

**PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE ZGRADE U NOVOM SADU  
PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA****THE PROJECT OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDING IN NOVI  
SAD ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS**

Mihailo Vlačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratka sadržaj** – U prvom delu rada prikazan je projekat armiranobetonske višespratne zgrade Po+Su+P+5 u Novom Sadu, a u drugom delu je urađena uporedna analiza odredbi za projektovanje seizmičkih platana prema nacionalnim propisima i Evrokodu.

**Ključne reči:** Armiranobetonska zgrada, Evropski standardi, Seizmička analiza

**Abstract** – The first part of the work consist the project of multi-storey reinforced concrete building, basement+high basement+ground floor+5 stories in Novi Sad, and in the second part a comparative analysis of the provisions for the design of seismic planes according to national regulations and Eurocode is made

**Keywords:** Reinforced concrete building, European standards, Seismic analysis

**1. UVOD**

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje armiranobetonske višespratne zgrade Po+Su+P+5, skeletnog tipa sa zidovima za ukrućenje, prema evropskim standardima na osnovu zadatog arhitektonskog plana. Lokacija objekta je Novi Sad.

**2. TEHNIČKI OPIS****2.1. Arhitektonsko rešenje**

Objekat je u osnovi nepravilnog oblika, spratnosti podrum + suteran + prizemlje + 5 spratova. Spratna visina podruma je 2,82 m, suterena 2,70 m, prizemlja 3,20 m a tipskih spratova 2,68 m. Ukupna visina objekta iznad kote terena je 18,86 m.

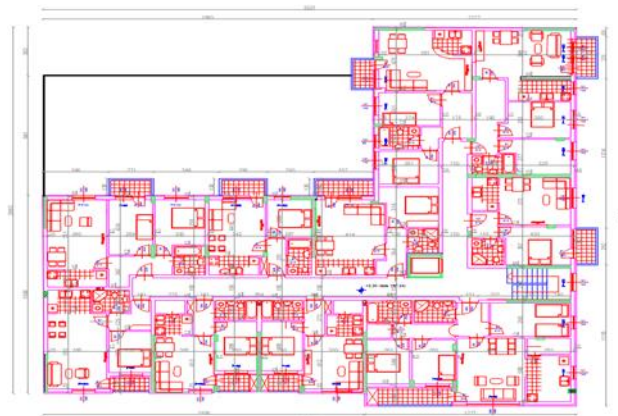
Podrum i suteran su najvećim delom predviđeni da se koriste kao parking prostor, u prizemlju su smešteni poslovni prostori i 7 stambenih jedinica, dok je na ostalim spratovima smešteno po 10 stanova, izuzev povučenog sprata na kome je smešteno 4 stana. Krov je jednovodni i dvovodni sa padom od 10°.

Vertikalna komunikacija između spratova se ostvaruje pomoću dvokrakog stepeništa i lifta. Fasadni zidovi su od termo blokova i obloženi demit fasadom, dok se pregradni zidov izvode od giter bloka ili opeke.

**NAPOMENA:**

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

Na slici 1 dato je arhitektonsko rešenje tipskog sprata.



Slika 1. Osnova tipskog sprata

**2.2. Konstruktivni sistem zgrade**

Konstruktivni sistem objekta je skelet ukrućen armiranobetonskim platnima. Stubovi su različitih dimenzija, proisteklih iz uslova dopuštenih napona koje propisuje Evrokod [1,2,3].

Međuspratna je konstrukcija je projektovana kao puna AB ploča, direktno oslonjena na stubove. Zidovi za ukrućenje su raspoređeni po obodu objekta, oko lifta, oko stepeništa, ali i u središnjim delovima objekta. Zidovi u podrumu su armiranobetonski i izvedeni po obimu garažnog dela konstrukcije.

Objekat se fundira na temeljnoj ploči debljine 60 cm, a ispod nje se izvodi sloj šljunka i sloj mršavog betona. Hidroizolacija se postavlja ispod temeljne ploče i sa spoljašnjih strana podrumskih zidova. Dozvoljeni napon u tlu je 180 kN/m<sup>2</sup>, marka betona svih elemenata nosećeg sistema je C30/37, a kvalitet armature B500B.

**2.3. Analiza opterećenja**

Za projektovanje i dimenzionisanje elemenata konstrukcije razmatrana su sva opterećenja koja mogu delovati na konstrukciju u toku eksploatacije, kao i njihove najnepovoljnije kombinacije. Na zadatu konstrukciju deluju sledeća opterećenja:

- Stalno opterećenje
- Korisno opterećenje
- Opterećenje od snega
- Opterećenje od vetra
- Seizmičko opterećenje

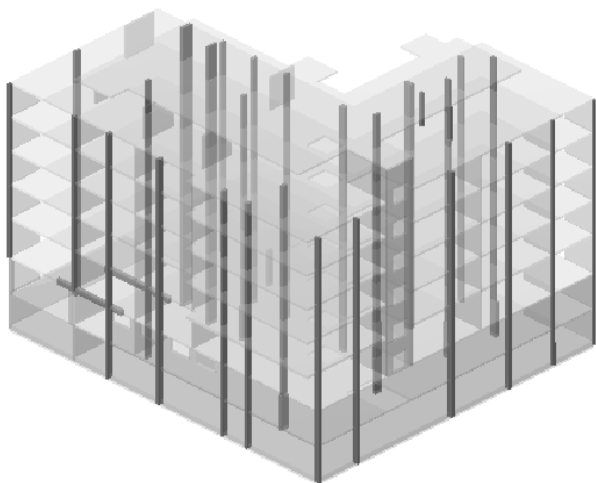
Stalno opterećenje potiče od sopstvene težine konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata konstrukcije.

Korisno opterećenje se usvaja prema standardu EN1991-1-1-2001 [1], intenzitet zavisi od namene određene prostorije, a nanosi se kao jednako podeljeno površinsko opterećenje. Opterećenje snegom se računa prema standardu EN1991-1-3-2003 [1], i takođe se nanosi kao jednako podeljeno površinsko opterećenje.

Opterećenje vetrom se računa prema standardu EN1991-1-4-2005 [1] i nanosi se kao površinsko opterećenje, a zatim se konvertuje u linijsko. Seizmičko opterećenje se računa pomoću softvera Tower 6.0, a proračun se obavlja prema Evrokod standardu EN1998-1:2004 [3], primenom multimodalne spektralne analize.

#### 2.4. Modeliranje konstrukcije i opterećenja

Konstrukcija je modelirana u softverskom paketu Tower 6.0. Osnovni noseći sistem konstrukcije je skeletni sistem sa zidovima za ukrućenje. Na slici 2 prikazan je trodimenzionalni model konstrukcije.



Slika 2. 3D model konstrukcije

Model se sastoji iz površinskih (ploče, zidovi) i linijskih (grede, stubovi) konačnih elemenata. Svi elementi su modelirani tako da njihove geometrijske i mehaničke karakteristike odgovaraju onima koje su zadate u projektu. Prilikom modeliranja uzet je u obzir pad torziona i savojne krutosti elemenata konstrukcije, i to tako što je torziona krutost greda smanjena na veličinu koja odgovara 10% krutosti homogenog betonskog presjeka. Savojna krutost stubova i zidova za ukrućenje smanjena je na vrijednost koja odgovara 50% krutosti homogenog betonskog presjeka.

Prilikom formiranja proračunskog modela korišćena je mreža konačnih elemenata veličine 0,4 m. Tlo je modelirano pomoću Vinklerovog modela, koji omogućuje interakciju konstrukcije i podloge [4,5].

Opterećenja se nanose na model kao linijska i površinska. Pomoću softvera je izvršena modalna analiza, na osnovu koje su dobijeni parametri koji služe za dalji proračun seizmičkih sila. Seizmički proračun je urađen multimodalnom spektralnom analizom. Proračun konstrukcije je izvršen prema linearnoj teoriji elastičnosti u kojoj se pretpostavlja geometrijska i materijalna linearnost.

#### 2.5. Proračunske kontrole

Prema pravilniku [2,3], potrebno je izvršiti sljedeće kontrole:

- Kontrola normalizovane vrednosti aksijalnih sila u stubovima i zidovima
- Kontrola napona u tlu
- Kontrola relativnog spratnog pomjeranja

Normalizovanu aksijalnu silu je prema pravilniku EN1998-1:2004 [3] neophodno kontrolisati u primarnim seizmičkim elementima, odnosno stubovima, seizmičkim platnima i gredama. Dobija se iz seizmičke proračunske kombinacije prema graničnom stanju nosivosti. Za primarne seizmičke stubove projektovane za klasu duktilnosti DCM, vrednost normalizovane aksijalne sile ne sme biti veća od 0,65, dok kod seizmičkih zidova ova vrednost ne sme biti veća od 0,40.

Naponi u tlu se kontrolišu u svrhu provere da li je usvojeno adekvatno temeljenje objekta, i u ovom slučaju potrebno je obezbediti nosivost tla od 180 kPa. Kontrola napona u tlu se radi za anvelopu uticaja eksploatacionih neseizmičkih i seizmičkih opterećenja.

Horizontalna spratna pomeranja spadaju u domen kontrole graničnog stanja upotrebljivosti i pravilnik EN1998-1:2004 [3] propisuje dopuštene vrijednosti za dozvoljena relativna spratna pomeranja. Kontrolišu se za eksploatacionu seizmičku kombinaciju opterećenja.

Nakon analize zaključeno je da konstrukcija zadovoljava uslove svih prethodno nabrojanih kontrola.

#### 2.6. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Dimenzionisanje elemenata konstrukcije je izvršeno u softverskom paketu Tower 6.0, i dimenzionisani su sljedeći elementi:

- Temeljna ploča
- Ploča suterena
- Ploča prizemlja
- Ploča tipskog sprata
- Stubovi
- Seizmička platna
- Ploča stepeništa

Dimenzionisanje je izvršeno u skladu sa pravilnikom Evrokod [1,2,3], prema uticajima merodavnih graničnih kombinacija. Svi konstruktivni elementi su od betona klase C30/37 i armirani su rebrastom armaturom B500B.

### 3. UPOREDNA ANALIZA ODREDBI ZA PROJEKTOVANJE SEIZMIČKIH PLATANA PREMA NACIONALNIM PROPISIMA I EVROKODU

#### 3.1 Analiza opterećenja

Pored opterećenja stalnog karaktera koja su jednaka u oba slučaja, veoma bitnu su ona opterećenja koja su u funkciji namene objekta kao i opterećenja u zavisnosti od spoljnih uticaja (vetar, sneg i seizmičko dejstvo). Korisna opterećenja su ona koja se značajno razlikuju, te je uočeno da EN detaljnije razmatra moguće slučajeve te daje mogućnost boljeg definisanja opterećenja.

Opterećenje od vetra i snega imaju približno iste vrednosti, dok se značajno razlikuje seizmičko opterećenje gde je kod domaćeg pravilnika za određivanje uticaja

primenjena metoda statički ekvivalentnih sila, a u slučaju EN multi modalna spektralna analiza

### 3.2 Proračunske kontrole

Prema nacionalnim propisima, kod seizmičkih platana se zahteva da intenzitet aksijalne sile (maksimalna eksploataciona vrednost usled gravitacionih opterećenja) bude manja od one koja prosečni normalni napon čini jednakim 20% čvrstoće betonske prizme. Razlog ovome je sprečavanje preopterećenja betona prilikom jakih zemljotresnih dejstava:

$$\sigma_0 \leq 0.20 \cdot \beta_B = 0.20 \cdot 0.7 \cdot f_{bk}$$

Prema EN standardima, aksijalno opterećenje se ograničava sledećim vrednostima relativne aksijalne sile u zavisnosti od izabrane klase duktilnosti:

$$V_d = N_{ED} / (b_{w0} \cdot l_w \cdot f_{cd}) \leq 0.40 \text{ za DCM}$$

$$V_d = N_{ED} / (b_{w0} \cdot l_w \cdot f_{cd}) \leq 0.35 \text{ za DCH}$$

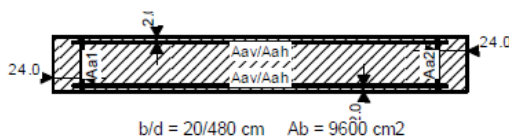
### 3.3 Proračun nosivosti i kombinacije dejstava

Pri formiranju kombinacija dejstava, kako prema domaćim propisima tako i prema EN standardima razmatra se parcijalni koeficijent sigurnosti kao i faktor kombinacije pojedinih slučajeva dejstava, te u zavisnosti od proračuna usvaja se preporučena kombinacija opterećenja. Domaćom regulativom dati su veći parcijalni koeficijenti sigurnosti za dejstva, dok za materijale se ne primenjuju, za razliku od Evrokoda koji propisuje primenu parcijalnih koeficijenata sigurnosti i za materijale čime se redukuju njegove mehaničke osobine.

Na slikama 3 i 4 prikazan je proračun poprečnog preseka u korenu seizmičkog platna prema nacionalnim propisima i prema Evrokodu.

Ram: V\_20

Presek 1 - 1  
@1@PBAB 87  
MB 40  
Ugaona armatura B500B  
Poduzna armatura B500B  
Kompletna sema opterećenja



No	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
I	-2057.2	208.9	-2109.3
II	-371.8	45.2	-375.1
III	-23.5	2.7	-19.3
IV	-23.9	14.8	24.7
V	63.1	-19.6	4.2
VI	-6.7	-18.1	-71.5
VII	46.5	18.2	122.8
VIII	-373.0	144.6	39.8
IX	238.5	232.3	790.6

Merodavna kombinacija za savijanje:

$$1.90xI + 2.10xII + 2.10xVI$$

Merodavna kombinacija za smicanje:

$$1.30xI + 0.65xII + 1.30xIX$$

$$\mu_u = -4945.57 \text{ kNm}$$

$$\nu_u = -4703.59 \text{ kN}$$

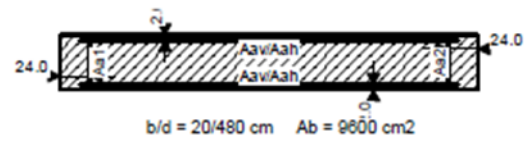
$$t_u = 602.88 \text{ kN}$$

Aa1 =	0.00	cm <sup>2</sup>	(min:14.40)	(usv:8Ø16)
Aa2 =	0.00	cm <sup>2</sup>	(min:14.40)	(usv:8Ø16)
Aav =	±0.00	cm <sup>2</sup> /m	(min:±1.50)	
Aah =	±1.38	cm <sup>2</sup> /m	(min:±2.00)	(usv:±Q-221)

Slika 3. Proračun seizmičkog platna prema PBAB'87

Ram: V\_20

Presek 1 - 1  
@1@EUROCODE  
C30/37  
Ugaona armatura B500B  
Poduzna armatura B500B  
Kompletna sema opterećenja



No	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
I	-1874.1	192.2	-1950.9
II	-284.0	37.7	-280.4
III	-4.2	1.0	0.7
IV	10.6	-3.0	6.9
V	-81.1	5.3	-78.4
VI	-21.1	2.6	-18.5
VII	-15.0	10.5	21.5
VIII	49.8	-14.9	6.6
IX	-11.3	-9.9	-54.9
X	48.4	8.1	100.0
XI(1)	-57.2	172.6	424.6
XI(2)	-141.9	-14.4	-203.9
XI(3)	-76.2	23.6	56.1
XI(4)	-22.6	23.2	115.7
XI(5)	-75.8	24.0	-111.3
XI(6)	-12.8	-3.5	28.6
XI(7)	-8.9	-8.0	50.6
XI(8)	-71.0	32.2	-31.9
XI(9)	7.1	-13.8	33.1
XI(10)	1.5	-2.4	3.4
XI(11)	-2.8	3.0	-4.5
XI(12)	-3.7	2.9	1.0
XI(13)	-0.6	-0.1	0.0
XI(14)	-43.6	-0.3	13.5
XI(15)	-5.8	8.6	-7.8
XI(16)	-13.4	-12.1	13.6
XI(17)	-0.0	-0.2	0.1
XI(18)	0.4	0.0	0.3
XII(1)	-50.2	151.6	373.0
XII(2)	298.9	30.4	429.4
XII(3)	-23.0	7.1	16.9
XII(4)	-18.4	19.0	94.7
XII(5)	169.7	-53.7	249.2
XII(6)	-9.1	-2.5	20.4
XII(7)	-11.2	-9.9	63.1
XII(8)	-7.7	3.5	-3.5
XII(9)	10.3	-19.9	47.8
XII(10)	52.5	-84.4	120.6
XII(11)	1.2	-1.3	1.9
XII(12)	-0.6	0.5	0.2
XII(13)	-0.3	-0.0	0.0
XII(14)	-26.3	-0.2	8.1
XII(15)	19.0	-28.2	25.6
XII(16)	-11.5	-10.4	11.7
XII(17)	-4.1	-14.8	6.9
XII(18)	0.2	0.0	0.1

Merodavna kombinacija za savijanje:

$$1.35xI + 1.50xII + 1.05xIII + 1.05xV + 0.90xIX$$

Merodavna kombinacija za smicanje:

$$I + 0.30xII + 0.30xIII + 0.60xV + XI(2)$$

$$\mu_u = -3185.36 \text{ kNm}$$

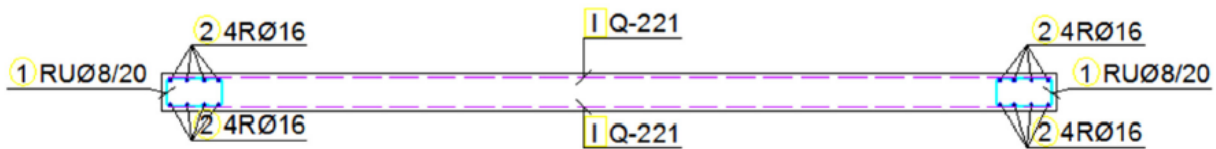
$$\nu_u = -3034.78 \text{ kN}$$

$$t_u = 379.54 \text{ kN}$$

Aa1 =	0.00	cm <sup>2</sup>	(min:14.40)	(usv:8Ø16)
Aa2 =	0.00	cm <sup>2</sup>	(min:14.40)	(usv:8Ø16)
Aav =	±0.00	cm <sup>2</sup> /m	(min:±1.50)	
Aah =	±1.00	cm <sup>2</sup> /m	(min:±2.00)	(usv:±Q-221)

Slika 4. Proračun seizmičkog platna prema Evrokodu

Prilikom dimenzionisanja ustanovljeno je da je potrebna ista količina armature bez obzira na prikazane razlike. Na slici 5 prikazan je armirani poprečni presek seizmičkog platna.



Slika 5. Poprečni presek seizmičkog platna

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu uporedne analize nacionalnih propisa i Evrokoda, moguće je uočiti četiri značajne razlike:

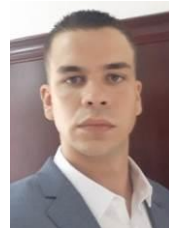
- Prva razlika odnosi se na vrednosti korisnih opterećenja zgrada – u Evropskim standardima vrednosti opterećenja su malo veće nego u nacionalnim propisima, pa se mogu očekivati i razlike u veličini uticaja u nosećoj konstrukciji;
- Druga razlika se odnosi na seizmičku analizu i na proračun seizmičkog dejstva – u nacionalnim propisima se za proračun uticaja od seizmičkog dejstva koristi statički ekvivalentna metoda dok se u evropskim standardima proračun sprovodi metodom multi modalne analize. Prema Evrokodu razmatra se istovremeno dejstvo zemljotresa u dva ortogonalna pravca;
- Treća razlika se odnosi na vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti. Prema domaćim propisima date su nešto veće vrijednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti za dejstva, a za materijale se ne primenjuju parcijalni koeficijenti sigurnosti u odnosu na Evrokod koga se parcijalnim koeficijentima sigurnosti redukuju i mehaničke karakteristike materijala;
- Četvrta razlika se odnosi na proračunske kontrole. Evrokod dozvoljava nešto veće vrednosti normalnih napona u seizmičkim platnima, u zavisnosti od odabrane klase duktilnosti. Takođe kontrola graničnog stanja upotrebljivosti se razlikuje. Prema domaćim propisima posmatra se samo pomjeranje vrha objekta dok je prema Evrokodu od interesa i relativno spratno pomjeranje. Domaći propisi dozvoljavaju veća pomjeranja od evropskih propisa;

Bez obzira na date razlike, na primeru dimenzionisanja poprečnog preseka seizmičkog platna prema nacionalnim propisima i prema Evrokodu, utvrđeno je da je dobijena ista količina armature.

#### 5. LITERATURA

- [1] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije, Beograd, 2009.
- [2] Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija, Beograd, 2009.
- [3] Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija, Beograd, 2009.
- [4] Dr Zoran Brujić: „Betonske konstrukcije u zgradarstvu prema Evrokodu – skripta”, Novi Sad, 2018
- [5] S. Stefanović: Fundiranje, Naučna knjiga, Beograd 1989.
- [6] Živorad Radosavljević, Dejan Bajić ; Armirani Beton 3, Građevinska knjiga, Beograd, 2008;

#### Kratka biografija:



**Mihailo Vlačić** rođen je u Loznici 1993. godine. Osnovne akademske studije završio je 2017. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti "Seizmička analiza konstrukcija", pod mentorstvom prof. dr Đorđa Ladinovića, odbranio je 2020. godine.

Kontakt: vlacimihailo@gmail.com