

Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Petreković-Dvorščak, Karmen

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:989217>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Petreković-Dvorščak Karmen

Master's thesis / Diplomski rad 2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilišteu Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica:

Rights / Prava:

Download date / Datum preuzimanja:

Repository / Repozitorij:



[FCEAGRepository-RepositoryoftheFaculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

DIPLOMSKI RAD

Karmen Petreković-Dvorščak

Split, 2021.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Petreković-Dvorščak Karmen

**Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava
armiranobetonske stambene zgrade**

Diplomski rad

Split, 2021.

Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Sažetak:

Prikazan je proračun nosive konstrukcije i ocjena fizikalnih svojstava armiranobetonske zgrade. Zgrada je smještena u Splitu sa namjenom stanovanja. Sastoji se od podruma koji predstavlja garažu, prizemlja i tri kata.

Proračun i dimenzioniranje nosivih elemenata je provedeno u skladu sa Europskim normama pomoću računalnog programa Robot Structural Analysis Professional 2019. Napravljen je proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te nacrtan armaturni plan pojedinih elemenata.

Proračun fizike zgrade je napravljen pomoću računalnog programa KI Expert Plus. Proračunom je potrebno utvrditi dali su zadovoljeni slijedeći uvjeti: koeficijenti prolaska topline, difuzija vodene pare, proračun transmisijskih toplinskih gubitaka.

Ključne riječi:

Stambena zgrada, proračun nosive konstrukcije, fizika zgrade

Abstract:

The calculation of the load-bearing structure and the evaluation of the physical properties of reinforced concrete buildings are presented. The building is located in Split with purpose of living.. It contains a basement which is a garage, ground floor and three floors.

The calculation and dimensioning of load-bearing elements has been proven in accordance with European standards using the computer program Robot Structural Analysis Professional 2019. A calculation of load-bearing structural elements has been made and the reinforcement plan of individual elements has been drawn.

The calculation of the physical building was made using the computer program KI Expert Plus. It is necessary to determine by calculation whether the following conditions are satisfied: heat transfer coefficients, water vapor diffusion, calculation of transmission heat losses.

Keywords:

Residential building, structural analysis, building physics



STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
SMJER: **KONSTRUKCIJE**
KANDIDATKINJA: **Karmen Petreković-Dvorščak**
JMBAG: **0083219489**
KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: **Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade**

Opis Zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga potrebno je napraviti proračunski model zgrade, dimenzionirat nosive elemente i odrediti im potrebnu armaturu.

Također potrebno je napraviti projekt fizike zgrade kako bi se dobila ocjena fizikalnih svojstava. Za odabrane elemente moraju biti zadovoljeni slijedeći uvjeti: koeficijenti prolaska topline, difuzija vodene pare, dinamičke toplinske karakteristike i korisna energija.

- tehnički opis
- proračune
- ocjenu fizikalnih svojstava zgrade
- građevinske nacрте
- armaturne planove

U Splitu, ožujak 2021.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Alen Harapin

Predsjednik povjerenstva za
diplomske ispite

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

Zahvaljujem se mentor prof.dr.sc.Alenu Harapinu na savjetima i uloženo trudu tokom izrade mojeg diplomskog rada.

Hvala mojoj obitelji na podršci i razumjevanju tijekom cijelog studiranja, posebno hvala mom ocu koji sve to gleda s neba. Hvala mojim prijateljima na svim nezaboravnim trenucima zajedno provedenim za vrijeme studiranja.

SADRŽAJ

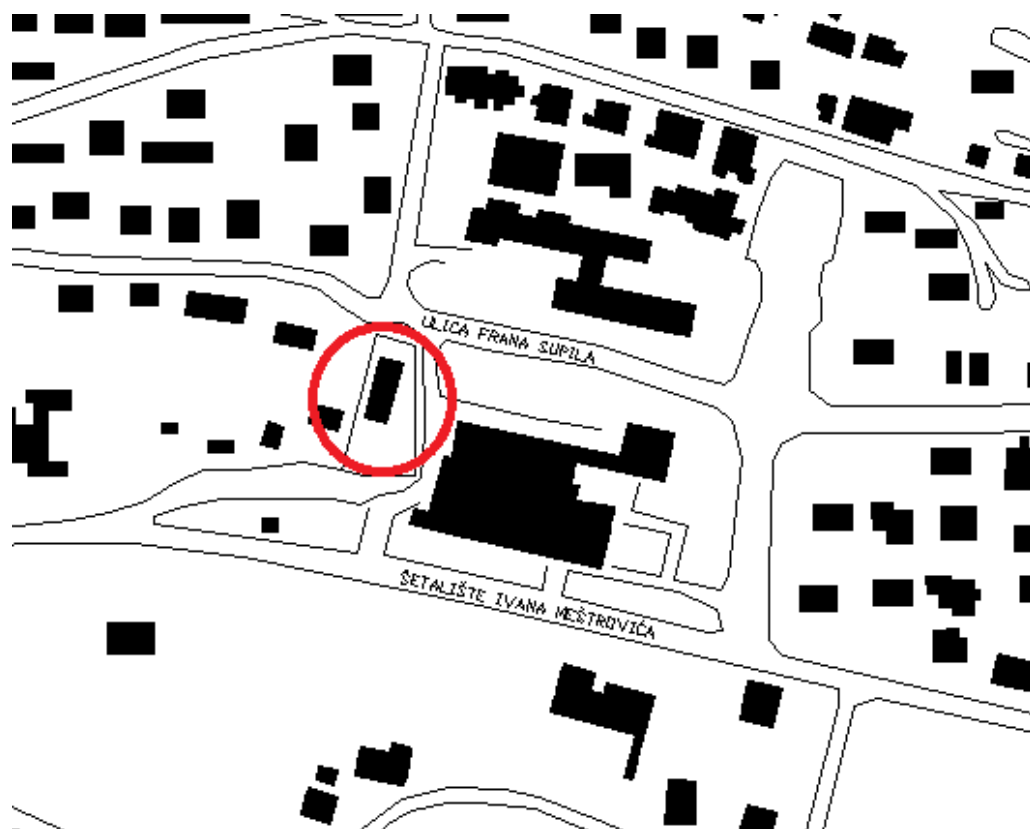
1. TEHNIČKI OPIS.....	1
1.1. OPĆENITO	1
1.2. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI	5
1.2.1. Konstruktivne pojedinosti-garaža	5
1.2.2. Konstruktivne pojedinosti-prizemlja i kata	5
1.2.3. Lokacija konstrukcije	5
1.2.4. Norme za proračun armiranobetonske konstrukcije.....	5
1.3. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ	6
1.4. GRAĐEVINSKI DIJELOVI	6
2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI.....	8
2.1. BETON	8
2.2. ARMATURNI ČELIK.....	10
3. NUMERIČKI MODEL	12
4. ANALIZA OPTEREĆENJA	13
4.1. STALNO OPTEREĆENJE	13
4.1.1. Vlastita težina.....	13
4.1.2. Dodatno stalno opterećenje	13
4.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE	16
4.3. PRIKAZ DJELOVANJA.....	18
4.4. DJELOVANJE SNJEGA NA KONSTRUKCIJU	21
4.5. DJELOVANJE VJETRA NA KONSTRUKCIJU	23
4.6. DJELOVANJE POTRESA NA KONSTRUKCIJU	26
4.6.1. Faktor ponašanja	27
4.7. PRORAČUN ZGRADE NA SEIZMIČKO DJELOVANJE METODOM SPEKTRALNE ANALIZE	29
4.7.1. Ulazni proračunski spektar.....	29
4.7.2. Rezultati modalne analize	32
4.7.3. Prikaz vlastitih vektora.....	35
5. KOMBINACIJE OPTEREĆENJA.....	37
5.1. GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI	37
5.2. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI.....	37
6. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE	38
6.1. PRORAČUN PLOČE NAD GARAŽOM (POZICIJA 100)	38
6.1.1. Dimenzioniranje ploče	38
6.1.2. Kontrola progiba	42
6.1.3. Kontrola pukotina	45
6.2. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE (POZICIJA 200)	49
6.2.1. Dimenzioniranje ploče	49
6.2.3. Kontrola pukotina	54
6.3. PRORAČUN KROVNE PLOČE (POZICIJA 300)	57
6.3.1. Dimenzioniranje ploče	57
6.3.2. Kontrola progiba	61
6.3.3. Kontrola pukotina	62
6.4. PRORAČUN STUBIŠTA	66

7.	PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....	68
7.1.	PRORAČUN STUPOVA	68
7.1.1.	Prikaz reznih sila stupova	68
7.1.2.	Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu	71
7.1.3.	Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu	74
7.1.4.	Kontrola naprežanja AB stupa	75
7.2.	PRORAČUN ZIDOVA	76
7.2.1.	Proračun zidova u x- smjeru.....	76
7.2.2.	Proračun zidova u y- smjeru.....	86
8.	PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE.....	94
9.	PRORAČUN AB TEMELJA.....	98
9.1.	PRORAČUN AB TEMELJNE TRAKE	98
9.2.	PRORAČUN TEMELJA SAMCA.....	101
10.	PRORAČUN FIZIKALNIH SVOJSTVA ZGRADE	105
10.1.	OPĆENITO	105
10.2.	PODACI O LOKACIJI OBJEKTA	108
10.3.	OPĆI PODACI VIŠESTAMBENE ZGRADE	114
10.3.1.	Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada	114
10.3.2.	Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade	117
10.3.3.	Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period).....	117
10.3.4.	Sustav grijanja i energent za grijanje	117
10.4.	PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE U ODNOSU NA RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU	118
10.4.1.	Proračun građevnih dijelova zgrade.....	118
10.4.2.	Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)	132
10.4.3.	Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade.....	132
10.4.4.	Gubici topline kroz vanjske otvore	132
10.4.5.	Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tlom (HRN EN ISO 13370)	133
10.4.6.	Gubici topline kroz negrijane prostore.....	133
10.5.	PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE I HLAĐENJE (PREMA HRN EN 13790:2008)	133
10.5.1.	Toplinski dobici	134
10.5.2.	Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje	137
10.5.3.	Rezultati proračuna	138
10.6.	ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTVA ZGRADE	139
11.	LITERATURA	140
12.	GRAFIČKI PRILOZI.....	141

1. TEHNIČKI OPIS

1.1. Općenito

U ulici Frana Supila, na Mejama u Splitu nalazi se građevna čestica na kojoj investitor gradi stambenu zgradu. Građevna parcela površine je 1517,78 m², a tlocrtna dimenzija zgrade je 11,03x29,33 m sa bruto površinom od 1657,15 m². Građevina stambene namjene sastoji se od jedne podzemne etaže koja predstavlja garažu i 4 nadzemne etaže.



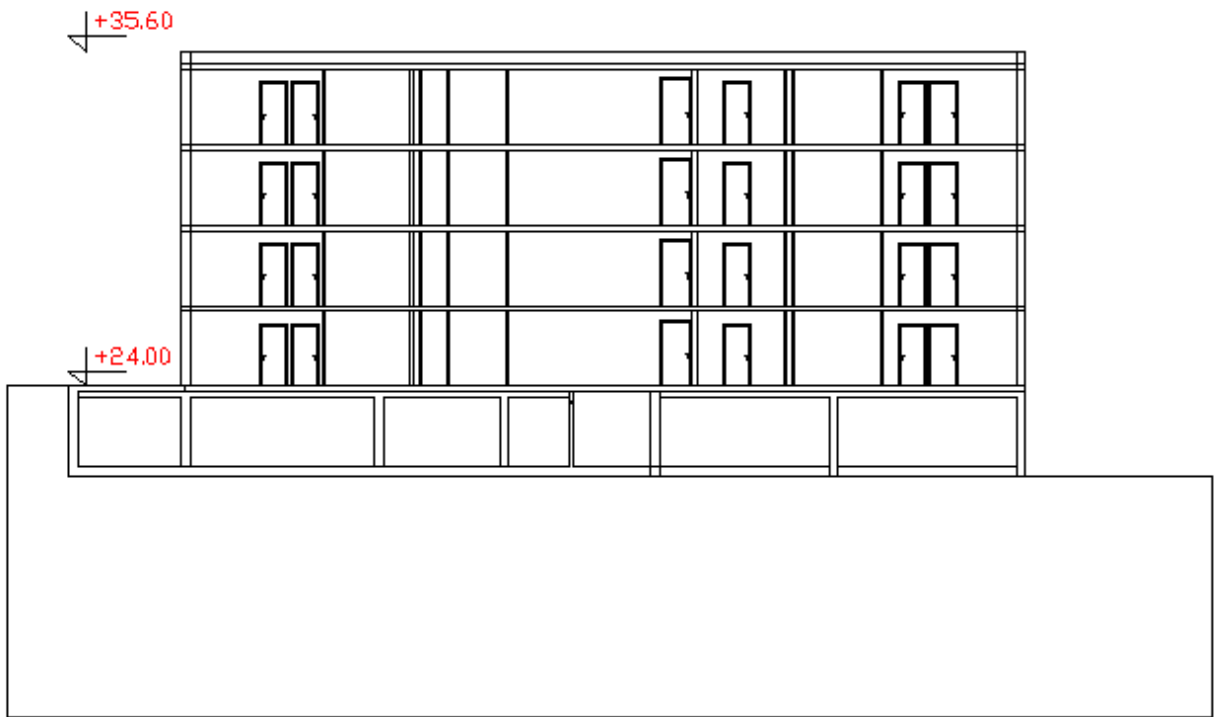
Slika 1. Situacija

Lokacija ima kolni prilaz sa sjeverne strane sa mogućnošću izgradnje kolnog prilaza sa južne strane, te blagi pad terena sa sjevera prema jugu. Kao glavna karakteristika parcele je njena mala širina koja utječe i na sam oblik zgrade.

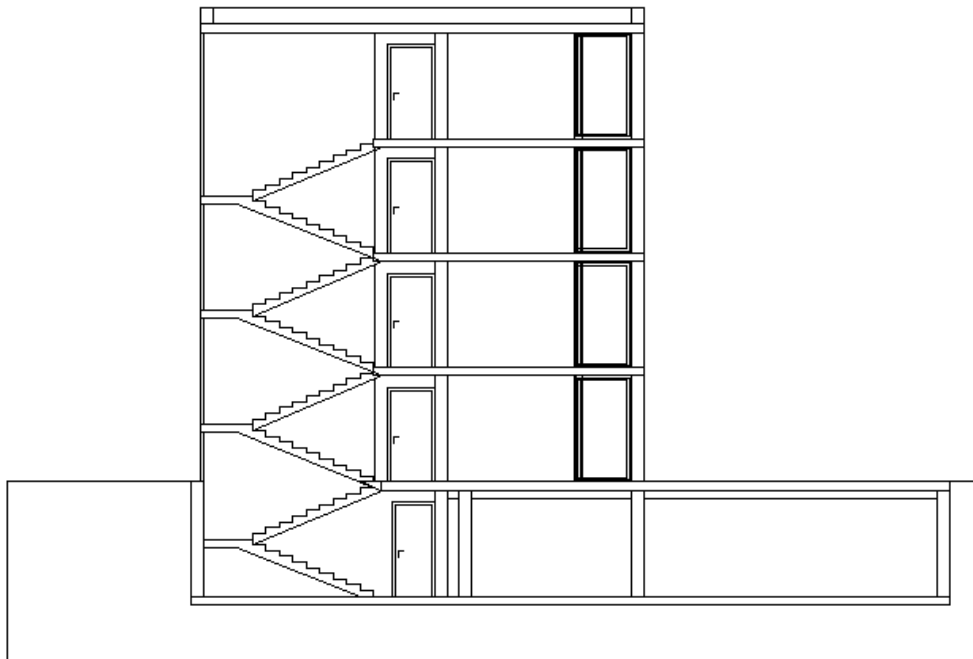
Zgrada ima 4 stambene etaže gdje se na svakoj od njih nalaze po dva trosobna stana i jedan dvosoban stan, znači ukupno 12 stanova.

Garaža je ukopana ispod razine terena sa pristupom sa južne strane.

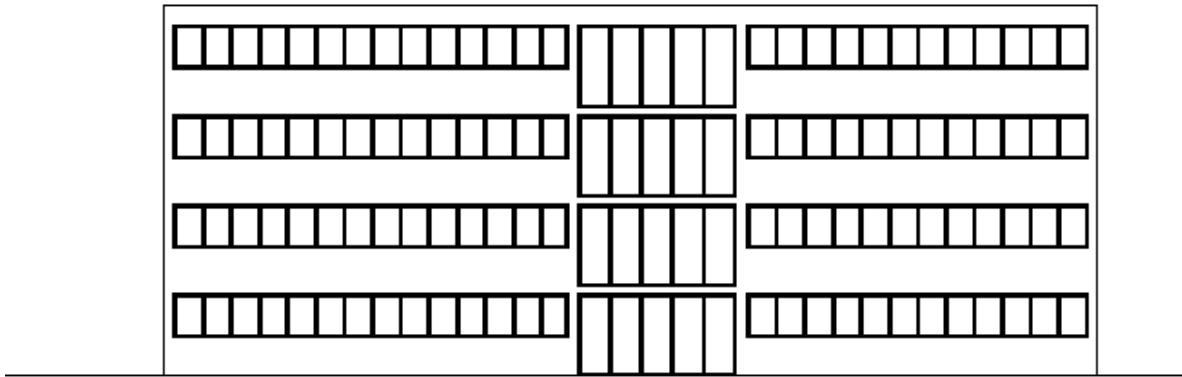
Nosiva konstrukcija zgrade načinjena je od armirano betonskih zidova i ploče. Zgrada je temeljena na trakastim temeljima i temeljima samcima.



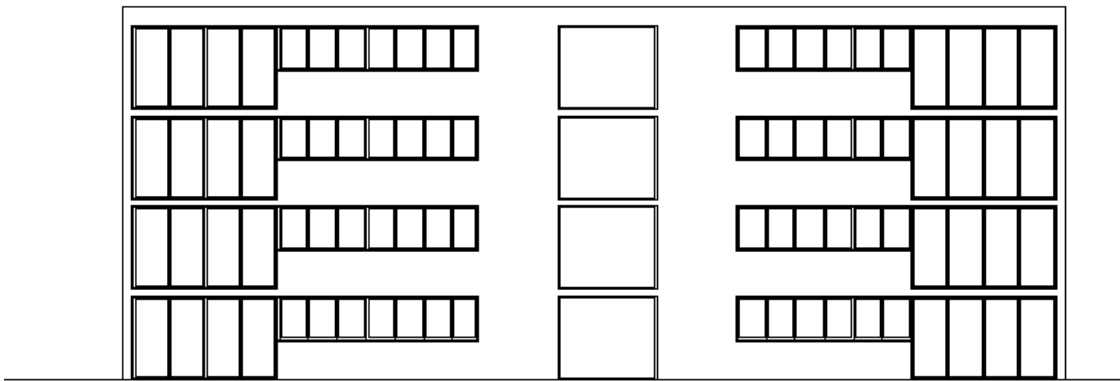
Slika 3. Presjek A-A



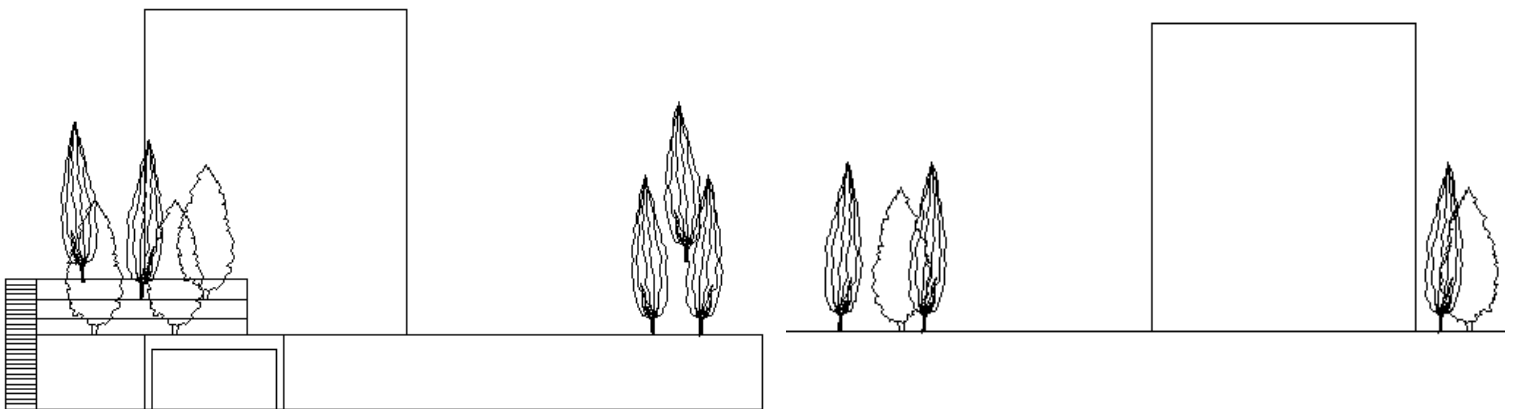
Slika 4. Presjek B-B



Slika 5. Istočno pročelje



Slika 6. Zapadno pročelje



Slika 7. Južno i Sjeverno pročelje

1.2. Konstruktivne pojedinosti

Nosiva konstrukcija zgrade je načinjena od armiranobetonskih zidova i ploča. Vertikalna i horizontalna opterećenja koja djeluju na konstrukciju se preko zidova i ploča prenose na temeljnu ploču pa na temeljno tlo. Armirano betonski zidovi su osnovni elementi koji preuzimaju potresnu silu koja djeluje na konstrukciju. Dimenzioniranje zidova se vrši prema normi HRN EN 1998-1:2011, dok su ploče dimenzionirane prema normi HRN EN 1992-1-1:2013. Za sve betonske elemente korištena je armatura B 500 B.

1.2.1. Konstruktivne pojedinosti-garaža

Građevina je temeljena na armiranobetonskoj temeljnim trakama širine 60 cm, visine 50 cm, betona klase C 25/30, stupovi su temeljeni na samcima 1,60m širine i 60 cm visine. Temeljenje je izvršeno na tlu tip A. Garaža se sastoji od jedne poluukopane etaže ukružena obodnim zidovima i nasipom zemlje za horizontalna opterećenja. Vertikalni nosivi sustav su stupovi pravokutnog presjeka dimenzija 40x40 cm, a ukupno ih ima 12 stupova. Obodni zidovi su debljine 30 cm, betona klase C 25/30. Razred izloženosti je XC1, nema podzemne vode te je dovoljan beton C 25/30.

1.2.2. Konstruktivne pojedinosti-prizemlja i kata

Konstrukcija ploče prizemlja i kata je armirano - betonska monolitna konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonskih ploča debljine 20 cm, betona klase C 25/30. Skidanje podupirača za ploče može se izvršiti nakon postignute min. 80% čvrstoće. Vertikalni nosivi sustav su stupovi i zidovi debljine 30cm za nosive elemente, te 10 i 20 cm za pregradne zidove. Stubište je također izvedeno u armiranom betonu, debljina kraka je 20 cm. Krovna ploča je debljine 20 cm i izvedena je od armiranog betona, betona klase C 25/30.

1.2.3. Lokacija konstrukcije

Građevina se nalazi u Splitu, prema propisima područje Splita spada u II zonu opterećenja vjetrom. Osnovna brzina vjetra je 30 m/s. Računsko ubrzanje tla za granično stanje nosivosti s povratnim periodom od 475 godina je 0,22g.

1.2.4. Norme za proračun armiranobetonske konstrukcije

Proračun i dimenzioniranje elemenata zgrade je izvršen u skladu prema važećim normama. U nastavku su tabelarno prikazane sve norme koje su korištene za proračun konstrukcije.

EC	Europske norme	Hrvatske norme	Opis
EC0	EN 1990	HRN EN 1991-1	Osnove projektiranja
EC1	EN 1991	HRN EN 1991	Opterećenja (djelovanja)
EC2	EN 1992	HRN EN 1992	Betonske konstrukcije
EC7	EN 1997	HRN EN 1997	Geomehanika
EC8	EN 1998	HRN EN 1998	Seizmika

Tablica 1. Tablica za Europske i hrvatske norme

1.3. Geotehnički izvještaj

Tlo je pretežito ujednačenog sastava. Protežu se čisti slojevi lapora i vapnenca koji su tvrdi i povoljni za temeljenje. U hidrogeološkom smislu, naslage lapora i vapnenca imaju veliku poroznost te se oborinske vode mogu relativno brzo procijediti u podzemlje.

Kako je predviđena dubina dna temelja smatra se da se temeljna ploča nalazi na kvalitetnoj matičnoj stijeni. Iskop građevne jame je 3,00 m ispod razine prizemlja predmetne građevine. Iskop jame će se izvršiti u širokom iskopu s nagib zasjeka od 3:1. Prilikom zasijecanja potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene. Zasjek je na prikladan način potrebno zaštititi od mogućeg urušavanja.

Nakon iskopa temeljnu plohu potrebno je ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala. Nakon obavljenog čišćenja temeljene plohe potrebno je sve neravnine i udubine izravnati odnosno popuniti sa podložnim betonom klase C 16/20 do projektirane kote temeljenja. Ukoliko se naiđe na kavernu veće dubine i manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje materijala, sanaciju izvesti tako da se materijal ukloni do dubine cca 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektirane kote zapuni podložnim betonom. Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 500 kPa. Za ovaj način temeljenja ne predviđaju se slijeganja ni pojava diferencijalnih slijeganja.

1.4. Građevinski dijelovi

a) Pod na tlu; oznaka P1

Podna konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 30 cm. Ispod ploče postavlja se hidroizolacijske bitumenske trake s uloškom od staklenog voala. Predviđena je izvedba „plivajućeg poda“ na sloju od ekstrudiranog polistirena (XPS) debljine 6 cm. Završna obrada podova podne konstrukcije ovisi o namjeni prostora.

b) Međukatne konstrukcije; oznake Mk1(pod prema garaži) i Mk2

Međukatnu konstrukciju čini armiranobetonska ploča debljine 20 cm. Na svim međukatnim konstrukcijama izveden je „plivajući pod“ na elastičnom sloju od ekspandiranog polistirena (EPS) od 4 cm koji ima ulogu toplinsko- zvučne izolacije. Međukatna konstrukcija prizemlja koja graniči sa negrijanom garažom ima postavljenu dodatnu toplinsku izolaciju sa donje strane ploče kako bi se zadovoljili zahtjevi prolaska toplinske. Završna obrada podova međukatnih konstrukcija ovisi o namjeni prostora.

c) Krovna konstrukcije; oznaka K1

Krovna konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 20 cm. Vrsta i debljina toplinske izolacije krova je projektirana u skladu sa zahtjevima toplinske zaštite. Debljina toplinske izolacije je 15 cm. Krov je hidro izoliran u skladu sa tehničkim zahtjevima. Kao završna obrada krova postavljene su betonske ploče.

d) Vanjski zidovi; oznake Z1

Vanjski zidovi Z1 su debljine 30 cm. Zidovi Z1 su izolirani s vanjske strane pločama mineralne vune, debljine 10 cm. Na toplinsku izolaciju se postavlja polimer-cementno lijepilo s utisnutom alkalno otpornom staklenom mrežicom, na koju dolazi završna fasadna silikatna žbuka. Posebnu pažnju treba obratiti prilikom ugradbe izolacije oko otvora kako bi se izbjegli toplinski mostovi. Kako bi se izbjegla oštećenja toplinske izolacije na nju se postavlja čepičasta traka.

e) Unutarnji zidovi; oznake Z2, Z3, Z4 i Z5

Armiranobetonski zidovi stanova prema hodniku (oznaka Z5) su debljine 30 cm, te ih je potrebno izolirati. Toplinska izolacija će se postaviti na licu zida prema hodniku. Debljina izolacije je 5 cm. Na zidovima između stanova (oznaka Z2) postavljena je akustična ploča za pregradne zidove debljine 4 cm koja ima ulogu zvučne izolacije. Za završnu obradu postavljaju se gips-kartonske ploče. Zidovi Z3 i Z4 su zidovi unutar stana debljine 20 i 10 cm.

f) Otvori; oznake: za prozore P1 za vrata V1

Prozori, balkonska vrata i ulazna vrata zgrade predviđeni su kao PVC stolarija s prekidom toplinskog mosta, ostakljenje je izvedeno izolirajućim staklom (trostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske energije (Low-E obloge)). Za prozore i vrata maksimalni koeficijent prolaska topline $U_{\max} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ulazna vrata imaju vrata maksimalni koeficijent prolaska topline $U_{\max} = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Otvori koji se nalaze na istočnoj i zapadnoj strani zgrade na njih se postavlja zaštita od Sunca poput roleta i grilja. Prilikom odabira prozora treba naglasiti da osim koeficijenta prolaska topline potrebno je voditi računa i o ostalim geometrijskim karakteristikama koje definiraju prozor poput veličine okvira, vrste stakla, prolaska svjetlosti, refleksije svjetlosti itd.

2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI

2.1. Beton

Beton kao građevinski materijal se dobiva miješanjem veziva, vode i agregata. Struktura očvrslog betona se može zamisliti kao kostur od stvrdnutog cementnog tijesta u kojem je raspoređena kamena ispuna sastavljena od sitnog i krupnog kamena (agregat). Beton kao i svaki kamen, ima znatno veću tlačnu čvrstoću nego vlačnu čvrstoću, porozan je materijal.

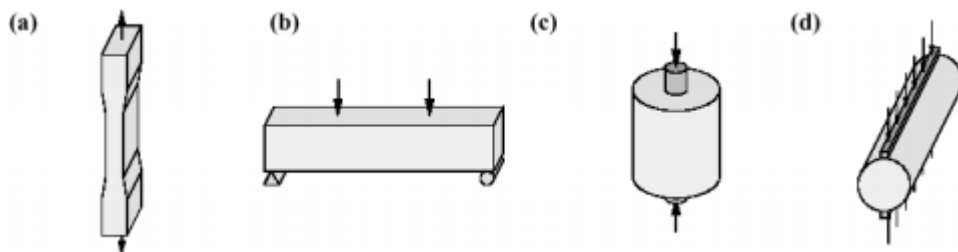
Gustoća nearmiranog betona je između 1900-2700 kg/m³, ovisno o sastavu, a za uobičajene betone uzima se $\rho=2400$ kg/m³. Gustoća armiranog betona obično se uzima $\rho=2500$ kg/m³, ovisno o količini armature jer neki elementi mogu biti jače armirani pa je samim time gustoća tog betona veća.

Glavna karakteristika betona je njegova mehanička čvrstoća (tlačna, vlačna i posmična). Na mehanička svojstva betona utječu razni čimbenici, neki od njih su:

- kakoća cementa,
- granulometrijski sastav,
- vodocementni faktor,
- način pripreme i njega betona itd.

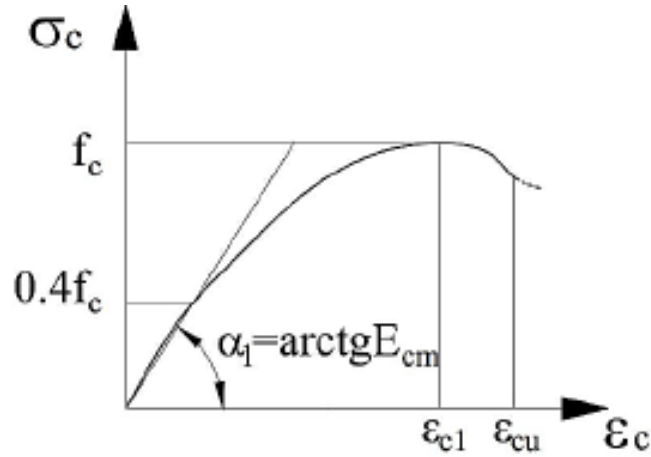
Tlačna čvrstoća betona je sposobnost da se odupre djelovanju tlačne sile. Karakteristična tlačna čvrstoća betona je čvrstoća koje je projektom propisna. Dokazuje se ispitivanjem uzoraka u obliku valjka i kocke propisanih dimenzija. Prema rezultatima ispitivanja beton se razvrstava u razrede (klase) tlačne čvrstoće.

Vlačna čvrstoća betona je znatno manja od tlačne čvrstoće betona. Ovisno o načinu ispitivanja dobivaju se različite vrijednosti vlačne čvrstoće betona. Orijetacijski vlačna čvrstoća betona se kreće od 1/15 do 1/5 tlačne čvrstoće betona. Iz ovoga se vidi kako vlačna čvrstoća znatno varira te je vrlo nepouzdana veličina.



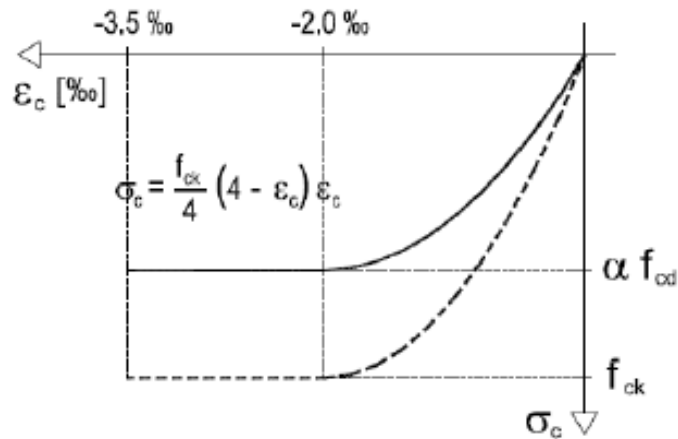
Slika 8. Načini ispitivanja vlačne čvrstoće betona

Beton je nelinearan materijal, ako se u relativno kratkom periodu nanese opterećenje, deformacije rastu linearno do naprezanja koje je približno $0,4 f_c$. Nakon toga beton se ponaša izrazito nelinearno. Maksimalna čvrstoća betona se dostiže pri deformaciji od 2 ‰ nakon čega čvrstoća opada. Lom betona se događa pri deformaciji nešto većoj od 3,5 ‰.



Slika 9. Dijagram naprezanje-deformacija za beton

Kako stvarni oblik veze između naprezanja i deformacija betona ovisi o raznim faktorima kao što su: vrsta opterećenja, stanju naprezanja u elementu (jednoosno, dvoosno ili višeosno), obliku poprečnog presjeka, kvaliteti betona, količini armature itd. Stoga je za potrebe proračuna odnosno dimenzioniranja betonskih ili armiranobetonskih elemenata potrebno naći analitičku vezu između naprezanja i deformacija betona. Vezu koja mora biti jednostavna i primjenjiva u praksi, a da što bolje opisuje stvarnu vezu. Stoga se primjenjuje računski dijagram betona koji se sastoji od parabole i pravokutnika.



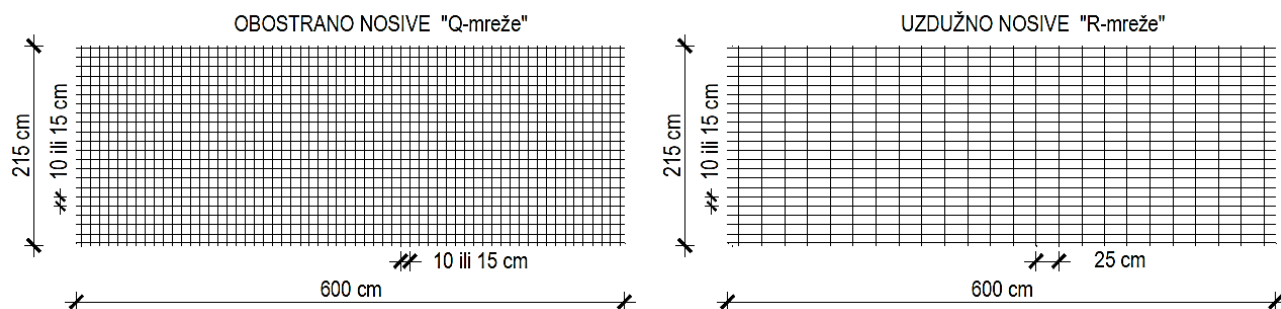
Slika 10. Računski dijagram betona

2.2. Armaturni čelik

Prema HRN EN 1992-1 tj. prema pratećim normama HRN EN 206 i HRN 10080 koriste se tri vrste čelika za armiranje. Čelici za armiranje dijele se na žice ($\phi \leq 16$ mm), šipke ($\phi > 16$ mm), i mreže. Žice mogu doći namotane u kolut, dok šipke se proizvode kao ravni elementi duljine do 12 m. Osim šipki armatura se isporučuje u obliku zavarenih mreža. Standardna dimenzija mreže je 600x215 cm.

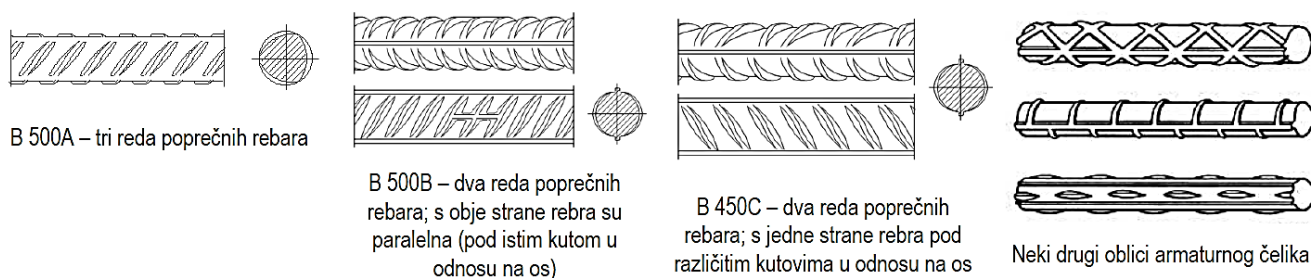
Standardno se proizvode u dva tipa mreža:

- Q-mreže; sastavljene se od istih profila šipki u oba smjera na istom razmaku (100 ili 150 mm), imaju istu nosivost u oba smjera
- R-mreže; sastavljene se od različitih profila šipki. U dužem smjeru su postavljeni jači profili, taj smjer je nosivi. U dužem smjeru profili su postavljeni na razmaku 100 ili 150 mm. U kraćem smjeru su slabiji profili na razmaku 200 ili 250 mm.



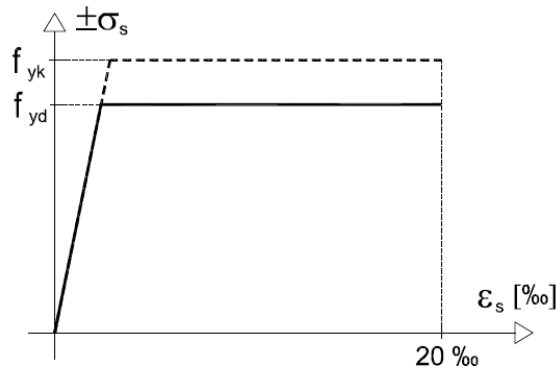
Slika 12. Tipične vrste mreža

U Hrvatskoj se sada, prema HRN EN 1992-1, tj. prema pratećim normama HRN EN 206 i HRN EN 10080, koriste tri vrste čelika za armiranje, u obliku žica, šipki ili mreža. Čelici za armiranje razlikuju se prema granici popuštanja i duktilnosti. U oznaci čelika za armiranje (npr. B450 C) broj predstavlja normiranu karakterističnu čvrstoću popuštanja u Mpa, a slovo predstavlja duktilnost čelika.



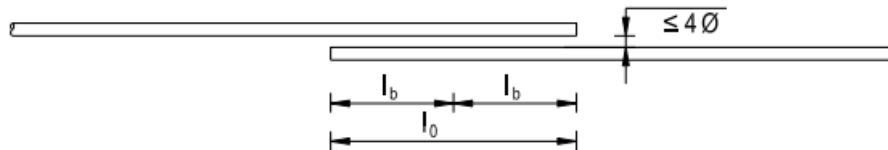
Slika 13. Oblici čelika za armiranje

Za proračun odnosno dimenzioniranje armirano betonskih elemenata koristi se računski dijagram čelika koji se sastoji od dva pravca (bilinearna krivulja). Granično naprezanje čelika f_{yk} jednako je granici popuštanja, odnosno usvaja se da je granična nosivost armature dostignuta kada naprezanje u armaturi bude jednako granici popuštanja.



Slika 14. Računski dijagram čelika

Najčešći oblik nastavljanja je preklapanjem. Šipke se nastavljaju tako da se preklope za duljinu l_0 koja je najmanje jednaka dvostrukoj duljini sidrenja $l_{b,net}$. Razmak između šipke mora biti što manji, a najviše $4\emptyset$. Dok sidrenje armature iznosi $\emptyset 30$



Slika 15. Preklapanje armature

Redni broj	KONSTRUKTIVNI ELEMENT	Razred tlačne čvrstoće	Dimenzije(cm)
1	Podložni beton	C 12/15	10
2	Temelji zidova	C 25/30	60x50
3	Temelji stupova	C 25/30	160x60
4	Stupovi	C 40/50	40x40
5	Zidovi	C 25/30	30
6	Međukatne ploče	C 25/30	20
7	Ploča krova	C 25/30	20

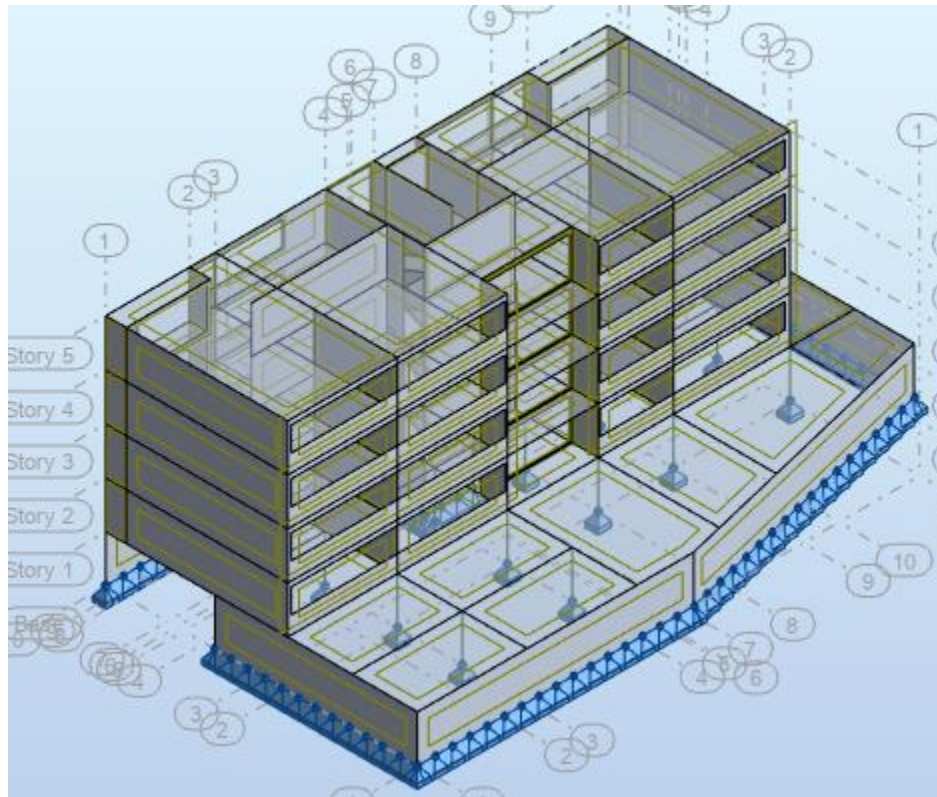
Prikaz materijala za pojedini element

3. NUMERIČKI MODEL

Za potrebe proračuna napravljen je prostorni model zgrade koji će u nastavku biti prikazan. Zgrada se sastoji od pet etaža, četiri nadzemnih i jedne podzemne etaže. U modelu građevina je modelirana sa upetim ležajevima čemo taj model koristiti za proračun ploča i zidova.

Model je proračunat računalnim programom “Robot Structural Analysis Professional 2019.“. Za sve elemente zgrade korištena je linearno elastična analiza. Proračun je proveden pomoću metode konačnih elemenata.

Za djelovanje potresa na zgradu upotrijebljena je više modalna spektralna analiza. Spektralna analiza je metoda linearnog dinamičkog modalnog proračuna pomoću spektra odgovora.



Slika 16. Prikaz numeričkog modela zgrade sa upetim ležajevima

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Osnovna opterećenja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine, podijeljena su:

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
g	Stalno djelovanje - vlastita težina elemenata nosive konstrukcije.
Δg	Dodatno stalno djelovanje - ostalo stalno djelovanje: pokrov, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd., zidni paneli.
q	Promjenjivo - uporabno djelovanje: uporabno opterećenje, pokretna oprema.
w	Vjetar.
s	Snijeg.
S	Potres.

Slika 17. Tablica sa prikazom o osnovnim djelovanjima

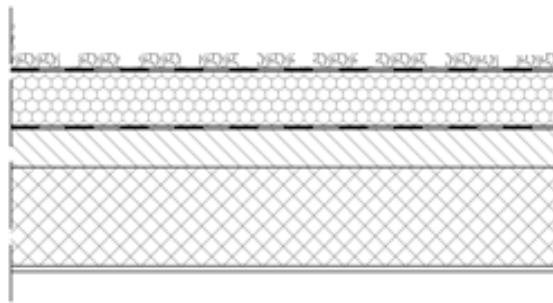
4.1. Stalno opterećenje

4.1.1. Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa je automatski uključena u programskom paketu Robot Structural Analysis Professional 2019.

4.1.2. Dodatno stalno opterećenje

a) Ploča krova



Slika 18. Grafički prikaz slojeva krovne konstrukcije

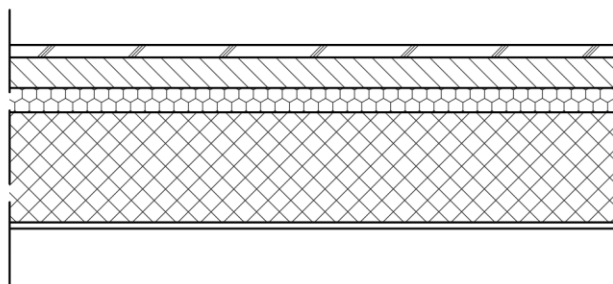
Krovnna konstrukcija K1			
OPIS SLOJEVA	d(m)	g(kN/m3)	dxg(kN/m2)
betonske ploče na plastičnim podmetačima	0.05	25.0	1.25
geotekstil	0.005	-	-
hidroizolacija	0.00012	-	-
geotekstil	0.005	-	-
lakoagregatni beton za pad	0.08	23.0	1.84
toplinska izolacija XPS	0.15	1.5	0.225
AB ploča	uključena u proračun		
cemetna zbuca	0.01	19.0	0.19

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=3.5 \text{ kN/m}^2$

NAPOMENA: Opterećenje od težine slojeva poda je $\Delta g=3.5 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno spadaju instalacije, njihova sveukupna težina iznosi 1.0 kN/m^2 .

Ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=4.5 \text{ kN/m}^2$

b) Međukatne konstrukcije katova



Slika 19. Grafički prikaz slojeva međukatne ploče

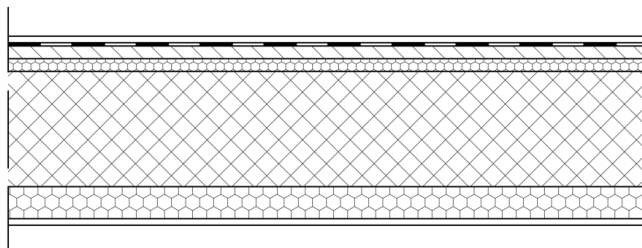
Međukatna konstrukcija Mk2			
OPIS SLOJEVA	d(m)	g(kN/m3)	dxg(kN/m2)
završni sloj poda (keramičke pločice/ parket)	0.01	10.0	0.1
cementni estrih	0.05	22.0	1.1
PE folija	0.002	-	-
toplinska izolacija XPS	0.04	1.5	0.06
AB ploča	uključena u proračun		
cemetna zbuca	0.01	19.0	0.19

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=1.45 \text{ kN/m}^2$

NAPOMENA: S obzirom da ima različite slojeve međukatne konstrukcije ovisno o završnoj obradi i položaju međukatne konstrukcije u gornjem prikazu prikazna je jedan tip, dok u poglavlju u kojem će se računati fizikalna svojstva zgrade bit će detaljno opisani svi slojevi međukatne konstrukcije. Opterećenje od težine slojeva poda je $\Delta g=1.45 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno spadaju pregradni zidovi, njihova sveukupna težina iznosi 1.5 kN/m^2 .

Ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=2.95 \text{ kN/m}^2$

c) Ploča balkona, lođe, terase



Slika 20. Grafički prikaz slojeva lođa

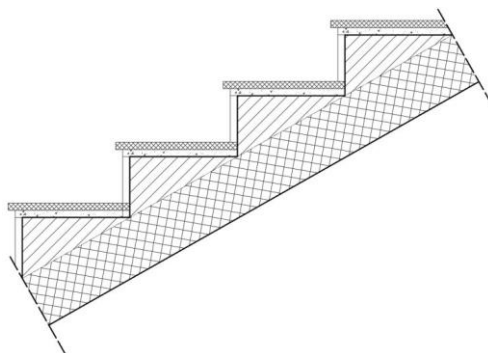
Lođa			
OPIS SLOJEVA	d(m)	g(kN/m ³)	dxg(kN/m ²)
završni sloj poda (keramičke pločice)	0.01	10.0	0.1
hidroizolacija	0.00012	-	-
cementni estrih	0.05	22.0	1.1
PE folija	0.002	-	-
XPS toplinsko- zvučna izolacija	0.04	1.5	0.06
AB ploča	uključena u proračun		
XPS toplinsko izolacija	0.04	1.5	0.06
cementna žbuka	0.01	19.0	0.19

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=1.51 \text{ kN/m}^2$

NAPOMENA: Opterećenje od težine slojeva poda je $\Delta g=1.51 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno spadaju zaštitna ograda i ostali predmeti , njihova sveukupna težina iznosi 1.0 kN/m^2 .

Ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=2.51 \text{ kN/m}^2$

d) Stubište



Slika 21. Grafički prikaz slojeva stubišta

Stubište			
OPIS SLOJEVA	d(m)	g(kN/m ³)	dxg(kN/m ²)
završni sloj poda (keramičke pločice)	0.01	10.0	0.1
cementi namaz	0.01	20.0	0.20
stuba	0.08	24.0	1.92
AB ploča	uključena u proračun		
cementna žbuka	0.01	19.0	0.19

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=2.41 \text{ kN/m}^2$

NAPOMENA: Opterećenje od težine slojeva poda je $\Delta g=2.41 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno opterećenje predmete koji iznose 0.5 kN/m^2 .

Ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g=2.91 \text{ kN/m}^2$

4.2. Promjenjivo opterećenje

a) Ploča krova

Krov		q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorija H	Nagib krova $\leq 20^\circ$	0,6	1,0
	Nagib krova $\geq 40^\circ$	0,0	1,0
* Za nagibe između 20° i 40° vrijednosti q_k može se odrediti linearnom interpolacijom.			
NAPOMENA 1: Opterećenje q_k djeluje na ploštinu A koja predstavlja cijelu ploštinu krova.			
NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenje djeluje vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.			

Tablica 2. Uporabna opterećenja krovova kategorije H (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

Promjenjivo opterećenje: $q=1.0 \text{ kN/m}^2$

b) Međukatne konstrukcije katova

Stupac	1	2	3	4	5
Redak	Kategorija	Namjena	Primjer	q_k [kN/m ²]	Q_k^3 [kN]
1	A1	Nestambena potkrovlja	Neprikladna za stanovanje no pristupačna potkrovlja do 1,8m svijetle visine	1,5	1,0
2	A	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Stropovi sa zadovoljavajućom poprečnom raspodjelom opterećenja ^a u stambenim zgradama i kućama, sobama sa krevetima, bolnicama(spavaonicama), sobama u hotelima i prenoćistima i pripadajuće kuhinje i kupaonice	1,5	-
3			A2,ali bez zadovoljavajuće poprečne raspodjele opterećenja	2,0 ^e	1,0

Tablica 3. Uporabna opterećenja stropova u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

Promjenjivo opterećenje: $q=1.5 \text{ kN/m}^2$

c) Ploča balkona, lođe, terase

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	q_k [kN/m ²]	Q_k^3 [kN]
22	P*		Pristupi, balkoni i sl.	Krovne terase, trjemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti	4,0	2,0

Tablica 4. Uporabna opterećenja balkona u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

Promjenjivo opterećenje: $q=4.0$ kN/m²

d) Stubište

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	q_k [kN/m ²]	Q_k^3 [kN]
19	S*	S1	Stubišta i stubišni podesti	Stubišta i stubišni podesti u stambenim i uredskim zgradama i ambulancama, bez teške opreme	3,0	2,0
20		S2		Sva stubišta i stubišni podesti koji se ne mogu razvrstati u S1 ili S3	5,0	2,0
21		S3		Pristupi i stubišta koji vode do tribina bez nepomičnih sjedala, a služe kao izlazi za nuždu	7,5	3,0

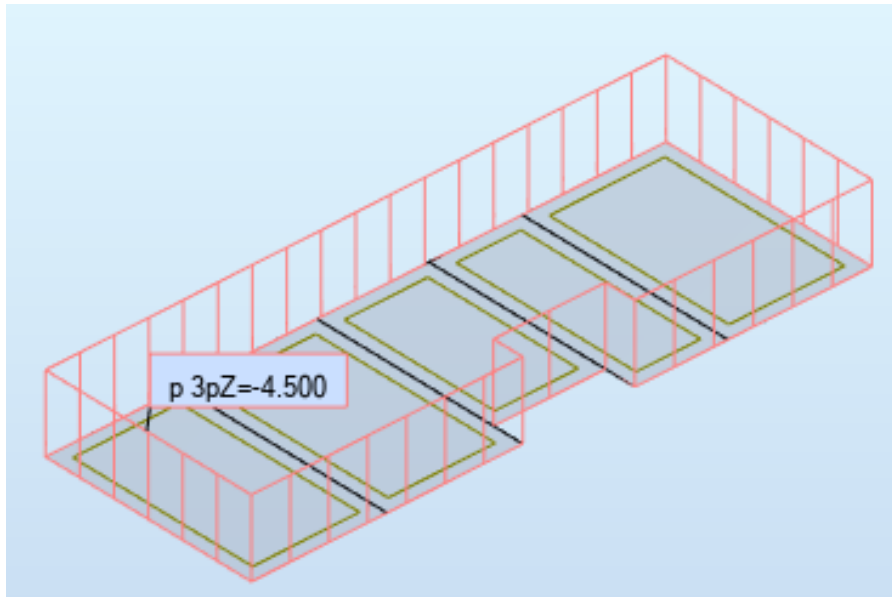
Tablica 5. Uporabna opterećenja stubišta u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

Promjenjivo opterećenje: $q=3.0$ kN/m²

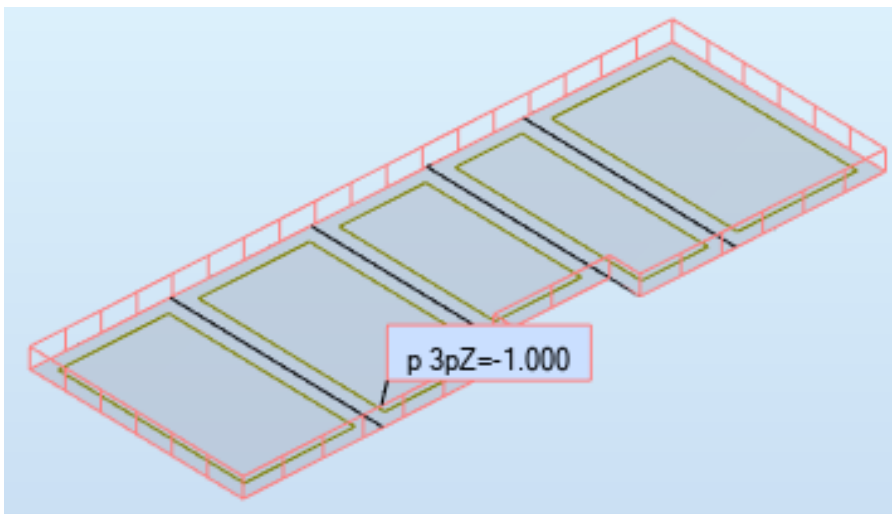
NAPOMENA: Neće se raditi kombinacije promjenjivog opterećenja, tj. postavljanje promjenjivog opterećenja u najkritičnije položaje, već je promjenjivo opterećenje uvećano za 20%.

4.3. Prikaz djelovanja

a) Ploča krova

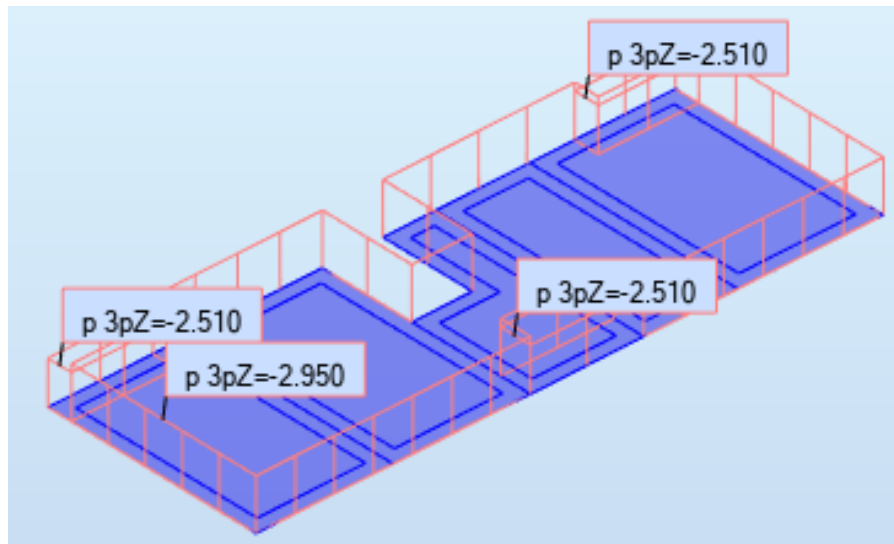


Slika 22. Dodatno stalno djelovanje Δg (kN/m²)

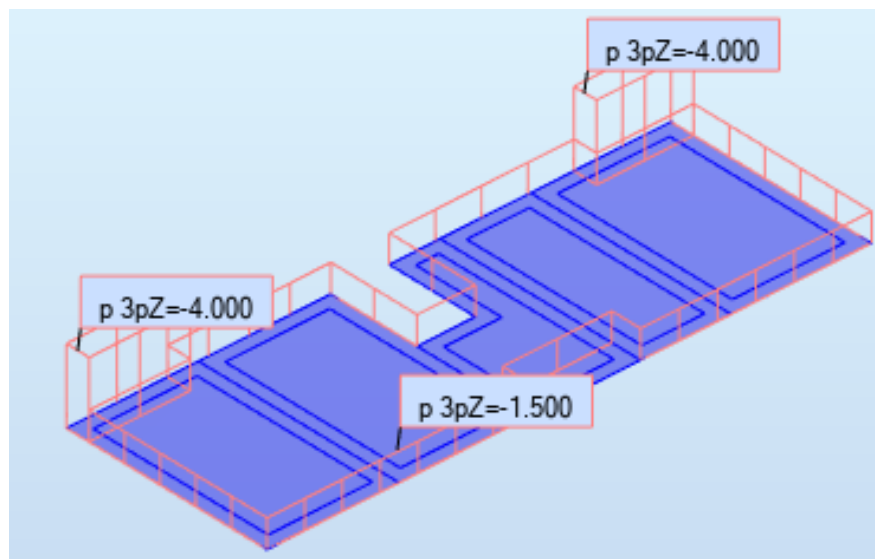


Slika 23. Promjenjivo djelovanje q (kN/m²)

b) Međukatne konstrukcije katova

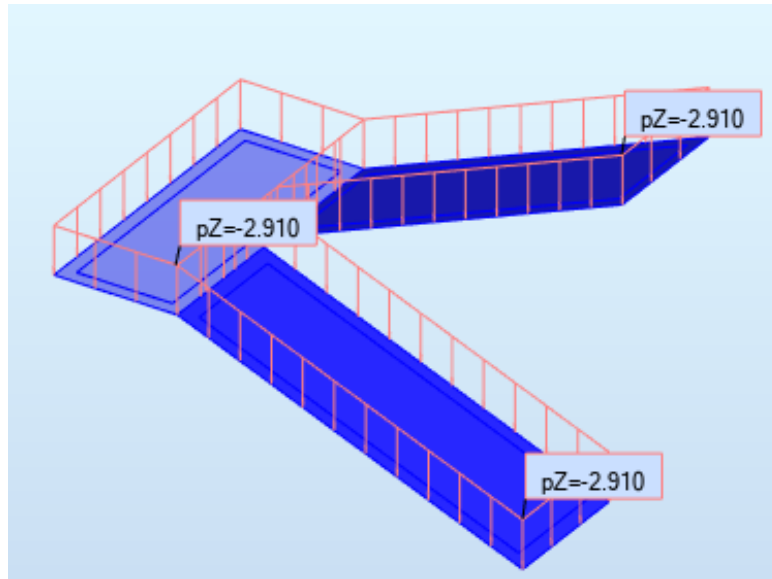


Slika 24. Dodatno stalno djelovanje Δg (kN/m^2)

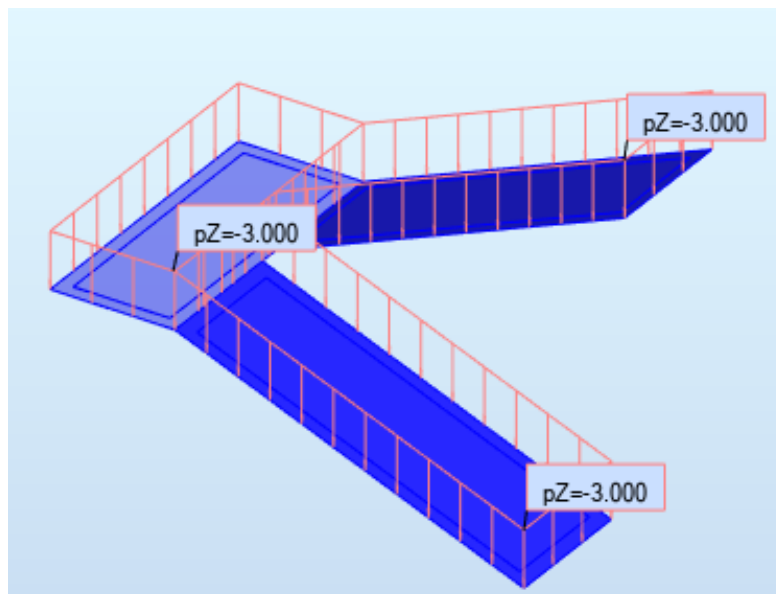


Slika 25. Promjenjivo djelovanje q (kN/m^2)

c) Stubište



Slika 26. Dodatno stalno djelovanje Δg (kN/m²)



Slika 27. Promjenjivo djelovanje q (kN/m²)

4.4. Djelovanje snjega na konstrukciju

Djelovanje snjega određeno je prema HRN EN 1991-1-3:2012.

Eurocod 1.:Djelovanja na kosntrukcijue-Dio 1-3:Opća djelovanja- Opterećenja snjekom (EN 1991-1-3:2003+AC:2009) i HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012. Eurocod 1.:Djelovanja na kosntrukcijue-Dio 1-3:Opća djelovanja- Opterećenja -Nacionalni dodatak.

Opterećenja snjekom definirano je sljedećom jednadžbom:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

gdje je :

μ_i - koeficijent oblika opterećenja snjekom (ovosi o vrsti krova pogledati tablicu 6.)

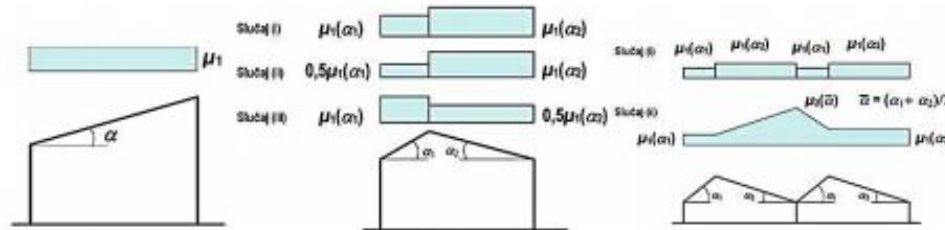
C_e - koeficijent izloženosti (pogledat *Tablica 7.*)

C_t - toplinski koeficijent=1,0

s_k - karakteristična vrijednost opterećenja snjekom na tlu

Tablica 6. Koeficijent oblika opterećenja snjekom (HRN EN 1991-1-3:2012)

Kut nagiba krova α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,6	-



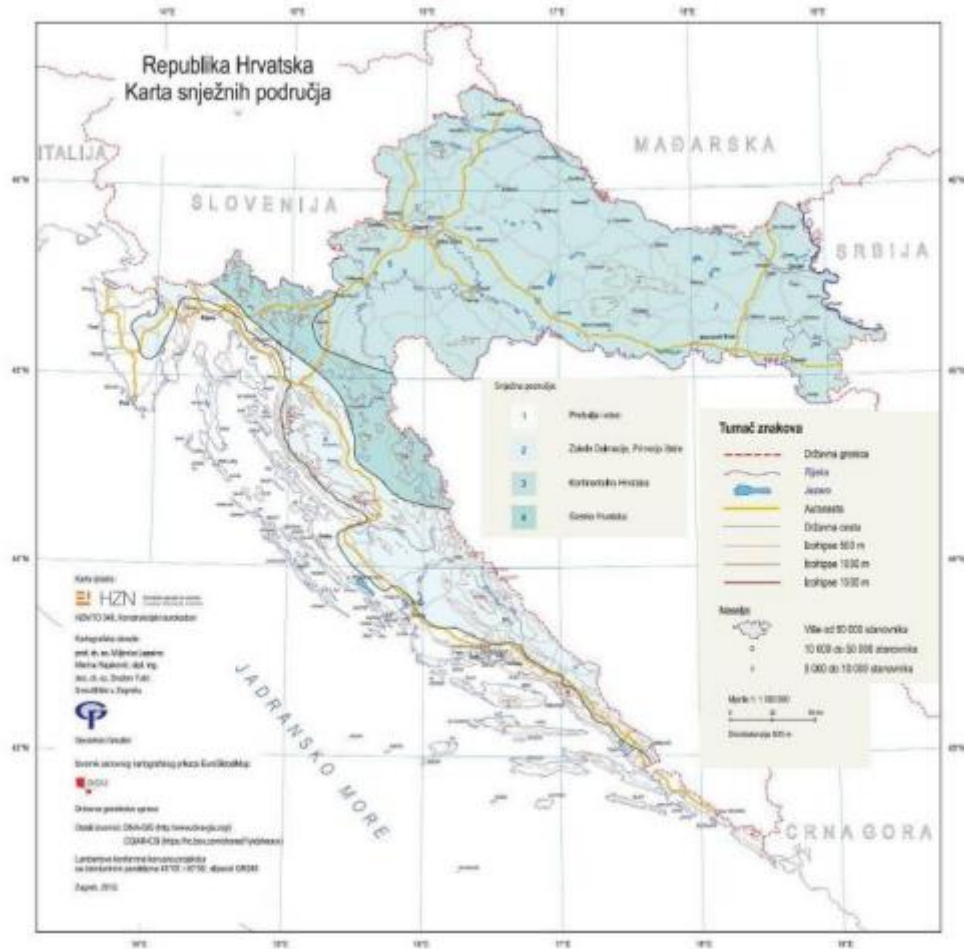
Slika 29. Koeficijent oblika za krov (HRN EN 1991-1-3:2012)

Oblik terena	C_e
Izložen vjetru ^a	0,8
Uobičajen ^b	1,0
Zaklonjen ^c	1,2

a Izložen vjetru: ravan, nezaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem.
 b Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drveća.
 c Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružena drugim visokim građevinama.

Tablica 7. Vrijednost koeficijenta C_e s obzirom na različite oblike terena (HRN EN 1991-1-3:2012)

Za uobičajan oblik terena odabrana vrijednost koeficijenta izloženosti $C_e=1,0$



Slika.30. Karta snježnih područja RH

Nadmorska visina (m)	s _k (kN/m ²)			
	1. područje - priobalje i otoci	2. područje - zaleđe Dalmacije i Istre	3. područje - kontinentalna Hrvatska	4. područje - gorska Hrvatska
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00

Tablica 8. Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine

Građevina se nalazi u Splitu odnosno u 1.području, stoga $s_k=0,50 \text{ kN/m}^2$

Uvrštavanje u jednadžbu:

$$s=0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5$$

$$s=0,40 \text{ kN/m}^2$$

4.5. Djelovanje vjetra na konstrukciju

Djelovanje vjetra određeno je prema HRN EN 1991-1-4:2012.

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije-Dio 1-4: Opća djelovanja- Djelovanje vjetra EN 1991-1-4:2005+ AC:2010+AC:2010) i HRN EN 1991-1-4:2012./NA 2012.

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije- Dio 1-4: Opća djelovanja- Djelovanja vjetra- Nacionalni dodatak.

Djelovanje vjetra može se izraziti kao pritisak po površini okomito na smjer plohe i kao trenje uz plohu koji ovisi o brzini vjetra. Brzina vjetra za Republiku Hrvatsku određuje DHMZ, brzina vjetra može se korigirati raznim koeficijentima određenim normama. Smjer djelovanja vjetra je nepredvidljiv, za određivanje djelovanja vjetra na konstrukciju promatramo djelovanje u dva okomita smjera na objekt. Također potrebno je promatrati djelovanje vjetra unutar građevine u dva smjera (tlak i podtlak).

Osnovna brzina vjetra definirana je jednadžbom:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

gdje je:

c_{dir} -faktor smjera vjetra (obično se uzima 1,0)

c_{season} -faktor doba godine (obično se uzima 1,0)

$v_{b,0}$ -fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (10m iznad tla kategorije terena II), određuje se iz karte osnovne brzine vjetra koja je sastavni dio nacionalnog dodatka (HRN EN 1991-1-4:2012/NA)



Slika 31.Karta osnovne brzine vjetra za RH (DHMZ)

$v_{b,0}=30,0 \text{ m/s}$ (čitano iz karte za područje Splita)

Uvrštavanje u jednadžbu:

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 30,0 = 30,0 \text{ m/s}$$

Osnovni tlak vjetra je:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

gdje je:

ρ - gustoća zraka (usvaja se vrijednost iz propisa: $1,25 \text{ kg/m}^3$)

Uvrštavanje osnovne brzine vjetra i gustoće zraka:

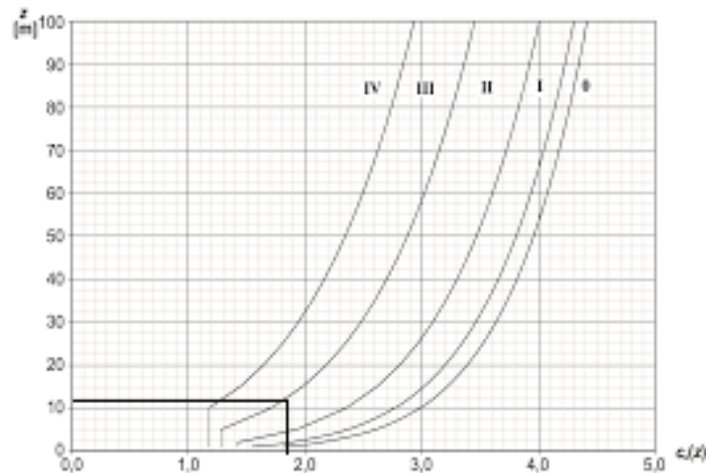
$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30,0^2 = 390,0 \text{ N/m}^2 = 0,39 \text{ k N/m}^2$$

Tlak pri vršnoj brzini vjetra:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

gdje je:

$c_e(z)$ -koeficijet izloženosti ovisan o visini iznad tla (z) i kategoriji terena (slika 32.)



Slika 32. Grafički prikaz koeficijenta izloženosti $c_e(z)$ kao funkcija visine iznad terena z , za $c_0=1,0$; $k_1=1,0$ (HRN En 1991-1-4:2012.)

Kategorija terena		z_0 (m)	z_{min} (m)
0	More i priobalna područja izložena otvorenom moru	0,03	1,0
I	Jezeri ili ravna i horizontalna područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1,0
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2,0
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5,0
IV	Područja s najmanje 15 % površine pokrivena zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10,0

Tablica 9. Kategorije terena i parametri terena sa preporučenim vrijednostima za z_0 (duljina hrapavosti) i z_{min} (najmanja visina) (HRN En 1991-1-4:2012.)

Za kategoriju terena III i visinu zgrade 11,6m iznad tla sa slike 32. očitana je vrijednost koeficijenta $c_e(z)=1,8$

Tlak pri vršnoj brzini:

$$q_p(z) = 1,8 \cdot 0,39 = 0,702 \text{ kN/m}^2$$

Zone	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0		-0,3

Tablica 10.. Koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove zgrade sa pravokutnim tlocrtom po područjima

$$c_{pe}^{max} = \begin{cases} -1,4 - 0,5 = -1,9 \text{ podtlak} \\ +0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ tlak} \end{cases} \quad \dots \text{ faktor izloženosti}$$

Rezultirajuće opterećenje vjetrom:

$$\text{Podtlak: } w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,702 \cdot (-1,9) \cdot 1,0 \cdot 1,0 = -1,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tlak: } w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,702 \cdot (1,3) \cdot 1,0 \cdot 1,0 = +0,91 \text{ kN/m}^2$$

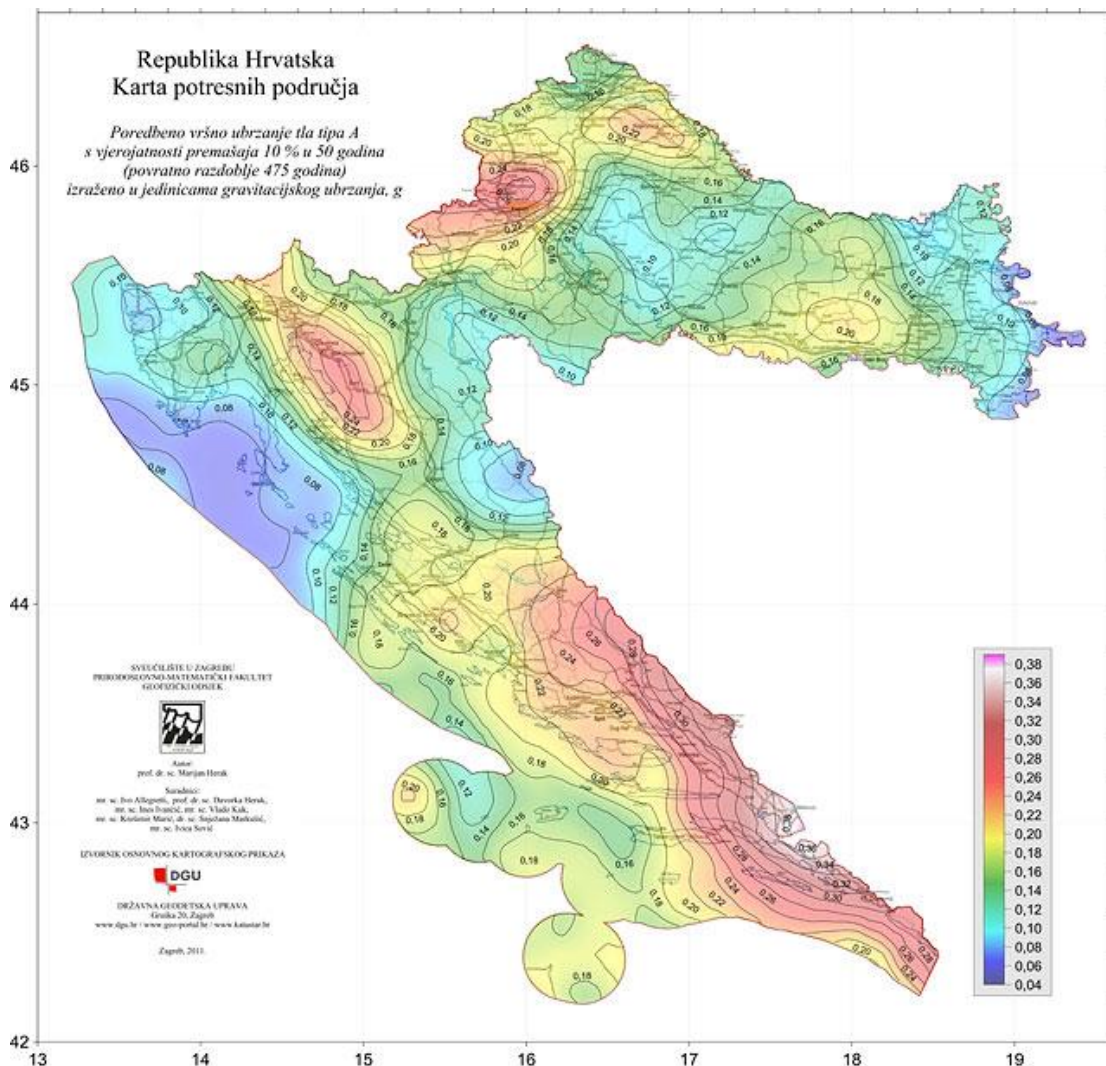
Napomena: U ovoj cjelini je prikazan detaljan postupak određivanja opterećenja vjetrom u svrhu diplomskog rada. S obzirom na lokaciju i visinu građevine opterećenje od potresa je znatno dominantnije djelovanje, zbog toga se u proračun ne uzima utjecaj vjetra na građevinu.

4.6. Djelovanje potresa na konstrukciju

Djelovanje potresa određeno je prema HRN EN 1998-1:2011.

EN 1998-1 sadrži posebna pravila za različite konstrukcije materijale i elemente koja se odnose za zgrade: 5. poglavlje: Posebna pravila za betonske zgrade.

Potresne sile proračunate su pojednostavljenim postupkom. Za proračun potresnog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Građevina se nalazi na području Splita i mora biti proračunata i izvedena tako da se odupire djelovanju potresnih sila.



Slika 33. Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 34. Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Računsko ubrzanje tla za povratni period od 475 godina, životni vijek građevine 50 godina i prateću vjerojatnost od 10% vršno ubrzanje za granično stanje nosivosti je $a_{gR} = 0,22g$.

Razred Važnosti	Zgrade
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost npr. Poljoprivredne zgrade itd.
II	Obične zgrade koje ne pripadaju drugim kategorijama
III	Zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem npr. škole, dvorane za skupove, kulturne institucije itd.
IV	Zgrade čija je cjelovitost tijekom potresa od životne važnosti za civilnu zaštitu npr. bolnice, vatrogasne postaje, energetske itd.

Tablica 11.. Razred važnosti za zgrade (HRN EN 1998-1:2011)

Razred duktilnosti:DCM

4.6.1. Faktor ponašanja

Faktor ponašanja q definiran je slijedećim izrazom:

$$q = q_0 \cdot kW \geq 1,5$$

gdje je:

q_0 - osnovni factor ponašanja koji ovisi o tipu konstrukcije I duktilnosti (pogledat Tablica 12..)

kW –factor prevladavajućeg sloma

Tip konstrukcije	Razred duktilnosti	
	DCM	DCH
Okvirni sustavi, dvojni sustavi, sustavi povezanih zidova	3,0 α_0/α_1	4,5 α_0/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_0/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

Tablica 12..Osnovne vrijednosti faktora ponašanja q_0 za sustave pravilne po visini

Za DCM I sustav povezanih zidova q_0 je:

$$q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha u}{\alpha_1}$$

Za dvojne sustave istovrijedni zidnim i sustave povezanih zidova $\frac{\alpha u}{\alpha_1} = 1,2$

$$q_0 = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6$$

Faktorom kW u obzir se uzima prevladavajući oblik sloma konstrukcijskih sustava od zidova:

$$kW = \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ za ovrne sustave I dvojne sustave istovrijedne okvirnim} \\ \frac{1+\alpha_0}{3} \leq 1 \text{ ali ne manje od } 0,5 \text{ za zidne sustave, sustve istovrijedne zidnim} \end{array} \right\}$$

gdje je:

α_0 – prevladavajući geometrijski omjer zidova konstrukcijskog sustava koji je određen slijedećim izrazom:

$$\alpha_0 = \frac{\sum hwi}{\sum lwi}$$

gdje je:

hwi – visina zida; hli – duljina presjeka zida

$$\alpha_0 = \frac{11,60}{11,03} = 1,05$$

Za zidne sustave, sustave istovrijedne zidnim i torzijski savitljive sustave:

$$kW = \frac{1+\alpha_0}{3} = \frac{1+1,05}{3} = 0,68$$

Faktor ponašanja q iznosi:

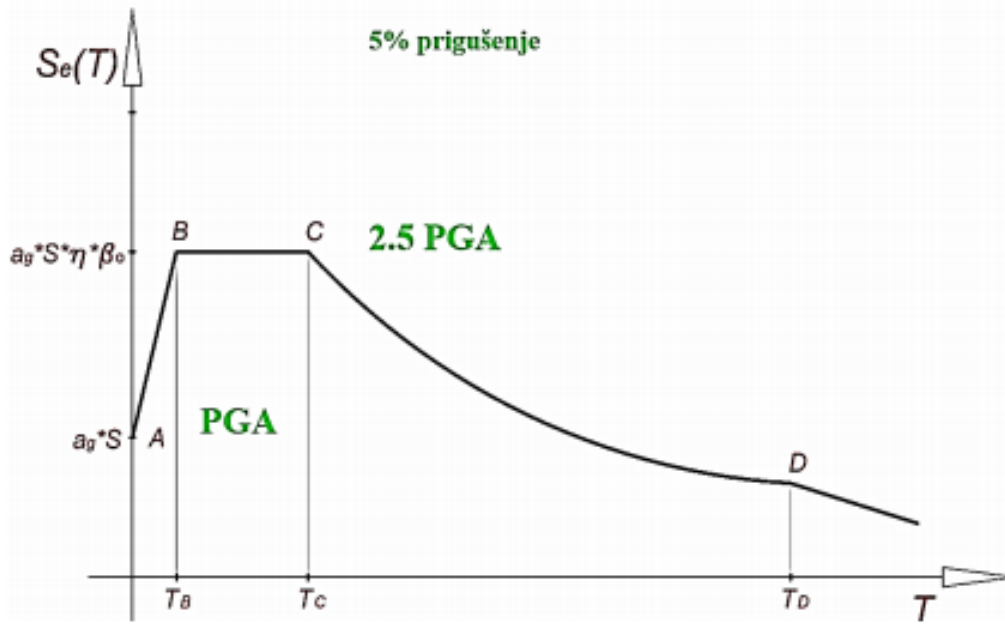
$$q = q_0 \cdot kW \geq 1,5$$

$$q = 3,6 \cdot 0,68 = 2,5$$

4.7. Proračun zgrade na seizmičko djelovanje metodom spektralne analize

4.7.1. Ulazni proračunski spektar

Proračun je temeljen na spektru odziva koji je umanjen u odnosu na elastični spektar. To je proračunski spektar koji se dobije tako da se elastični spektar reducira sa faktorom ponašanja q .



Slika 35: Europski opći elastični spektar, povratni period 475 godina

Gdje je:

$S_e(T)$ – elastični spektar odziva

T – period vibracija linearnog sustava s jednim stupnjem slobode

a_g – proračunsko ubrzanje na temeljnom tlu tip A

T_B – donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

T_C – gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

T_D – vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka

S – faktor tla

η – faktor korekcije prigušenja uz poredbenu vrijednost $\eta = 1$ za 5 %-tno viskozno prigušenje

Tip tla	S	$T_B(S)$	$T_C(S)$	$T_D(S)$
A	1,00	0,15	0,40	2,00
B	1,20	0,15	0,50	2,00
C	1,15	0,20	0,60	2,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00
E	1,40	0,15	0,50	2,00

Tablica 13. Pripadne vrijednosti T_B , T_C , T_D u ovisnosti o tipovima tla (HRN EN 1998-1:2011)

Ošitano iz Tablica 13..Spektar tipa 1, Klasa tla A: $S = 1$; $T_B = 0,15$; $T_C = 0,40$; $T_D = 2,0$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]; 0 \leq T \leq T_B$$

Gdje je $S_d(T)$ proračunski spektar odziva, a q faktor ponašanja i $\beta=0,2$

$$S_d(T=0) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2}{3} = 0,147g = 1,44 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_d(T=0,2) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2,5}{2,5} = 0,22g = 2,16 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

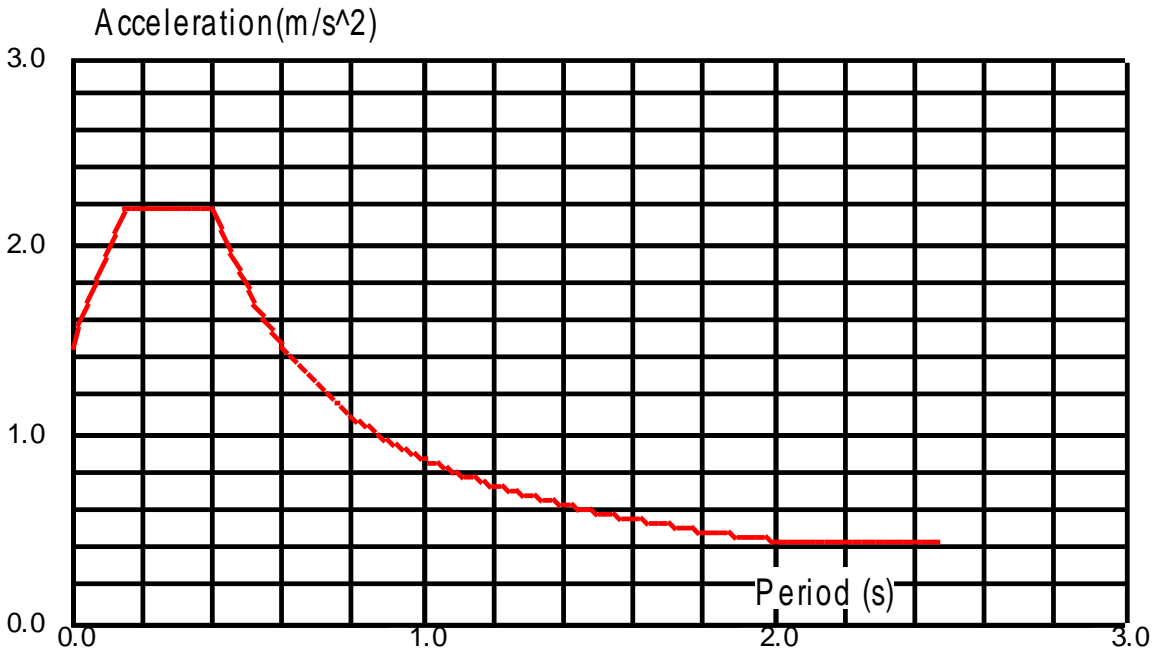
$$S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}; T_C \leq T \leq T_D \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$S_d(T=0,4) = S_d(T=0,2) = 2,16 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

$$S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}; T_D \leq T \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$S_d(T=2,0) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2,5}{2,5} \cdot \frac{0,4}{2,0} = 0,044g = 0,44 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

$$S_d(T=2,0) \geq 0,2 \cdot 0,22 \cdot 9,81 = 0,43 \rightarrow S_d(T=2,0) = 0,44 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$



Slika 36. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (50% pokretnog opterećenja).

Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 150 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize naknadno u tekstu aktivirano je svih 90 % mase po pojedinom smjeru djelovanja potresnih sila

4.7.2. Rezultati modalne analize

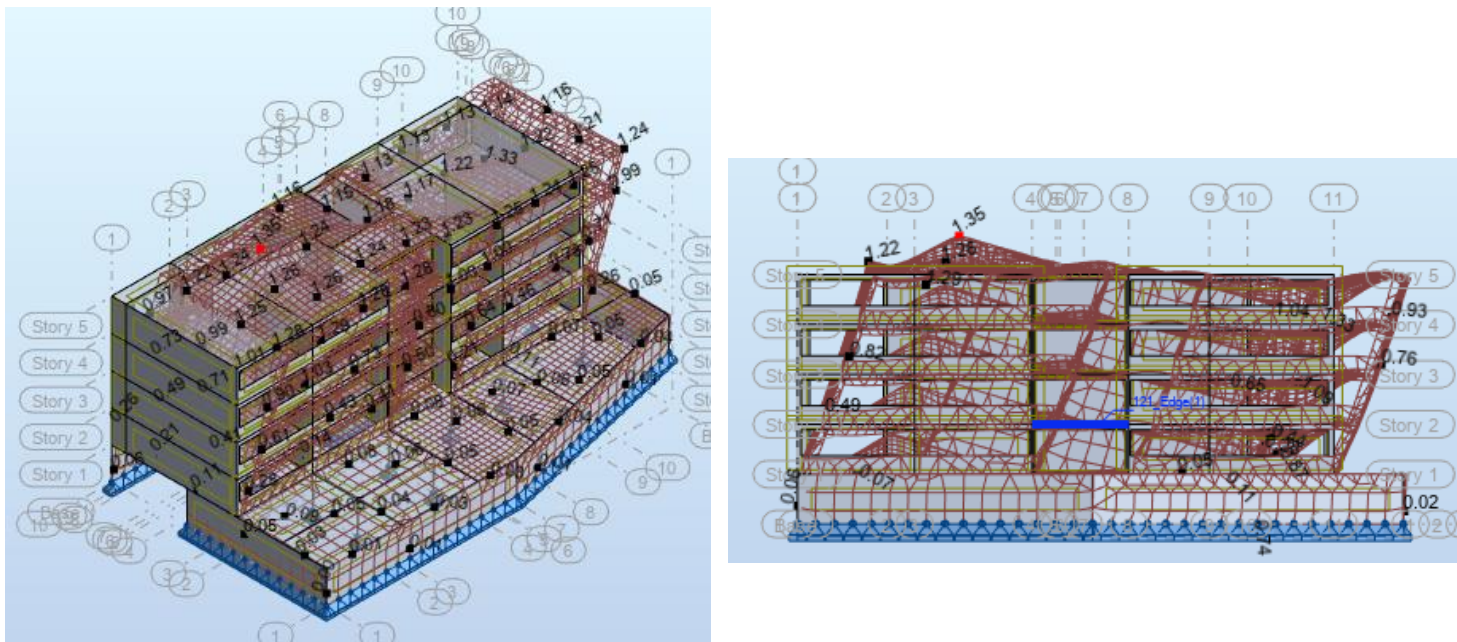
Case/Node	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Rel.mas.UZ (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)	Total mass UY (kg)	Total mass UZ (kg)
6/ 1	7.12	0.14	60.33	2.33	0.0	60.33	2.33	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 2	9.03	0.11	62.76	64.56	0.0	2.42	62.24	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 3	11.47	0.09	62.90	68.77	0.0	0.14	4.20	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 4	24.35	0.04	63.41	70.60	0.0	0.51	1.83	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 5	26.55	0.04	75.51	77.16	0.0	12.09	6.56	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 6	27.90	0.04	81.42	91.73	0.0	5.91	14.57	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 7	34.18	0.03	82.09	92.15	0.0	0.67	0.41	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 8	40.59	0.02	82.18	92.16	0.0	0.09	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 9	42.63	0.02	83.95	92.57	0.0	1.77	0.41	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 10	43.92	0.02	86.82	93.05	0.0	2.87	0.48	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 11	44.94	0.02	87.23	93.17	0.0	0.41	0.12	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 12	47.25	0.02	87.24	93.54	0.0	0.01	0.37	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 13	49.14	0.02	87.56	93.73	0.0	0.32	0.19	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 14	50.53	0.02	90.65	93.83	0.0	3.09	0.10	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 15	54.81	0.02	90.84	93.84	0.0	0.19	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 16	55.94	0.02	91.25	93.85	0.0	0.42	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 17	56.13	0.02	91.25	93.90	0.0	0.00	0.06	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 18	58.40	0.02	91.80	93.95	0.0	0.55	0.04	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 19	60.06	0.02	91.98	94.01	0.0	0.18	0.06	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 20	61.74	0.02	91.99	94.06	0.0	0.01	0.05	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 21	66.70	0.01	92.03	94.09	0.0	0.04	0.03	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 22	67.52	0.01	92.04	94.10	0.0	0.01	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 23	68.77	0.01	92.06	94.14	0.0	0.01	0.03	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 24	69.59	0.01	92.06	94.16	0.0	0.00	0.03	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 25	70.57	0.01	92.08	94.25	0.0	0.02	0.09	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 26	71.11	0.01	92.11	94.29	0.0	0.03	0.04	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 27	72.18	0.01	92.11	94.29	0.0	0.00	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 28	72.76	0.01	92.11	94.30	0.0	0.00	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 29	73.03	0.01	92.13	94.30	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 30	73.39	0.01	92.13	94.30	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 31	74.41	0.01	92.13	94.30	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 32	74.89	0.01	92.14	94.33	0.0	0.01	0.03	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 33	75.21	0.01	92.14	94.33	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 34	75.89	0.01	92.14	94.34	0.0	0.00	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 35	76.36	0.01	92.14	94.35	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 36	77.14	0.01	92.14	94.35	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 37	77.42	0.01	92.18	94.39	0.0	0.04	0.05	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 38	77.66	0.01	92.18	94.39	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 39	77.99	0.01	92.24	94.46	0.0	0.06	0.07	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 40	78.33	0.01	92.24	94.47	0.0	0.00	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 41	78.53	0.01	92.25	94.47	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 42	78.63	0.01	92.26	94.51	0.0	0.01	0.03	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 43	78.76	0.01	92.26	94.51	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0

6/ 44	79.31	0.01	92.26	94.51	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 45	79.70	0.01	92.26	94.54	0.0	0.00	0.03	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 46	79.95	0.01	92.26	94.56	0.0	0.00	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 47	80.37	0.01	92.36	94.56	0.0	0.09	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 48	80.75	0.01	92.38	94.58	0.0	0.02	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 49	80.86	0.01	92.38	94.62	0.0	0.04	0.04	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 50	81.59	0.01	92.38	94.63	0.0	0.00	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 51	82.10	0.01	92.41	94.69	0.0	0.02	0.06	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 52	82.25	0.01	92.43	94.69	0.0	0.03	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 53	82.86	0.01	92.45	94.69	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 54	83.57	0.01	92.45	94.72	0.0	0.00	0.03	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 55	84.17	0.01	92.47	94.72	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 56	84.66	0.01	92.47	94.72	0.0	0.00	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 57	84.73	0.01	92.48	94.76	0.0	0.04	0.04	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 58	85.16	0.01	92.52	94.80	0.0	0.04	0.04	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 59	85.35	0.01	92.53	94.90	0.0	0.02	0.10	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 60	85.45	0.01	92.53	94.96	0.0	0.00	0.06	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 61	86.06	0.01	92.54	94.96	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 62	86.25	0.01	92.54	94.96	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 63	86.70	0.01	92.56	94.96	0.0	0.02	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 64	87.12	0.01	92.58	94.96	0.0	0.02	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 65	87.24	0.01	92.61	94.99	0.0	0.03	0.03	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 66	87.51	0.01	92.61	94.99	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 67	88.41	0.01	92.61	95.02	0.0	0.00	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 68	88.73	0.01	92.61	95.04	0.0	0.00	0.03	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 69	89.13	0.01	92.62	95.04	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 70	90.13	0.01	92.63	95.04	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 71	90.68	0.01	92.65	95.05	0.0	0.02	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 72	91.06	0.01	92.68	95.07	0.0	0.03	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 73	91.31	0.01	92.69	95.07	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 74	91.79	0.01	92.72	95.07	0.0	0.03	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 75	92.03	0.01	92.72	95.07	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 76	92.52	0.01	92.72	95.09	0.0	0.00	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 77	93.09	0.01	92.79	95.11	0.0	0.07	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 78	93.47	0.01	92.87	95.11	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 79	94.55	0.01	92.89	95.13	0.0	0.03	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 80	95.26	0.01	92.89	95.13	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 81	95.57	0.01	92.90	95.18	0.0	0.00	0.05	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 82	92.75	0.01	92.92	95.20	0.0	0.03	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 83	96.72	0.01	92.93	95.21	0.0	0.01	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 84	96.98	0.01	92.93	95.22	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 85	97.26	0.01	92.94	95.22	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 86	97.77	0.01	92.94	95.22	0.0	0.00	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 87	98.14	0.01	92.96	95.24	0.0	0.02	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 88	98.58	0.01	92.99	95.26	0.0	0.03	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 89	98.74	0.01	93.13	95.27	0.0	0.14	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 90	98.81	0.01	93.13	95.28	0.0	0.01	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 91	99.55	0.01	93.17	95.30	0.0	0.04	0.03	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 92	99.84	0.01	93.18	95.30	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 93	100.27	0.01	93.18	95.45	0.0	0.00	0.15	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 94	100.87	0.01	93.19	95.45	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 95	101.31	0.01	93.20	95.46	0.0	0.00	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 96	101.59	0.01	93.20	95.47	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 97	101.79	0.01	93.21	95.48	0.0	0.01	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 98	102.04	0.01	93.21	95.48	0.0	0.00	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 99	102.50	0.01	93.23	95.48	0.0	0.02	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 100	102.85	0.01	93.23	95.50	0.0	0.00	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 101	103.13	0.01	93.26	95.53	0.0	0.03	0.03	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 102	103.36	0.01	93.26	95.54	0.0	0.00	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 103	103.85	0.01	93.27	95.55	0.0	0.01	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 104	104.29	0.01	93.27	95.61	0.0	0.00	0.06	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 105	104.59	0.01	93.28	95.62	0.0	0.01	0.01	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 106	105.63	0.01	93.28	95.64	0.0	0.00	0.02	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0
6/ 107	105.89	0.01	93.31	95.64	0.0	0.03	0.00	0.0	218533.69	218533.69	0.0	0.0

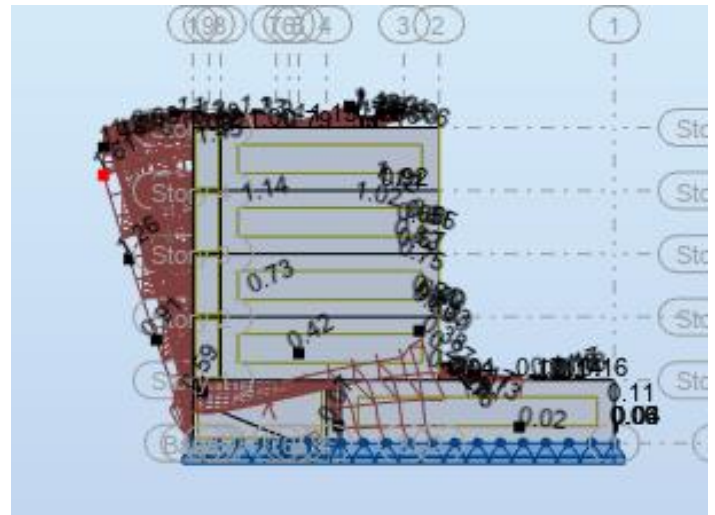
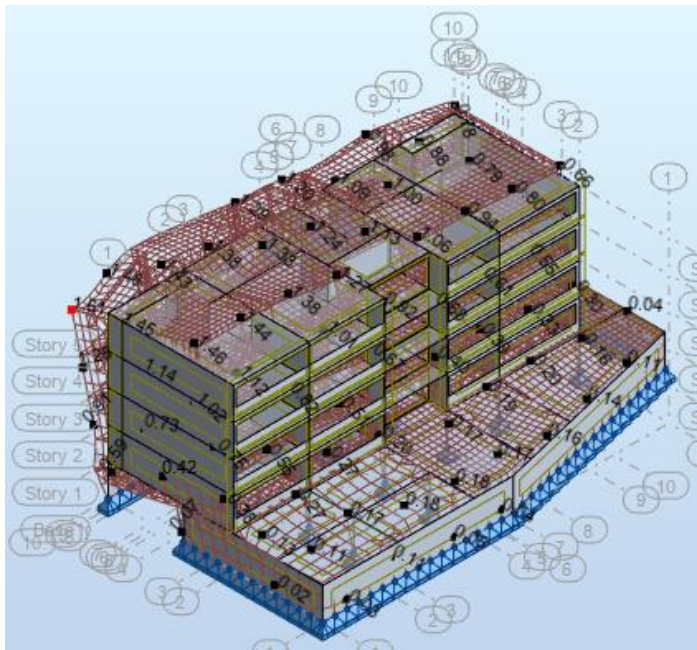
6/ 108	106.01	0.01	93.33	95.65	0.0	0.02	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 109	106.38	0.01	93.33	95.66	0.0	0.00	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 110	106.65	0.01	93.34	95.66	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 111	107.32	0.01	93.38	95.67	0.0	0.05	0.02	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 112	107.85	0.01	93.38	95.67	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 113	108.09	0.01	93.39	95.68	0.0	0.01	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 114	108.64	0.01	93.41	95.68	0.0	0.02	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 115	108.76	0.01	93.41	95.72	0.0	0.00	0.04	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 116	109.12	0.01	93.42	95.73	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 117	109.66	0.01	93.51	95.73	0.0	0.09	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 118	109.76	0.01	93.52	95.73	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 119	111.21	0.01	93.52	95.73	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 120	111.34	0.01	93.53	95.73	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 121	111.43	0.01	93.64	95.75	0.0	0.11	0.02	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 122	111.65	0.01	93.65	95.77	0.0	0.00	0.02	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 123	112.10	0.01	93.66	95.78	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 124	112.51	0.01	93.68	95.78	0.0	0.03	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 125	112.71	0.01	93.72	95.78	0.0	0.03	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 126	113.18	0.01	93.72	95.82	0.0	0.00	0.03	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 127	113.50	0.01	93.72	95.85	0.0	0.00	0.04	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 128	114.03	0.01	93.72	95.87	0.0	0.00	0.02	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 129	114.26	0.01	93.76	95.87	0.0	0.04	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 130	114.32	0.01	93.84	95.89	0.0	0.08	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 131	114.72	0.01	93.84	95.89	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 132	114.92	0.01	93.85	95.89	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 133	115.44	0.01	93.91	95.89	0.0	0.07	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 134	115.83	0.01	93.92	95.89	0.0	0.01	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 135	116.38	0.01	93.94	95.90	0.0	0.02	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 136	116.64	0.01	93.94	95.90	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 137	116.99	0.01	93.99	95.91	0.0	0.05	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 138	117.42	0.01	94.01	95.91	0.0	0.02	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 139	117.66	0.01	94.01	95.92	0.0	0.00	0.01	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 140	117.84	0.01	94.01	95.92	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 141	118.13	0.01	94.01	95.92	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 142	118.66	0.01	94.09	95.92	0.0	0.07	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 143	119.11	0.01	94.11	95.94	0.0	0.02	0.02	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 144	119.30	0.01	94.13	95.94	0.0	0.02	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 145	120.08	0.01	94.27	95.95	0.0	0.14	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 146	120.32	0.01	94.40	95.95	0.0	0.14	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 147	120.46	0.01	94.40	95.95	0.0	0.00	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 148	120.75	0.01	94.42	95.97	0.0	0.01	0.02	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 149	121.18	0.01	94.44	95.97	0.0	0.02	0.00	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0
6/ 150	121.24	0.01	94.48	96.00	0.0	0.05	0.04	0.0	2188533.69	2188533.69	0.0

Za proračun na potresno djelovanje korištena je višemodalna spektralna analiza CQC u kojoj je uzeto 150 modova. Zbroj modalnih masa za 150 oblika koji su uzeti u proračunu iznosi 94,46 % za smjer x, a 96,0 % za smjer y. Prema HRN EN 1998-1:2011 zadovoljen je uvjet da suma svih upotrijebljenih vlastitih oblika u proračunu moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase, kao i svi vlastiti oblici sa minimalno 5% aktivirane mase, te smo time na starni sigurnosti.

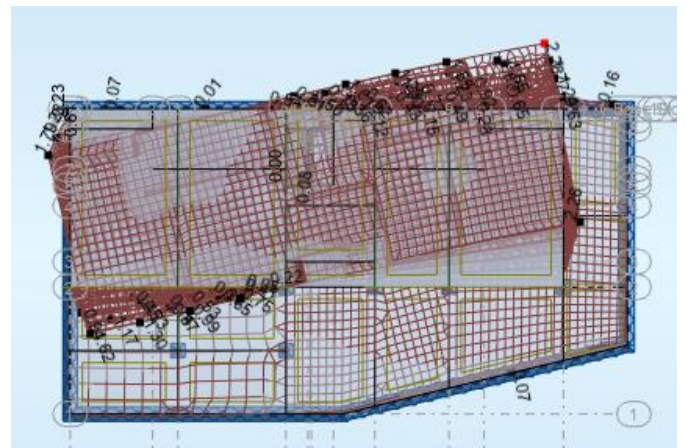
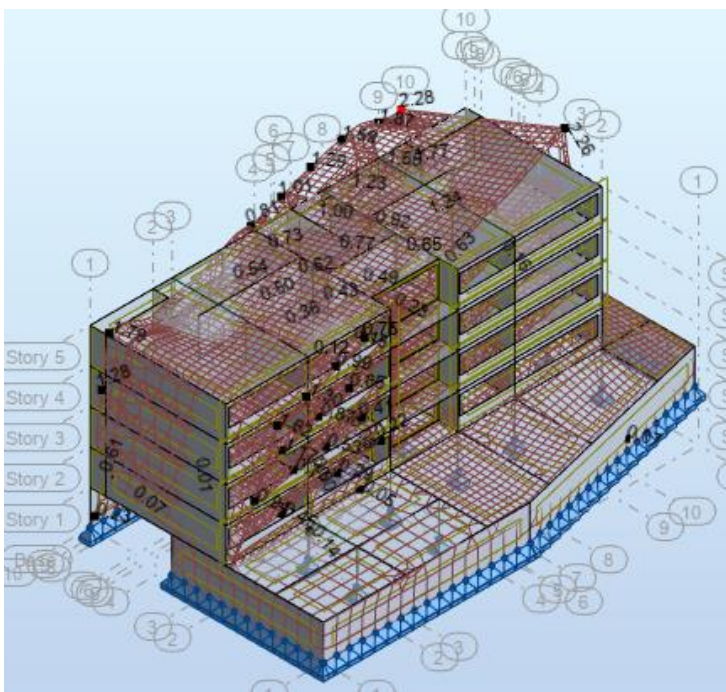
4.7.3. Prikaz vlastitih vektora



Slika 37. Prikaz prvog vlastitog vektora, translacija u smjeru globalne osi x



Slika 38. Prikaz drugog valstitog vektora, translacija u smjeru globalne osi y



Slika 39. Prikaz trećeg vlastitog vektora, uvrtnje oko globalne osi z

5. KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

g – vlastita težina (g)

Δg - dodatno stalno djelovanje

q – vodeće promjenjivo djelovanje

5.1. Granično stanje nosivosti

GSN-1-ležaj $1,35*(g + \Delta g) + 1,5*q$

GSN-1-polje $1,35*(g + \Delta g) + 1,2*1,5*q$

Neće se raditi kombinacije promjenjivog opterećenja, tj. postavljanje promjenjivog opterećenja u najkritičnije položaje, već je promjenjivo opterećenje uvećano za 20%.

5.2. Granično stanje uporabljivosti

GSU-1 (česta kombinacija) $1,0*(g + \Delta g) + \Psi_{1i}*q$

$$1,0*(g + \Delta g) + 0,5*q$$

$\Psi_{1i}=0,5$ za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za čestu kombinaciju. Česta kombinacija se koristi za kontrolu progiba ploča i greda, te za kontrolu pukotina ploča i greda.

GSU-2 (nazovistalna kombinacija) $1,0*(g + \Delta g) + \Psi_{2i}*q$

$$1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q$$

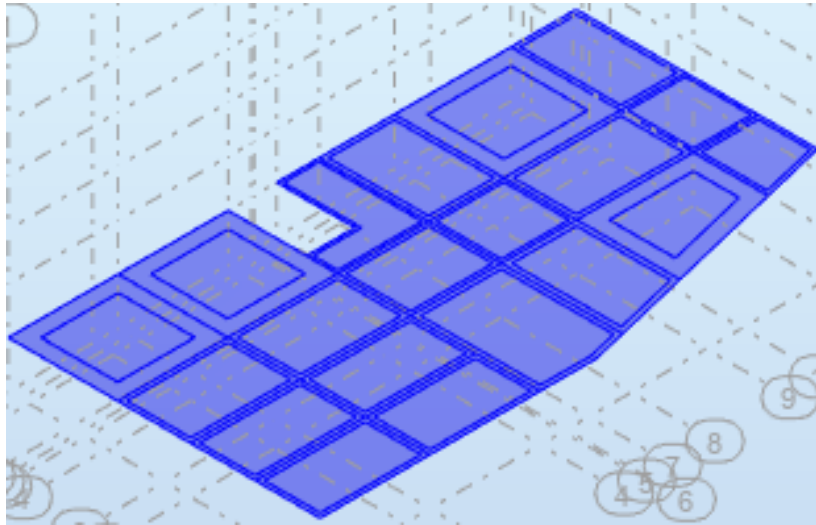
$\Psi_{2i}=0,3$ za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za nazovistalnu kombinaciju. Nazovistalna kombinacija se koristi za ograničenje tlačnog naprezanja u armirano betonskim elementima, te za kontrolu dugotrajnih progiba.

6. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Proračun AB ploča proveden je prema EC-2 (Eurokod 2: Projekiranje betonskih konstrukcija). Za dimenzioniranje ploče upotrijebljene su mjerodavne kombinacije (zasebno za vrijednosti u polju i na ležaju) za granično stanje nosivosti, dok su za kontrolu pukotina i progiba korištene kombinacije graničnog stanja uporabljivosti.

6.1. Proračun ploče nad garažom (pozicija 100)

6.1.1. Dimenzioniranje ploče



Slika40. Ploča nad garažom (pozicija 100)

Beton: C 25/30; $f_{ck}=25,0$ MPa

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \text{ MPa} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura: B 500B; $f_{yk}=500,0$ MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm},$$

$$h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1,67 = 76,74 \text{ kNm}$$

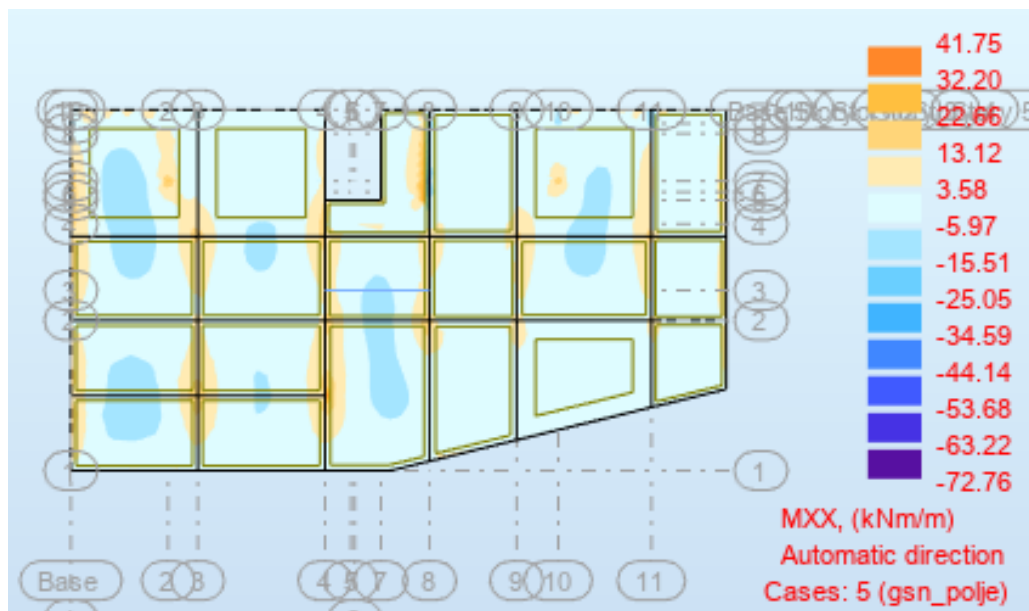
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 17 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

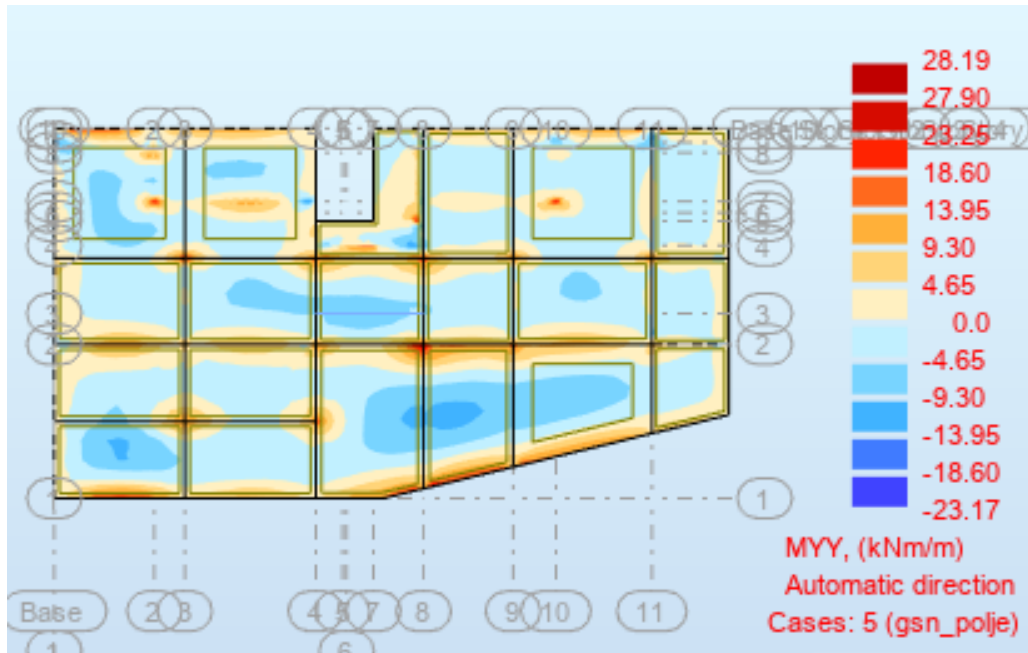
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža	Površina A_{s1} [cm ² /m ²]	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q -	283	44.88	14.27	0.18
R/Q -	335	44.88	16.89	0.21
R/Q -	385	44.88	19.41	0.24
R/Q -	424	44.88	21.38	0.26
R/Q -	503	44.88	25.36	0.31
R/Q -	524	44.88	26.42	0.33
R/Q -	636	44.88	32.07	0.40
R/Q -	785	44.88	39.58	0.49

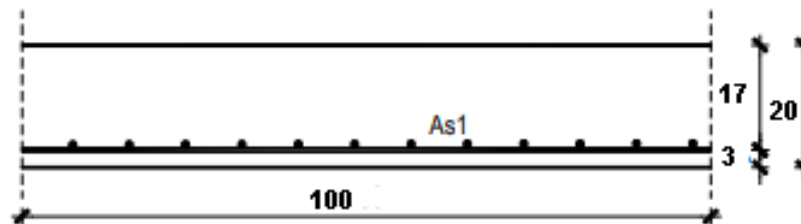
- Proračun u polju



Slika 41. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 42. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}$ (kNm/m)



$$M_{Ed} = 23,17 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2317}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,048$$

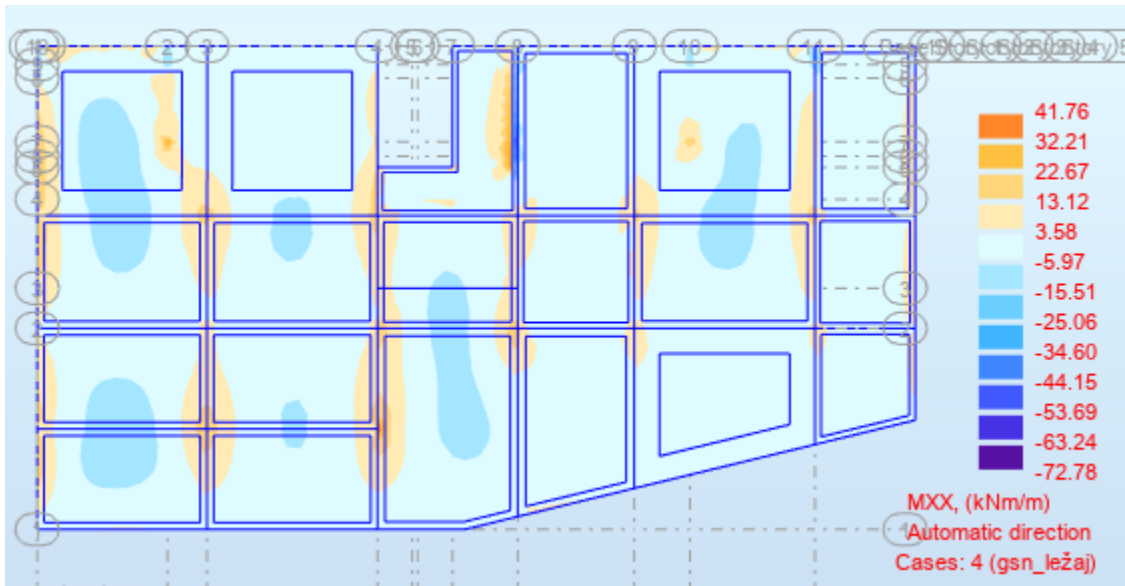
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰ } \zeta = 0,966$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2317}{0,966 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

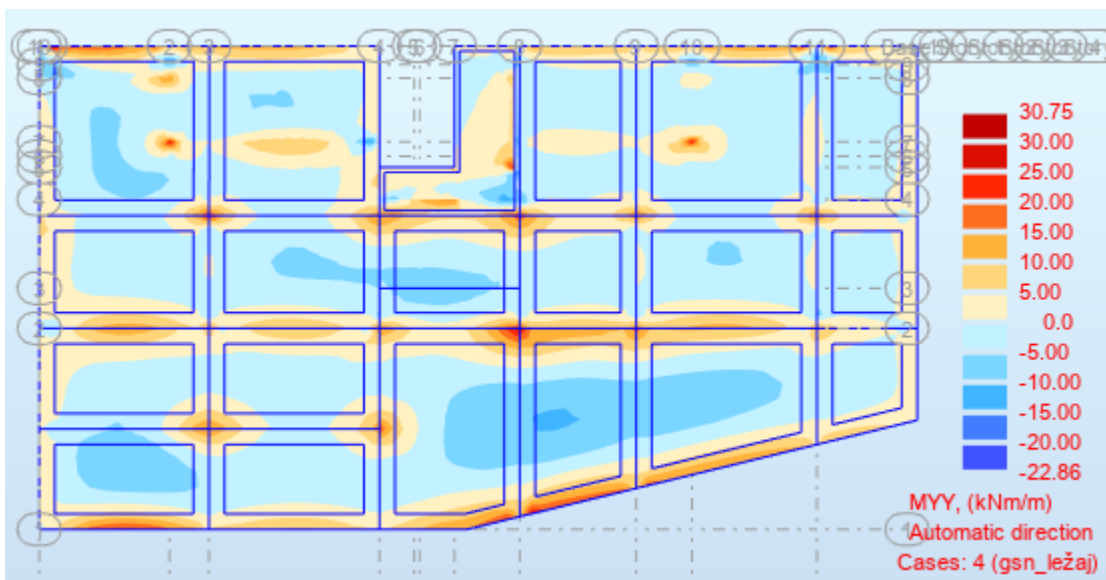
ODABRANA ARMATURA:
Q -335 ($A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 100 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura, moment 72,76 kNm se pojavio u točki te je armatura **Q -785 ($A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$)** + $\emptyset 10/20$ ($A_s = 5 \cdot 0,79 = 3,95 \text{ cm}^2/\text{m}'$) odabrana na pojedinim mjestima gdje se javlja skok momenta.

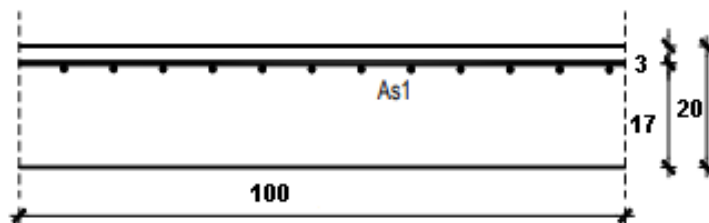
- Proračun an ležaju



Slika 43. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 44. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}$ (kNm/m)



$$M_{Ed} = 41,76 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4176}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,087$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 2,0 \text{ ‰ } \zeta = 0,938$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4176}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,03 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R-636 ($A_s = 6,36 \text{ cm}^2 / \text{m}'$)

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 100 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

6.1.2. Kontrola progiba

Deformiranje konstrukcije i elemenata konstrukcije dozvoljava se u određenim granicama, pod uvjetom da ne izazove oštećenje u konstruktivnom sustavu. Pod pojmom deformiranje podrazumijeva se progib, deformacija, pomak, uvrtnje, zakrivljenost, promjena progiba. Najčešće se analiziraju progibi.

Opća upotreba konstrukcije mogla bi biti narušena kada proračunski progib ploče ili grede premaši raspon od $L/250$. Progib se gleda u odnosu na oslonce, za veće raspone gređa smiju se izvoditi nadvišenja koja ne bi smjela premašiti vrijednost $L/250$.



Slika 45. Prikaz progiba ploče

Gdje je:

w_c -nadvišenje neopterećenog konstruktivnog elementa

w_1 – početni progib od stalnog opterećenja

w_2 – dugotrajni progib od stalnog opterećenja

w_3 – progib od promjenjivog opterećenja

w_{max} – ukupni progib

Konstrukcija	w_{max}	w_2+w_3
krovišta	L/200	L/250
Prohodna krovišta	L/250	L/300
stropovi	L/250	L/300
stropovi/krovovi sa žbukom ili drugim krhkim završnim slojevima ili nesavitljivim pregradama	L/300	L/350
stropovi koje podupiru stupovi (osim ako je progib uzet u obzir u sklopu proračuna za granično stanje nosivosti)	L/400	L/500
kada w_{max} može narušiti izgled zgrade	L/250	-

Tablica 11. Ograničenje vertikalnih progiba

Progib izazvan opterećenjem potrebno je dokazati da je manji od dozvoljenog.

Maksimalni progib je $w_{max} = w_1 + w_2 + w_3 - w_c$

Granični probig $w_{max} = L/250$

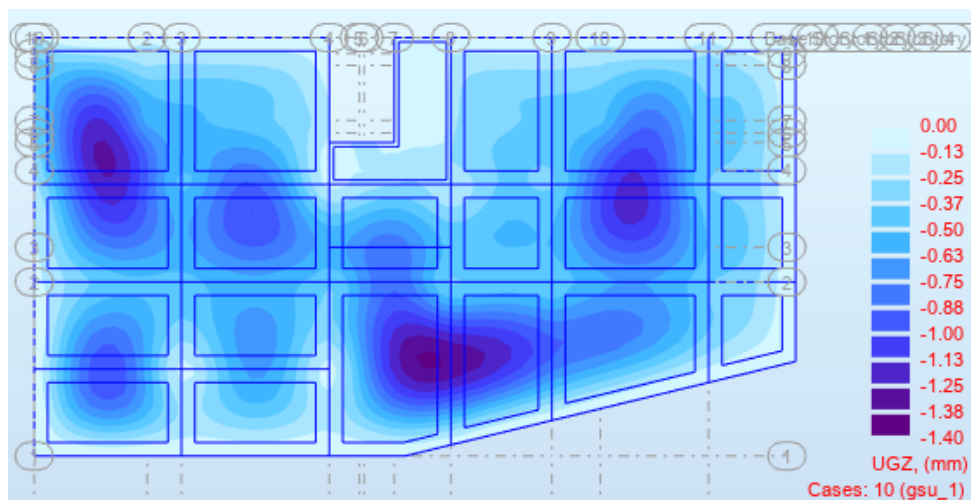
Progib od kratkotrajnog djelovanja odnosno progib za čestu kombinaciju GSU-1 je:

$$w_{el} = L/1000$$

gdje je w_{el} – elastični progib dobiven proračun po teoriji elastičnosti

Progib od kratkotrajnog djelovanja + puzanje odnosno progib za nazovistalnu kombinaciju GSU-2 je:

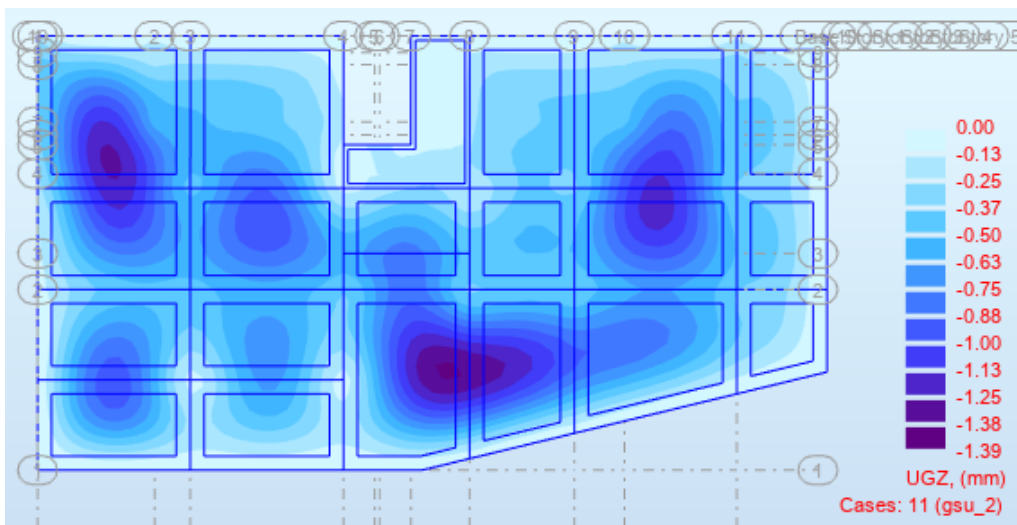
$$w_{el} = L/1250$$



Slika 46. Progi garžne ploče-pozicije 100 za kombinaciju GSU_1 (mm)

Najveći progib iznosa je 1,4mm. Dozvoljen progib $L/1000=644/1000=6,44\text{mm}$.

Progib ploče iznad garaže (pozicija 100) zadovoljava.



Slika 47. Progi garžne ploče-pozicije 100 za kombinaciju GSU_2 (mm)

Najveći progib iznosa je 1,4mm. Dozvoljen progib $L/1250=644/1250=5,15\text{mm}$.

Progib ploče iznad garaže (pozicija 100) zadovoljava.

6.1.3. Kontrola pukotina

Raspucavanje armiranobetonskih konstrukcija ograničava se kako bi se izbjegle štetne posljedice koje bi imale utjecaj na trajnost konstrukcije. Do pukotina dolazi kada vlačna napreznja prijeđu vlačnu čvrstoću betona. Vlačna narezanja mogu biti izazvana poprečnim silama, savijanjem, uvrtnjem i uzdužnom silom.

Proračunata karakteristična vrijednost širine pukotine ne smije biti veća od granične vrijednosti.

$$w_k \leq w_g$$

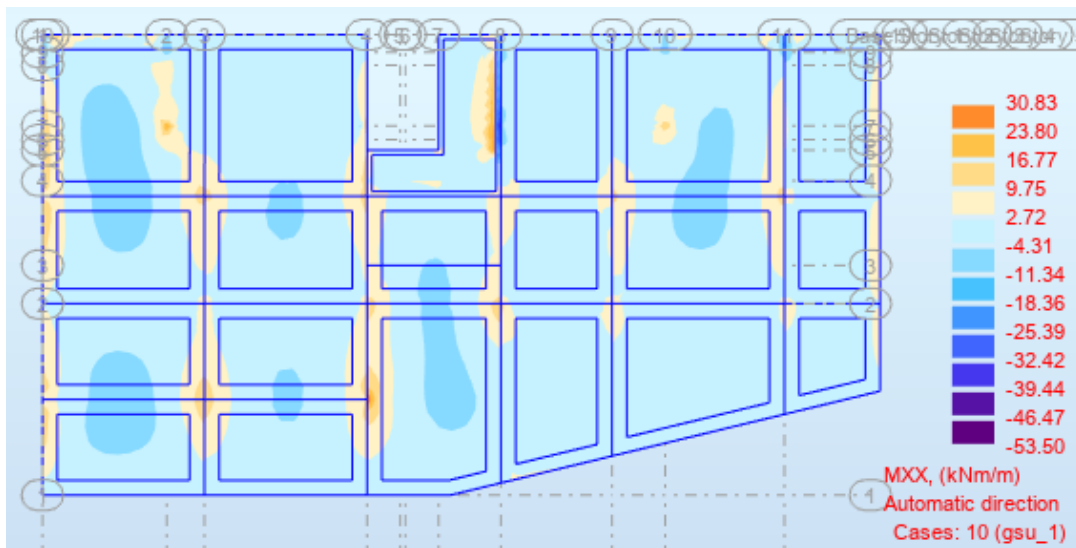
Za armiranobetonske konstrukcije granična vrijednost širine pukotine $w_g=0,3$ mm.

Armiranobetonske elemente treba uvijek armirati u području vlačnih napreznja sa minimalnom armaturom kako bi se ograničila širina pukotina.

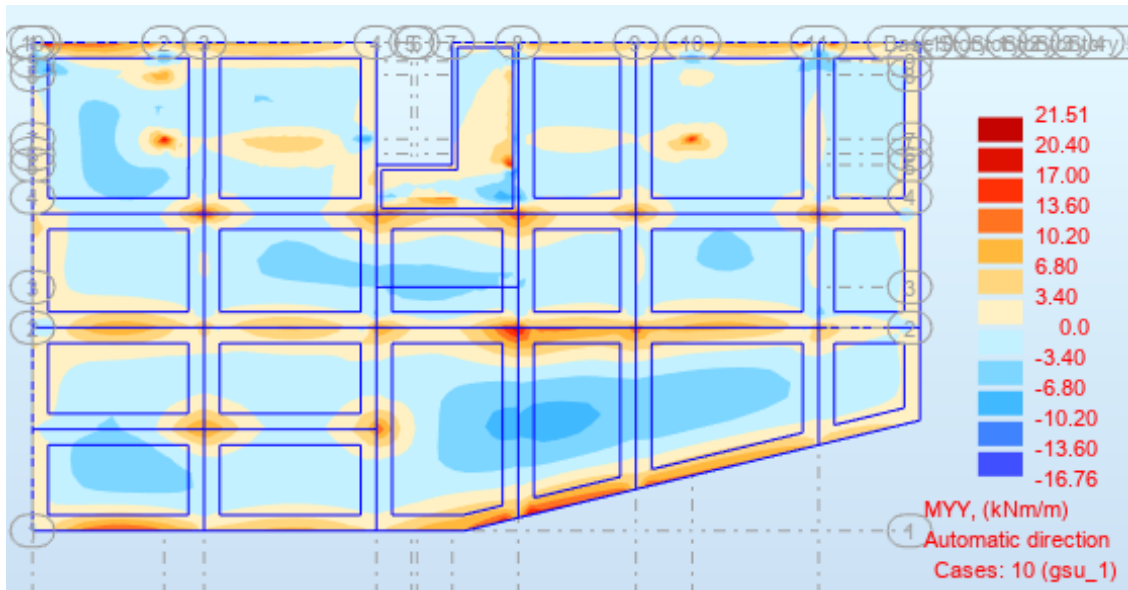
Pukotine nije potrebno kontrolirati ako debljina ploče ne prelazi 20 cm, te ako je ploča armirana u skladu sa preporukama oko potrebne površine i rasporeda armature potrebne da osigura nosivost.

S obzirom da je ploča debljine 20 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 48. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m) za GSU_1



Slika 49. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}(kNm/m)$ za GSU_1

Mjerodavni moment za polje: $M=53,50$ kNm/m

$$x = \frac{7,00 \cdot 11,80}{100} \cdot (-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 11,80}}) = 4,54 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{5350}{(17,0 - \frac{4,54}{3}) \cdot 11,80} = 29,28 \text{ kN cm}^2 = 292,80 \text{ MPa}$$

Za C 25/30 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6$ MPa

$A_{s1} = Q-785 + \emptyset 10/20 = 7,85 + 3,95 = 11,80 \text{ cm}^2$ -armatura ploče gornja zona

$E_{cm} = 30,0$ GPa = 30 000 MPa – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0$ GPa = 210 000 MPa – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17$ cm

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{11,80}{100 \cdot (\frac{17 - 4,54}{3})} = 0,028$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{292,80 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,028} (1 + 7,00 \cdot 0,028)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{292,80}{210000}$$

$$0,00118 \geq 0,000837$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00118$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 10,0 \text{ mm (R-785-}\emptyset 10/10)$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,028} = 128,71 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

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

$$w_k = 128,71 \cdot 0,00118 = 0,15 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment za ležaj: M=30,83 kNm/m

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

Vrijednost $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ određuje se prema izrazu :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - kt \frac{f_{ct,eff}}{\rho_p,eff} (1 + \alpha \varepsilon_{pp,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 6,36}} \right) = 3,47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{MEd}{z \cdot A_s} \approx \frac{MEd}{(d - x/3) \cdot A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{3083}{\left(17,0 - \frac{3,47}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,60 \text{ kN cm}^2 = 306,00 \text{ MPa}$$

Za C 25/30 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-636 = 6,36 \text{ cm}^2$ -armatura ploče donja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

αe – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{17-3,47}{3}\right)} = 0,014$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{306,00 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,014} (1 + 7,00 \cdot 0,014)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{306,00}{210000}$$

$$0,00108 \geq 0,000880$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00108$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} [mm]$$

$\phi = 9,0$ mm (Q-636- $\phi 9/10$)

$c = 20$ mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,014} = 177,3 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

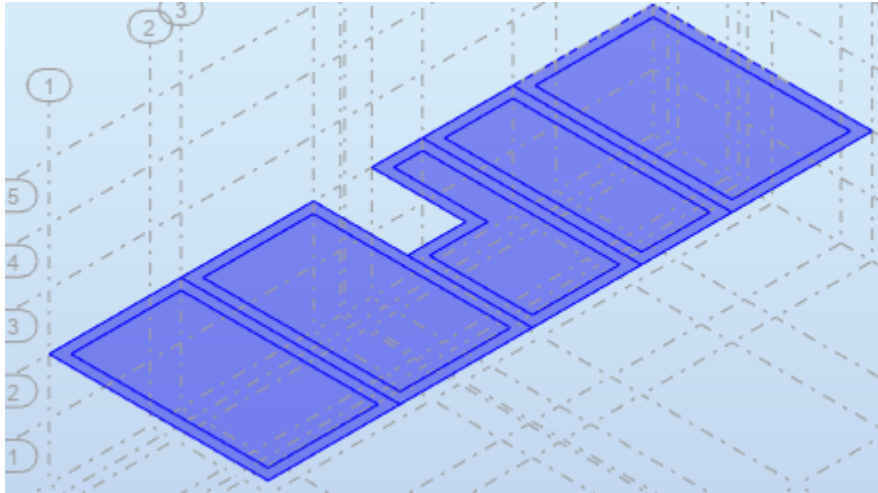
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$w_k = 177,3 \cdot 0,00108 = 0,19 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!

6.2. Proračun međukatne ploče (pozicija 200)

6.2.1. Dimenzioniranje ploče



Slika 50. Međukatna ploča (pozicija 200)

Beton: C 25/30; $f_{ck}=25,0$ MPa

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \text{ MPa} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura: B 500B; $f_{yk}=500,0$ MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm},$$

$$h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1,67 = 76,74 \text{ kNm}$$

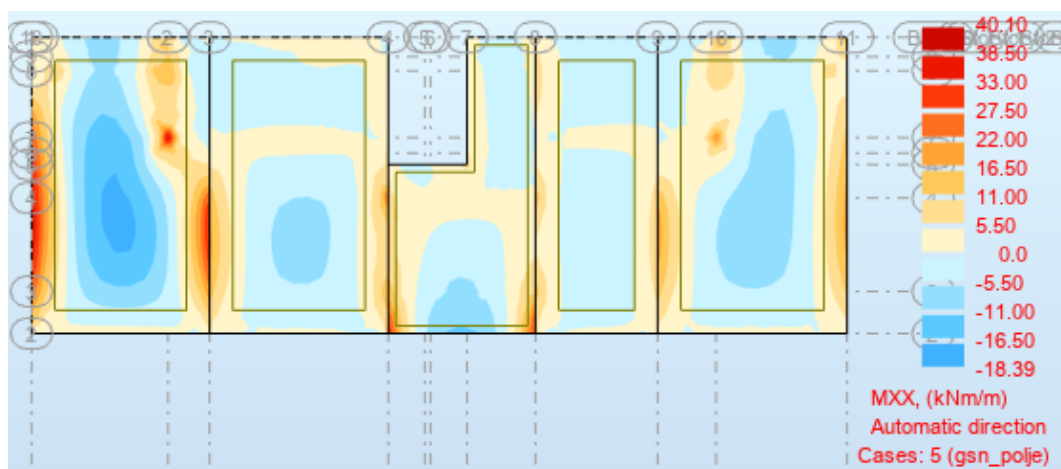
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 17 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

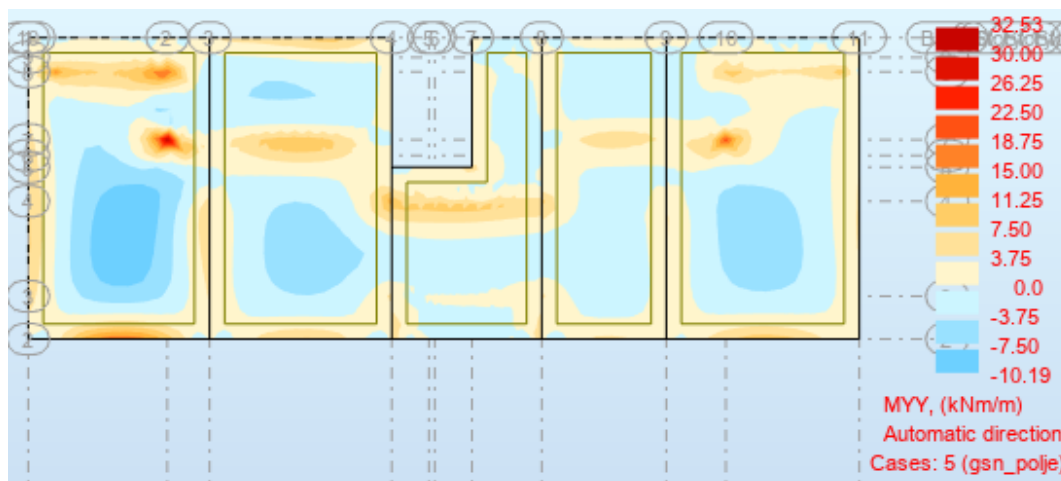
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina A_{s1}	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature	
		[cm ² /m']	[kNm]	[kNm]	%	
R/Q	-	283	2,83	44.88	14.27	0.18
R/Q	-	335	3,35	44.88	16.89	0.21
R/Q	-	385	3,85	44.88	19.41	0.24
R/Q	-	424	4,24	44.88	21.38	0.26
R/Q	-	503	5,03	44.88	25.36	0.31
R/Q	-	524	5,24	44.88	26.42	0.33
R/Q	-	636	6,36	44.88	32.07	0.40
R/Q	-	785	7,85	44.88	39.58	0.49

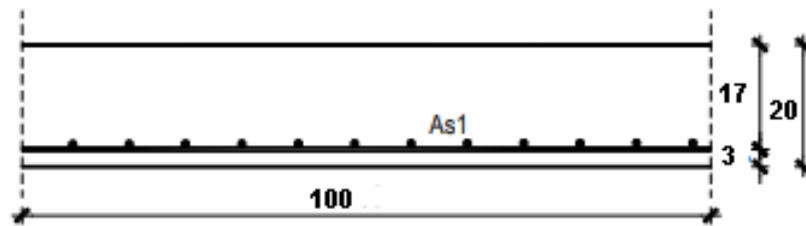
- Proračun u polju



Slika 51. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 52. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}$ (kNm/m)



$$M_{Ed} = 18,39 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4010}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,038$$

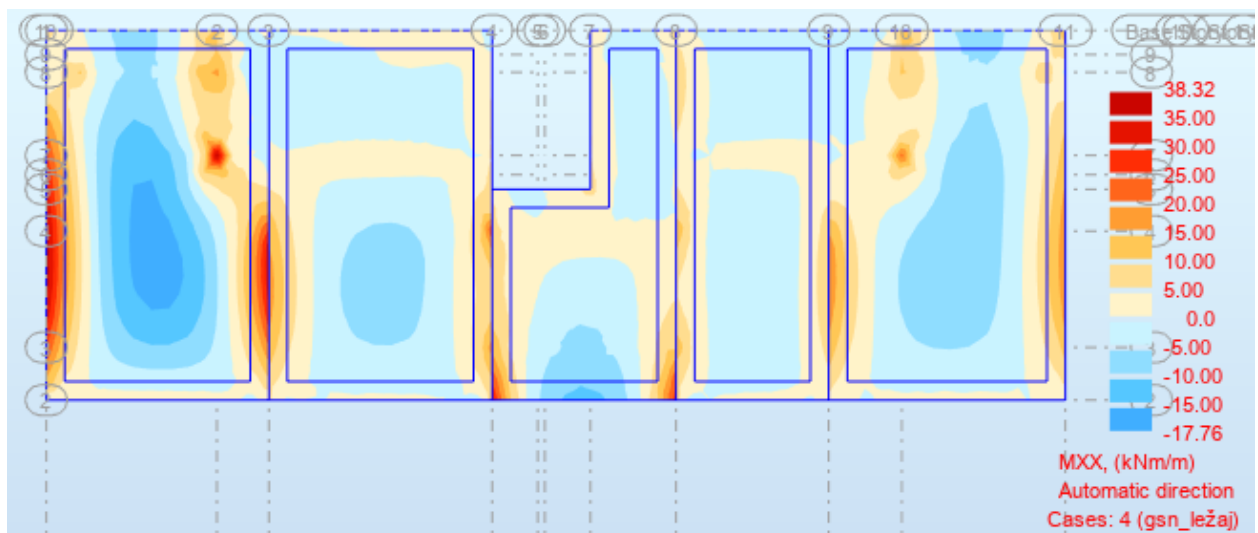
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰ } \zeta = 0,962$$

$$As1 = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1839}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,59 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

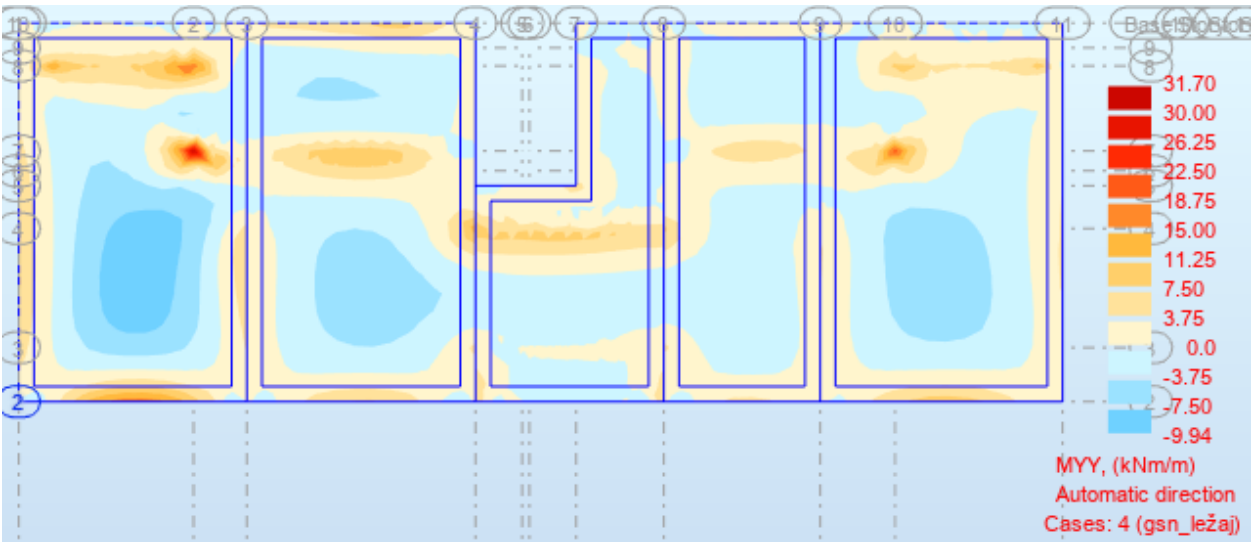
ODABRANA ARMATURA: Q – 283 (As = 2,83cm²/m')

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

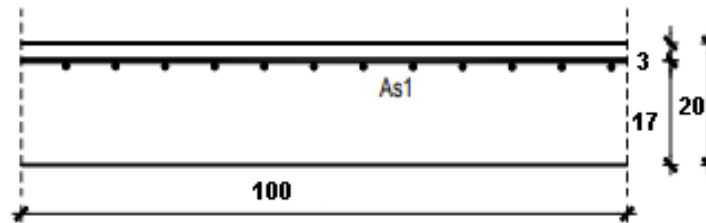
- Proračun na ležaju



Slika 53. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 54. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}$ (kNm/m)



$$M_{Ed} = 38,32 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3832}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,079$$

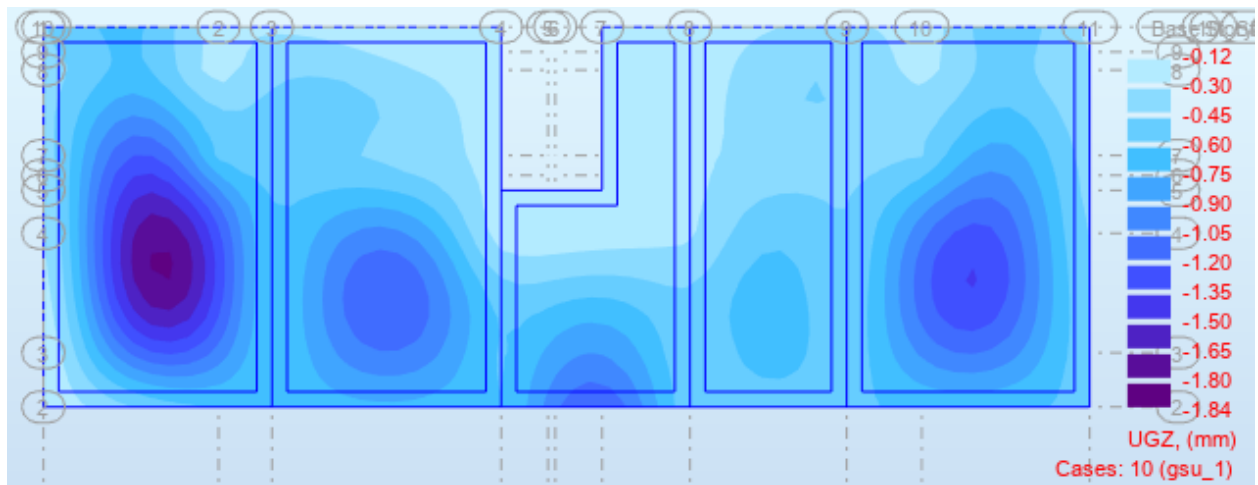
Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 1,9 \text{ ‰}$ $\zeta = 0,941$

$$As1 = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13832}{0,941 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,51 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R-636 ($As = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

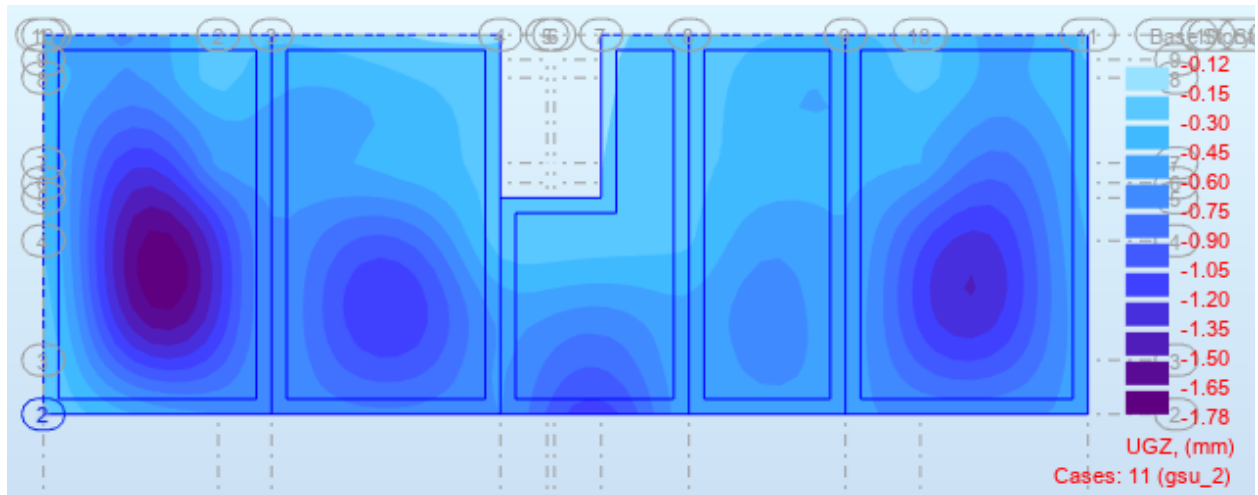
6.2.2. Kontrola progiba



Slika 55. Progi garžne ploče-pozicije 200 za kombinaciju GSU_1 (mm)

Najveći progib iznosa je 1,84 mm. Dozvoljen progib $L/1000=644/1000=6,44\text{mm}$.

Progib ploče zadovoljava.



Slika 56. Progi garžne ploče-pozicije 200 za kombinaciju GSU_2 (mm)

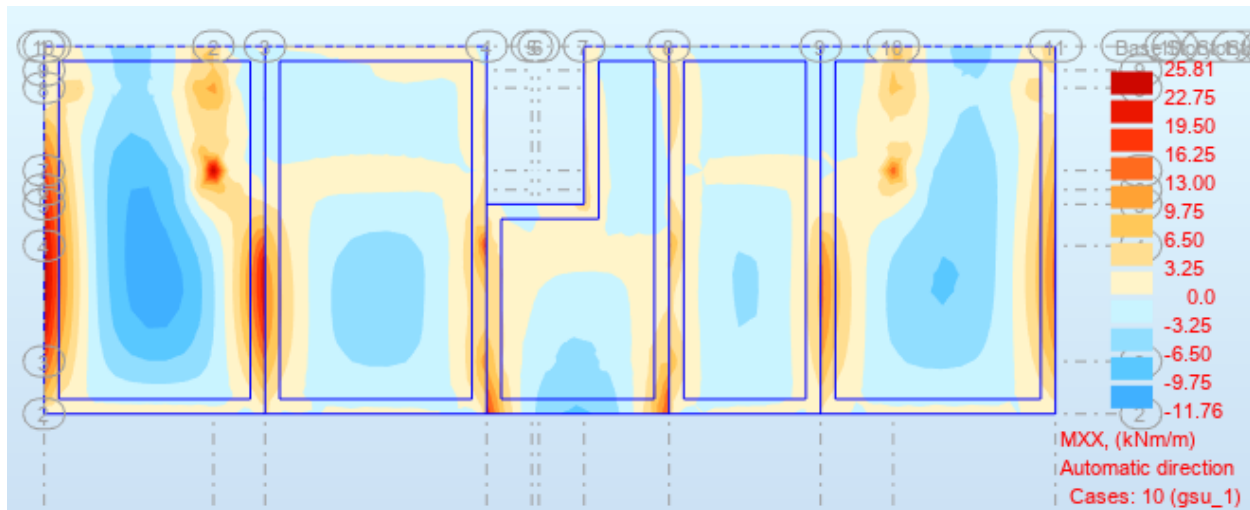
Najveći progib iznosa je 1,78mm. Dozvoljen progib $L/1250=644/1250=5,15\text{mm}$.

Progib ploče zadovoljava.

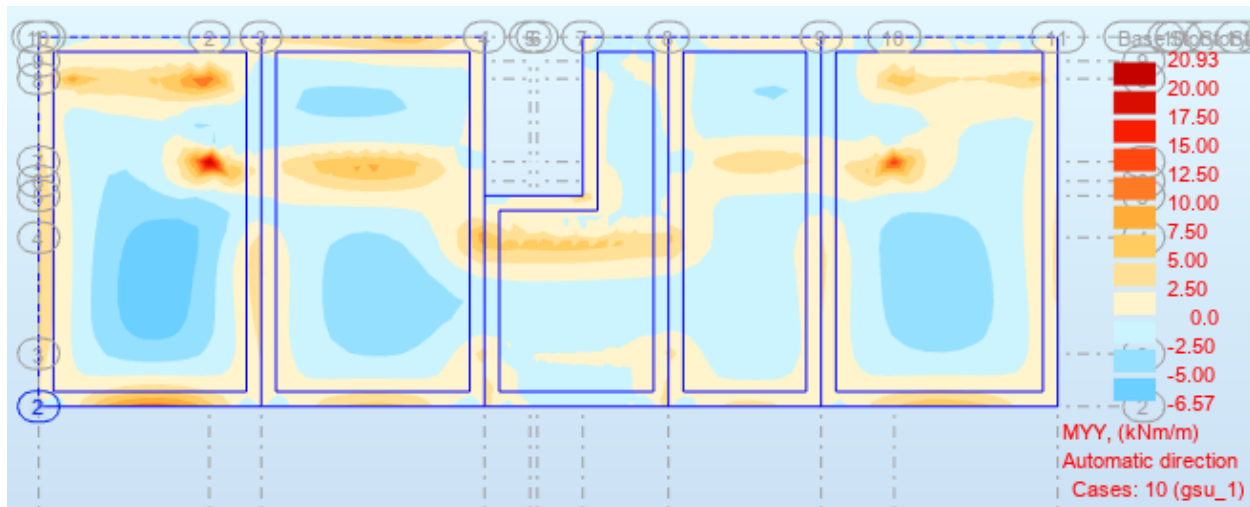
6.2.3. Kontrola pukotina

S obzirom da je ploča debljine 20 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 57. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}(kNm/m)$ za GSU_1



Slika 58. .Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}(kNm/m)$ za GSU_1

Mjerodavni moment za polje: $M=11,76$ kNm/m

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ određuje se prema izrazu :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - kt \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 2,83}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 2,83}} \right) = 2,40 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{MEd}{z \cdot A_s} \approx \frac{MEd}{(d - x/3) \cdot A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{1176}{\left(17,0 - \frac{2,40}{3}\right) \cdot 2,83} = 25,65 \text{ kN cm}^2 = 256,51 \text{ MPa}$$

Za C 25/30 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-283 = 2,83 \text{ cm}^2$ -armatura ploče donja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

α_e – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{2,83}{100 \cdot \left(\frac{17 - 2,4}{3}\right)} = 0,0058$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{256,51 - 0,4 \frac{2,6}{0,0058} (1 + 7,00 \cdot 0,0058)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{256,51}{210000}$$

$$0,00033 \geq 0,000733$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000733$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]}$$

$\emptyset = 6,0 \text{ mm}$ (Q-283- $\emptyset 6/10$)

$c = 20 \text{ mm}$ – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{6,0}{0,0058} = 243,86 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

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

$$w_k = 243,86 \cdot 0,000733 = 0,18 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment za ležaj: $M=25,81 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 6,36}}\right) = 3,47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{2581}{\left(17,0 - \frac{3,47}{3}\right) \cdot 6,36} = 25,61 \text{ kN cm}^2 = 256,14 \text{ MPa}$$

Za C 25/30 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = R-636 = 6,36 \text{ cm}^2$ -armatura ploče gornja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{17 - 3,47}{3}\right)} = 0,014$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{256,14 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,014} (1 + 7,00 \cdot 0,014)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{256,14}{210000}$$

$$0,000831 \geq 0,000732$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000831$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 9 \text{ mm (R-636-}\emptyset 9/10)$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,014} = 177,29 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

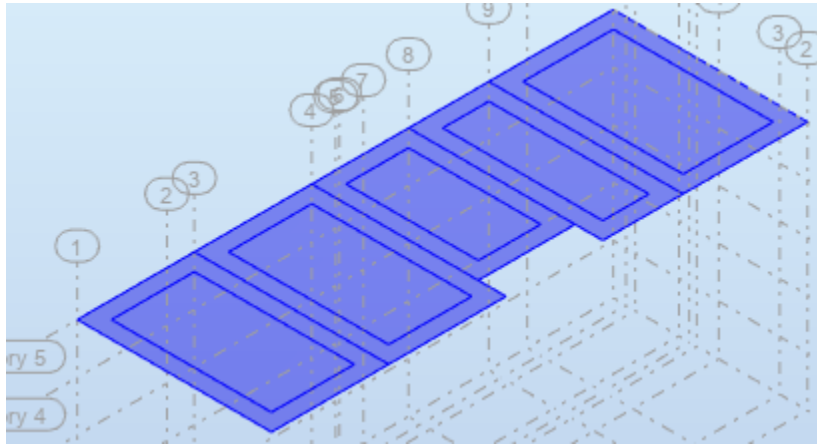
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$w_k = 177,29 \cdot 0,000831 = 0,15 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!

6.3. Proračun krovne ploče (pozicija 300)

6.3.1. Dimenzioniranje ploče



Slika 59. Ploča krovišta (pozicija 300)

Beton: C 25/30; $f_{ck}=25,0$ MPa

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \text{ MPa} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura: B 500B; $f_{yk}=500,0$ MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm},$$

$$h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1,67 = 76,74 \text{ kNm}$$

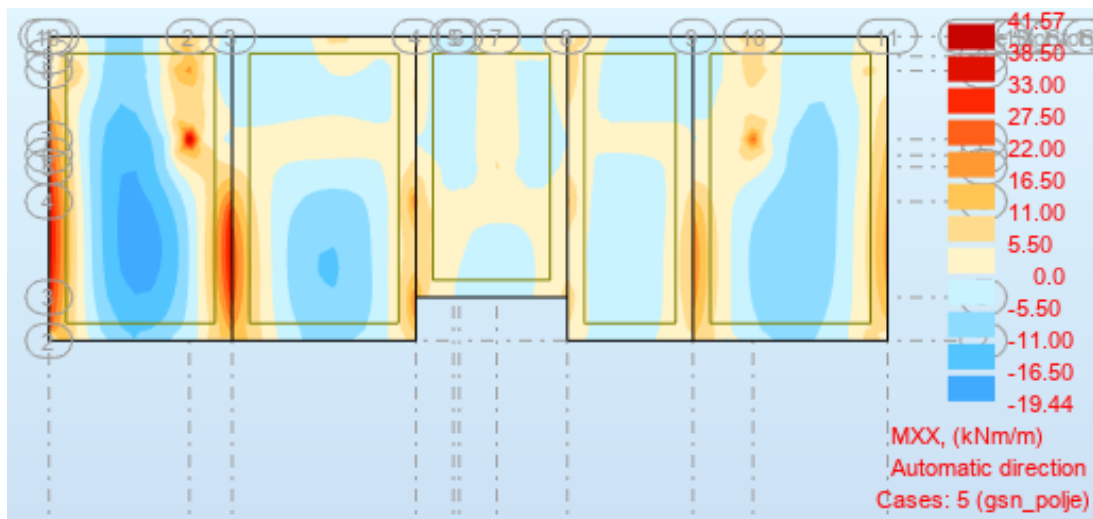
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 17 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

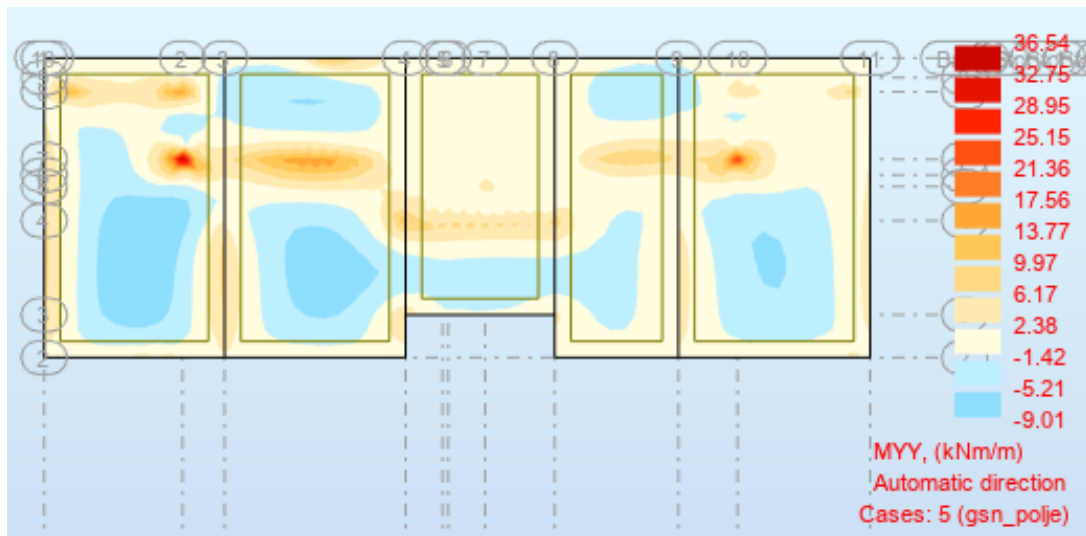
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža		Površina	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak armature
		A_{s1}	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	
		[cm ² /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	283	44.88	14.27	0.18
R/Q	-	335	44.88	16.89	0.21
R/Q	-	385	44.88	19.41	0.24
R/Q	-	424	44.88	21.38	0.26
R/Q	-	503	44.88	25.36	0.31
R/Q	-	524	44.88	26.42	0.33
R/Q	-	636	44.88	32.07	0.40
R/Q	-	785	44.88	39.58	0.49

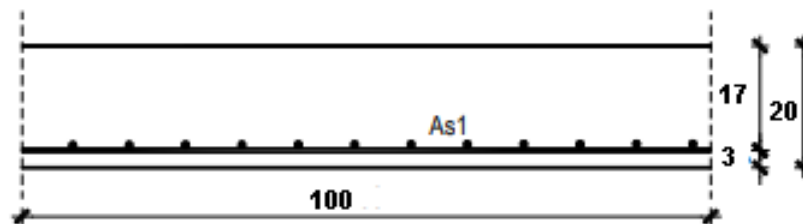
- Proračun u polju



Slika 60. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 61. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}(kNm/m)$



$$M_{Ed} = 19,44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1944}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,040$$

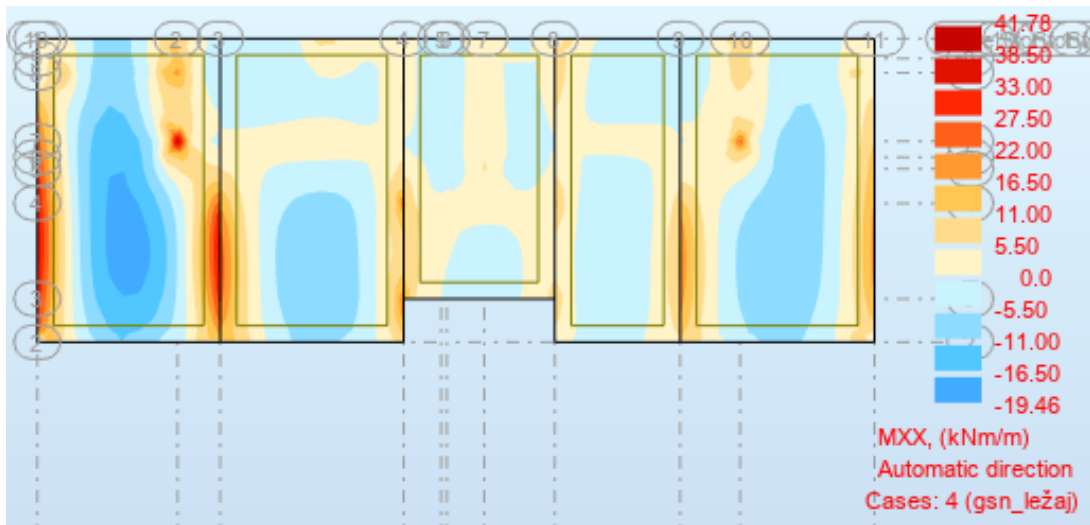
Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰}$ $\zeta = 0,962$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1944}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,73 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

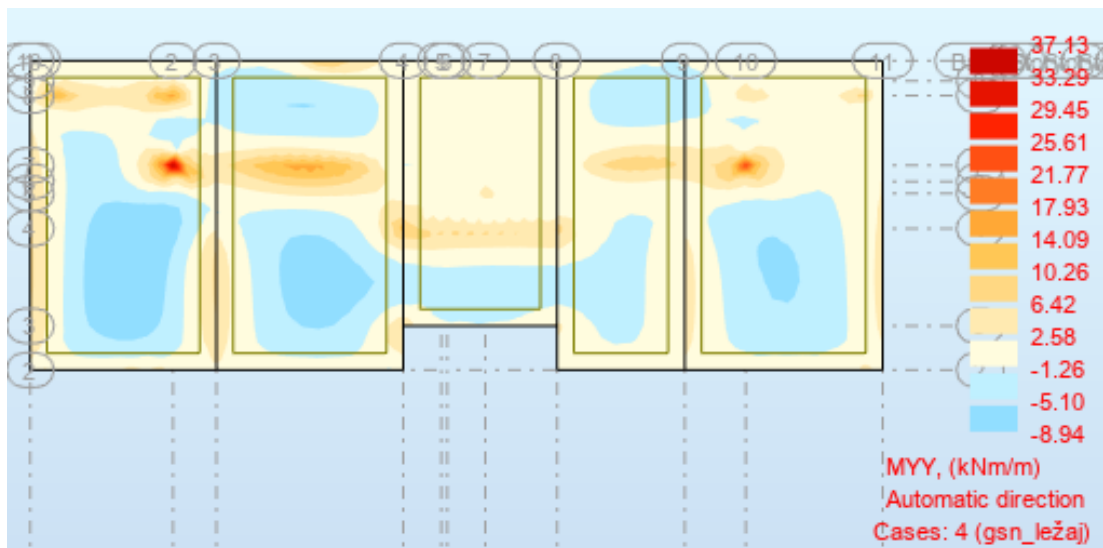
ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ($A_s = 2,83 \text{ cm}^2 / \text{m}'$)

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

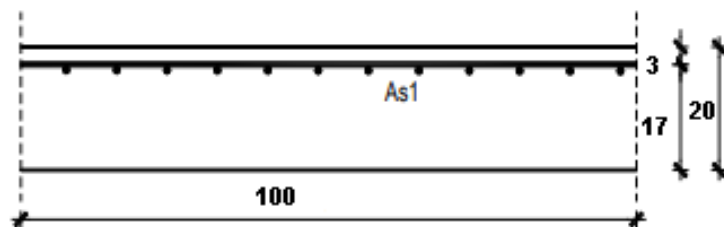
- Proračun na ležaju



Slika 62. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 63. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}$ (kNm/m)



$$M_{Ed} = 41,78 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4178}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,087$$

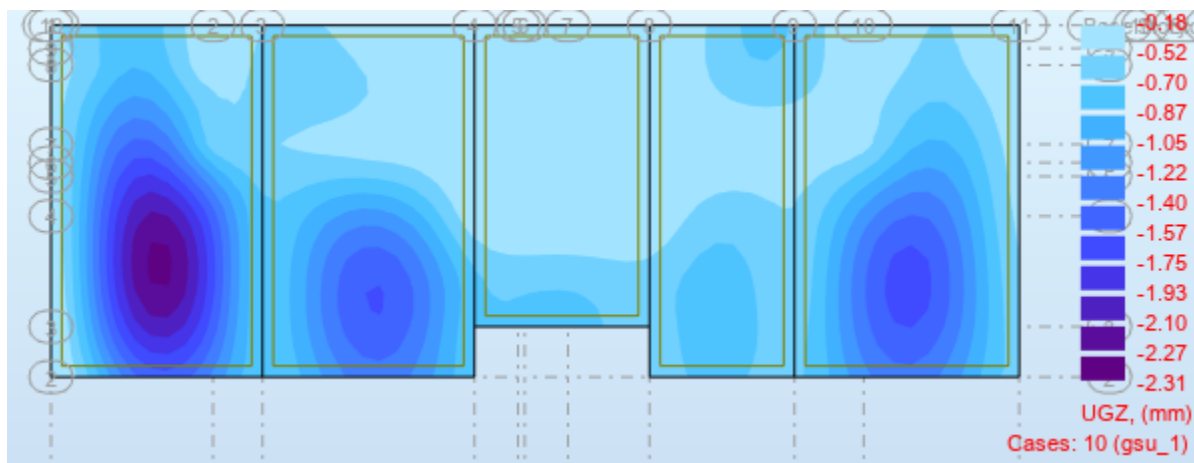
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 2,0 \text{ ‰ } \zeta = 0,938$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4178}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,03 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R-636 ($A_s = 6,36 \text{ cm}^2 / \text{m}'$)

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

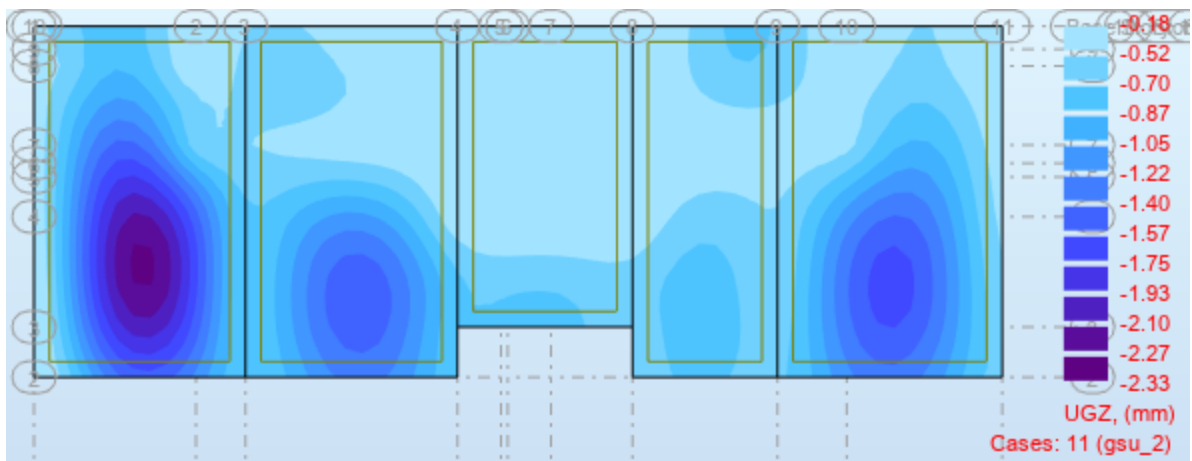
6.3.2. Kontrola progiba



Slika 64. Progi garžne ploče-pozicije 300 za kombinaciju GSU_1 (mm)

Najveći progib iznosa je 2,31 mm. Dozvoljen progib $L/1000 = 644/1000 = 6,44 \text{ mm}$.

Progib ploče zadovoljava.



Slika 65.. Progi garžne ploče-pozicije 300 za kombinaciju GSU_2 (mm)

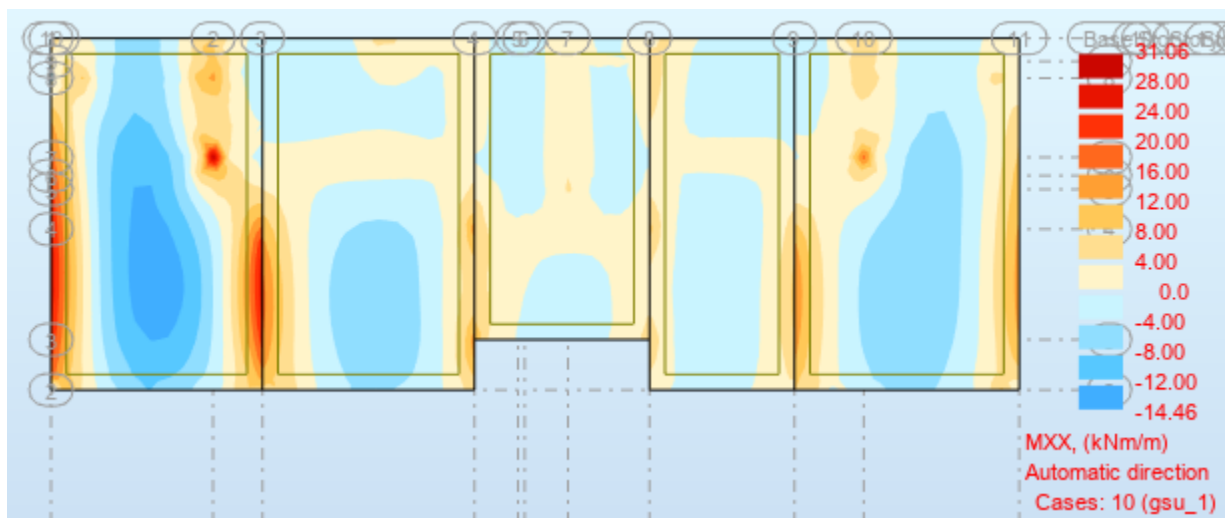
Najveći progib iznosa je 2,33 mm. Dozvoljen progib $L/1250=644/1250=5,15\text{mm}$.

Progib ploče zadovoljava.

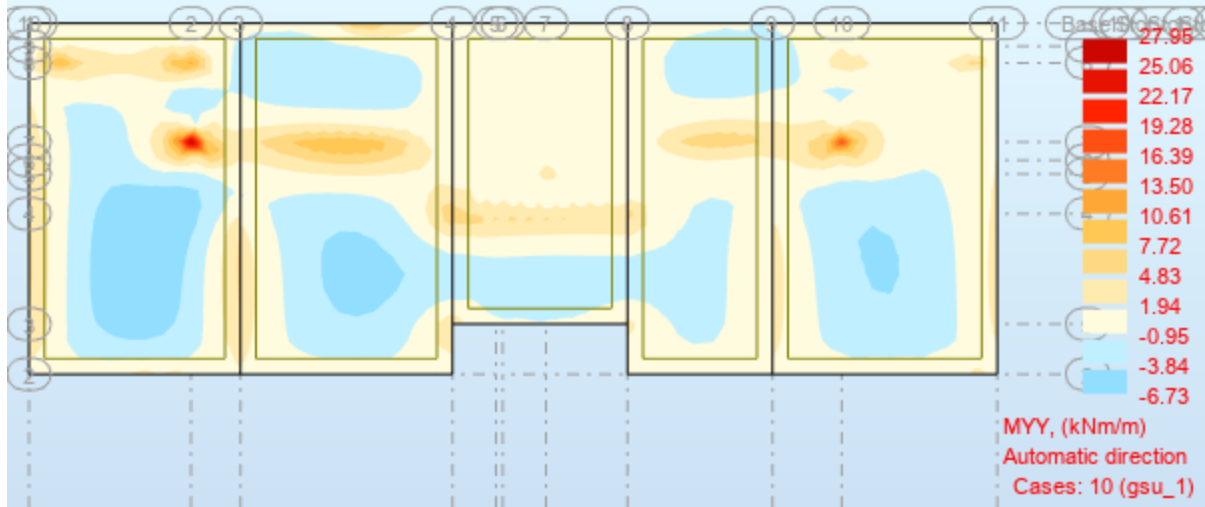
6.3.3. Kontrola pukotina

S obzirom da je ploča debljine 20 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 66.Dijagram momenata savijanja $M_{ed,x}(kNm/m)$ za GSU_1



Slika 67. Dijagram momenata savijanja $M_{ed,y}$ (kNm/m) za GSU_1

Mjerodavni moment za polje: $M=14,46$ kNm/m

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ određuje se prema izrazu :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - kt \frac{f_{ct,eff}}{\rho_p,eff} (1 + \alpha \varepsilon_{pp,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\chi = \frac{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$\chi = \frac{7,00 \cdot 2,83}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 2,83}} \right) = 2,40 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{(d - \chi) \cdot A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{1446}{\left(17,0 - \frac{2,40}{3}\right) \cdot 2,83} = 31,54 \text{ kN cm}^2 = 315,40 \text{ MPa}$$

Za C 25/30 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6$ MPa

$A_{s1} = Q-283 = 2,83$ cm² -armatura ploče donja zona

$E_{cm} = 30,0$ GPa = 30 000 MPa – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0$ GPa = 210 000 MPa – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17$ cm

$$\alpha e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

αe – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{2,83}{100 \cdot \left(\frac{17-2,4}{3}\right)} = 0,0058$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{315,40 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0058} (1 + 7,00 \cdot 0,0058)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{315,40}{210000}$$

$$0,000613 \geq 0,000901$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000901$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} [mm]$$

$\emptyset = 6,0$ mm (Q-283- $\emptyset 6/10$)

$c = 20$ mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{6,0}{0,0058} = 243,86 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

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

$$w_k = 243,86 \cdot 0,000901 = 0,22 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment za ležaj: $M=31,06 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 6,36}}\right) = 3,47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{3106}{\left(17,0 - \frac{3,47}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,82 \text{ kN cm}^2 = 308,24 \text{ MPa}$$

Za C 25/30 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = R-636 = 6,36 \text{ cm}^2$ -armatura ploče gornja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d=h-d_1=20-3=17\text{cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{17-3,47}{3}\right)} = 0,014$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{308,24 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,014} (1 + 7,00 \cdot 0,014)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{308,24}{210000}$$

$$0,00108 \geq 0,000881$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00108$$

Srednji razmak pukotina:

$\emptyset = 9 \text{ mm}$ (R-636- $\emptyset 9/10$)

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,014} = 177,29 \text{ mm}$$

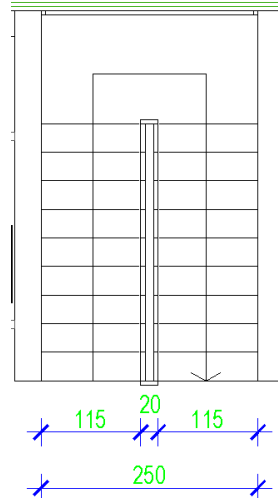
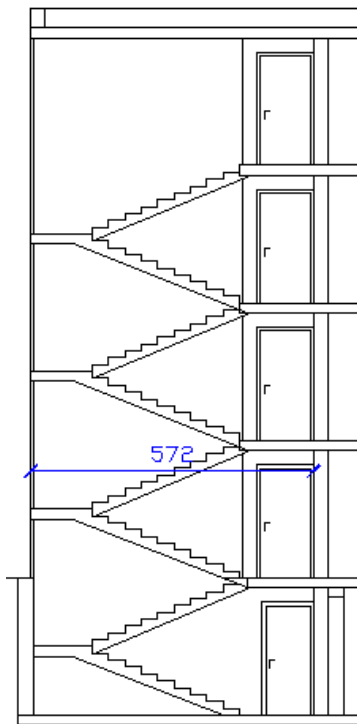
Karakteristična širina pukotina:

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

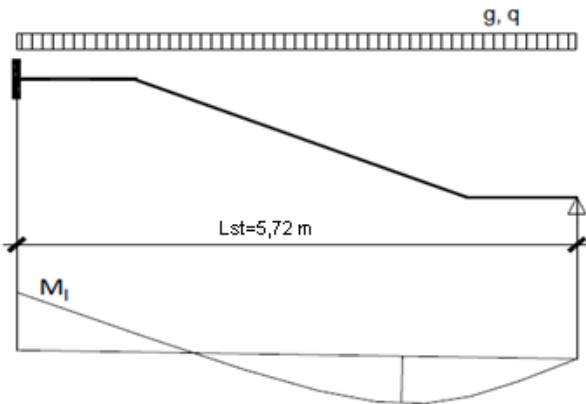
$$w_k = 177,29 \cdot 0,00108 = 0,19 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!

6.4. Proračun stubišta



Debljina ploče stubišnih krakova i međupodesta je $d=20\text{cm}$.



Stalno opterećenje:

$$g=0,20 \times 25 \times 1,15=5,75 \text{ kN/m}$$

Promjenjivo opterećenje:

$$q=3,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{g,\varphi} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{5,75 \cdot 5,72^2}{14} = 13,44 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,\varphi} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{3,0 \cdot 5,72^2}{14} = 7,01 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,\varphi} = \gamma_g \cdot M_{g,\varphi} + \gamma_q \cdot M_{q,\varphi}$$

$$M_{Ed,\varphi} = 1,35 \cdot 13,44 + 1,50 \cdot 7,01 = 28,66 \text{ kNm/m}$$

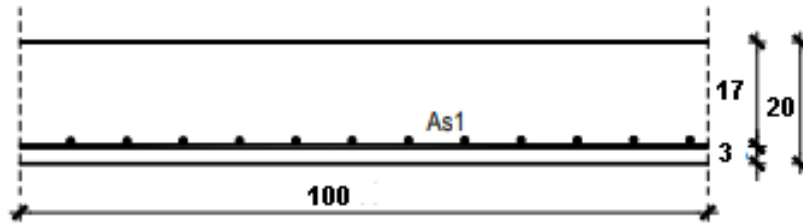
$$M_{g,l} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{5,75 \cdot 5,72^2}{8} = 23,52 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,l} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{3,0 \cdot 5,72^2}{8} = 12,27 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,l} = \gamma_g \cdot M_{g,\varphi} + \gamma_q \cdot M_{q,\varphi}$$

$$M_{Ed,l} = 1,35 \cdot 23,52 + 1,50 \cdot 12,27 = 50,16 \text{ kNm/m}$$

- Proračun u polju



$$M_{Ed} = 28,66 \text{ kNm/m}$$

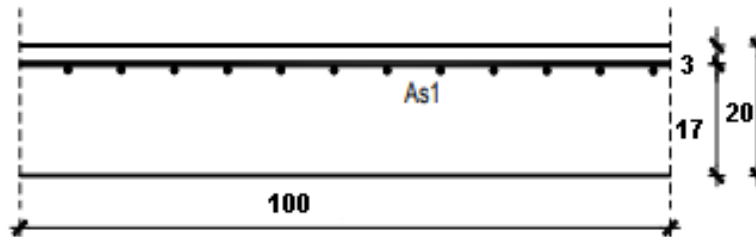
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2866}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.059$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.6\% \quad \zeta = 0.950$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2866}{0.950 \cdot 17 \cdot 43.48} = 4.08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ($A_s = 5.03 \text{ cm}^2 / \text{m}'$)

- Proračun na ležaju



$$M_{Ed} = 50,16 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{50,16}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.104$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2,3\% \quad \zeta = 0.928$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5016}{0.928 \cdot 17 \cdot 43.48} = 7,31 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R – 785 ($A_s = 7,85 \text{ cm}^2 / \text{m}'$)

7. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

7.1. Proračun stupova

Proračun AB stupova proveden je tako da se za pretpostavljenu armaturu i beton izradi dijagram granične nosivosti stupa.

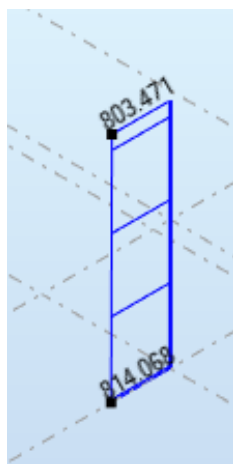
Stupovi su predviđeni kao klasično armirano betonski elementi, kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 40x40 cm. Visina stupova mjereno od osi iznosi 2,70 m. Za sve stupove predviđen je beton C 40/50 te armatura B500B. Zaštitni sloj betona do armature iznosi 2,5 cm.

Mjerodavne rezne sile na stupovima očitane su iz numeričkog modela te je dimenzioniranje stupa izvršeno za najkritičniji presjek.

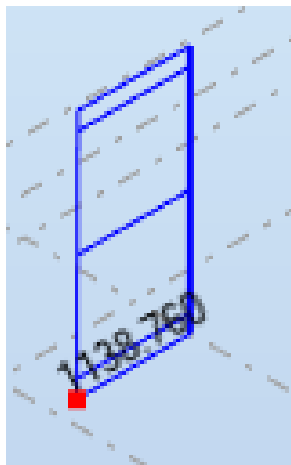
7.1.1. Prikaz reznih sila stupova



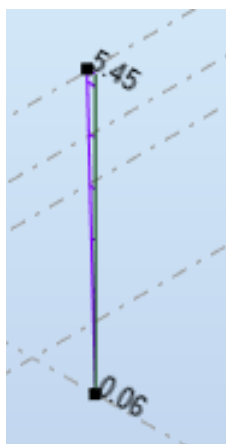
Slika 68. Maximalni moment savijanja M_z za proračun stupa, GSN_Sx



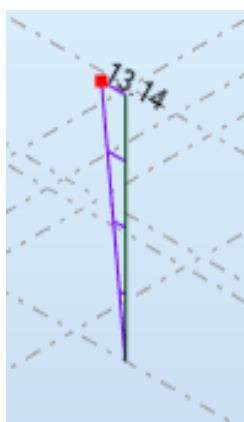
Slika 69. Pripadna uzdužna sila N za proračun stupa ,GSN_Sx



Slika 70. Maximalna uzduzna sila N za proračun stupa, GSN_Sx



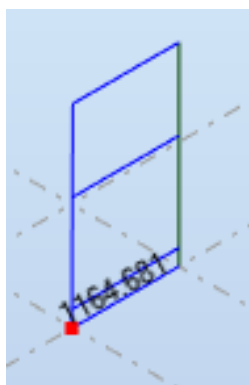
Slika 71. Pripadni moment savijanja M_z za proračun stupa, GSN_Sx



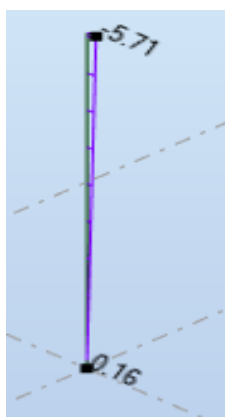
Slika 72. Maximalni moment savijanja M_z za proračun stupa, GSN_Sy



Slika 73. Pripadna uzduzna sila N za proračun stupa ,GSN_Sy



Slika 74. Maximalna uzduzna sila N za proračun stupa, GSN_Sy



Slika 75. Pripadni moment savijanja M_z za proračun stupa, GSN_Sy

7.1.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

Računalni moment M_{Ed} se korigira sa faktorom ψ - korekcijski factor za uvećanje momenta zbog vitkosti stupa ;te imamo N_e - eluervu kritičnu silu; γ - koeficijent sigurnosti za beton; E_φ - dugotrajni modul elastičnosti; l_o - duljina izvijanja.

1) Maximalni moment savijanja i pripadna uzdužna sila GSN_Sx

$$M_{Ed}^I = 11,89 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 803,471 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 1000 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 803,471}{4977,41}} = 1,319 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,319 \cdot 11,89 = 15,68 \text{ kNm}$$

2) Maximalna uzdužna sila i pripadni moment savijanja GSN_Sx

$$M_{Ed}^I = 5,45 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 1138,76 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 1000 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1138,76}{4977,41}} = 1,522 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,522 \cdot 5,45 = 8,29 \text{ kNm}$$

1) Maximalni moment savijanja i pripadna uzdužna sila GSN_Sy

$$M_{Ed}^I = 13,14 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 231,456 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 231,456}{4977,41}} = 1,075 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,075 \cdot 13,14 = 14,13 \text{ kNm}$$

2) Maximalna uzdužna sila i pripadni moment savijanja GSN_Sy

$$M_{Ed}^I = 5,71 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 1164,681 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

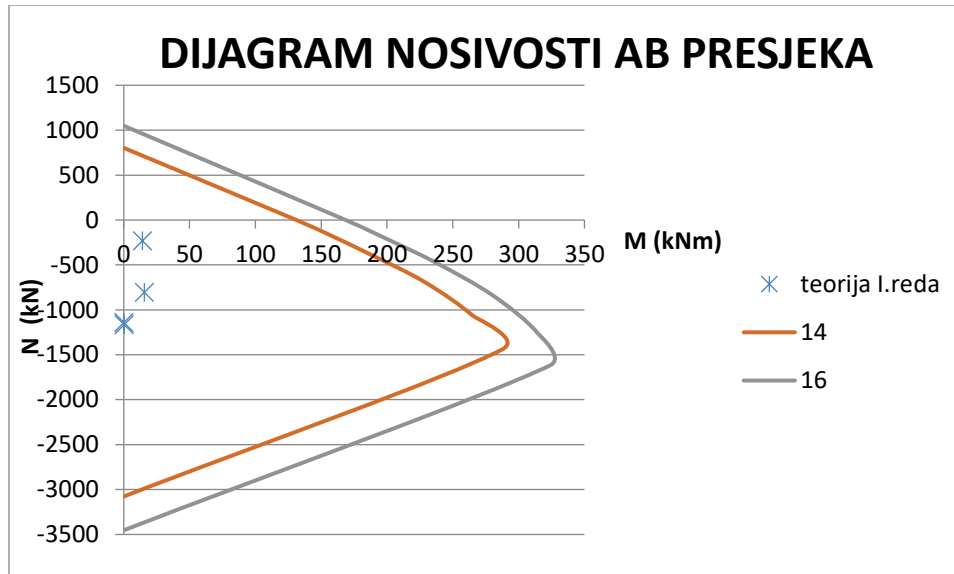
$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1164,681}{4977,41}} = 1,541 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

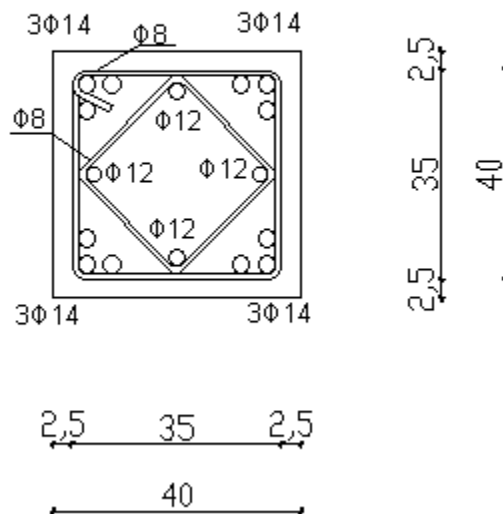
$$M_{Ed}^{II} = 1,541 \cdot 5,71 = 8,80 \text{ kNm}$$



Slika 76. Dijagram nosivosti AB presjeka

Urtavanjem vrijednosti maksimalnog momenta savijanja i pripadajuće uzdužne sile, te maksimalne uzdužne sile i pripadajućeg momenta savijanja u dijagram granične nosivosti stupa, ustanovljeno je da su sve vrijednosti manje od dopuštenog naprezanja poprečnog presjeka te da se nalaze unutar krivulje nosivosti za stup dimenzija 40/40 cm, armiran s a 12Ø14 i vilicama Ø8/10.

Presjek 1-1 M 1:25



Slika 77. Poprečni presjek stupa sa ucrtanom armaturom

7.1.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu

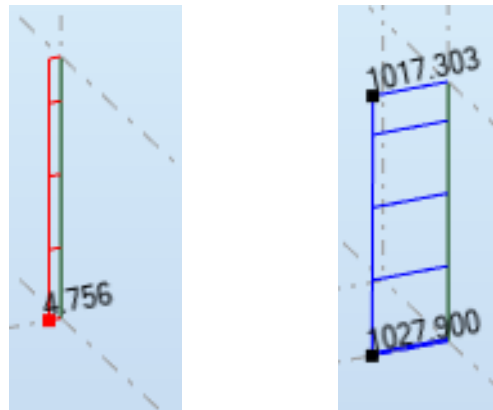
Beton: C 40/50

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40/1,5 = 26,67 \text{ MPa} \quad f_{cd} = 2,67 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura: B 500B

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,8 \text{ MPa} \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b = 40,0 \text{ cm} \quad h = 40,0 \text{ cm} \quad d = 35,0 \text{ cm}$$



Slika78. Maximalna poprečna i uzdužna sila stupa

$$V_{Ed} = 4,756 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 1027,90 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1,89 < 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12\emptyset 14}{40 \cdot 40} = \frac{18,47}{1600} = 0,0115$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{1027,90}{1600} = 0,642 \text{ kN/cm}^2$$

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,89 \cdot (100 \cdot 0,0115 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,642 \right] \cdot 400 \cdot 350 = 127250,94 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 127,25 \text{ kN} > V_{Ed} = 4,756 \text{ kN}$$

Nije potreban proračun poprečne armature : - usvojene su vilice Ø8/10

7.1.4. Kontrola naprezanja AB stupa

Beton: C 40/50

Maksimalna uzdužna sila: $N_{Ed} = 1027,90 \text{ kN}$

Granično stanje naprezanja: $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}$

$$0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 40 = 1,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Naprezanje u betonu: } \sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{1027,90}{40 \cdot 40} = 0,67 \text{ kN/cm}^2 < 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

Kontrola naprezanja zadovoljava!

7.2. Proračun zidova

Dimenzioniran je prema HRN EN 1998-1:2011; – 5. poglavlje: Posebna pravila za betonske zgrade. Proračun je proveden za dva karakteristična zida, jedan u smjeru X, a drugi u smjeru Y. Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 20 cm od betona C25/30, armirani sa B500B te debljinom zaštitnog sloja iznosa 2,5 cm, upotrebljen je razred umjerene duktilnosti (DCM).

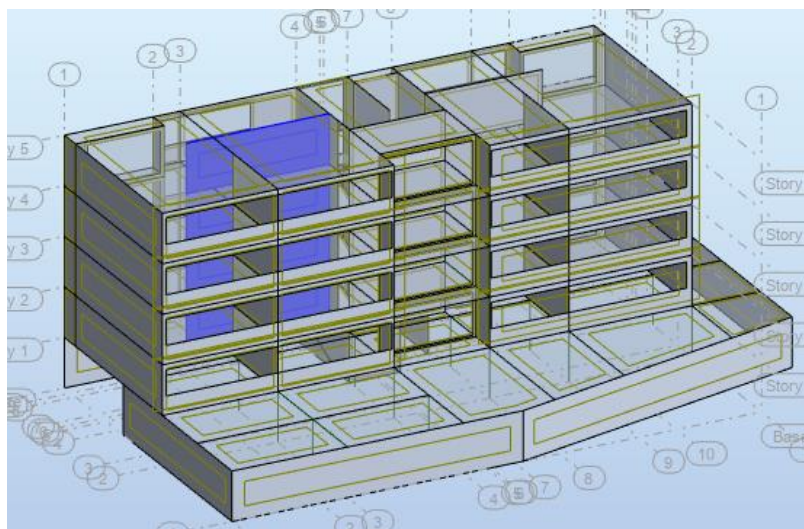
Klasa duktilnosti	DCL	DCM	DCH
Klasa betona	Bez ograničenja	$\geq C16/20$	$\geq C16/20$
Klasa čelika prema HRN EN 1992-1-1	B ili C	B ili C	C
Glavna armatura	-	rebrasta	rebrasta
Čvrstoća čelika	Bez ograničenja	Bez ograničenja	$f_{ck,0.95} \leq 1.25f_{yk}$

Tablica 12. Karakteristike materijala za potresne elemente prema klasama duktilnosti (EN 1992-1-1:2004)

Proračun je proveden za uobičajene i seizmičke kombinacije na način da su za odabrane zidove iz modela očitane maksimalne rezne sile M, N i V.

Za proračun zida koristili smo opciju Core Walls – jezgreni zid sa kojom smo dobili moment cijelog zida, te proračunom dobili armature zida.

7.2.1. Proračun zidova u x- smjeru

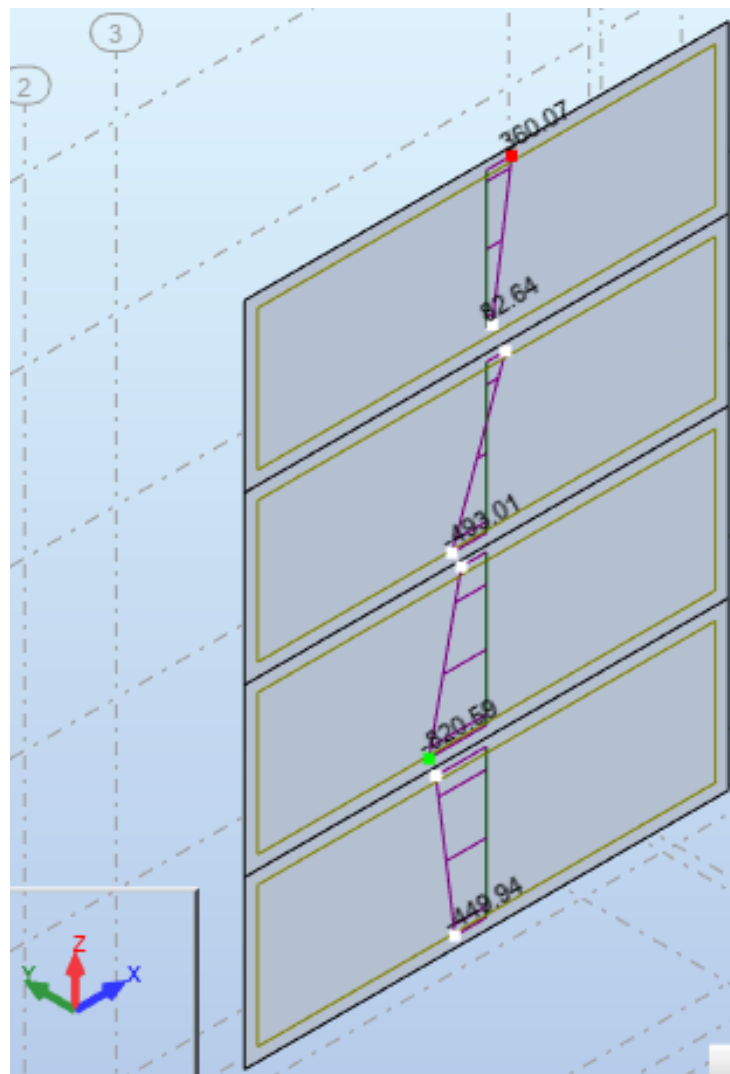


Slika 79. Položaj proračunatog zida u x-smjeru (3D model)

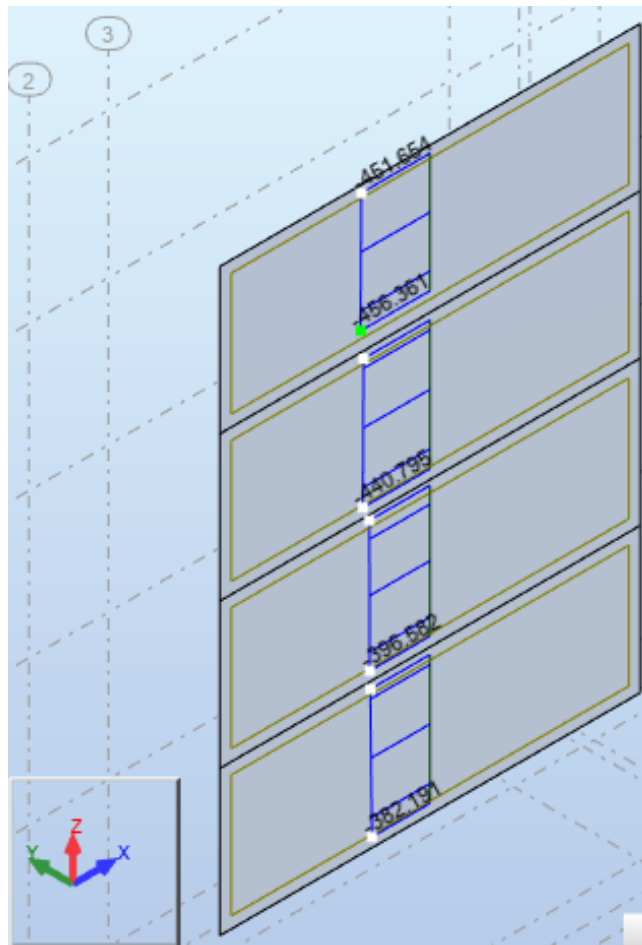
Rezultati proračuna karakterističnog zida

Glavni nosivi sustav objekta za prijenos horizontalnih opterećenja (vjetar i potres) tvore stupovi i zidovi. Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju seizmičku kombinaciju u smjeru zida. Rezultati reznih sila za zida prikazani su u nastavku.

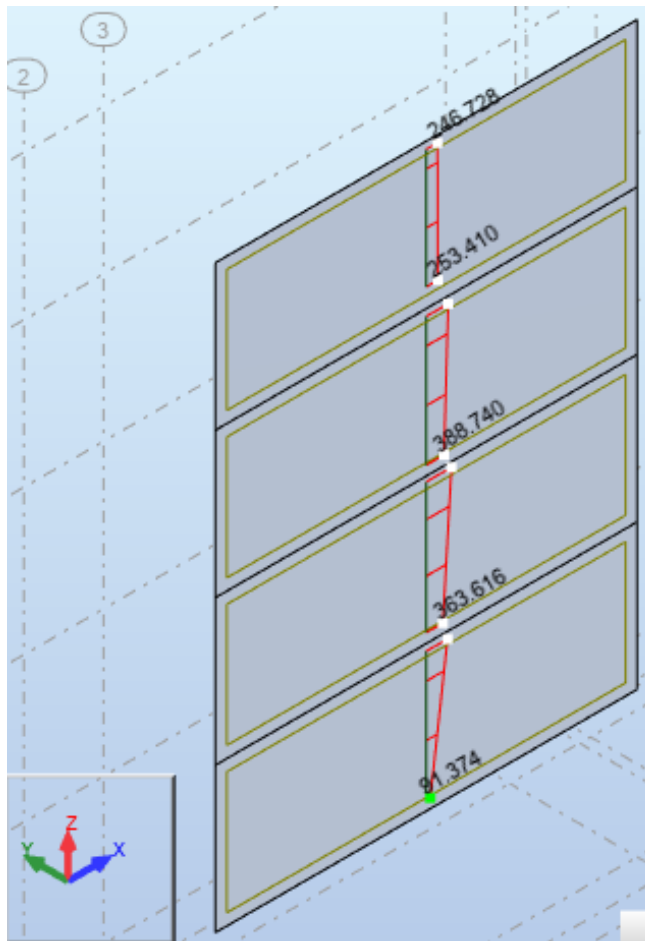
G_{sn_Sx}



Slika80. .Moment savijanja M_y



Slika 81. Uzduzna sila F_x



Slika 82. Poprecna sila F_z

BETON:

C25/30

$f_{ck}=25.0$ Mpa

$f_{cd}=25.0/1.5=16.67$ Mpa

$f_{cd}=1.67$ kN/cm²

ARMATURA:

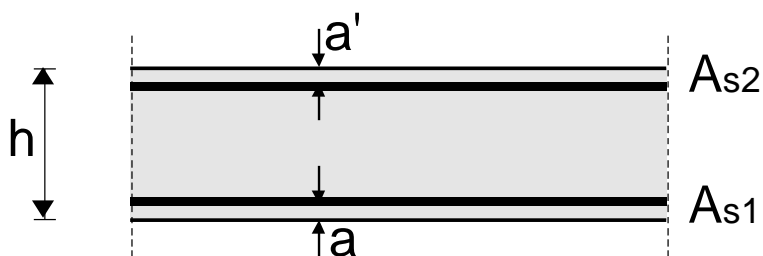
B500B

$f_{yk}=500.0$ Mpa

$f_{yd}=500.0/1.15=434.78$ Mpa

$f_{yd}=43.48$ kN/cm²

Poprečni presjek zida:



$$h=30,0 \text{ cm}$$

$$a=a'=3,0 \text{ cm}$$

Karakteristike proračunatog zida	
h_s-visina etaže	270 cm
b_w-debljina zida	30 cm
l_w-duljina zida	779 cm
h_w-visina zida	1350 cm
n-broj etaža	5
d₁-zaštiti sloj	3 cm
d= h_s- d₁	267 cm
Duktilnost	DCM-srednja duktilnost

PRORAČUN ZIDA NA SAVIJANJE I UZDUŽNU SILU

Dužina rubnog serklaža:

$$l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{116,85 \text{ cm} ; 45\text{cm}\} \rightarrow l_{c0} = 45 \text{ cm}$$

Vitkost zida: $H_w/l_w = (5 \cdot 270)/779 = 1.73 < 2 \rightarrow$ zid nije vitak

Visina kritične zone: $h_{cr} = \max\{l_w; h_w/6\} = \max\{779\text{cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 779\text{cm}$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{116,85 \text{ cm} ; 45\text{cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 820,59 + 456,36 \cdot \left(2,67 - \frac{2.70}{2}\right) = 1422,99\text{kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed,lim} = 0.159 \cdot 30 \cdot 267^2 \cdot 1.67 = 567881,05 \text{ kNcm} = 5678,81 \text{ kNm}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1422,99 \cdot 100}{30 \cdot 267^2 \cdot 1.67} = 0.040$$

Iz tablice očitano za $\mu_{Ed}=0.040$: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$; $\varepsilon_{c2}=1.2 \text{ ‰}$; $\zeta=0.962$; $\xi=0.107$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1422,99 \cdot 100}{0.962 \cdot 267 \cdot 43.48} - \frac{456,36}{43.48} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 267 = 12,02 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: **8Ø16** ($A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$)

PRORAČUN ZIDA NA POPREČNU SILU

Minimalna potrebna poprečna armatura: $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 6,76 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ($A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$, obostrano)

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54$$

$\alpha_{cw} = 1.0 \rightarrow$ za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0 \rightarrow$ nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 779 = 623,20 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 623,20 \cdot 0.54 \cdot 1.67}{1 + 1} = 12645,04 \text{ kN} > 388,74 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{1422,99}{388,74 \cdot 7,79} = 0.47$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{388,74}{45 \cdot (0.8 \cdot 779) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.000319$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.000319; 0.25 \cdot \rho_v = 0.000079)$$

$$\rho_{h,min} > 0.000319$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 2.88 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

DETALJIRANJE LOKALNE DUKTILNOSTI

Gdje je:

b_0 – širina ovijene jezgre rubnog elementa (do osi spona)

b_c – bruto širina ovijene jezgre

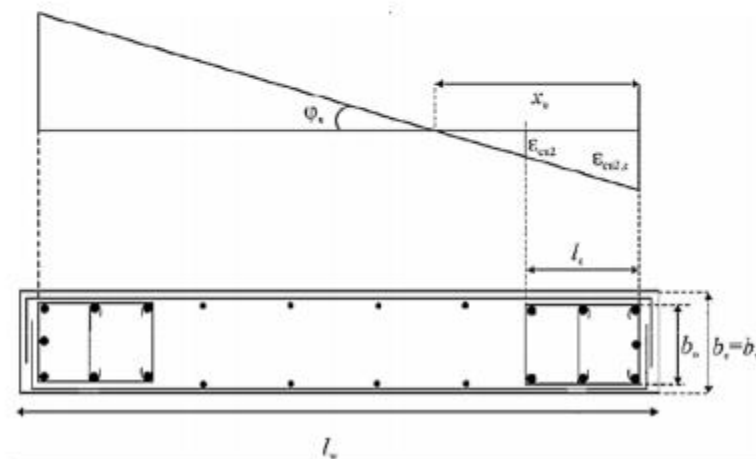
x_u – visina neutralne osi

ε_{cu2} – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$ – granična deformacija ovijenog betona

α – faktor učinkovitosti ovijanja

ω_{vd} – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 83. Shema potresne armature

Pretpostavljena širina zaštitnog sloja 1,5 cmi vilice $\Phi 10$

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (1,5 + 0,5) = 26 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

Omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida:

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0,00385$$

Mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom:

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,1$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$T_1=0.14; T_c=0.4; q_0=3,6$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \leftrightarrow \text{ako je } T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot \frac{0,4}{0,14} = 6,2$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 6,2 \cdot (0.160 + 0.1) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{26} - 0.035 = 0.063$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0.01 \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0098$$

$$x_u = (0.160 + 0.1) \cdot \frac{779 \cdot 30}{26} = 233,70 \text{ cm}$$

$$h_0 = 233,70 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0098}\right) = 161,32 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$\rightarrow \{116,85 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 161,32 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 161,32 \text{ cm}$$

Odabrana armatura: **8Ø16** ($A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$)

→ odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$b_c = 30 \text{ cm}; h_0 = 161,32 \text{ cm}$$

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 24,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 193,58 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

IZRAČUN OVOJNE ARMATURE U RUBNOM ELEMENTU

Odabrana armatura: : **8Ø16, Q – 385**

Najmanji promjer spona: 10 mm

Razmak spona: $S_w = 10 \text{ cm}$

$H_{kr} = 270 \text{ cm}$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.063$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 0.716$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = 0.764$$

$$\alpha = 0.716 \cdot 0.764 = 0.547$$

$$0.547 \cdot \omega_{wd} = 0.063 \rightarrow \omega_{wd} = 0.115 > 0.08$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

Duljina spona:

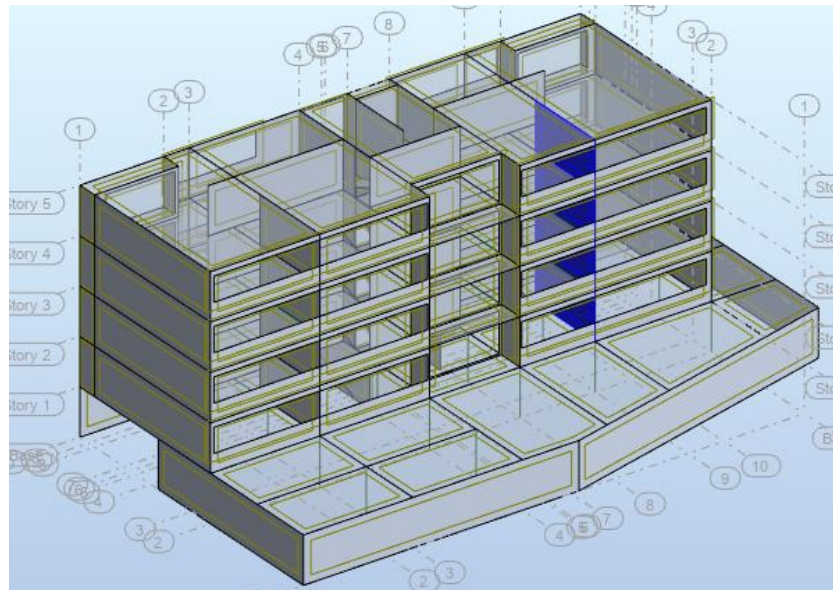
$$\text{Vanjskih } L_v = 4 \cdot 26 + 4 \cdot 55 = 324 \text{ cm}$$

$$\text{Unutarnjih } L_u = 2 \cdot 26 + 2 \cdot 55 = 162 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0.785 \cdot (324 + 162) \cdot \frac{100}{10} \cdot 43.48}{26 \cdot 161,32 \cdot 100 \cdot 1.67} = 0.237 > 0.115$$

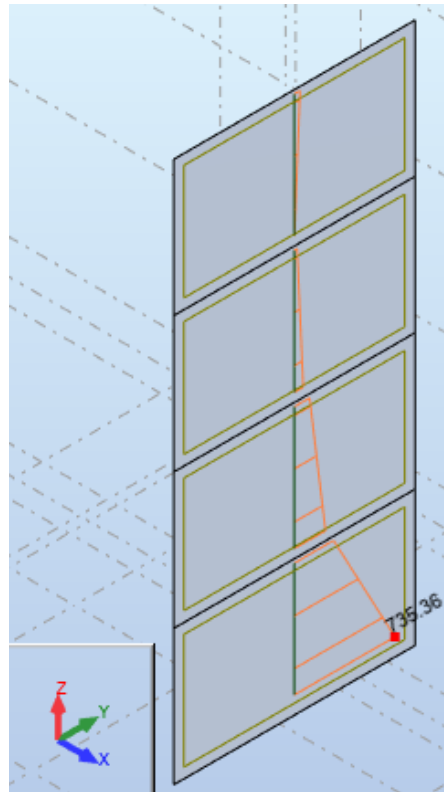
→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

7.2.2. Proračun zidova u y- smjeru

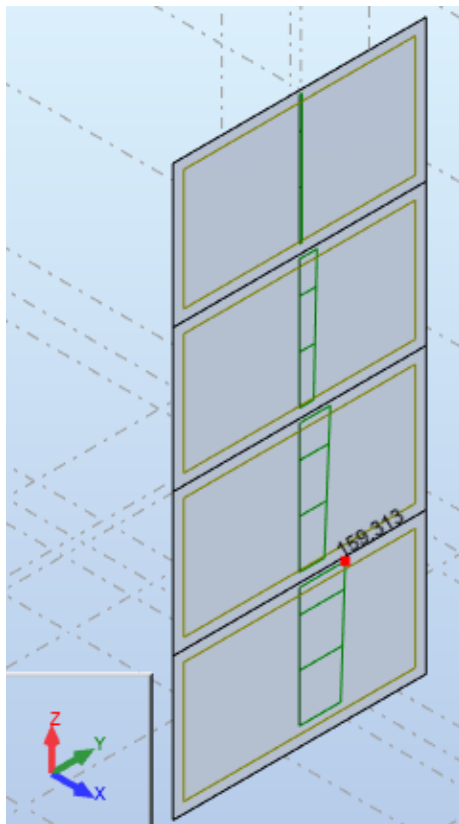


Slika 84. Položaj proračunatog zida u y-smjeru (3D model)

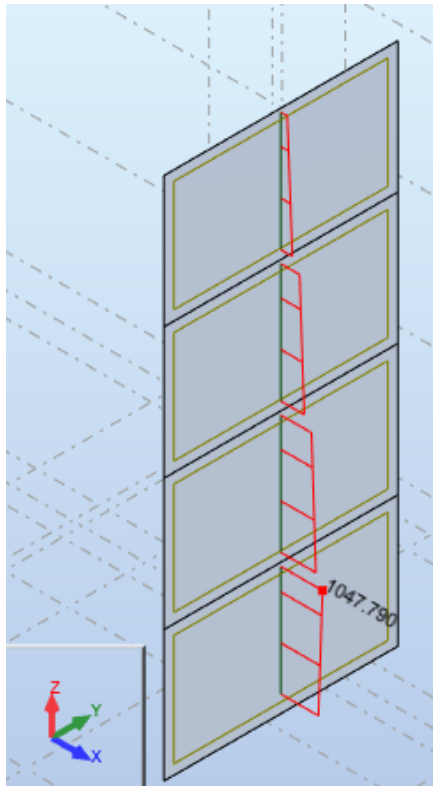
Gsn_Sy



Slika 85. Moment savijanja M_y



Slika 86. Uzdužna sila F_y



Slika 87. Poprečna sila F_z

BETON:

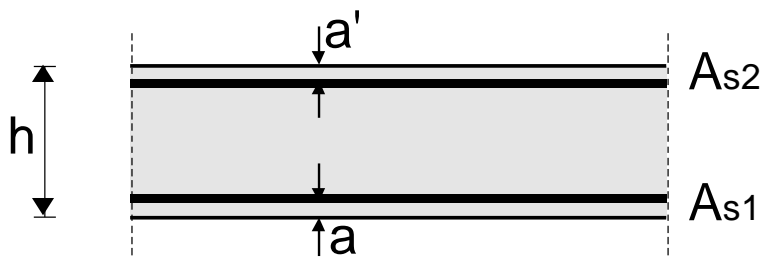
C25/30

 $f_{ck}=25.0$ Mpa $f_{cd}=25.0/1.5=16.67$ Mpa $f_{cd}=1.67$ kN/cm²**ARMATURA:**

B500B

 $f_{yk}=500.0$ Mpa $f_{yd}=500.0/1.15=434.78$ Mpa $f_{yd}=43.48$ kN/cm²

Poprečni presjek zida:

 $h=30,0$ cm $a=a'=3,0$ cm

Karakteristike proračunatog zida	
h_s -visina etaže	270 cm
b_w -debljina zida	30 cm
l_w -duljina zida	471cm
h_w -visina zida	1350 cm
n-broj etaža	5
d_1 -zaštiti sloj	3 cm
$d= h_s- d_1$	267 cm
Duktilnost	DCM-srednja duktilnost

PRORAČUN ZIDA NA SAVIJANJE I UZDUŽNU SILU

Dužina rubnog serklaža:

$$l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{70,65 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\} \rightarrow l_{c0} = 45 \text{ cm}$$

Vitkost zida: $H_w/l_w = (5 \cdot 270)/471 = 2,87 < 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone: $h_{cr} = \max\left\{l_w; \frac{h_w}{6}\right\} = \max\{471 \text{ cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 471 \text{ cm}$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{70,65 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 735,36 + 159,31 \cdot \left(2,67 - \frac{2,70}{2}\right) = 945,65 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed,lim} = 0.159 \cdot 30 \cdot 267^2 \cdot 1.67 = 567881,05 \text{ kNcm} = 5678,81 \text{ kNm}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{945,65 \cdot 100}{30 \cdot 267^2 \cdot 1.67} = 0.026$$

Iz tablice očitano za $\mu_{Ed}=0.020$: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$; $\varepsilon_{c2}=1,0 \text{ ‰}$; $\zeta=0.968$; $\xi=0.091$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{945,65 \cdot 100}{0.968 \cdot 267 \cdot 43.48} - \frac{159,31}{43.48} = 3,75 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 267 = 12,02 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: 8Ø16 ($A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$)

PRORAČUN ZIDA NA POPREČNU SILU

Minimalna potrebna poprečna armatura: $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 6,76 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ($A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$, obostrano)

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54$$

$\alpha_{cw} = 1.0 \rightarrow$ za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0 \rightarrow$ nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 471 = 376,80 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 376,80 \cdot 0.54 \cdot 1.67}{1 + 1} = 7645,46 \text{ kN} > 1047,79 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{945,65}{1047,79 \cdot 4,71} = 0.19$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{1047,79}{45 \cdot (0.8 \cdot 471) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.00142$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.00142; 0.25 \cdot \rho_v = 0.000355)$$

$$\rho_{h,min} > 0.00142$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 6,39 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

DETALJIRANJE LOKALNE DUKTILNOSTI

Gdje je:

b_0 – širina ovijene jezgre rubnog elementa (do osi spona)

b_c – bruto širina ovijene jezgre

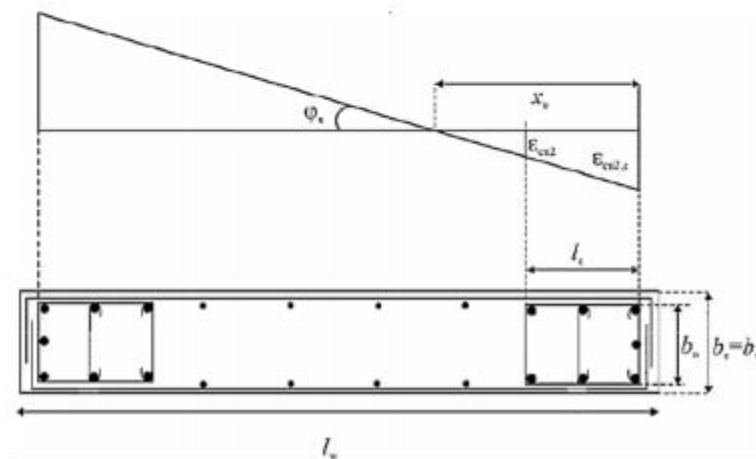
x_u – visina neutralne osi

ε_{cu2} – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$ – granična deformacija ovijenog betona

α – faktor učinkovitosti ovijanja

ω_{vd} – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 88. Shema potresne armature

Pretpostavljena širina zaštitnog sloja 1,5 cmi vilice $\Phi 10$

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (1,5 + 0,5) = 26 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

Omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida:

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0,00163$$

Mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom:

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,1$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$T_1=0.14; T_c=0.4; q_0=3,6$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \leftrightarrow \text{ako je } T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot \frac{0,4}{0,14} = 6,2$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 6,2 \cdot (0,012 + 0.1) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{26} - 0.035 = 0.054$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0.01 \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0040$$

$$x_u = (0.12 + 0.1) \cdot \frac{471 \cdot 30}{26} = 119,56 \text{ cm}$$

$$h_0 = 119,56 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0040}\right) = 14,95 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\} \rightarrow \{70,65 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 14,95 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 70,65 \text{ cm}$$

$$l_{usv} = 90,0 \text{ cm}$$

Odabrana armatura: **8Ø16** ($A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$)

→ odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 2,24 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 18,94 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

IZRAČUN OVOJNE ARMATURE U RUBNOM ELEMENTU

Odabrana armatura: : **8Ø16, Q – 385**

Najmanji promjer spona: 10 mm

Razmak spona: $S_w = 10 \text{ cm}$

$H_{kr} = 270 \text{ cm}$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.054$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 0.349$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = 0.555$$

$$\alpha = 0,349 \cdot 0,555 = 0,193$$

$$0,193 \cdot \omega_{wd} = 0.019 \rightarrow \omega_{wd} = 0.098 > 0.08$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

Duljina spona:

$$\text{Vanjskih } L_v = 4 \cdot 26 + 4 \cdot 29 = 220 \text{ cm}$$

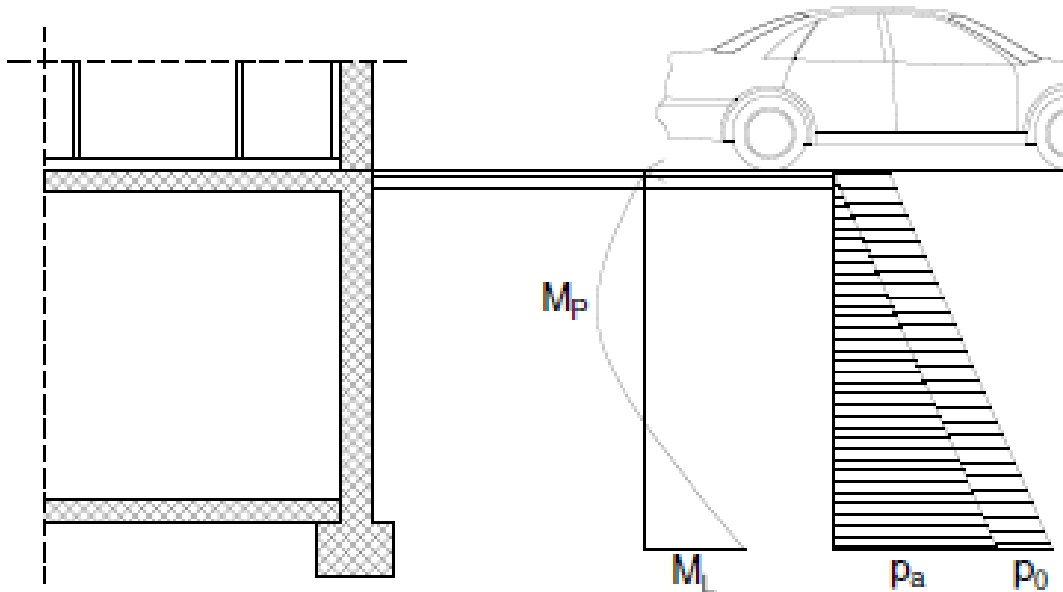
$$\text{Unutarnjih } L_u = 2 \cdot 26 + 2 \cdot 29 = 110 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0.785 \cdot (220 + 110) \cdot \frac{100}{10} \cdot 43.48}{26 \cdot 90,0 \cdot 100 \cdot 1.67} = 0.288 > 0.098$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

8. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE

Obodni zidovi garaže opterećeni su dodatno i aktivnim tlakom tla. Uz svoju nosivu ulogu u konstrukciji imaju i ulogu potpornog zida koji omeđuje 3 strane građevine na podzemnoj etaži. Dodatni tlak vode se ne uzima u obzir budući da je nivo podzemne vode niži od kote temeljenja.



Slika 89. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže

Horizontalni bočni tlak uslijed opterećenja tlom računamo kao : $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0$

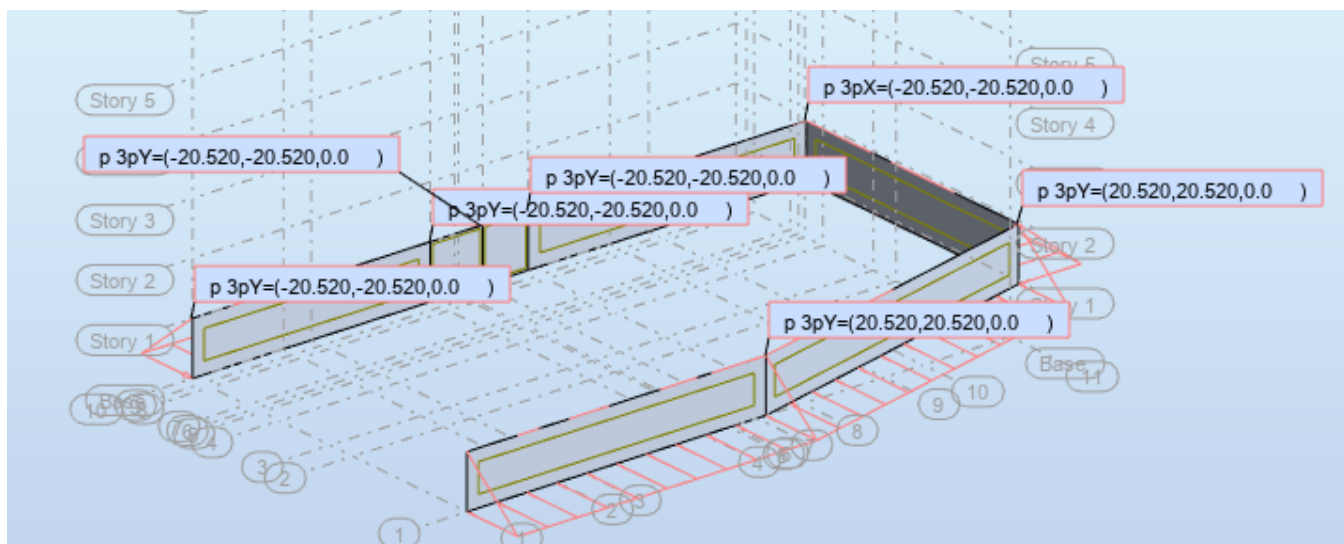
$K_0 = 0,4$ – koeficijent tlaka mirovanja

$\sigma_v = \gamma_{tla} \cdot H$ – vertikalno naprezanje u tlu

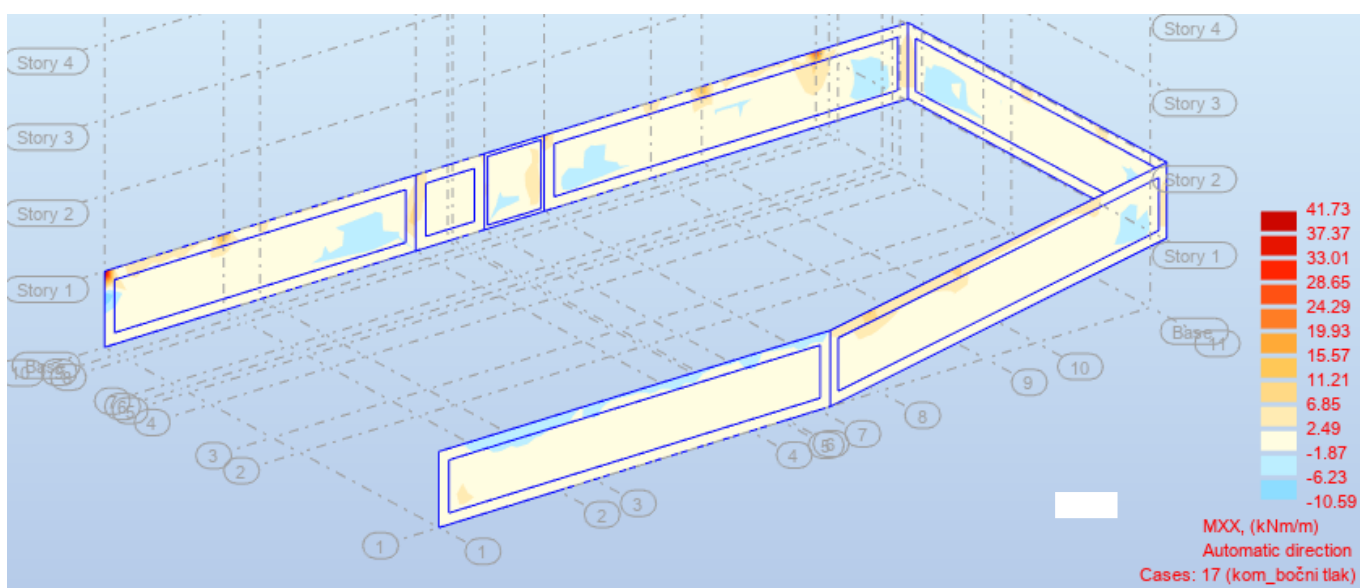
$\gamma_{tla} = 19 \frac{kN}{m^3}$ – jedinična težina tla za slojeve lapora slične vapnencu

$H = 2,7 m$ – visina zida ispod tla

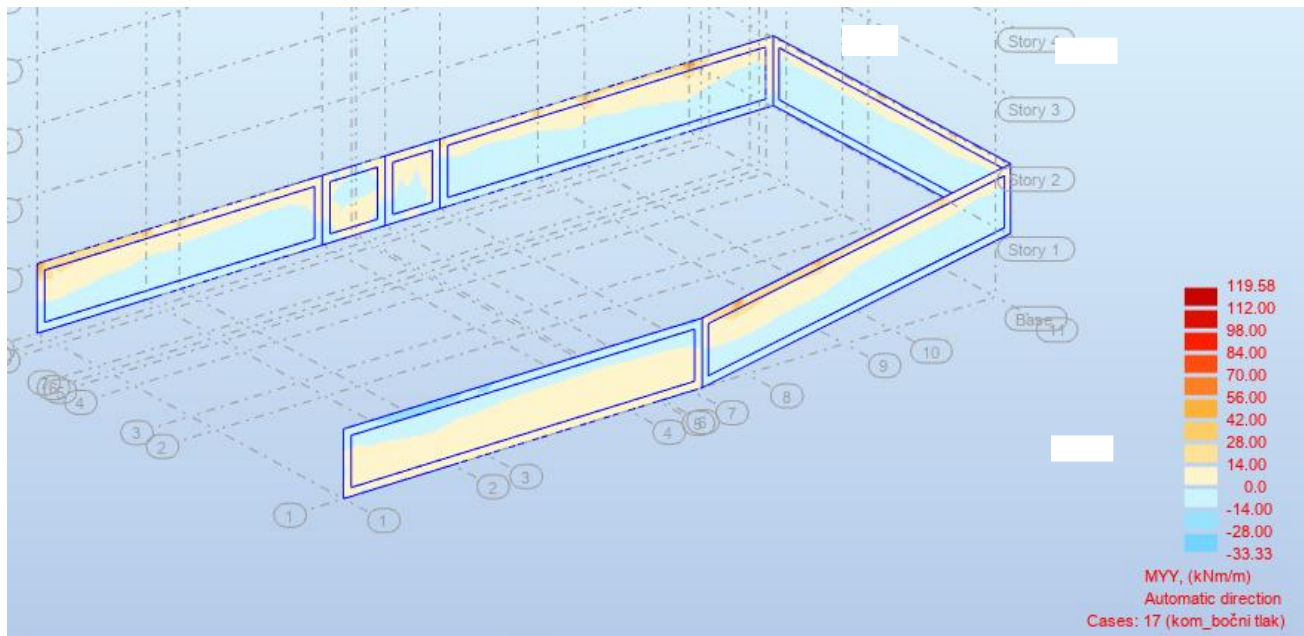
$$p_a = 19 \cdot 2,7 \cdot 0,4 = 20,52 \frac{kN}{m^2}$$



Slika 90. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže u modelu



Slika 91. Prikaz M_x



Slika 92. Prikaz M_y

BETON:

C25/30

$f_{ck}=25,0$ Mpa

$f_{cd}=25,0/1,5=16,67$ Mpa

$f_{cd}=1,67$ kN/cm²

ARMATURA:

B500B

$f_{yk}=500,0$ Mpa

$f_{yd}=500,0/1,15=434,78$ Mpa

$f_{yd}=43,48$ kN/cm²

Proračun armature za unutarnju stranu zida:

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 27 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 1,67 = 193,57 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 27 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 2,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 54 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 119,58 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11958}{100 \cdot 27^2 \cdot 1,67} = 0,098$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,2\text{‰} \quad \zeta = 0,931$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{11958}{0,931 \cdot 27 \cdot 43,48} = 7,34 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ($A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

Proračun armature za vanjsku stranu zida:

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 27 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 1,67 = 193,57 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 27 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 2,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 54 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 33,33 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3333}{100 \cdot 27^2 \cdot 1,67} = 0,027$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,0\text{‰} \quad \zeta = 0,968$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3333}{0,968 \cdot 27 \cdot 43,48} = 2,93 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ($A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

9. PRORAČUN AB TEMELJA

9.1. Proračun AB temeljne trake

Proračun i dimenzioniranje temeljne trake predmetne građevine napravljen je na temelju uobičajenih i izvanrednih kombinacija.

Uobičajene kombinacije predstavljaju kombinaciju stalnog i korisnog opterećenja. Izvanredne kombinacije činu stalno i korisno opterećenje zajedno sa djelovanjem potresa. U izvanrednim kombinacijama, u obzir su uzeti korekcijski faktori ovisno o smjeru djelovanju potresa.

Rezultati za temeljnu traku prikazani su kao resultantna reakcija u ležajevima ispod pripadnog nosivog zida..

Kombinacije opterećenja (izvanredna kombinacija):

1. kombinacija opterećenja: $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$

2. kombinacija opterećenja: $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$

Za kombinacije opterećenja dobije se maksimalna uzdužna sila i pripadni moment savijanja.

N _{max} (kN)	M _{prip} (kNm)		M _{max} (kNm)	N _{prip} (kN)
574,32	10,6	1.kombinacija	24,77	360,764
615,476	18,58	2.kombinacija	35,38	305,444

Odabrane mjerodavne sile na spoju:

- 1.-2. kombinacija: $N_{max} = 615,476 \text{ kN}$
 $M_{pripadno} = 18,58 \text{ kNm}$
 $M_{max} = 35,38 \text{ kN}$
 $N_{pripadno} = 305,444 \text{ kNm}$

Temelj je centrično opterećen zbog čega odabiremo kvadratni poprečni presjek.

Dopuštena naprezanja u tlu (ovise o vrsti tla): $\sigma_{dop} = 0,5 \text{ MN/m}^2$

Duljina zida $L=12,0\text{m}$

Visina temelja: $h=1,5 \cdot d_{zida} = 1,5 \cdot 0,30=0,45\text{m}$

Usvojena visina temelja: $h=0,50\text{m}$

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = B \cdot 12,0 \cdot 0,50 \cdot 25 = B \cdot 150,0$$

Određivanje širine temelja:

$$Vd = 615,476 + B \cdot 150,0$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = B \cdot 12,0$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{B \cdot 12,0^2}{6}$$

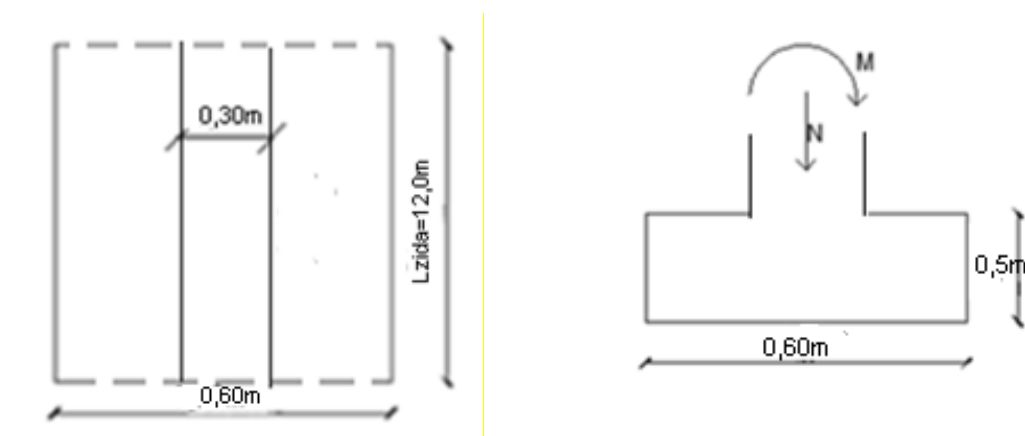
$$\sigma_1 = \frac{615,476 + B \cdot 150,0}{B \cdot 12,0} + \frac{18,58}{\frac{B \cdot 12,0^2}{6}} < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$B > 0,11\text{m}$$

$$\sigma_2 = \frac{615,476 + B \cdot 150,0}{B \cdot 12,0} - \frac{18,58}{\frac{B \cdot 12,0^2}{6}} < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$B > 0,10\text{m}$$

Odabrana širina temelja $B=60\text{cm}$



Slika 93. Prikaz temeljne trake zida

Proračun dopuštenih naprezanja:

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} < \sigma_{dop}$$

$$\sigma_1 = \frac{615,476 + 0,6 \cdot 150,0}{0,6 \cdot 12,0} + \frac{18,58}{\frac{0,6 \cdot 12,0^2}{6}} = 99,27 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{615,476 + 0,6 \cdot 150,0}{0,6 \cdot 12,0} - \frac{18,58}{\frac{0,6 \cdot 12,0^2}{6}} = 96,69 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

Mjerodavni moment savijanja:

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2}{6} = 98,62 \cdot \frac{0,15'^2}{2} + (99,27 - 98,62) \cdot \frac{2 \cdot 0,15'^2}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 1,11 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{111}{60 \cdot 47^2 \cdot 1,67} = 0,0005$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,2\text{‰} \quad \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{111}{0,993 \cdot 47 \cdot 43,48} = 0,055 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 60 \cdot \frac{47}{100} = 4,24 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: 7Ø10 ($A_s = 5,53 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

9.2. Proračun temelja samca

Dopušteno naprezanje u tlu $\sigma_{dop} = 500 \text{ kN/m}^2$

Određivanje širine, duljine i visine temelja:

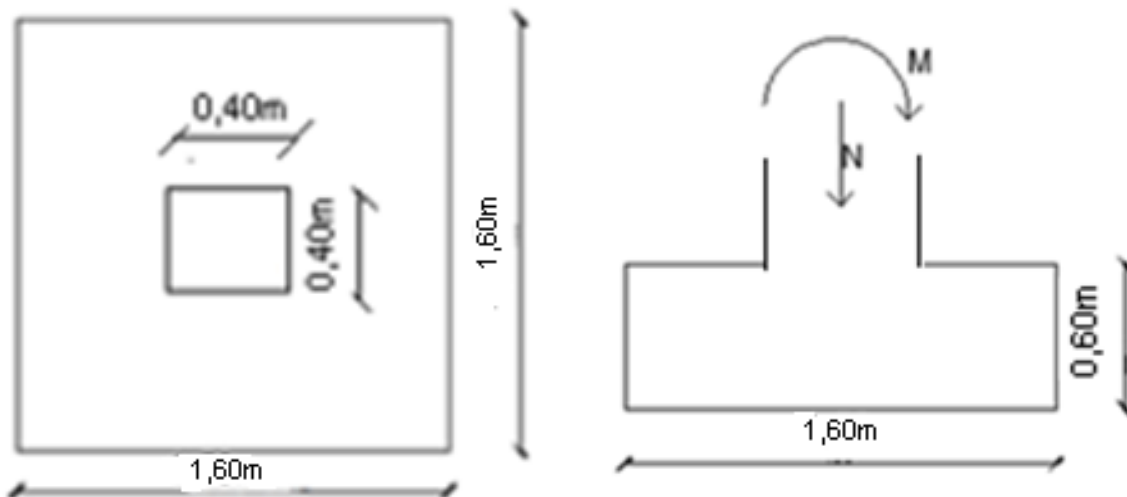
$$A = \frac{P}{\sigma_{dop}} = \frac{1187,43}{500} = 2,37 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{2,37} = 1,54 \text{ m}$$

$$B_{usv} = 1,60 \text{ m}; L = 1,60 \text{ m}$$

$$h = 1,5 \cdot a_{stupa} = 0,60 \text{ m}$$

$$h_{usv} = 0,60 \text{ m}$$



Slika 94. Prikaz temelja samca ispod stupova

BETON:

C25/30

$f_{ck} = 25,0 \text{ Mpa}$

$f_{cd} = 25,0 / 1,5 = 16,67 \text{ Mpa}$

$f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$

ARMATURA:

B500B

$f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$

$f_{yd} = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ Mpa}$

$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

Nmax (kN)	Mprip (kNm)		Mmax (kNm)	Nprip (kN)
1157,68	4,38	1.kombinacija	7,77	811,32
1187,43	0,74	2.kombinacija	8,15	1050,46

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,60 \cdot 25 = 38,40 \text{ kN}$$

Određivanje širine temelja:

$$Vd = 1187,43 + 38,40 = 1225,83 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = 1,60 \cdot 1,60 = 2,56 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{1,60 \cdot 1,60^2}{6} = 0,68 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{1225,83}{2,56} + \frac{0,74}{0,68} = 479,93 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1225,83}{2,56} - \frac{0,74}{0,68} = 477,75 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mjerodavni moment savijanja:

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2}{6} = 479,11 \cdot \frac{0,60^2}{2} + (479,93 - 479,11) \cdot \frac{2 \cdot 0,60^2}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 86,33 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8633,82}{160 \cdot 57^2 \cdot 1,67} = 0,0099$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,6\text{‰} \quad \zeta = 0,981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{8633,82}{0,981 \cdot 57 \cdot 43,48} = 3,55 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 160 \cdot \frac{57}{100} = 13,68 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: 7Ø16 (A_s = 14,07 cm²/m')

Određivanje širine , duljine i visine temelja:

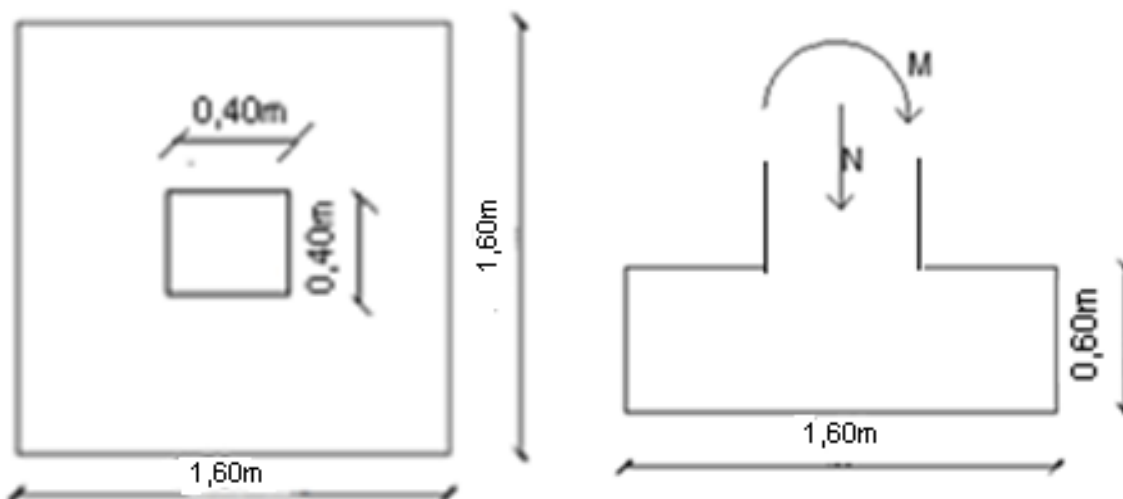
$$A = \frac{P}{\sigma_{dop}} = \frac{1050,46}{500} = 2,10m^2$$

$$B = \sqrt{2,10} = 1,45m$$

$$B_{usv} = 1,60m; L=1,60m$$

$$h = 1,5 \cdot a_{stupa} = 0,60m$$

$$h_{usv} = 0,60m$$



Slika 94. Prikaz temelja samca ispod stupova

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,60 \cdot 25 = 38,40 \text{ kN}$$

Određivanje širine temelja:

$$Vd = 1050,46 + 38,40 = 1088,86 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = 1,60 \cdot 1,60 = 2,56 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{1,60 \cdot 1,60^2}{6} = 0,68 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{1088,86}{2,56} + \frac{8,15}{0,68} = 437,32 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1088,86}{2,56} - \frac{8,15}{0,68} = 413,34 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mjerodavni moment savijanja:

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2}{6} = 428,33 \cdot \frac{0,60^2}{2} + (437,32 - 428,33) \cdot \frac{2 \cdot 0,60^2}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 78,18 \text{ kNm}$$

Mjerodavna je prva kombinacija Nmax (kN)+ Mprip (kNm) sa momentum

$$M_{b'Ed} = 86,33 \text{ kNm}$$

ODABRANA ARMATURA: 7Ø16 ($A_s = 14,07 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

9.3. Podna ploča

Podnu ploču (u garaži) izvesti na dobro zbijenoj podlozi od kvalitetnog kamena. Zbijenost kontrolirati kružnom pločom.

Podnu ploču armirati u gornjoj zoni armaturom Q-283, debljine 15cm.

10. PRORAČUN FIZIKALNIH SVOJSTVA ZGRADE

10.1. Općenito

Fizika zgrade je znanstvena disciplina građevinarstva koja istražuje fizikalne pojave (toplina, vlaga, zvuk, požar) na građevinske objekte.

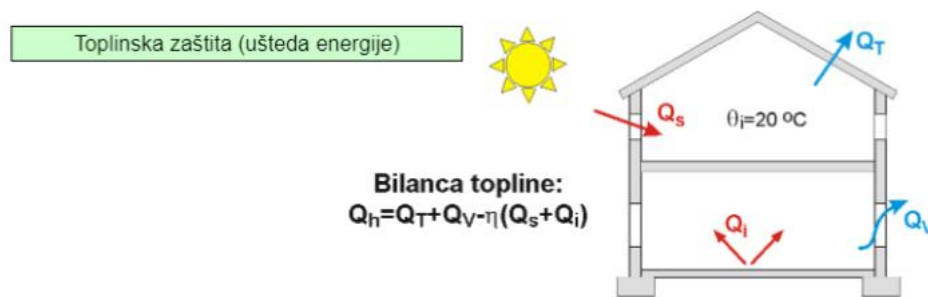
Osnovna područja:

- Toplinska zaštita
- Toplinska stabilnost i ljetna toplinska zaštita
- Difuzija vodene pare
- Zaštita od zračne, udarne buke i vibracija
- Akustika

Mjerama toplinske zaštite treba umanjiti nepoželjan toplinski tok (zima/ljeto).

Pri difuziji vodene pare (kroz porozni medij) čestice vodene pare se kreću s područja veće koncentracije (većeg parcijalnog tlaka) k području manje koncentracije – do uspostave ravnoteže parcijalnih tlakova. Pri tome je za mikroklimu i građevinske konstrukcije štetan slučaj pojave kondenzacije.

Toplinska stabilnost je mjera inertnosti građevinske konstrukcije pod djelovanjem sunčevog zračenja (nestacionarni prijenos topline).



Slika 95. Bilanca topline

Q_h (kWh/a)=godišnja potrebna toplinska energija za grijanje

Q_v =toplinski gubici zbog provjetravanja

Q_t =transmisijski toplinski gubici

Q_s =doplinski dobici od sunčevog zračenja

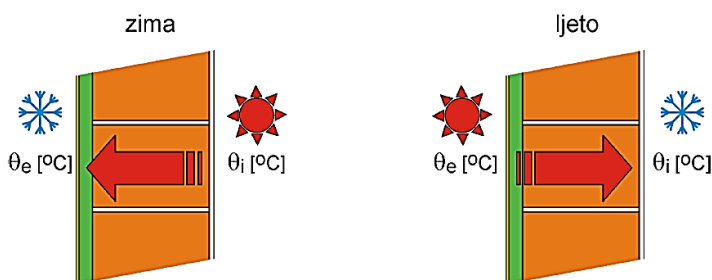
Q_i =unutarnji toplinski doplinski dobici

η =faktor iskorištenja

Toplina se prenosi na tri načina:

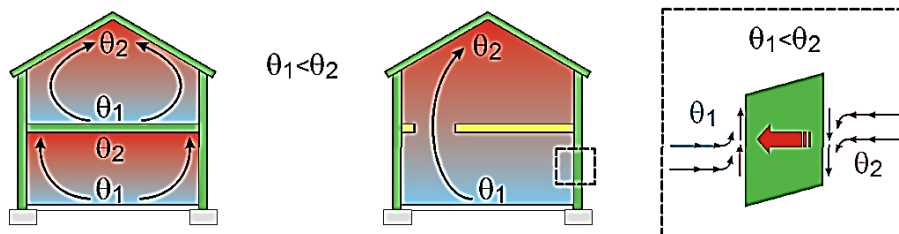
<i>Kondukcija</i>	<i>Konvekcija</i>	<i>Radijacija</i>
-------------------	-------------------	-------------------

Kondukcija je provođenje odnosno prijenos toplinske energije između tijela u dodiru. Odvija se iz područja s višom temperaturom prema području s nižom temperaturom. U krutim tijelima prijenos topline se odvija vibracijom molekula u kristalnoj strukturi, u tekućinama i plinovima prijenos se odvija sudarom i difuzijom molekula pri slobodnom gibanju.



Slika 96. Kondukcija topline za ljetno i zimsko razdoblje

Konvekcija je usmjereno strujanje zraka odnosno fluida u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem te pritom predaje toplinu okolini.



Slika 97. Konvekcija topline

Radijacija (zračenje) je prijelaz topline putem elektromagnetskog zračenja. Određeni dio energije zračenja koji dođe do građevine se apsorbira, jedan dio se reflektira, a ostali dio prođe kroz propusne površine.

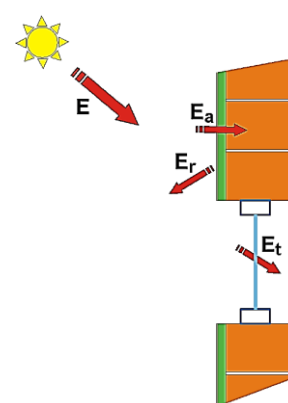
$$E = E \cdot a + E \cdot r + E \cdot t \quad (10.1)$$

E – ukupna energija zračenja

a – koeficijent apsorpcije

r – koeficijent refleksije

t – koeficijent transparentnosti ili propusnosti



Slika 98. Radijacija topline

Osnovni pojmovi vezani za građevinsku fiziku su: toplinska provodljivost, toplinska propustljivost, toplinski otpor, i koeficijent prolaska topline.

Toplinska provodljivost λ je količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz sloj materijala površine 1 m² i debljine 1 m pri razlici temperature od 1 K.

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot (T_1 - T_2)} \cdot \frac{d}{t} \text{ (W/mK)} \quad (10.2)$$

Toplinska propustljivost ovisi o: poroznosti, vlažnosti i temperaturi.

Toplinska propustljivost je omjer toplinske provodljivosti i debljine sloja u smjeru toplinskog toka.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad (10.3)$$

Toplinski otpor je recipročna vrijednost toplinske propustljivosti.

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (10.4)$$

Koeficijent prolaska topline je količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz sloj materijala površine 1 m² pri razlici temperature od 1 K.

$$U = \frac{1}{RT} \quad (10.5)$$

Gdje je R_T ukupan otpor pregrade.

$$U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_1 + R_{se}) \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad (10.6)$$

$R_{si} = 1/\alpha_i$ - unutarnji plošni otpor prijelaza topline; $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_{se} = 1/\alpha_e$ - vanjski plošni otpor prijelaza topline; $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

α_i – koeficijent unutarnjeg prijelaza topline je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa unutarnjeg zraka na jediničnu površinu pregrade pri razlici temperature unutarnjeg zraka i površine pregrade od 1 K.

α_e – koeficijent vanjskog prijelaza topline je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa vanjske površine pregrade na vanjski zrak pri razlici temperature vanjske pregrade I vanjskog zraka od 1 K.

α_i i α_e se utvrđuju eksperimentalno.

Predmet ovog programa je proračun potrošnje energije za grijanje i hlađenje za stambenu zgradu P+4. Proračun fizike zgrade napravljen je pomoću računalnog programa KI Expert Plus. KI Expert Plus je namijenjen projektantima fizike zgrade i usklađen je s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015),

algoritmom za proračun potrebne za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HR EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17).

10.2. Podaci o lokaciji objekta

Stambena zgrada P+4 tlocrtnih dimenzija 11,03x29,33m , visine 11,6m od terena.

Predmetna građevina se nalazi u 5. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e,mj,min} > 3^{\circ}C$ i unutarnjom temperaturom $\Theta_i \geq 18^{\circ}C$.

Klimatološki podaci lokacije objekta:

Lokacija: Split
Referentna postaja: Split Marjan

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka (° C)												
m	8.5	7.7	10.4	15.3	20.4	25.4	25	27.6	22.9	15.8	11.9	10.7	16.9
min	-3	-2.9	-1.5	2.6	8.8	14.1	18.6	16.4	12.5	6.1	1.8	-2.8	-3
max	15	15.4	18.7	23.8	28.1	32.2	32.2	32.9	29.4	23.7	23.4	16.5	32.9

	Tlak vodene pare (Pa)												
m	680	690	790	960	1280	1550	1620	1640	1510	1220	970	750	1140

	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	61	58	60	60	56	54	49	52	59	63	65	61	58

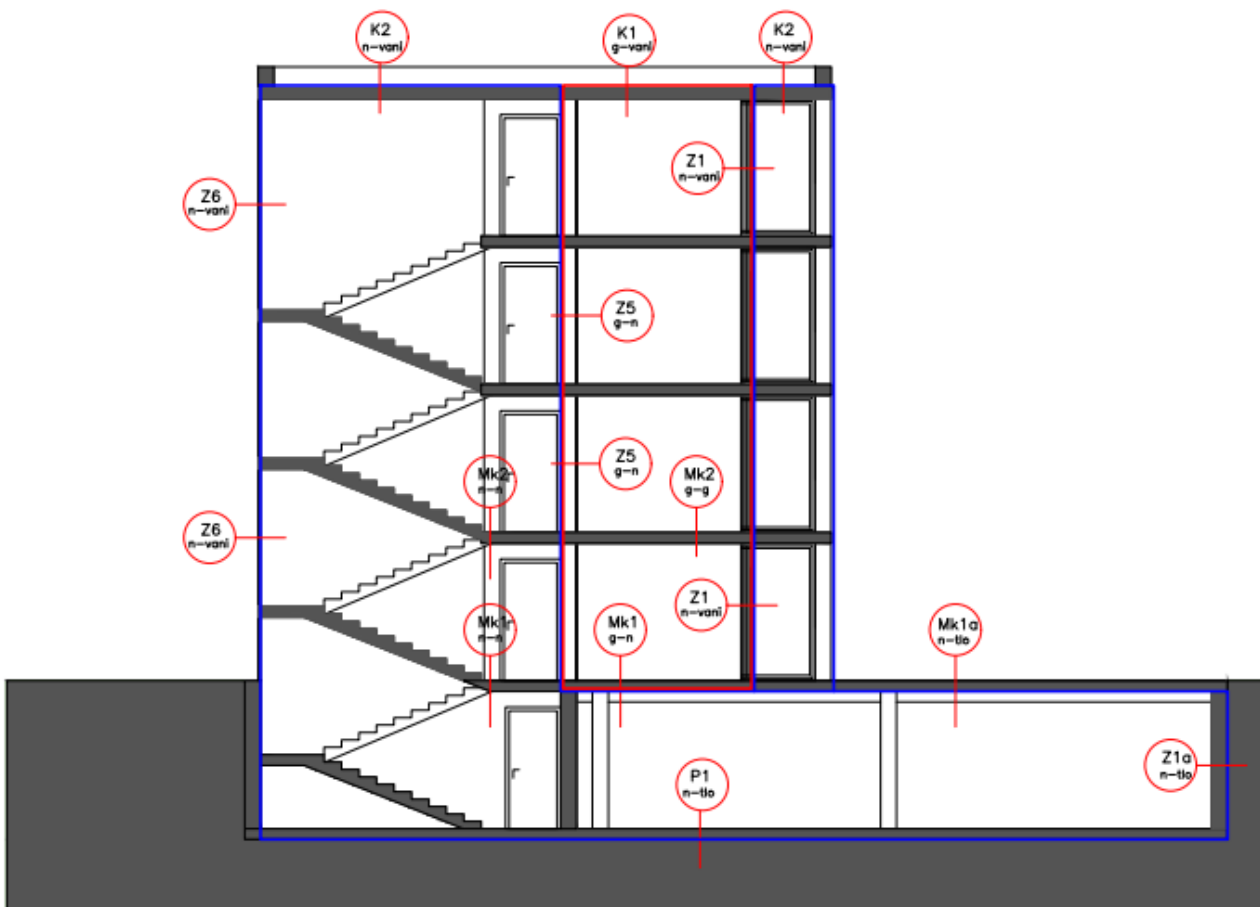
	Brzina vjetra (m/s)												
m	3.5	5	4.7	4.2	3.5	3	3.1	3	3.3	3.9	4.7	4.7	4

	Broj dana grijanja		
	Temperatura vanjskog zraka	$\leq 10^{\circ}C$	83.1
		$\leq 12^{\circ}C$	121.6
		$\leq 15^{\circ}C$	168.4

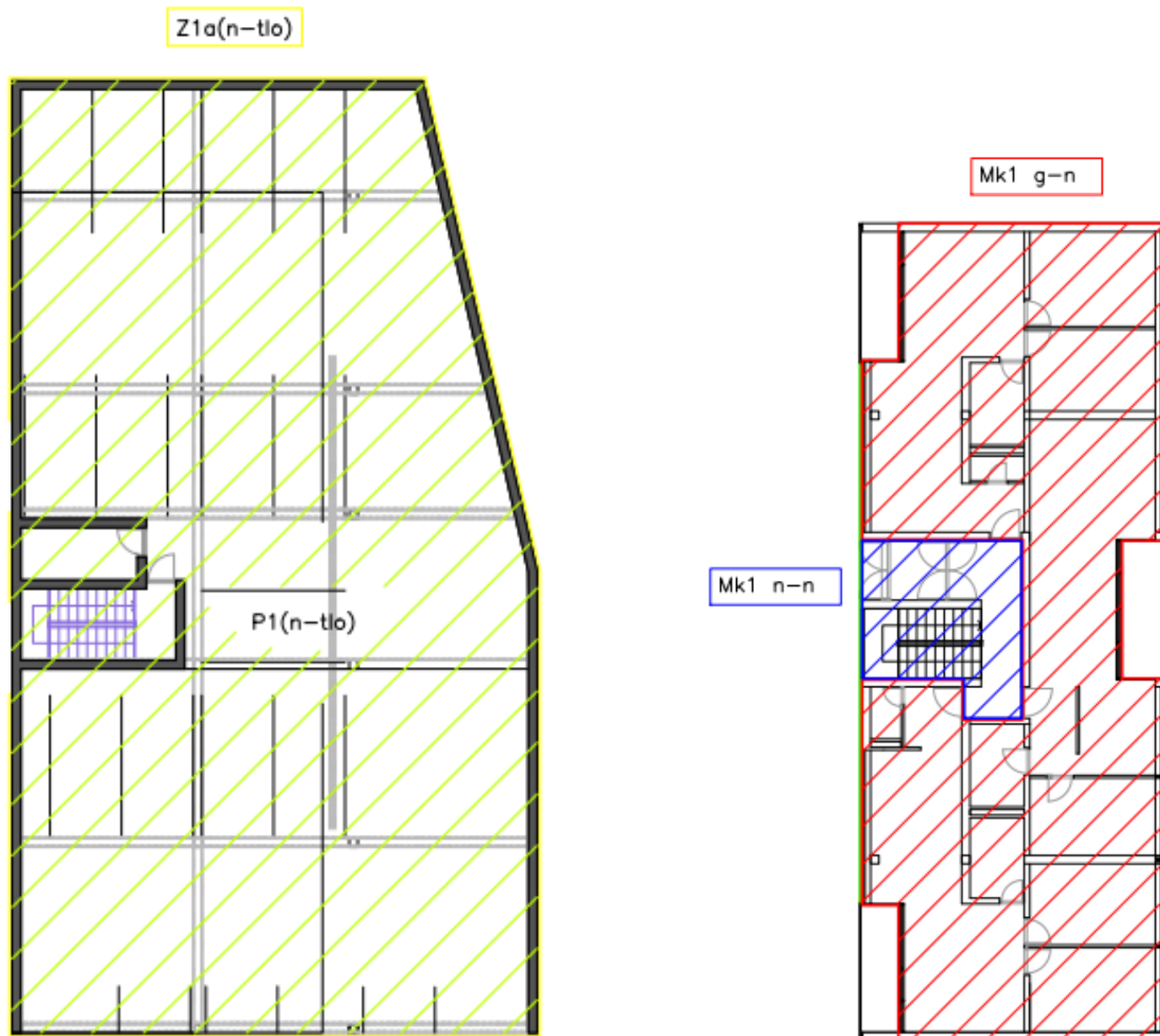
Tablica 13.. Klimatološki podaci za lokaciju Marjan Split

Orijentacija	[°]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m ²)												
S	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	256	337	483	561	681	738	773	691	560	457	275	219	6032
	30	309	389	517	564	657	698	738	685	591	520	328	268	6265
	45	345	421	526	541	605	631	672	647	591	555	364	301	6199
	60	361	430	507	493	529	539	578	579	561	559	379	318	3834
	75	358	414	464	424	435	431	465	486	502	533	373	317	5202
SE, SW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	237	316	466	554	681	742	775	685	544	431	254	202	5886
	30	271	351	489	557	664	714	752	683	566	474	289	233	6043
	45	292	369	492	539	626	664	704	655	565	494	310	253	5961
	60	298	368	473	501	567	594	633	604	539	489	314	259	3639
	75	288	349	434	445	492	507	544	532	490	460	303	252	5094
E, W	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	192	268	422	528	670	740	768	659	499	370	209	162	5485
	30	193	267	416	514	648	715	742	641	490	368	209	163	5367
	45	191	262	402	491	614	675	703	611	473	361	206	161	5150
	60	183	251	378	457	567	621	649	568	445	345	198	155	4817
	75	171	232	346	413	508	555	581	513	407	319	185	144	4372
NE, NW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	146	215	372	494	651	731	751	623	444	301	160	121	5009
	30	115	173	319	443	600	680	693	561	383	244	127	95	4434
	45	87	144	276	391	635	609	618	494	330	205	98	74	3862
	60	78	104	237	345	472	536	543	435	287	153	81	69	3340
	75	72	88	171	290	414	470	476	373	216	113	75	63	2821
	90	64	81	133	202	319	374	370	265	143	104	68	57	2181
E, N	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	117	185	346	478	637	716	734	604	417	264	131	95	4721
	30	87	109	253	400	559	634	643	509	314	153	91	78	3830
	45	83	101	175	306	454	519	518	391	203	125	125	74	3036
	60	78	95	158	212	333	382	371	259	159	119	81	69	2317
	75	72	88	146	185	227	238	227	200	150	112	75	63	1782
	90	64	81	133	168	208	211	210	186	140	104	68	57	1631

Tablica 14. Globalno sunčevo zračenje po mjesecima

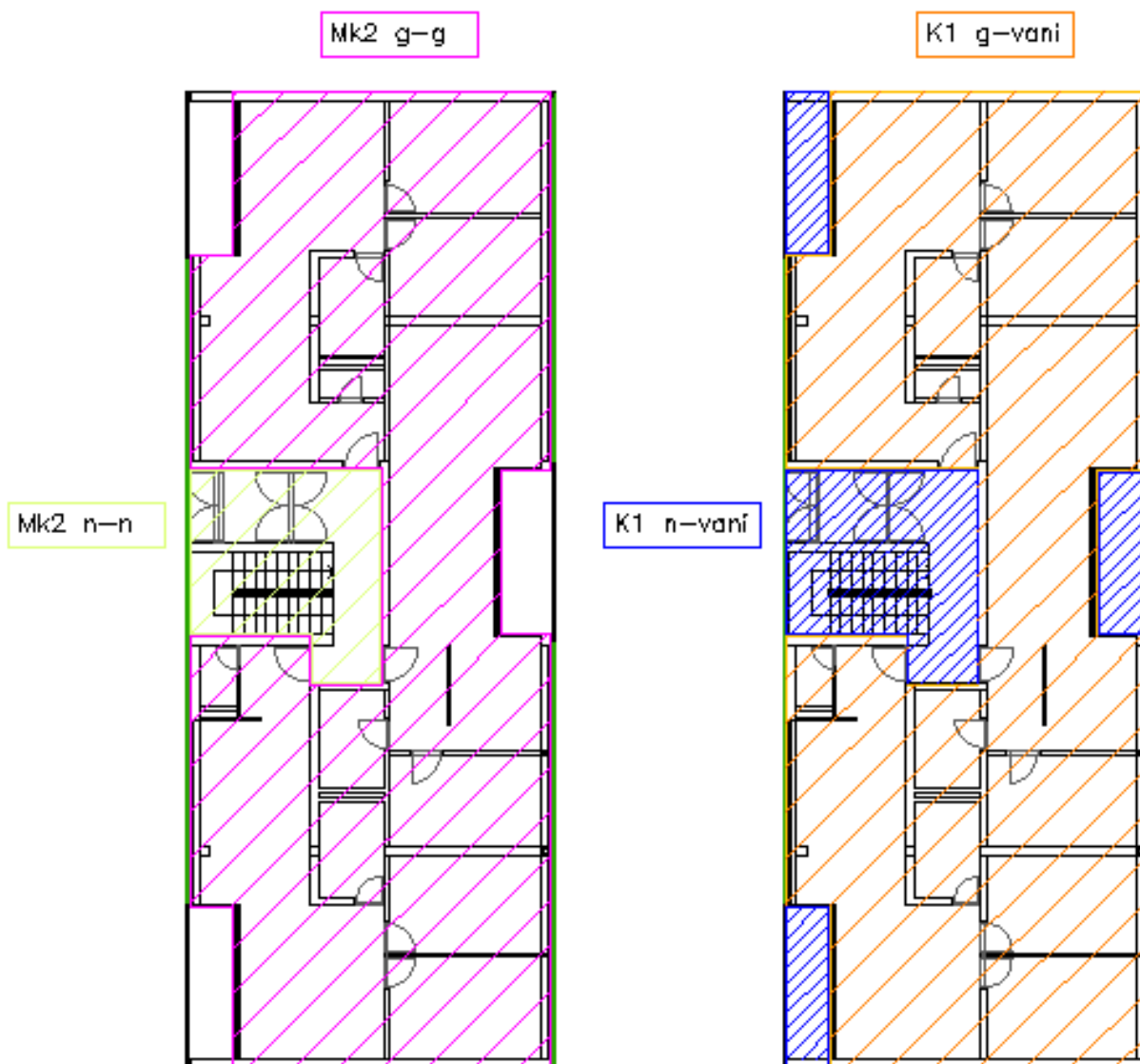


Slika 98. Presjek zgrade sa ucrtanim granicama grijanog/negrijanog



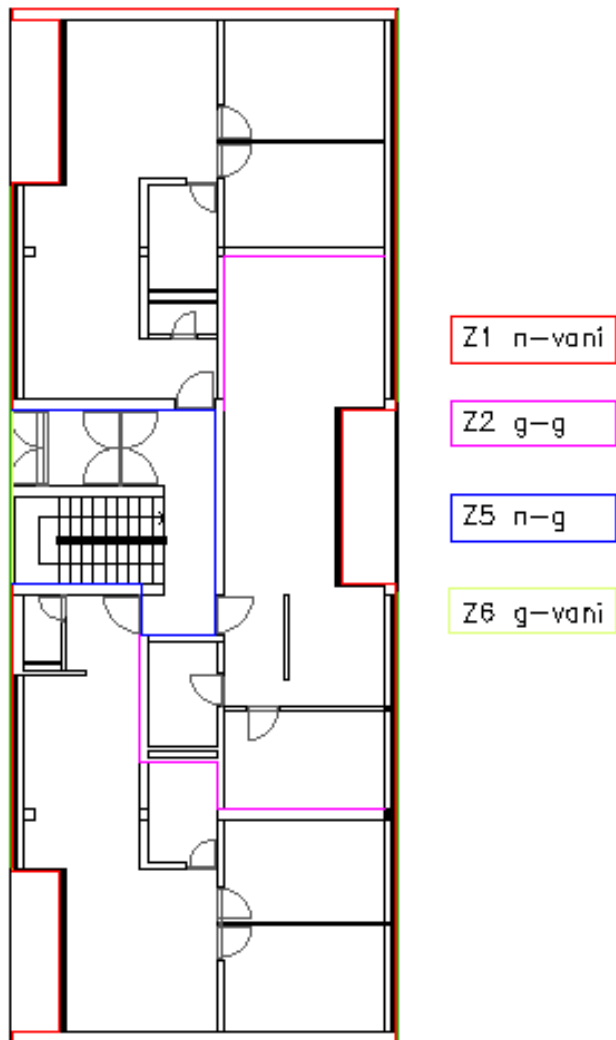
Slika 99.

Tlocrt sa ucrtanim oznaka i granicama građevinskih dijelova zgrade- garaža i prizemlje



Slika 100.

Tlocrt sa ucrtanim oznaka i granicama građevinskih dijelova zgrade- katova i krova



Slika 101.

Tlocrt sa ucrtanim oznaka i granicama građevinskih dijelova zgrade (svi zidovi)

10.3. Opći podaci višestambene zgrade

Uvjet	Status
Koeficijenti prolaska topline	ZADOVOLJAVA
Difuzija	ZADOVOLJAVA
Dinamičke toplinske karakteristike	ZADOVOLJAVA
Korisna energija	ZADOVOLJAVA

Tablica 15 . Uvjeti koje zgrada u ovom proračunu mora zadovoljiti

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m^2]	2253.67
Obujam grijanog dijela zgrade – V_e [m^3]	2964.98
Obujam grijanog zraka – V [m^3]	2371.98
Faktor oblika zgrade - f_o [m^{-1}]	0.76
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – A_k [m^2]	1294.04
Proračunska korisna površina grijanog dijela zgrade – A_k' [m	1294.04
Ukupna ploština pročelja – A_{uk} [m^2]	1266.99
Ukupna ploština prozora – A_{wuk} [m^2]	372.44

Tablica 16 . Geometrijske karakteristike zgrade

10.3.1. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi - Z1-grijano vanjsko

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m^3]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1.000	20.00	0.20	1800.00
2	2.01 Armirani beton	30.000	2.600	110.00	33.00	2500.00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	10.000	0.033	80.00	8.00	28.00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	0.900	14.00	0.07	1650.00
5	3.16 Silikatna žbuka	2.000	0.900	60.00	1.20	1800.00
Definirane ploštine [m^2]:					Istok	159.41
					Sjever	119.49
					Zapad	123.88
					Jug	119.49

Tablica 17. Slojevi zida Z1sa karkteristikama i površinama

Vanjski zidovi - Z6- negrijano vanjsko

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1.000	20.00	0.20	1800.00
2	2.01 Armirani beton	30.000	2.600	110.00	33.00	2500.00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	10.000	0.033	80.00	8.00	28.00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	0.900	14.00	0.07	1650.00
5	3.16 Silikatna žbuka	2.000	0.900	60.00	1.20	1800.00
Definirane ploštine [m ²]:				Zapad	56.77	

Tablica 18. Slojevi zida Z6 sa karkteristikama i površinama

Zidovi prema negrijanim prostorijama - Z5-grijano prema negrijanom hodniku

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1.000	20.00	0.20	1800.00
2	2.01 Armirani beton	30.000	2.600	110.00	33.00	2500.00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	5.000	0.033	80.00	4.00	28.00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	0.900	14.00	0.07	1650.00
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1.000	20.00	0.20	1800.00
Definirana ploština [m ²]:					189.84	

Tablica 19. Slojevi zida Z5 sa karkteristikama i površinama

Podovi na tlu - P1

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	1.000	1.300	200.00	2.00	2300.00
2	3.19 Cementni estrih	5.000	1.600	50.00	2.50	2000.00
3	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnicama)	0.200	0.600	54000.00	108.00	980.00
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	6.000	0.033	80.00	4.80	28.00
5	2.01 Armirani beton	30.000	2.600	110.00	33.00	2500.00
6	5.06 Polim. hidro. traka na bazi	0.500	0.260	300000.00	500.00	1600.00
Definirana ploština [m ²]:					581.21	

Tablica 20. Slojevi poda P1 sa karkteristikama i površinama

Stropovi iznad vanjskog zraka, iznad garaže 1 - Mk1-iznad garaže

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	1.000	1.300	200.00	2.00	2300.00
2	3.19 Cementni estrih	5.000	1.600	50.00	2.50	2000.00
3	PE - folija (pričvršćena metalnim spoinicama)	0.200	0.600	54000.00	108.00	980.00
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	4.000	0.033	80.00	3.20	28.00
5	2.01 Armirani beton	20.000	2.600	110.00	22.00	2500.00
6	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	0.900	14.00	0.07	1650.00
7	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	6.000	0.033	80.00	4.80	28.00
8	3.01 Cementna žbuka	1.000	1.600	30.00	0.30	2000.00
Definirana ploština [m ²]:					323.51	

Tablica 21. Slojevi međukatne konstrukcije Mk1sa karkteristikama i površinama

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1-krov

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.01 Cementna žbuka	1.000	1.600	30.00	0.30	2000.00
2	2.01 Armirani beton	20.000	2.600	110.00	22.00	2500.00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	15.000	0.033	80.00	12.00	28.00
4	2.06 Beton s laganim agregatom	8.000	1.350	100.00	8.00	2000.00
5	Geotekstil 150-200 g/m2	0.500	0.200	1000.00	5.00	900.00
6	5.06 Polim. hidro. traka na bazi	0.012	0.260	300000.00	12.00	1600.00
7	Geotekstil 150-200 g/m2	0.500	0.200	1000.00	5.00	900.00
Definirana ploština [m ²]:					264.93	

Tablica 22. Slojevi krova K1sa karkteristikama i površinama

Ravni krovovi iznad negrijanog prostora - K2-krov iznad negrijanog

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.01 Cementna žbuka	1.000	1.600	30.00	0.30	2000.00
2	2.01 Armirani beton	20.000	2.600	110.00	22.00	2500.00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena	15.000	0.033	80.00	12.00	28.00
4	2.06 Beton s laganim agregatom	8.000	1.350	100.00	8.00	2000.00
5	Geotekstil 150-200 g/m2	0.500	0.200	1000.00	5.00	900.00
6	5.06 Polim. hidro. traka na bazi	0.012	0.260	300000.00	12.00	1600.00
7	Geotekstil 150-200 g/m2	0.500	0.200	1000.00	5.00	900.00
Definirana ploština [m ²]:					50.58	

Tablica 23. Slojevi krova K2sa karkteristikama i površinama

10.3.2. Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Naziv otvora	Uw [W/m ² K]	Orijentacija	Aw [m ²]	n
istočni otvori	1.50	Istok	180.84	1.00
zapadni otvori	1.50	Zapad	159.60	1.00
zapadni otvori negrijano	1.50	Zapad	32.00	1.00
vrata stana-jug	2.40	Jug	10.49	1.00
vrata stana-zapad	2.40	Zapad	10.49	1.00
vrata stana-istok	2.40	Istok	10.49	1.00

Tablica 24. Popis prozora i vrata sa površinama

Napomena: Broj otvora je napisan 1 jer predstavlja zbroj svih površina prozora, zbog jednostavnosti proračuna.

10.3.3. Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)

Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.

Naziv prostorije	Orijentacija	A [m ²]	A _g [m ²]	f	g _{tot} f	max	Zadovoljava
dnevni boravak-istok	Istok	210.77	41.09	0.19	0.05	0.20	Da
dnevni boravakzapad	Zapad	218.12	75.39	0.35	0.09	0.20	Da

Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.

Naziv prostorije	Naziv otvora	f _c	A _g [m ²]	g _⊥	n
dnevni boravak-istok	otvor istok	0.50	41.09	0.60	1
dnevni boravakzapad	otvor zapad	0.50	75.39	0.60	1

10.3.4. Sustav grijanja i energent za grijanje

Sustav grijanja:	Lokalno
Vrijeme rada sustava:	Sustavi bez prekida rada noću
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f _{H,hr} (režim rada termotehničkog sustava za grijanje):	1.00
Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – f _{C,day} :	1.00

10.4. Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

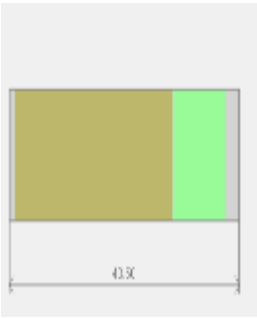
Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20.00 °C

10.4.1. Proračun građevnih dijelova zgrade

Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	OK
Z1-grijano vanjsko	522.27	0.30	0.45	-
Z6- negrijano vanjsko	56.77	0.30	0.45	-
Z5-grijano prema negrijanom hodniku	189.84	0.52	0.60	-
P1	581.21	0.46	0.50	-
Mk1-iznad garaže	323.51	0.30	0.30	-
K1-krov	264.93	0.20	0.30	-
k2-krov iznad negrijanog	50.58	0.20	0.30	✓

Tablica 25. Popis građevinskih djelova za proračun sa pripadajućim svojstvima

Vanjski zidovi - Z1-grijano vanjsko

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{J1}	A_{JZ}	
	522.27	159.41	123.88	119.49	119.49	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0.30 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{si} ≤ 0,8)			fR _{si} = 0.39 ≤ 0.93			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			815.05 ≥ 100 kg/m ² U = 0.30 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA				

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ[kg/m³]	λ[W/mK]	R[m² K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1800.00	1.000	0.010
2	2.01 Armirani beton	30.000	2500.00	2.600	0.115
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	10.000	28.00	0.033	3.030
4	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006
5	3.16 Silikatna žbuka	2.000	1800.00	0.900	0.022
					R _{si} = 0.130
					R _{se} = 0.040
					R_T = 3.353
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0.30		U = 0.30 ≤ U _{max} = 0.45			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 815.05 [kg/m²]		815.05 ≥ 100 kg/m ² U = 0.30 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA

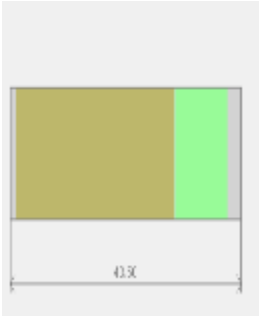
Tablica 26. Opći podaci Z1i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)									
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:				Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada					
Odabrani razred vlažnosti:				Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:				$\theta_{int,set,H,gd} = 20.00^{\circ}\text{C}$					
Siječanj	8.5	0.61	677	466	1189	1486	12.9	20.0	0.38
Veljača	7.7	0.58	609	498	1157	1447	12.5	20.0	0.39
Ožujak	10.4	0.60	756	389	1184	1480	12.8	20.0	0.25
Travanj	15.3	0.60	1043	190	1252	1565	13.7	20.0	0.00
Svibanj	20.4	0.56	1341	0	1341	1677	14.7	20.0	0.00
Lipanj	25.4	0.54	1751	0	1751	2188	18.9	20.0	0.00
Srpanj	25.0	0.49	1551	0	1551	1939	17.0	20.0	0.00
Kolovoz	27.6	0.52	1919	0	1919	2399	20.4	20.0	0.00
Rujan	22.9	0.59	1647	0	1647	2058	18.0	20.0	0.00
Listopad	15.8	0.63	1130	170	1317	1647	14.5	20.0	0.00
Studen	11.9	0.65	905	328	1266	1583	13.9	20.0	0.24
Prosinac	10.7	0.61	785	377	1199	1499	13.0	20.0	0.25
Površinska vlažnost			$fR_{si} = 0.39 \leq fR_{si, max} = 0.93$			ZADOVOLJAVA			

Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g_{c1}	M_{a1}
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

Tablica 27. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Z1

Vanjski zidovi - Z6- negrijano vanjsko

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m²]	A_i	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{ji}	A_{jz}	
	56.77	0.00	56.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0.30 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{si} ≤ 0,8)			fR _{si} = 0.62 ≤ 0.96			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a, god} = 0,00			ZADOVOLJAVA			
	Dinamičke karakteristike:			815.05 ≥ 100 kg/m ² U = 0.30 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ[kg/m³]	λ[W/mK]	R[m² K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1800.00	1.000	0.010
2	2.01 Armirani beton	30.000	2500.00	2.600	0.115
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	10.000	28.00	0.033	3.030
4	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006
5	3.16 Silikatna žbuka	2.000	1800.00	0.900	0.022
					R _{si} = 0.130
					R _{se} = 0.040
					R_T = 3.353
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m² K] = 0.30		U = 0.30 ≤ U _{max} = 0.45			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 815.05 [kg/m²]		815.05 ≥ 100 kg/m ² U = 0.30 ≤ 0.45			ZADOVOLJAVA

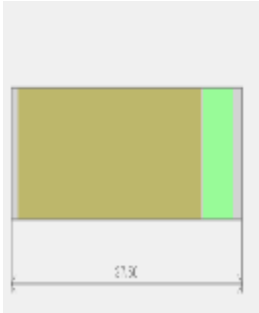
Tablica 28. Opći podaci Z6 i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)									
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:				Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada					
Odabrani razred vlažnosti:				Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:				$\theta_{\text{int,set,H,gd}} = 20.00^{\circ}\text{C}$					
Siječanj	1.0	0.61	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Veljača	1.0	0.58	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Ožujak	1.0	0.60	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Travanj	1.0	0.60	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Svibanj	1.0	0.56	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Lipanj	1.0	0.54	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Srpanj	1.0	0.49	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Kolovoz	1.0	0.52	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Rujan	1.0	0.59	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Listopad	1.0	0.63	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Studen	1.0	0.65	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Prosinac	1.0	0.61	624	770	1470	1470	12.7	20.0	0.62
Površinska vlažnost			$fR_{\text{si}} = 0.62 \leq fR_{\text{si,max}} = 0.96$			ZADOVOLJAVA			

Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g_{c1}	M_{a1}
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

Tablica 29. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Z6

Zidovi prema negrijanim prostorijama - Z5-grijano prema negrijanom hodniku

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	A_l	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{jl}	A_{jz}	
	189.84	159.41	123.88	119.49	119.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0.52 \leq 0.60$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0.39 \leq 0.87$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$	
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1800.00	1.000	0.010	
2	2.01 Armirani beton	30.000	2500.00	2.600	0.115	
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	5.000	28.00	0.033	1.515	
4	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006	
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1.000	1800.00	1.000	0.010	
					$R_{si} = 0.130$	
					$R_{se} = 0.130$	
					$R_T = 1.916$	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0.52$		$U = 0.52 \leq U_{max} = 0.60$		ZADOVOLJAVA		

Tablica 30. Opći podaci Z5 i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)									
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:				Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada					
Odabrani razred vlažnosti:				Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:				$\theta_{\text{int,set,H,gd}} = 20.00^{\circ}\text{C}$					
Siječanj	8.5	0.61	677	466	1189	1486	12.9	20.0	0.38
Veljača	7.7	0.58	609	498	1157	1447	12.5	20.0	0.39
Ožujak	10.4	0.60	756	389	1184	1480	12.8	20.0	0.25
Travanj	15.3	0.60	1043	190	1252	1565	13.7	20.0	0.00
Svibanj	20.4	0.56	1341	0	1341	1677	14.7	20.0	0.00
Lipanj	25.4	0.54	1751	0	1751	2188	18.9	20.0	0.00
Srpanj	25.0	0.49	1551	0	1551	1939	17.0	20.0	0.00
Kolovoz	27.6	0.52	1919	0	1919	2399	20.4	20.0	0.00
Rujan	22.9	0.59	1647	0	1647	2058	18.0	20.0	0.00
Listopad	15.8	0.63	1130	170	1317	1647	14.5	20.0	0.00
Studeni	11.9	0.65	905	328	1266	1583	13.9	20.0	0.24
Prosinac	10.7	0.61	785	377	1199	1499	13.0	20.0	0.25
Površinska vlažnost			$fR_{\text{si}} = 0.39 \leq fR_{\text{si,max}} = 0.87$			ZADOVOLJAVA			

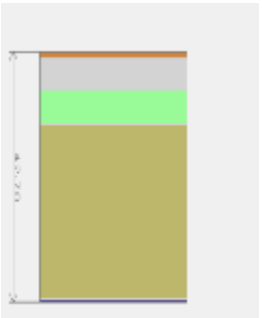
Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g_{c1}	M_{a1}
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

Tablica 31. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Z5

Unutarnji zidovi Z2,Z3,Z4

Nije relevantno za proračun koeficijenta prolaska topline jer se radi o zidu između grijanih prostora.

Podovi na tlu -P1

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	581.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0.46 \leq 0.50$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0.00 \leq 0.88$			ZADOVOLJAVA			

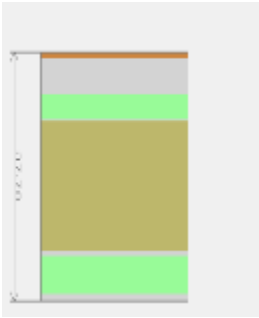
	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$	
1	4.03 Keramičke pločice	1.000	2300.00	1.300	0.008	
2	3.19 Cementni estrih	5.000	2000.00	1.600	0.031	
3	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnicama)	0.200	980.00	0.600	0.003	
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	6.000	28.00	0.033	1.818	
5	2.01 Armirani beton	30.000	2500.00	2.600	0.115	
6	5.06 Polim. hidro. traka na bazi PIB	0.500	1600.00	0.260	0.019	
					$R_{si} = 0.170$	
					$R_{se} = 0.000$	
					$R_T = 2.165$	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0.46$		$U = 0.46 \leq U_{max} = 0.50$		ZADOVOLJAVA		

Tablica 32. Opći podaci P1 i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)									
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:				Stalna relativna vlažnost u prostoriji - pretežno klimatizirana zgrada					
Odabrani razred vlažnosti:				Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Mjesec			Θ_e	Θ_i	ϕ_i	$\Theta_{si, min}$	p_i	$p_{sat}(\Theta_{si})$	fR_{si}
Siječanj			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Veljača			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Ožujak			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Travanj			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Svibanj			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Lipanj			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Srpanj			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Kolovoz			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Rujan			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Listopad			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Studeni			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Prosinac			16.9	20.0	1924.41	0.5	14	1285	1606.65
Površinska vlažnost			$fR_{si} = 0.00 \leq fR_{si, max} = 0.88$			ZADOVOLJAVA			

Tablica 33. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti P1

Stropovi iznad vanjskog zraka, iznad garaže - Mk1-iznad garaže

Opći podaci o građevnom dijelu									
	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	323.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0.30 \leq 0.30$			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0.39 \leq 0.93$			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	$\rho [kg/m^3]$	$\lambda [W/mK]$	$R [m^2 K/W]$
1	4.03 Keramičke pločice	1.000	2300.00	1.300	0.008

2	3.19 Cementni estrih	5.000	2000.00	1.600	0.031
3	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnicama)	0.200	980.00	0.600	0.003
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	4.000	28.00	0.033	1.212
5	2.01 Armirani beton	20.000	2500.00	2.600	0.077
6	Polimerno-cementno ljepilo	0.500	1650.00	0.900	0.006
7	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	6.000	28.00	0.033	1.818
8	3.01 Cementna žbuka	1.000	2000.00	1.600	0.006
					$R_{si} = 0.170$
					$R_{se} = 0.040$
					$R_T = 3.371$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0.30 \leq U_{max} = 0.30$		ZADOVOLJAVA	

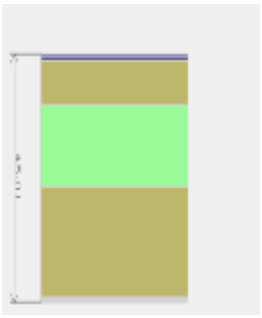
Tablica 34. Opći podaci Mkl i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)									
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:				Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada					
Odabrani razred vlažnosti:				Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:				$\theta_{int,set,H,gd} = 20.00^\circ C$					
Siječanj	8.5	0.61	677	466	1189	1486	12.9	20.0	0.38
Veljača	7.7	0.58	609	498	1157	1447	12.5	20.0	0.39
Ožujak	10.4	0.60	756	389	1184	1480	12.8	20.0	0.25
Travanj	15.3	0.60	1043	190	1252	1565	13.7	20.0	0.00
Svibanj	20.4	0.56	1341	0	1341	1677	14.7	20.0	0.00
Lipanj	25.4	0.54	1751	0	1751	2188	18.9	20.0	0.00
Srpanj	25.0	0.49	1551	0	1551	1939	17.0	20.0	0.00
Kolovoz	27.6	0.52	1919	0	1919	2399	20.4	20.0	0.00
Rujan	22.9	0.59	1647	0	1647	2058	18.0	20.0	0.00
Listopad	15.8	0.63	1130	170	1317	1647	14.5	20.0	0.00
Studeni	11.9	0.65	905	328	1266	1583	13.9	20.0	0.24
Prosinac	10.7	0.61	785	377	1199	1499	13.0	20.0	0.25
Površinska vlažnost			$fR_{si} = 0.39 \leq fR_{si,max} = 0.93$			ZADOVOLJAVA			

Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g_{c1}	M_{a1}
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

Tablica 35. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Mkl

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1-krov

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A _{gd} [m ²]	A _I	A _Z	A _S	A _J	A _{SI}	A _{SZ}	A _{JII}	A _{JZ}	
	264.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0.20 ≤ 0.30			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{si} ≤ 0,8)			fR _{si} = 0.00 ≤ 0.97			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			693.39 ≥ 100 kg/m ² U = 0.20 ≤ 0.30			ZADOVOLJAVA				

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ[kg/m ³]	λ[W/mK]	R[m ² K/W]
1	3.01 Cementna žbuka	1.000	2000.00	1.600	0.006
2	2.01 Armirani beton	20.000	2500.00	2.600	0.077
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15.000	28.00	0.033	4.545
4	2.06 Beton s laganim agregatom	8.000	2000.00	1.350	0.059
5	Geotekstil 150-200 g/m ²	0.500	900.00	0.200	0.025
6	5.06 Polim. hidro. traka na bazi PIB	0.012	1600.00	0.260	0.000
7	Geotekstil 150-200 g/m ²	0.500	900.00	0.200	0.025
					R _{si} = 0.100
					R _{se} = 0.040
					R_T = 4.878
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] =		U = 0.20 ≤ U _{max} = 0.30		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 693.39 [kg/m²]		693.39 ≥ 100 kg/m ² U = 0.20 ≤ 0.30		ZADOVOLJAVA	

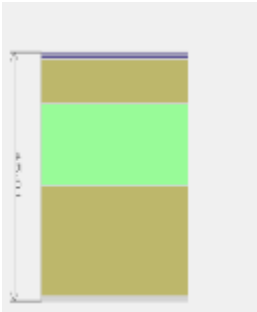
Tablica 36. Opći podaci K1 i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)										
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:					Poznat dovod vlage i promjenjiv broj izmjena zraka					
Odabrani razred vlažnosti:					Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Produkcija vlage u unutarnjem prostoru:					G [kg/h] = 0.00					
Mjesec	Θ_e	ϕ_e	p_e	n	Δp	p_i	$p_{sat}(\Theta_{si})$	$\Theta_{si, min}$	Θ_i	fR_{si}
Siječanj	1.0	0.61	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Veljača	1.0	0.58	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Ožujak	1.0	0.60	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Travanj	1.0	0.60	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Svibanj	1.0	0.56	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Lipanj	1.0	0.54	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Srpanj	1.0	0.49	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Kolovoz	1.0	0.52	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Rujan	1.0	0.59	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Listopad	1.0	0.63	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Studenj	1.0	0.65	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Prosinac	1.0	0.61	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Površinska vlažnost			$fR_{si} = 0.00 \leq fR_{si, max} = 0.97$				ZADOVOLJAVA			

Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g_{c1}	M_{a1}
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

Tablica 37. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti K1

Ravni krovovi iznad negrijanog prostora 2 - K2-krov iznad negrijanog

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	A_l	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{ji}	A_{jz}	
	50.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0.20 \leq 0.30$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0.00 \leq 0.97$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
	Dinamičke karakteristike:			$693.39 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0.20 \leq 0.30$			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	3.01 Cementna žbuka	1.000	2000.00	1.600	0.006
2	2.01 Armirani beton	20.000	2500.00	2.600	0.077
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15.000	28.00	0.033	4.545
4	2.06 Beton s laganim agregatom	8.000	2000.00	1.350	0.059
5	Geotekstil 150-200 g/m ²	0.500	900.00	0.200	0.025
6	5.06 Polim. hidro. traka na bazi PIB	0.012	1600.00	0.260	0.000
7	Geotekstil 150-200 g/m ²	0.500	900.00	0.200	0.025
					$R_{si} = 0.100$
					$R_{se} = 0.040$
					$R_T = 4.878$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0.20 \leq U_{max} = 0.30$		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 693.39 [kg/m²]		$693.39 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0.20 \leq 0.30$		ZADOVOLJAVA	

Tablica 38. Opći podaci K2 i proračun koeficijenta prolaska topline

Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)										
Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:					Poznat dovod vlage i promjenjiv broj izmjena zraka					
Odabrani razred vlažnosti:					Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Produkcija vlage u unutarnjem prostoru:					G [kg/h] = 0.00					
Mjesec	Θ_e	ϕ_e	p_e	n	Δp	p_i	$p_{sat}(\Theta_{si})$	$\Theta_{si, min}$	Θ_i	fR_{si}
Siječanj	1.0	0.61	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Veljača	1.0	0.58	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Ožujak	1.0	0.60	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Travanj	1.0	0.60	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Svibanj	1.0	0.56	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Lipanj	1.0	0.54	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Srpanj	1.0	0.49	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Kolovoz	1.0	0.52	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Rujan	1.0	0.59	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Listopad	1.0	0.63	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Studenj	1.0	0.65	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Prosinac	1.0	0.61	624	0.00	0	624	624	0.3	20.0	0.00
Površinska vlažnost			$fR_{si} = 0.00 \leq fR_{si, max} = 0.97$				ZADOVOLJAVA			

Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g_{c1}	M_{a1}
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

Tablica 39. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti K2

10.4.2. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline U $W/(m^2 K)$, tada se može umjesto točnog proračuna ili Tablice 4.2, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem U , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za $UTM = 0,05 W/(m^2 K)$.

Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka	
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	808.068
Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	90.764
Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K]	202.852
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0.000
Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, H_{Tr} [W/K]	1101.684

Tablica 40. Koeficijent transmisijskih gubitaka

10.4.3. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Naziv građevnog dijela	$(U + 0.05) \cdot A$
Z1-grijano vanjsko	181.854
K1-krov	67.554

Tablica 41. Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun H_D

10.4.4. Gubici topline kroz vanjske otvore

Naziv otvora	n	A_w	U_w	H_D
istočni otvori	1.00	180.84	1.50	271.26
zapani otvori	1.00	159.60	1.50	239.40
zapani otvori negrijano	1.00	32.00	1.50	48.00
vrata stana-jug	1.00	10.49	2.40	25.18
vrata stana-zapad	1.00	10.49	2.40	25.18
vrata stana-istok	1.00	10.49	2.40	25.18

Tablica 42. Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade

10.4.5. Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tлом (HRN EN ISO 13370)

Gubitak	A	P	B	d _t	R _f	K.p.	ΔΨ	U _o	U	d'	R'	R _n	d _n	R.i.	D	Ψ _g	H _g
	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m ² K/W]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m]	[m]	[m ² K/W]	[cm]		[m]	[W/mK]	[W/mK]
G1	581.21	24.05	48.33	7.80	1.93	3.50 ⁽¹⁾	-0.03	0.13	0.13	1.92	0.55	0.56	2.00	(A)	1.00	0.60	90.76

Tablica 43. Gubici kroz pod na tlo

10.4.6. Gubici topline kroz negrijane prostore

Korištene kratice:

G.g.d. – Granični građevni dijelovi

G.o. – Granični otvori

Z. - Zrakopropusnost

R.b.	G.g.d.	G.o.	Z.	V [m ³]	n _{ue}	b	H _u
1	(1)	(a)	*	436.80	0.50	0.48	202.85

Tablica 44. Gubici topline kroz negrijane prostore

⁽¹⁾ Z6- negrijano vanjsko, Z5-grijano prema negrijanom hodniku, Z6- negrijano vanjsko

^(a) zapadni otvori, zapadni otvori, vrata stana-jug, vrata stana-jug

* Svi spojevi između dijelova su dobro zabrtvljeni, nije predviđena nikakva ventilacija.

U promatranoj zoni nema definiranih gubitaka kroz susjedne zgrade.

10.5. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mierna
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	2253.67	[m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	V _e	2964.98	[m ³]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	2371.98	[m ³]
Faktor oblika zgrade	f _o	0.76	[m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	A _K	1294.04	[m ²]
Proračunska ploština korisne površine grijanog	A _{K'}	1294.04	[m ²]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama	A _f	1423.44	[m ²]
Ukupna ploština pročelja	A _{uk}	1266.99	[m ²]
Ukupna ploština prozora	A _{wuk}	372.44	[m ²]

Tablica 45. Potrebni podaci za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje

10.5.1. Toplinski dobici

Uključivanje grijanja

Temperatura manja od 12 °C

a) Transmisijski gubici

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu $H_{g,avg}$ - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H_{Tr} - Koeficijent transmisijske izmjene topline	

b) Gubici provjetravanjem

Proračun protoka zraka	
Referentna površina zone	$A = 1294.04 \text{ [m}^2\text{]}$
Neto volumen zone	$V = 2371.98 \text{ [m}^3\text{]}$
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	$n_{50} = 2.00 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
Površina kanala	$A_{duct} = 0.00 \text{ [m}^2\text{]}$
Površina kanala smještenih unutar zone	$A_{indoorduct} = 0.00 \text{ [m}^2\text{]}$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$e_{wind} = 0.03 \text{ [-]}$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$f_{wind} = 20.00 \text{ [-]}$
Dnevno vrijeme korištenja zone	$t_{Kor} = 24.00 \text{ [h]}$
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	$t_{v,mech} = 24.00 \text{ [h]}$
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	$V_A = 0.00 \text{ [m}^3\text{ / (hm}^2\text{)]}$
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	$n_{req} = 0.50 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

c) Ukupni gubici topline

Način grijanja	
Sustavi bez prekida rada noću	$\theta_{int,set,H} = 20.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Mjesečni gubici topline [kWh]

Mjesec	Toplinski gubici hlađenja [kWh]	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za hlađenje [W/K]	Koef. topl. gubitka za grijanje [W/K]
Siječanj	17199.27	12891.11	1463.12	1468.37
Veljača	15423.69	11529.50	1462.29	1466.93
Ožujak	14144.96	9832.94	1462.47	1468.48
Travanj	10030.83	5869.01	1465.21	1479.83
Svibanj	5290.77	0.00	1693.16	-758.10
Lipanj	61.71	0.00	856.99	1294.80
Srpanj	0.00	0.00	656.83	1289.79
Kolovoz	0.00	0.00	1227.46	1343.55
Rujan	4522.49	0.00	2233.33	1150.16
Listopad	7290.65	2966.86	1461.67	1474.66
Studen	11902.26	7727.88	1462.37	1469.46
Prosinac	16232.58	11931.76	1464.70	1471.88

Godišnji gubici topline [kWh]

	Toplinski gubici hlađenja	Toplinski gubici grijanja
Godišnje	102099.22	62749.07

d) Solarni dobici

Solarni toplinski dobici [kWh]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{sol,k}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Q_{sol,u,l}$	1937	2621	3848	4557	5570	6076	6380	5658	4532	3595	2089	1646
Q_{sol}	1937	2621	3848	4557	5570	6076	6380	5658	4532	3595	2089	1646

Napomena: Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 12.4.4. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 12.4.1.. ovoga elaborata.

e) Unutarnji dobici topline

Mjesečni unutarnji dobici topline

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{int}	4,813.83	4,347.98	4,813.83	4,658.54	4,813.83	4,658.54	4,813.83	4,813.83	4,658.54	4,813.83	4,658.54	4,813.83

f) Ukupni dobici topline

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	$Q_{int} = 56,678.95$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 48,508.28$ [kWh]
Ostali dobici topline	$Q' = 0.00$ [MJ]

Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	24302.42	6750.67
Veljača	25086.64	6968.51
Ožujak	31184.01	8662.23
Travanj	33177.38	9215.94
Svibanj	37381.56	10383.77
Lipanj	38644.45	10734.57
Srpanj	40297.25	11193.68
Kolovoz	37698.92	10471.92
Rujan	33085.84	9190.51
Listopad	30272.13	8408.92
Studen	24289.70	6747.14
Prosinac	23253.72	6459.37

Tablica 46. Mjesečni dobici topline

	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	378674.03	105187.23

Tablica 47. Godišnji dobici topline

10.5.2. Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje

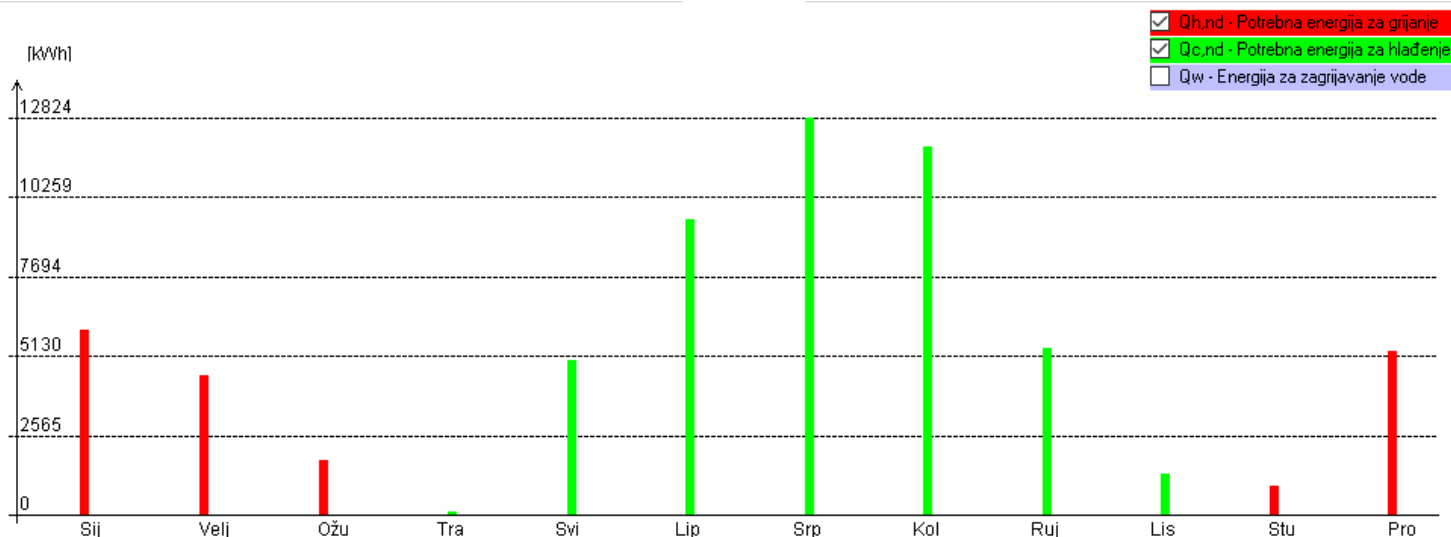
Lagana zgrada, plošna masa zidova $250 \geq m' > 100 \text{ kg/m}^2$; $C_m = 110000 \text{ A}_f \text{ [kJ/K]}$; $C_m = 156578400.00 \text{ [J/K]}$

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	9,054	3,837	12,891	1,937	4,814	6,751	0.52	0.920	1.00	31.00	6,002
Veljača	8,094	3,436	11,530	2,621	4,348	6,969	0.60	0.892	1.00	28.00	4,549
Ožujak	6,906	2,927	9,833	3,848	4,814	8,662	0.88	0.788	1.00	31.00	1,781
Travanj	4,135	1,734	5,869	4,557	4,659	9,216	1.57	0.561	1.00	5.00	0
Svibanj	-178	65	-113	5,570	4,814	10,384	1,000.00	0.001	1.00	0.00	0
Lipanj	-2,408	-1,227	-3,636	6,076	4,659	10,735	1,000.00	0.001	1.00	0.00	0
Srpanj	-4,187	-2,146	-6,333	6,380	4,814	11,194	1,000.00	0.001	1.00	0.00	0
Kolovoz	-4,308	-2,077	-6,385	5,658	4,814	10,472	1,000.00	0.001	1.00	0.00	0
Rujan	-610	-374	-983	4,532	4,659	9,191	1,000.00	0.001	1.00	0.00	0
Listopad	2,087	879	2,967	3,595	4,814	8,409	2.83	0.341	1.00	0.00	0
Studeni	5,429	2,299	7,728	2,089	4,659	6,747	0.87	0.791	1.00	22.00	964
Prosinac	8,388	3,543	11,932	1,646	4,814	6,459	0.54	0.914	1.00	31.00	5,321
UKUPNO											18618

Tablica 48. Potrebna energija za grijanje po mjesecima

Temperatura unutar zgrade tijekom sezone hlađenja $\theta_{int,set,C} = 24.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Mjesec	$Q_{C,tr}$	$Q_{C,ve}$	$Q_{C,ht}$ [kWh]	$Q_{C,sol}$	$Q_{C,int}$	$Q_{C,gn}$ [kWh]	γ_C	$\eta_{C,ls}$	$\alpha_{red,C}$	$Q_{C,nd}$ [kWh]
MJESEČNO										
Siječanj	12,061	5,138	17,199	1,937	4,814	6,751	0.39	0.376	1.00	0
Veljača	10,813	4,610	15,424	2,621	4,348	6,969	0.45	0.426	1.00	0
Ožujak	9,917	4,228	14,145	3,848	4,814	8,662	0.61	0.545	1.00	0
Travanj	7,038	2,992	10,031	4,557	4,659	9,216	0.92	0.710	1.00	132
Svibanj	3,925	1,366	5,291	5,570	4,814	10,384	1.96	0.924	1.00	5,035
Lipanj	30	31	62	6,076	4,659	10,735	173.96	1.000	1.00	9,565
Srpanj	-425	-846	-1,271	6,380	4,814	11,194	1,000.00	1.000	1.00	12,824
Kolovoz	-1,404	-776	-2,180	5,658	4,814	10,472	1,000.00	1.000	1.00	11,922
Rujan	3,637	885	4,522	4,532	4,659	9,191	2.03	0.930	1.00	5,384
Listopad	5,110	2,180	7,291	3,595	4,814	8,409	1.15	0.793	1.00	1,368
Studeni	8,345	3,558	11,902	2,089	4,659	6,747	0.57	0.513	1.00	0
Prosinac	11,388	4,844	16,233	1,646	4,814	6,459	0.40	0.381	1.00	0
UKUPNO										46230



Tablica 48. Graf potrošnje energije po mjesecima

10.5.3. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 2253.67 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 2964.98 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0.76 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 1294.04 \text{ [m}^2\text{]}$
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_{k'} = 1294.04 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 18617.55 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 14.39 \text{ (max = 38.78) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže)	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 46230.30 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 0.00 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 0.00 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E''_{prim} = 0.00 \text{ (max = 50.00) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0.49 \text{ (max = 0.65) [W/m}^2\text{ K]}$

Tablica 49. Rezultati proračuna

10.6. Iskaznica energetske svojstva zgrade

OPIS ZGRADE		
Nova zgrada ili rekonstrukcija/značajna obnova	Nova zgrada	
Naziv zgrade ili dijela zgrade	Zona 1	
Vrsta zgrade	Višestambena	
Namjena zgrade	Stambeni dio	
Adresa/lokacija zgrade (ulica i kućni broj, poštanski broj, mjesto, nadmorska visina)	ulica Frane Supila N.v.: 122.00 m	
Mjesec i godina izrade projekta	Ožujak 2021. godine	
Oplošje grijanog dijela zgrade A (m ²)	2253.67	
Obujam grijanog dijela zgrade V_e (m ³)	2964.98	
Faktor oblika zgrade f_o (m ⁻¹)	0.76	
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k (m ²)	1294.04	
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, mješovito)	Lokalno	
Prosječna unutarnja projektana temperatura grijanja °C	20.00	
Prosječna unutarnja projektana temperatura hlađenja °C	24.00	
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Split Marjan (122.00 m n.v.)	
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,min}$ (°C)	8.50	
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,max}$ (°C)	25.00	
POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	18617.55	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	38.78	14.39
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	46230.30	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m ² a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50.00	35.73
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m ² K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0.65	0.49

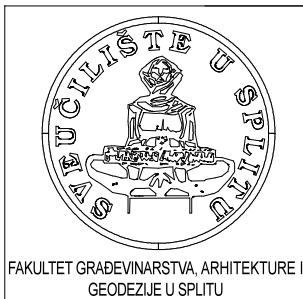
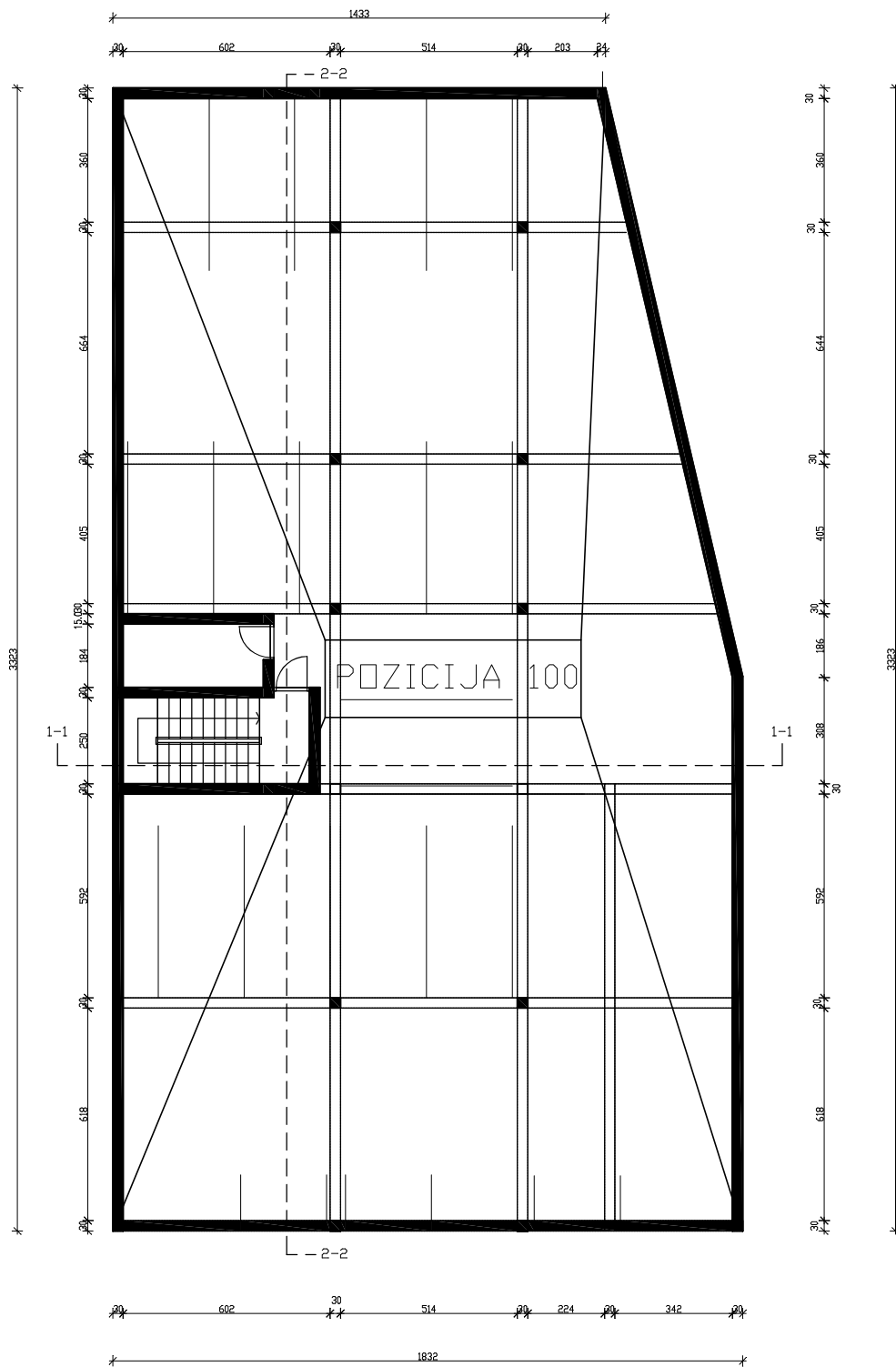
11. LITERATURA

- A. Harapin, J. Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta – zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split, studeni 2015
- J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije – Priručnik, Zagreb 2006
- I. Tomičić: Betonske konstrukcije - 3. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb 1996
- A. Mihanović: Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split, 1995
- A. Mihanović: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- Ž. Nikolić : Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – vježbe, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- Ž. Nikolić : Dinamički modeli potresnog inženjerstva – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2019
- T. Roje-Bonacci: Mehanika tla, 4. izd. u suglasju s Eurokod 7, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split 2017
- P. Miščević, N. Štambuk Cvitanović: Mehanika tla i temeljenje – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2016
- B. Trogrlić: Fizika zgrade – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2019
- EN 1990:2008 Eurokod - Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008 + A1:2005 + AC:2008).
- EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukcije (EN 1991:2002 ▪ EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1- 1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004 + AC:2008)
- EN 1998:2008 Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004)
- AutoCAD 2020
- Robot Structural Analysis Professional 2019
- Exel
- Aspalathos Section Design
- KI Expert Plus

12. GRAFIČKI PRILOZI

- Prilog 1 – Tlocrt garaže M 1:200
- Prilog 2 – Tlocrt etaža 1,2,3,4 M 1:200
- Prilog 3 – Tlocrt krova M 1:200
- Prilog 4 – Presjek 1-1,2-2 M 1:200
- Prilog 5 – Sjeverno,istočno,zapadno,južno pročelje M 1:200
- Prilog 6 – Amatura ploče garaže-donja zona M 1:200
- Prilog 7 – Amatura ploče garaže-gonja zona M 1:200
- Prilog 8 – Amatura međukatne ploče-donja zona M 1:200
- Prilog 9 – Amatura međukatne ploče-gonja zona M 1:200
- Prilog 10 – Amatura krovne ploče-donja zona M 1:200
- Prilog 11 – Amatura krovne ploče-gonja zona M 1:200
- Prilog 12 – Amatura stubišta M 1:25
- Prilog 13 – Amatura zidova garaže M 1:200
- Prilog 14 – Amatura zidova kata M 1:200
- Prilog 15 – Amatura stupova, temelj stupova i zidova M 1:25

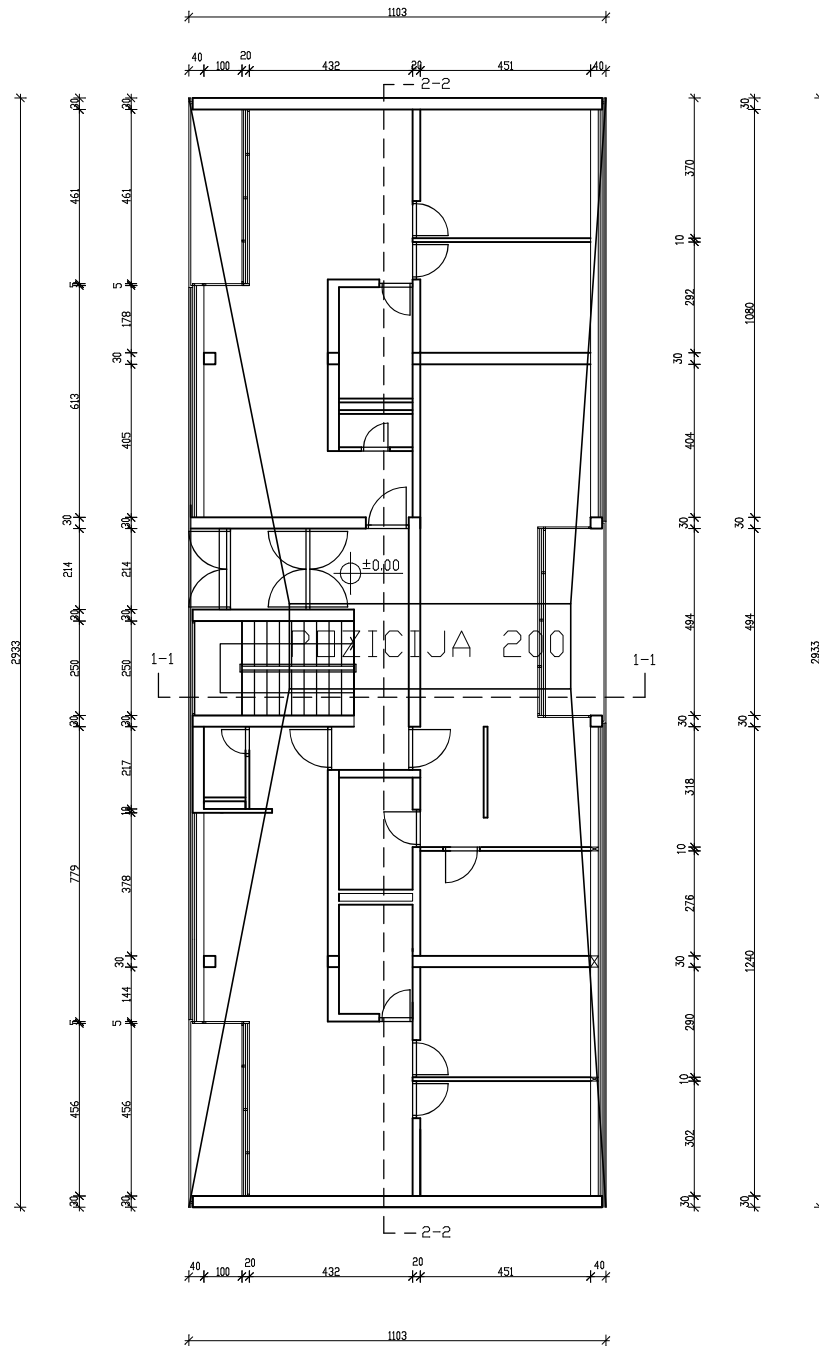
TLOCRT GARAŽE (pozicija 100) M 1:200



PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak	
MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
SADRŽAJ	TLOCRT GARAŽE	MJERILO 1:200
DATUM	16. srpnja 2021.	PRILOG 1

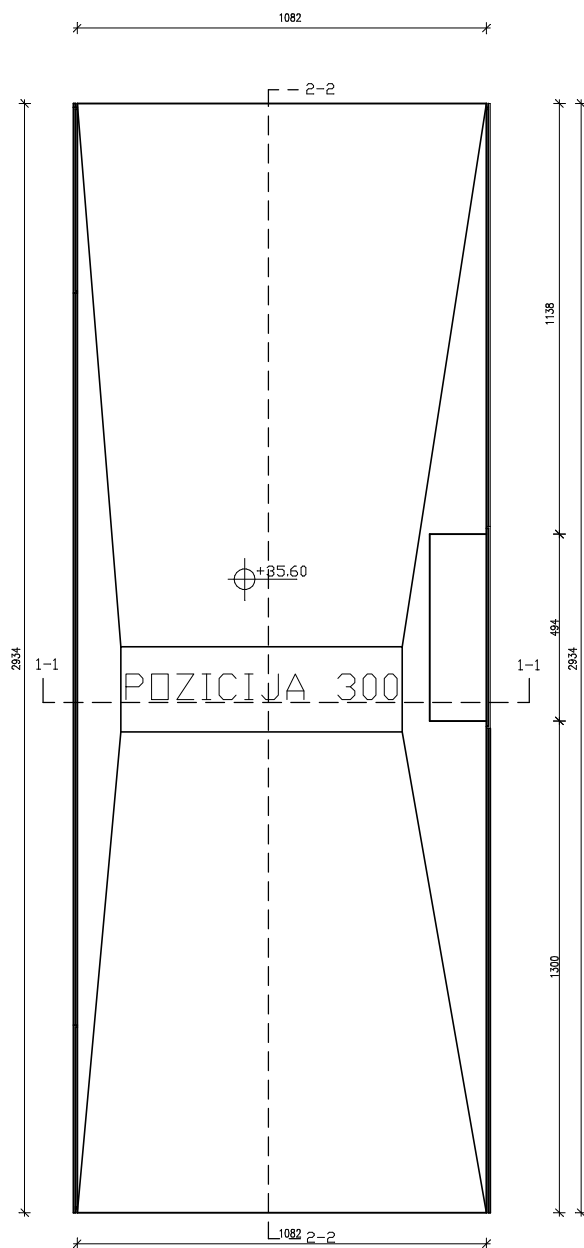
TLOCRT MEDUKATNIH ETAŽA

(pozicija 200) M1:200



PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak	
MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
SADRŽAJ:	TLOCRT ETAŽA	MJERILO 1:200
DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG 2

TLOCRT KROVA (pozicija 300) M 1:200



FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I
GEODEZIJE U SPLITU

PROGRAM:

GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU

STUDENT:

Karmen Petreković-Dvorščak

MENTOR:

Prof. dr. sc. A. Harapin

SADRŽAJ

TLOCRT KROVA

MJERILO 1:200

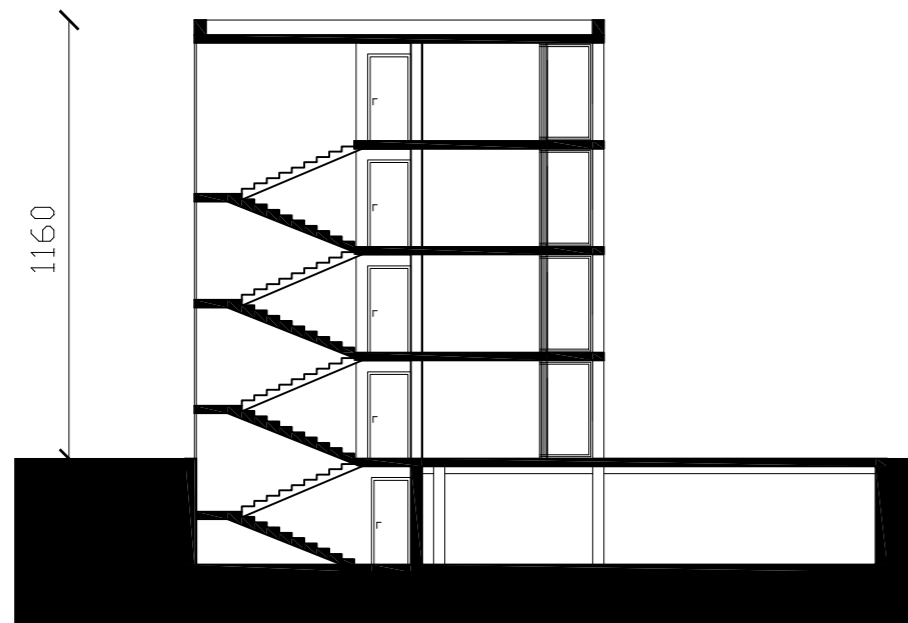
DATUM

16. srpnja 2021.

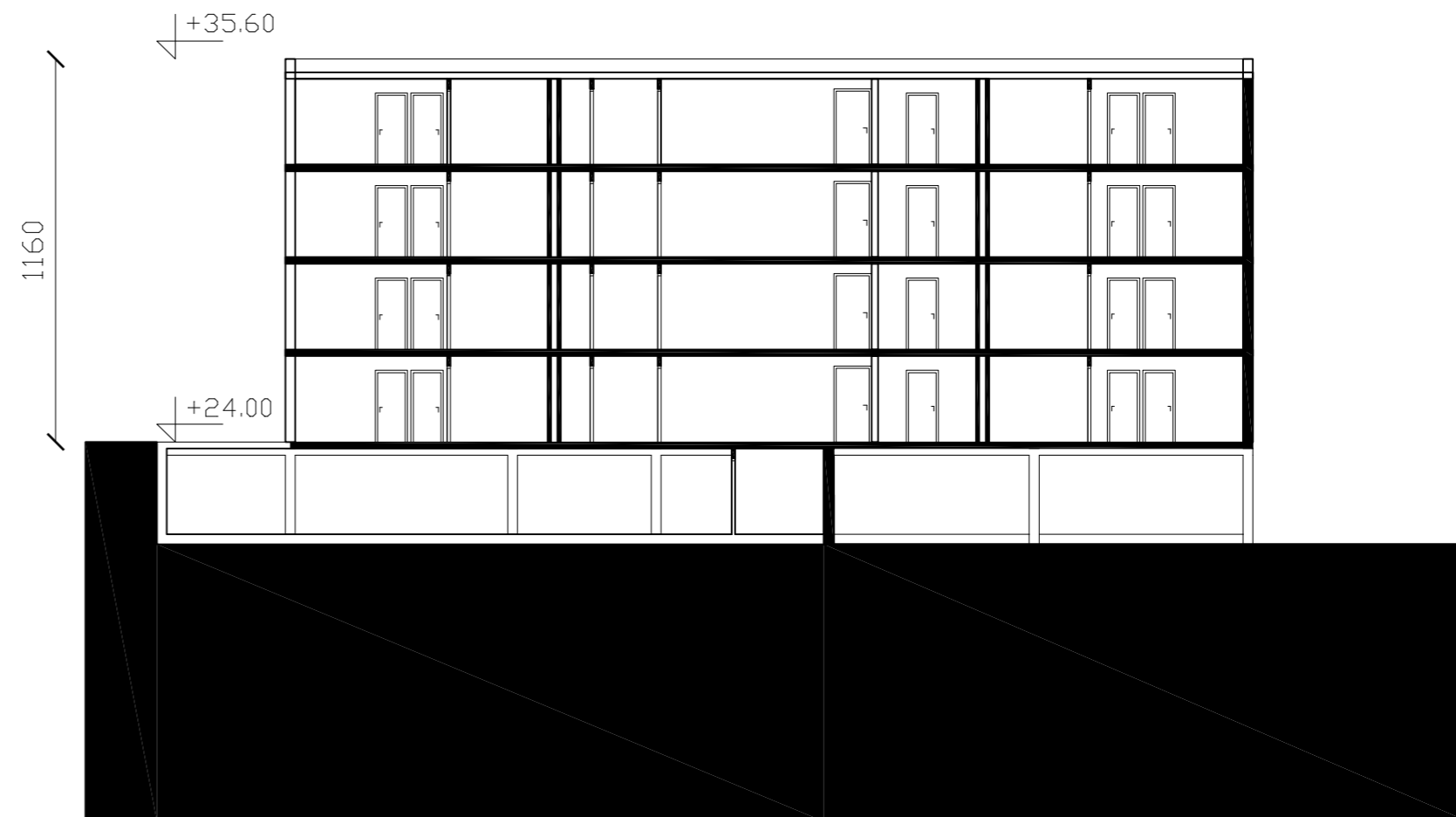
PRILOG


3

PRESJEK 1-1 M 1:200

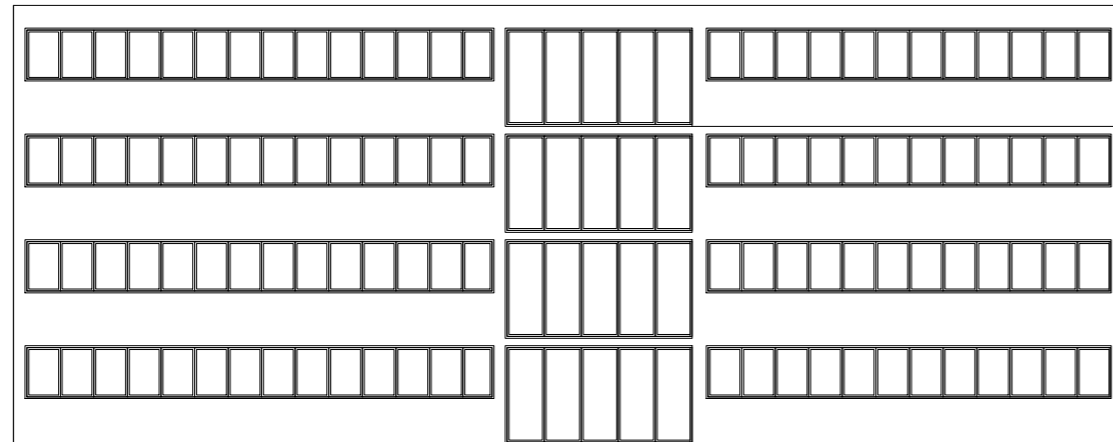


PRESJEK 2-2 M 1:200

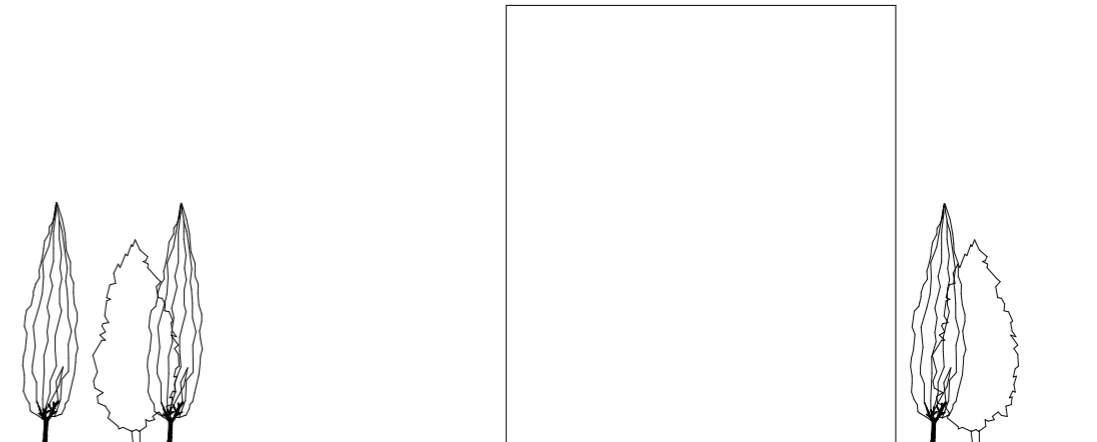


 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU</p>	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU		
	STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak		
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin		
	SADRŽAJ	PRESJECI 1-1, 2-2	MJERILO	1:200
	DATUM	16. srpnja 2021.	PRILOG	4

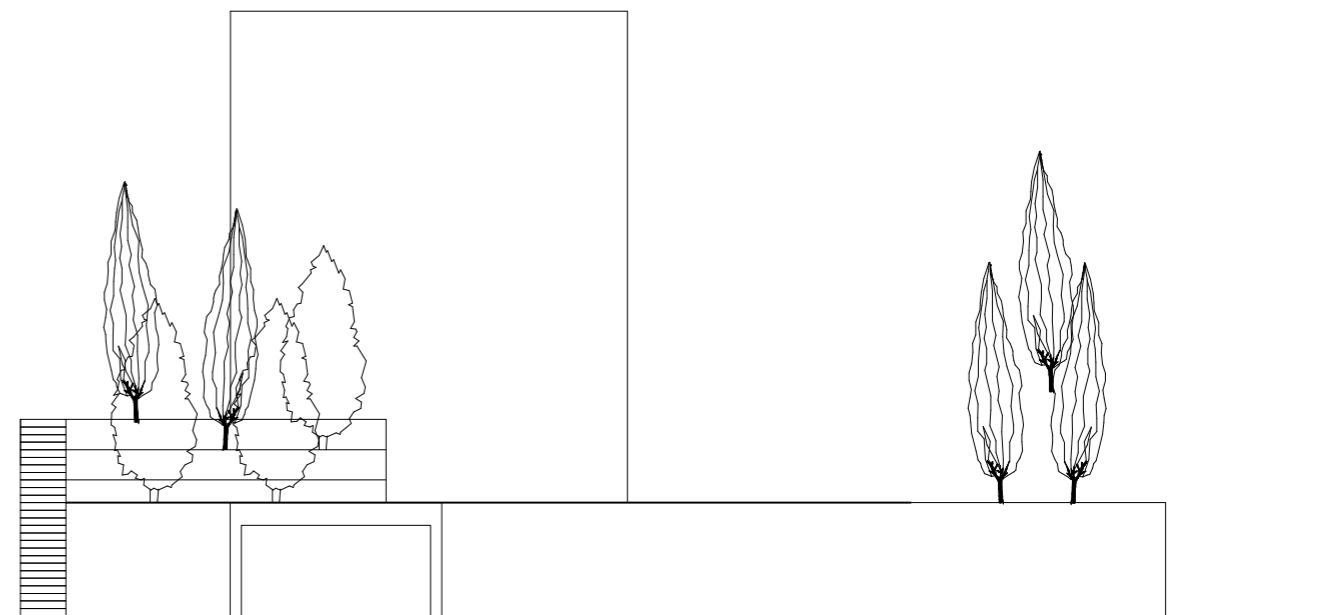
ISTOČNO PROČELJE M 1:200



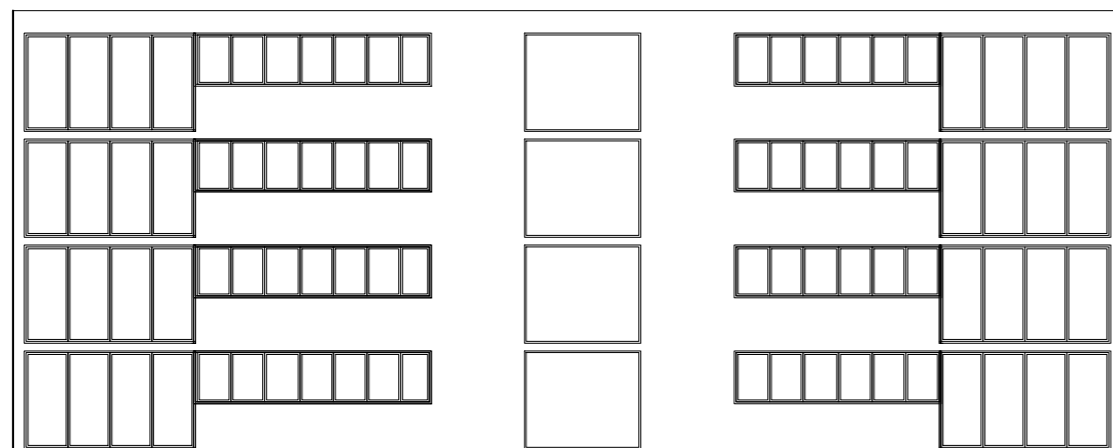
SJEVERNO PROČELJE M 1:200




JUŽNO PROČELJE M 1:200



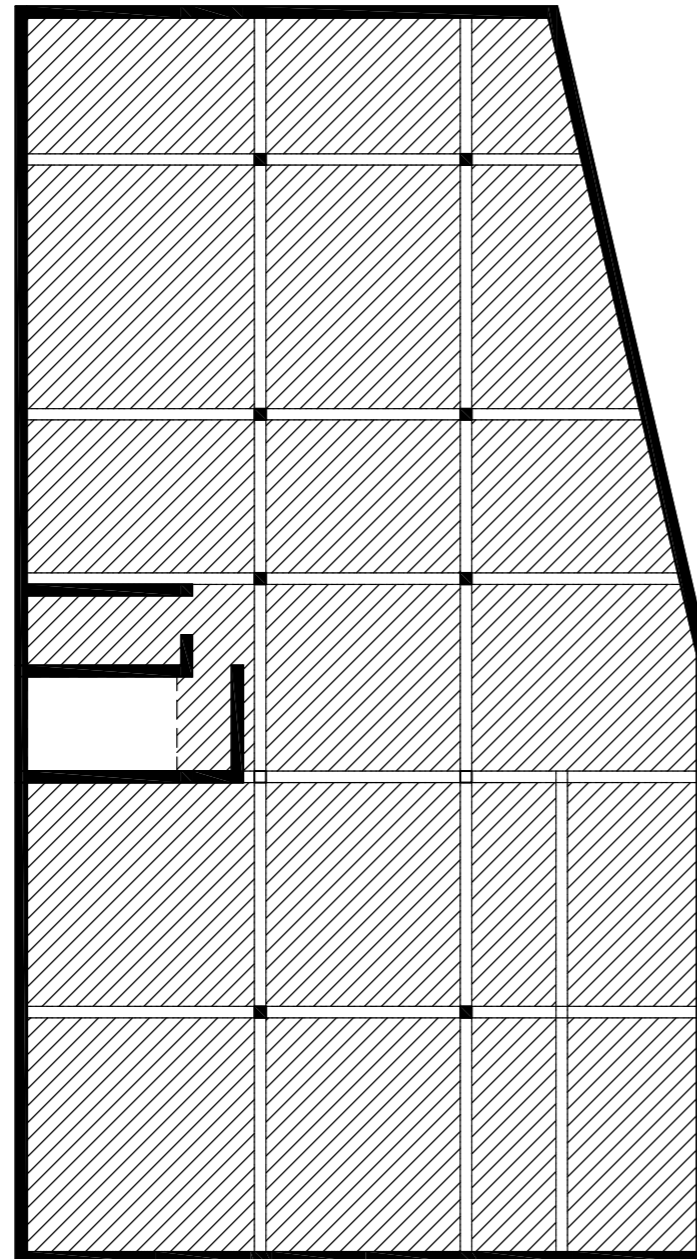
ZAPADNO PROČELJE 2-2 M 1:200



 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU		
	STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak		
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin		
	SADRŽAJ:	S,J,Z,I PROČELJA	MJERILO	1:200
	DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	5

ARMATURA PLOČE GARAŽE (pozicija 100)-DONJA ZONA

M 1:200

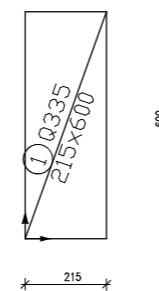


LEGENDA:

 Q-335

 otvor u ploči

NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
 -Mreže postaviti sa preklopom 40 cm ili većem
 - na pojedinim mjestima gdje je skok memenata potrebna je armatura -Q-785+Ø10/20



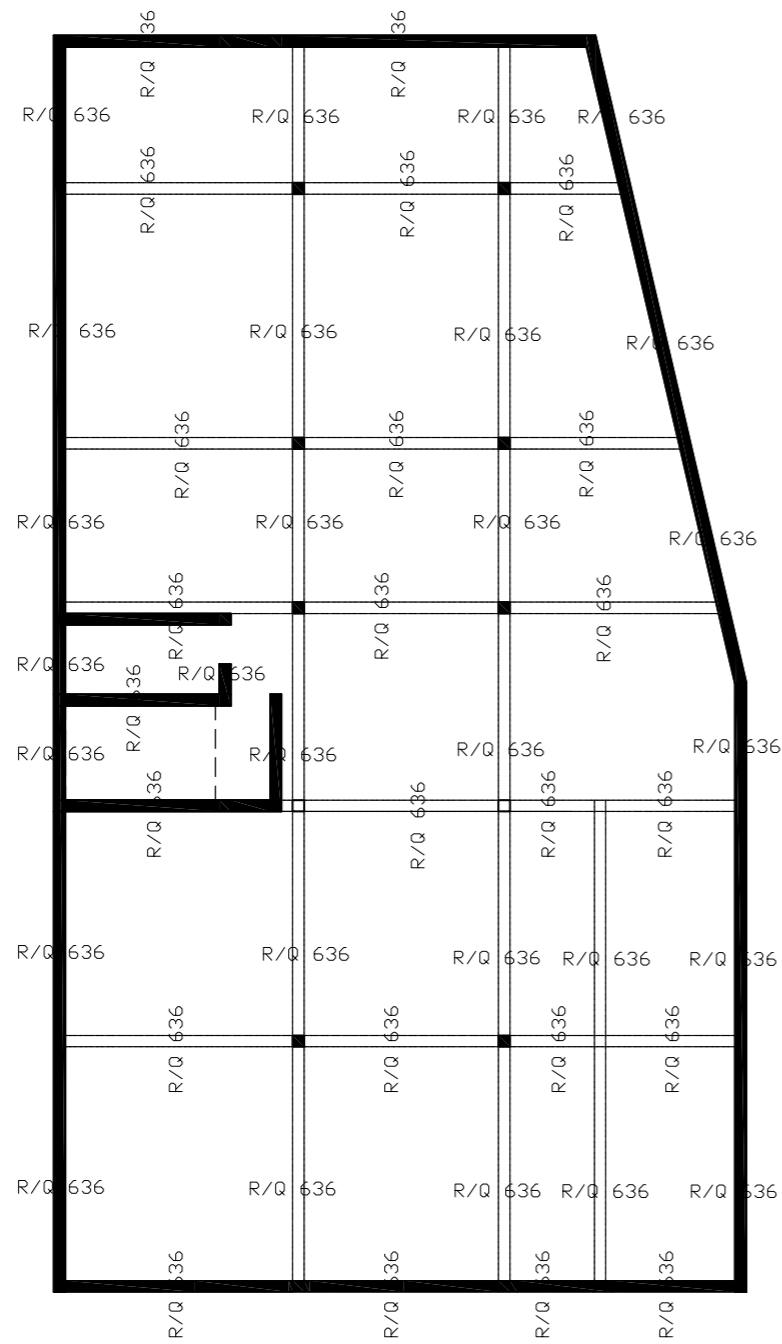
Beton: C25/30

Armatura: B500B

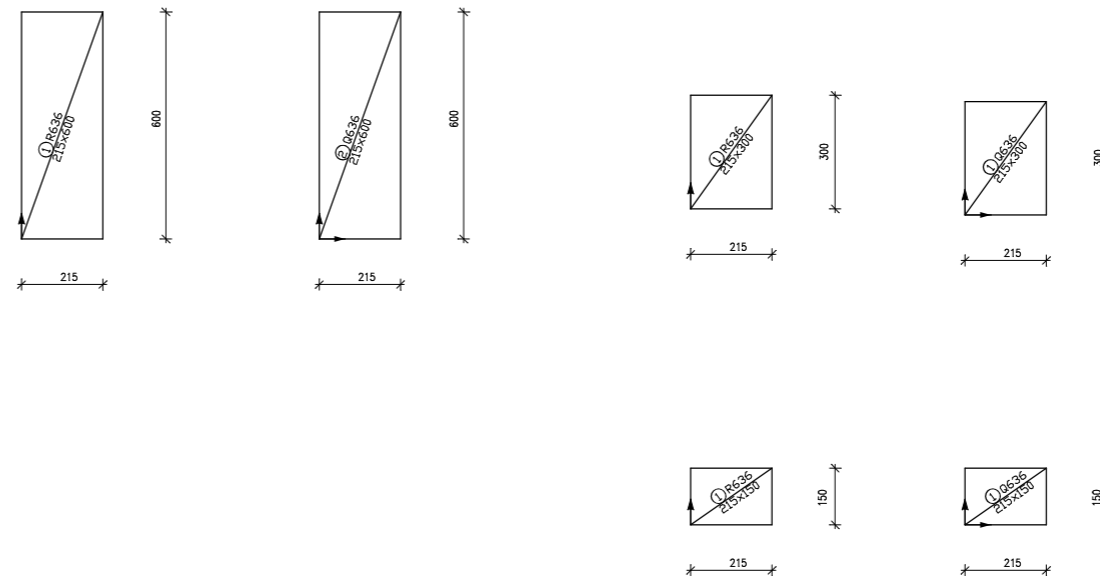
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ:	PLOČA GARAŽE- DONJA ZONA	MJERILO
DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	6

ARMATURA PLOČE GARAŽE (pozicija 100)-GORNJA ZONA


M 1:200



NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
 -R- mreže postaviti sa preklapima 20 cm ili većim,
 R i Q mreže sa preklapom 30 cm, a Q mreže sa preklapom 40cm
 -na rubovima ploča postavljati mreže R-636, na sjecištima zidova postaviti mrežu Q-636

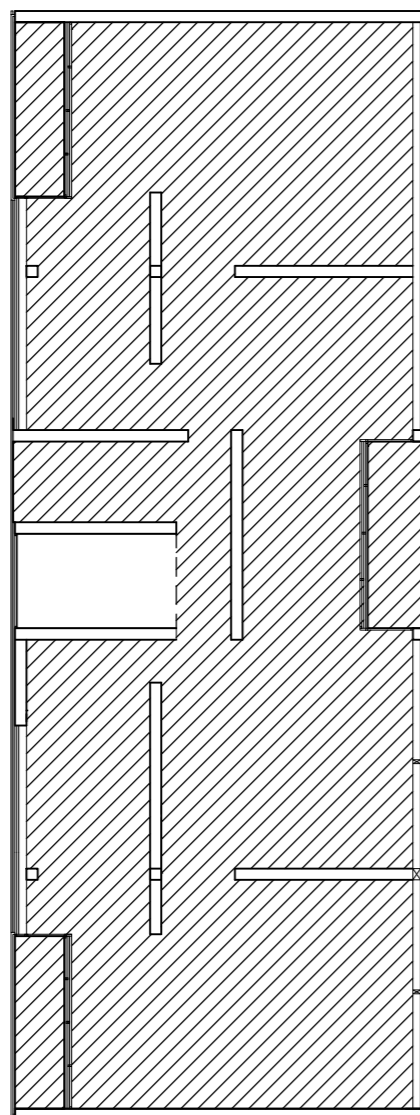


Beton: C25/30
 Armatura: B500B

 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU</p>	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ	PLOČA GARAŽE-GORNJA ZONA	MJERILO 1:200
	DATUM	16. srpnja 2021.	PRILOG 7

ARMATURA MEĐUKATNA PLOČA (pozicija 100) – DONJA ZONA

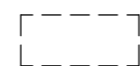
M 1:200



LEGENDA:

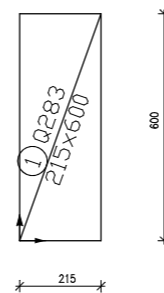


Q-283




otvor u ploči

NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
 -Mreže postaviti sa preklopom 40 cm ili većem



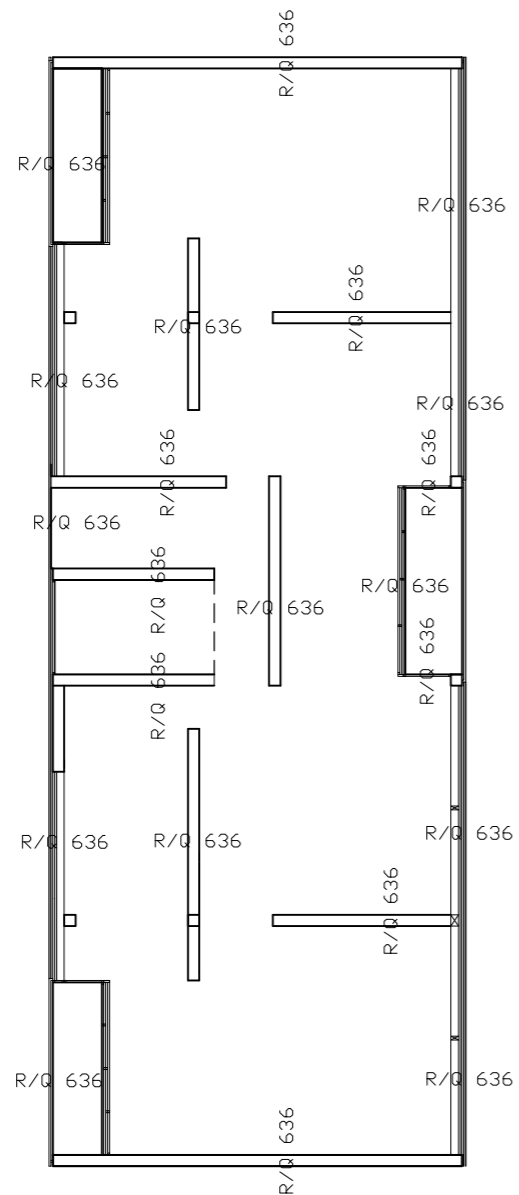
Beton: C25/30

Armatura: B500B

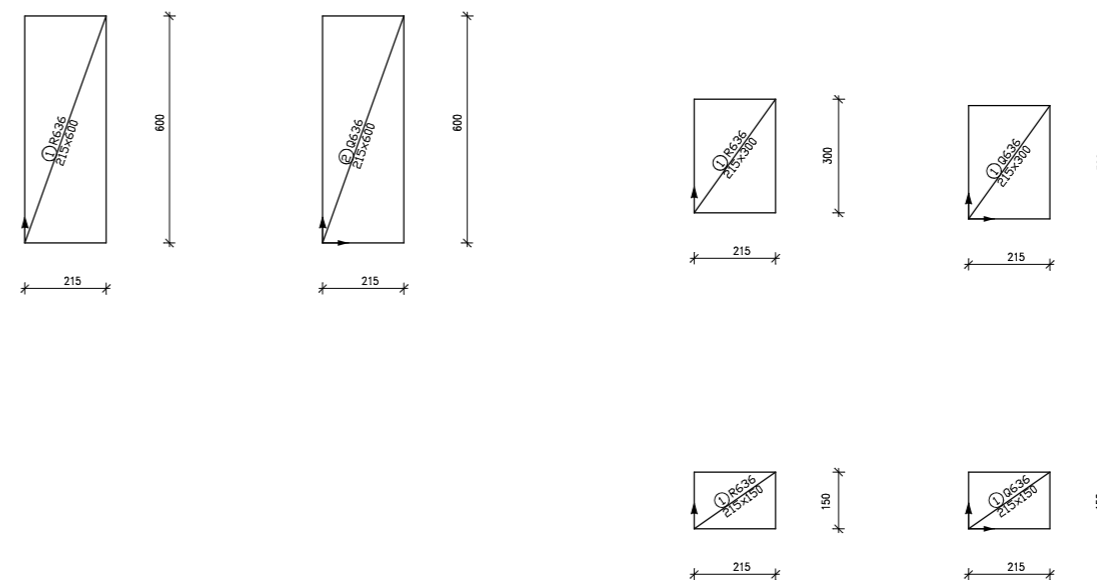
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ:	MEĐUKATNA PLOČA- DONJA ZONA	MJERILO
DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	8

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE (pozicija 100)-GORNJA ZONA

M 1:200



NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
 -R- mreže postaviti sa preklapima 20 cm ili većim,
 R i Q mreže sa preklapom 30 cm, a Q mreže sa preklapom 40cm
 -na rubovima ploča postavljati mreže R-636, na sjecištima zidova postaviti mrežu Q-636



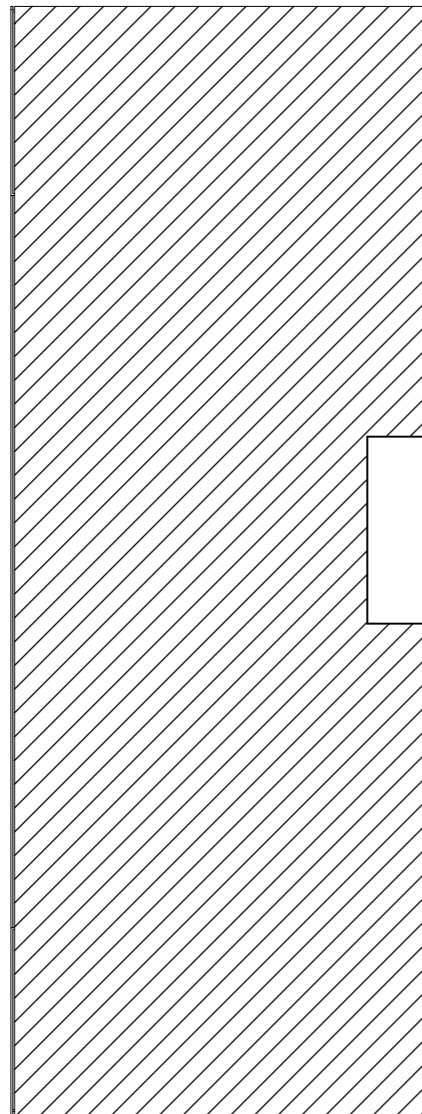
Beton: C25/30

Armatura: B500B

 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU</p>	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ:	MEĐUKATNA PLOČA-GORNJA ZONA	MJERILO
DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	9

ARMATURA KROVNE PLOČE (pozicija 100)-DONJA ZONA

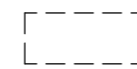
M 1:200



LEGENDA:

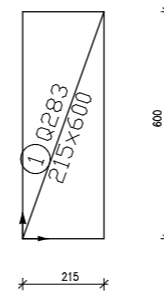


Q-283



otvor u ploči

NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
-Mreže postaviti sa preklopom 40 cm ili većem



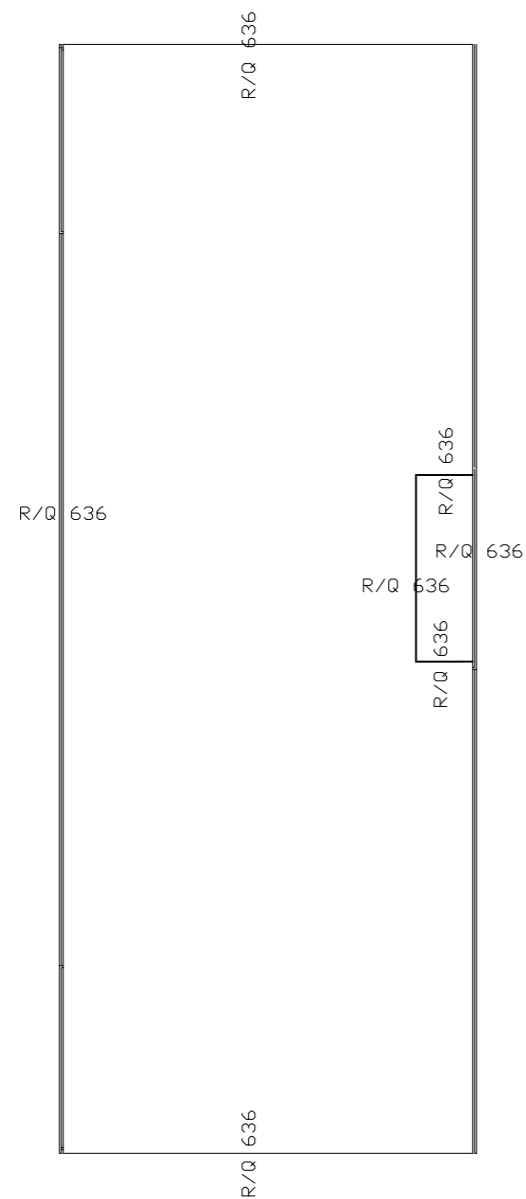
Beton: C25/30

Armatura: B500B

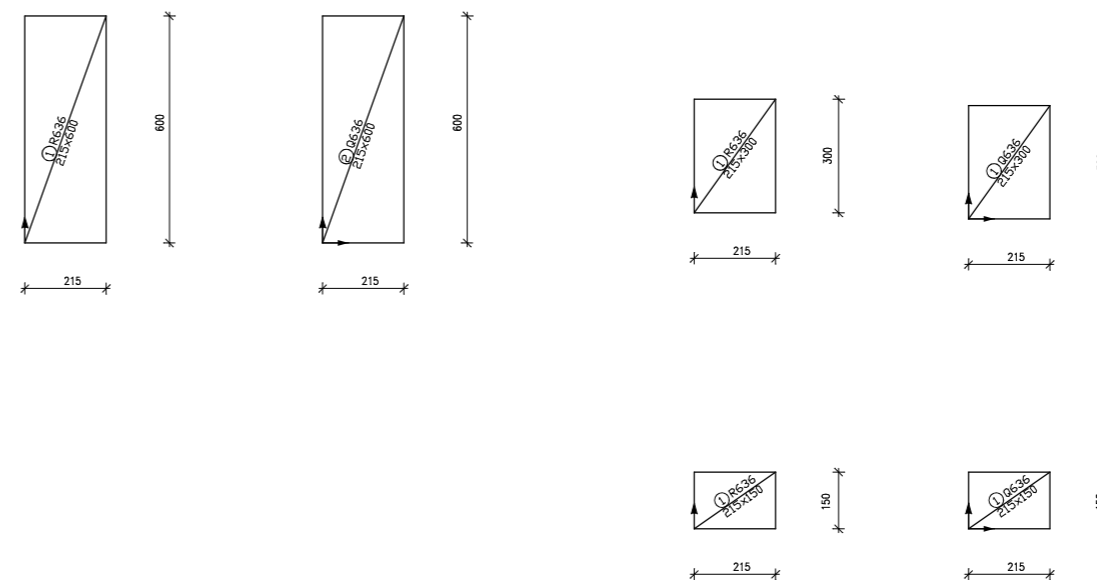
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ	KROVNA PLOČA-DONJA ZONA	MJERILO
DATUM	16. srpnja 2021.	PRILOG	10

ARMATURA KROVNE PLOČE (pozicija 100)-GORNJA ZONA

M 1:200



NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
 -R- mreže postaviti sa preklapima 20 cm ili većim,
 R i Q mreže sa preklapom 30 cm, a Q mreže sa preklapom 40cm
 -na rubovima ploča postavljati mreže R-636, na sjecištima zidova postaviti mrežu Q-636

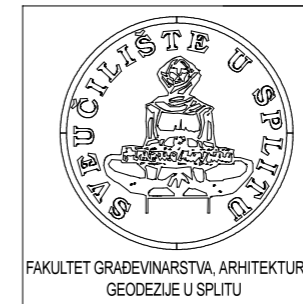
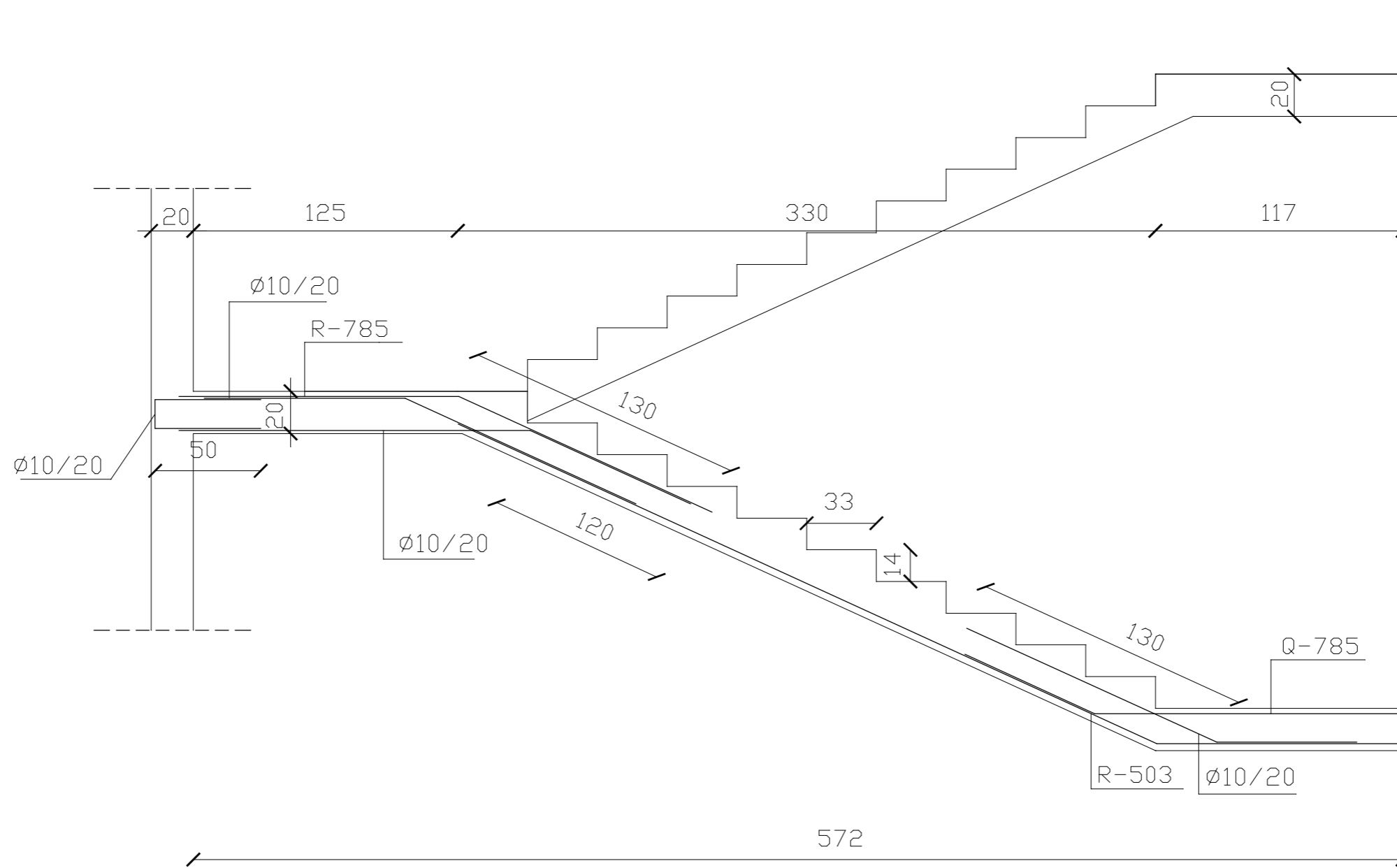


Beton: C25/30

Armatura: B500B

 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU</p>	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ:	KROVNA PLOČA-GORNJA ZONA	MJERILO
DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	11

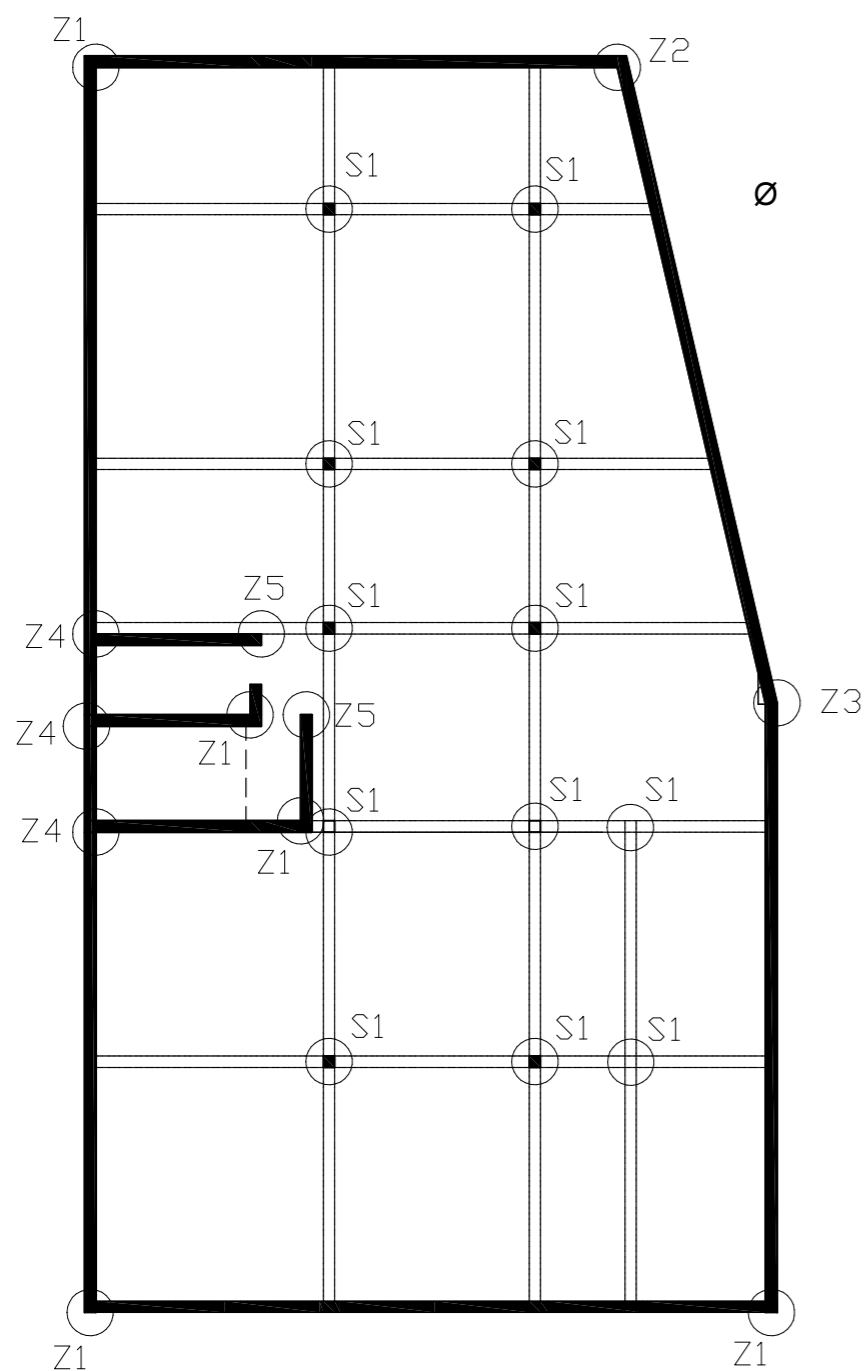
ARMATURA STUBIŠTA M 1:25



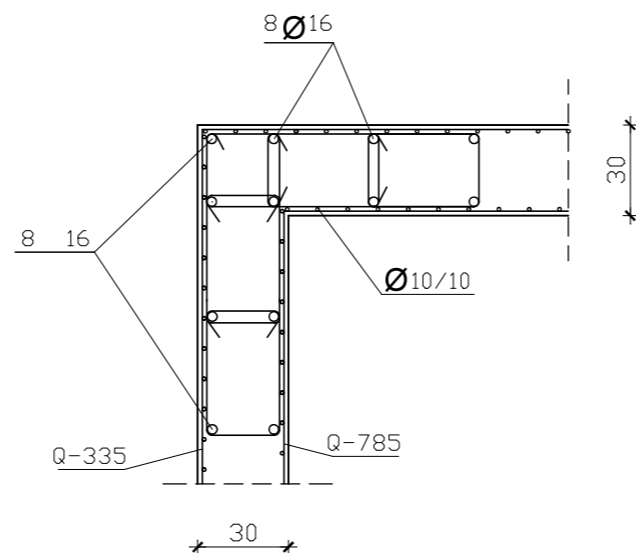
PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU		
STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak		
MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin		
SADRŽAJ	ARMATURA STUBIŠTA	MJERILO	1:25
DATUM	16. srpnja 2021.	PRILOG	12

ARMATURA ZIDOVA M 1:200, DETALJI M 1:25

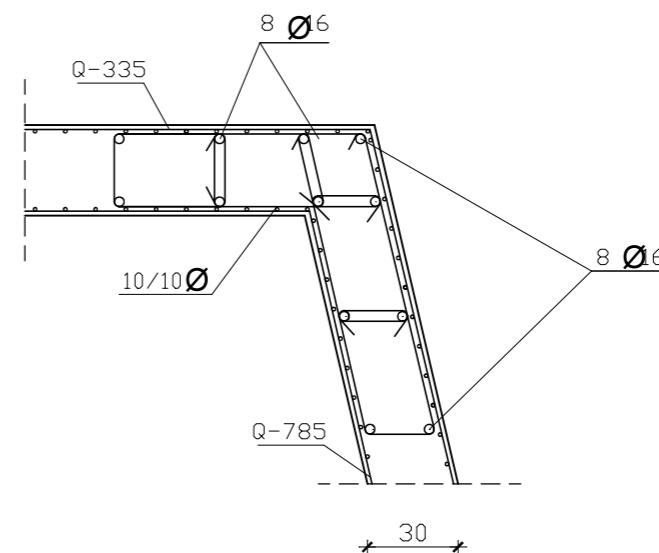
Shema karakterističnog tlocrta garaže



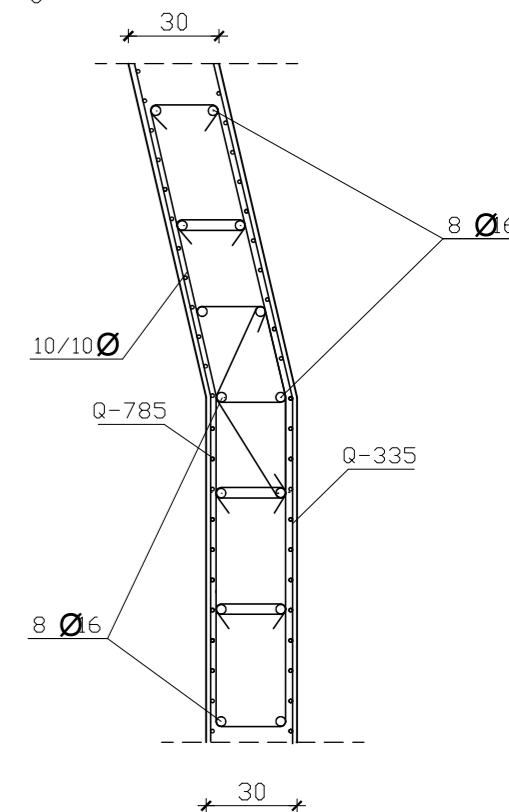
Detalj Z1



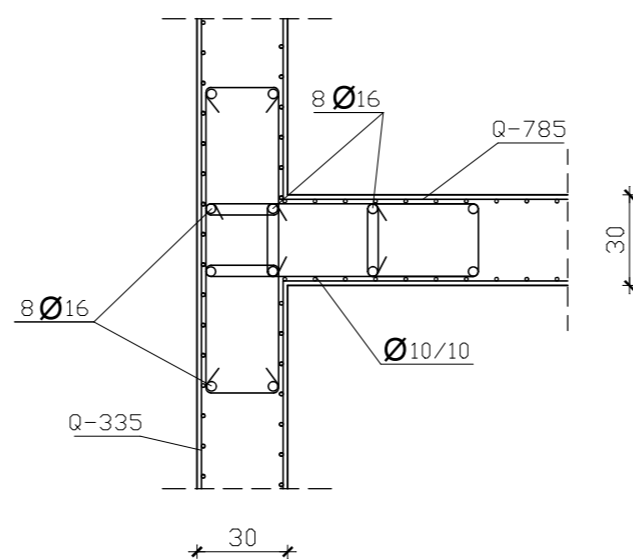
Detalj Z2



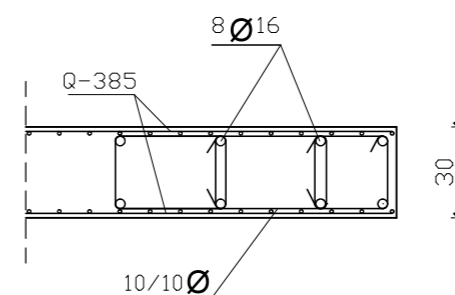
Detalj Z3



Detalj Z4



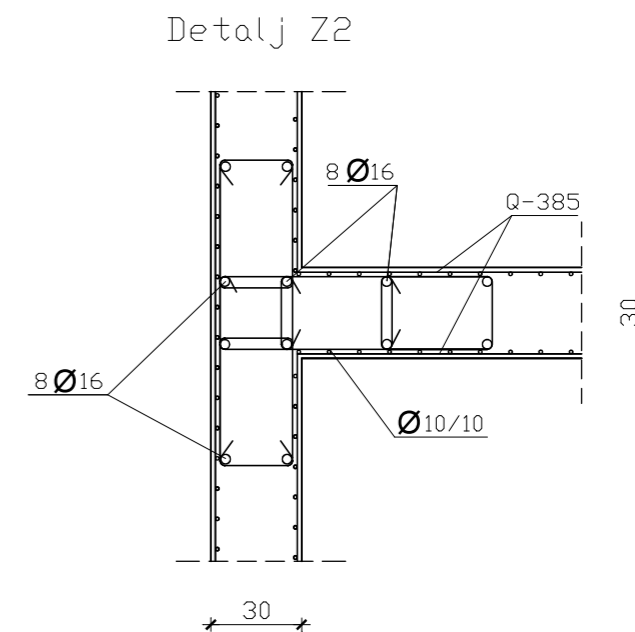
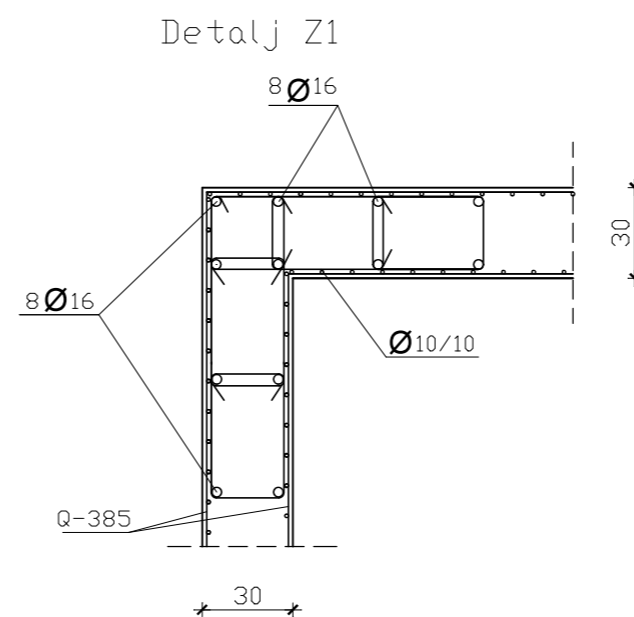
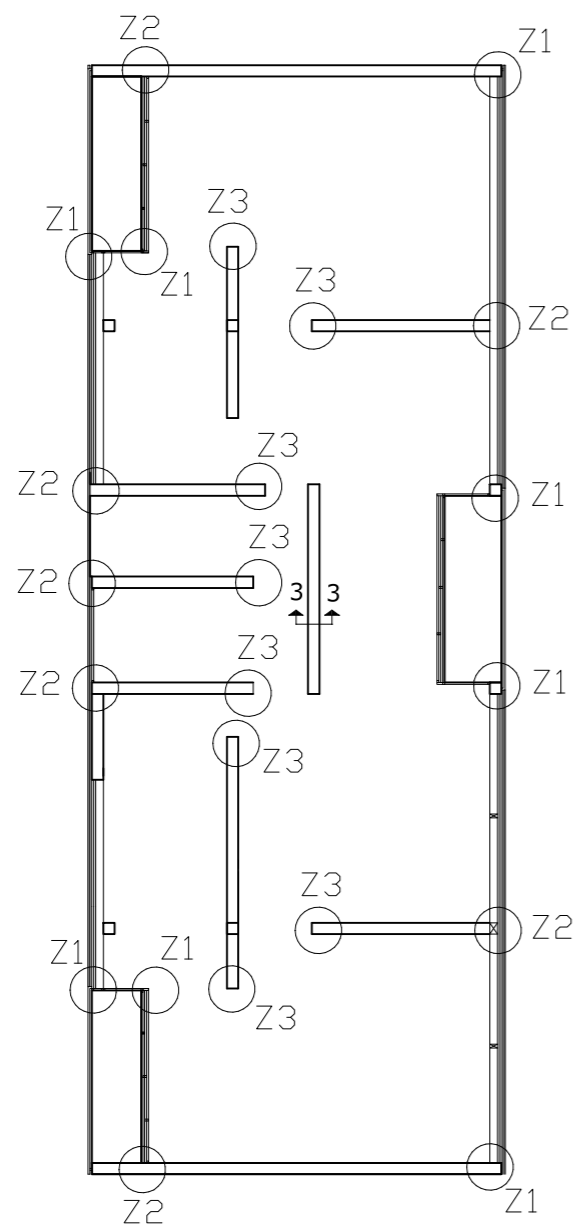
Detalj Z5



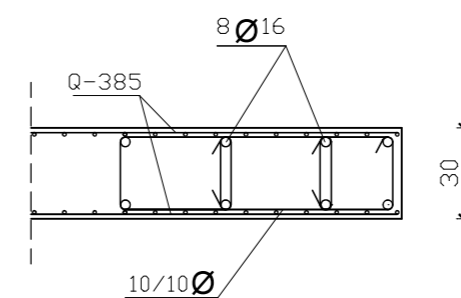
PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak	
MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
SADRŽAJ	ARMATURA ZIDOVA GARAŽE	MJERILO 1:25
DATUM	16. srpnja 2021.	PRILOG 13

ARMATURA ZIDOVA M 1:200, DETALJI M 1:25

Shema karakterističnog tlocrta katova



Detalj Z3

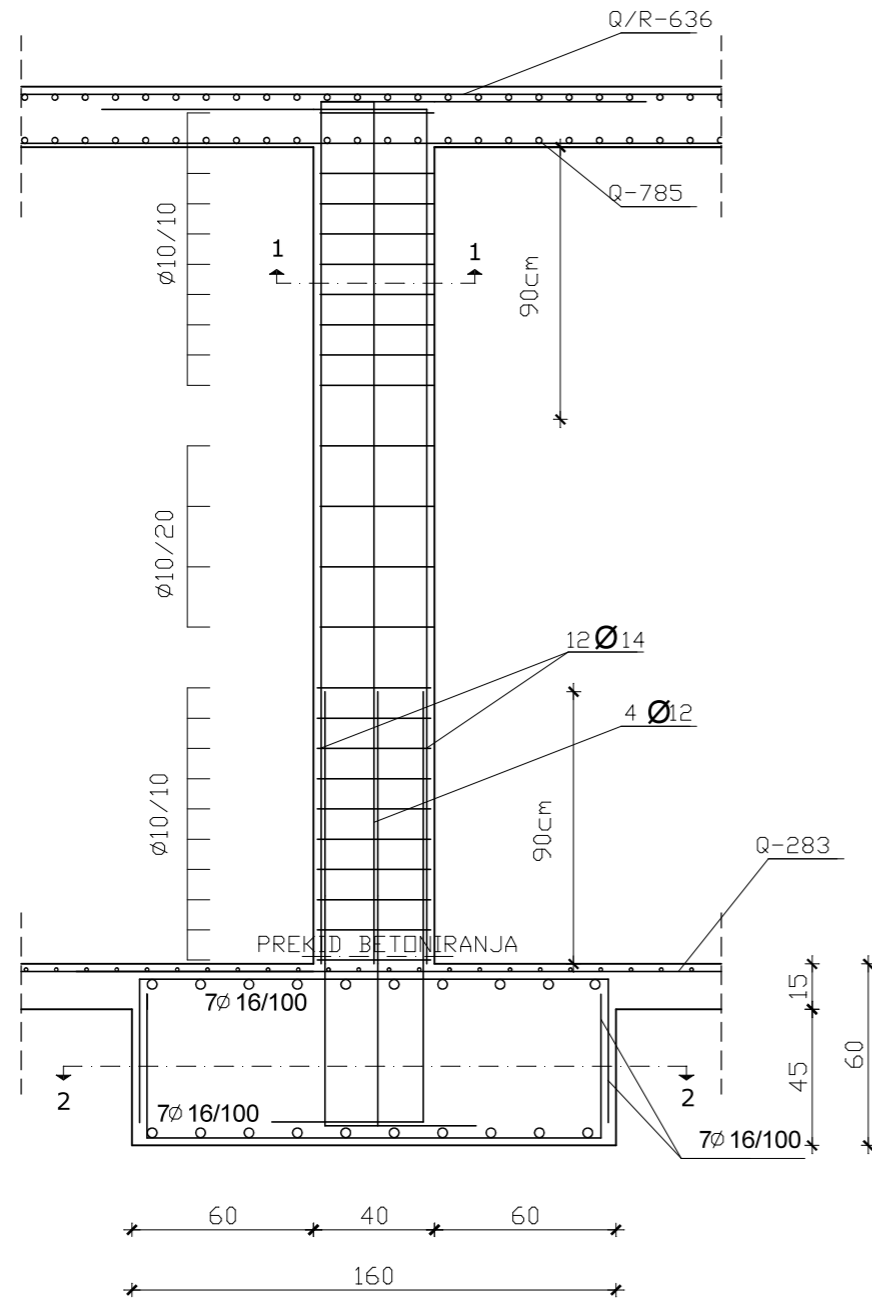


Napomena: Presjek 3-3 prikazan je u prilogu 15 sa pripadajućom armaturom zida i temelja

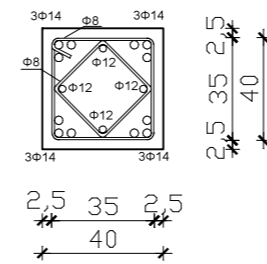
 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU</p>	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU		
	STUDENT:	Karmen Petreković-Dvorščak		
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin		
	SADRŽAJ:	ARMATURA ZIDOVA KATOVA	MJERILO	1:25
	DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	14

ARMATURA STUPOVA, ZIDOVA I TEMELJA STUPOVA M 1:25

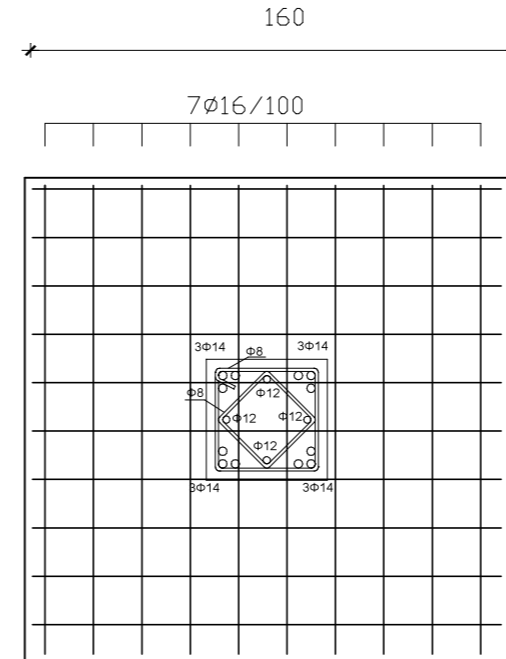
Armatura stupova M 1:25



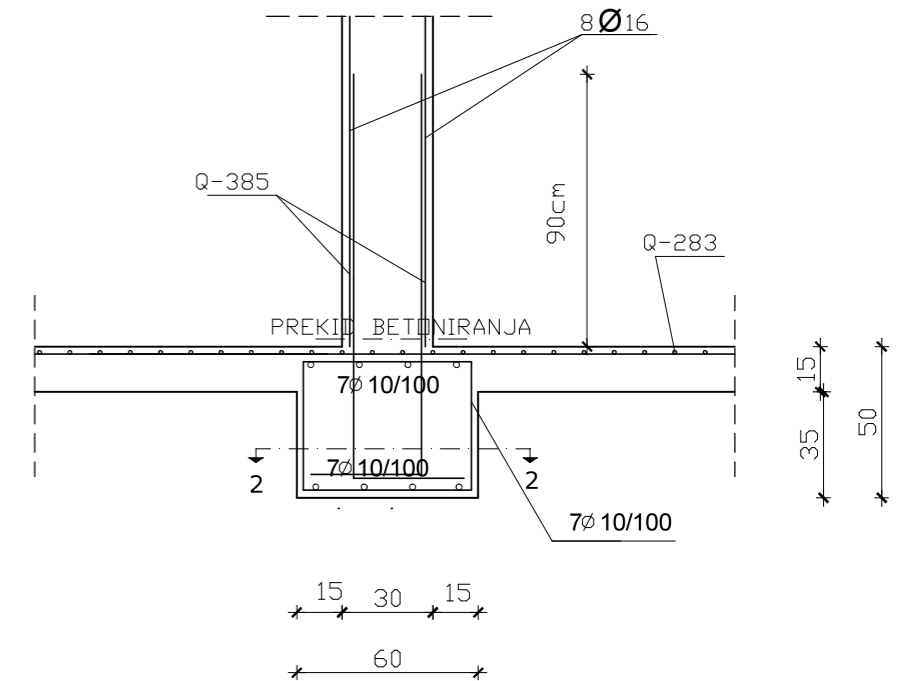
Presjek 1-1 M 1:25



Presjek 2-2 M 1:25



Presjek 3-3 M 1:25 ZID



Napomena: Stup klasa betna C40/50
 Temelj klasa betna C25/30

 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU</p>	PROGRAM:	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU	
	STUDENT:	Kamen Petreković-Dvorščak	
	MENTOR:	Prof. dr. sc. A. Harapin	
	SADRŽAJ:	ARMATURA STUPOVA I TEMELJA	MJERILO
DATUM:	16. srpnja 2021.	PRILOG	15