

**PROJEKAT AB VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE PREMA EVROKODU I  
UPOREDNA ANALIZA PRORAČUNA GRANIČNOG STANJA TRANSVERZALNIH  
SILA PREMA EC2 I BAB87****PROJECT OF RC MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING ACCORDING TO  
EUROCODE AND COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGN FOR ULTIMATE SHEAR  
FORCES ACCORDING TO EC2 AND BAB 87**Vladimir Erić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SEIZMIČKA ANALIZA KONSTRUKCIJA**

**Kratak sadržaj** – Ovim radom predstavljena je analiza opterećenja i statičko-dinamički proračun armirano betonske konstrukcije sa dimenzionisanjem elemenata prema Evrokodu. Izvršeno je i upoređivanje proračuna transverzalnih sila prema BAB87 i Evrokodu.

**Ključne reči:** Armirani beton

**Abstract** – This work represents load analysis and static-dynamic calculation of reinforced concrete construction with sizing of the elements. Comparison of shear forces calculation between BAB87 and Eurocode standards was also made.

**Keywords:** Reinforced concrete

**1. UVOD**

Već nekoliko godina unazad, usvojeni su standardi Evrokod. Prethodni standard, BAB87, za svoje vreme bio je dovoljno napredan, proračun prema graničnim stanjima, posledice seizmičke modalne analize na konstrukciju itd. Nov standard Evrokod, se nadovezuje na to, s obzirom da su i ostali svetski i evropski standardi slični međusobno, zbog veoma česte primene i rasprostranjenosti armirano-betonskih konstrukcija.

Kao dominantno opterećenje, zbog mase betona koja utiče na konstrukciju, seizmičkom opterećenju je data pažnja u ovom radu. Ona se odnosi na opis pojave seizmičkog dejstva a kasnije i na princip projektovanja sa smanjenim seizmičkim dejstvom a na račun programiranog ponašanja okvira sa ukrućenjem u vidu smičućih seizmičkih zidova.

Veliko olakšanje u analizi konstrukcija, čini upotreba softvera za statičko-dinamičku analizu i dimenzionisanje elemenata kao i za izradu detalja armiranja. Načelno, kao i ostali softverski paketi tog tipa, koristi se metoda konačnih elemenata, a ovde je korišćen softver domaćeg proizvođača Radimpex Tower 8. Implementacija programiranog ponašanja se odvija vršenjem dimenzionisanja u nekoliko koraka, naizmeničnim proračunom i usvajanjem armature. Proračun uparen sa uputstvima i zahtevima za detalje elemenata i čvorova, daje sigurnost konstrukciji.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović.**

**2. PODACI O OBJEKTU**

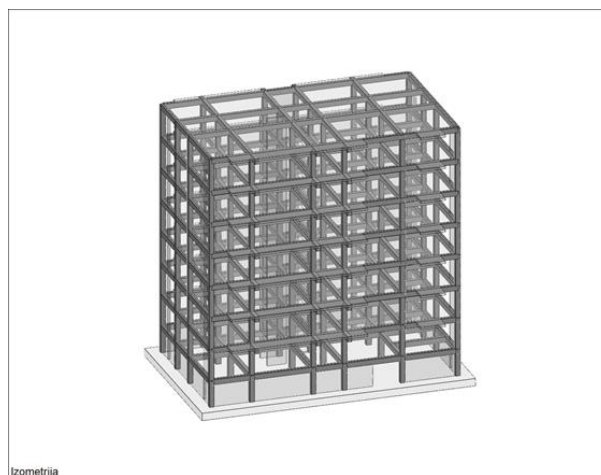
Posmatrani objekat je višespratna stambena zgrada čiji su okviri pridržani sa po dva zida u oba pravca okvira. Zgrada je spratnosti Po+Pr+5 i ukupnom visinom 20,5 m, a lokacija objekta je u Novom Sadu.

**2.1. Arhitektonsko rešenje**

Dispoziciono rešenje čine ortogonalni okviri različitog rastera stubova 2,75 do 5,44 m. Spratne visine su 2,86 m izuzev podruma gde je 2,38 m. Dimenzije objekta u prizemlju su 13x21 m, tj. 278 m<sup>2</sup> bruto korisne površine. Ostale etaže imaju 302 m<sup>2</sup> bruto, što ukupno daje 1.788 m<sup>2</sup> bruto.

**2.2. Noseći elementi**

Armirano-betonska konstrukcija je skeletnog tipa sa zidovima za ukrućenje, sl. 1. Skelet je ramovski, 6 okvira u x-pravcu i 4 okvira u podužnom y-pravcu.



Slika 1. Prostorni proračunski model razmatrane zgrade

Okviri sadrže grede i stubove, sledećih dimenzija:

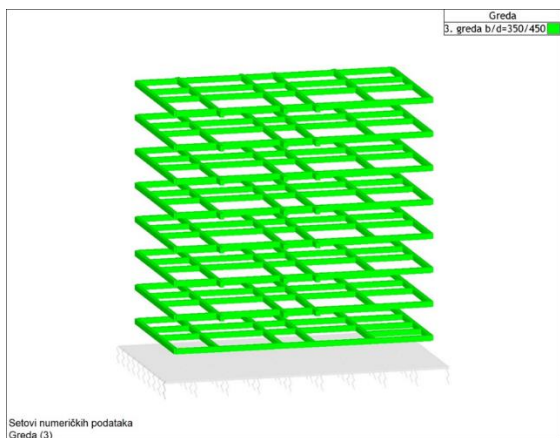
Stubovi:

- b/h = 40/45 cm od podruma do vrha, unutrašnji
- b/h = 35/40 cm od podruma do vrha, obodni

Grede:

- b/h = 35/45cm sve etaže

Međuspratne konstrukcije su debljine 16, temeljna ploča 50, dok su zidovi debljine 20 cm. Cela konstrukcija se izvodi u klasi betona C30/37.



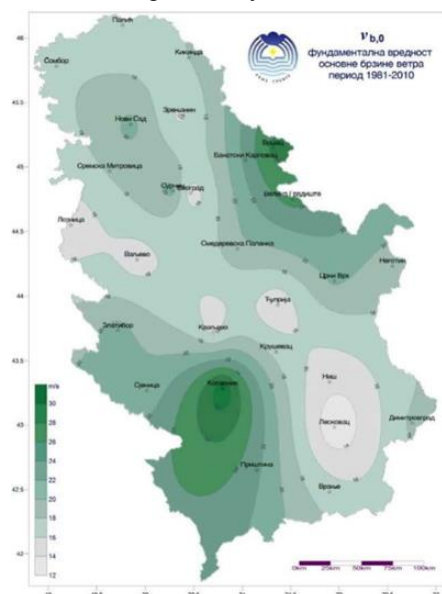
Slika 2. Primer modeliranih greda

### 3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Analiza opterećenja sprovedena je primenom odredbi Evrokoda 0 i 1, a seizmičko dejstvo Evrokoda 8. U Evrokodovima su definisana stalna, promenljiva incidentna i seizmička opterećenja. U stalna opterećenja spadaju sopstvena težina generisana programski, kao i težina obloga, pregradnih i fasadnih zidova. Promenljiva opterećenja su definisana namenom površina ili dejstvima, poput snega i vetra. Tako je korisno opterećenje u stanovima  $2,0 \text{ kN/m}^2$ , sneg  $1,2 \text{ kN/m}^2$ , a vetar osnovne brzine  $22 \text{ m/s}$ .

Kat.	Namena	Primer/pod-kategorija	$\phi$	$Q$	
A	Stambene površine	Sobe u stambenim zgradama i kućama, spavaće sobe i odeljenja u bolnicama, spavaće sobe u hotelima i prenoćnicima, kuhinje i toaleti.	Podovi	1,5-2,0	2,0-3,0
			Stepeništa	2,0-4,0	2,0-4,0
			Balkoni	2,5-4,0	2,0-3,0
B	Kancelarijske površine	Kancelarije.	2,0-3,0	1,5-4,5	
C	Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi	C1: Površine sa stolovima (u školama, čitaonicama, trpezarijama...)	2,0-3,0	3,0-4,0	
		C2: Površine s nepokretnim stepeništima (u crkvama, pozorištima, bioskopima, učionicama, čekaonicama...)	3,0-4,0	2,5-7,0 (4,0)	
		C3: Površine bez prepreka za kretanje (u muzejima, izložbenim prostorima, površine u javnim i administrativnim zgradama, hotelima, bolnicama...)	3,0-5,0	4,0-7,0	
		C4: Površine sa mogućim fizičkim aktivnostima (plesne dvorane, gimnastičke sale, pozorišnice...)	4,0-5,0	3,5-7,0	
		C5: Površine osetljive na veliko okupljanje (zgrade za javne događaje, koncertne, sportske dvorane uključujući tribine, terase, železničke platforme)	5,0-7,5	3,5-4,5	
D	Prodajne površine	D1: Površine u maloprodajnim radnjama D2: Površine u robnim kućama	4,0-5,0 4,0-5,0	3,5-7,0 3,5-7,0	
F	Saobraćajne i parking površine za laka vozila (ne više od 30kN bruto težine vozila i ne više od 8 sedišta, ne uključujući vozača)	Garaže, parking površine, parking hale	1,5-2,5	10-20	
G	Saobraćajne i parking površine za srednja vozila (više od 30kN, ali manje od 160kN, na dve osovine)	Prilazi, dostavne zone, pristupne zone za vatrogasna vozila	5,0	40-90	

Slika 3. Preporučene vrednosti korisnih opterećenja [1]

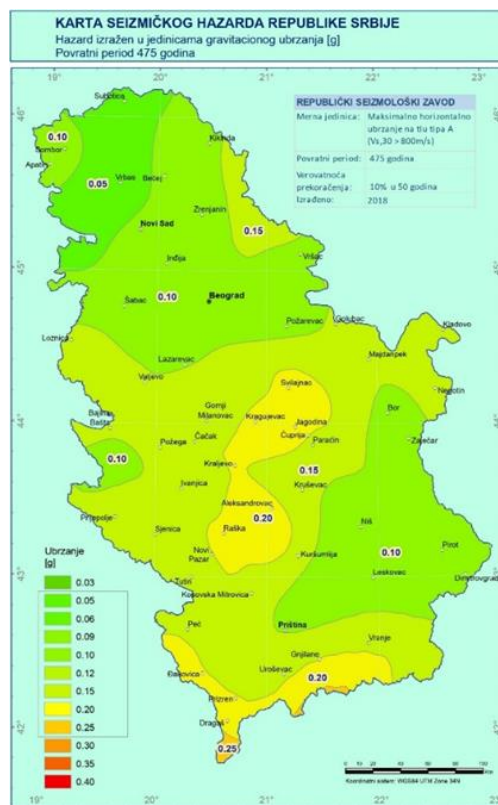


Slika 4. Osnovna brzina vetra [2]

### 3.1 Seizmičko opterećenje

Seizmičko dejstvo je posledica inertnosti mase (stalno i korisno opterećenje), koja je preko krutosti konstrukcije vezana za podlogu koja se pomera. Tako dobijamo sile koje napadaju konstrukciju, indukovane masom, koja je pripadajuća za svaki čvor posmatrajući MKE model i ubrzanjem tla, koje je dato kartom povratnog perioda za sve zemlje gde važe Evrokodovi, a predstavlja referentno ubrzanje koje odgovara zahtevima da se konstrukcija ne sruši (NCR no-collapse requirement): povratnom periodu dejstva od 475 godina, odnosno referentnom periodu od 50 godina u kojem je verovatnoća prekoračenja  $a_{gR}$  vrednosti 10%. Umnožak ubrzanja zavisi i od tipa tla na kome konstrukcija leži, važnosti konstrukcije kao i sopstvenog perioda oscilovanja. Pripadajuće mase su u funkciji odnosa prema ukupnoj masi i udela pomeranja u datom tonu oscilovanja.

Vrednosti seizmičkih sila se određuje na osnovu projektnog, redukovanog spektra, čime se želi postići ekvivalentnost pomeranja nelinearnog i elastičnog odgovora konstrukcije. Zbog smanjenja vrednosti projektnih seizmičkih sila, projektom se mora obezbediti odgovarajuća duktilnost noseće konstrukcije kako bi se kroz sukcesivno stvaranje plastičnih zglobova na unapred određenim mestima ostvario povoljan plastični mehanizam.

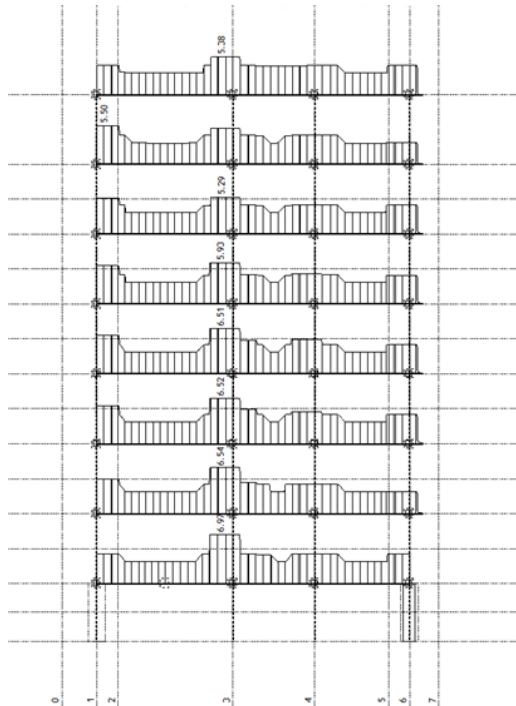


Slika 5. Karta seizmičkog hazarda za povratni period 475g [2]

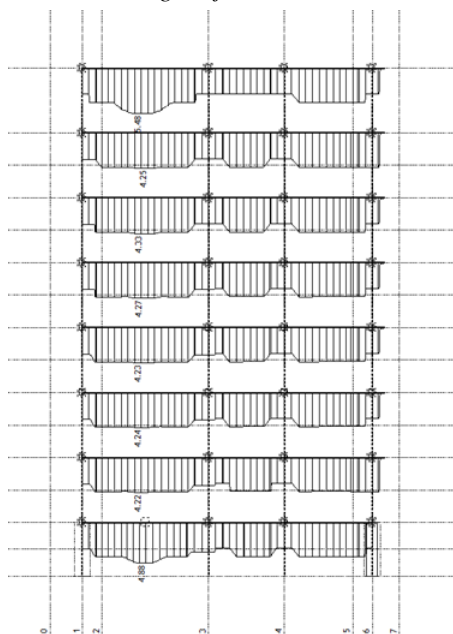
### 4. DIMENZONISANJE ELEMENATA

Sa dobijenim presečnim silama, primenom softvera se dimenzionišu kritični preseći nosećih elemenata konstrukcije prema odgovarajućem standardu. U svemu se primenjuje Evrokod 2, a odredbe Evrokoda 8 se primenjuju procedurom sukcesivnog proračuna i usvajanja armature. U kritičnim zonama mora postojati određena

razlika između pritisnute i zategnute podužne armature. Sa usvojenom podužnom armaturom greda sledi određivanje potrebne podužne armature stubova. Razlog ovom postupku je uzročnost podužne armature stubova od nosivosti krajeva greda. Za okvirne sisteme i dvojno dominantne ukrućene okvire, u svakom čvoru okvira je potrebno obezbediti da zbir nosivosti na krajevima stubova bude najmanje 30% veći od zbira nosivosti greda.



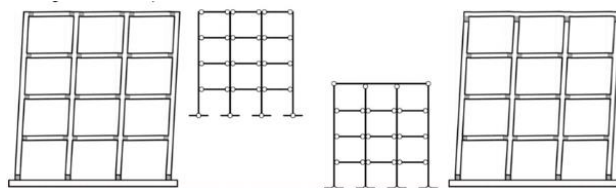
Slika 6. Primer potrebe za podužnom armaturom, gornja zona



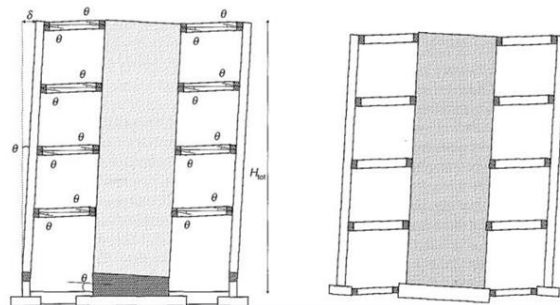
Slika 7. Primer potrebe za podužnom armaturom, donja zona

Zatim se proračunava potreba za poprečnom armaturom greda i stubova, na osnovu projektnih sila iz momenata nosivosti greda i stubova, jer se smičući lom smatra krtim te se od njega obezbeđujemo dimenzionisanjem na maksimalne pojavne sile. Posebna pažnja se mora posvetiti

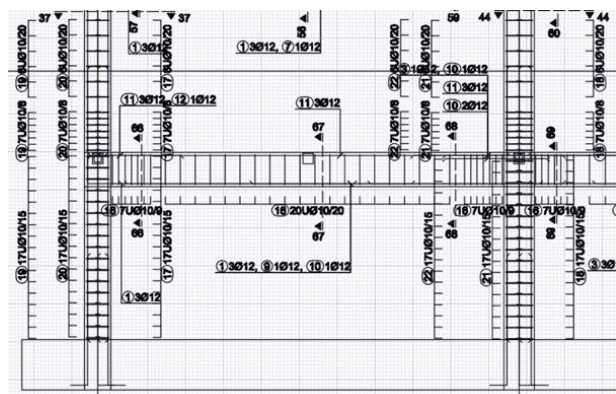
proveri lokalnih duktilnosti donjeg dela stuba i zida iznad uklještenja gde se očekuju najveće nelinearne deformacije.



Slika 8. Poželjni plastični mehanizmi okvirne konstrukcije [1]



Slika 9. Poželjno ponašanje ukrućenog okvira [1]



Slika 10. Primer potrebe za vertikalnom armaturom

## 5. PRORAČUN PRESESKA NA GRANIČNE UTICAJE TRANSVERZALNIH SILA PREMA EVROKODU 2 I BAB87

Poređenjem proračuna poprečne armature, koja služi za osiguranje od uticaja transverzalnih sila, prema pravilnicima EUROCODE2 i BAB 87 zaključeno je da postoje određene razlike, kako u načinu proračuna, tako i u količini dobijene potrebne armature.

Prema BAB87, u zavisnosti od intenziteta smičuće sile i rezultujućeg smičućeg napona, mogu se javiti sledeći slučajevi:

- $\tau < \tau_n$  – u ovom slučaju nije potrebna dodatna armatura
- $\tau < \tau_n < 3\tau$  – deo transverzalne sile se poverava betonu, a deo armaturi
- $3\tau \leq \tau_n \leq 5\tau$  – celokupna smičuća sila se poverava armature

Za razliku od ovoga, prilikom proračuna prema EUROCODE2, celokupna smičuća sila se poverava armaturi (ukoliko je armatura potrebna za prijem uticaja).

U konkretnom primeru, za gredu iz primera, proračunom prema EUROCODE2 i BAB 87, dobijene su određene razlike. Prema BAB 87 računski nije potrebna armatura za prijem uticaja od transverzalne sile, pa se na celoj dužini grede može usvojiti minimalna armatura, dok je proračunom prema EUROCODE2 dobijeno da je u presecima sa najvećim vrednostima transverzalne sile, tj. na delu grede u blizini oslonca, potrebno progustiti poprečnu armaturu.

## 6. ZAKLJUČAK

Postupak programiranog ponašanja pri projektovanju, koji je primenjen u Evrokodu 8, obezbeđuje se dovoljna sigurnost konstrukcije da se ne sruši za projektno dejstvo zemljotresa i da, po kriterijumu oštećenja, noseća konstrukcija ostane u elastičnoj oblasti pri dejstvu umerenih zemljotresa čija je pojava moguća više puta u životnom veku građevine. Primena Evrokoda 8 omogućavaju povoljno ponašanje zgrada na globalnom nivou pri dejstvu zemljotresa sa različitom verovatnošću pojave.

Posebno treba istaći važnost odredbi za detalje armiranja datim u Evrokodu 8, kroz posebna pravila za oblikovanje armature u kritičnim oblastima, zavisno od perioda oscilovanja i tipa konstrukcije, čime se problem duktilnosti prenosi sa globalnog na lokalni nivo.

Evrokodovi su od ove godine postali važeći tehnički propisi za projektovanje nosećih konstrukcija u našoj zemlji, što treba da omogući veću sigurnost zgrada i drugih građevinskih objekata. Uvođenje Evrokodova u našu inženjersku praksu nudi i mogućnost našeg uključivanja u šire tržište od domaćeg, na koje se može konkurisati kroz projektovanje i izvođenje.

## 7. LITERATURA

- [1] Zoran Brujić, "Betonske konstrukcije u zgradarstvu - prema Evrokodu", Novi Sad 2018.
- [2] EN 1990 Eurocode: Basis of Structural Design, EN 1991 Eurocode: Actions on structures, EN 1992 Eurocode: Design of concrete structures, EN 1993 Eurocode: Design of steel structures, EN 1994 Eurocode: Design of composite steel and concrete structures  
EN 1998 Design of structures for earthquake resistance
- [3] Ratko Salatić, "Dinamika konstrukcija i zemljotresno inženjerstvo", Beograd 2014.
- [4] Srđan Janković, "Osnove seizmičkog planiranja i projektovanja", AGM Knjiga 2014.

### Kratka biografija:



**Vladimir Erić** rođen je u Užicu 1993. god. Osnovne akademske studije završio je 2018. god na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije odbranio je 2021.god. kontakt: vladeeric@gmail.com