

**PROCENA STANJA, SANACIJA I OJAČANJE KONSTRUKCIJE NEDOVRŠENOG POSLOVNOG OBJEKTA NAKON DOGRADNJE****ASSESSMENT AND STRENGTHENING OF UNFINISHED BUSINESS BUILDING STRUCTURE AFTER UPGRADING**

Aleksandar Radović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - GRAĐEVINARSTVO**

**Kratik sadržaj** – Rad obuhvata teorijske osnove za projektovanje ravnih krovova zgrada, detaljnu procenu stanja nedovršenog poslovnog objekta, kontrolni proračun u programskom paketu Tower 7 kao i mere za sanaciju i ojačanje predmetne konstrukcije.

**Abstract** – This paper consists of theoretical basis for the design of flat roofs, a detailed assessment of the condition of the unfinished business object, the control calculations in the Tower 7 program, as well as measures for the rehabilitation and reinforcement of the structure.

**Ključne reči:** Procena stanja, sanacija, dogradnja

**1. UVOD**

Rad se sastoji iz dve nezavisne celine. Prva celina se odnosi na teorijske osnove za projektovanje ravnih krovova u zgradarstvu. Klasifikovana su moguća rešenja za projektovanje ravnih krovova zgrada i dati su detalji za izvođenje.

Drugi deo odnosi se na stručni deo u kome je prikazana detaljna procena stanja nedovršenog poslovnog objekta nakon koga je izvršen kontrolni proračun i propisane mere za sanaciju i ojačanje konstrukcije nakon nadogradnje. Kontrolni proračun izvršen je u programskom paketu Tower 7.

**2. RAVNI KROVOVI**

Ravni krovovi su kompleksne konstrukcije, sastavljene od slojeva sa različitim funkcijama. Izvode se neposredno iznad najviših tavanica radi zaštite zgrada od atmosferskih, temperaturnih i drugih uticaja. Mada se nazivaju „ravni“ ovi krovovi nisu apsolutno horizontalni, jer se za slivanje atmosferskih uticaja postavljaju u nagibima od 0,5 – 15 %.

**Prednosti ravnih krovova**

U odnosu na druge vrste krovnih pokrivača ravni krovovi imaju izvesnih prednosti. Kao krovne terase mogu se koristiti za različite svrhe. Na takvim površinama moguće je izvesti i upotrebnu terasu, parking, površinu za rekreaciju, namestiti foto-voltažne ćelije za proizvodnju električne energije ili ozelenjeni krov. Takođe nije potrebna ni skupa krovna konstrukcija od drvene građe.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vlastimir Radonjanin.

**Nedostaci ravnih krovova**

Ravni krovovi su sa građevinsko-fizičkog aspekta najproblematičniji konstrukcijski sklop i kao takav najčešće izostavljeni deo objekata. Primaju najveću koncentraciju sunčevog zračenja, a sa time i delovanje UV zračenja, kiše, snega, grada, uz nagomilavanje prašine i smeća, pojave biljaka, mahovine i lišajeva. Pošto je odvodnjavanje zbog malih nagiba slabo, time je uticaj kiše i snega veći. Glavni problem kod ravnih krovova je kvalitetna izrada sistema za sprečavanje prokišnjanja do koga ne sme doći.

**2.1 Podela ravnih krovova**

U odnosu na navedene razloge u koncipiranju i realizaciji savremenih krovova najvažnija je sledeća podela:

- Podela ravnih krovova prema nagibu (padu) za odvođenje vode.
- Podela ravnih krovova u odnosu na funkciju prohodnosti
- Podela ravnih krovova u odnosu na kompaktnost, tehničkih i fizikalnih slojeva sendviča ravnog krova, na nekompaktne (hladne krovove) i kompaktne (tople krovove).



Slika 1. Ravan krov na zgradama

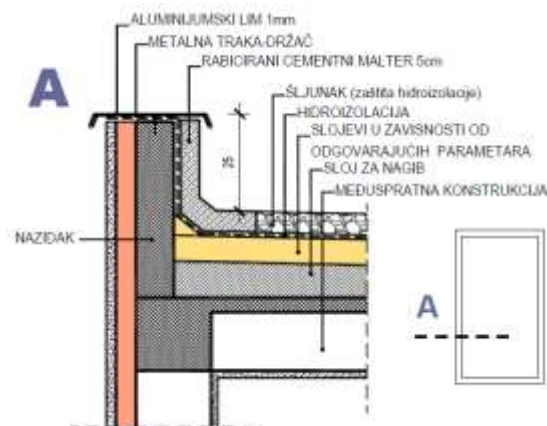
**2.2 Slojevi ravnih krovova**

Osnovni slojevi koji čine ravne krovove su:

- noseća konstrukcija
- sloj za pad
- sloj za izjednačavanje pritiska difuzije vodene pare
- parna brana
- termoizolacija
- hidroizolacija
- zaštita izolacija

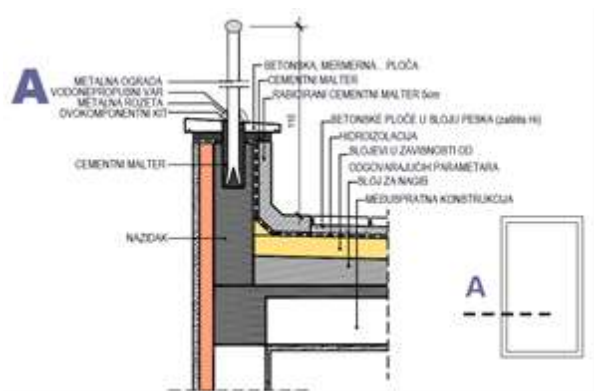
## 2.3 Detalji ravnih krovova

Neprohodan ravan krov



Slika 2. Detalj neprohodnog ravnog krova

Prohodan ravan krov



Slika 3. Detalj prohodnog ravnog krova

## 2.4 Odvodnjavanje ravnih krovova

Odvodnjavanje ravnih krovova se može vršiti :

- preko slivnih površina ka okapnicama na ivicama krova i olucima, a zatim dalje olučnim cevima
- preko slivnika
- preko kanala – rigola na krovnoj površini

## 3. Procena Stanja, Sanacija I Ojačanje Nedovršenog Poslovnog Objekta Nakon Dogradnje

### 3.1 Uvod

Objekat se nalazi u Paraćinu na uglu ulica Majora Marka i Vladike Nikolaja Velimirovića katastarska parcela 1881/1, slika 4. Objekat je projektovan kao poslovni, skeletnog sistema koji se sastoji od armirano betonskih stubova kvadratnog i kružnog poprečnog preseka, AB greda koje se pružaju u dva ortogonalna pravca, AB zidova i AB punih ploča dok je objekat oslonjen na temeljne grede.

Skeletna konstrukcija je predviđena da se izradi od betona marke MB 40, stubovi su armirani glatkom armaturom GA 240/360 (ne primenjuje se više) a grede armaturom RA 400/500. Kao ispuna korišteni su

giter blokovi. Dimenzije objekta u osnovi su približno 24x24m, spratnosti Po+Pr+3 (podrum, prizemlje i 3 sprata). Meduspratna konstrukcija je krstasto – armirana kontinualna ploča d=18cm, armirana mrežastom armaturom MA 500/560 visoko – vrednim čelikom.



Slika 4. Položaj objekta

### 3.1 Procena stanja objekta

Sama skeletna konstrukcija i zidanje zidova ispunjena su 1998. godine. Od tada objekat je otvoren i izložen spoljašnjim uticajima tako su na objektu vidljiva oštećenja koje su posledica toga. Objekat praktično nije opterećen korisnim opterećenjem pošto nije priveden nameni.



Slika 5. Postojeće stanje objekta

### 3.2 Pregledani delovi konstrukcije

Detaljnim vizuelnim pregledom konstrukcije utvrđeni su defekti i oštećenja na svim konstruktivnim delovima objekta. Posebno su obrađeni svi delovi konstrukcije po etažama od podruma pa do poslednje etaže i krova. Pregledom su obuhvaćeni svi stubovi, grede, AB platna, gredni prstenovi oko otvora i AB pune ploče koji su numerisani u zavisnosti od etaže na kojoj se nalaze i u zavisnosti od osa u kojima se nalaze. Na narednim fotografijama prikazani su neki od defekta i oštećenja zabeleženih prilikom pregleda konstrukcije.



Slika 6. Korozija armature i hemijska korozija betona na gredi prizemlja



Slika 7. Korozija armature donje površine ploče iznad podruma



Slika 8. Rupičasta površina betona posledica korištenja zaprljanog agregata

### 3.3 Kvalitet zaštitnog sloja betona – nedestruktivne metode ispitivanja

Za ispitivanje stanja konstrukcije primenjene su dve nedestruktivne metode ispitivanja:

- metoda merenja površinske tvrdoće betona (metoda sklerometra) i
- provera dubine karbonizacije (fenolftalein test)

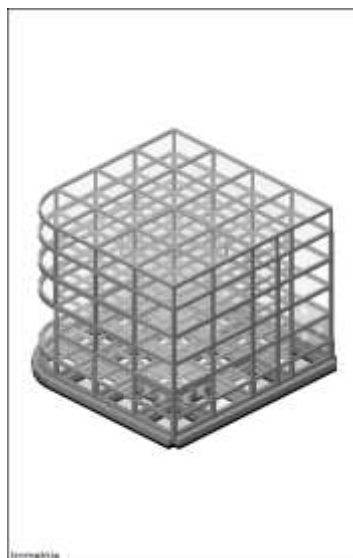
Projektom je predviđeno da beton ugrađen u stubove, platna i grede bude marke MB 40 a ploče marke MB 30. Čvrstoće betona dobijene metodom sklerometra pokazuju da su čvrstoće betona u pločama u granicama projektovanih, dok se kod stubova javljaju rasipanja rezultata i većina merenja su ispod projektovane granice. Čvrstoća beton u gredama je takođe u granicama projektovanih dok se kod platana pokazala nešto manja čvrstoća od projektovane.

### 3.4 Zaključak o stanju objekta

Nakon detaljnog vizuelnog pregleda objekta i analize prikupljenih podataka zaključuje se da nosivost, stabilnost i funkcionalnost konstrukcije nisu ugrožene, ali je trajnost znatno ugrožena usled dugogodišnjeg delovanja spoljašnjih uticaja na konstrukciju kao i zbog mnoštvo grešaka (defekata) napravljenih prilikom izgradnje objekta koji su navedeni u prethodnoj analizi.

### 3.5 Kontrolni proračun

Kontrolni proračun urađen je u programskom paketu Tower 7 (Slika 9). Za analizu korišteni su podaci iz projektne tehničke dokumentacije, analiza opterećenja i sama analiza konstrukcije rađeni su po evropskim pravilnicima – evrokodovima. Kontrolnim proračunom pokazano je da se stubovi u središnjim radovima trebaju ojačati u prizemlju i na prvom spratu, dok ostale elemente nije potrebno dodatno ojačavati.



Slika 9. Proračunski model iz programa Tower 7

### 3.5 Dimenzionisanje elemenata

Nakon analize napona izvršeno je dimenzionisanje svih elemenata i uporedna analiza potrebne i ugrađene armature gde se pokazalo da je ugrađena armatura zadovoljava potrebnu armaturu i nakon nadogradnje.

Proračun prema Evrokodu je zasnovan na teoriji graničnih stanja. Granična stanja svrstavaju se u dve grupe:

1. granična stanja nosivosti – loma
2. granična stanja upotrebljivosti

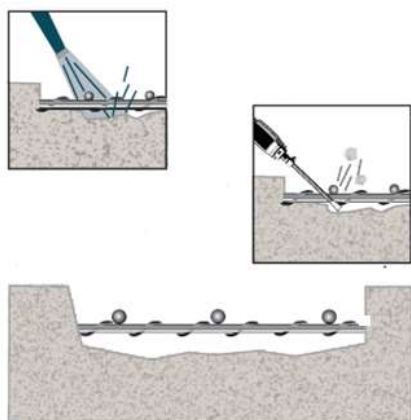
Prema Evrokodu moraju se dokazati sledeća granična stanja nosivosti:

1. EQU, gubitak statičke ravnoteže konstrukcije ili jednog njenog dela kao krutog tela
2. STR, unutrašnji lom ili prevelika deformacija konstrukcije ili konstrukcijskih elemenata
3. GEO, lom ili prevelika deformacija tla
4. FAT, lom usled zamora materijala konstrukcije ili konstrukcijskih elemenata

### 3.6 Sanacija elemenata

Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda objekta i analize postojećeg stanja zaključeno je da je potrebno sanirati određene defekte i oštećenja. Oštećene površine ploča potrebno je odštemovati, pripremiti i sanirati nanošenjem reparaturnog sloja (Slika 10).





Slika 10. Način pripreme za sanaciju zaštitnog sloja betona ploče

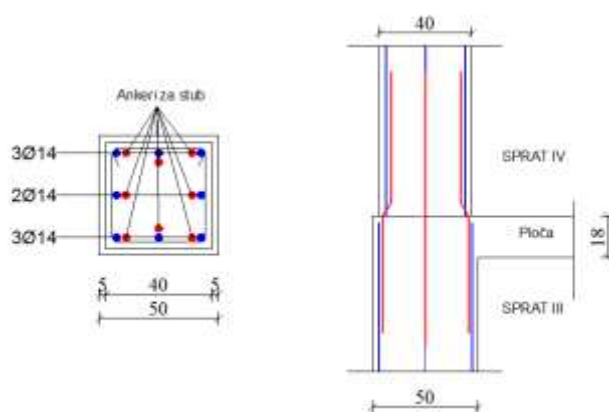
Takođe lokalna oštećenja potrebno je pripremiti i sanirati reparaturnim malterima. Na gredama gde je armatura zahvaćena korozijom usled koje su otpale ivice betona, potrebno je dodatno ukloniti trošan sloj betona, pravilno odštemovati ivice, očistiti armaturu zahvaćenu kotozijom pa izraditi novi zaštitni sloj od reparaturnog maltera. Prsline i pukotine koje su se pojavile usled dugotrajnog hidrauličkog skupljanja, na uglovima zidova i na stepeništu potrebno je sanirati nekom od tehnika injektiranja epoksidnim materijalima. Postupak sanacije oštećenja u vidu mrlja na površini betona i ispiranja kreča se sprovodi uklanjanjem naslaga vodom pod pritiskom. Postupak sanacije oštećenja u vidu biološkog rastinja sastoji se iz uklanjanja mahovina i rastinja mehaničkim putem – struganjem, čišćenje i ispiranje vodom pod pritiskom.

### 3.7 Ojačanje elemenata

Numeričkom analizom zaključeno je da su u određenim stubovima, uglavnom u prizemlju i spratu, prekoračeni normalni naponi pa je stubove potrebno ojačati povećanjem poprečnog preseka dodavanjem dodatnog „plašta” oko postojećeg stuba. Predviđa se da se stubovi dimenzija 40/40 cm povećaju na 55/55 cm dodavanjem sa svake strane po 7,5 cm betonskog „plašta”. Potrebno je prvo na stubovima ukloniti oštećene i labave slojeve i očistiti armaturu ako je zahvaćena korozijom, pa zatim početi sa ojačanjem stubova. Predviđa se dodavanje ivičnih armaturnih šipki od rebrastog čelika prečnika  $\varnothing 16$ , dok su uzengije od glatkog čelika prečnika  $\varnothing 6$  i postavljaju se na rastojanju od 20 cm.

### 3.8 Povezivanje novoprojektovane i postojeće konstrukcije

Prilikom nadogradnje i adaptacije objekta od velikog je značaja definisati način na koji će se povezati novoprojektovana i postojeća konstrukcija. Nadgrađena etaža se oslanja na postojeću konstrukciju preko stubova koji se nastavljaju na mestima postojećih.



Slika 11. Primer povezivanja stuba sprata III sa stubom na nadgrađenoj etaži

## 4. LITERATURA

- [1] Eurocode 0: Osnove proračuna konstrukcija – Beograd, februar 2006.
- [2] Eurocode 1: Dejstva na konstrukcije – Part 1-1: Zapreminske težine, sopstvene težine, korisna opterećenja za zgrade, Beograd, februar 2006.
- [3] Eurocode 1: Dejstva na konstrukcije – Part 1-3: Dejstva snega, Beograd, februar 2006.
- [4] Eurocode 1: Dejstva na konstrukcije – Part 1-4: Dejstva vetra, Beograd, februar 2006.
- [5] Eurocode 2: Proračun betonskih konstrukcija – Part 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Beograd, februar 2006.
- [6] Eurocode 7: Geotehnički proračun – Part 1-1: Opšta pravila, Beograd, februar 2006.
- [7] Eurocode 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija – Part 1-1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, Beograd, novembar 2009.
- [8] M. Malešev, V. Radonjanin: material sa predavanja – Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [9] M. Malešev, V. Radonjanin: material sa predavanja – Sanacija betonskih konstrukcija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [10] Z. Brujić: material sa predavanja – Višespratne zgrade, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [11] Momčilo Radović, Ravni krovovi - Održavanje i popravke, Građevinska knjiga 2006.

### Kratka biografija:



**Aleksandar Radović** rođen je u Zrenjaninu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - konstrukcije - procena stanja i sanacija konstrukcija odbranio je 2018.god.