eurocode 8. The analysis was done as a part of Master thesis Assesment and repair design of TV Tower "Iriški Venac" on Fruška Gora". Also the comparison between the dynamic parameters of actual condition and undamaged Tower was done. Considering these results the conclusion was made, which interventions have more priority. The seismic analysis was done using spectral modal method in Axis VM8.

Key words: dynamic analysis, seismic analysis, damage modeling, assesment, repair,

¹ Direktor, M. Sc., dipl.inž.građ., Žis, biro za arhitekturu, građevinarstvo, promet i ugostiteljstvo, Stojana Jankovića 10, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: zugadin@yahoo.com, fax: + 381 11 563 773

1. OPŠTI PODACI O OBJEKTU

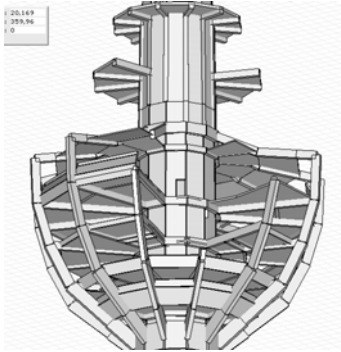
Projektanti objekta su: dipl. ing. arh. Uglješa Bogunović, i dipl. ing. arh. Slobodan Janjić, iz firme “Vatrostalna” Zenica. Konstruktor je akademik ing. Milan Krstić. Kompleks je izgrađen u periodu od 1974-78. godine. Investitor(vlasnik) je Radio Televizija Srbije (RTV Novi Sad) i izgrađen je u funkciji nosača TV, UKT i paraboličnih antena. Kompleks predajnika se sastojao od nekoliko objekata : antenski stub sa gondolom i prilaznom konstrukcijom kao jedna celina, i drugi deo nezavisna konstrukcija, poslovni objekat sa strane. U toku bombardovanja došlo je značajnih oštećenja na celom kompleksu pri čemu je doneta odluka da se neki delovi -interventno saniraju (armirano betonski plašt), sruše i raščiste (pilazna konstrukcija i parterni poslovni objekat) ili dovedu u takvo stanje da ne predstavljaju opasnost po okolinu uz naknadnu analizu (gondola i pomoćne platforme).



Slika 1. TV toranj na Fruškoj gori

2. IZRADA DINAMIČKOG MODELA

Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda, svi oštećeni konstruktivni elementi u kondoli su modelirani sa konstatovanom geometrijom. Iz dinamičkog modela su izuzeti odvaljeni delovi ploča, što će se verovatno odraziti na dinamičke parametre. Ova aproksimacija je urađena jer je praktično nemoguće odrediti kako bi pri eventualnoj dinamičkoj pobudi odvaljeni delovi oscilovali tj. kako bi delovali na stabilni deo konstrukcije. Njihovo dejstvo je aplicirano kao statičko opterećenje na stabilni deo konstrukcije. Bitno je naglasiti su inervencijom 2005. godine najveći deo ovih elemenata uklonjen, te se može smatrati da je uticaj preostalih delova na globalne dinamičke parametre zamemarljiv.



Slika 2. Model oštećene konstrukcije



Slika 3. Izgled oštećene konstrukcije

3. SEIZMIČKI PRORAČUN

Seizmički proračun spoveden je spektralno modalnom analizom. Odabir metode je bio uslovljen pre svega mogućnostima programskog paketa kao i nepostojanjem podataka o ranijim zemljotresima na posmatranom području.

Ulazni seizmički podaci			
Faktor značaja objekta	γ_I	1.4	Objekat od velikog značaja
Ubrzanje osnovne stene	a_g	0.2g	VIII seizmička zona
Lokalno tlo	S	klasa A	Stena
Konstrukcijski sistem, primenjeni materijali			
Osnovna vrednost faktora ponašanja	q_0	2.0	Približno sistemu obrnutog klatna

Tabela 1. Ulazni parametri za seizmički proračun

Na osnovu ulaznih podataka, dobijamo vrednost multiplikatora ubrzanja a_g

$$C=1.0 \quad (\text{stena, brzina prostiranja smičućih talasa } V_s \geq 800 \text{ m/s})$$

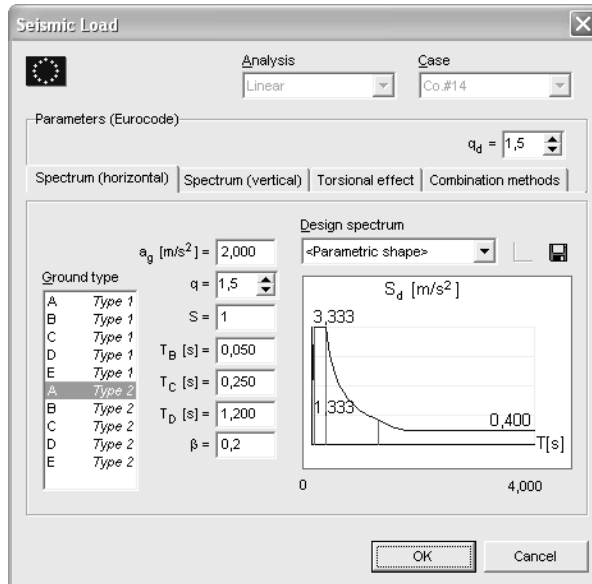
Ukupna vrednost faktora ponašanja se dobija iz izraza:

$$q = q_0 k_D k_R k_W (1.5 \leq q \leq q_0)$$

Analizom planova armature u zoni kritičnih preseka, posebno detalja armiranja nije primećena poseban stepen obrade datalja, što je i logično imajući u vidu vreme u kojem je objekat projektovan. Ako bi objekat svrstali u srednju klasu duktilnosti ($k_D = 0.75$), konačna vrednost faktora redukcije bi bila minimalna tako da je kao ulazni podatak uzeto.

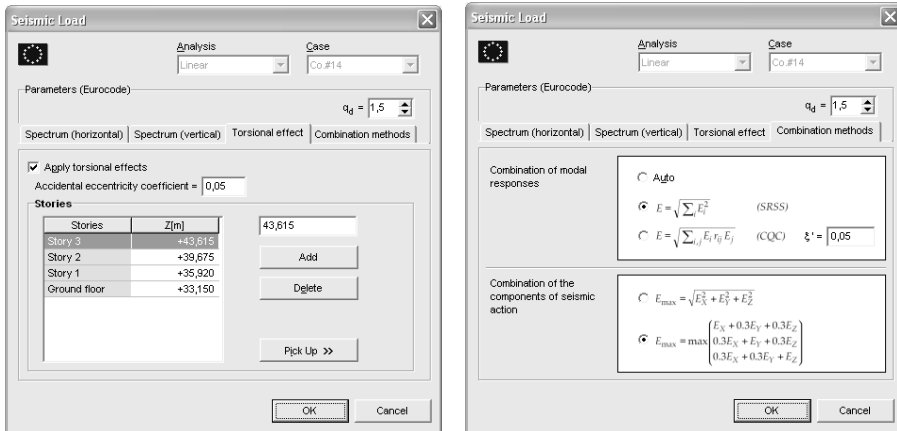
$$q = q_{\min} = 1.5$$

Imajući u vidu fizičko značenje faktora redukcije, ovakav pristup će adekvatan i sa aspekta maksimalnih pomeranja (upotrebljivosti) koja su za ovaj tip objekta veoma značajna.



Slika 4. parametri spektra odgovora

Pri analizi je uzet u obzir, veći broj tonova od preporuke Evrokoda, kako bi se sprovela komparativna dinamička analiza oštećene i neoštećene konstrukcije. Torzija u osnovi je uzeta sa slučajnim intezitetom spratne mase $e_{li} = 0.05$, dok su vertikalne oscilacije zanemarene.



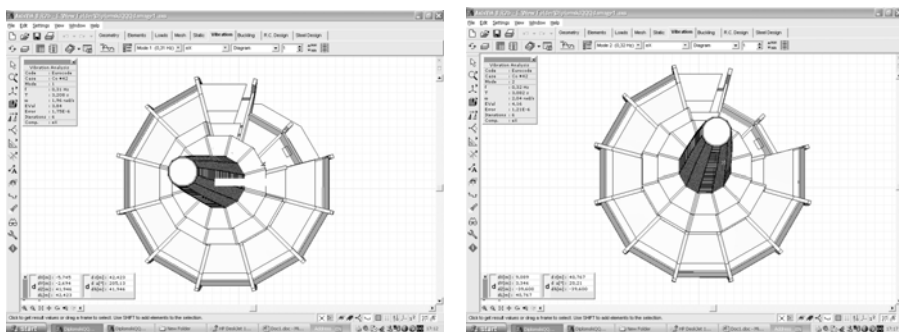
Slike 5,6. usvojeni efekti torzije i izabrane metode kombinovanja modalnih odgovora

4. ANALIZA DOBIJEBNIH REZULTATA

Komparativnom analizom rezultata dobijenih statičkim i dinamičkim proračunom, oštećene konstrukcije i konstrukcije vraćene na prvobitno stanje(sanirane), evidentno je da ne postoje značajna odstupanja u dobijenim rezultatima. Odvaljeni delovi pregradnih zidova, kao i delovi gondole koji nedostaju predstavljaju samo lokalnu opasnost, i ugrožavaju isključivo funkcionalnost konstrukcije.

	Oštećena konstrukcija	Sanirana konstrukcija
Frekvencija prvog tona oscilovanja	0.31 Hz	0.30 Hz
Frekvencija drugog tona oscilovanja	0.32 Hz	0.31 Hz
Potrebna horizontalna armatura u kritičnom preseku	89.32 cm ² /m'	88.37 cm ² /m'
Potrebna horizontalna armatura u kritičnom preseku	73.37 cm ² /m'	72.25 cm ² /m'
Maksimalno pomeranje u X pravcu	95.88 cm	100.55 cm
Maksimalno pomeranje u Y pravcu	84.82cm	88.98cm

Tabela 2. Komparativna analiza dobijenih rezultata



Slika 7 Pravac oscilovanja prvog i drugog tona oštećene konstrukcije

Svojeviti oblici oscilovanja nižih tonova su prikazani na slikama. Relativno mala odstupanja su nastala i kao posledica razlika u eksploatacionim opterećenjima gondole, sa kojima je sproveden dinamički proračun. Iz tog razloga se kao rezultat dobija da je sopstvena frekfencija oštećene veća od sopstvene frekfencije neoštećene konstrukcije.

Koliki je uticaj eksploatacionog opterećenja govori i podatak da se torzija u osnovi kao peti ton oscilovanja sanirane konstrukcije, ne javlja u prvih pet tonova oscilovanja oštećene konstrukcije, iako je ona prilično neregularna. Iz tog razloga, pri dinamičkom proračunu, za oštećenu konstrukciju uzet je uticaj prvih pet tonova a pri proračunu sanirane sedam.

Sama neregularnost oštećene konstrukcije se ponajviše ogleda u promeni pravaca dominantnih tonova oscilovanja, što je prikazano na slici. Takođe je konstatovana povećana pojava oscilovanja pregradnih zidova zbog delimično narušene veze sa armirano betonskim platom. Ovaj podatak se može pre svega odraziti na upotrebljivost objekta-kao posledica mogu nastati oštećenja na pregradnim zidovima i liftovskoj konstrukciji, pri eventualnim dinamičkim pobudama.

5. LITERATURA

1. Žugić, Ž. Radonjanin V..“Procena stanja i sanaciono rešenje televizijskog tornja “Iriški Venac” na Fruškoj Gori“ Diplomski - master rad Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006.
2. Radonjanin V.,Malešev M.: Praćenje, procena stanja i održavanje građevinskih objekata-skripte sa predavanja.Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005/2006.
3. "The Rout to the Successful Concrete Repair", Concrete Repair Association, 2001
4. Projekat Komplexa TV predajnika "Iriški venac", okvirni statički proračun konstrukcije
5. Chopra, K.A.: Dynamic of Structures – Theory and Applications to Earthquake Engineering. Prentice Hall, New Jersey, 2001.
6. Evrokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1997.
7. Folić R., Lađinović, Đ.: Upporedna analiza Evrokoda 8 za projektovanje seizmički otpornih konstrukcija sa nekim nacionalnim odredbama. Građevinski kalendar 2003, SDGITJ, str. 429-485.

Žikica Tekić, dipl. ing. arh.¹
Saša Đorđević, dipl. ing. arh.²

EKSERASTI METALNI KONEKTER - SAVREMENO MEHANIČKO SPOJNO SREDSTVO U DRVENIM KONSTRUKCIJAMA

Rezime: Standardni tipovi metalnih konektera se proizvode perforacijom lima, gde, u konačnom obliku, delovi lima u obliku zubaca vire iz ravni pločice. Na ovaj način je poprečni i podužni presek pločice konektera oslabljen i time je smanjena njegova nosivost. U zavisnosti od geometrije zupca i debljine lima, kao i položaja zupca u odnosu na pravac pružanja vlakana drveta i pravac delovanja sile, nosivost veze ostvarene metalnim konekterima je različita. Koncept ekserastog metalnog konektera se prvenstveno bazira na eliminisanju nedostataka koji se javljaju usled perforacije lima, kada je u pitanju nosivost veza ostvarenih standardnim tipovima metalnih konektera i predstavlja pokušaj da se napravi savremeno spojno sredstvo, koje treba da omogućiti formiranje kvalitetnih veza, sa aspekta poboljšanja nosivosti i ekonomičnosti primene metalnih konektera u sistemima drvenih struktura.

Ključne reči: Konekter, čvor, nastavak štapa, bočna veza, poprečna veza, eksperimentalno ispitivanje, granična nosivost, dozvoljena nosivost, ekser, ekserasti konekter.

THE NAILED METAL CONNECTOR - CONTEMPORARY MECHANIC MEANS OF CONNECTIONS IN WOODEN STRUCTURE SYSTEMS

Summary: Standard types of metal connectors are produced by perforation of metal plate, and in its final form parts of metal plate are shaped like teeth which stick out from the plate. In this way sections of the metal connectors are weakened and its strength diminished. Depending both on geometry of the teeth and thickness of the metal plate, and on the position of the teeth relating to the direction of stretching of the wood fibres and the applied force direction, the strength of the connections achieved by metal connector vary. The concept of the nailed metal connectors is primarily based on eliminating the shortcomings caused by perforation of metal plate concerning the strength of the standard types of metal connectors and it is an attempt to produce modern means of connection which is supposed to enable forming of connections of high quality in order to increase strength and improve economy of the applying the metal connectors in wooden structure systems.

Key words: Connector, joint, beam extension, lateral connection, transversal connection, experimental research, ultimate tensile strength, yield strength, nail, nailed connectors.

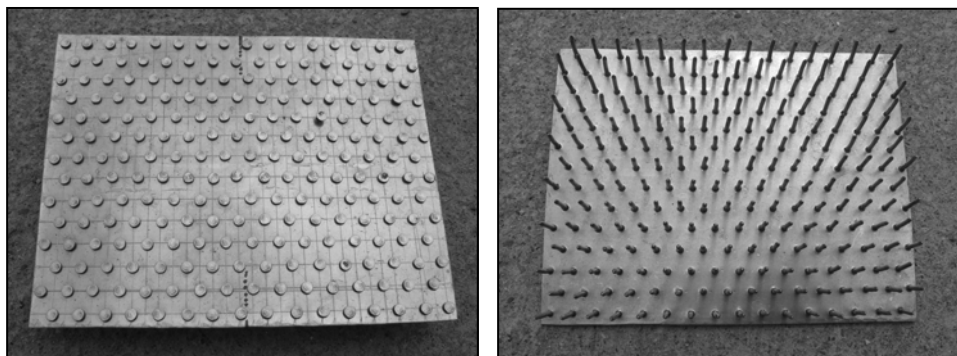
¹ Dr, docent, Arhitektonski fakultet, Beograd

² Asistent pripravnika, Arhitektonski fakultet, Beograd

1. UVODNO OBRAZLOŽENJE

Ekserasti metalni konekter je novo mehaničko spojno sredstvo, koje predstavlja industrijski proizvod, namenjen za ostvarivanje veza drvenih elemenata, odnosno, prefabrikovanu gradnju struktura u drvetu. Primena ekserastog metalnog konektera u drvenim konstrukcijama, treba da eliminiše nedostatke koje imaju standardni tipovi metalnih konektera, koji se proizvode perforacijom lima i izvlačenjem zubaca van ravni lima. Proizvodnja i upotreba ovog spojnog sredstva, u drvenim konstrukcijama, treba da omogući izvođenje kvalitetnih veza, sa aspekta povećanja nosivosti i ekonomičnosti primene metalnih konektera, za ostvarivanje veza između elemenata drvene konstrukcije.

Osnovni problem koji je prisutan kod standardnih tipova metalnih konektera je oslabljenje poprečnog preseka konektera, zbog perforacije lima, odnosno formiranja zubaca. To oslabljenje je različito u dva ortogonalna pravca i u konačnom obliku ima velikog uticaja na nosivost kritičnog preseka konektera (poprečna veza), pri dejstvu aksijalne sile pritiska ili zatezanja. Takođe, oblik i broj zubaca po površini metalne pločice, koji su uslovljeni geometrijom samog konektera, imaju velikog uticaja na nosivost u spoju metal-drvo (bočna veza).



Slika 1. Ekserasti metalni konekter

S obzirom da tehnologija proizvodnje standardnih tipova metalnih konektera neizbežno uslovljava prisutne nedostatke u pogledu nosivosti veza ostvarenih ovim tipovima konektera, pri koncipiranju ekserastog metalnog konektera se polazi od sledećeg:

- treba koristiti eksere kružnog poprečnog preseka, kako bi se eliminisao ugao α (ugao između pravca sile i pravca podužne ose konektera), koji je definisan kod standardnih tipova metalnih konektera. Na taj način bi bio pojednostavljen postupak dimenzionisanja veza (dokaz nosivosti bočne veze), s obzirom da bi se dokaz nosivosti bočne veze sprovodio samo u funkciji ugla β (ugao između pravca sile i pravca podužne ose drvenog štapa),

- treba povećati broj eksera po površini metalne pločice u odnosu na broj zubaca kod standardnih tipova konektera, kako bi se dobila veća nosivost po jedinici površine, zbog većeg broja eksera u vezi, vodeći računa o međusobnim razmacima eksera, kako bi se izbeglo lokalno cepanje drveta na mestu zabijanja eksera,

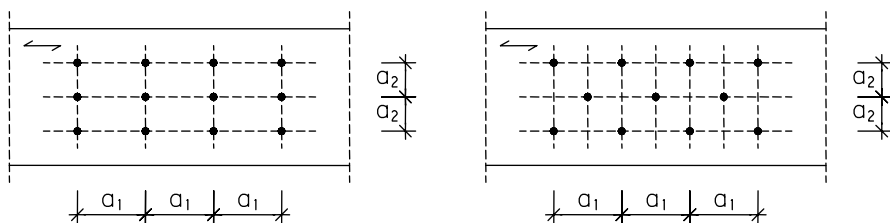
- izabrati odgovarajući prečnik eksera, optimalne dužine, odnosno dubine zabijanja, sa aspekta nosivosti i ekonomičnosti veze,

- u zavisnosti od prečnika upotrebljenog eksera, rasporeda eksera po površini metalne pločice i debljine čeličnog lima, voditi računa o neto površini poprečnog preseka, merodavnoj za dimenzionisanje poprečne veze. S obzirom da je za dimenzionisanje poprečne veze u ovom slučaju dovoljno definisati neto površinu poprečnog preseka, pojednostavljuje se proračun u odnosu na standardne tipove metalnih konektera, time što se eliminiše ugao γ (ugao između pravca podužne ose konektera i pravca sile zatezanja ili pritiska, odnosno, ugao između pravca podužne ose konektera i pravca sile smicanja), kako je već rečeno.

Veza drvenih elemenata, ostvarena pomoću ekserastog metalnog konektera, se može poistovetiti sa vezom ostvarenom na klasičan način, pomoću eksera i čeličnih podveza. Razlika između te dve veze je u tehnici ugrađivanja eksera u drvo. S obzirom na prethodnu konstataciju, nosivost veze ostvarene ekserastim metalnim konekterom bi se mogla odrediti i analitičkim putem, po teoriji dopuštenih napona ili po teoriji granične nosivosti. Pošto se radi o spojnom sredstvu za koje važe posebna pravila, pri konstruisanju i dimenzionisanju veza, nosivost veza ostvarenih ekserastim metalnim konekterom mora biti određena isključivo eksperimentalnim putem.

2. RASPORED EKSERA U VEZI

Konstruisanju ekserastog konektera prethodi analiza međusobnog razmaka eksera u odnosu na pravac drvenih vlakana, po teoriji dopuštenih napona, odnosno po teoriji granične nosivosti. Ova analiza treba da omogući pravilan izbor rasporeda eksera po površini metalne pločice. Na slici 2. i u tabeli 1. su data minimalna rastojanja eksera u vezi, koja su propisana domaćim važećim standardima (JUS) i Evrokodom 5 (EC5). Udaljenja eksera od slobodne ivice štapa (opeterećene i neopterećene) nisu razmatrana u okviru analiza koje slede, s obzirom da bi se uvođenjem zone tolerancije, pri dimenzionisanju veza ostvarenih ekserastim konekterom, kao i kod standardnih tipova metalnih konektera, eliminisao uticaj male udaljenosti eksera od ivice štapa.



Slika 2. Međusobni položaj eksera u vezi

Rastojanje eksera	$\rho_k \leq 420 \text{ kg} / m^3$		$420 < \rho_k \leq 500 \text{ kg} / m^3$	
	Veze drvo - drvo			
	JUS	EC5	JUS	EC5
a_1	$10 \cdot d$	$10 \cdot d$	$10 \cdot d$	$15 \cdot d$
a_2	$5 \cdot d$	$5 \cdot d$	$5 \cdot d$	$5 \cdot d$
	Veze čelik - drvo			
	JUS	EC5	JUS	EC5
a_1	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$5 \cdot d$	$10.5 \cdot d$
a_2	$5 \cdot d$	$3.5 \cdot d$	$5 \cdot d$	$3.5 \cdot d$

Tabela 1. Minimalna rastojanja eksera prečnika $d < 5 \text{ mm}$, bez prethodno izbušenih rupa u drvetu

U prethodnoj tabeli, uvedene oznake imaju sledeća značenja:

- ρ_k - zapreminska masa drveta,
- d - prečnik eksera,
- a_1 - međusobno rastojanje eksera u pravcu vlakana,
- a_2 - međusobno rastojanje eksera upravno na pravac vlakana.

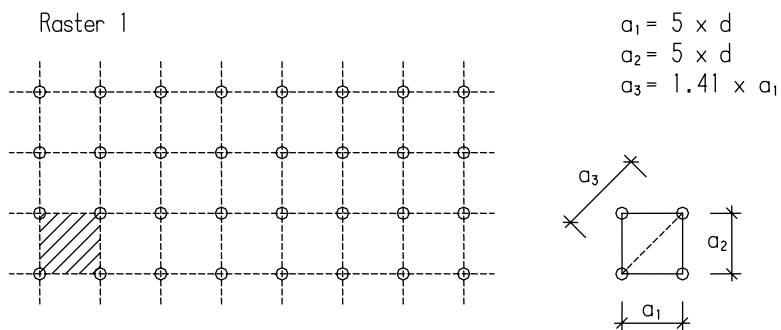
Prikazana minimalna rastojanja eksera u vezi (tabela 1.) nemaju iste vrednosti propisane JUS-om, odnosno Evrokodom 5, što je naravno posledica dva različita pristupa u posmatranju problema. Po Evrokodu 5, minimalno rastojanje u pravcu vlakana je veće nego po JUS-u, dok je minimalno rastojanje upravno na vlakna, nešto manje nego po JUS-u. Definisana minimalna rastojanja, i po JUS-u i po Evrokodu 5, treba da budu osnov pri usvajanju konačnog rasporeda eksera po površini metalne pločice ekserastog konektera.

3. KONCEPT EKSERASTOG METALNOG KONEKTERA

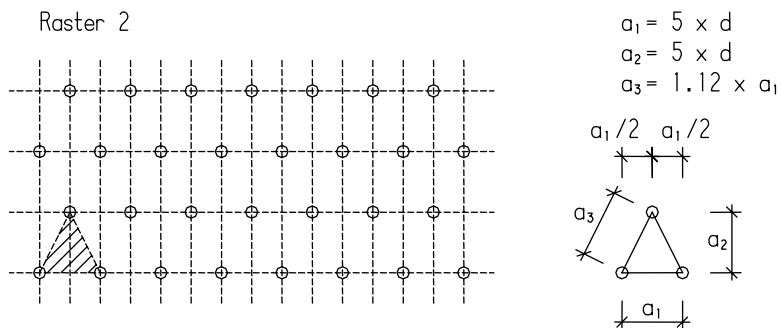
Koncept ekserastog konektera, sa aspekta rasporeda eksera po površini metalne pločice, zasniva se na vrednostima minimalnih rastojanja definisanih JUS-om, odnosno Evrokodom 5, prikazanih u tabeli 1. Ako se pretpostavi upotreba drveta zapreminske mase do 420 kg/m^3 , onda su to sledeće vrednosti:

- JUS, rastojanje u pravcu vlakana $5 \cdot d$, rastojanje upravno na pravac vlakana $5 \cdot d$,
- EC5, rastojanje u pravcu vlakana $7 \cdot d$, rastojanje upravno na pravac vlakana $3.5 \cdot d$.

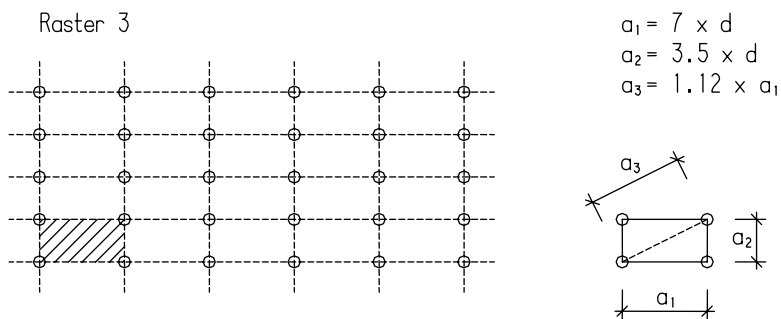
Na osnovu definisanih minimalnih rastojanja eksera, u nastavku rada je dato sedam predloženih rešenja (slika 3. do slika 9.), u okviru kojih bi se, usvajajući raspored eksera po određenim pravilima, formirao raster (mreža) eksera, gde bi se u konačnom obliku usvojilo jedno od predloženih rešenja, uz odgovarajuće obrazloženje.



Slika 3. Mogući raspored eksera - raster 1 (JUS)

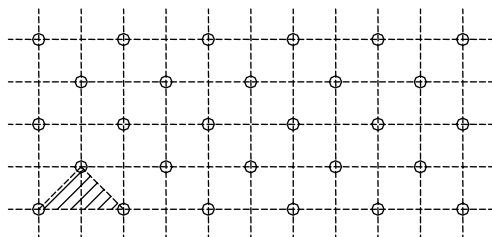


Slika 4. Mogući raspored eksera - raster 2 (JUS)

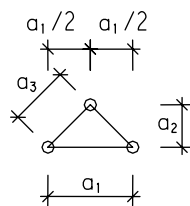


Slika 5. Mogući raspored eksera - raster 3 (EC5)

Raster 4

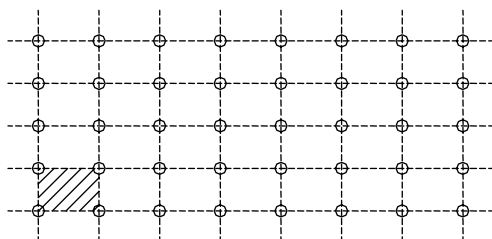


$$\begin{aligned} a_1 &= 7 \times d \\ a_2 &= 3.5 \times d \\ a_3 &= 0.71 \times a_1 \end{aligned}$$

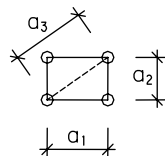


Slika 6. Mogući raspored eksera - raster 4 (EC5)

Raster 5

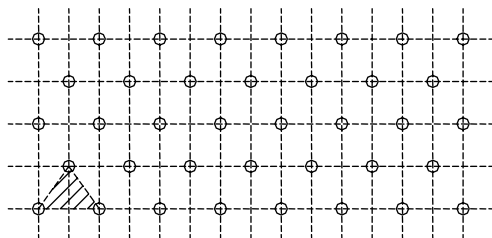


$$\begin{aligned} a_1 &= 5 \times d \\ a_2 &= 3.5 \times d \\ a_3 &= 1.22 \times a_1 \end{aligned}$$

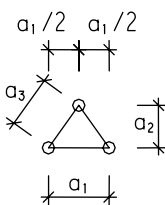


Slika 7. Mogući raspored eksera - raster 5 (JUS + EC5)

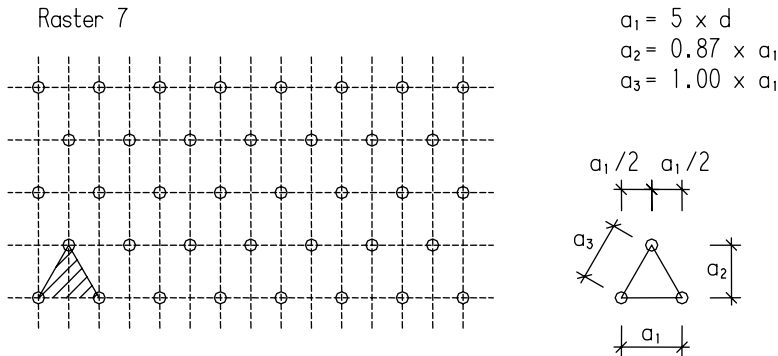
Raster 6



$$\begin{aligned} a_1 &= 5 \times d \\ a_2 &= 3.5 \times d \\ a_3 &= 0.86 \times a_1 \end{aligned}$$



Slika 8. Mogući raspored eksera - raster 6 (JUS + EC5)



Slika 9. Mogući raspored eksera - raster 7

Rasteri eksera koji su predloženi, formirani su od punih ili od naizmeničnih redova, uz primenu minimalnih rastojanja određenih po JUS-u i EC5, odnosno njihovim kombinovanjem. U okviru predloženih rastera vodilo se računa, pre svega, o međusobnom rastojanju eksera u pravcu vlakana (a_1).

S obzirom na to da metalna pločica sa predloženim rasterima može zauzimati proizvoljan položaj u odnosu na pravac vlakana (orijentacija konektera), veličine a_2 i a_3 u određenim položajima pločice, postaju veličina a_1 . To znači da u prikazanim predloženim rasterima, treba eliminisati sve one rastere kod kojih je $a_2 < a_1$ i $a_3 < a_1$, s obzirom na to da u tom slučaju ne bi bio ipoštovan uslov o minimalnom rastojanju eksera u pravcu vlakana. U tabeli 2. su prikazani međusobni odnosi veličina a_1 , a_2 i a_3 .

Raster	a_1	a_2	a_3	Prihvatljivo (da / ne)
1	1.00	$1.00 \cdot a_1$	$1.41 \cdot a_1$	da
2	1.00	-	$1.12 \cdot a_1$	da
3	1.00	$0.50 \cdot a_1$	$1.12 \cdot a_1$	ne
4	1.00	-	$0.71 \cdot a_1$	ne
5	1.00	$0.70 \cdot a_1$	$1.22 \cdot a_1$	ne
6	1.00	-	$0.86 \cdot a_1$	ne
7	1.00	-	$1.00 \cdot a_1$	da

Tabela 2. Međusobni odnos veličina a_1 , a_2 i a_3

Od predloženih rastera, kod kojih je prihvatljiv položaj eksera po površini metalne pločice, izdvojen je raster 7, kao raster koji zadovoljava sve uslove o minimalnim rastojanjima eksera u vezi, odnosno kao raster koji ima najveći broj eksera po cm^2 metalne pločice, što može imati značaja na nosivost ekserastog konektera u spoju metal-drvo.

S obzirom na to da je usvojen jedan od predloženih rastera (raster 7), za eksere određenog prečnika (E 20, E 25 i E 31), koji se predlažu za razmatranje, pri konstruisanju ekserastog metalnog konektera, moguće je u funkciji nosivosti jednog eksera i pripadajuće površine, odrediti nosivost metalne pločice po cm^2 površine. To je jedan od pokazatelja koji treba da uslovi izbor prečnika eksera, koji će biti upotrebljen za formiranje ekserastog konektera.

Pošto je usvajanjem rastera sa veličinom $a_I = 5 \cdot d$, praktično definisan raspored eksera, moguće je tabelarno i grafički predstaviti nosivost ekserastog konektera po jedinici površine. Kako je po Evrokodu 5 veličina $a_I = 7 \cdot d$, ostaje nedoumica da li je usvajanje veličine $a_I = 5 \cdot d$ ispravno, sa aspekta povećanja nosivosti, s obzirom na veći broj eksera u vezi, ali uzimajući u obzir i eventualno lokalno cepanje drveta, zbog manjeg razmaka eksera u pravcu vlakana. To se naravno može zaključiti, samo ako se eksperimentalnim putem proveri i potvrdi jedna ovakva pretpostavka.

Shodno tome, eksperimentalnim ispitivanjem treba obuhvatiti i mogućnost da ekseri budu na većem razmaku tj. da je vrednost $a_I > 5 \cdot d$, kako bi se mogla proveriti ispravnost usvojene veličine $a_I = 5 \cdot d$.

4. LITERATURA

1. Tekić Ž.: "Savremeni koncepti primene metalnih konektera u sistemima drvenih struktura", Doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet, Beograd, 2005. godine.

Damir Zenunović¹, Sejfidin Halilović², Ahmet Imamović³

NEKI ASPEKTI PRORAČUNA RASHLADNIH TORNJEVA, 1.DIO

Rezime: Rashladni tornjevi su konstrukcije koje se veoma malo izučavaju na dodiplomskim studijima i isto tako se oskudno tretiraju u našim važećim propisima. Stoga uvijek postoji opasnost u inženjerskoj praksi od neadekvatnog konstruktivnog i proračunskog tretmana ovakvih konstrukcija, što može dovesti i do potcjenjivanja dejstava. U prvom dijelu ovog rada se daje pregled proračunskih pristupa raznih autora, te osnovne postavke analize rashladnih tornjeva na dominantno dejstvo vjetra, sa osvrtom na dinamičke efekte. U drugom dijelu rada se detaljnije obrazlaže proračun uticaja u oslonačkim štapovima ispod plašta rashladnog tornja. Urađen je proračun na konkretnom primjeru rashladnog tornja u TE Tuzla i usporedba rezultata proračuna primjenom programa SAP, Tower i izraza raznih autora. Na osnovu provedenih analiza daju se preporuke za projektovanje.

Ključne reči: rashladni toranj, dejstvo vjetra, proračun, meridijalna sila, sila smicanja, raspodjela uticaja

SOME ASPECTS OF COOLING TOWER'S CALCULATIONS, PART I

Summary: Cooling tower's are constructions, which are very little researching, on graduate studies and also poorly treating in our prescriptions. Therefore, in engineering praxis is always risk from non-adequate construction and calculation treatment of this, which can lead to underestimate actions. In first part of this paper is given review of calculation approach from different authors, and base thesis of cooling tower's analysis for primary wind action, with turning on dynamic effects. In second part of paper is detail explane of support bar action calculation. Calculation on concrete example of Cooling tower in TE Tuzla are executed and compared of calculation results with applying SAP, Tower programs and forms from different authors. On basis of executed analysis is given design recommendations.

Key words: cooling tower, wind action, calculation, meridian force, shear force, action distribution

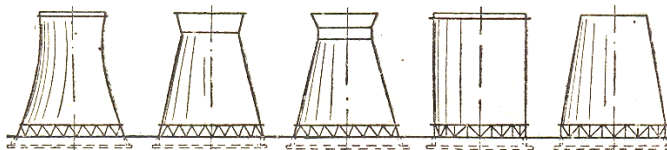
¹ mr.sc., viši asistent, Univerzitet u Tuzli, RGGF, Univerzitetska 2, 75000 Tuzla e-mail: damir.zenunovic@untz.ba

² mr.sc., dipl.inž.građ., ul. Maršala Tita 203, 75000 Tuzla

³ dr.sc., vanredni profesor, Univerzitet u Tuzli, RGGF, Univerzitetska 2, 75000 Tuzla

1 UVODNE NAPOMENE

Rashladni tornjevi su objekti koji se grade u termoelektranama i dio su recirkulacionog sistema vode za hlađenje kondenzatora. Unutar rashladnog tornja je smješteno prskalište, u kojem se voda hladi strujanjem zraka odozdo prema gore. Da bi se osiguralo adekvatno hlađenje, konstrukcija rashladnog tornja mora imati dovoljnu visinu, obično od 80m do 120m. Oblici rashladnih tornjeva mogu biti razni, kako je pokazano na slici 1[1].



Slika 1 – Razni oblici rashladnih tornjeva[1]

Pokazalo se da je rashladni toranj oblika rotacionog hiperboloida najpovoljniji sa tehnološkog i konstruktorskog stanovišta.

U ovom radu su razmatrani armiranobetonski tornjevi oblika rotacionog hiperboloida, i to tornjevi u montažno-monolitnoj izvedbi, kod kojih se oslonački štapovi prefabriciraju i montiraju, dok se ljuska gradi pomoću pomično klizne oplata monolitno, kakav je toranj u TE Ugljevik, ili gdje se «ljuska» sastoji od prefabrikovanih ploča u obliku trokuta, koje se ugrađuju između armiranobetonskih štapova, kao što je toranj u TE Tuzla(vidi sl.2).



Slika 2 – (a) Rashladni toranj 2 TE Tuzla; (b) Oslonački stubovi rashladnog tornja 4 TE Tuzla

Izvedba tornjeva od armiranog betona se pokazuje kao prihvatljiva za visine do 150m. Za tornjeve veće visine ekonomičnije rješenje je izrada plašta kao mrežaste čelične konstrukcije od užadi na koju se postavlja obloga od plastičnih ploča. Takav rashladni toranj je urađen u Schmehausen-u (Njemačka) 1974.godine, visine 180m.

2 ANALIZA UTICAJA NA RASHLADNI TORANJ

Konstrukcija rashladnog tornja je opterećena vlastitom težinom⁴, opterećenjem od vjetra, temperaturne razlike unutar i van tornja, te seizmičkim opterećenjem. Provedene analize raznih autora su pokazale da je opterećenje vjetrom dominantno. Upravo je dejstvo vjetra bilo razlog rušenja tornjeva u Ferrybridge-u, V.Britanija 1965.godine[8], Ayrshire-u, Škotska 1973.godine i Fiddlers Ferry-u, V.Britanija 1984.godine. [5].

Istraživanja koja su provedena nakon rušenja su pokazala da su uzroci bili:

- (a) odstupanje izvedenog oblika tornja od projektovanog,
- (b) mali broj kružnih prstenskih ojačanja – ukrućenja ljuske,
- (c) prethodno postojanje vertikalnih prslina u zidu ljuske,
- (d) velike brzine vjetra u kritičnom smjeru, koje su uzrokovala veća opterećenja od predviđenih propisima.

Uzroci (a), (b) i (c) se direktno odnose na izvođenje i koncept konstrukcije rashladnog tornja, što će biti predmet narednog rada. U ovom radu se detaljnije opisuje uzrok (d).

Kako je vjetar dominantno opterećenje potreban je studiozan, istraživački pristup ovom djelovanju. Potrebno je obuhvatiti sve uticaje vjetra koji imaju značajan efekat na konstrukciju, kao što su pritisak vjetra, sisanje vjetra na zavjetrinskoj strani, aerodinamički efekti (odvajanje vrtloga na zadnjoj strani plašta, turbulentni udari slučajne prirode). Potpuna dinamička analiza za opterećenja stohastičkog karaktera, kakvo je vjetar, je veoma složena, pa se analiza dejstva vjetra uglavnom vrši kao analiza kvazistatičkog opterećenja. Općeniti izraz za aerodinamičko opterećenje vjetrom je oblika:

$$p_w = \text{osnovno dejstvo vjetra} * \text{koeficijent raspodjele vjetra po obimu konstrukcije} * \\ \text{koeficijenti vertikalnog profila vjetra} * \text{koeficijenti dinamičkih efekata}$$

U raznim propisima su različito označeni i definisani pojedini parametri gornjeg izraza, vidi detaljnije [2],[6],[10] i [11]. Da bi se ispravno analizirala konstrukcija, na dejstvo vjetra, bilo kojeg građevinskog objekta, pa tako i rashladnog tornja, potreban je studiozan pristup određivanja raspodjele vjetra po obimu konstrukcije i dinamičkih efekata.

2.1 Dinamički efekti vjetra na ljusku rashladnog tornja

Nepovoljni dinamički efekti vjetra se mogu manifestovati kroz sljedeće pojave [7]:

- (a) pojava horizontalne – poprečne rezonancije u zidovima ljuske, ako je frekvencija pobuđujuće sile vjetra ω_v bliska vlastitoj frekvenciji prvog tona konstrukcije ω_j ($j=1$),
- (b) pojava rezonancije usljed periodičnog odvajanja vrtloga vjetra od ljuske,
- (c) pojava rezonancije poprečno na zid samo na bokovima ljuske (cca. 90° prema pravcu vjetra). Pri ovoj pojavi može doći do značajnih amplituda pomjeranja zida, pa se javljaju značajni momenti u ljusci i od vlastite težine. Osim toga ovo je područje sa sisanjem najvećeg intenziteta. Ova pojava je i dovela do rušenja gore navedenih rashladnih tornjeva.

⁴ Kod analize na opterećenje vlastitom težinom važno je razmotriti otpornost ljuske na izbočavanje, o čemu se primarno vodi računa izborom neophodne debljine ljuske, te brojem i rasporedom ukrućujućih prstenova. Detaljnije vidi u [6].

Osim prethodnih, može se desiti i rezonancija ovalnih vibracija, koja se uspješno umiruje izradom ukružujućeg prstena na vrhu tornja.

Rezonancija se može izbjeći podešavanjem geometrije konstrukcije. Provjera da li može doći do rezonancije se radi usporedbom kritične brzine vjetra sa računskom projektovanom. U radu [7] su dati izrazi za brzine prema raznim autorima. Ukoliko brzine imaju blisku vrijednost može doći do rezonancije.

Pojava rezonancije bokova ljuske, koja je imala rušilačke osobine u prošlosti, se provjerava uslovom:

$$\omega_v \approx 2\omega_j$$

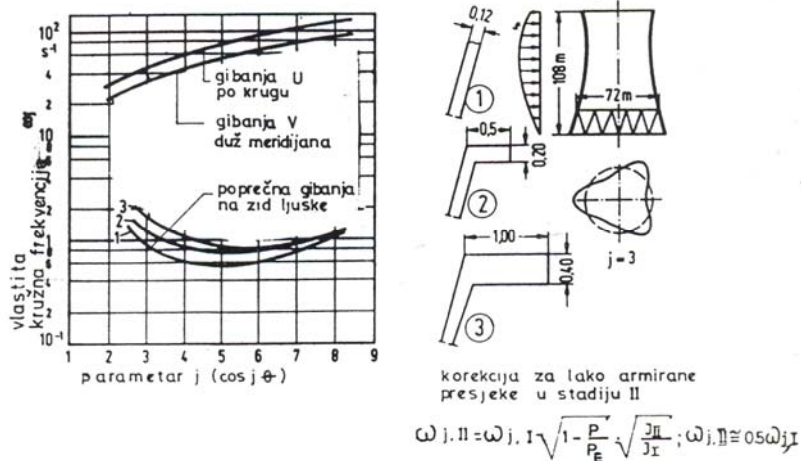
Ukoliko je jednačina (1) zadovoljena postoji opasnost da ljuska uđe u rezonanciju. Frekvencija ω_j je vlastita frekvencija ljuske za bilo koji ton j oscilovanja ljuske betona, koji je u stadiju I ili u stadiju II. Vlastita frekvencija za prvi ton $j=1$ i za neispucao beton može se sa dovoljnom tačnošću odrediti izrazom,

$$\omega_{1,I} [\text{Hz}] = \frac{\min h [\text{cm}]}{21}$$

Vlastita frekvencija za stadij II (ispucao beton), za bilo koji ton osciliranja lagano armirane konstrukcije, može se približno odrediti kao,

$$\omega_{j,II} \approx 0,5 \cdot \omega_{j,I}$$

Na slici 3 su pokazane vlastite frekvencije jednog tornja sa različitim ukružujućim prstenom.



Slika 3 – Vlastite frekvencije hiperboloidnog rashladnog tornja[16]

Frekvencija pobuđujuće sile u Ferrybridge-u je bila $0,785 \text{ s}^{-1}$, dok je vlastita frekvencija poprečnih vibracija zidova ljuske bila $\omega_{1,I} = 0,50 \text{ s}^{-1}$ i $\omega_{1,II} = 0,30 \text{ s}^{-1}$ [8] i [7]. Kako su frekvencije bile bliske po intenzitetu došlo je do rezonancije i «faltanja» bokova ljuske, te provaljivanja i razaranja nosivog sklopa konstrukcije.

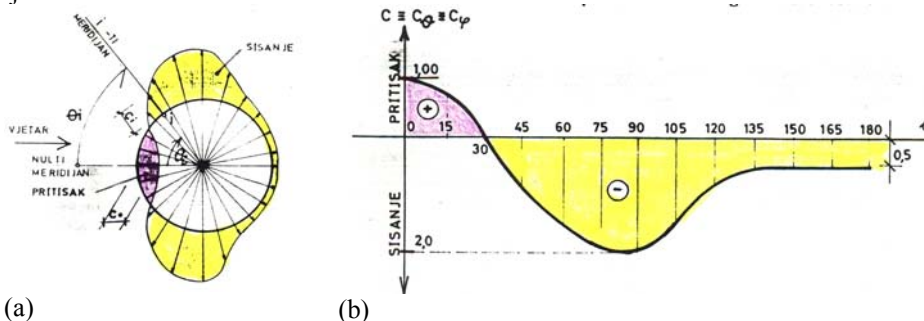
Izbjegavanje rezonancije bokova se najbolje postiže promjenom debljine ljuske.

Osim toga je potrebno uraditi i provjeru sigurnosti ljuske protiv lokalnog izbočavanja, vidi detaljnije [16].

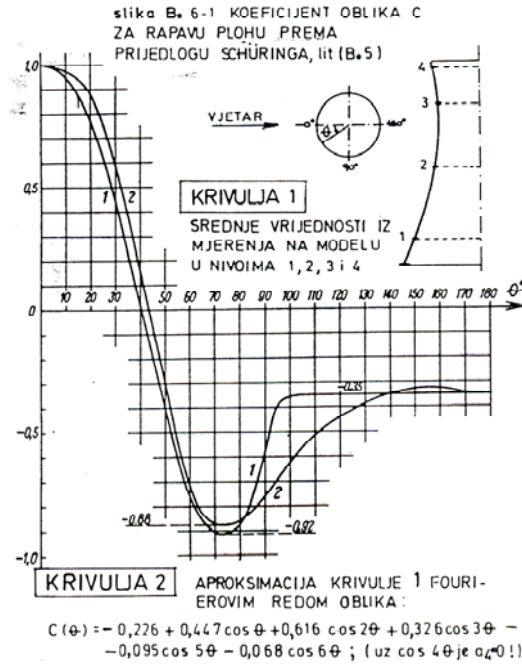
Interesantno je napomenuti da jaki turbulentni vjetrovi ne mogu pobuditi konstrukciju na oscilovanje. Za to su potrebni ustaljeni vjetrovi stalnog pravca.

2.2 Koeficijent raspodjele vjetra po obimu konstrukcije (aerodinamički faktor)

U cilju utvrđivanja što realnijeg opisa dinamičkih efekata vjetra urađena su monogobrojna ispitivanja modela u aerotunelima. Općenito je utvrđena raspodjela vjetra po obimu oblika pokazanog na slici 4a [6]. Takođe su istraživanjima utvrđeni različiti efekti vjetra za glatke i hrapave konstrukcije. Ovdje se, na slici 5, pokazuje raspodjela pritiska, usljed laminarnog dejstva vjetra, po obimu tornja, tj. aerodinamičkog faktora C_φ , utvrđena eksperimentima, koje je radio Schuring[19]. Pokazana krivulja važi za hrapave konstrukcije sa meridijalnim rebrima sa vanjske strane, dimenzija: širina rebra 10cm, visina rebra 1/500 radijusa grla ljuske i razmak rebara u nivou grla 6/100 radijusa grla ljuske.

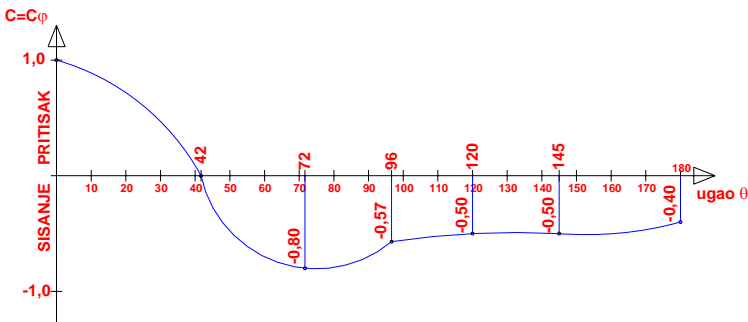


Slika 4 – (a) Općeniti oblik raspodjele aerodinamičkog faktora C_φ , (b) Raspodjela aerodinamičkog faktora za glatke rashladne tornjeve[6]



Slika 5 – Eksperimentalna kriva 1 i matematička kriva 2 raspodjele koeficijenta C_ϕ prema istraživanjima Schuringa[19]

Prilikom izrade tornjeva u TE Tuzla urađena su ispitivanja modela u aerodinamičkom tunelu i dobijena je raspodjela C_ϕ pokazana na slici 5.

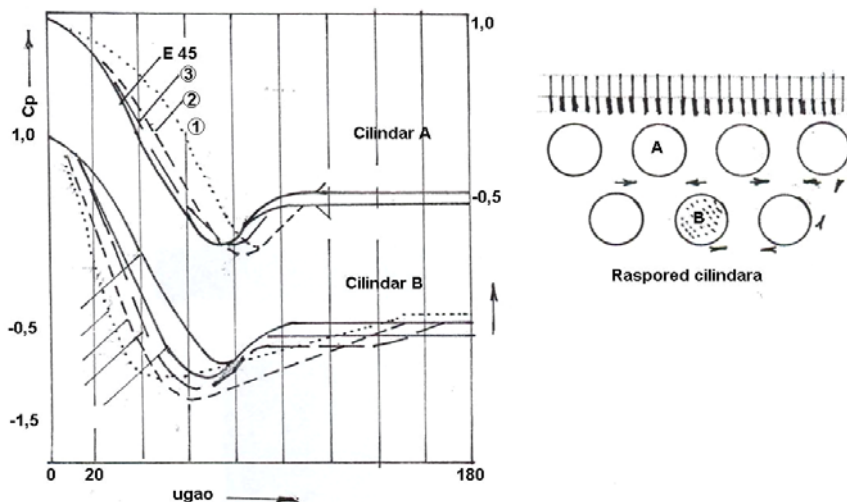


Slika 5 –
Raspodjela
aerodinamič
kog faktora
 C_ϕ dobijena
ispitivanjem
modela

rashladnog tornja u TE Tuzla [9]

Osim toga se mora naglasiti da je dejstvo vjetra različito za «usamljene» tornjeve i tornjeve u grupi. Kada su tornjevi u grupi, u više redova, u pravcu vjetra javljaju se efekti interferencije, tako da je C_ϕ različito za privjetrinske i zavjetrinske tornjeve. Vidi detaljnije u[16]i[8]. Na slici 6 je pokazana raspodjela koeficijenta C_p^5 za grupu tornjeva [8].

⁵ C_p ima isto značenje kao i C_ϕ



Slika 6 – Raspodjela aerodinamičkog faktora C_p kod grupe cilindara [8]

2.3 Raspodjela vjetra po visini

Osim raspodjele vjetra po obimu, opterećenje vjetrom se mijenja i po visini. U radu se daje nekoliko predloženih izraza u zavisnosti od hrapavosti terena:

- prema DIN propisima efekat se uvodi preko koeficijenta vertikalnog profila vjetra:

$$k_z = \left(\frac{h_0 + z}{10} \right)^{0,22}$$

gdje je: h_0 – visina X štapova

- prema BS 4485:

$$w(h) = w_0 \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{0,26}$$

- prema [10] uvodi se faktor izloženosti, koji se definiše kao:

$$c_{\text{exp}}(z) = \beta \left(\frac{z[m']}{10} \right)^{\alpha_G}$$

gdje je: α_G koeficijent koji zavisi od «nazubljenosti» terena i za industrijska područja se može uzeti $\alpha_G=0,28$ (u V.Britaniji se uzima $\alpha_G=0,26$). Za potpuno otvoren teren je $\alpha_G=0,16$.

Ako je objekat na brijegu proračunava se korigovani koeficijent izloženosti C_{exp}^* , vidi detaljnije [10].

- prema JUS propisima:

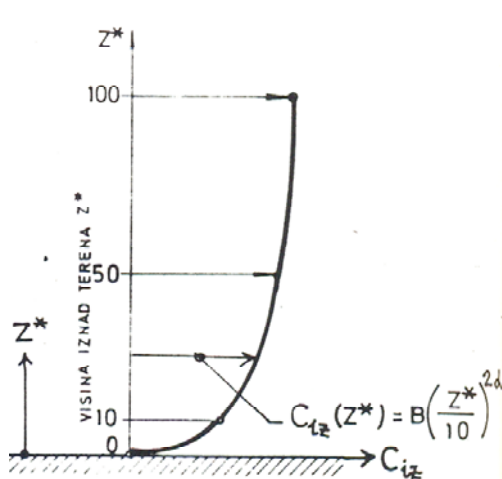
$$K_z = \sqrt{b} \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha$$

Na slici 7 je prikazana promjena koeficijenta izloženosti po visini C_{exp} (C_{iz}), za ravan teren.

2.4 Dinamički koeficijent

Mora se naglasiti da su dinamički koeficijenti različiti za usamljene tornjeve i tornjeve u grupi. Važno je proračunati dinamički koeficijent za poprečne vibracije zidova plašta. Prema [18] dinamički koeficijent se određuje u zavisnosti od visine dimnjaka i perioda osnovnog tona vlastitih vibracija i to:

1. $H \leq 25\text{m}$ ili $25\text{m} < H \leq 100\text{m}$ i $T \leq 0,5\text{s}$, $C_d = 1,25$
2. $25\text{m} < H \leq 100\text{m}$ i $T > 0,5\text{s}$, $C_d = 1,25$
3. Za dimnjake kod kojih je $H > 100\text{m}$ dinamički koeficijent se određuje prema izrazu



Slika 7 – Promjena koeficijenta izloženosti C_{iz} po visini [10]

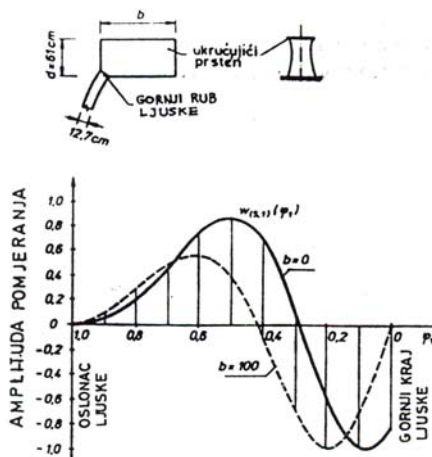
$$\max C_d = (1 + \beta) \left(1 + e^{-\frac{\delta T_w}{T}} \right)$$

gdje su:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha^2} \sqrt{1 + \alpha^2 - 2\alpha \sin \frac{\pi}{2\alpha}}; \quad \alpha = \frac{T}{T_w}$$

$\delta = 0,15$ logaritamski dekrement prigušenja za armirani beton

$T(s)$ – period najnižih vlastitih poprečnih vibracija, prema Kratzig-u i Williams-u uzima se kao $T \approx 21/h_{min}$ (najmanja debljina ljuske)



Slika 8 – Prvi ton osciliranja hiperboloida sa ukrućujućim prstenom na vrhu [14]

T_w – period trajanja udara vjetra ($T_w=6-10s$ za objekte visine do 150m, $T_w=8-12s$ za objekte visine preko 150m)

t_u – period između dva udara vjetra ($t_u = 5 \cdot T_w$)

Ukoliko na tornju postoje jedan ili više ukružujućih prstenova dinamički koeficijent se može smanjiti. Na narednoj slici je pokazan uticaj ukružujućeg prstena na vrhu hiperboloida, na vlastite vibracije upravno na zid ljuške, za prvi ton [14].

Kod istraživanja tornjeva u grupi ustanovljeno je znatno veće dinamičko dejstvo vjetra na tornjeve u liniji na zavjetrinskoj strani. Ovo je posljedica tzv. «periodičnog bombardovanja» tornjeva u zavjetrini zračnim loptama koje nastaju usljed odvajanja vrtloga sa privjetrinskih tornjeva.

Herzog u svom članku [8] konstatuje:

a) za privjetrinske tornjeve u grupi obično je $C_d \approx 1,25$

b) za zavjetrinske tornjeve obično je $C_d \approx 1,50$

Prema važećim JUS propisima dinamički koeficijent se proračunava prema izrazu,

$$G_z = 1 + 2 \cdot g \cdot I_z \cdot B \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{R}{B}\right)^2},$$

koji je preuzet iz [10].

Detaljnije o pojedinim parametrima izraza vidi u [10], [11] i [12].

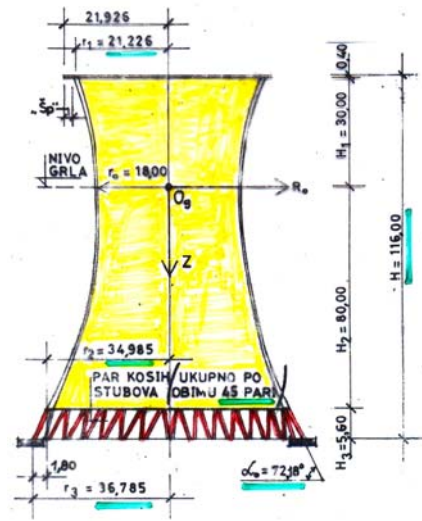
3 NAPOMENE O PRORAČUNU PLAŠTA TORNJA

Kod nosive konstrukcije rashladnih tornjeva se mogu izdvojiti dva dijela konstrukcije koji zahtjevaju detaljnu proračunsku analizu, plašt tornja i oslonački stubovi plašta.

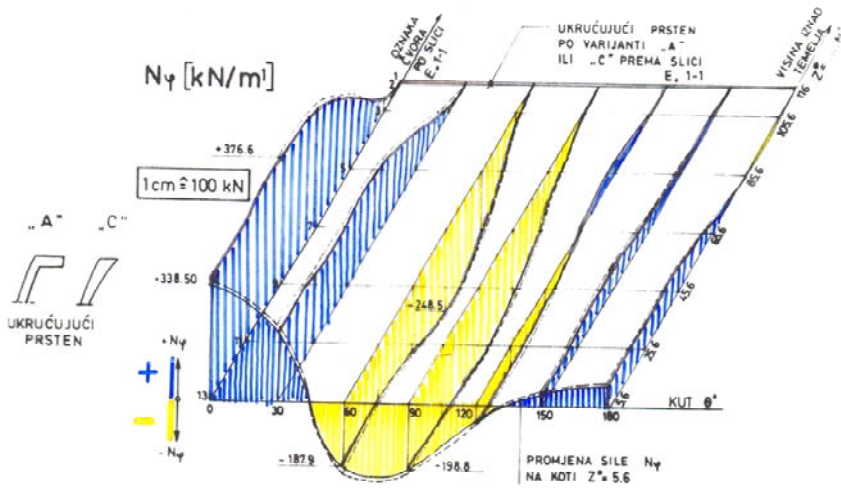
Analitička i eksperimentalna istraživanja su pokazala da se za proračun plašta tornja na opterećenje vlastitom težinom i vjetrom može koristiti membranska teorija. Dobijeni rezultati su prihvatljive tačnosti, osim u graničnim područjima, tj. na rubu konstrukcije, gdje veličine unutrašnjih sila odstupaju od membranske teorije.

Proračunom membranskih sila su se bavili mnogobrojni autori. Izdvajaju se samo neki od proračuna, vidi [1], [3], [6], [8], [13], [15], [17], [18] i [19]. Sistematizacija svih proračuna biti će predmet narednih radova.

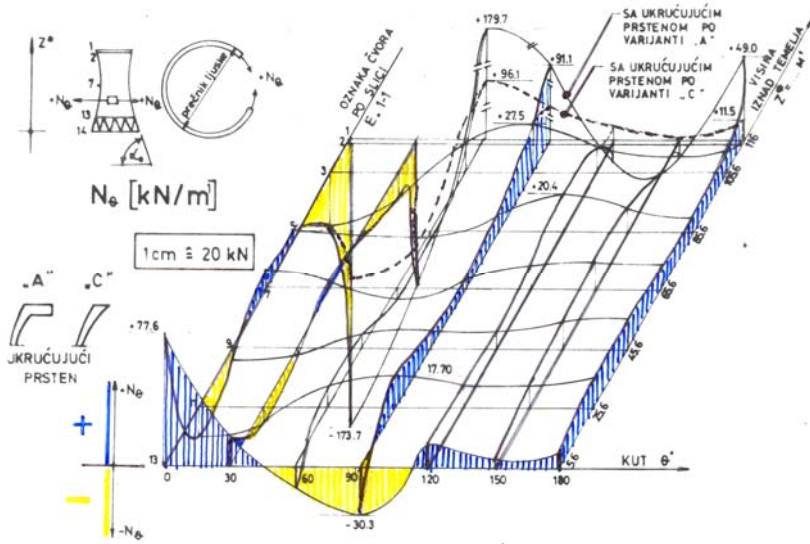
Na slici 9 je pokazana raspodjela unutrašnjih sila plašta na primjeru tornja visine 116,0m [6].



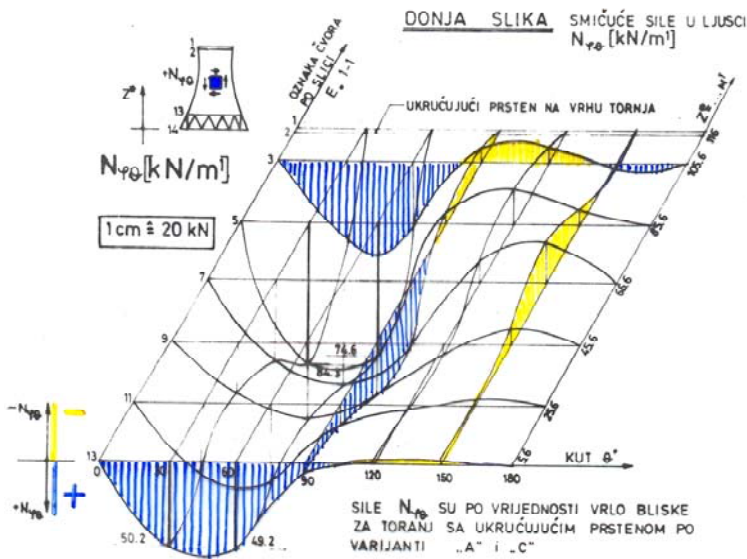
(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 9 – (a) Geometrija tornja, (b) Meridijalne sile po obimu i po visini, (c) Prstenske sile, (d) Smičuće sile u ljusci [6]

4 UMJESTO ZAKLJUČKA

U prvom dijelu rada je dat pregled važnih napomena za proračunsku analizu rashladnih tornjeva, koje su rezultat dosadašnjih istraživanja. U nastavku ovog rada (2.dio) se daje detaljnija analiza uticaja u oslonačkim stubovima u smislu usporedbe

aproksimativnih «ručnih» postupaka i modeliranjem MKE primjenom programa SAP 2000 i Tower. Za potrebu analize korištena su dva aproksimativna postupka prema [1] i [4].

5 LITERATURA

- [1] Baikov, V.N.: "Železobetonnije konstrukcii – specialjnji kurs", Stroizdat, Moskva, 1974.
- [2] Damjanić, F.: «Numerična analiza nosilnosti hladilnega stolpa bloka 5 – stolp 4 v TE Šoštanj», Ljubljana 1995.
- [3] Dobovišek, B.: »Berechnung des statischen Zustandes der Rotationschalen und deren Sektoren«, Der Bauingenieur, 4/1973, Springer Verlag, 1973.
- [4] Fischer, A.: »Grosskuhlturne für Kraftwerke, Berechnung und Bauausführung«, Schweizerische Bauzeitung, 41/68.
- [5] Hannah, I.W.: «Einsturz des Kühlturmes im Kraftwerk Fiddlers Ferry», VGB Kraftwerks Technik Heft 8, 1987.
- [6] Halilović, S.: «Djelovanje vjetra na plašt industrijskog hladnjaka u obliku rotacionog hiperboloida», magistarski rad, Fakultet građevinskih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 1989.
- [7] Halilović, S.: »Dinamički efekti i moguće posljedice za rashladne tornjeve opterećene vjetrom«, DGKBiH, I kongres, Sarajevo, 1989.
- [8] Herzog, M.: «Realistische Näherungsberechnung hyperbolischer Kühltürme», Die Bautechnik, 2/1975.
- [9] Inženirski biro Elektroprojekt Ljubljana, «Glavni projekat TE Tuzla, Rashladni toranj 4», Ljubljana 1965.
- [10] ISO/TC dokument 98/SC 3/WG 2: «Working draft for DP 4354, Wind loads on structures», Berlin
- [11] JUS U.C7.110: «Opterećenje vjetrom. Osnovni principi i osrednjeni aerodinamički pritisak vjetra.»
- [12] JUS U.C7.113: «Opterećenje vjetrom. Opterećenje vjetrom ostalih građevinskih konstrukcija osim zgrada»
- [13] Kratzig, W.: «Schnittgrossen und Verformungen windbeanspruchter Naturzugkühltürme», Beton und Stahlbetonbau, 10/1966.
- [14] Koloušek, V.: «Wind Effects on Civil Engineering Structures», Academia, Praha 1983.
- [15] Niemann, H.J., Peters, H.L., Zerna, W.: «Naturzugkühltürme im Wind, Der Einfluss der Oberflächenrauigkeit auf die Beanspruchung des Schalentragerwerkes», Beton und Stahlbetonbau, 6/1972.
- [16] Rosemeier, G.: «Winddruckprobleme bei Bauwerken», Springer – Verlag, Berlin 1976.
- [17] Sekulović, M., Kolundžija, B., Dunica, Š.: «Analiza stanja napona i deformacija hladnjaka u obliku rotacionog hiperboloida, uticaji od sopstvene težine i dejstva vjetra», Metoda konačnih elemenata u proračunu inženjerskih konstrukcija, II seminar iz ciklusa « Inovacije znanja iz oblasti tehničke mehanike i teorije konstrukcija», Beograd, 1982.
- [18] Sekulović, M., Kolundžija, B., Dunica, Š., Čorić, B.: «Prilog proračunu visokih dimnjaka», VI kongres DGKJ, Bled, 1978.
- [19] Schuring, G.: «Kühlturmschlote unter Windbelastung», Dissertation, Karlsruhe, 1964.
- [20] Vukelić, S., Dunica, Š., Kolundžija B.: «Analiza stanja napona, deformacija i stabilnosti rashladnog tornja TE Ugljevik», Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1980.

Damir Zenunović¹, Sejfidin Halilović², Ahmet Imamović³

NEKI ASPEKTI PRORAČUNA RASHLADNIH TORNJEVA, 2.DIO

Rezime: Ovaj rad je nastavak proračunske analize rashladnih tornjeva. U prvom dijelu su izdvojene neke važne napomene za proračunske analize rashladnih tornjeva. Takođe su na primjeru proračuna jednog rashladnog tornja pokazani oblici dijagrama unutrašnjih sila u plaštu tornja. U nastavku se daje detaljniji prikaz proračuna uticaja u oslonačkim stubovima (štapovima). Urađen je uporedni proračun na konkretnom primjeru rashladnog tornja 4 u TE Tuzla, koji je trenutno u fazi sanacije. Proračun je proveden primjenom dva aproksimativna «ručna» postupka, objavljena u radovima autora Baikov-a i Fischer-a, te modeliranjem MKE pomoću programa SAP i Tower. U uvodnom dijelu rada se daje kratak prikaz korištenih aproksimativnih postupaka. Ovim radovima, 1. i 2. dio, želi se dati doprinos u konstruisanju i proračunskom tretmanu rashladnih tornjeva i sličnih objekata.

Ključne reči: rashladni toranj, dejstvo vjetra, proračun, meridijalna sila, sila smicanja, raspodjela uticaja

SOME ASPECTS OF COOLING TOWER'S CALCULATIONS, PART 2

Summary: This paper is continuation of Cooling tower calculation analysis. In first part are distinguished some important remarks for Cooling tower calculation. Also, on example of a cooling tower calculations are presented shape of internal forces diagrams in tower cover. In continuation are given detaile review of support bar action calculation. Comparative calculation on concrete example of Cooling tower in TE Tuzla, which is in reparation phase, are executed. Calculation is done with application of two aproximate "hands" procedures, published in papers of authors, Baikov and Fisher., and with FEM models with applying of programs SAP and Tower. In introduction part of paper are given short review of applied aproximative procedures. Wit this papers, 1st and 2nd part, it's intention to give contribution in Cooling tower and similar structures designing and calculation treating.

Key words: cooling tower, wind action, calculation, meridian force, shear force, action distribution

¹ mr.sc., viši asistent, Univerzitet u Tuzli, RGGF, Univerzitetska 2, 75000 Tuzla e-mail: damir.zenunovic@untz.ba

² mr.sc., dipl.inž.građ., ul. Maršala Tita 203, 75000 Tuzla

³ dr.sc., vanredni profesor, Univerzitet u Tuzli, RGGF, Univerzitetska 2, 75000 Tuzla

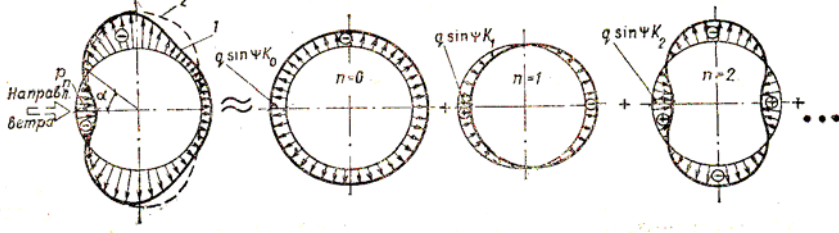
1 UVODNE NAPOMENE

Proračun plašta tornja se radi uz pretpostavke:

- Debljina plašta je znatno manja od ostale dvije dimenzije,
- Ugibi plašta su mali u odnosu na debljinu plašta,
- Okomica na težišnu površ nedeformiranog plašta ostaje ista i nakon deformacije,
- Normalno naprezanje okomito na težišnu površ je zanemarljivo malo.

Uz pretpostavku približno jednolike raspodjele naprezanja po debljini ljuske, i da nema momenata, može se primjeniti membranska teorija. Dominantno opterećenje rashladnih tornjeva je vlastita težina i opterećenje od vjetra. U radu se daje proračun uticaja za opterećenje od vjetra.

Prilikom proračuna sila u plaštu promatra se jedan element težišne površi kružne ljuske i postavlja se tangencijalna ravan sa koordinatnim sistemom xyz. Opterećenje od vjetra se razvija u Furier-ov red, vidi slika 1. Ovdje se daje kratak prikaz dva predložena proračuna unutrašnjih sila u plaštu tornja, prema [1] i [4], koji su ujedno korišteni za uporednu proračunsku analizu u tački 2.



Slika 1 – Razvoj opterećenja vjetrom u Furier-ov red

1.1 Kratki prikaz postupka prema [1]

Proračun unutrašnjih sila se radi za opterećenje na završnom vijencu tornja, koje je predstavljeno izrazom:

$$p_n = q \cdot \sin \psi \cdot \sum_{0}^n K_n \cos n\alpha$$

gdje su: $q = q_0 \cdot \beta$

q_0 – osnovni pritisak vjetra

β - dinamički koeficijent

ψ - ugao između pravca djelovanja vjetra i vertikalne srednje osi rashladnog tornja

Sile u membrani rashladnog tornja se dobiju prema izrazima:

$$N_1 = \sum_{0}^n N_{1n} \cos n\alpha \text{ - meridijalna sila}$$

$$N_2 = \sum_0^n N_{2n} \cos n\alpha \text{ - prstenska sila}$$

$$S = \sum_1^n S_n \sin n\alpha \text{ - sila smicanja}$$

Članovi Furierovog reda meridijalnih sila su:

$$N_{10} \approx -\frac{K_0 \cdot A \cdot a \cdot q}{2} \cdot \left(\frac{\xi^2}{\rho \cdot \sin \psi} - \frac{\xi_v^2}{\rho_v \cdot \sin \psi_v} \right); N_{11} = \frac{1}{a \cdot \rho \cdot \sin \psi} \cdot (U_{1p} + U_{1n});$$

$$N_{12} = \frac{1}{a \cdot \rho \cdot \sin \psi} \cdot (U_{2p} + U_{2n})$$

Članovi Furierovog reda prstenskih sila su:

$$N_{20} = \frac{A}{\rho^2} N_{10} - K_0 \cdot a \cdot \rho \cdot q; N_{21} = \frac{A}{\rho^2} N_{11} - K_1 \cdot a \cdot \rho \cdot q$$

$$N_{22} = \frac{A}{\rho^2} N_{12} - K_2 \cdot a \cdot \rho \cdot q$$

Članovi Furierovog reda sila smicanja su:

$$S_1 = \frac{1}{a^2 \cdot \rho^2} \cdot (V_{1p} + V_{1n}); S_2 = \frac{1}{a^2 \cdot \rho^2} \cdot (V_{2p} + V_{2n})$$

gdje su:

$K_0 = -0,7$; $K_1 = 0,5$; $K_2 = 1,2$ – koeficijenti oblika (tri člana reda)

$A = \frac{(\rho_n^2 - 1)}{\xi_n^2}$; $\rho_n = \frac{r_n}{a}$; $\xi_n = \frac{z_n}{a}$ – geometrijski odnosi (vidi slika 2)

a – radijus grla tornja

r_n – radijus dna tornja

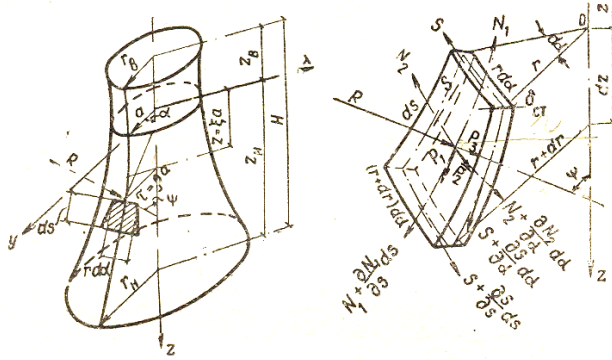
z_n – položaj dna tornja u odnosu na grlo tornja (pozitivan «z» naniže!)

q – aerodinamički intenzitet vjetra

z – položaj mjerodavnog presjeka u odnosu na grlo (unosi se sa predznakom u izraze!)

r_v – radijus tornja u vrhu

$$\xi = \frac{z}{a}; \rho = \frac{r}{a} = \sqrt{1 + A\xi^2}; \rho_v = \frac{r_v}{a}; \bar{\rho} = \sqrt{1 + B\xi^2}; B = A + A^2; \cos \psi = \frac{A \cdot \xi}{\rho}$$



Slika 2 – Geometrijski parametri

$$U_{lp} = \frac{K_1 \cdot a^2 \cdot q \cdot \xi^2}{2 \cdot \rho} (1 - A); \quad U_{ln} = -\frac{1}{\rho \cdot \rho_v} \left[U_{lp0} (1 + A \xi_v \xi) - \frac{V_{lp0}}{a} (\xi - \xi_v) \right]$$

$$V_{lp} = -\frac{K_1 \cdot a^3 \cdot q}{2} \left[2\rho^3 \cos \psi + (1 - A) \xi \left(\rho + \frac{1}{\rho} \right) \right];$$

$$V_{ln} = -\frac{a}{\rho \cdot \rho_v} \left[A U_{lp0} (\xi - \xi_v) + \frac{V_{lp0}}{a} (1 + A \xi_v \xi) \right]$$

Za određivanje U_{lp0} i V_{lp0} se koriste izrazi (8) i (9) s tim da se uvrsti u izraz $\xi = \xi_v$; $\psi = \psi_v$; $\rho = \rho_v$.

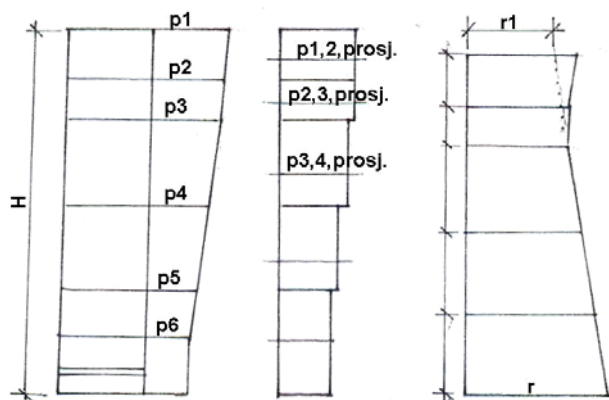
Kako je postupak razrađen za jednoliku raspodjelu opterećenja vjetrom po visini, i to za intenzitet vjetra na završnom vijencu tornja, ovim postupkom određeni uticaji se umanjuju za 10%.

1.2 Kratki prikaz postupka prema [4]

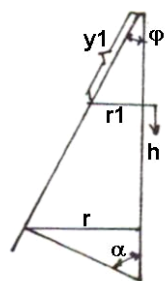
Postupak je razrađen sa aproksimacijom ravne izvodnice plašta tornja do vrha (vidi slika 3). Unutrašnje sile po jedinici dužine određuju se prema izrazima:

$$N_y = -\frac{h^2}{2 \cdot r_1 \cdot \cos^3 \varphi} \cdot \frac{2 + \lambda}{3\lambda^2} p'' - \frac{h \cdot \sin \varphi}{\cos^2 \varphi} \cdot \frac{1 + \lambda}{2\lambda} p - \text{meridijalna sila}$$

$$N_\beta = -\frac{r \cdot p}{\cos \varphi} - \text{prstenska sila}$$



Slika 3 – Parametri mjerodavni za proračun



Slika 4 – Geometrijski odnosi

$$N_{y\beta} = \frac{h}{\cos^2 \varphi} \cdot \frac{1 + \lambda + \lambda^2}{3\lambda^2} p' - \text{smičuća sila}$$

gdje su:

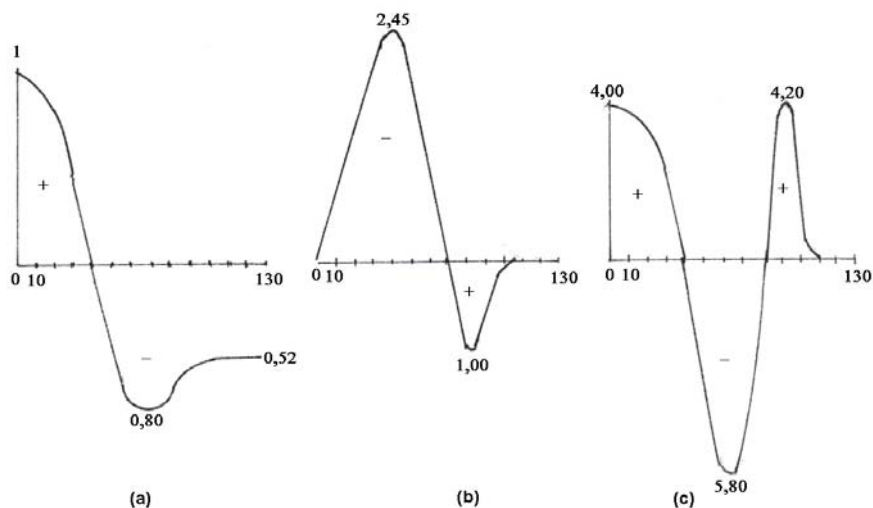
p, p', p'' - opterećenje od vjetra po m^2 površine, prvi izvod i drugi izvod (vidi slika 5).

φ - ugao između izvodnice tornja (meridijana) i središnje vertikale tornja

$r_1 = y_1 \sin \varphi$, gdje je y_1 - udaljenost po izvodnici od vrha tornja do presjecišta izvodnice sa središnjom vertikalom (vidi slika 4)

$h = y \cos \varphi - r_1 \operatorname{ctg} \varphi$ (vidi slika 4)

$\lambda = \frac{r_{mj.}}{r_1}$ - odnos radijusa promatranog presjeka i fiktivnog radijusa na vrhu tornja

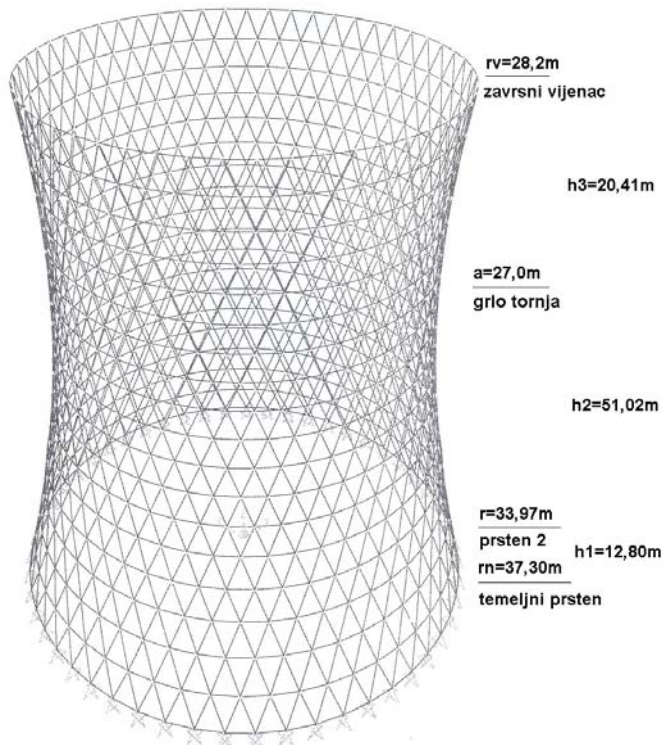


Slika 5 – (a) p/q = Raspodjela opterećenja od vjetra za $q=1,0$; (b) p'/q = Prvi izvod od p/q ; (c) p''/q = Drugi izvod od p/q

2 ODREĐIVANJE UNUTRAŠNJIH SILA U OSLONAČKIM ŠTAPOVIMA NA PRIMJERU RASHLADNOG TORNJA 4 U TE TUZLA

Kod proračuna oslonačkih stubova često se pristupa aproksimativnim proračunima. Naime, sistem kružno postavljenih oslonačkih stubova, koji mogu biti «V» i «X» stubovi, se zamijene ekvivalentnim zamjenjujućim prstenom u vidu ljuske. Izvođenje matrice krutosti oslonačkih stubova za datu aproksimaciju detaljno je urađeno u [6], str. 182-216. U ovom radu (tačka 3.) je pokazana usporedba proračuna statičkih uticaja u oslonačkim stubovima primjenom aproksimativnih postupaka prema [1] i [4], te primjenom modeliranja MKE pomoću programa SAP i Tower.

Proračun je proveden na primjeru rashladnog tornja 4 u Termoelektrani Tuzla. Osnovni geometrijski parametri tornja dati su na slici 6. Oslonački stubovi tvore prostornu rešetku, koja se oslanja na temeljni prsten, a ukručena je prstenom 1 i 2. Proračun statičkih uticaja je izvršen primjenom prethodno opisana dva postupka i računarskih programa SAP2000 i Tower, za raspodjelu opterećenja vjetra po visini datu u tabeli 1. Proračunom su dobijene raspodjele unutrašnjih podužnih sila u pojedinim oslonačkim stubovima. Momenti u stubovima, prema teoriji I reda, su zanemarljivih veličina⁴.



Slika 6 – (a) Geometrijski parametri rashladnog tornja 4 u Termoelektrani Tuzla

⁴ Ne zaboraviti proračun oslonačkih stubova prema teoriji 2.ređa.

PRSTEN	Z(m)	$q_{m,50,10}$	K _z	$q_{m,50,z}$	G _z	$q_{g,50,z}$
1	1,48	0,153	0,77	0,09	2	0,18
2	8,05	0,153	0,97	0,14	2	0,29
3	14,05	0,153	1,05	0,17	2	0,34
4	19,60	0,153	1,09	0,18	2	0,36
5	24,76	0,153	1,14	0,20	2	0,40
6	29,62	0,153	1,16	0,21	2	0,41
7	34,24	0,153	1,18	0,21	2	0,43
8	38,66	0,153	1,20	0,22	2	0,44
9	42,91	0,153	1,22	0,23	2	0,46
10	47,05	0,153	1,24	0,24	2	0,47
11	51,10	0,153	1,25	0,24	2	0,48
12	55,10	0,153	1,27	0,25	2	0,49
13	59,06	0,153	1,28	0,25	2	0,50
14	63,03	0,153	1,29	0,25	2	0,51
15	67,02	0,153	1,31	0,26	2	0,53
16	71,07	0,153	1,32	0,27	2	0,53
17	75,21	0,153	1,32	0,27	2	0,53
18	79,47	0,153	1,34	0,27	2	0,55

Tabela 1. Vrijednosti aerodinamičkog pritiska vjetra po prstenovima tornja $q_{g,50,z}$

Raspored opterećenja od vjetra po obimu tornja je usvojen prema rezultatima ispitivanja u aerodinamičkom tunelu, vidi rad, 1.dio, slika 5.

2.1 Proračun prema [1]

Meridijalne sile se proračunavaju prema izrazima (5).

Parametri izraza su: $K_0 = -0,7$; $K_1 = 0,5$; $K_2 = 1,2$

$$\rho_n = \frac{r_n}{a} = \frac{37,3}{27} = 1,381; \quad \xi_n = \frac{z_n}{a} = \frac{63,82}{27} = 2,364;$$

$$A = \frac{(\rho_n^2 - 1)}{\xi_n^2} = \frac{(1,381^2 - 1)}{2,364^2} = 0,162; \quad \xi = \frac{51,02}{27} = 1,90;$$

$$\xi_v = \frac{-20,41}{27} = -0,756; \quad \rho = \frac{33,97}{27} = 1,258; \quad \rho_v = \frac{28,2}{27} = 1,044;$$

$$B = 0,162 + 0,162^2 = 0,188;$$

$$\bar{\rho} = \sqrt{1 + 0,188 \cdot 1,90^2} = 1,296; \quad \cos \psi = \frac{0,162 \cdot 1,90}{1,296} = 0,238 \rightarrow \psi = 76,230 \rightarrow \sin$$

$$\psi = 0,971$$

$$\bar{\rho} = \sqrt{1 + 0,188 \cdot (-0,756)^2} = 1,069; \quad \cos \psi_v = \frac{0,162 \cdot (-0,756)}{1,069} = -0,115 \rightarrow \psi_v =$$

$$96,580 \rightarrow \sin \psi = 0,993$$

$$U_{lp0} = \frac{0,5 \cdot 27^2 \cdot q \cdot (-0,756)^2}{2 \cdot 1,044} (1 - 0,162) = 83,61q$$

$$V_{lp0} = -\frac{0,5 \cdot 27^3 \cdot q}{2} \left[2 \cdot 1,044^3 \cdot (-0,115) + (1 - 0,162) \cdot (-0,756) \cdot \left(1,044 + \frac{1}{1,044} \right) \right] = 752826q$$

$$U_{lp} = \frac{0,5 \cdot 27^2 \cdot q \cdot 1,90^2}{2 \cdot 1,258} (1 - 0,162) = 438,27q$$

$$U_{ln} = -\frac{1}{1,258 \cdot 1,044} \left[836q \cdot (1 + 0,162) \cdot (-0,756) \cdot 1,90 - \frac{752826q}{27} (1,90 - (-0,756)) \right] = 51502q$$

Dodatak: Izrazi za U_{2p} , U_{2n} , V_{2p} , V_{2n}

$$U_{2p} = \frac{K_2}{6} (4 - A) a^2 q \left(1 + \frac{2}{\rho^2} \right) \xi^2; \quad U_{2n} = \frac{1}{\rho_v^2 \cdot \rho^2} \left(-U_{2p0} \cdot \Phi_1 + 2 \frac{V_{2p0}}{a} \Phi_2 \right)$$

$$V_{2p} = -\frac{K_2}{3} a^3 q \xi \left[(2 + A) \rho^2 + \frac{4 - A}{\rho^2} \right];$$

$$V_{2n} = -\frac{a}{\rho_v^2 \cdot \rho^2} \left(2AU_{2p0} \cdot \Phi_2 + \frac{V_{2p0}}{a} \Phi_1 \right)$$

$$\Phi_1 = 1 - A(\xi - \xi_v)^2 + A\xi\xi_v(2 + A\xi_v\xi); \quad \Phi_2 = (\xi - \xi_v) \cdot (1 + A\xi_v\xi)$$

Nastavak proračuna:

$$\Phi_1 = 1 - 0,162(1,90 - (-0,756))^2 + 0,162 \cdot 1,90 \cdot (-0,756) \cdot (2 + 0,162 \cdot (-0,756) \cdot 1,90) = -0,554$$

$$\Phi_2 = (1,90 - (-0,756)) \cdot (1 + 0,162 \cdot (-0,756) \cdot 1,90) = 2,038$$

$$U_{2p0} = \frac{1,2}{6} (4 - 0,162) 27^2 q \left(1 + \frac{2}{1,044^2} \right) (-0,756)^2 = 1813,36q$$

$$V_{2p0} = -\frac{1,2}{3} \cdot 27^3 \cdot q \cdot (-0,756) \left[(2 + 0,162) \cdot 1,044^2 + \frac{(4 - 0,162)}{1,044^2} \right] = 22432,72q$$

$$U_{2p} = \frac{1,2}{6} (4 - 0,162) \cdot 27^2 \cdot q \left(1 + \frac{2}{1,258^2} \right) 1,90^2 = 4573,01q$$

$$U_{2n} = \frac{1}{1,044^2 \cdot 1,258^2} \left(-1813,36q \cdot (-0,544) + 2 \frac{22432,72q}{27} 2,038 \right) = 2535,22q$$

Meridijalne sile – pojedini članovi reda

$$N_{10} = -\frac{-0,7 \cdot 0,162 \cdot 27 \cdot q}{2} \cdot \left(\frac{1,90^2}{1,258 \cdot 0,971} - \frac{(-0,756)^2}{1,044 \cdot 0,993} \right) = 3,68q$$

$$N_{11} = \frac{1}{27 \cdot 1,258 \cdot 0,971} \cdot (438,27q + 515,02q) = 28,90q$$

$$N_{12} = \frac{1}{27 \cdot 1,258 \cdot 0,971} \cdot (4573,01q + 2535,22q) = 215,53q$$

Raspored meridijalnih sila po prstenu 2 za pojedine uglove dobije se prema izrazu (2). Rezultati su prezentirani u tabeli 2.

Ugao α 0°	Meridijalna sila u nivou prstena 2 N_1 (kN/m)
0	307,66
30	169,24
45	29,91
60	-111,15
90	-262,69
120	-146,99
135	-20,77
180	235,98

Tabela 2. Raspored meridijalnih sila u nivou prstena 2

2.2 Proračun prema [4]

Meridijalne sile se proračunavaju prema izrazu (10). Parametri izraza su:

$$H = 71,42m; \quad R_{18,r} = 24,21m; \quad R_2 = 33,98m;$$

$$R_{prosj} = 0,5 \times (33,98 + 24,21) = 29,095m$$

$$\lambda = \frac{R_2}{R_{18,red}} = \frac{33,98}{24,12} = 1,468; \quad \varphi = \arctg \frac{(33,98 - 24,12)}{71,42} = 7,78^\circ$$

$$L_1 = \frac{29,095 \times 3,14 \times 80^\circ}{180^\circ} = 40,60m \text{ - dio plašta izložen pritisku}$$

$$L_2 = \frac{29,095 \times 3,14 \times 50^\circ}{180^\circ} = 25,37m \text{ - dio plašta izložen sisanju}$$

Intenziteti opterećenja vjetrom na karakterističnim prstenovima tornja:

$$w_2 = 0,53kN/m^2; \quad w_{18} = 1,02kN/m^2$$

Moment prevrtanja na nivou drugog prstena:

$$M_2 = \frac{0,53 \times 71,42^2}{2} \times (40,60 \times 1 + 25,37 \times 0,50) + (40,60 \times 71,42^2 \times 0,49 \times 1 \times 0,50 \times \frac{2}{3}) + \\ + (25,37 \times 71,42^2 \times 0,49 \times 0,50 \times 0,50 \times \frac{2}{3}) = 72026,21 + 33825,21 + 10568,29 = 121419,71 \text{ kNm}$$

Moment prevrtanja, na nivou drugog prstena, od opterećenja konstantnog intenziteta:

$$M_2 = \frac{71,42^2}{2} \times (40,60 + 25,37) \times q = 168250 \times q$$

Izjednačavanjem prethodna dva momenta dobije se:

$$q = \frac{121419,71}{168250,00} = 0,721 \text{ kN/m}^2$$

Raspodjela vjetra sa slike 5 vrijedi za koeficijent oblika 0,8, a za konstrukcija tornja se može usvojiti 0,6. Stoga je za proračun usvojeno redukovano ravnomjerno raspoređeno opterećenje: $q_{red} = \frac{6}{8} \times 0,721 = 0,541 \text{ kN/m}^2$

Meridijalne sile u nivou drugog prstena: $N_y = 63,62 \times p'' + 8,26 \times p$

Raspored meridijalnih sila po prstenu 2, za pojedine uglove, daje se u tabeli 3.

Ugao α 0°	Meridijalna sila u nivou prstena 2 N_y (kN/m)
0	141,36
30	83,03
45	-39,44
60	-203,19
90	-2,41
120	-2,33

Tabela 3. Raspored meridijalnih sila u nivou prstena 2

2.3 Proračun prema računarskim programima SAP2000 i Tower

Modeliranje konstrukcije je urađeno primjenom računarskih programa SAP2000 i Tower. Konstrukcija je modelirana kao prostorna rešetka (vidi slika 6). Rezultati su prezentirani u tabeli 4.

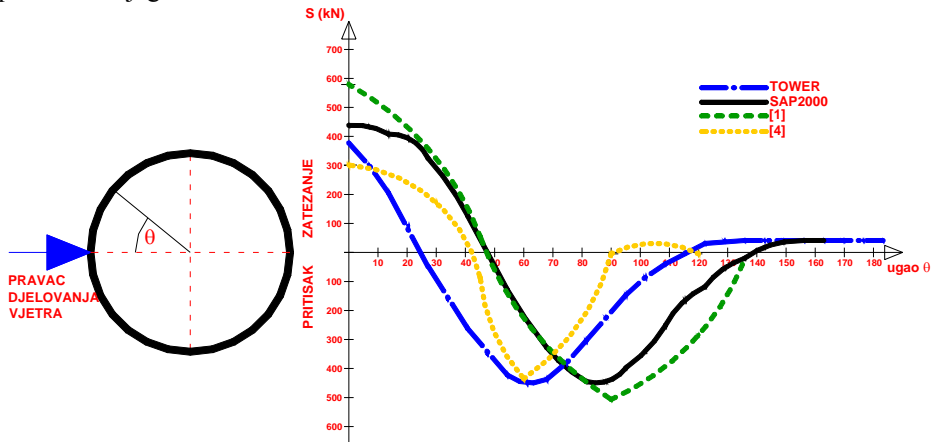
Ugao u odnosu na pravac djelovanja vjetra ($^\circ$)	Aksijalne sile (kN) SAP2000	Aksijalne sile (kN) Tower
0	444,25	371,15
6,79	443,33	301,78

13,58	407,86	204,02
20,37	409,60	85,03
27,16	339,85	-42,40
33,95	244,15	-163,30
40,75	127,74	-268,41
47,53	0,88	-354,17
54,32	-123,16	-414,98
61,12	-234,04	-441,22
67,91	-327,68	-426,28
74,69	-399,37	-374,92
81,48	-439,64	-301,57
88,27	-439,52	-221,72
95,07	-399,90	-146,96
101,85	-333,30	-83,86
108,64	-255,34	-34,68
115,43	-178,56	0,70
122,22	-111,04	23,43
129,01	-56,44	35,37
135,80	-15,45	39,16
142,59	12,46	38,01
149,38	28,81	35,32
156,17	36,09	33,80
162,96	8,14	34,58
169,75	19,44	37,03
176,54	28,39	39,21
183,33	33,49	38,79

Tabela 4. Aksijalne sile u oslonačkim štapovima

3 ANALIZA REZULTATA SA PREPORUKAMA ZA PROJEKTOVANJE

Dobijeni rezultati analize aksijalnih sila u oslonačkim štapovima su pokazani sa uporednim dijagramima na slici 7⁵.



Slika 7 – Dijagrami rasporeda aksijalnih sila u štapovima po obimu tornja

Iz slike 7 je vidljivo da se po svim primjenjenim metodama proračuna dobijaju približno jednaki intenziteti maksimalnih aksijalnih sila u stubovima. Postoje razlike u rasporedu uticaja po prstenu. Pa tako po metodi prema [1] i modeliranjem u programu SAP2000 maksimalne sile pritiska u štapovima dobijaju se pod uglom 80 do 90⁰ u odnosu na smjer djelovanja vjetra, dok se prema [4] i modeliranjem u programu Tower dobiju pod uglom 60⁰.

Važno je naglasiti da se najnepovoljniji statički uticaji u oslonačkim štapovima dobijaju u području 60⁰ do 90⁰ u odnosu na smjer djelovanja vjetra. Međutim, s obzirom da se toranj projektuje – konstruiše u potpunosti rotaciono simetrično po cijeloj osnovi navedena konstatacija je utoliko značajna da se svi stubovi dimenzioniraju prema maksimalno dobijenoj sili.

Za projektante, koji se bave proračunskim analizama ovakvih konstrukcija, preporučuje se sveobuhvatna analiza kombinacijom savremenih računarskih programa (MKE) i iskustvenih aproksimativnih metoda proračuna. Na taj način se može steći uvid u razne aspekte ponašanja konstrukcije i značajno smanjiti vjerovatnoća greške analitičkog modeliranja.

Kod projektovanja rashladnih tornjeva i sličnih konstrukcija potrebno je u proračunskoj analizi voditi računa o:

- detaljnoj analizi raspodjele opterećenja usljed dejstva vjetra po obimu i po visini rashladnog tornja (napomene vidi u radu, 1.dio),

⁵ Aksijalne sile u pojedinim štapovima prema metodama [1] i [4], za određene uglove u odnosu na smjer djelovanja vjetra, dobijene su svođenjem meridijalne sile po jedinici dužine prstena u čvorove štapova i projekcijom u smjer štapa. U konkretnom urađenom primjeru razmak čvorova je 4,025m, a nagib štapova u odnosu na vertikalnu os 19⁰. Takođe je metodom prema [1] predviđeno umanjenje uticaja sa koeficijentom 0,90, kojim se korigira aproksimacija upotrebe konstantnog uticaja vjetra po visini tornja.

- ukoliko su rashladni tornjevi u grupi potrebna je posebna analiza uticaja vjetra usljed odvajanja vazдушnih «lopti» koje «bombarduju» zavjetrinske tornjeve. U projektantskoj praksi i propisima nekih zemalja ovaj efekat se obuhvata povećanjem dinamičkog koeficijenta u odnosu na usamljeni toranj za 20-25%,
- izboru debljine ljuske po visini tornja kao i broju i rasporedu ukružujućih prstenova tornja, što je detaljnije obrađeno u [6]
- odabiru geometrije tornja takve da nije ni približno ispunjen uslov (2), iz prvog dijela rada, tj. da frekvencija udara vjetra ne bude ni približno jednaka dvostrukoj vrijednosti frekvencije j-tog tona oscilovanja tornja: Na taj način se izbjegava područje rezonancije bočnih strana ljuske, odnosno njihovo «faltanje», čime se isključuju momenti od vlastite težine,
- adekvatnom proračunskom tretmanu oslonačkog dijela rashladnih tornjeva (oslonačkih štapova) (vidi tačka 2.).

Osim navedenog, posebno treba obratiti pažnju na uslove temeljenja. Važno je da se izbjegnu diferencijalna slijeganja temeljne konstrukcije.

U pogledu izvođenja radova na ljuski tornja naročitu pažnju treba obratiti da ne dođe do značajnih odstupanja od projektovane geometrije po osnovi (kružnica), a posebno po visini.

4 LITERATURA

- [1] Baikov, V.N.: "Železobetonnije konstrukcii", Stroizdat, Moskva, 1974.
- [2] Damjanić, F.: «Numerična analiza nosilnosti hladilnoga stola bloka 5 – stol 4 v TE Šošanj , Ljubljana 1995.
- [3] Dobovišek, B.: »Berechnung des statischen Zustandes der Rotationschalen und deren Sektoren«, Der Bauingenieur, 4/1973, Springer Verlag, 1973.
- [4] Fischer, A.: »Grosskühltürme für Kraftwerke, Berechnung und Bauausführung«, Schweizerische Bauzeitung, 41/68.
- [5] Hannah, I.W.: «Einsturz des Kühlturmes im Kraftwerk Fiddlers Ferry», VGB Kraftwerks Technik Heft 8, 1987.
- [6] Halilović, S.: «Djelovanje vjetra na plašt industrijskog hladnjaka u obliku rotacionog hiperboloida», magistarski rad, Fakultet građevinskih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 1989.
- [7] Halilović, S.: »Dinamički efekti i moguće posljedice za rashladne tornjeve opterećene vjetrom«, DGKBiH, I kongres, Sarajevo, 1989.
- [8] Herzog, M.: «Realistische Näherungsberechnung hyperbolischer Kühltürme», Die Bautechnik, 2/1975.
- [9] Inženirski biro Elektroprojekt Ljubljana, «Glavni projekat TE Tuzla, Rashladni toranj 4», Ljubljana 1965.
- [10] ISO/TC dokument 98/SC 3/WG 2: «Working draft for DP 4354, Wind loads on structures», Berlin
- [11] JUS U.C7.110: «Opterećenje vjetrom. Osnovni principi i osrednjeni aerodinamički pritisak vjetra.»
- [12] JUS U.C7.113: «Opterećenje vjetrom. Opterećenje vjetrom ostalih građevinskih konstrukcija osim zgrada»
- [13] Kratzig, W.: «Schnittgrößen und Verformungen windbeanspruchter Naturzugkühltürme», Beton und Stahlbetonbau, 10/1966.

- [14] Koloušek, V.: «Wind Effects on Civil Engineering Structures», Academia, Praha 1983.
- [15] Niemann, H.J., Peters, H.L., Zerna, W.: «Naturzugkuhlturne im Wind, Der Einfluss der Oberflächenrauigkeit auf die Beanspruchung des Schalentragerwerkes», Beton und Stahlbetonbau, 6/1972.
- [16] Rosemeier, G.: «Winddruckprobleme bei Bauwerken», Springer – Verlag, Berlin 1976.
- [17] Sekulović, M., Kolundžija, B., Dunica, Š.: «Analiza stanja napona i deformacija hladnjaka u obliku rotacionog hiperboloida, uticaji od sopstvene težine i dejstva vjetra», Metoda konačnih elemenata u proračunu inženjerskih konstrukcija, II seminar iz ciklusa « Inovacije znanja iz oblasti tehničke mehanike i teorije konstrukcija», Beograd, 1982.
- [18] Sekulović, M., Kolundžija, B., Dunica, Š., Ćorić, B.: «Prilog proračunu visokih dimnjaka», VI kongres DGKJ, Bled, 1978.
- [19] Schuring, G.: «Kuhlturmschlote unter Windbelastung», Dissertation, Karlsruhe, 1964.
- [20] Vukelić, S., Dunica, Š., Kolundžija B.: «Analiza stanja napona, deformacija i stabilnosti rashladnog tornja TE Ugljevik», Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1980.

GENERALNI POKROVITELJ

INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

ZLATNI SPONZOR SKUPA

“ POTISJE KANJIŽA “
group member TONDACH
Kanjiža

SPOZORI SKUPA

DOO “DAK LIEBHERR“ Petrovaradin
DOO “JUB“ Šimanovci
DOO “BETON PLUS“ Batajnica
DOO “ASCO VIDAČ“ Futog
JKP “PARKING SERVIS“ Novi Sad
AD “TERMIKA“ Zrenjanin
DOO “MIKOM“ Novi Sad
“STYLOS“ GROUP
DOO “ALTER EGO“ Crvenka
DOO “TKK“ Zemun



CONTINENTAL PLUS CONSTANT PLUS crepovi budućnosti!

Štede Vaše vreme i novac:

- manji utrošak, 12 kom/m²!
- manja težina po m²!
- manji utrošak drvene građe!
- brža i jeftinija gradnja!

Zar to nije budućnost?

„Potisje Kanjiža” a.d. Kanjiža
Subotički put 57, 24420 Kanjiža, Srbija
tel.: +381 24 873 303, fax: +381 24 873 306
e-mail: office@potisje-kanjiza.com
www.potisje-kanjiza.com, www.tondach.com





Tel/Fax : +381 21 431 794

Tel.: +381 21 6433 477

E-mail: dak-liebherr@neobee.net

Delatnost:

Proizvodnja svežeg betona, klasičnog i SCC (Self Compaction Concret),
vodonepropusnog i otpornog na razne hemijske uticaje,
Prevoz mikserima u krugu do 50 km od Novog Sada (Ready-mixed
concrete)

Ugradnja betona pumpom

Oprema:

Fabrika betona «Liebherr» model 05, automatizovana (kompjuter)
Auto mikseri kapaciteta od 10 m³ na vozilima: Mercedes, Volvo i MAN
Auto pumpa za beton Waitzinger, dometa 37 m
Auto pumpa za beton Schwing, dometa 24 m, na mikseru.

Reference:

Isporuka betona za sanaciju Mosta Slobode u Novom Sadu,
Isporuka betona za Autoput E-75 Lot.1.2 (most Beška-Novi Sad)
Isporuka betona za Halu «Soja Protein» Bačka Palanka
Isporuka betona za Glavni kolektor u ul. Kralja Petra I u Novom Sadu
Isporuka betona za Merkator Centar u Novom Sadu

I Vama stojimo na usluzi.



UVEK ZA KVADRAT VIŠE

Hiljade nijansi.
Za svako vaše nadahnuće.
Da bojite sa uživanjem.
Za unutrašnje i spoljašnje zidove.

JUB info centar: 022/81-400, 81-401



Boje menjaju dom





ČLAN **asco** GRUPE

Vučena žica

- Svetla žica
- Žarena meka žica
- Pocinkovana žica
- Bakarna žica

Žičani proizvodi

- Univerzal pletivo
- Heksagon pletivo
- Kombajn žica
- Ekseri
- Bodljikava žica
- Pljosnata žica
- Žica za vezivanje
- Zavarena mrežasta armatura
- Tkani rabić
- Elektro vareni rabić
- Rolne elektro varene za ograde
- Elektro vareni pocinkovani paneli za ograde i građevinarstvo
- Šulc
- Bobinete (žarene i pocinkovane)
- Rolnice od žice (žarene i pocinkovane)

D.O.O. "MIKOM"
 Ul. Miroslava Prodanovica br.12
 21000 Novi Sad
 tel: 021 / 6411 522
 tel/fax: 021 / 6413 106
 web site: www.mikom.co.yu



Firma MIKOM inženjering osnovana je 1999.godine, u sklopu kompanije MIKOM, sa sedištem u Novom Sadu - SCG. Osnovna delatnost MIKOM inženjeringa je projektovanje, izvođenje i montaža svih vrsta čeličnih konstrukcija, izrada čeličnih polufabrikata, aluminijumske bravarije i strukturalnih fasada, kao i izgradnja objekata po sistemu "ključ u ruke". Pri izgradnji se koristi sopstvena tehnologija proizvodnje i montaže čeličnih elemenata. Trenutno je zaposleno 50 radnika, među kojima je velik broj visokostručnih kadrova.

Generalni smo zastupnici poznatog italijanskog proizvođača termolizolacionih panela - RWP Venecija / web site: www.rwpanel.com / za područje Srbije i Crne Gore i BiH.

Proizvodnja čeličnih polufabrikata

MIKOM inženjering pored proizvodnje i montaže čeličnih konstrukcija vrši: uslužno sečenje, savijanje, bušenje, probijanje, zavarivanje i druge srodne operacije, kao i proizvodnju poluprodukata iz programa obajene maloprodaje.

Hladno oblikovani profili se izrađuju hladnim oblikovanjem, polazeći od osnovnog materijala hladnovaljane i toplovaljane trake svih kvaliteta, pogodnih za preoblikovanje hladnim postupcima.

Sečenje trake pogodnih za hladno oblikovanje se vrši hidrauličnim makazama na dužini od 6000 mm i debljini 18 mm.



Pojedinačno izrada profila velike dužine - do 6m izvodi se na specijalnim mašinama za profilno savijanje, koje su poznate pod nazivom prese za profilno savijanje ili apkant prese. Na ovim mašinama se izrađuju profili L, U, Z, C, ... Pri oblikovanju trake u profil, granice plastičnosti i čvrstoće se povećavaju, dok se izduženje smanjuje.

Rezanje limova debljine od 13mm do 200mm, pravolinijskom i krivolinijskom putanjom rezanja, izvodimo na fotomatu sa dužinom radnog zahvata 3m.



Savijanje cevi izvodimo na profilisanom trovaljku i to: cevi kružnog poprečnog preseka $\phi 88,9$ mm i kvadratnog poprečnog preseka do 80x80mm.

Probijanje otvora kružnog i ovalnog oblika izvodimo na mašinama za probijanje i presecanje.

Bušenje otvora i rupe izvodimo na radijalnoj bušilici sa prečnicima alata do 55mm.

Vršimo zavarivanje elemenata konvekcionalnim postupcima zavarivanja, kao što su: REL, MAG, MIG, TIG, kao i reparaturna zavarivanja svih vrsta čelika: L, SL i obojenih metala.

Rezanje priprema pod uglom od 90 stepeni iz punog profila: kao i debelozide cevi većeg poprečnog preseka izvodimo na kružnoj testeri sa radnim zahvatom max 500mm.

Rezanje cevi na meru sa mogućnošću ukrajnja pod uglom od 30, 45, 60 i 90 stepeni.

Proizvodnja aluminijumske bravarije i strukturalnih fasada



Raspolažemo sa najavremenijom opremom za obradu aluminijumske bravarije i aluminijumskih fasada (mašine firme Blumalec - Nemačka). Koristimo serije profila firme FEAL, široki Brjieg:

- serije hladnih profila
- serije profila sa prekinutim termičkim mostom
- profili za fasade

Površinska zaštita profila je eloksiranjem i plastificiranjem, prema RAL karti.

Takođe raspolažemo sa najavremenijim softverom za proračun repro materijala, izradu krojnih lista i lista za spajanje i optimizaciju rezanja.



Stambeno-poslovni objekat
 Dalton, Novi Sad



BINS - sportsko rekreativni centar, Novi Sad

REFERENCE



Poslovna - proizvodni objekat, Novi Sad



TERMIKA a.d. Zrenjanin

a.d. za proizvodnju termoizolacionih materijala

A) TERMOIZOLACIONI MALTERI

VRSTA MALTERA	ČVRSTOĆA MALTERA [MPa]	ZAPREMINSKA MASA SUVOG MALTERA [kg/m ³]	KOEFICIJENT TEMP. ŠIRENJA α [mm/(m*100K)]	KOEFICIJENT TOPLOTNE PROVODLJIVOSTI λ [W/mK]
SUPERMAL	0,688	395	1,26	0,091
PERMAL	1,8	352	0,76	0,081
TERMIKAfil	termoizolacioni malter za nasipanje u sendvič zidove			0,033

B) TERMOIZOLACIONI BETONI

VRSTA BETONA	ČVRSTOĆA BETONA [MPa]	ZAPREMINSKA MASA SUVOG BETONA [kg/m ³]	KOEFICIJENT TEMP. ŠIRENJA α [mm/(m*100K)]	KOEFICIJENT TOPLOTNE PROVODLJIVOSTI λ [W/mK]
SUPERBET 1	0,5	258	0,9	0,072
SUPERBET 2	1,2	438	1,02	0,084
SUPERBET 3	2,72	578	1,1	0,108

C) OSTALI PROIZVODI

PERLIT P 1	granulati za samospravljanje maltera i betona
PERLIT P 2	
PERLIT P 10	
KRIOGENI PERLIT	granulat za kriogene izolacije
AGROPERLIT	granulat koji ima široku primenu u poljoprivredi
TERMIkol	grupa lepкова za keramiku i stiropor
TERMIKAšoric	kontakt špric za ugradnju perlitnog maltera
TERMIKApod	samoizravnavajuća masa za podove
PERLITfas	završni, ukrasni, fasadni malteri

TERMIKA a.d., 23000 Zrenjanin Požeška 4

Tel: centrala 023/ 543-020, faks. 023/ 544-303

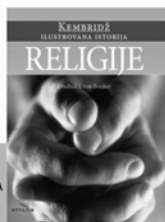
e-mail: termika@termika.co.yu

web: www.termika.co.yu

STYLOS IZDAVAŠTVO,
Jevrejska 28, 21000 Novi Sad,
Trg Nikole Pašića 8/II, 11000 Beograd
021/451-367, 451-475,
011/323-3234, 334-6708,
e-mail: izdavastvo@stylos.co.yu



Filip Klark,
Lora Hauel
MISTERIJE I
ČUDA NAUKE



Džon Bouker
KEMBRIDŽ ILLUSTRIRANA
ISTORIJA RELIGIJE



Duško Trifunović
ČASNA
DOKOLICA
Izabrane pesme



Marsel Rajh-Ranicki
MOJ ŽIVOT



Stiv Parker
TELO ČOVEKA
Kompletan atlas
ljudskog tela



Mark Dž. Sajfer
ČAROBNAJAK
ŽIVOT I VREME
NIKOLE TESLE
Biografija jednog genija



Johana Druker
ALFABETSKI LAVIRINT
Slova u istoriji
i imaginaciji



Lorens Grobel
AL PACINO
Njegova priča

Građevinska knjiga



Sva naša izdanja možete poručiti telefonom: tel./fax: 011/323-32-34