

Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

Stanić, Filomena

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:530925>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-01**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Filomena Stanić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Filomena Stanić

Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

Diplomski rad

Split, 2018.

Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

Sažetak:

U radu je prikazan glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu. Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom s armirano-betonskim temeljima, zidovima, gredama te armirano-betonskim pločama kao međukatnim konstrukcijama.

Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata , karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

Ključne riječi:

glavni projekt, poslovno-stambena zgrada, monolitna izvedba, tehnički opis, numerički model, proračun, međukatna konstrukcija, zidovi, armatura

Main design of the business and residential building in Omiš

Abstract:

Main design of the business and residential building, which is positioned in Omiš, is presented in this work. Building is made of reinforced concrete in monolithic construction with reinforced concrete foundations, walls, beams and reinforced concrete plates as a ceiling slabs. The project contains a technical description of the construction, calculation of load-bearing structural elements and specific building plans and reinforcement plans.

Keywords:

main design, business and residential building, monolithic construction, technical description, numerical model, calculation, floor slab, walls, reinforcement bar

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Filomena Stanić

BROJ INDEKSA: 648

KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**

PREDMET: Betonske konstrukcije

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Glavni projekt poslovno - stambene zgrade u Omišu

Opis zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt poslovno – stambene zgrade. Izrađeni projekt mora sadržavati:

- Tehnički opis
- Plan kontrole i osiguranje kvalitete
- Proračune
- Građevinske nacрте

U Splitu, ožujak 2018.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Nikola Grgić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:
Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Sadržaj

1	TEHNIČKI OPIS	1
1.1	Općenito o konstrukciji.....	1
1.1.1	Oblik i veličina građevne čestite	2
1.1.2	Namjena građevine.....	2
1.2	Opis nosive konstrukcije.....	3
1.2.1	Temelji.....	3
1.2.2	Zidovi	3
1.2.3	Grede	3
1.2.4	Međukatne konstrukcije	3
1.3	Osnovna djelovanja i kombinacije.....	4
1.3.1	Osnovna djelovanja	4
1.3.2	Osnovne kombinacije djelovanja	5
1.4	Konstruktivni materijali.....	7
1.4.1	Beton	7
1.4.2	Betonski čelik	8
1.5	Pravilnici i norme	8
1.6	Plan kontrole i osiguranja kvalitete	9
1.6.1	Opće napomene	9
1.6.2	Betonski i armirano betonski radovi	9
1.6.3	Ostali radovi i materijali.....	11
1.6.4	Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole	12
1.7	Posebni tehnički uvjeti.....	14
1.7.1	Oplate i skele	14
1.7.2	Transport i ugradnja betona.....	15
1.7.3	Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama	16
1.7.4	Betoniranje pri niskim temperaturama	16

1.8	Obaveze izvođača	17
1.9	Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja	17
1.10	Geometrija.....	18
2	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	22
2.1	Ravni krov (POZ 500)	22
2.1.1	Stalno opterećenje	22
2.1.2	Korisno opterećenje.....	23
2.2	Kosi krov – drveni	23
2.2.1	Stalno opterećenje	23
2.2.2	Promjenjiva opterećenja	24
2.3	Međukatna konstrukcija I (POZ 200)	32
2.3.1	Parket.....	32
2.3.2	Keramika	33
2.4	Međukatna konstrukcija II (POZ 300, 400, 500).....	35
2.4.1	Parket.....	35
2.4.2	Keramika	36
2.5	Pod prizemlja – poslovni prostori.....	37
2.5.1	Stalno opterećenje	37
2.5.2	Korisno opterećenje.....	38
2.6	Stubište	39
2.6.1	Stalno opterećenje	39
2.6.2	Korisno opterećenje.....	39
2.7	Promjenjiva opterećenja	40
2.7.1	Opterećenje snijegom	40
2.7.2	Opterećenje vjetrom	41
2.8	Izvanredno opterećenje	51
2.8.1	Seizmičko opterećenje S_x i S_y	51

3	NUMERIČKI MODEL I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA	55
3.1	Numerički model	55
3.2	Kombinacije opterećenja	55
3.2.1	Granično stanje uporabljivosti.....	55
3.2.2	Granično stanje nosivosti	56
4	MODALNA ANALIZA	57
4.1	Prikaz aktivacije masa	57
4.2	Grafički prikaz deformacija uslijed nekoliko modova osciliranja.....	59
5	DIMENZIONIRANJE AB PLOČA	61
5.1	Prikaz opterećenja.....	61
5.1.1	Dodatno stalno opterećenje	61
5.1.2	Korisno opterećenje.....	62
5.2	Pozicija 500 – krovna ploča.....	63
5.2.1	Rezultati proračuna.....	63
5.2.2	Dimenzioniranje na savijanje	64
5.2.3	Kontrola pukotina.....	66
5.2.4	Kontrola progiba.....	70
5.3	Pozicija 400	73
5.3.1	Rezultati proračuna.....	73
5.3.2	Dimenzioniranje na savijanje	74
5.3.3	Kontrola pukotina.....	76
5.3.4	Kontrola progiba.....	80
5.4	Pozicija 300	83
5.4.1	Rezultati proračuna.....	83
5.4.2	Dimenzioniranje na savijanje	84
5.4.3	Kontrola pukotina.....	86
5.4.4	Kontrola progiba.....	90

5.5	Pozicija 200	93
5.5.1	Rezultati proračuna.....	93
5.5.2	Dimenzioniranje na savijanje	94
5.5.3	Kontrola pukotina.....	96
5.5.4	Kontrola progiba.....	100
5.6	Pozicija 100	103
5.6.1	Rezultati proračuna.....	103
5.6.2	Dimenzioniranje na savijanje	104
5.6.3	Kontrola pukotina.....	106
5.6.4	Kontrola progiba.....	110
6	DIMENZIONIRANJE AB GREDA	114
6.1	Greda 1.....	116
6.1.1	Rezultati proračuna.....	116
6.1.2	Dimenzioniranje na savijanje	117
6.1.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	118
6.1.4	Kontrola pukotina.....	120
6.1.5	Kontrola progiba.....	122
6.2	Greda 2.....	124
6.2.1	Rezultati proračuna.....	124
6.2.2	Dimenzioniranje na savijanje	125
6.2.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	127
6.2.4	Kontrola pukotina.....	128
6.2.5	Kontrola progiba.....	131
6.3	Greda 3.....	133
6.3.1	Rezultati proračuna.....	133
6.3.2	Dimenzioniranje na savijanje	134
6.3.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	135

6.3.4	Kontrola pukotina.....	137
6.3.5	Kontrola progiba.....	139
6.4	Greda 4.....	141
6.4.1	Rezultati proračuna.....	141
6.4.2	Dimenzioniranje na savijanje	142
6.4.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	143
6.4.4	Kontrola pukotina.....	145
6.4.5	Kontrola progiba.....	147
6.5	Greda 5.....	149
6.5.1	Rezultati proračuna.....	149
6.5.2	Dimenzioniranje na savijanje	150
6.5.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	151
6.5.4	Kontrola pukotina.....	153
6.5.5	Kontrola progiba.....	155
6.6	Greda 6.....	157
6.6.1	Rezultati proračuna.....	157
6.6.2	Dimenzioniranje na savijanje	158
6.6.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	159
6.6.4	Kontrola pukotina.....	161
6.6.5	Kontrola progiba.....	163
7	DIMENZIONIRANJE AB ZIDOVA.....	165
7.1	Zid Z1	165
7.1.1	Rezultati proračuna.....	166
7.1.2	Proračun zida Z1 unutar kritičnog područja.....	167
7.1.3	Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja.....	168
7.1.4	Proračun nosivosti na popečnu silu	169
7.2	Zid Z2	171

7.2.1	Rezultati proračuna.....	171
7.2.2	Proračun zida Z1 unutar kritičnog područja.....	172
7.2.3	Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja.....	173
7.2.4	Proračun nosivosti na popečnu silu	174
8	DIMENZIONIRANJE AB STUBIŠTA	176
8.1	Rezultati proračuna.....	176
8.2	Dimenzioniranje na moment savijanja	176
9	DIMENZIONIRANJE TEMELJNE TRAKE	178
9.1	Rezultati proračuna.....	178
9.1.1	Plan pozicija	179
9.1.2	Prikaz naprezanja u tlu od seizmičke kombinacije	179
9.2	Kontrola naprezanja u tlu.....	180
9.3	Dimenzioniranje na moment savijanja	181
10	DIMENZIONIRANJE DRVENE KROVNE KONSTRUKCIJE	182
10.1	Prikaz opterećenja	182
10.2	Ulazni parametri.....	184
10.3	DIMENZIONIRANJE ROGOVA	185
10.3.1	Rezultati proračuna.....	185
10.3.2	Provjera roga na savijanje s bočnim izvijanjem i tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem	187
10.3.3	Provjera roga na posmik.....	189
10.3.4	Provjera roga na progibe	190
10.4	DIMENIONIRANJE VEZNE GREDE	192
10.4.1	Rezultati proračuna.....	192
10.4.2	Provjera vezne grede na savijanje s bočnim izvijanjem i tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem	194
10.4.3	Provjera vezne grede na posmik.....	197
10.4.4	Provjera vezne grede na progibe	197

11	GRAFIČKI PRILOZI.....	199
11.1	Tlocrt temelja	199
11.2	Tlocrt prizemlja.....	199
11.3	Tlocrt 1. kata	199
11.4	Tlocrt 2. kata	199
11.5	Tlocrt 3. kata	199
11.6	Tlocrt 4. kata	199
11.7	Tlocrt krovnih ploha.....	199
11.8	Poprečni presjek A-A.....	199
11.9	Jugozapadno pročelje	199
11.10	Jugoistočno pročelje.....	199
11.11	Sjeveroistočno pročelje	199
11.12	Sjeverozapadno pročelje	199
11.13	Plan pozicije 100	199
11.14	Plan pozicije 200	199
11.15	Plan pozicije 300	199
11.16	Plan pozicije 400	199
11.17	Plan pozicije 500	199
12	ARMATURNI NACRTI.....	200
12.1	Armatura ploče pozicije 100 - donja zona	200
12.2	Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona.....	200
12.3	Iskaz količine armature za ploču pozicije 100	200
12.4	Armatura ploče pozicije 200 - donja zona	200
12.5	Armatura ploče pozicije 200 - gornja zona.....	200
12.6	Iskaz količine armature za ploču pozicije 200	200
12.7	Armatura ploče pozicije 300 - donja zona	200
12.8	Armatura ploče pozicije 300 - gornja zona.....	200

12.9	Iskaz količine armature za ploču pozicije 300	200
12.10	Armatura ploče pozicije 400 - donja zona	200
12.11	Armatura ploče pozicije 400 - gornja zona	200
12.12	Iskaz količine armature za ploču pozicije 400	200
12.13	Armatura ploče pozicije 500 - donja zona	200
12.14	Armatura ploče pozicije 500 - gornja zona	200
12.15	Iskaz količine armature za ploču pozicije 500	200
12.16	Armatura greda	200
12.17	Iskaz količine armature za grede	200
12.18	Armatura stubišta	200
12.19	Armatura zida Z1 s temeljnom stopom	201
12.20	Iskaz količine armature za zid Z1	201
13	LITERATURA	202

1 TEHNIČKI OPIS

1.1 Općenito o konstrukciji

U Ulici Fošal u Omišu nalazi se građevinska čestica na kojoj investitor ima namjeru izgraditi poslovno-stambenu zgradu.

Građevinska parcela površine je cca 1646 m². Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu, a vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji, izrađeno je arhitektonsko rješenje samostojećeg poslovno-stambenog objekta.

Vertikalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonski zidovi. Međukatnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonske ploče.

Građevina se nalazi u VII. potresnoj zoni (moguće ubrzanje tla je 0,226 g, tj. u kojoj se za povratni period od 500 godina očekuje pojava potresa VII^o MCS skale), I. području opterećenja vjetrom (osnovna brzina vjetra je 35 m/s) i području A opterećenja snijegom (opterećenje iznosi 0.112 kN/m²).

U konstrukciji horizontalne (seizmičke, sile od vjetra) sile preuzimaju većim dijelom zidovi, a dijelom međukatna ploča. Za prilaz na etaže služe unutarnja ab stepeništa, debljine nosive ploče d=15,0 cm.

U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno ($\geq 0.1\%$ površine betonskog presjeka). Nosivo tlo je nekoherentno krupnozrnato tlo čija granična nosivost nakon izgradnje stupnjaka iznosi 200 kPa.

Ovaj glavni projekt usklađen je sa svim prostorno – planskim parametrima s važećom lokacijskom dozvolom, formiranje čestice, namjena građevine, veličina i površina građevine, izgrađenost, visina, etažnost, smještaj građevine na građevnoj čestici, uređenje čestice.

1.1.1 Oblik i veličina građevne čestite

Novoformirana parcela sastoji se od dvije katastarske čestice nepravilnog oblika i površine k.č. 492/1, 492/2 k.o. Omiš iznosi cca 1646 m². Tlocrtna površina objekta je 274 m².



Slika 1.1 Situacija poslovno-stambene zgrade

1.1.2 Namjena građevine

Namjena građevine je poslovno stambena. Sadržaji građevine podijeljeni su prema katovima zgrade. Sjeveroistočni dio zgrade ima 4 etaže s visinom katova 2.90 m, zadnja etaža smještena je u potkrovlju pa je maksimalna visina 3.80 m.

Jugozapadni dio zgrade ima 5 etaža s visinom prizemlja 3.04 m, prvog kata 3.0 m i zadnje tri etaže visine 2.65 m.

Vertikalna komunikacija je ostvarena dvokrakim stubištima i liftom.

U prizemlju građevine predviđeni su poslovni prostori, a gornji katovi imaju stambenu namjenu sa po tri stana na prvom katu, po dva stana na drugom i trećem katu, i jednim stanom na zadnjem katu jugozapadnog dijela zgrade.

1.2 Opis nosive konstrukcije

1.2.1 Temelji

Radi trajne stabilizacije mekog tla predviđeni su stupnjaci (jet grouting). Jet grouting je metoda poboljšanja tla kojom se injekcijska smjesa pod velikim brzinama upumpava u okolno tlo. Na taj način nastaju stupovi promjera 0,6-1,2 m.

Računska granična nosivost tla nakon izgradnje stupnjaka iznosi $\sigma_{R,d}=200$ kPa, što je nakon iskopa temelja potrebno utvrditi ispitivanjem. Objekt se temelji na način da se armiranbetonski zidovi temelje na temeljnim trakama. Predviđen je beton C30/37 $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm armiran s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 5 cm.

1.2.2 Zidovi

Svi zidovi su izvedeni od betona C35/45 i armirani s B-500B, sa potrebnim hidro-termičkim slojevima, debljine 20 cm. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3 cm.

1.2.3 Grede

Sve grede su izvedene od betona C35/45 i armirane s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3 cm.

Grede su u sklopu zidova, koji čine okvir za prijenos horizontalnog i vertikalnog opterećenja.

1.2.4 Međukatne konstrukcije

Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore križno armirane betonske ploče. Sve AB nosive ploče su debljine 15 cm. Izvode se iz betona klase C35/45 i armiraju armaturnim mrežama B500B.

1.3 Osnovna djelovanja i kombinacije

1.3.1 Osnovna djelovanja

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

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
G	Stalno djelovanje. Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd.
Q1	Promjenjivo djelovanje: Stambeni prostori 2.00 kN/m ² Stubište 3.00 kN/m ²
Q2	Snijeg: područje opterećenja snijegom: A nadmorska visina: 0 m n.m. karakteristična vrijednost snijega na tlu: $s_k = 0,14$ kN/m ² opterećenje snijegom na krovu: $s = \mu_1 C_e C_{it} s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 0,14 =$ $s = 0,112$ kN/m ²
w	Vjetar: područje II. $V_{ref,0} = 35$ m/s koeficijent položaja ($h=13,5$ (m), III. kategorija zemljišta): $c_e(z) = 1,95$ poredbeni tlak: $q_{ref} = \rho_{zraka} * v_{ref}^2 / 2 = 1,25 * (35^2) / 2 / 1000 =$ $q_{ref} = 0,765$ kN/m ² koeficijent vanjskog tlaka: $c_{pe} \cong 0,8$ koeficijent unutarnjeg tlaka: $c_{pi} \cong 0,8$ tlak vjetra na vanjske vertikalne površine: $w_e = q_{ref} * c_e(z) * c_{pe}$ tlak vjetra na unutarnje vertikalne površine: $w_i = q_{ref} * c_e(z) * c_{pi}$
S	Potres: seizmička zona: VII. računsko ubrzanje tla: $a_g = 0,226$ m/s ² razred tla: C faktor ponašanja: $q = 3,00$ faktor važnosti građevine: $\gamma_I = 1,0$

1.3.2 Osnovne kombinacije djelovanja

Granično stanje uporabljivosti

Oznaka kombinacije	Parcijalni faktor za opterećenje	Koristi se za:	Parcijalni faktor za materijale
GSU-1	osnovna kombinacija: $1.0(g+\Delta g)+1.0q$	proračun progiba i pukotina a-b ploča	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSU-2	osnovna kombinacija: $1.0(g+\Delta g)+1.0s$	proračun progiba i pukotina a-b ploča	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSU-3	$1.0(g+\Delta g)+1.0(W_1+S)$	proračun progiba drvene krovne konstrukcije	Uporabna klasa 1 Kratkotrajno opterećenje: $k_{mod}=0,9$ $\gamma_M=1.3$
GSU-4	$1.0(g+\Delta g)+1.0(W_2+S)$	proračun progiba drvene krovne konstrukcije	Uporabna klasa 1 Kratkotrajno opterećenje: $k_{mod}=0,9$ $\gamma_M=1.3$
GSU-5	$1.0(g+\Delta g)+1.0W_1$	proračun progiba drvene krovne konstrukcije	Uporabna klasa 1 Kratkotrajno opterećenje: $k_{mod}=0,9$ $\gamma_M=1.3$
GSU-6	$1.0(g+\Delta g)+1.0W_2$	proračun progiba drvene krovne konstrukcije	Uporabna klasa 1 Kratkotrajno opterećenje: $k_{mod}=0,9$ $\gamma_M=1.3$

Granično stanje nosivosti

Oznaka kombinacije	Parcijalni faktor za opterećenje	Koristi se za:	Parcijalni faktor za materijale
GSN-1	osnovna kombinacija: $1.35(g+\Delta g)+1.5s$	proračun ploča, stupova, greda i zidova na vertikalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSN-2	osnovna kombinacija: $1.35(g+\Delta g)+1.5w_x$	proračun ploča, stupova, greda i zidova na vertikalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSN-3	osnovna kombinacija: $1.35(g+\Delta g)+1.5w_y$	proračun zidova i stupova na horizontalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.3$ čelik: $\gamma_s=1.0$
GSN-4	osnovna kombinacija: $1.35(g+\Delta g)+1.5q$	proračun zidova i stupova na horizontalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSN-5	osnovna kombinacija: $1.35(g+\Delta g)+1.5q+0.9(1.5)S$	proračun zidova i stupova na horizontalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSN-6	Potres: $1.0(g+\Delta g)+0.3q+1.0S_x$	proračun zidova i stupova na djelovanje potresa kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSN-7	Potres: $1.0(g+\Delta g)+0.3q+1.0S_y$	proračun zidova i stupova na djelovanje potresa kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$

1.4 Konstruktivni materijali

1.4.1 Beton

Projekt betona za sve konstruktivne elemente, odnosno za sve betone, treba izraditi Izvoditelj i dostaviti ga na suglasnost Projektantu. Projekt betona treba izraditi stručna osoba, detaljno i sveobuhvatno.

U njemu treba precizno definirati za svaki element, odnosno za svaki različiti beton:

- fizikalno-mehanička svojstva (kakvoću)
- sastav (mješavinu)
- vodocementni faktor (konzistenciju)
- dodatke (superplastifikatori, ubrzivači, dodaci za prionjivost, dodaci za bubrenje i sl.)
- način proizvodnje, transporta i ugradnje
- način zbijanja (vibriranja)
- njegu
- obradu spojnica (nastavci betoniranja)
- posebne zahtjeve, specifičnosti i sl.

U nastavku će se dati okvirne smjernice i zahtjevi koje treba uvažiti projekt betona, odnosno koje treba poštivati Izvoditelj.

Ivice elemenata trebaju biti precizno izvedene, ravne i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elemenata, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacije u betonu. U slučaju eventualne segregacije, nisu dopuštena “krpanja” cementnim mortom. Sanacije takvih ploha treba obaviti stručno, prema posebnim rješenjima. Voditi računa o adekvatnoj ugradnji i njezi betona.

Osobito treba voditi računa o adekvatnoj njezi betona prvih 2-3 dana da se ne pojave štetne pukotine od skupljanja. Nisu propisani posebni zahtjevi na otpornost betona na mraz i vodo/zrako-propusnost. Oni su posredno obuhvaćeni kroz zahtijevanu kakvoću (čvrstoću) betona. U načelu se koriste uobičajeni beton C 35/45. Za sve podbetone (podloge) koristi se beton C 12/15. Za betone C 35/45 koristiti superplastifikatore.

(i) Zidovi, grede, ploče, stupovi

Za sve nove elemente predviđen je beton C 35/45, ϕ agr ϕ 32 mm.

1.4.2 Betonski čelik

Kao armatura koristi se betonski čelik B500B (prema TPBK) za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 3.0 – 7.0 cm.

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distancera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

1.5 Pravilnici i norme

Prilikom izrade predmetne projektne dokumentacije primijenjeni su sljedeći pravilnici i normativi:

- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (N.N. 76/07)
- Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 101/05; 74/06; 85/06; 64/07)
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata (Sl. list 15/90)
- Zakon o zaštiti od požara (N.N. 58/93; 107/07)
- Zakon o zaštiti na radu (N.N. 59/96; 94/96; 114/03; 86/08)
- EN 1991 Eurokod 1 Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije
- EN 1992 Eurokod 2 Proračun betonskih konstrukcija
- EN 1998 Eurokod 8 Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje

Sva opterećenja uzeta prema:

- HRN ENV 1991-2-1 stalno i uporabno opterećenje
- HRN ENV 1991-2-4 opterećenje vjetrom
- HRN ENV 1998-1-1 potresno opterećenje

Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Na osnovi ovog projekta potrebno je izraditi izvedbeni projekt sa svim relevantnim detaljima i dati ga na usvajanje projektantu ovog projekta. Također, za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

1.6 Plan kontrole i osiguranja kvalitete

1.6.1 Opće napomene

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o građenju (N.N. br. 173/03), kojim su propisana tehnička svojstva bitna za građevinu.

Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija Projektanta. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna nazočnost nadzornog inženjera, kontinuirani geodetski nadzor, te povremeni projektantski nadzor.

1.6.2 Betonski i armirano betonski radovi

1.6.2.1 Beton

Sve komponente betona (agregat, cement, voda, dodaci), te beton kao materijal, trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Izvoditelj je dužan izraditi projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta.

Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona, a u svemu sukladno s: Tehnički propis za betonske konstrukcije, te svim pratećim normativima

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1.

Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije.

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrnulog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima.

Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora.

Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

1.6.2.2 *Betonski čelik*

Betonski čelik treba udovoljavati zahtjevima važećih propisa. Za čelik za armiranje primjenjuju se norme:

- nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
- nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
- nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
- nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
- nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
- nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodataka ZA norme nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje odnosno čelika za prednapinjanje, provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1.

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B 500B u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

1.6.2.3 Prekidi betoniranja

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

1.6.3 Ostali radovi i materijali

Svi materijali i proizvodi koji se ugrađuju u objekt trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve se upotrijebljene materijale provode tekuća i kontrolna ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Izvedba svih radova treba biti ispravna, kvalitetna i pod stalnim stručnim nadzorom. Za svako odstupanje primijenjenog gradiva ili gotovog proizvoda od projekta, potrebna je suglasnost Projektanta i Investitora.

Za vrijeme izvođenja radova potreban je stalni tehnički nadzor. Preporuča se stalni kvalificirani nadzor građevinske struke koji će moći realizirati sve postavke iz ovog proračuna.

1.6.4 Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole

1.6.4.1 Norme za beton – osnovne norme

HRN EN 206-1:2002	Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000)
HRN EN 206-1/A1:2004	Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)
nHRN EN 206-1/A2	Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/prA2:2004)

1.6.4.2 Norme za beton - ostale norme

HRN EN 12350-1	Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
HRN EN 12350-2	Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
HRN EN 12350-3	Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
HRN EN 12350-4	Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
HRN EN 12350-5	Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
HRN EN 12350-6	Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća
HRN EN 12350-7	Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
HRN EN 12390-1	Ispitivanje očvrslulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
HRN EN 12390-2	Ispitivanje očvrslulog betona – 2. dio: Izrada i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
HRN EN 12390-3	Ispitivanje očvrslulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
HRN EN 12390-6	Ispitivanje očvrslulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
HRN EN 12390-7	Ispitivanje očvrslulog betona – 7. dio: Gustoća očvrslulog betona
HRN EN 12390-8	Ispitivanje očvrslulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
prCEN/TS 12390-9	Ispitivanje očvrslulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
ISO 2859-1	Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine
ISO 3951	Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti
HRN U.M1.057	Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
HRN U.M1.016	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
HRN EN 480-11	Dodaci betonu, mortu i injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrslulom betonu
HRN EN12504-1	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
HRN EN 12504-2	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
HRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
HRN EN 12504-4	Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

1.6.4.3 Norme za čelik za armiranje – osnovne norme

	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1.dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
nHRN EN 10080-1	
nHRN EN 10080-2	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
nHRN EN 10080-3	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
nHRN EN 10080-4	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
nHRN EN 10080-5	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
nHRN EN 10080-6	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za grede (prEN 10080-6:1999)

1.6.4.4 Norme za čelik za armiranje – Ostale norme

HRN EN 10020	Definicije i razredba vrsta čelika
HRN EN 10025	Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
HRN EN 10027-1	Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
HRN EN 10027-2	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
EN 10079	Definicije čeličnih proizvoda
HRN EN 10204	Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)
prEN ISO 17660	Zavarivanje čelika za armiranje
HRN EN 287-1	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
HRN EN 719	Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti
HRN EN 729-3	Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
HRN EN ISO 4063	Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
HRN EN ISO 377	Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
HRN EN 10002-1	Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
HRN EN ISO 15630-1	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturne šipke i žice
HRN EN ISO 15630-2	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

1.6.4.5 Ostale norme

ENV 1992-1-1	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade
ENV 1992-1-2	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo.

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta (članak 20. Zakona o prostornom uređenju i gradnji NN. 76/07), te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz glavnog projekta.

Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji). Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji).

1.7 Posebni tehnički uvjeti

1.7.1 Oplate i skele

Skele i oplate moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće.

Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja. Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno. Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja. Nadvišenja oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodonepropusna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

Žičane spojnice za pridržavanje oplate ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet. Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplata mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prijanjanja za beton premazom vapnom. Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrsnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće. Oplata se mora skidati prema određenom redoslijedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata. Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija.

Sve skele moraju biti stabilne, ukružene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukružene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski.

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.

1.7.2 Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama). Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona. U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li

ispražnjena sva voda iz bubnja. Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem. Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom ukliješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

1.7.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama

Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro). Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti. U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja. Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem. Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć – dan.

1.7.4 Betoniranje pri niskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata. Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen

djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2^h.

1.8 Obaveze izvođača

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku.

Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene.

Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se ukloniti s gradilišta. Po završetku svih radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koje se u toku garantnog roka pojave.

Izvođač ne smije vršiti bušenja armirano betonskih konstrukcija bez prethodnog odobrenja i uputa nadzornog organa, što treba unijeti u građevinski dnevnik.

Izvođač je dužan nabaviti sve ateste za sav ugrađeni materijal.

Izvođač radova je obavezan da korisniku preda upute za rukovanje ugrađenom opremom.

1.9 Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja

Građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete. U cilju održavanja konstrukcije te povećanja njenog vijeka trajanja, potrebno je povremeno vršiti vizualne kontrole (najmanje jednom godišnje).

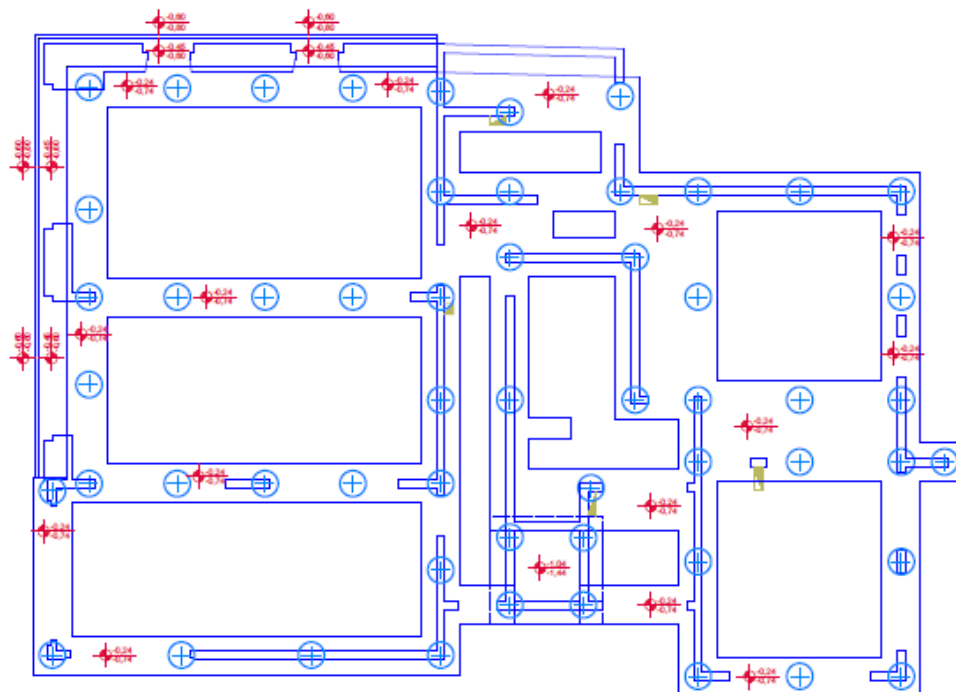
Posebnu pažnju obratiti na:

- pukotine u ab konstrukciji;
- veće deformacije (progibe) ab elemenata;
- moguće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona);
- koroziiju armature;
- raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata;

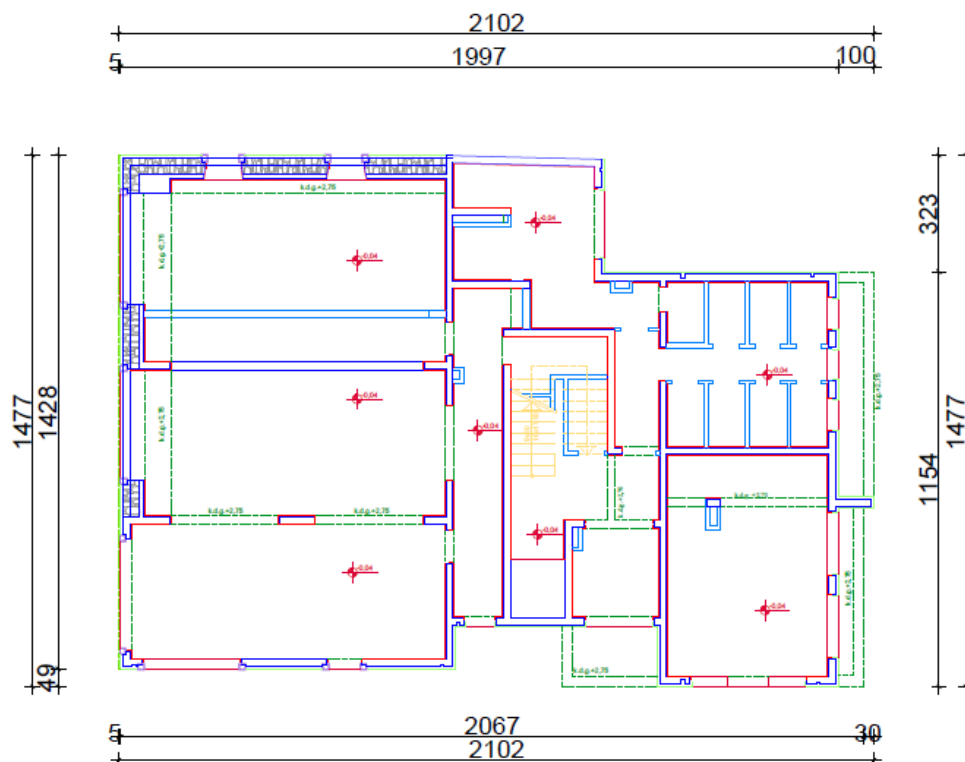
Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

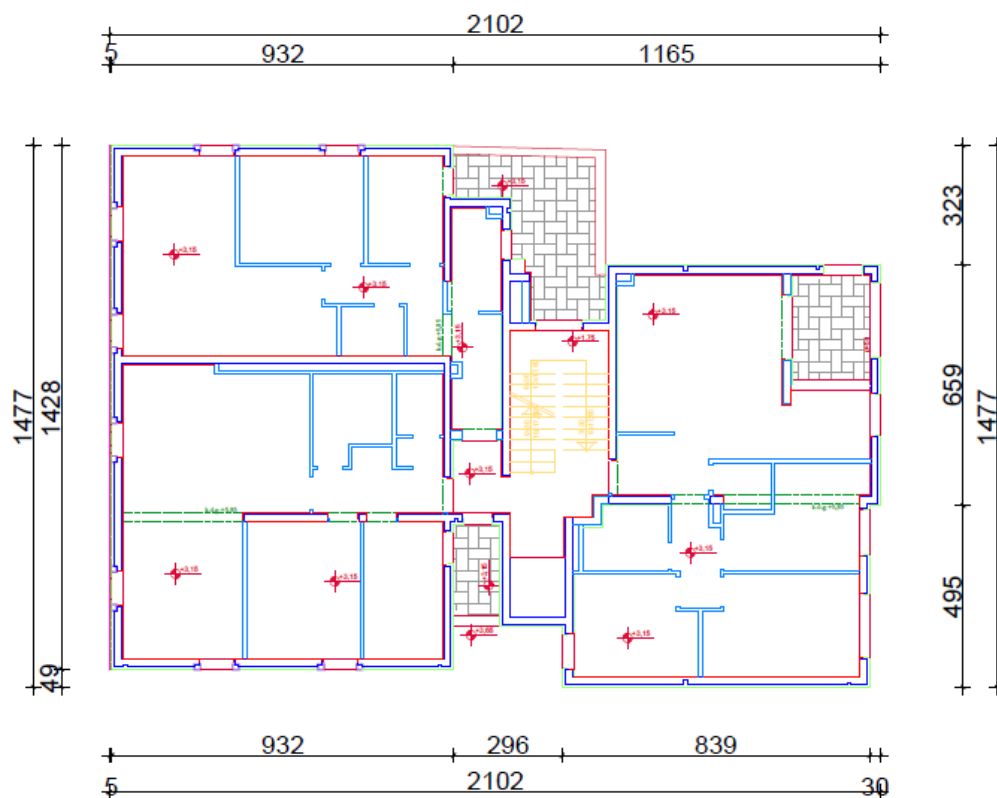
1.10 Geometrija



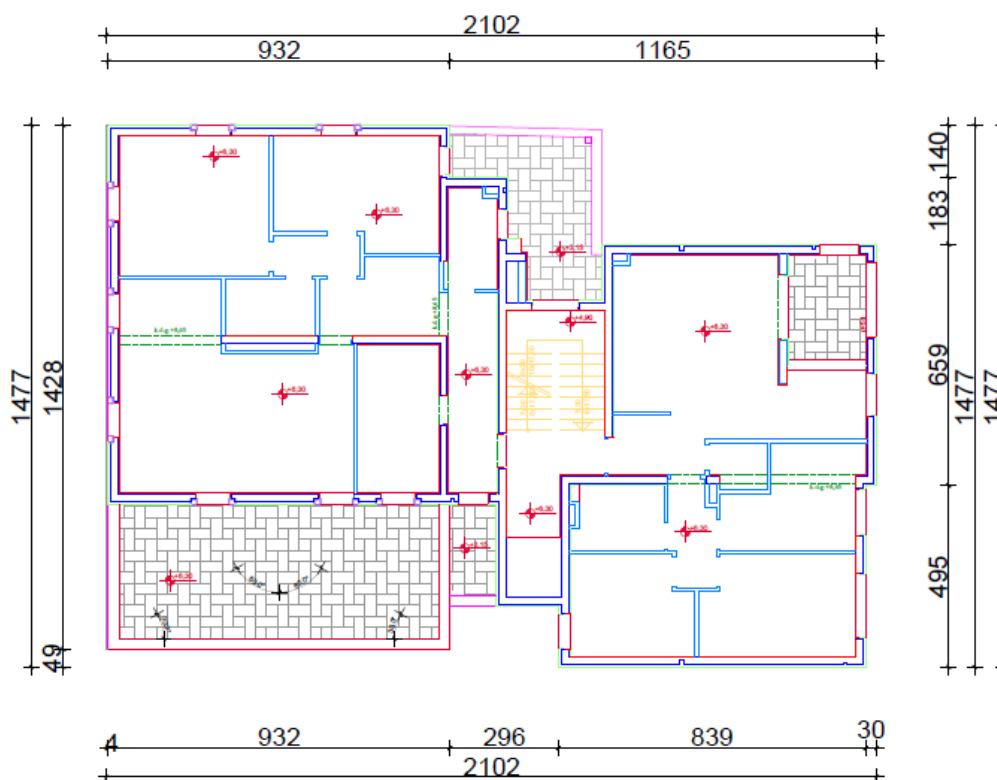
Slika 1.2 Prikaz tlocrta temeljnih traka



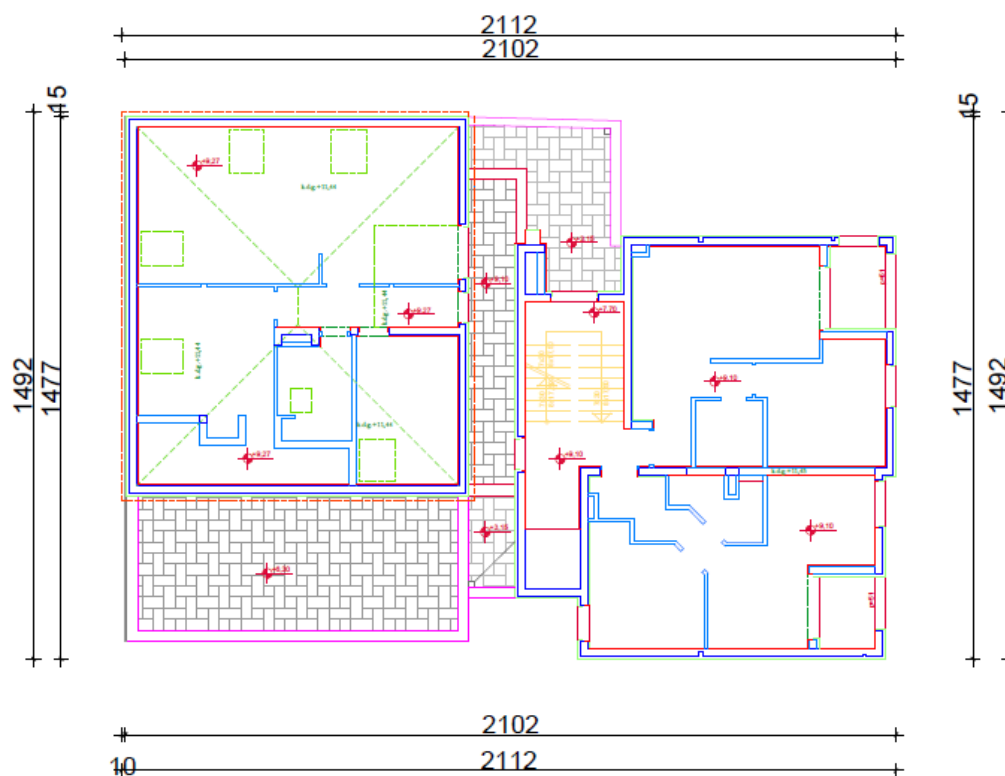
Slika 1.3 Prikaz tlocrta prizemlja



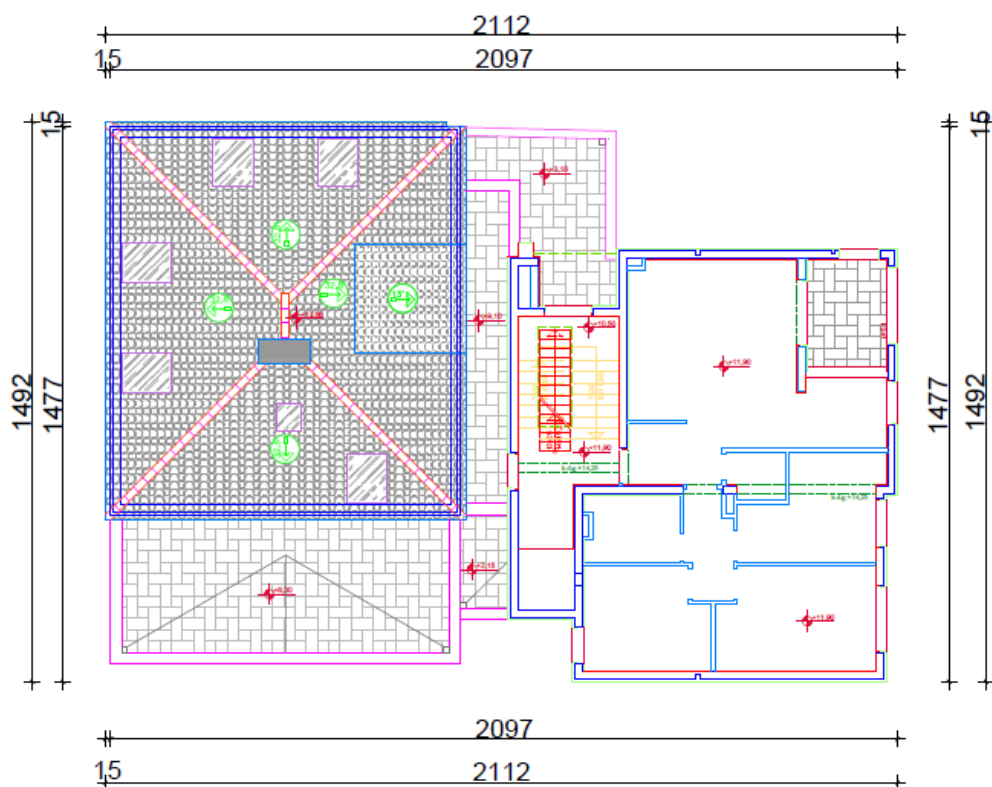
Slika 1.4 Prikaz tlocrta 1. kata



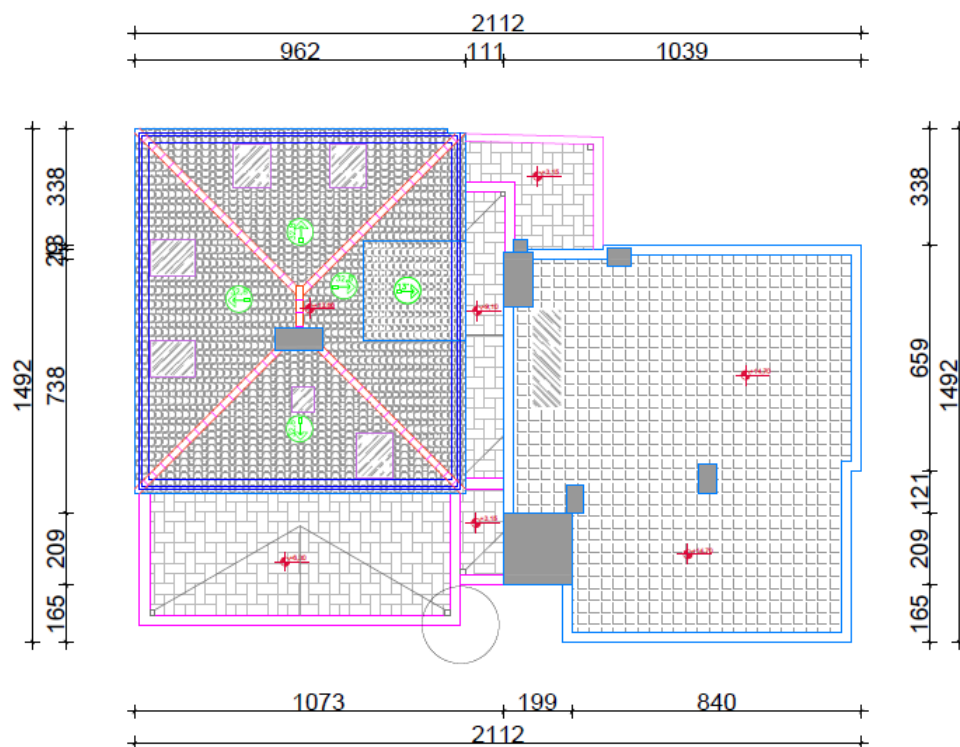
Slika 1.5 Prikaz tlocrta 2. kata



Slika 1.6 Prikaz tlocrta 3. kata



Slika 1.7 Prikaz tlocrta 4. kata

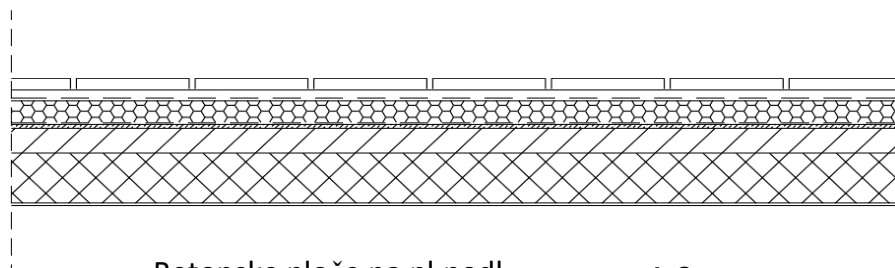


Slika 1.8 Prikaz tlocrta krovnih ploha

2 ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1 Ravni krov (POZ 500)

2.1.1 Stalno opterećenje



– Betonske ploče na pl.podl.	4-6 cm
– Geotekstil 300g/m2 x2	0,28 cm
– XPS	10,0 cm
– Hidroizolacija	1,0 cm
– Geotekstil 300g/m2 x2	0,28 cm
– Beton za pad	4-15 cm
– AB ploča	
– Vap.cem. žbuka	

Slika 2.1 Prikaz slojeva ploče krova

Tablica 2.1 Stalno opterećenje ploče krova

Slojevi međukatne konstrukcije	d (m)	γ (kN/m ³)	$d \times \gamma$ (kN/m ²)
Betonske ploče na pl.podl.	0,05	25,0	1,25
Geotekstil 300g/m2 x2	-	-	-
XPS	0,1	0,3	0,03
Hidroizolacija	0,01	5,0	0,05
Geotekstil 300g/m2 x2	-	-	-
Beton za pad	0,1	24,0	2,4
AB ploča	0,15	25,0	3,75
Vap.cem. žbuka	0,02	19,0	0,38
Ukupno:			4,11 + 3,75 = 7,86

Vlastita težina AB ploče je uključena u računalnom programu i iznosi:

$$g = \gamma \times d = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 4,11 \text{ kN/m}^2$$

2.1.2 Korisno opterećenje

Neprohodni krov, osim za uobičajeno održavanje i popravak, nagib $< 20^\circ$

$$q = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

2.2 Kosi krov – drveni

2.2.1 Stalno opterećenje

Tablica 2.2 Stalno opterećenje kosog krova

<i>Slojevi krova</i>	<i>kg/m²</i>
<i>Mediteran crijep</i>	<i>40,0</i>
<i>Ventilrani zrak</i>	<i>-</i>
<i>Letve i kontraletve 5x3 cm</i>	<i>3,5</i>
<i>Krovna folija</i>	<i>-</i>
<i>Termoizolacija 8 cm</i>	<i>1,5</i>
<i>Parna brana</i>	<i>-</i>
<i>Brodski pod 2 cm</i>	<i>13,0</i>
<i>Rogovi 14x16 cm</i>	<i>-</i>
<i>Ukupno:</i>	<i>58,0 ≈ 0,58 kN/m²</i>

Vlastita težina rogova uključena je u računalnom programu.

$r = 0,83 \text{ m}'$ – razmak između rogova

$$0,58 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,83 \text{ m}' = 0,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ – opterećenje po rogovima i luminaru}$$

2.2.2 Promjenjiva opterećenja

(1) Opterećenje snijegom



Nadmorska visina [m]	s_k [kN/m ²]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	

Slika 2.2 Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom S_k

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

gdje je:

s_k – karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo

C_e - koeficijent izloženosti (uglavnom $C_e = 1$)

C_t - temperaturni koeficijent zbog zagrijavanja zgrade (uglavnom $C_t = 1$)

μ_1 - koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu

Predmetni objekti se nalaze u Omišu. Prema prijedlogu NAD-a i istraživanja opterećenja snijegom na području republike Hrvatske (K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, B. Androić, I. Džeba, D. Dujmović - Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom, Građevinar, 6, 59, 2001.), te preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, karakteristično opterećenje

snijegom je $s_k = 0,14 \text{ kN/m}^2$. (Zona III)

Opterećenje snijegom se razmatra u kombinaciji s vjetrom, kako je to ranije prikazano.

Tablica 2.3 Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom S_k

Kut nagiba krova	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	0,8	$0,8 + 0,6(\alpha - 15)/30$	$1,1(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8\alpha/30$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	Posebna pozornost

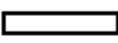
$\alpha = 32,8^\circ$ – nagib rogova

$$\mu_1 = 0,8 \cdot (60 - \alpha)/30$$

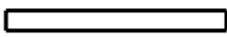
$$\mu_1 = 0,8 \cdot \frac{60 - 32,8}{30} = 0,725$$

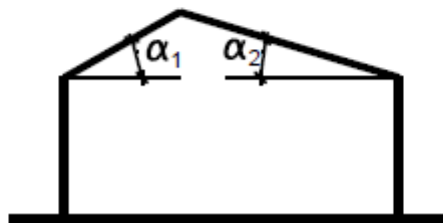
$$s = 0,725 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 = 0,1015 \text{ kN/m}^2$$

I. $\mu_2(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$

II. $0,5\mu_1(\alpha_1)$ 

III. $\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_2(\alpha_2)$

IV.  $0,5\mu_1(\alpha_2)$



$$\mu_1 = 0,8 \cdot \frac{60 - 32,8}{30} = 0,725$$

$$\mu_2 = 1,1 \cdot \frac{60 - 32,8}{30} = 0,997 \approx 1,0$$

$$s(\mu_1) = 0,725 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 = 0,1015 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\mu_2) = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

$$s = 0,5 \cdot \mu_1(\alpha) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,5 \cdot 0,725 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 = 0,051 \text{ kN/m}^2$$

$$0,1015 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,83 \text{ m}' = 0,084 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$0,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,83 \text{ m}' = 0,116 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$0,051 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,83 \text{ m}' = 0,042 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

opterećenje po rogovima

Luminar:

$\alpha = 13^\circ$ – nagib rogova na luminaru

$$0 \leq \alpha \leq 30 \rightarrow \mu_1(\alpha) = 0,8$$

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 = 0,112 \text{ kN/m}^2$$

$$0,112 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,83 \text{ m}' = 0,093 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ – opterećenje po luminaru}$$

(2) Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom (okomito na površinu) definira se prema izrazu:

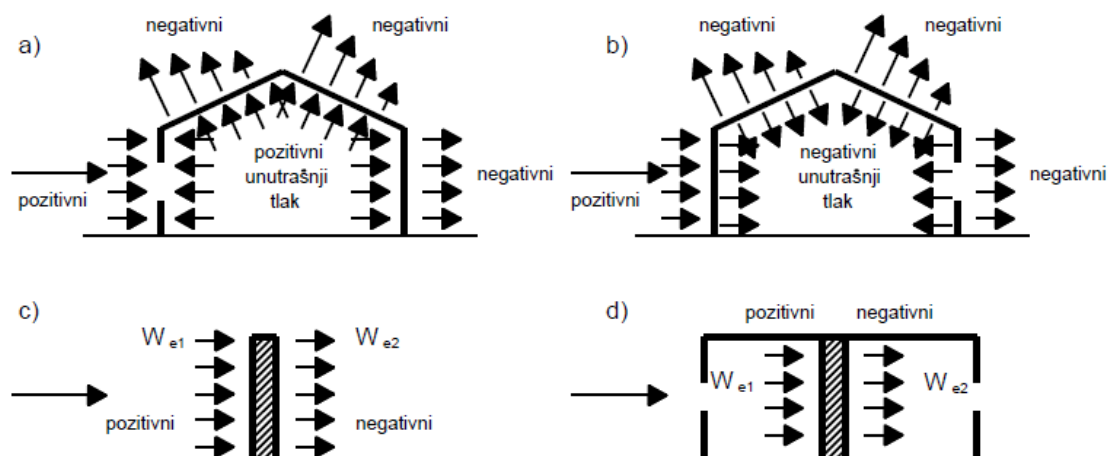
- Pritisak na vanjske površine

$$w_e = q_{ref} \cdot C_e(Z_e) \cdot c_{pe}$$

- Pritisak na unutarnje površine

$$w_i = q_{ref} \cdot C_e(Z_i) \cdot c_{pi}$$

q_{ref}	→	referentni pritisak pri srednjoj brzini vjetra
$c_e(Z_e)$ i $c_e(Z_i)$	→	koeficijenti izloženosti koji uzimaju u obzir neravnine terena
Z_e i Z_i	→	referentne visine za lokalni ili unutarnji tlak
c_{pe} i c_{pi}	→	vanjski i unutarnji koeficijenti pritiska



Slika 2.3 Shema vanjskog i unutrašnjeg tlaka

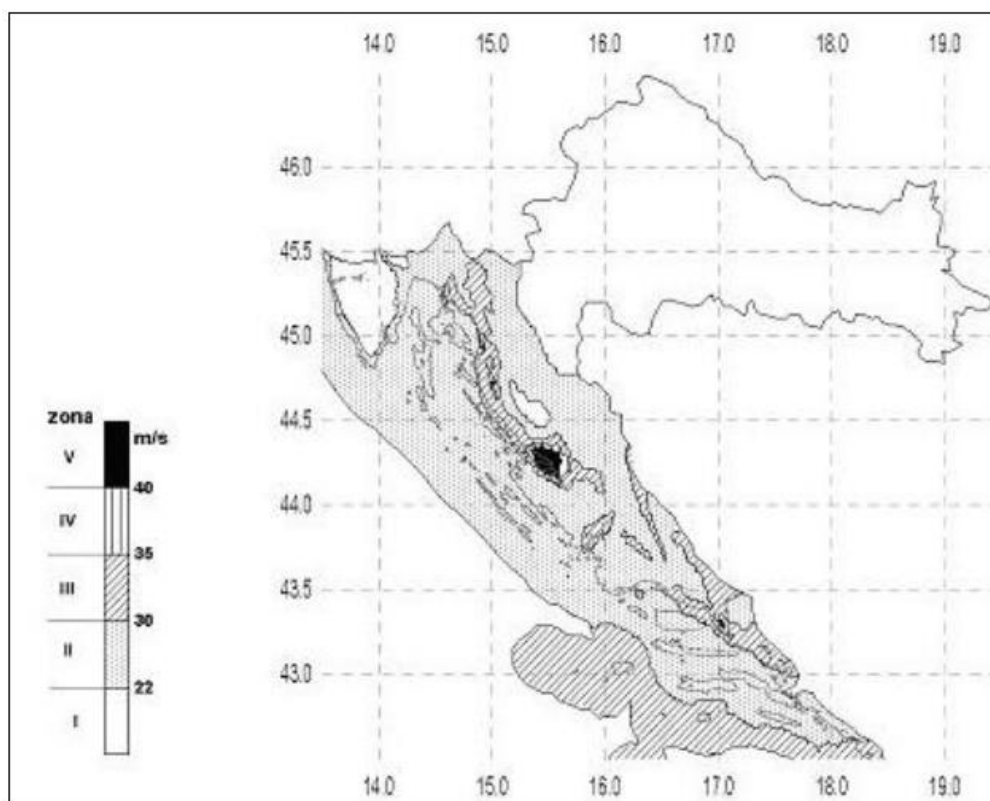
Poredbeni tlak srednje brzine vjetra određuje se izrazom:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2$$

Gdje je:

v_{ref} → poredbena brzina vjetra

ρ → gustoća zraka



Slika 2.4 Podjela RH na zone

Tablica 2.4 Poredbene brzine vjetra obzirom na zone

Područje	I.	II.	III.	IV.	V.
$v_{ref,0}$ (m/s)	22,0	30,0	35,0	40,0	50,0

$$v_{ref,0} = 35 \frac{m}{s}$$

$$q_{ref} = \frac{1,25}{2} \cdot 35^2 = 0,765 \text{ kN/m}^2$$

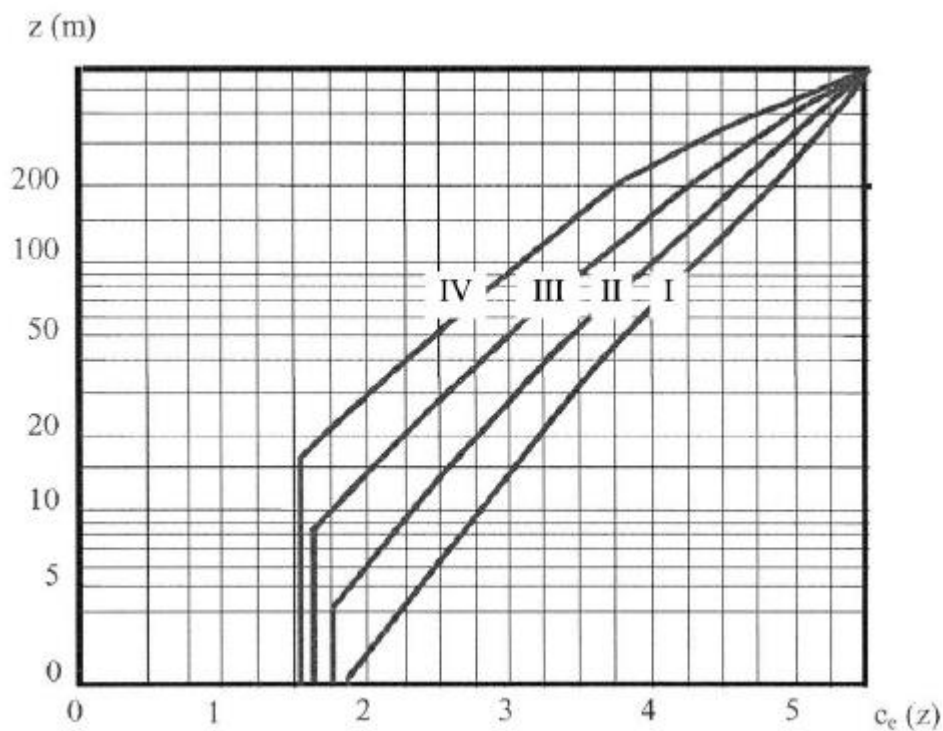
Tablica 2.5 Koeficijent terena s obzirom na kategoriju zemljišta

	Kategorija zemljišta	k_T	z_0 [m]	z_{min} [m]
I.	Otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km otvorene površine u smjeru vjetra i ravnica bez prepreka	0,17	0,01	2
II.	Ograđeno poljoprivredno zemljište gospodarske zgrade, kuće i drveće	0,19	0,05	4
III.	Predgrađa gradova ili industrijska područja i šume	0,22	0,3	8
IV.	Gradska područja u kojima je najmanje 15% površine izgrađeno i čija prosječna visina prelazi 15 m	0,24	1	16

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{min} = 8 \text{ m}$$

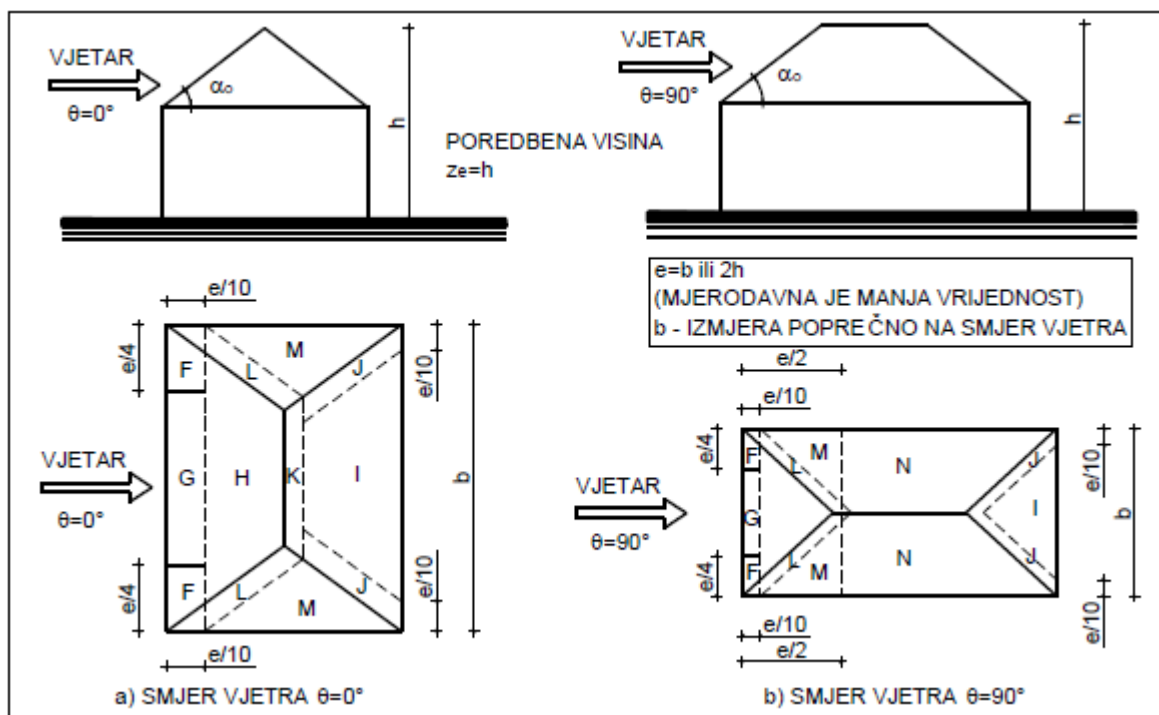
$$k_t = 0,22 \text{ m}$$



Slika 2.5 Koeficijent izloženosti

$$z = 13,5 \text{ m}$$

$$C_e(Z_e) = 1,95 = C_e(Z_i)$$



α_0 za $\theta = 0^\circ$ α_{90} za $\theta = 90^\circ$	Smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 90^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3		-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,5		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2					
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,7	-1,2
	+0,5		+0,7		+0,4					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,3		-0,6	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,3		-0,6	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,3		-0,6	

α_0 za $\theta = 0^\circ$ α_{90} za $\theta = 90^\circ$	Smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 90^\circ$							
	K		L		M		N	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-0,6		-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,4	
15°	-1,2	-2,0	-1,4	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3	
30°	-0,5		-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	
45°	-0,3		-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	
60°	-0,3		-1,2	-2,0	-0,4		-0,2	
75°	-0,3		-1,2	-2,0	-0,4		-0,2	

Kod $\theta = 0^\circ$ i nagiba strehe od $\alpha = +15^\circ$ do $+30^\circ$ tlak se brzo mijenja na privjetrenoj strani između pozitivnih i negativnih vrijednosti dako da su dane obje									
Može se upotrijebiti linearna interpolacija za međukutove nagiba ako su vrijednosti istog predznaka									
Kut nagiba krova na privjetrenoj strani mjerodavan je za koeficijent tlaka									

Slika 2.6 Koeficijenti vanjskog tlaka za četverostrešne krovove

Tlak vjetra na vanjske površine “ w_e ”

$$w_e = q_{ref} \times c_e(z_e) \times c_{pe}$$

Tablica 2.6 Opterećenje vjetrom na konstrukciju za c_{pe}

ZONA	F	G	H	I	J	K	L	M	N
q_{ref}	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765
c_{pe}	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,7	-0,5	-1,4	-0,8	-0,2
$c_e(z)$	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
w_e (kN/m ²)	-0,74	-0,74	-0,30	-0,60	-1,04	-0,74	-2,09	-1,19	-0,30

Tablica 2.7 Opterećenje vjetrom na konstrukciju za $c_{pe}+$

ZONA	F	G	H
q_{ref}	0,765	0,765	0,765
c_{pe}	+0,5	+0,7	+0,4
$C_e(z)$	1,95	1,95	1,95
W_e (kN/m ²)	0,74	1,04	0,60

Koeficijenti unutarnjeg tlaka c_{pi} :

- Za $\mu = 0 \rightarrow c_{pi} = 0,8$
- Za $\mu = 1 \rightarrow c_{pi} = -0,5$

Tlak vjetra na unutarnje površine:

$$w_i = q_{ref} \cdot C_e(Z_i) \cdot c_{pi}$$

$$w_i(+) = 0,765 \cdot 1,95 \cdot (+0,8) = 1,19 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i(-) = 0,765 \cdot 1,95 \cdot (-0,5) = -0,74 \text{ kN/m}^2$$

Kombinacije djelovanja:

- S najvećim unutarnjim tlakom $w_i(+)$

ZONA	F, G, K	H, N	I	J	L	M	F	G	H
W_e (kN/m ²)	-0,74	-0,30	-0,60	-1,04	-2,09	-1,19	+0,74	+1,04	+0,60
$W_i(+)$ (kN/m ²)	-1,19	-1,19	-1,19	-1,19	-1,19	-1,19	-1,19	-1,19	-1,19
W (kN/m ²)	-1,93	-1,49	-1,79	-2,23	-3,28	-2,38	-0,45	-0,15	-0,59

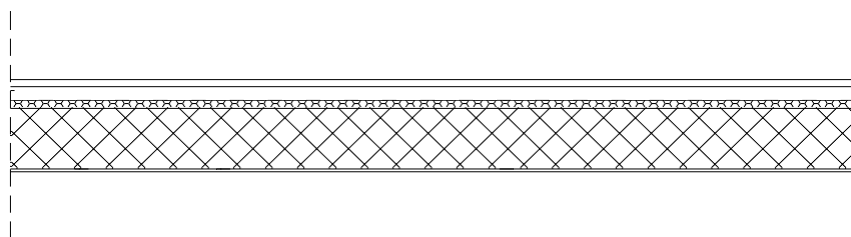
- S najmanjim unutarnjim tlakom $w_i(-)$

ZONA	F, G, K	H, N	I	J	L	M	F	G	H
W_e (kN/m ²)	-0,74	-0,30	-0,60	-1,04	-2,09	-1,19	+0,74	+1,04	+0,60
$W_i(-)$ (kN/m ²)	+0,74	+0,74	+0,74	+0,74	+0,74	+0,74	+0,74	+0,74	+0,74
W (kN/m ²)	0	+0,44	-0,14	-0,30	-1,35	-0,45	-0	-1,78	-1,34

2.3 Međukatna konstrukcija I (POZ 200)

2.3.1 Parket

2.3.1.1 Stalno opterećenje



– Hrastov parket i ljepilo	2,5 cm
– Cementni estrih	5,0 cm
– PE folija	-
– Pjenjeni polietilen	-
– XPS	0,5 cm
– AB ploča	3,0 cm
Kamena vuna	15,0 cm
g.k. ploča	6,0 cm

Slika 2.7 Prikaz slojeva ploče međukatne konstrukcije I (POZ 100)

Tablica 2.8 Stalno opterećenja ploča međukatne konstrukcije I (POZ 100)

Slojevi međukatne konstrukcije	<i>d</i> (m)	γ (kN/m ³)	<i>d</i> × γ (kN/m ²)
Hrastov parket i ljepilo	0,02 5	8,0	0,2
Cementni estrih	0,05	22,0	1,1
PE folija	-	-	-
Pjenjeni polietilen	0,00 5	0,19	0,00095
XPS	0,03	0,3	0,009
AB ploča	0,15	25,0	3,75
Kamena vuna	0,06	0,3	0,018
G.k. ploča	0,0125	-	0,092
Pregrade	-	-	1,0
Ukupno:			2,42+ 3,75 = 6,17

Vlastita težina AB ploče je uključena u računalnom programu i iznosi:

$$g = \gamma \times d = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,42 \text{ kN/m}^2$$

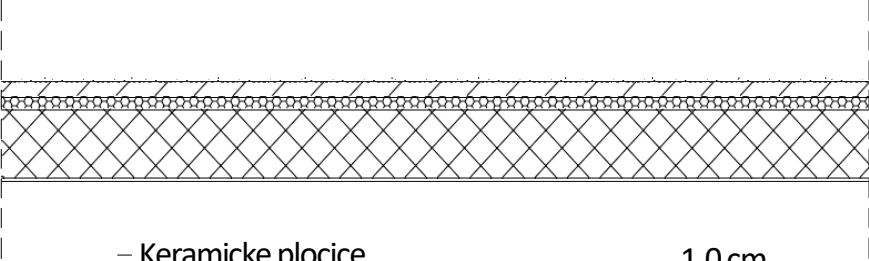
2.3.1.2 Korisno opterećenje

Korisno opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

$$q = 2.0 \text{ kN/m}^2 \text{ za unutarnje stambene prostore}$$

2.3.2 Keramika

2.3.2.1 Stalno opterećenje



– Keramičke pločice	1,0 cm
– Fleksibilno ljepilo	0,5 cm
– Cementni estrih	5,0 cm
– PE folija	-
– Pjenjeni polietilen	0,5 cm
– XPS	3,0 cm
– AB ploča	15,0 cm
– Kamena vuna	6,0 cm
– G.k. ploča	1,25 cm

Slika 2.8 Stalno opterećenje ploče međukatne konstrukcije I (POZ 100)

Tablica 2.9 Prikaz slojeva ploče međukatne konstrukcije I (POZ 100)

<i>Slojevi međukatne konstrukcije</i>	<i>d (m)</i>	<i>γ (kN/m³)</i>	<i>d × γ (kN/m²)</i>
<i>Keramičke pločice</i>	0,01	22,0	0,22
<i>Fleksibilno ljepilo</i>	0,005	-	0,04
<i>Cementni estrih</i>	0,05	22,0	1,1
<i>PE folija</i>	-	-	-
<i>Pjenjeni polietilen</i>	0,005	0,19	0,00095
<i>XPS</i>	0,03	0,3	0,009
<i>AB ploča</i>	0,15	25,0	3,75
<i>Kamena vuna</i>	0,06	0,3	0,018
<i>G. k. ploča</i>	0,0125	-	0,092
<i>Pregrade</i>	-	-	1,0
<i>Ukupno:</i>			<i>2,48 + 3,75 = 6,23</i>

Vlastita težina AB ploče je uključena u računalnom programu i iznosi:

$$g = \gamma \times d = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,48 \text{ kN/m}^2$$

2.3.2.2 Korisno opterećenje

Korino opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

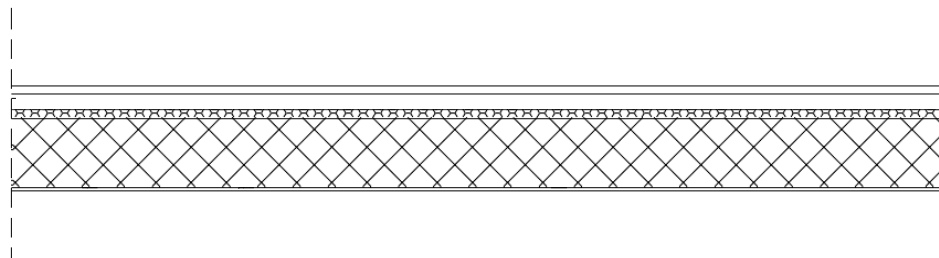
$$q = 2.0 \text{ kN/m}^2 \text{ za unutarnje stambene prostore}$$

NAPOMENA: Zbog jednostavnosti proračuna nije vršena kombinacija opterećenja, tj. postavljanje pokretnog opterećenja u najkritičnije položaje, već je pokretno opterećenje uvećano za 20%.

2.4 Međukatna konstrukcija II (POZ 300, 400, 500)

2.4.1 Parket

2.4.1.1 Stalno opterećenje



– Hrastov parket i ljepilo	2,5 cm
– Cementni estrih	5,0 cm
– PE folija	-
– Pjenjeni polietilen	0,5 cm
– XPS	3,0 cm
– AB ploča	15,0 cm
– Vap.cem. žbuka	2,0 cm

Slika 2.9 Prikaz slojeva ploče međukatne konstrukcije II (POZ 200, 300, 300', 400)

Tablica 2.10 Stalno opterećenje ploča međukatne konstrukcije II (POZ 200, 300, 300', 400)

Slojevi međukatne konstrukcije	<i>d</i> (m)	γ (kN/m ³)	<i>d</i> × γ (kN/m ²)
Hrastov parket i ljepilo	0,02 5	8,0	0,2
Cementni estrih	0,05	22,0	1,1
PE folija	-	-	-
Pjenjeni polietilen	0,00 5	0,19	0,00095
XPS	0,03	0,3	0,009
AB ploča	0,15	25,0	3,75
Vap. cem. žbuka	0,02	19,0	0,38
Pregrade	-	-	1,0

Ukupno: 2,69 + 3,75 = **6,44**

Vlastita težina AB ploče je uključena u računalnom programu i iznosi: $g = \gamma \times d = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}^2$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,69 \text{ kN/m}^2$$

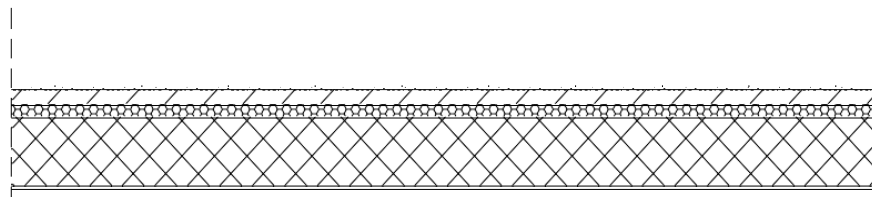
2.4.1.2 Korisno opterećenje

Korisno opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

$q = 2.0 \text{ kN/m}^2$ za unutarnje stambene prostore

2.4.2 Keramika

2.4.2.1 Stalno opterećenje



– Keramičke pločice	1,0 cm
– Fleksibilno ljepilo	0,5 cm
– Cementni estrih	5,0 cm
– PE folija	-
– Pjenjeni polietilen	0,5 cm
– XPS	3,0 cm
– AB ploča	15,0 cm
– Vap. cem. žbuka	2,0 cm

Slika 2.10 Prikaz slojeva ploče međukatne konstrukcije II (POZ 200, 300, 300', 400)

Tablica 2.11 Stalno opterećenje ploče međukatne konstrukcije II (POZ 200, 300, 300', 400)

Slojevi međukatne konstrukcije	$d \text{ (m)}$	$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	$d \times \gamma \text{ (kN/m}^2\text{)}$
Keramičke pločice	0,01	22,0	0,22
Fleksibilno ljepilo	0,005	-	0,04
Cementni estrih	0,05	22,0	1,1
PE folija	-	-	-
Pjenjeni polietilen	0,005	0,19	0,00095
XPS	0,03	0,3	0,09
AB ploča	0,15	25,0	3,75
Vap. cem. žbuka	0,02	19,0	0,38
Pregrade	-	-	1,0
Ukupno:			$2,83 + 3,75 = 6,58$

Vlastita težina AB ploče je uključena u računalnom programu i iznosi:

$$g = \gamma \times d = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,15 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,83 \text{ kN/m}^2$$

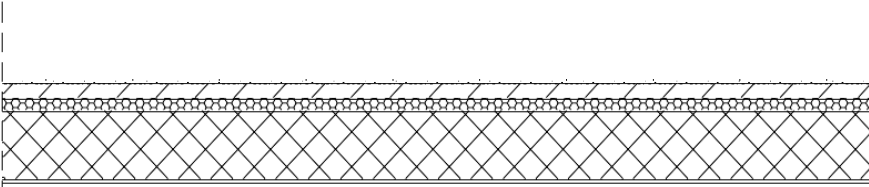
2.4.2.2 Korisno opterećenje

Korisno opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

$$q = 2.0 \text{ kN/m}^2 \text{ za unutarnje stambene prostore}$$

2.5 Pod prizemlja – poslovni prostori

2.5.1 Stalno opterećenje



– Keramičke pločice	1,0 cm
– Fleksibilno ljepilo	0,5 cm
– Cementni estrih	6,0 cm
– PE folija	-
– Pjenjeni polietilen	-
– XPS	0,5 cm
– AB ploča	6,0 cm
– VOLTEX membrana	6,0 cm
Tucan. podloga	20,0 cm

Slika 2.11 Prikaz slojeva poda prizemlja

Tablica 2.12 Stalno opterećenje poda prizemlja

<i>Slojevi međukatne konstrukcije</i>	<i>d (m)</i>	<i>γ (kN/m³)</i>	<i>d × γ (kN/m²)</i>
<i>Keramičke pločice</i>	0,01	22,0	0,22
<i>Fleksibilno ljepilo</i>	0,00 5	-	0,04
<i>Cementni estrih</i>	0,06	22,0	1,32
<i>PE folija</i>	-	-	-
<i>Pjenjeni polietilen</i>	0,00 5	0,19	0,00095
<i>AB ploča</i>	0,20	25,0	5,0
<i>VOLTEX membrana</i>	-	-	-
<i>Pregrade</i>	-	-	1,0
<i>Ukupno:</i>			<i>2,58 + 5,0 = 7,58</i>

Vlastita težina AB ploče je uključena u računalnom programu i iznosi:

$$g = \gamma \times d = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,20 \text{ m} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,58 \text{ kN/m}^2$$

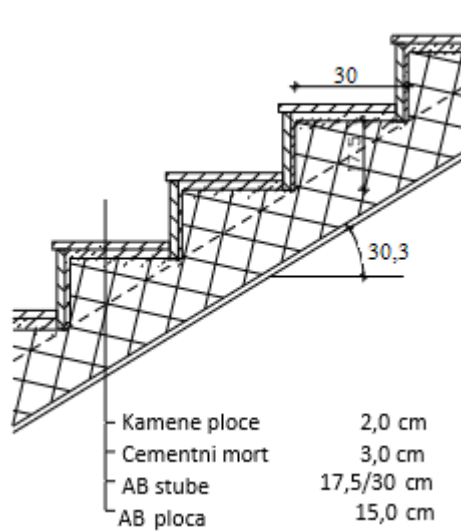
2.5.2 Korisno opterećenje

Korisno opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

$$q = 3.0 \text{ kN/m}^2 \text{ za unutarnje poslovne prostore}$$

2.6 Stubište

2.6.1 Stalno opterećenje



Slika 2.12 Prikaz slojeva stubišta

Tablica 2.13 Stalno opterećenje stubišta

Slojevi stubišta	d (m)	γ (kN/m ³)	$d \times \gamma$ (kN/m ²)
Kamene ploče	0,02	27,0	0,54
Cementni mort	0,03	22,0	0,66
AB stube	0,175/2	25	2,19
AB ploča	0,15	25,0	3,75
Vap. cem. žbuka	0,01	19,0	0,19
Ukupno:			7,33

Ukupno stalno opterećenje iznosi:

$$g = 7,33 \text{ kN/m}^2$$

2.6.2 Korisno opterećenje

Korisno opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

$$q = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

2.7 Promjenjiva opterećenja

Minimalno korisno opterećenje za zgrade definirano je u EC1991-1-1. Ovo korisno opterećenje je najmanje koje se smije primijeniti na zgradama. Na zahtjev investitora ili pri procjeni projektanta smije se koristiti i veće opterećenje. Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća opterećenja:

- Ravni krov: $q=1,0 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori: $q=2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta i uredi: $q=3,0 \text{ kN/m}^2$
- Poslovni prostor: $q=3,0 \text{ kN/m}^2$

2.7.1 Opterećenje snijegom



Nadmorska visina [m]	$s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	

Slika 2.13 Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom s_k

Opterećenje snijegom na krov određuje se izrazom:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

gdje je:

s_k – karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo

C_e - koeficijent izloženosti (uglavnom $C_e = 1$)

C_t - temperaturni koeficijent zbog zagrijavanja zgrade (uglavnom $C_t = 1$)

μ_1 - koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu

Predmetni objekti se nalaze u Omišu. Prema prijedlogu NAD-a i istraživanja opterećenja snijegom na području republike Hrvatske (K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, B. Androić, I. Džeba, D. Dujmović - Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom, Građevinar, 6, 59, 2001.), te preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, karakteristično opterećenje snijegom je:

$$s_k = 0,14 \text{ kN/m}^2 \text{ (Zona III)}$$

Opterećenje snijegom se razmatra u kombinaciji s vjetrom, kako je to ranije prikazano.

Tablica 2.14 Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom s_k

Kut nagiba krova	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	0,8	$0,8 + 0,6(\alpha - 15)/30$	$1,1(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8\alpha/30$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	Posebna pozornost

Krov nagiba $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ \rightarrow \mu = 0,8$

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,14 = 0,112 \text{ kN/m}^2$$

2.7.2 Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom je promjenljivo slobodno djelovanje. Pojednostavljeni postupak vjetrenog opterećenja može se koristiti za zgrade visine manje od 200 m i znači da se djelovanje vjetrova uzima kao zamjenjujuće statičko opterećenje.

Ovdje će biti prikazan pojednostavljen proračun za stalne konstrukcije.

Opterećenje vjetrom definirano je Eurokodom 1991 – 1 – 4 Djelovanje vjetra (Eurocode 1: Actions on structures – General actions – Part 1 – 4: Wind actions).

v_{bo} je osnovna poredbena brzina vjetra ovisna o geografskom položaju objekta (dana na mapi na sljedećoj stranici). Osnovna poredbena vrijednost brzine vjetra je karakteristična srednja 10 – minutna vrijednost brzine vjetra, neovisna o smjeru vjetra, vremenu i godišnjem dobu, na 10 m iznad površine otvorenog terena, koji može biti obrastao travom i grmljem i manjim preprekama.

Vrijednost osnovne poredbene brzine vjetra v_{bo} (na mapi) dodatno se korigira s obzirom na smjer vjetra, godišnje doba i nadmorsku visinu, te se tako dobiva poredbena (referentna) brzina vjetra:

$$v_b = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0}$$

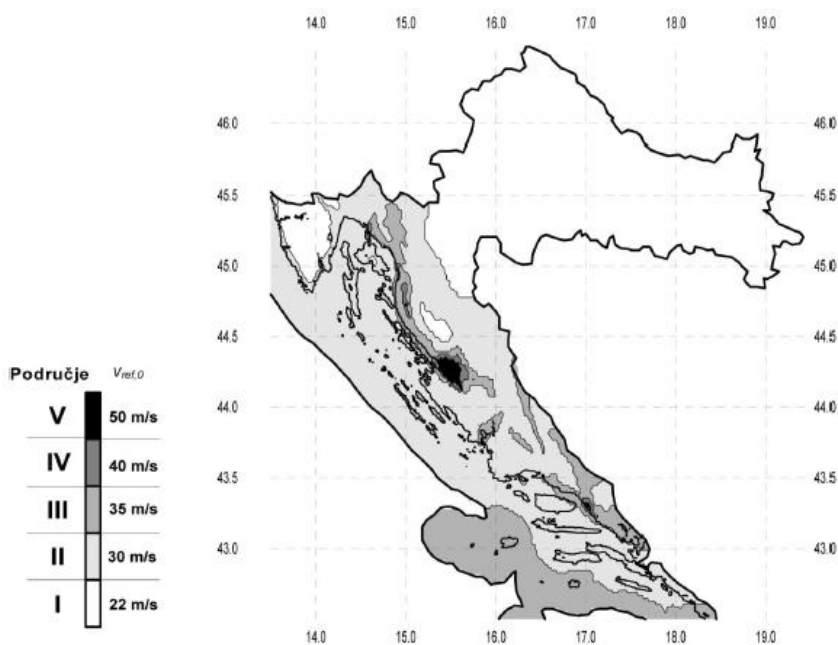
c_{DIR} - koeficijent smjera vjetra $\rightarrow c_{DIR} = 1.0$

c_{TEM} - koeficijent ovisan o godišnjem dobu $\rightarrow c_{TEM} = 1.0$

c_{ALT} - koeficijent nadmorske visine $\rightarrow c_{ALT} = 1 + 0,0001 \cdot a_s$

$$c_{ALT} = 1 + 0,0001 \cdot 200 = 1,02$$

gdje je a_s = nadmorska visina mjesta u (m).



Slika 2.14 Zemljovid područja opterećenja vjetrom

Srednja brzina vjetra na nekoj visini z:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

Koeficijent hrapavosti:

$$c_r = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) \quad \text{za} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

Koeficijent terena k_r određuje se iz odgovarajuće tablice ovisno o kategoriji zemljišta. Odabiremo III. kategoriju zemljišta.

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_e}{z_{0II}}\right)^{0,07}$$

Tablica 2.15 Koeficijent terena s obzirom na kategoriju zemljišta

	Kategorija zemljišta	k_T	z_0 [m]	$z_{\min}$ [m]
I.	Otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km otvorene površine u smjeru vjetra i ravnica bez prepreka	0,17	0,01	2
II.	Ograđeno poljoprivredno zemljište gospodarske zgrade, kuće i drveće	0,19	0,05	4
III.	Predgrađa gradova ili industrijska područja i šume	0,22	0,3	8
IV.	Gradska područja u kojima je najmanje 15% površine izgrađeno i čija prosječna visina prelazi 15 m	0,24	1	16

Turbulencija vjetra na visini z iznad terena dana je izrazom:

$$l_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z_e/z_0)} \quad \text{za} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$l_v(z) = l_v(z_{\min}) \quad \text{za} \quad z \leq z_{\min}$$

Maksimalni tlak brzine vjetra:

$$\rho_{zr} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$$q_b(z) = \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_b^2$$

Rezultirajuća sila vjetra:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad \text{— sila vjetra na vanjske plohe: } c_{pe}$$

— koeficijent vanjskog tlaka

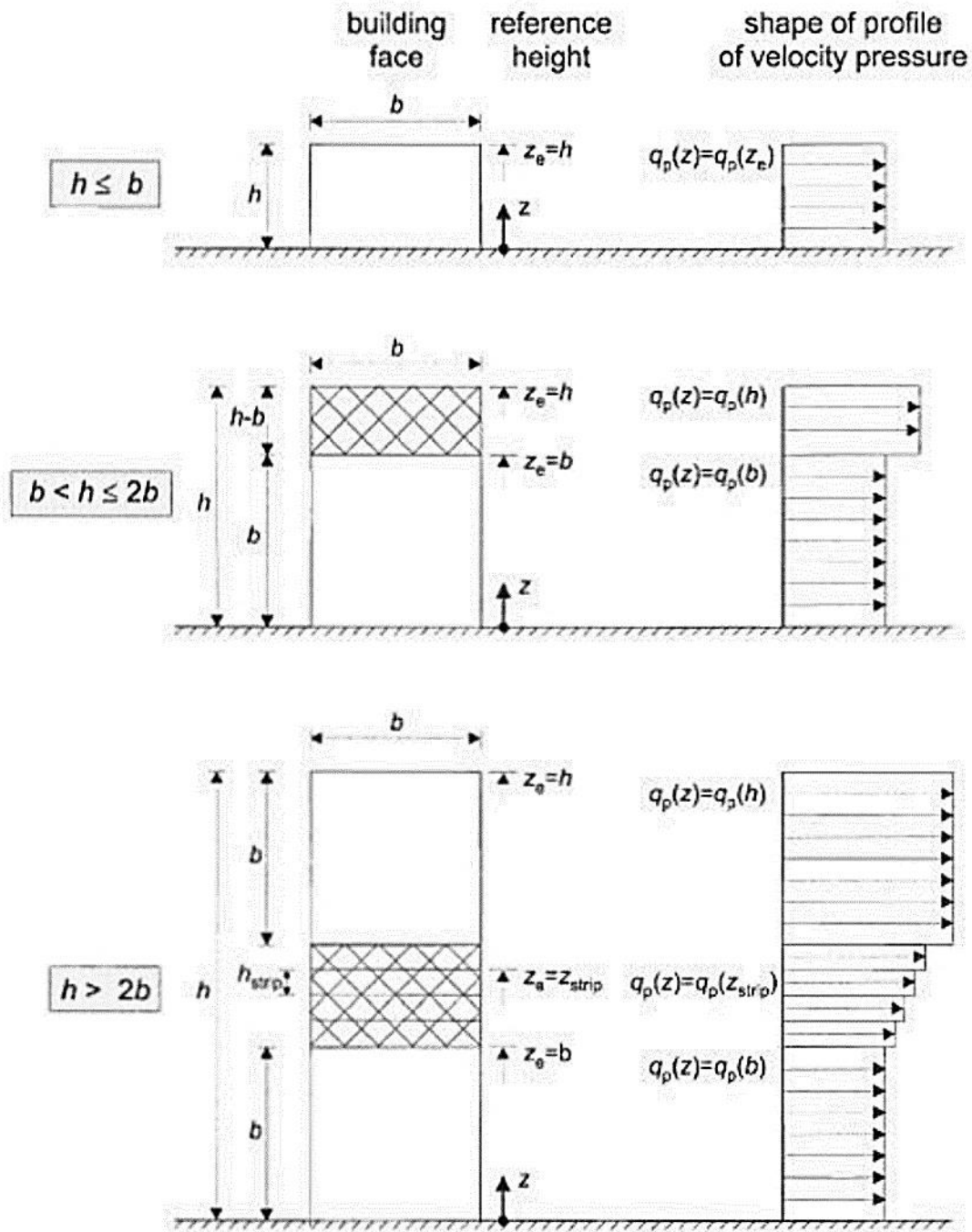
$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi} \quad \text{— sila vjetra na unutarnje plohe: } c_{pi}$$

— koeficijent unutarnjeg tlaka

z_e — referentna visina objekta

Određivanje koeficijenata vanjskog tlaka c_{pe}

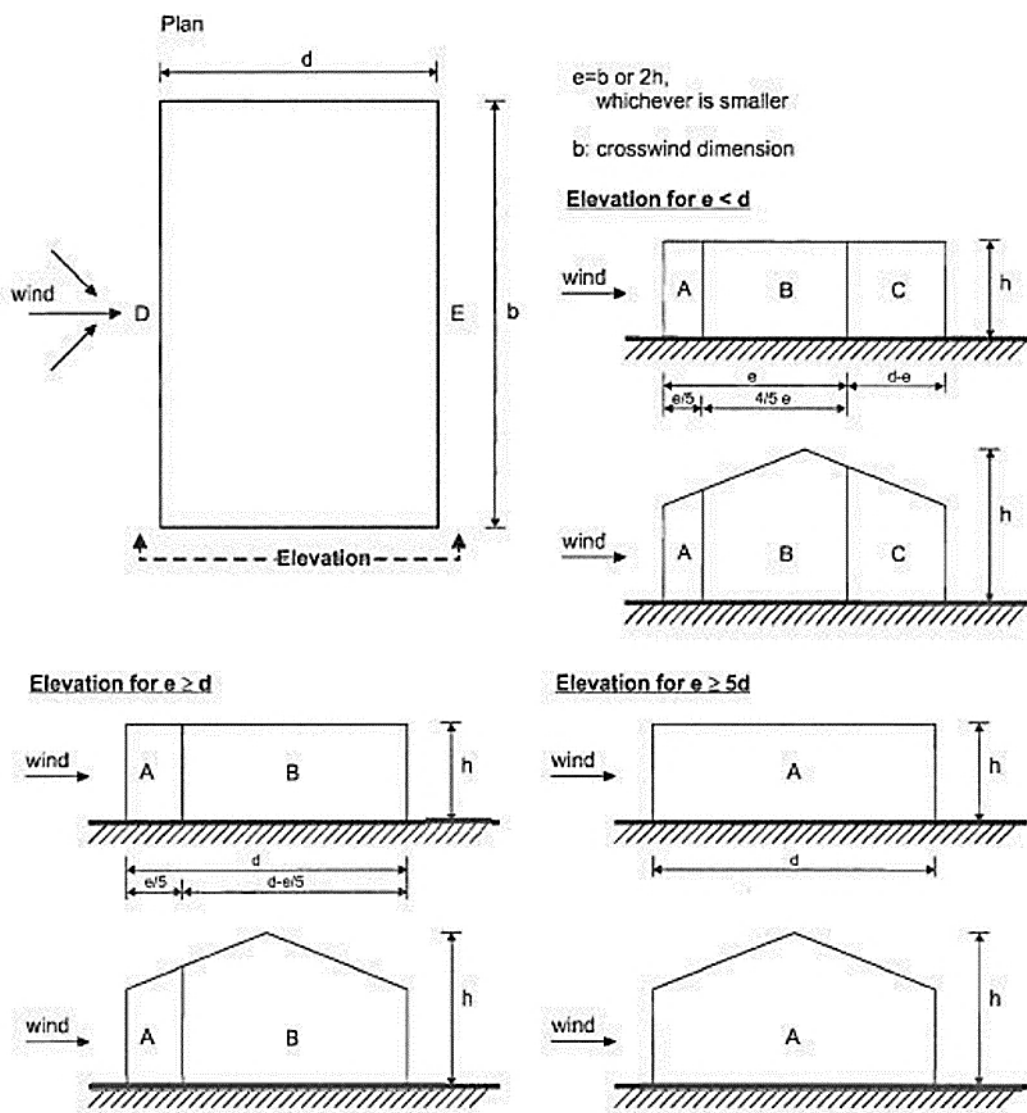
- 1) Referentna visina objekta z_e – određuje se prema odnosu h/b



Slika 2.15 Referentna visina z_e u ovisnosti o h i b , te odgovarajući profil brzina

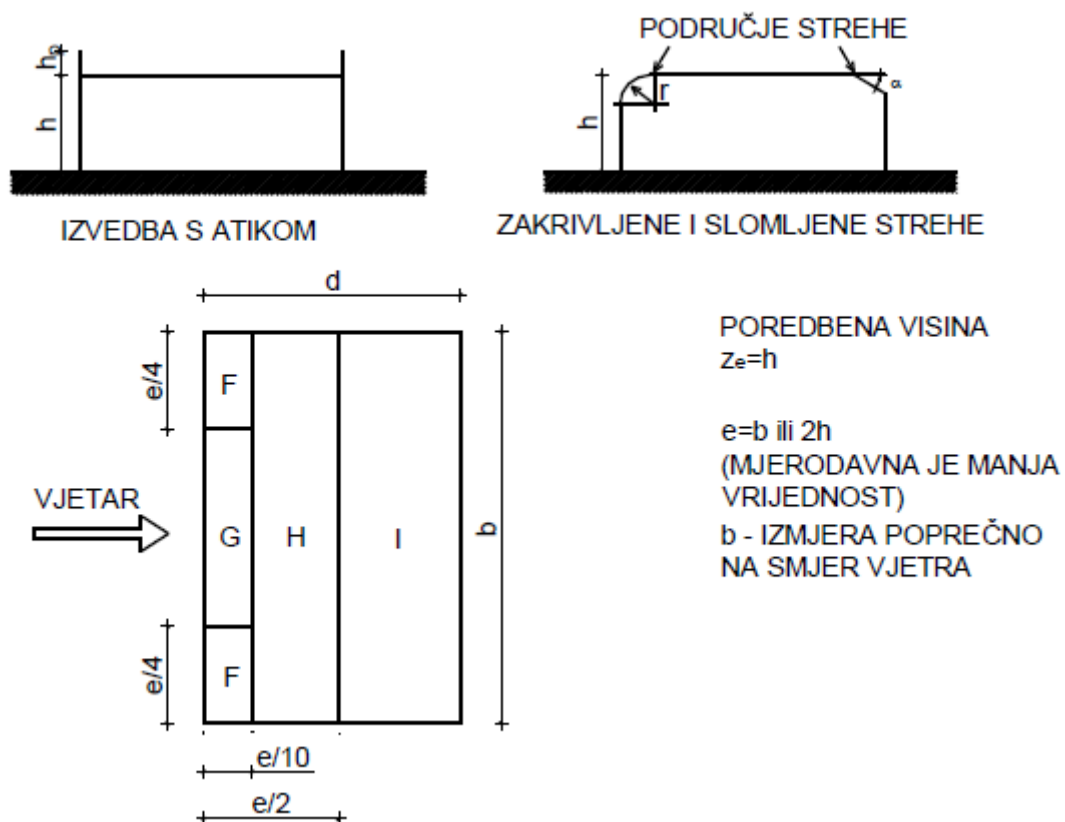
2) Podjela zgrade na zone

- Vertikalni zidovi

Slika 2.16 Podjela na zone A, B, C, D i E u ovisnosti o e i d

Tablica 2.16 Preporučene vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
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	



Slika 2.17 Podjela ravnog krova na zone F, G, H i I

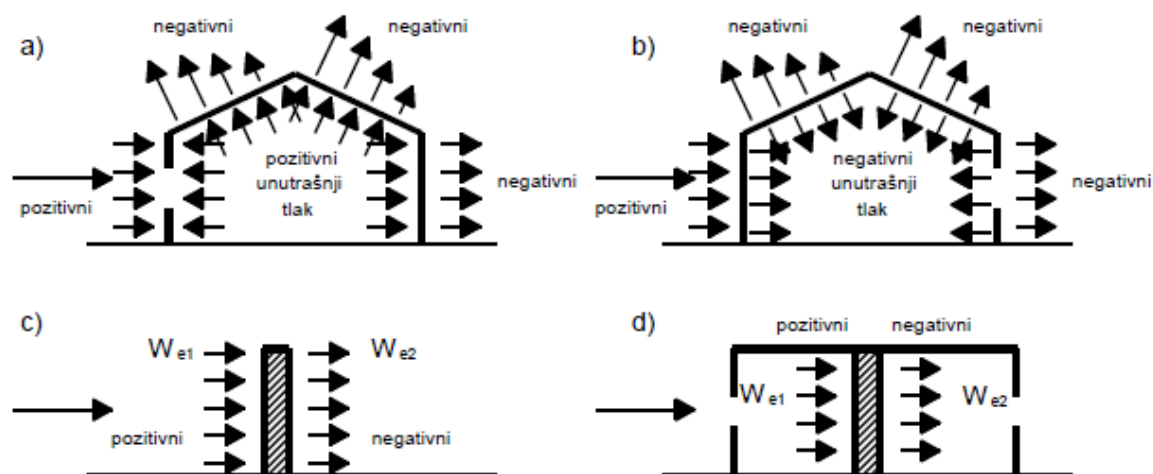
Tablica 2.17 Koeficijenti vanjskog tlaka za ravne krovove nagiba manjeg od $\pm 4^\circ$

		Područje							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
strehe oštarih rubova		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
sa zaštitnim zidom	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	$\pm 0,2$	
zaobljene strehe	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,1$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		$\pm 0,2$	
	$r/h = 0,2$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		$\pm 0,2$	
mansardaste strehe	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		$\pm 0,2$	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		$\pm 0,2$	

Određivanje koeficijenata unutarnjeg tlaka c_{pi}

Maksimalni koeficijent unutarnjeg tlaka je 0.8, a minimalni koeficijent unutarnjeg tlaka (podtlak) je -0.5.

Rezultirajuća sila vjetra na vanjske i unutarnje plohe (w_e i w_i) raspoređi se prema shemi prikazanoj na slici 1.18, te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobija ekvivalentna sila vjetra na plohu.



Slika 2.18 Shema vanjskog i unutarnjeg tlaka

Rezultati proračuna zgrade

- Smjer X

Tablica 2.18 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra q_p

$v_{b,0} = 35 \text{ m/s}$ $k_r = 0,215$ $z_{\min} = 5 \text{ m}$ $z_0 = 0,3 \text{ m}$
$v_{b,0} \text{ (m/s)} = 35 \text{ m/s}$
$a_s = 3 \text{ m}$ $C_{ALT} = 1,0003$ $C_{DIR} = 1,0$ $C_{TEM} = 1,0$
$v_b \text{ (m/s)} = 35,01 \text{ m/s}$
$c_r(z) = 0,605$ $k_r = 0,215$ $z = z_{\min} = 5 \text{ m}$ $z_0 = 0,3 \text{ m}$ $c_0 = 1,0$
$v_m(z) = 21,18 \text{ m/s}$
$l_v(z) = 0,355$ $\rho_{zr} \text{ (kg/m}^3\text{)} = 1,25$
$q_p(z) = 0,98$

Tablica 2.19 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

$z_e = 15,3 \text{ m}$	$q_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$c_{pe} = c_{pe,10}$	$c_{pi,max}$	$c_{pi,min}$
A	0,98	-1,2	0,8	-0,5
B	0,98	-0,8	0,8	-0,5
C	0,98	-0,5	0,8	-0,5
D	0,98	0,8	0,8	-0,5
E	0,98	-0,5	0,8	-0,5

Tablica 2.20 Proračun ekvivalentnog opterećenja vjetrom wekv

z_e = 16,9 m	W_e (kN/m²)	W_{i,max} (kN/m²)	W_{i,min} (kN/m²)	W_{u,max} (kN/m²)	W_{u,min} (kN/m²)	W_{ekv,min} (kN/m²)
A	-1,760	0,784	-0,490	-2,544	-1,270	-2,544
B	-0,784	0,784	-0,490	-1,568	-0,294	-1,568
C	-0,490	0,784	-0,490	-1,274	0,000	-1,274
D	0,784	0,784	-0,490	0,000	1,274	1,274
E	-0,490	0,784	-0,490	-1,274	0,000	-1,274

- Smjer Y

Tablica 2.21 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra q_p

v_{b,0} = 35 m/s k_r = 0,215 z_{min} = 5 m z₀ = 0,3 m
v_{b,0} (m/s) = 35 m/s
a _s = 3 m C _{ALT} = 1,0003 C _{DIR} = 1,0 C _{TEM} = 1,0
v_b (m/s) = 35,01 m/s
c _r (z) = 0,605 k _r = 0,215 z = z _{min} = 5m z ₀ = 0,3 m c ₀ = 1,0
v_m (z) = 21,18 m/s
I _v (z) = 0,355 ρ _{zr} (kg/m ³) = 1,25
q_p(z) = 0,98

Tablica 2.22 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

$z_e = 15,3 \text{ m}$	$q_p(\text{kN/m}^2)$	$C_{pe} = C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$
A	0,98	-1,2	0,8	-0,5
B	0,98	-0,8	0,8	-0,5
D	0,98	0,8	0,8	-0,5
E	0,98	-0,5	0,8	-0,5

Tablica 2.23 Proračun ekvivalentnog opterećenja vjetrom wekv

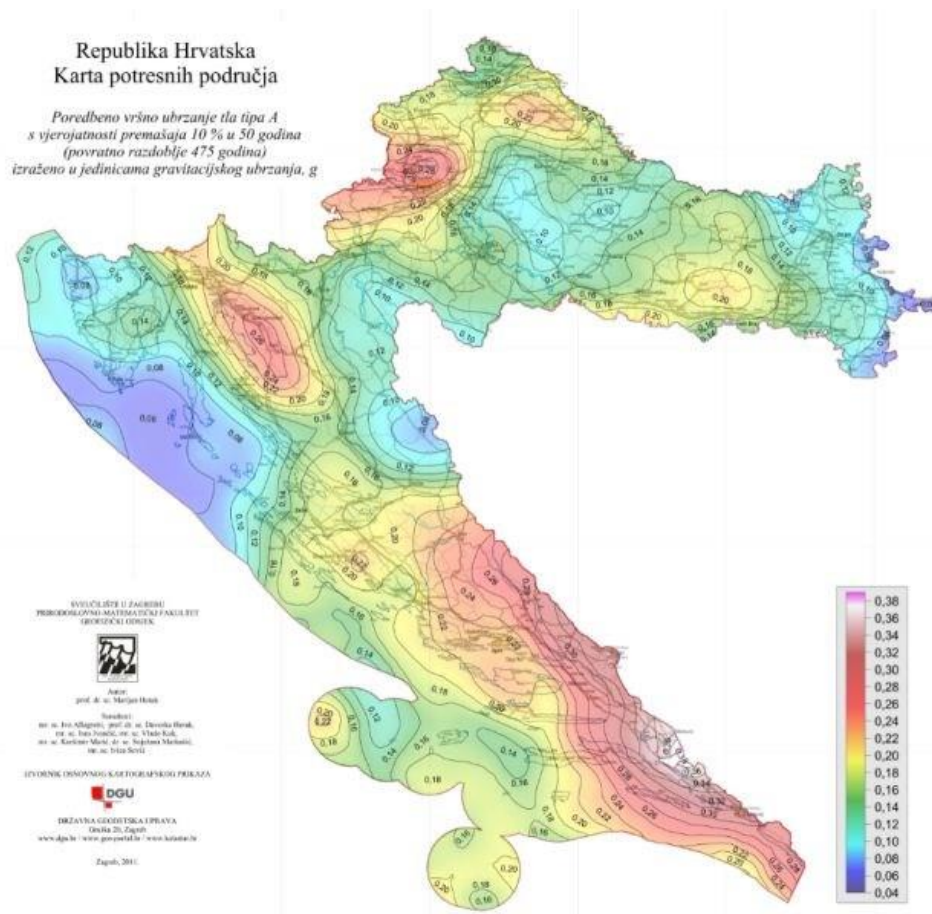
$z_e = 16,9 \text{ m}$	W_e (kN/m ²)	$W_{i,max}$ (kN/m ²)	$W_{i,min}$ (kN/m ²)	$W_{u,max}$ (kN/m ²)	$W_{u,min}$ (kN/m ²)	$W_{ekv,min}$ (kN/m ²)
A	-1,760	0,784	-0,490	-2,544	-1,270	-2,544
B	-0,784	0,784	-0,490	-1,568	-0,294	-1,568
D	0,784	0,784	-0,490	0,000	1,274	1,274
E	-0,490	0,784	-0,490	-1,274	0,000	-1,274

2.8 Izvanredno opterećenje

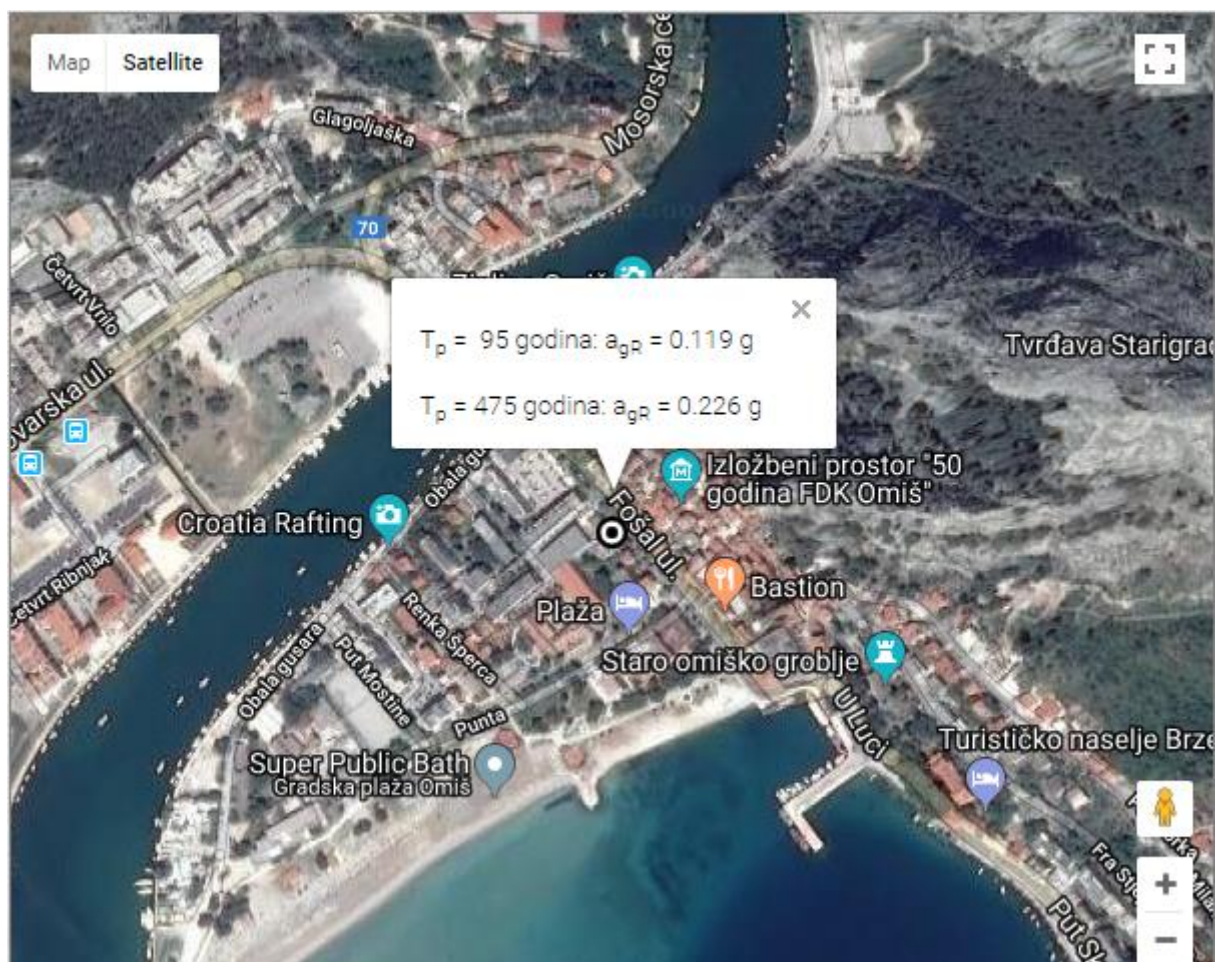
2.8.1 Seizmičko opterećenje S_x i S_y

Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je višemodalna (spektralna) analiza. Pri izračunu masa korištena je kombinacija stalnog opterećenja (težina konstrukcije i dodatno stalno opterećenje) i 30% pokretnog opterećenja.

Potresne sile proračunate su metodom višemodalne (spektralne) analize prema EC – 8 pomoću računalnog programa Scia Engineer 17.1 koristeći prostorni model konstrukcije. Građevina se nalazi na području Omiša gdje poredbeno vršno ubrzanje tla iznosi $a_{gr}=0,226g$ prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske. Računsko ubrzanje očitano je za povratni period 475 godina.



Slika 2.19 Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 2.20 Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Građevina je temeljena na tlu klase C, a pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja građevine.

Klasa tla	C
Računsko ubrzanje tla a_g	0,226g
Koeficijent računskog ubrzanja tla $\alpha = a_{gR}/g$	0,226
Faktor tla S za klasu tla A	1,15
Donja vrijednost faktora horizontalnog spektra odziva β	0,2
Granični periodi osciliranja za klasu tla A	$T_B=0,20s$ $T_C=0,60s$ $T_D=2,0s$

Proračun faktora ponašanja

Faktor ponašanja za horizontalno seizmičko djelovanje:

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w \geq 1,5$$

Gdje je:

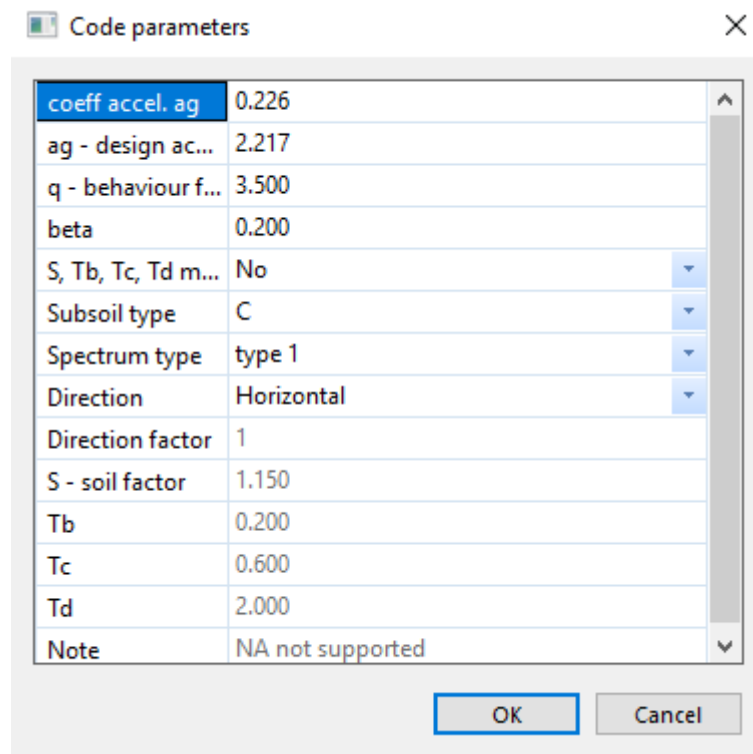
$q_0 = 5,8$ - osnovna vrijednost faktora ponašanja (konstrukcije s zidovima)

$k_d = 0,75$ - koeficijent ovisan o klasi duktilnosti (srednja klasa duktilnosti –M)

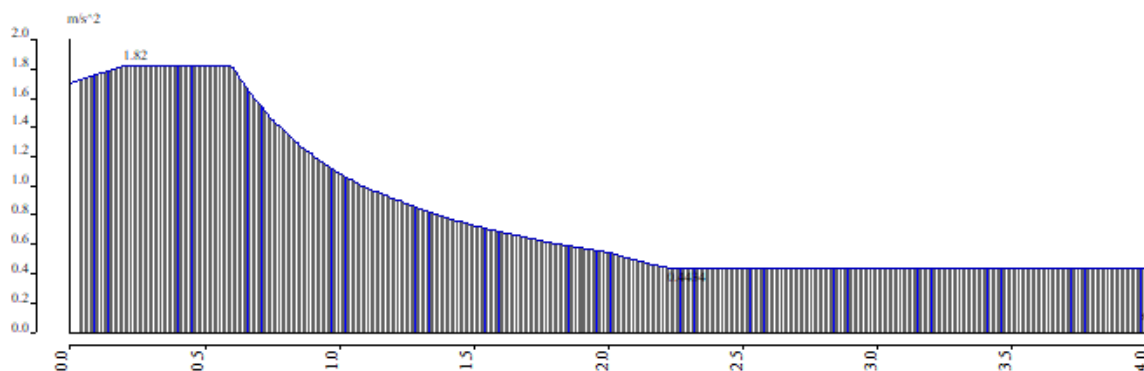
$k_r = 0,8$ - koeficijent pravilnosti konstrukcije (nepravilna konstrukcija)

$k_w = 1,0$ - koeficijent prevladavajućeg sloma (za okvirni sustav)

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w = 5,8 \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 3,5$$



Slika 2.21 Ulazni parametri u proračun



Slika 2.22 Normirani računski spektar odaziva

Potresno opterećenje je automatski generirano na temelju sudjelujućih masa generiranih iz opterećenja vlastitom težinom, dodatnog stalnog opterećenja i jednog dijela korisnog opterećenja: $1,0 G(\text{vlastita težina}) + 1,0 dG(\text{dodatno stalno}) + 0,3 Q(\text{korisno})$.

Na temelju tih ulaznih podataka napravljena je modalna analiza iz koje su dobiveni vlastiti oblici konstrukcije i njima pripadajući periodi sa sudjelujućim masama.

3 NUMERIČKI MODEL I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

3.1 Numerički model

Numerički model je izrađen u računalnom programu Scia Engineer 17.1. Modelom su obuhvaćene sve ploče, zidovi i grede. Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije), dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem, snijegom, vjetrom u dva glavna smjera te seizmičkim opterećenjem (potresom) u dva glavna smjera pri čemu su sva opterećenja, osim seizmičkog koje je generirano kroz računalni program, zadana kao raspodijeljena opterećenja po pločama i zidovima.

Zidovi su armirano-betonski debljine 20 cm, modelirani kao 2D elementi. Međukatne konstrukcije su pune armirano-betonske ploče debljine 15 cm, a podna ploča debljine 20 cm i modelirane kao pločasti elementi. Grede su pravokutnih poprečnih presjeka i modelirane su kao štapni elementi. Svi nosivi elementi su klase betona C 35/45 te kvalitete čelika B 500B.

3.2 Kombinacije opterećenja

Rezultati numeričkog proračuna su prikazani za računsko granično opterećenje koje se dobiva kao kombinacija stalnog, dodatno stalnog, korisnog, vjetra, snijega i potresnog opterećenja, prema izrazima navedenim u nastavku.

3.2.1 Granično stanje uporabljivosti

a) Osnovne kombinacije djelovanja

GSU 1 : $1,0 (g+\Delta g) + 1,0 q$

GSU 2 : $1,0 (g+\Delta g) + 1,0 s$

b) Drvena krovna konstrukcija

GSU 3 – Vjetar unutarnji⁺ : $1,0 (g+\Delta g) + 1,0 (W_1+S)$

GSU 4 – Vjetar unutarnji⁻ : $1,0 (g+\Delta g) + 1,0 (W_2+S)$

GSU 5 – Vjetar unutarnji⁺ : $1,0 (g+\Delta g) + 1,0 W_1$

GSU 6 – Vjetar unutarnji⁻ : $1,0 (g+\Delta g) + 1,0 W_2$

3.2.2 Granično stanje nosivosti

a) Osnovne kombinacije djelovanja:

GSN 1 – Snijeg : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5 s$

GSN 2 – Vjetar X : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5 w_x$

GSN 3 – Vjetar Y : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5 w_y$

GSN 4 : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5 q$

GSN 5 : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5q + 0,9 (1,5 s)$

b) Seizmičke kombinacije djelovanja:

GSN 6 – KS_x : $1,0 (g+\Delta g) + 0,3 q + 1,0S_x$

GSN 7 – KS_y : $1,0 (g+\Delta g) + 0,3q + 1,0S_y$

U potresnom opterećenju S_x je uključeno 30% potresnog opterećenja iz suprotnog smjera, tj. y smjera. Isto vrijedi i za potresno opterećenje S_y .

c) Drvena krovna konstrukcija

GSN 8 – Vjetar unutarnji⁺ : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5 \times 0,9 (W_1 + S)$

GSN 9 – Vjetar unutarnji⁻ : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5 \times 0,9 (W_2 + S)$

GSN 10 – Vjetar unutarnji⁺ : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5W_1$

GSN 11 – Vjetar unutarnji⁻ : $1,35 (g+\Delta g) + 1,5W_2$

4 MODALNA ANALIZA

4.1 Prikaz aktivacije masa

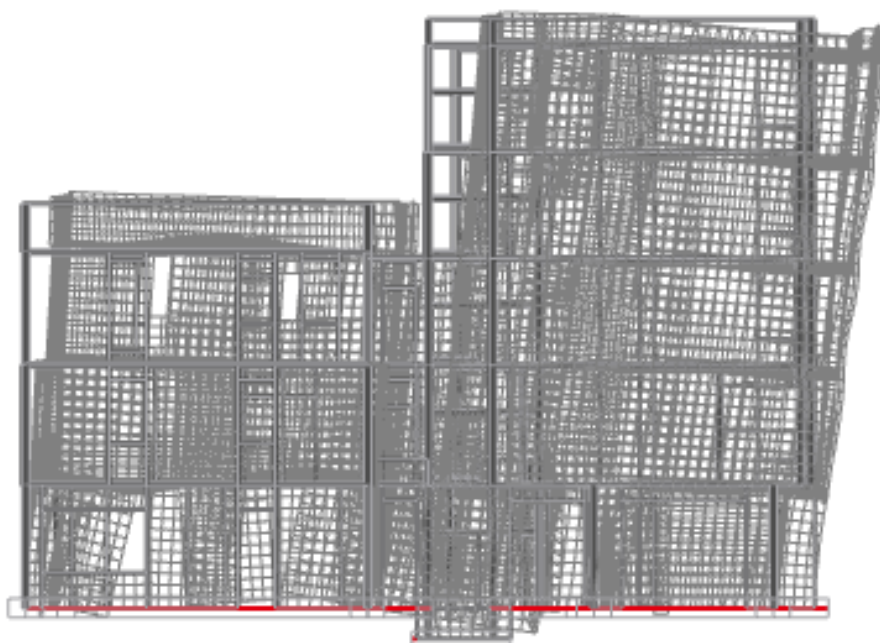
Combination of mass groups	MC 1 CM1
Number of frequencies	80
Method	Lanczos
Bending theory	Kirchhoff
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	07.06.2018 19:01
End of calculation	07.06.2018 19:10

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	40.4618	0.1553	6.4397	0.0000	0.0014	0.0000	0.0031	0.0000	0.0019
2	54.4221	0.1155	8.6615	0.0378	0.4246	0.0000	0.2883	0.0146	0.2292
3	64.2745	0.0978	10.2296	0.6846	0.0004	0.0000	0.0255	0.1849	0.0738
4	66.5887	0.0944	10.5979	0.0294	0.2227	0.0000	0.0007	0.0314	0.4194
5	67.4890	0.0931	10.7412	0.0004	0.0010	0.0000	0.0007	0.0002	0.0001
6	71.9135	0.0874	11.4454	0.0004	0.0636	0.0000	0.0010	0.0043	0.1134
7	74.2107	0.0847	11.8110	0.0004	0.0086	0.0000	0.0002	0.0010	0.0140
8	75.8737	0.0828	12.0757	0.0000	0.0063	0.0000	0.0004	0.0004	0.0108
9	76.0124	0.0827	12.0977	0.0004	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0014
10	77.1463	0.0814	12.2782	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
11	98.5777	0.0637	15.6891	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	109.9808	0.0571	17.5040	0.0006	0.0013	0.0000	0.0040	0.0040	0.0003
13	116.5175	0.0539	18.5443	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000
14	120.7144	0.0521	19.2123	0.0303	0.0403	0.0000	0.0043	0.1515	0.0010
15	125.2291	0.0502	19.9308	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
16	125.9188	0.0499	20.0406	0.0000	0.0007	0.0000	0.0038	0.0001	0.0003
17	130.3261	0.0482	20.7420	0.0003	0.0003	0.0000	0.0195	0.0003	0.0009
18	134.6533	0.0467	21.4307	0.0048	0.0000	0.0000	0.0019	0.0064	0.0002
19	138.6245	0.0453	22.0628	0.0354	0.0000	0.0000	0.0133	0.0576	0.0007
20	139.5979	0.0450	22.2177	0.0630	0.0001	0.0000	0.0240	0.1018	0.0023
21	140.5770	0.0447	22.3735	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000
22	141.3797	0.0444	22.5013	0.0044	0.0039	0.0000	0.0368	0.0070	0.0009
23	141.9855	0.0443	22.5977	0.0022	0.0000	0.0000	0.0044	0.0030	0.0000
24	150.4975	0.0417	23.9524	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	154.2184	0.0407	24.5446	0.0002	0.0002	0.0000	0.0002	0.0023	0.0000
26	164.6368	0.0382	26.2028	0.0001	0.0003	0.0000	0.0002	0.0004	0.0005
27	165.9503	0.0379	26.4118	0.0015	0.0822	0.0000	0.1458	0.0228	0.0512
28	169.4662	0.0371	26.9714	0.0005	0.0136	0.0000	0.0266	0.0044	0.0037
29	175.8051	0.0357	27.9803	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0000
30	178.8418	0.0351	28.4636	0.0002	0.0002	0.0000	0.0008	0.0006	0.0000
31	180.9853	0.0347	28.8047	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
32	182.0247	0.0345	28.9701	0.0001	0.0009	0.0000	0.0035	0.0003	0.0000
33	184.8832	0.0340	29.4251	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
34	186.0796	0.0338	29.6155	0.0008	0.0003	0.0000	0.0009	0.0032	0.0000
35	191.4761	0.0328	30.4744	0.0000	0.0001	0.0000	0.0005	0.0002	0.0000
36	195.4521	0.0321	31.1072	0.0004	0.0003	0.0000	0.0017	0.0017	0.0000
37	199.0839	0.0316	31.6852	0.0000	0.0024	0.0000	0.0128	0.0000	0.0003
38	205.7243	0.0305	32.7420	0.0037	0.0014	0.0000	0.0077	0.0187	0.0000
39	207.6357	0.0303	33.0463	0.0003	0.0002	0.0000	0.0002	0.0036	0.0014
40	210.4130	0.0299	33.4883	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000
41	216.2072	0.0291	34.4104	0.0134	0.0000	0.0000	0.0003	0.0635	0.0001
42	219.7073	0.0286	34.9675	0.0016	0.0013	0.0000	0.0129	0.0129	0.0019
43	231.1808	0.0272	36.7936	0.0000	0.0069	0.0000	0.0354	0.0008	0.0010
44	232.4340	0.0270	36.9930	0.0002	0.0139	0.0000	0.0317	0.0001	0.0004
45	245.5768	0.0256	39.0848	0.0030	0.0014	0.0000	0.0053	0.0202	0.0000
46	249.0841	0.0252	39.6430	0.0001	0.0010	0.0000	0.0021	0.0013	0.0009
47	250.0709	0.0251	39.8000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0005	0.0009	0.0001
48	256.9196	0.0245	40.8900	0.0033	0.0044	0.0000	0.0176	0.0140	0.0000
49	258.9151	0.0243	41.2076	0.0000	0.0016	0.0000	0.0071	0.0001	0.0005
50	261.2774	0.0240	41.5836	0.0004	0.0007	0.0000	0.0089	0.0091	0.0010
51	267.4589	0.0235	42.5674	0.0021	0.0003	0.0000	0.0038	0.0055	0.0006
52	270.4702	0.0232	43.0467	0.0069	0.0009	0.0000	0.0013	0.0385	0.0006
53	272.1904	0.0231	43.3204	0.0014	0.0002	0.0000	0.0003	0.0071	0.0001
54	273.9183	0.0229	43.5954	0.0000	0.0004	0.0000	0.0018	0.0001	0.0000
55	275.5528	0.0228	43.8556	0.0001	0.0001	0.0000	0.0005	0.0007	0.0003
56	277.1950	0.0227	44.1169	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0012	0.0002

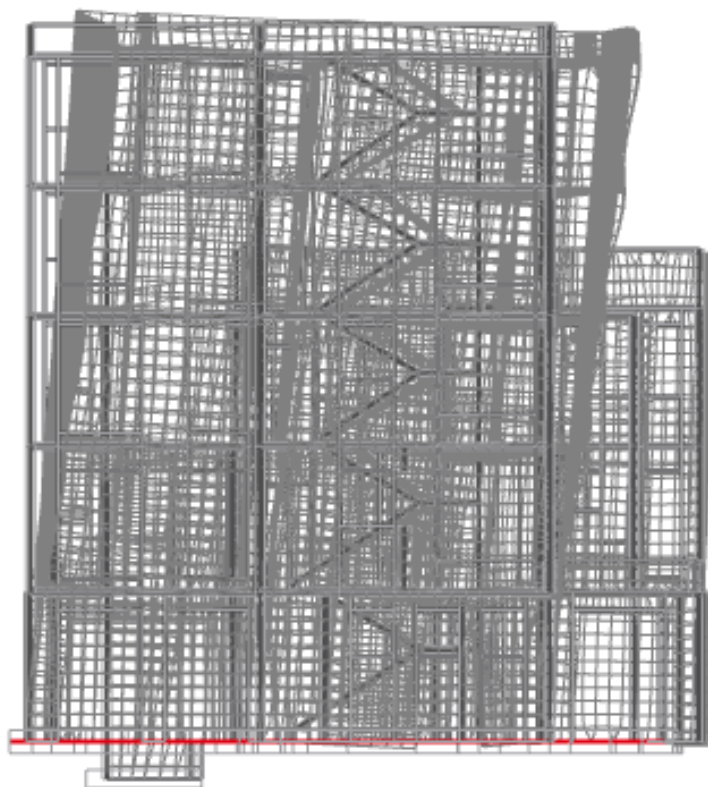
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
57	277.4226	0.0226	44.1532	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0002
58	280.0303	0.0224	44.5682	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000
59	285.4700	0.0220	45.4340	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	288.0941	0.0218	45.8516	0.0000	0.0116	0.0000	0.0204	0.0013	0.0065
61	288.3639	0.0218	45.8945	0.0000	0.0013	0.0000	0.0023	0.0002	0.0008
62	289.1657	0.0217	46.0221	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
63	290.2242	0.0216	46.1906	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
64	294.7793	0.0213	46.9156	0.0000	0.0004	0.0000	0.0020	0.0000	0.0008
65	297.4905	0.0211	47.3471	0.0000	0.0002	0.0000	0.0008	0.0002	0.0002
66	300.7747	0.0209	47.8698	0.0000	0.0006	0.0000	0.0018	0.0000	0.0004
67	301.9174	0.0208	48.0516	0.0000	0.0002	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000
68	307.7946	0.0204	48.9870	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
69	309.2420	0.0203	49.2174	0.0000	0.0001	0.0000	0.0033	0.0000	0.0021
70	316.0470	0.0199	50.3004	0.0000	0.0008	0.0000	0.0025	0.0001	0.0000
71	316.1944	0.0199	50.3239	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001
72	317.4920	0.0198	50.5304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73	319.2058	0.0197	50.8032	0.0020	0.0005	0.0000	0.0023	0.0034	0.0002
74	320.2808	0.0196	50.9743	0.0000	0.0008	0.0000	0.0017	0.0000	0.0004
75	320.9969	0.0196	51.0882	0.0000	0.0007	0.0000	0.0016	0.0000	0.0002
76	321.7051	0.0195	51.2010	0.0007	0.0001	0.0000	0.0006	0.0008	0.0000
77	326.1419	0.0193	51.9071	0.0002	0.0001	0.0000	0.0003	0.0007	0.0000
78	328.3200	0.0191	52.2537	0.0016	0.0001	0.0000	0.0012	0.0036	0.0009
79	329.1756	0.0191	52.3899	0.0014	0.0002	0.0000	0.0012	0.0048	0.0002
80	332.8885	0.0189	52.9808	0.0006	0.0001	0.0000	0.0007	0.0017	0.0001
				0.9464	0.9311	0.0000	0.8073	0.8388	0.9493

Skupljeno je prosječno 90 % mase u tri glavna smjera deformacija (Wx, Wy, Wz_Rotation) koja promatramo za 80 modova.

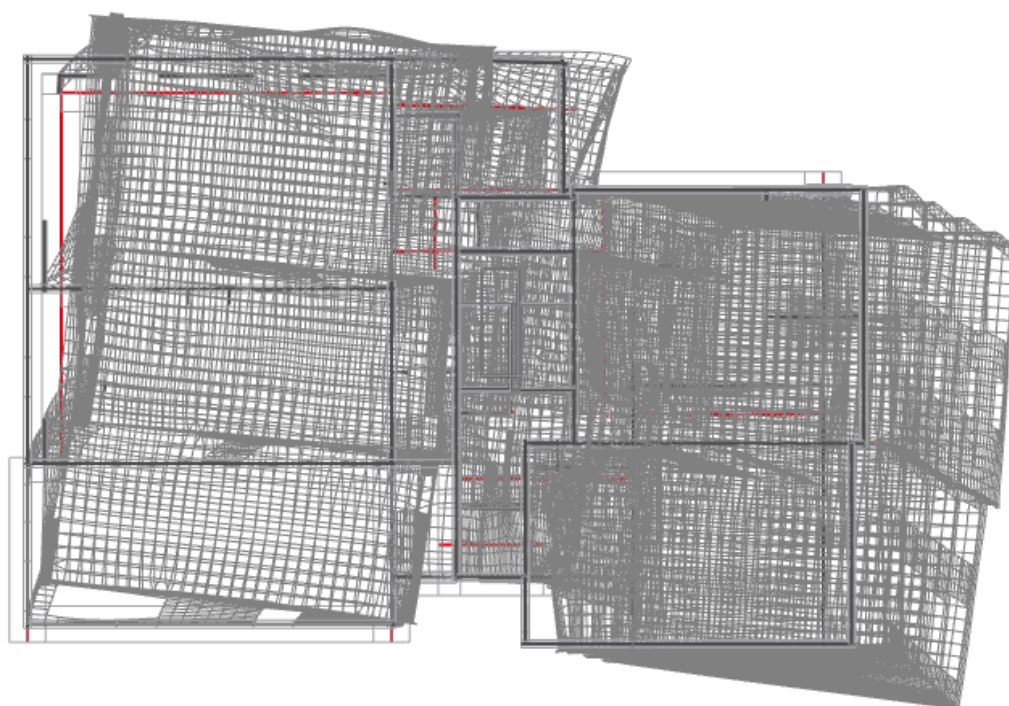
4.2 Grafički prikaz deformacija uslijed nekoliko modova osciliranja



Slika 4.1 Translacija u smjeru globalne osi X - ton 1



Slika 4.2 Translacija u smjeru globalne osi Y - ton 2

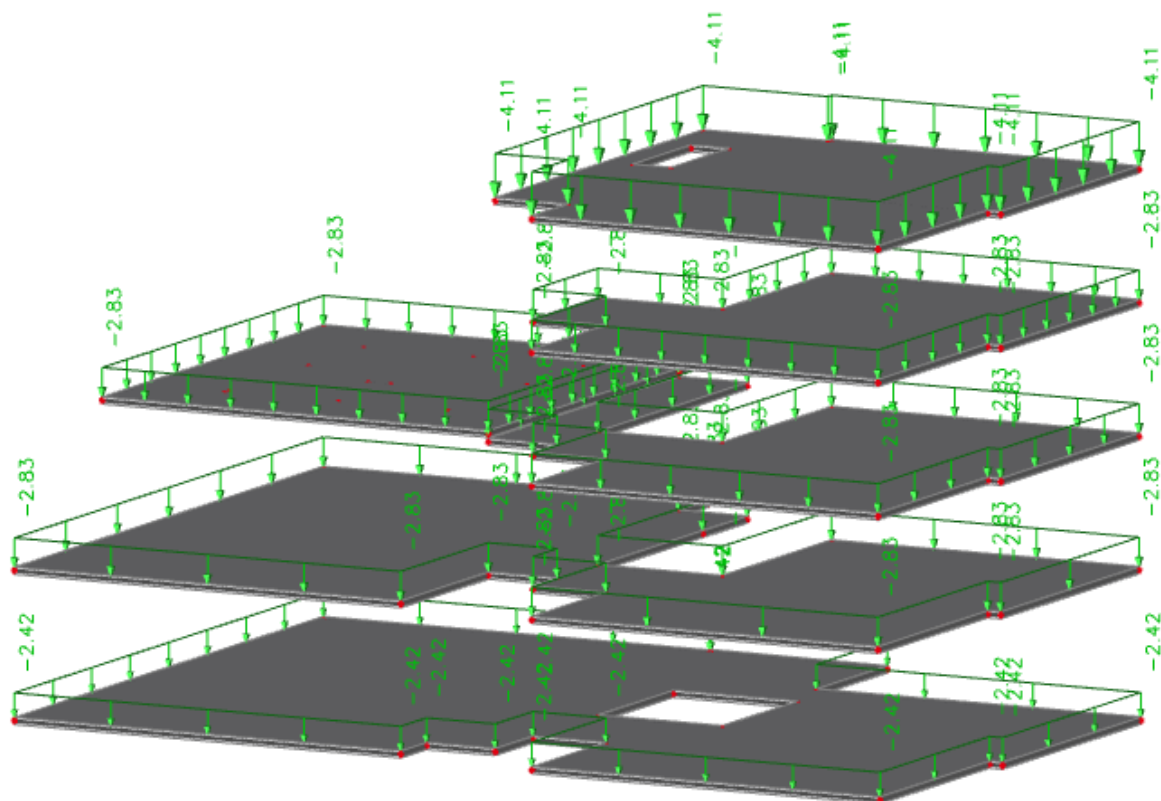


Slika 4.3 Torzija oko globalne osi Z - ton 3

5 DIMENZIONIRANJE AB PLOČA

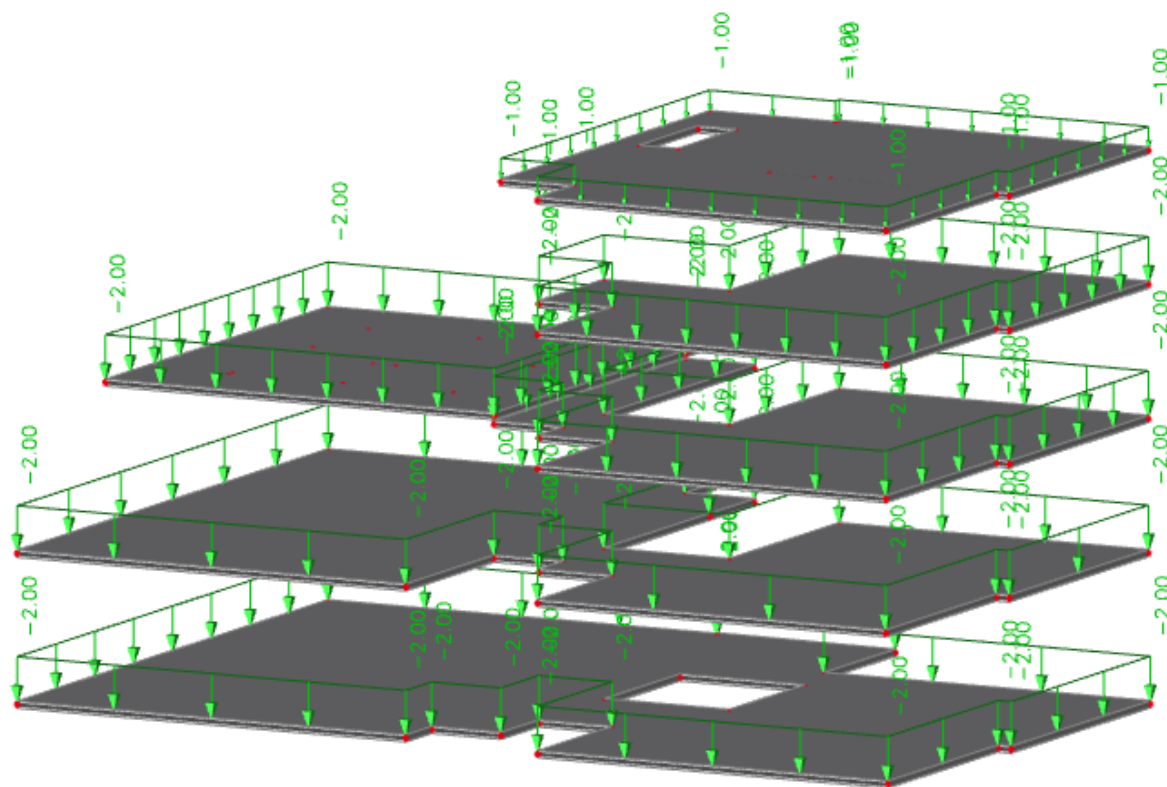
5.1 Prikaz opterećenja

5.1.1 Dodatno stalno opterećenje



Slika 5.1 Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na pločama

5.1.2 Korisno opterećenje



Slika 5.2 Prikaz korisnog opterećenja na pločama

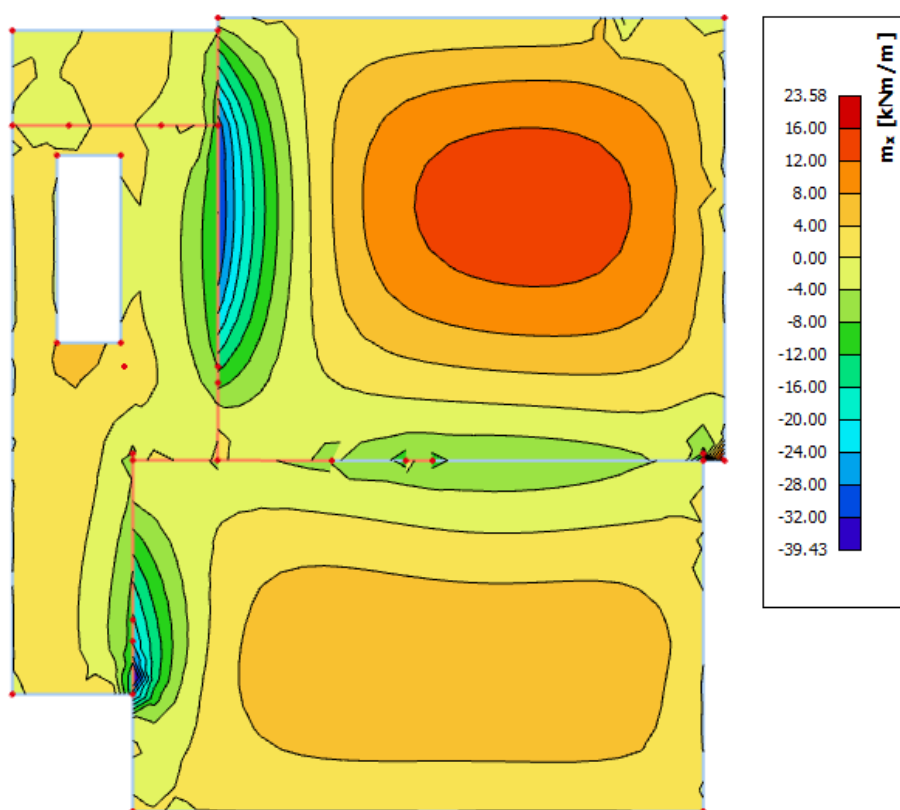
5.2 Pozicija 500 – krovna ploča

5.2.1 Rezultati proračuna

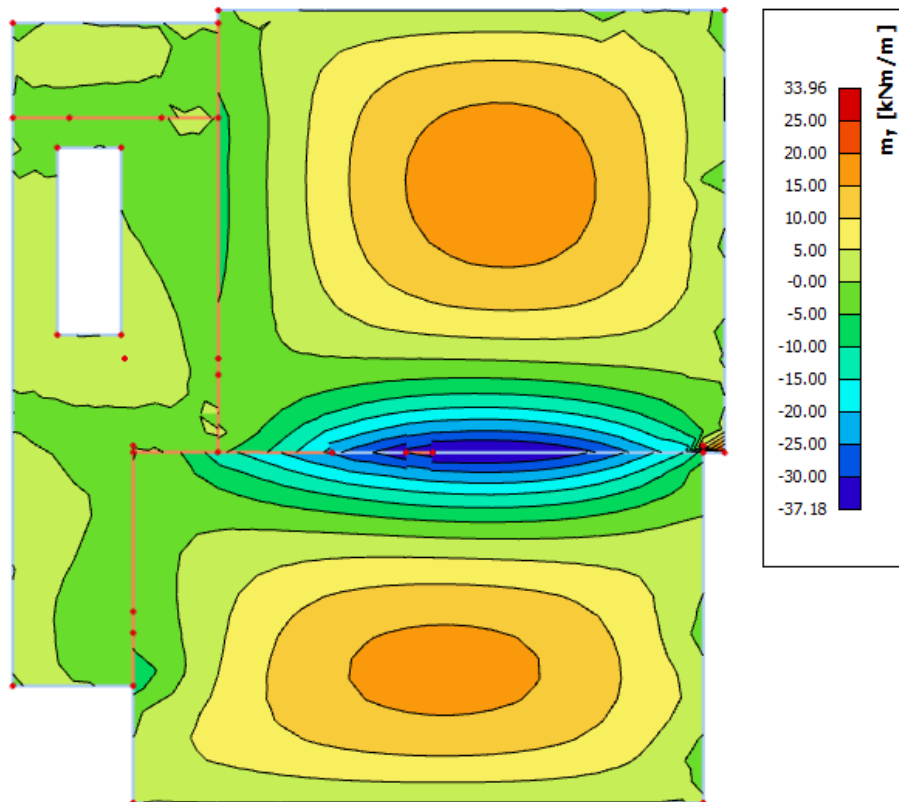
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 5: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q + 0,9 (1,5 S)$.

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje
- S – opterećenje snijegom



Slika 5.3 POZ 500 Moment savijanja M_x (kNm/m)

Slika 5.4 POZ 500 Moment savijanja M_y (kNm/m')

5.2.2 Dimenzioniranje na savijanje

Beton C35/45

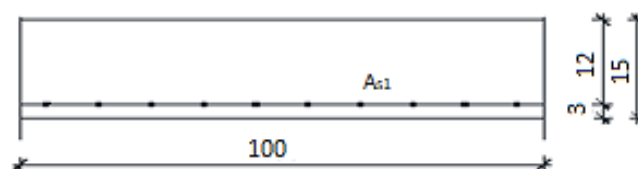
$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 15 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 12 \text{ cm}$$



Slika 5.5 Presjek ploče u polju

5.2.2.1 Polje

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN 5 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q + 0,9(1,5S)$$

$$M_{Ed} = 18,92 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1892}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,056$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,5\%$$

$$\zeta = 0,953 \quad \xi = 0,130$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1892}{0,953 \cdot 12 \cdot 43,48} = 3,80 \text{ cm}^2 - \text{armaturu je potrebno povećati za 20\% jer}$$

proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 4,0 \text{ cm}^2$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q-424 ($A_{s1} = 4,24 \text{ cm}^2$)

5.2.2.2 Ležaj

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN 5 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q + 0,9(1,5S)$$

$$M_{Ed} = 38,27 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3827}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,114$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -2,5\%$$

$$\zeta = 0,922 \quad \xi = 0,200$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3827}{0,922 \cdot 12 \cdot 43,48} = 7,95 \text{ cm}^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%}$$

$$A_{s1} = 7,75 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 100 \cdot 12 = 48,0 \text{ cm}^2$$

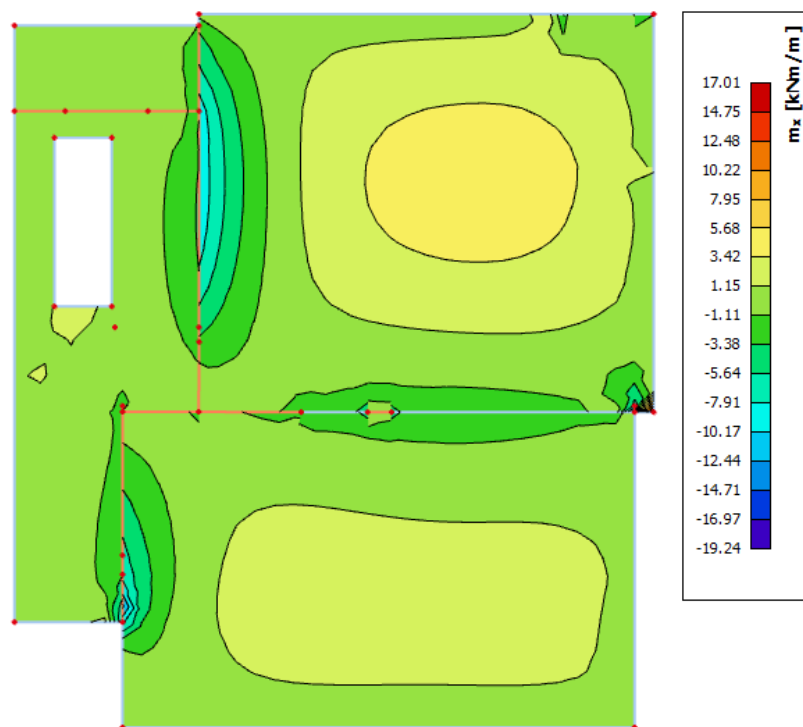
$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 20,0 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q -785 A_{s1} = 7,85 cm²

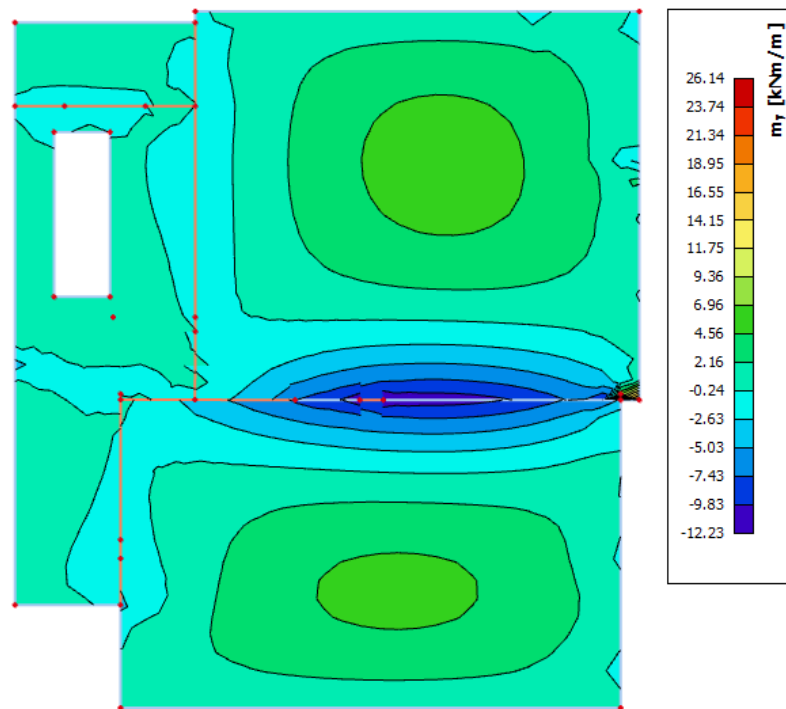
5.2.3 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.6 Prikaz momenata savijanja Mx GSU-1

Slika 5.7 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

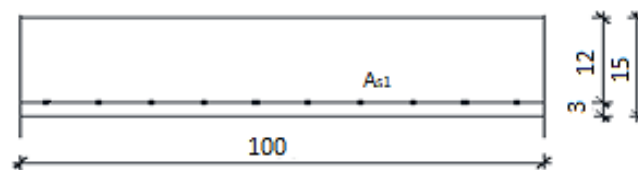
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

5.2.3.1 Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 5,52 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-424** ($A_{s1} = 4,24 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}$; $h=18 \text{ (cm)}$; $d_1=3 \text{ (cm)}$; $d=15 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21$ MPa

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 34,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 4,24}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 4,24}} \right) = 2,21 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{552}{\left(12 - \frac{2,21}{3}\right) \cdot 4,24} = 11,55 \text{ kN/cm}^2 = 115,5 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{4,24}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,00565$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{115,5 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,00565} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,00565)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{115,5}{200000,0}$$

$$\frac{-119,3}{200000} > \frac{69,3}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000346$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3.4$, $k_4=0.425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9}{0,00565} = 372,79 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

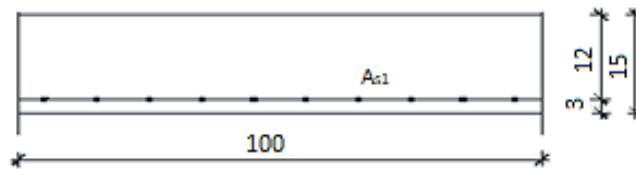
$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 372,79 \cdot 0,000346 = 0,129 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

5.2.3.2 Kontrola pukotina za ležaj

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 12,23 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ($A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}; h=15 \text{ (cm)}; d_1=3 \text{ (cm)}; d=12 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{1323}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 15,27 \text{ kN / cm}^2 = 152,7 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0105$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{152,7 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,0105} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,0105)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{152,7}{200000,0}$$

$$\frac{22,86}{200000} > \frac{91,62}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000458$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10}{0,0105} = 263,90 \text{ mm}$$

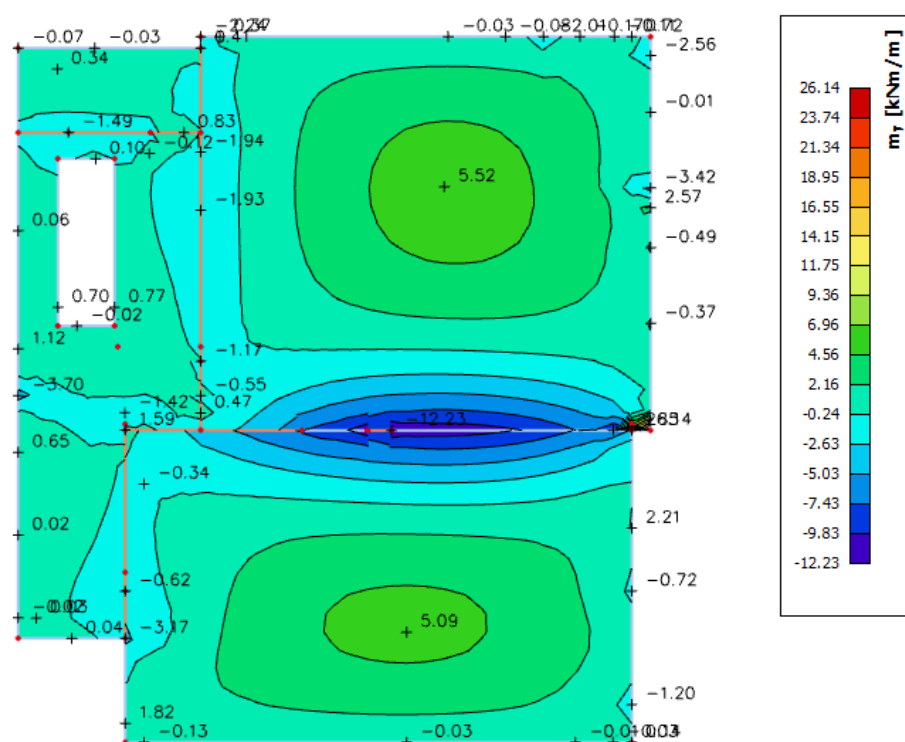
Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 263,90 \cdot 0,000458 = 0,120 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

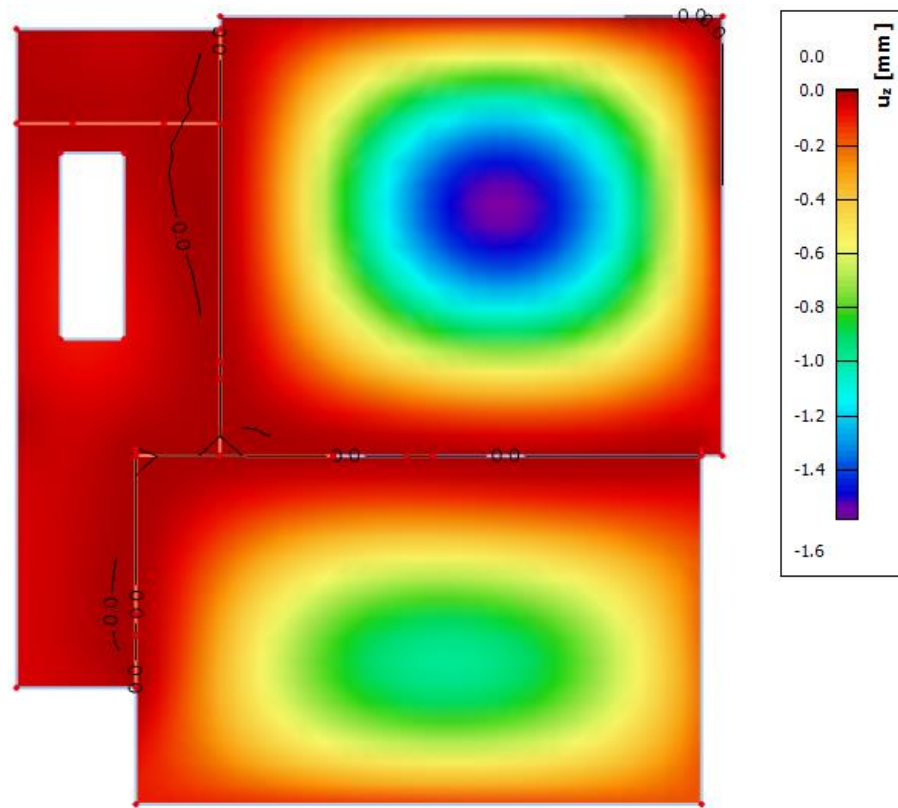
Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

5.2.4 Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.8 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1



Slika 5.9 Maksimalni progib za krovnu ploču

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{1120}{250} = 4,48 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|12,23 + 0,03|}{|5,52|} = 2,22$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,22) = 0,081$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + 5,88 \cdot \left[7,85 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 \right] = 29059,70 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 5,52 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{5,52 \cdot 100}{3400 \cdot 29059,70} = 0,00000558 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + (100 \cdot 2,89) \cdot \left(\frac{2,89}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [7,85 \cdot (12 - 2,89)^2 + 0 \cdot (2,89 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 32559,19 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{5,52 \cdot 100}{3400 \cdot 32559,19} = 0,00000498 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{100 \cdot 15^2}{6} = 1203,75 \text{ kNcm} = 12,04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1204}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 13,89 \frac{kN}{cm^2} = 138,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{552}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 6,37 \frac{kN}{cm^2} = 63,7 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000558 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000498 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,00000558 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000498$$

$$= 0,00000498 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,081$$

$$L=1120,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,081 \cdot 1120^2 \cdot 0,00000498 = 0,506 \text{ cm} < v_{lim} = 4,48 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

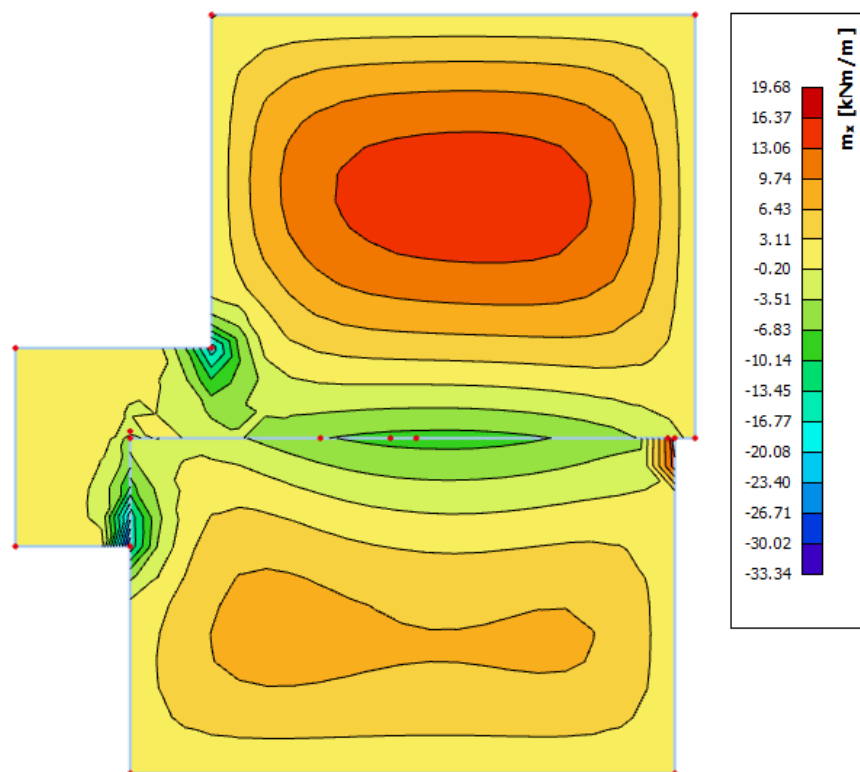
5.3 Pozicija 400

5.3.1 Rezultati proračuna

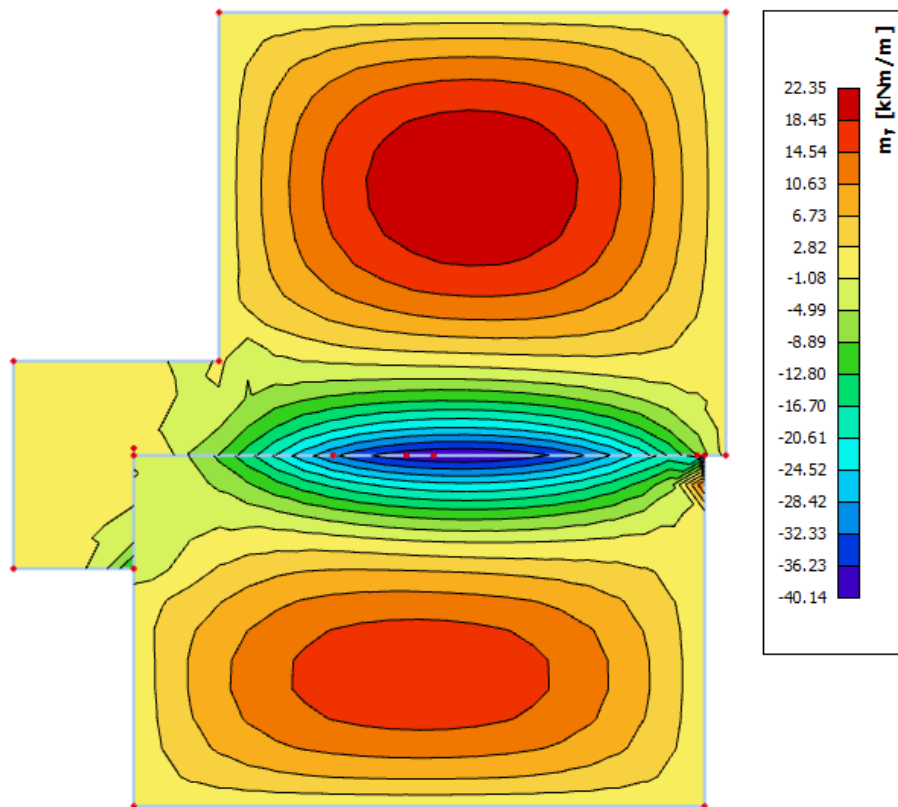
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje



Slika 5.10 POZ 400 Moment savijanja M_x (kNm/m)

Slika 5.11 POZ 400 Moment savijanja M_y (kNm/m')

5.3.2 Dimenzioniranje na savijanje

Beton C35/45

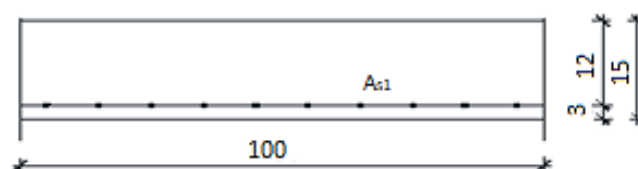
$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 15 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 12 \text{ cm}$$



Slika 5.12 Presjek ploče u polju

5.3.2.1 Polje

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 22,35\ kNm/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2235}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,066$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,7\%$$

$$\zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2235}{0,947 \cdot 12 \cdot 43,48} = 4,52\ cm^2 - \text{armaturu je potrebno povećati za 20\% jer}$$

proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 4,72\ cm^2$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56\ cm^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00\ cm^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q-503 ($A_{s1} = 5,03\ cm^2$)

5.3.2.2 Ležaj

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 38,19\ kNm/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3819}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,114$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -2,5\%$$

$$\zeta = 0,922 \quad \xi = 0,200$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3819}{0,922 \cdot 12 \cdot 43,48} = 7,93\ cm^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%}$$

$$A_{s1} = 7,73\ cm^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 100 \cdot 12 = 48,0 \text{ cm}^2$$

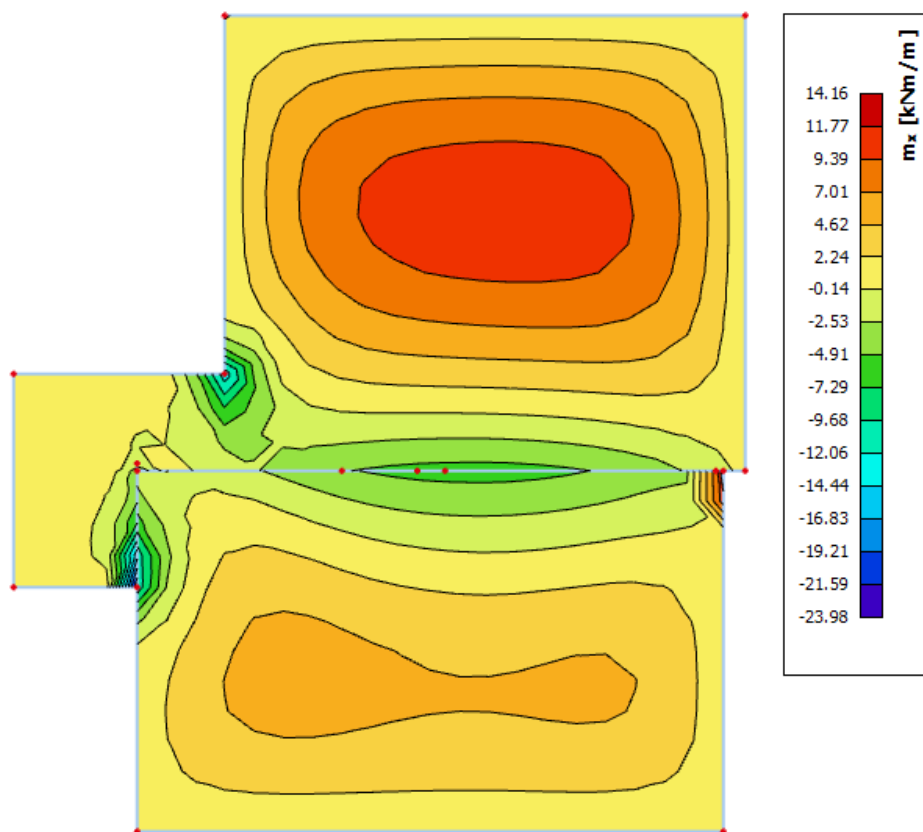
$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 20,0 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q -785 A_{s1} = 7,85 cm²

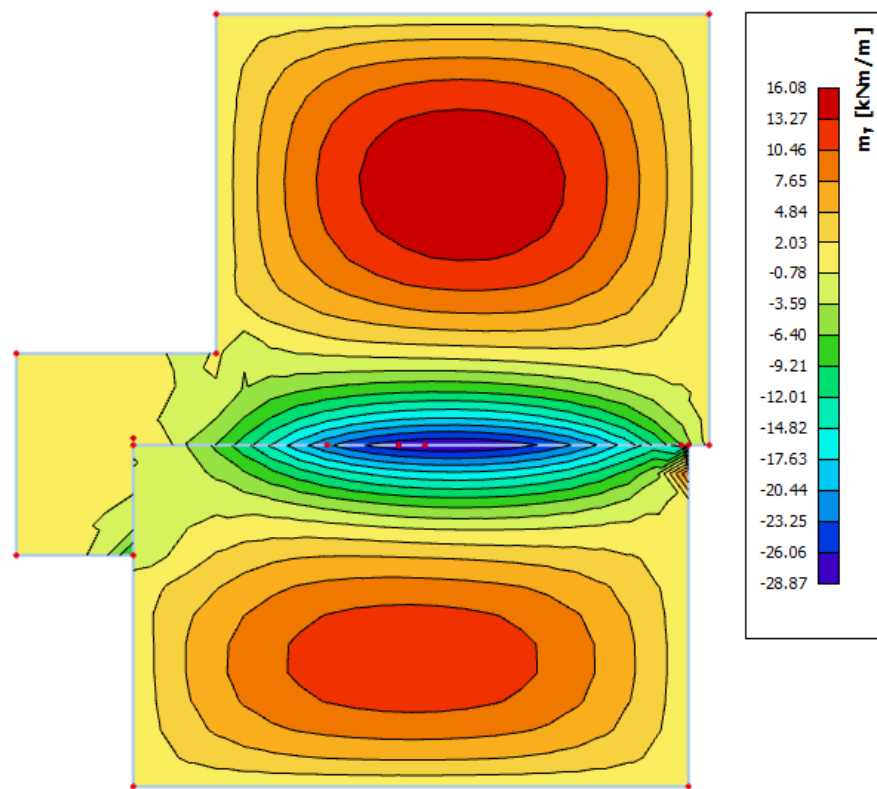
5.3.3 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.13 Prikaz momenata savijanja M_x GSU-1

Slika 5.14 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

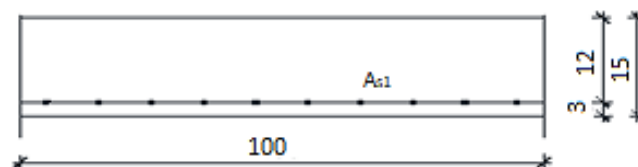
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

5.3.3.1 Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 16,08 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-503** ($A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}$; $h=18 \text{ (cm)}$; $d_1=3 \text{ (cm)}$; $d=15 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 34,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 5,03}} \right) = 2,38 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1608}{\left(12 - \frac{2,38}{3}\right) \cdot 5,03} = 28,526 \text{ kN/cm}^2 = 285,26 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{5,03}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,00671$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{285,26 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,00671} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,00671)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{285,26}{200000,0}$$

$$\frac{86,35}{200000} > \frac{171,16}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000856$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=8$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{8}{0,00671} = 304,68 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

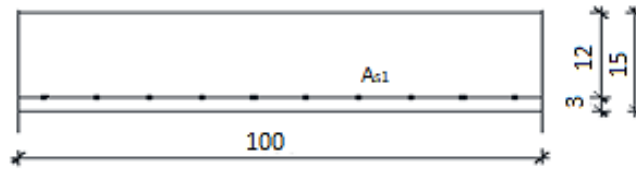
$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 304,68 \cdot 0,000856 = 0,261 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

5.3.3.2 Kontrola pukotina za ležaj

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 28,87 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ($A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}; h=15 \text{ (cm)}; d_1=3 \text{ (cm)}; d=12 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{2887}{\left(12 - \frac{2,89}{3}\right) \cdot 7,85} = 33,32 \text{ kN / cm}^2 = 333,2 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0105$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{333,2 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,0105} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,0105)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{333,2}{200000,0}$$

$$\frac{203,36}{200000} > \frac{199,92}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,00102$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm
 ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10}{0,0105} = 263,90 \text{ mm}$$

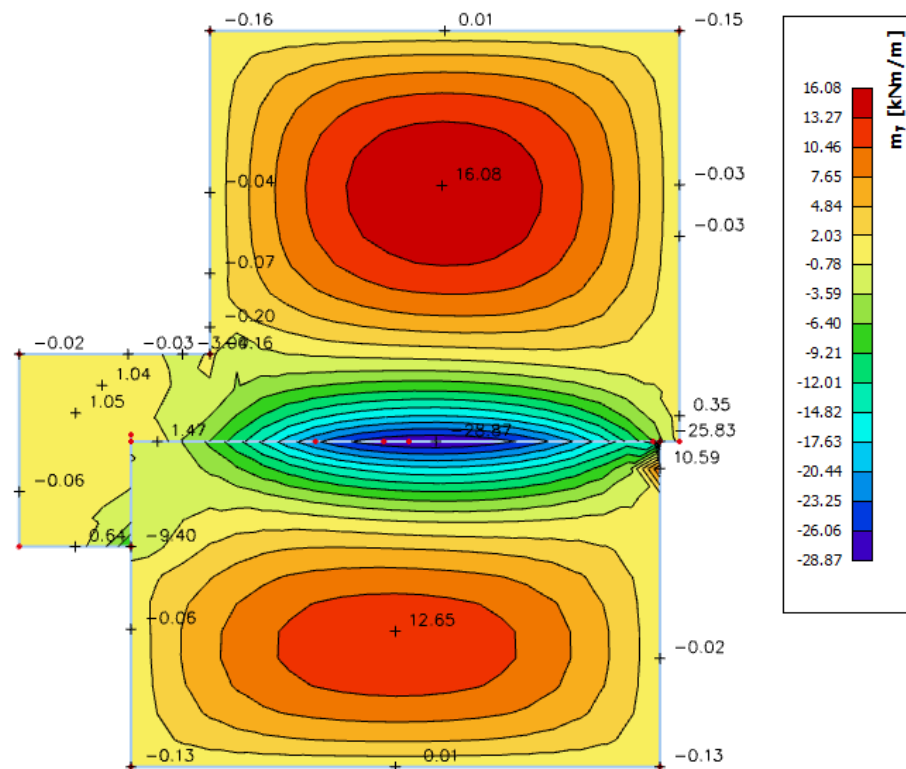
Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 263,90 \cdot 0,00102 = 0,269 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

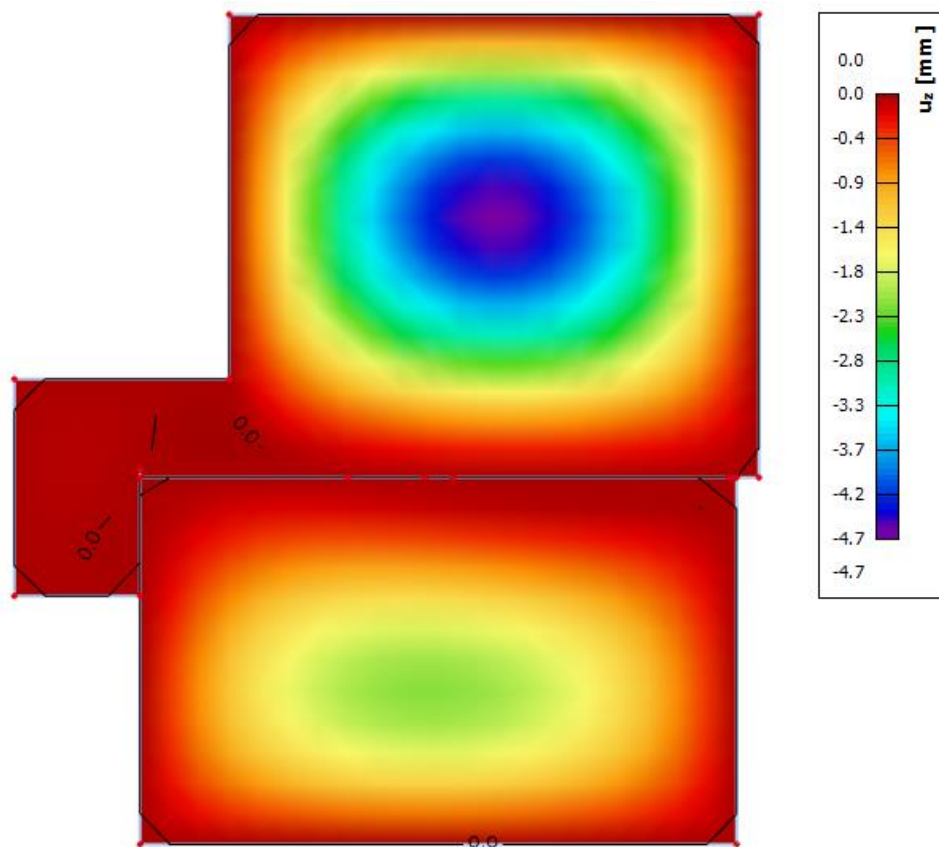
Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

5.3.4 Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.15 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1



Slika 5.16 Maksimalni progibi za ploču POZ 500

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{1120}{250} = 4,48 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|28,87 + 0,01|}{|16,08|} = 1,80$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,80) = 0,0854$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + 5,88 \cdot \left[7,85 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 \right] = 29059,70 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 16,08 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{16,08 \cdot 100}{3400 \cdot 29059,70} = 0,0000163 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + (100 \cdot 2,89) \cdot \left(\frac{2,89}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [7,85 \cdot (12 - 2,89)^2 + 0 \cdot (2,89 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 32559,19 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{16,08 \cdot 100}{3400 \cdot 32559,19} = 0,0000145 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} ; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} ; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{100 \cdot 15^2}{6} = 1203,75 \text{ kNcm} = 12,04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1204}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 13,89 \frac{kN}{cm^2} = 138,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{1608}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 18,56 \frac{kN}{cm^2} = 185,6 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,0000163 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000145 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000163 + (1 - 0,0) \cdot 0,0000145 = 0,0000145 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k=0,0854$$

$$L=1120,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0854 \cdot 1120^2 \cdot 0,0000145 = 1,55 \text{ cm} < v_{lim} = 4,48 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

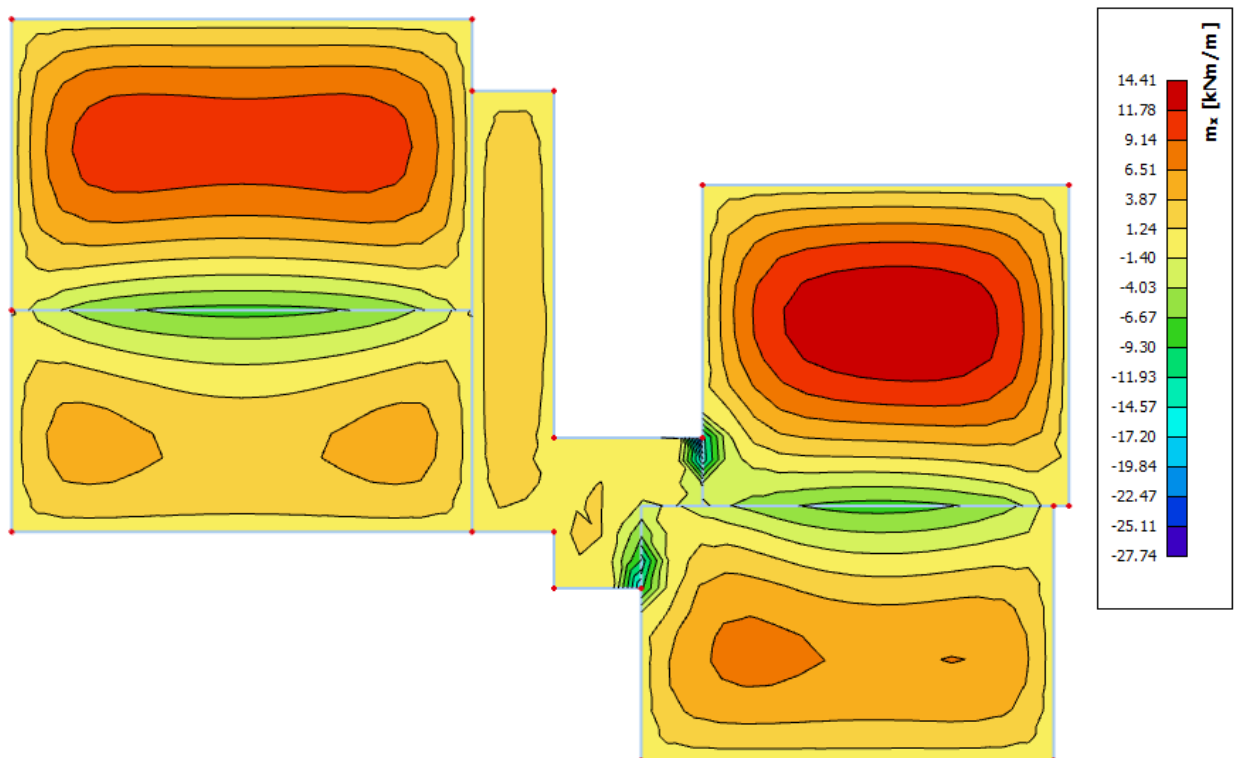
5.4 Pozicija 300

5.4.1 Rezultati proračuna

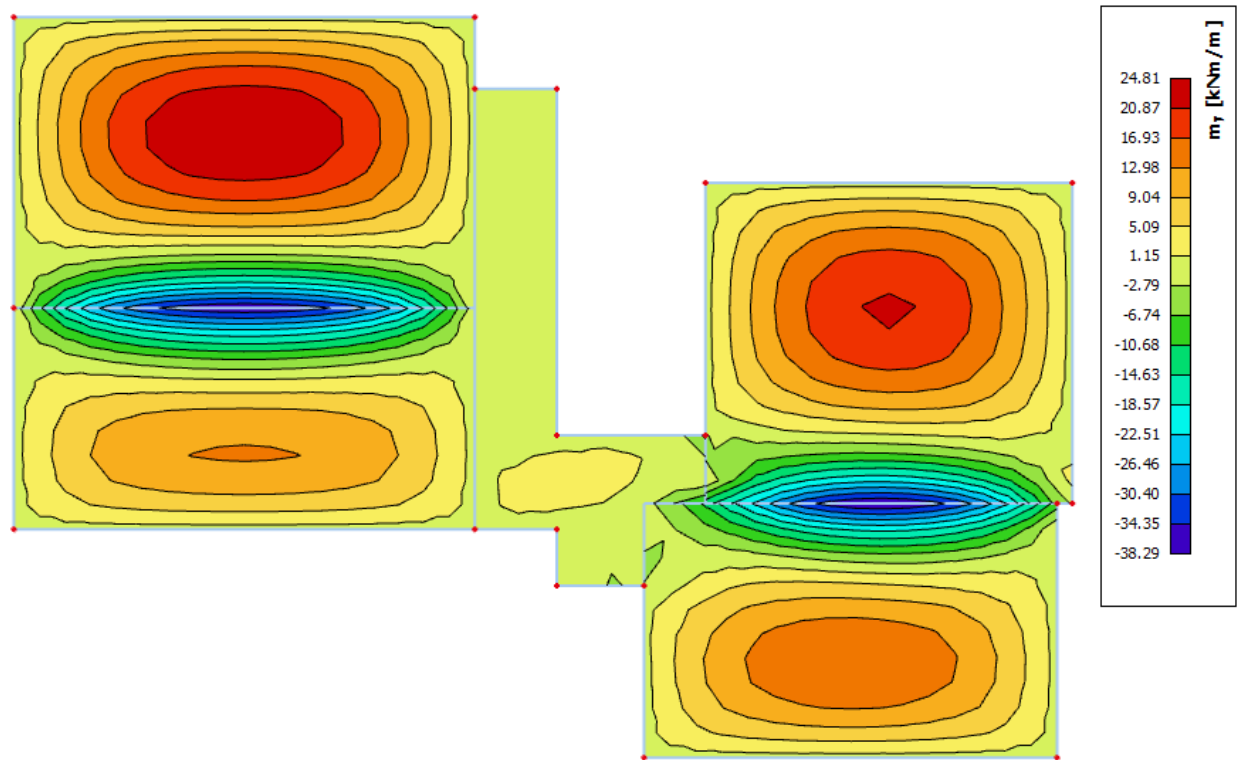
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje



Slika 5.17 POZ 300 Moment savijanja M_x (kNm/m')

Slika 5.18 POZ 300 Moment savijanja M_y (kNm/m')

5.4.2 Dimenzioniranje na savijanje

Beton C35/45

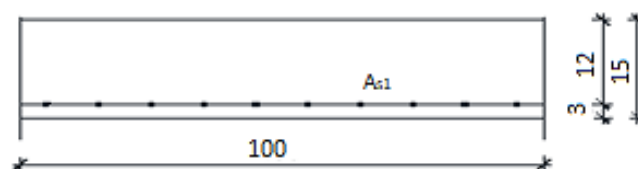
$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 15 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 12 \text{ cm}$$



Slika 5.19 Presjek ploče u polju

5.4.2.1 Polje

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 24,81\text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2481}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,074$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,8\%$$

$$\zeta = 0,944 \quad \xi = 0,153$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2481}{0,944 \cdot 12 \cdot 43,48} = 5,03\text{ cm}^2 - \text{armaturu je potrebno povećati za 20\% jer}$$

proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 5,23\text{ cm}^2$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56\text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00\text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q-636 ($A_{s1} = 6,36\text{ cm}^2$)

5.4.2.2 Ležaj

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 38,29\text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3829}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,114$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -2,5\%$$

$$\zeta = 0,922 \quad \xi = 0,200$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3829}{0,922 \cdot 12 \cdot 43,48} = 7,96\text{ cm}^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%}$$

$$A_{s1} = 7,76\text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56\text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 100 \cdot 12 = 48,0 \text{ cm}^2$$

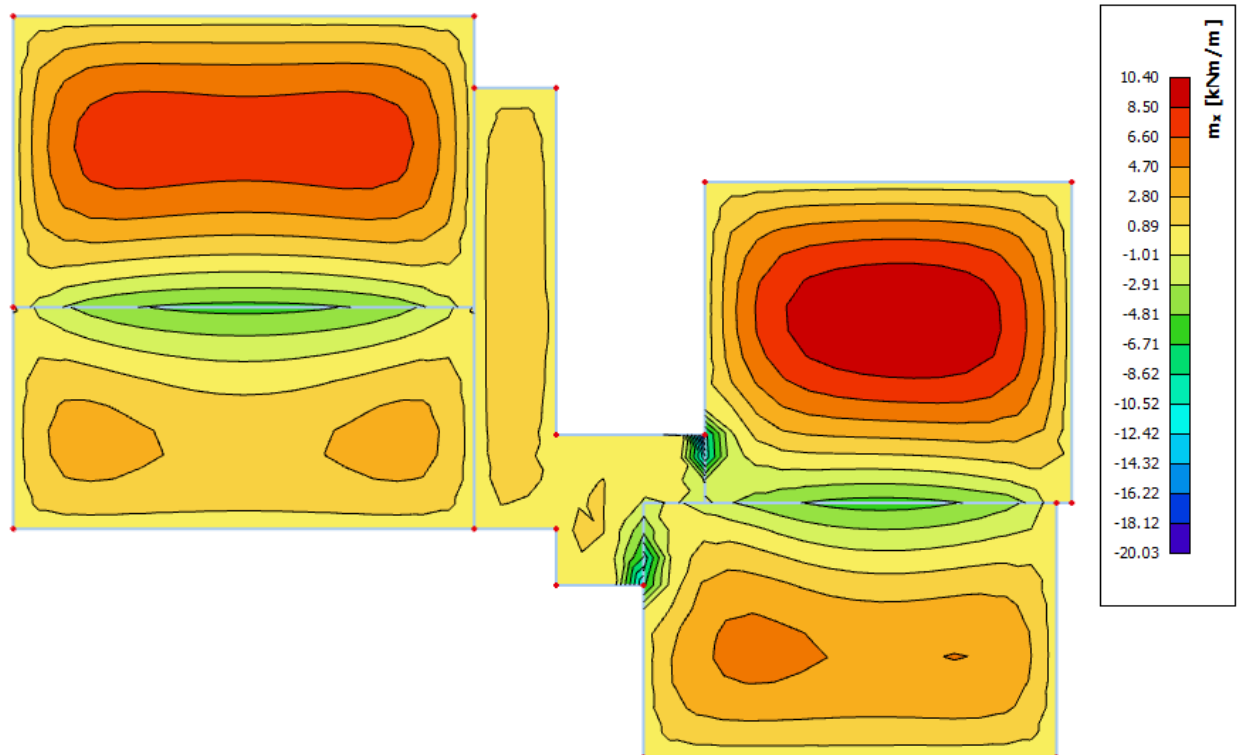
$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 20,0 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q -785 A_{s1} = 7,85 cm²

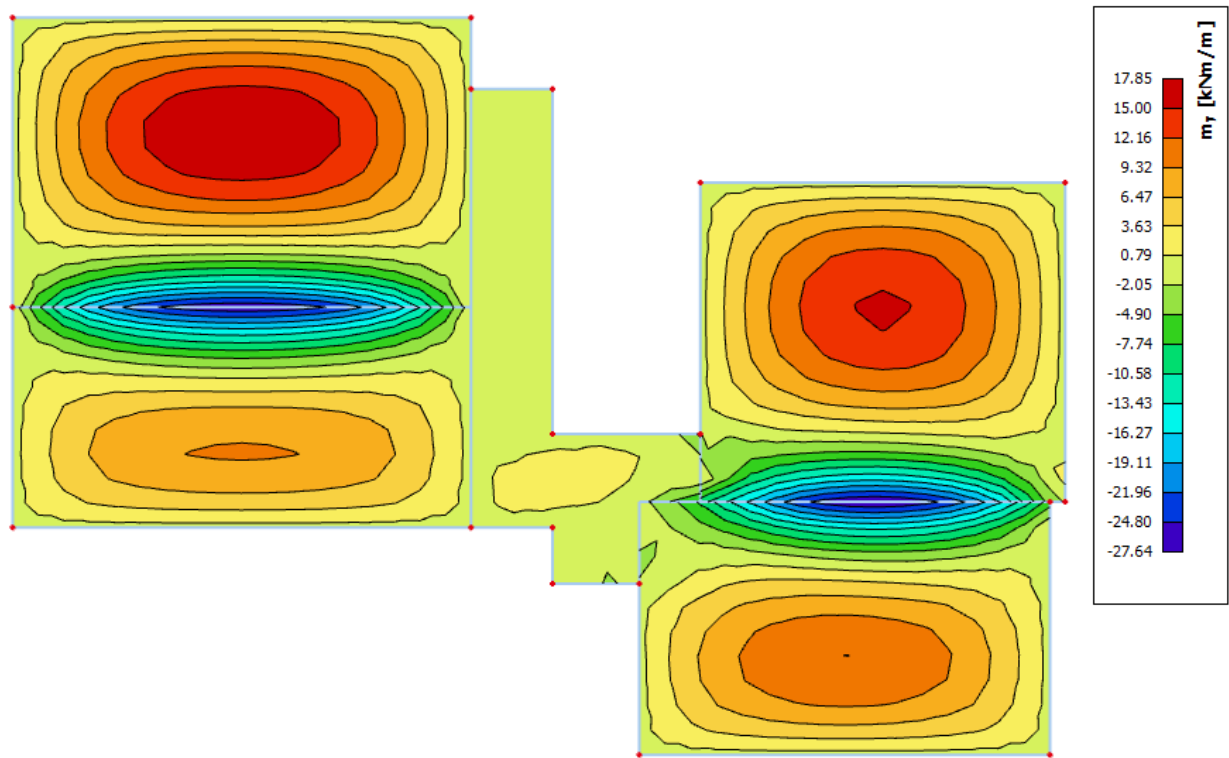
5.4.3 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.20 Prikaz momenata savijanja M_x GSU-1

Slika 5.21 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

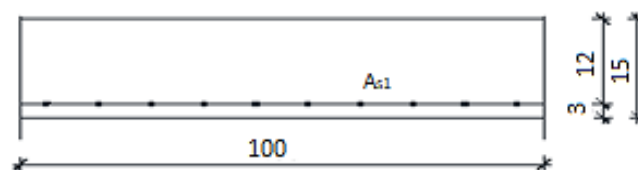
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

5.4.3.1 Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 17,85 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-636** ($A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}$; $h=18 \text{ (cm)}$; $d_1=3 \text{ (cm)}$; $d=15 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21$ MPa

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 34,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 6,36}} \right) = 2,65 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1785}{\left(12 - \frac{2,65}{3}\right) \cdot 6,36} = 25,25 \text{ kN/cm}^2 = 252,5 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{6,36}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,00848$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{252,5 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,00848} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,00848)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{252,5}{200000,0}$$

$$\frac{93,53}{200000} > \frac{151,5}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000758$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9}{0,00848} = 282,42 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

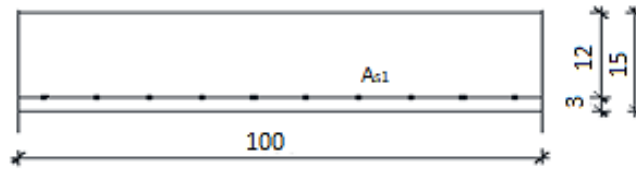
$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 282,42 \cdot 0,000758 = 0,214 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

5.4.3.2 Kontrola pukotina za ležaj

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 27,64 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ($A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}; h=15 \text{ (cm)}; d_1=3 \text{ (cm)}; d=12 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{2764}{\left(12 - \frac{2,89}{3}\right) \cdot 7,85} = 31,90 \text{ kN / cm}^2 = 319,0 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0105$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{319,0 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,0105} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,0105)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{319,0}{200000,0}$$

$$\frac{189,16}{200000} > \frac{191,40}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000957$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm
 ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10}{0,0105} = 263,90 \text{ mm}$$

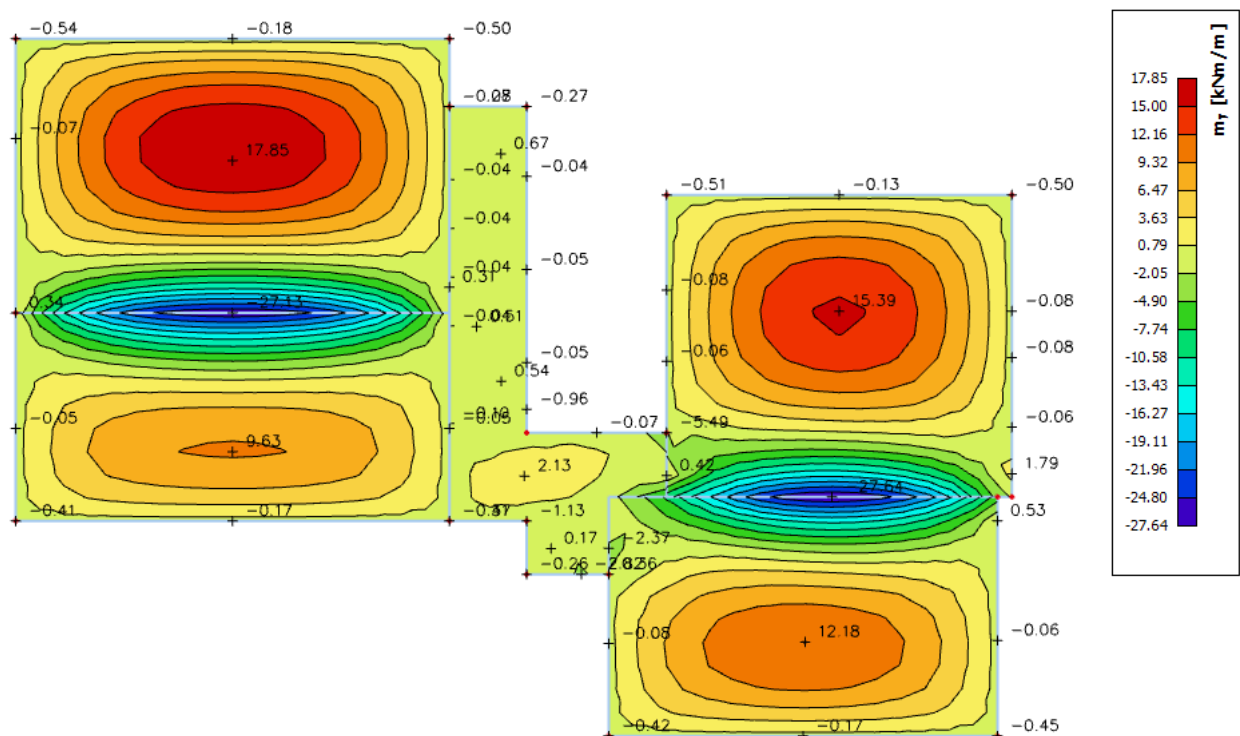
Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 263,90 \cdot 0,000957 = 0,253 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

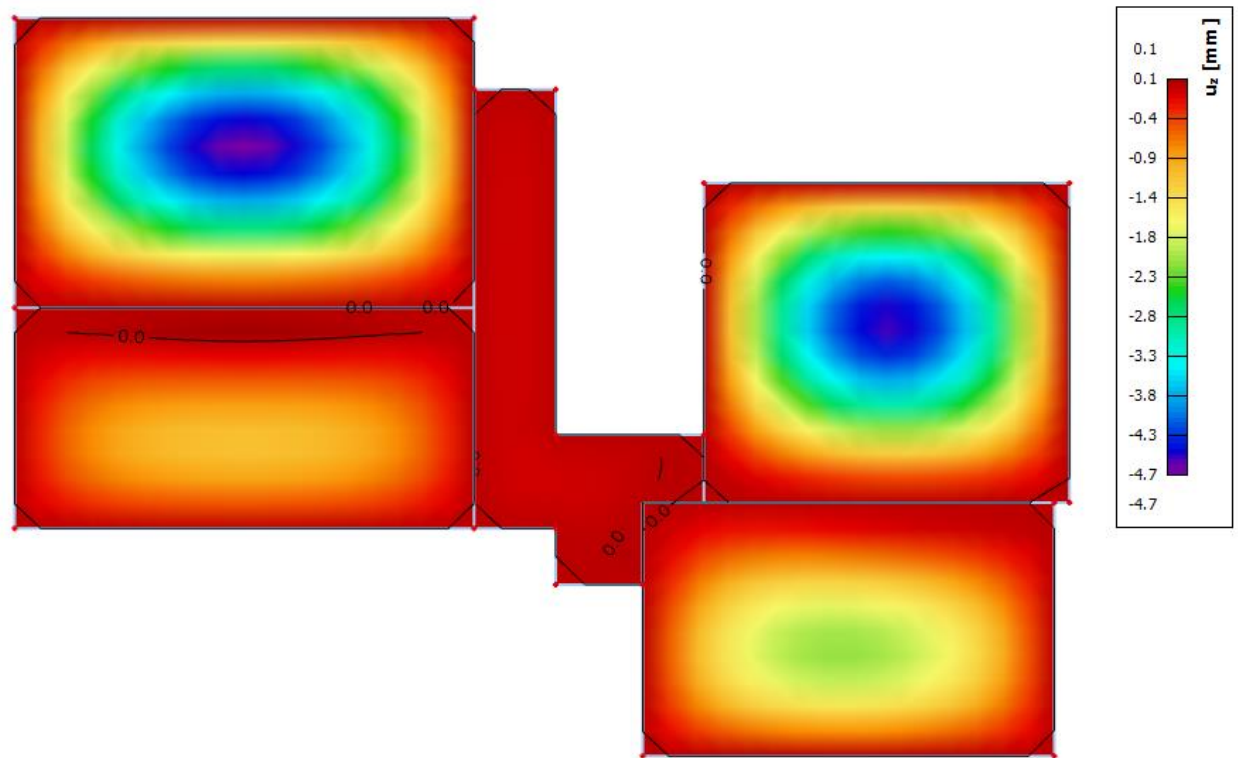
Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

5.4.4 Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.22 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1



Slika 5.23 Maksimalni progibi za ploču POZ 400

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{898}{250} = 3,59 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s= 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|27,64 + 0,13|}{|17,85|} = 1,56$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,56) = 0,0879$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_l = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + 5,88 \cdot \left[7,85 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 \right] = 29059,70 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 17,85 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{\text{GN}}{\text{m}^2} = 3400,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{17,85 \cdot 100}{3400 \cdot 29059,70} = 0,0000181 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + (100 \cdot 2,89) \cdot \left(\frac{2,89}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [7,85 \cdot (12 - 2,89)^2 + 0 \cdot (2,89 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 32559,19 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{17,85 \cdot 100}{3400 \cdot 32559,19} = 0,0000161 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{100 \cdot 15^2}{6} = 1203,75 \text{ kNcm} = 12,04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1204}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 13,89 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 138,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{1785}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 20,60 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 206,0 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,0000181 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000161 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000181 + (1 - 0,0) \cdot 0,0000161 = 0,0000161 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k=0,0879$$

$L=898,0$ cm

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0879 \cdot 898^2 \cdot 0,0000161 = 1,14 \text{ cm} < v_{lim} = 3,59 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

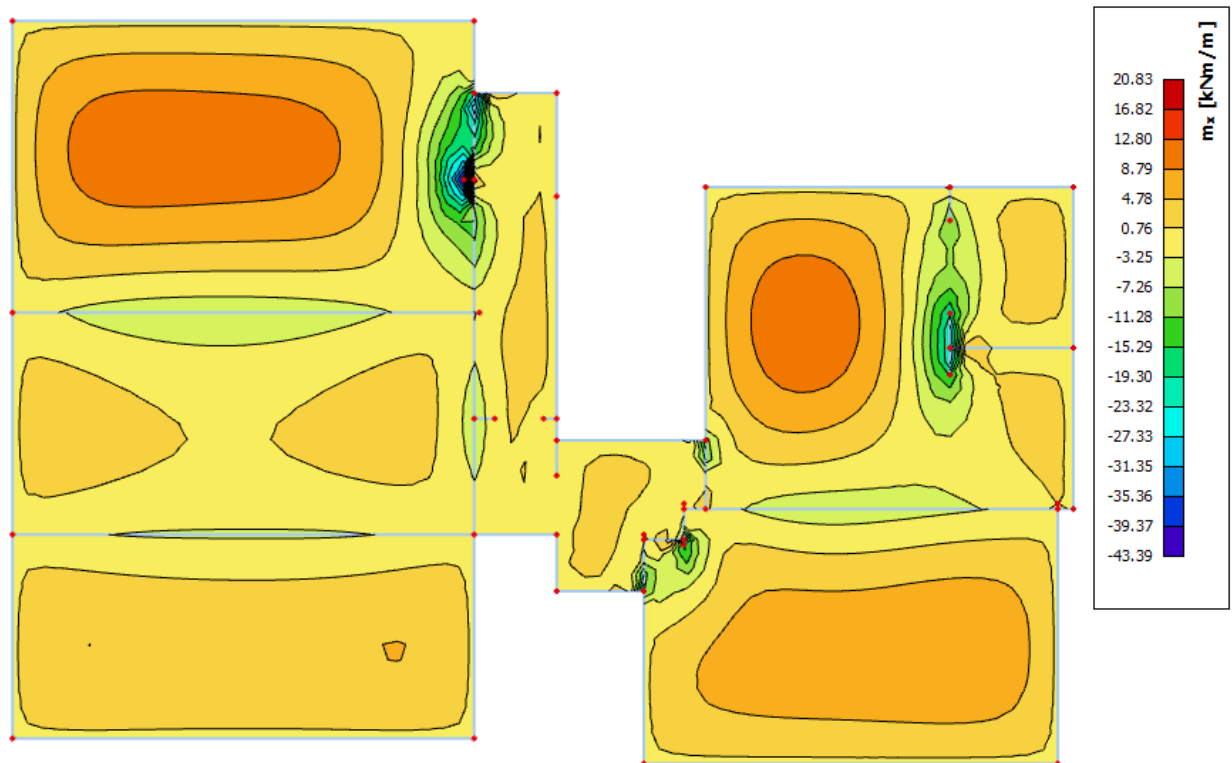
5.5 Pozicija 200

5.5.1 Rezultati proračuna

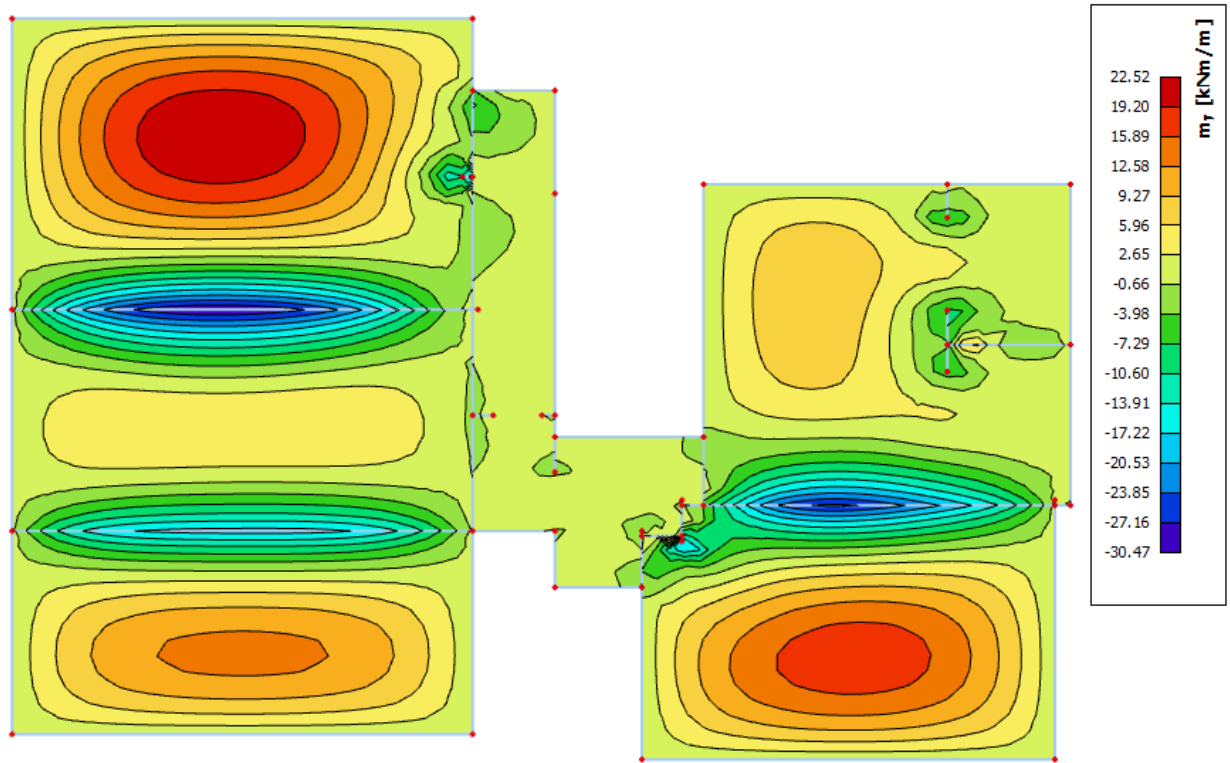
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje



Slika 5.24 POZ 200 Moment savijanja M_x (kNm/m)

Slika 5.25 POZ 200 Moment savijanja M_x (kNm/m')

5.5.2 Dimenzioniranje na savijanje

Beton C35/45

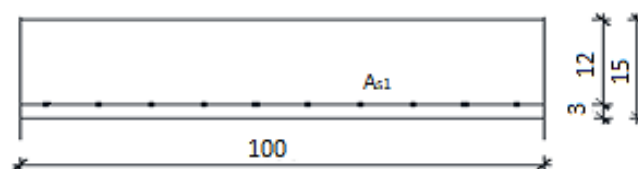
$$\text{C35/45} \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$\text{B500B} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 15 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 12 \text{ cm}$$



Slika 5.26 Presjek ploče u polju

5.5.2.1 Polje

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 22,52\ kNm/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2252}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,067$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,7\%$$

$$\zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2252}{0,947 \cdot 12 \cdot 43,48} = 4,56\ cm^2 - \text{armaturu je potrebno povećati za 20\% jer}$$

proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 4,75\ cm^2$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56\ cm^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00\ cm^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q-503 ($A_{s1} = 5,03\ cm^2$)

5.5.2.2 Ležaj

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 30,47\ kNm/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3047}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,091$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -2,1\%$$

$$\zeta = 0,934 \quad \xi = 0,174$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3047}{0,934 \cdot 12 \cdot 43,48} = 6,25\ cm^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%}$$

$$A_{s1} = 6,05\ cm^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 100 \cdot 12 = 48,0 \text{ cm}^2$$

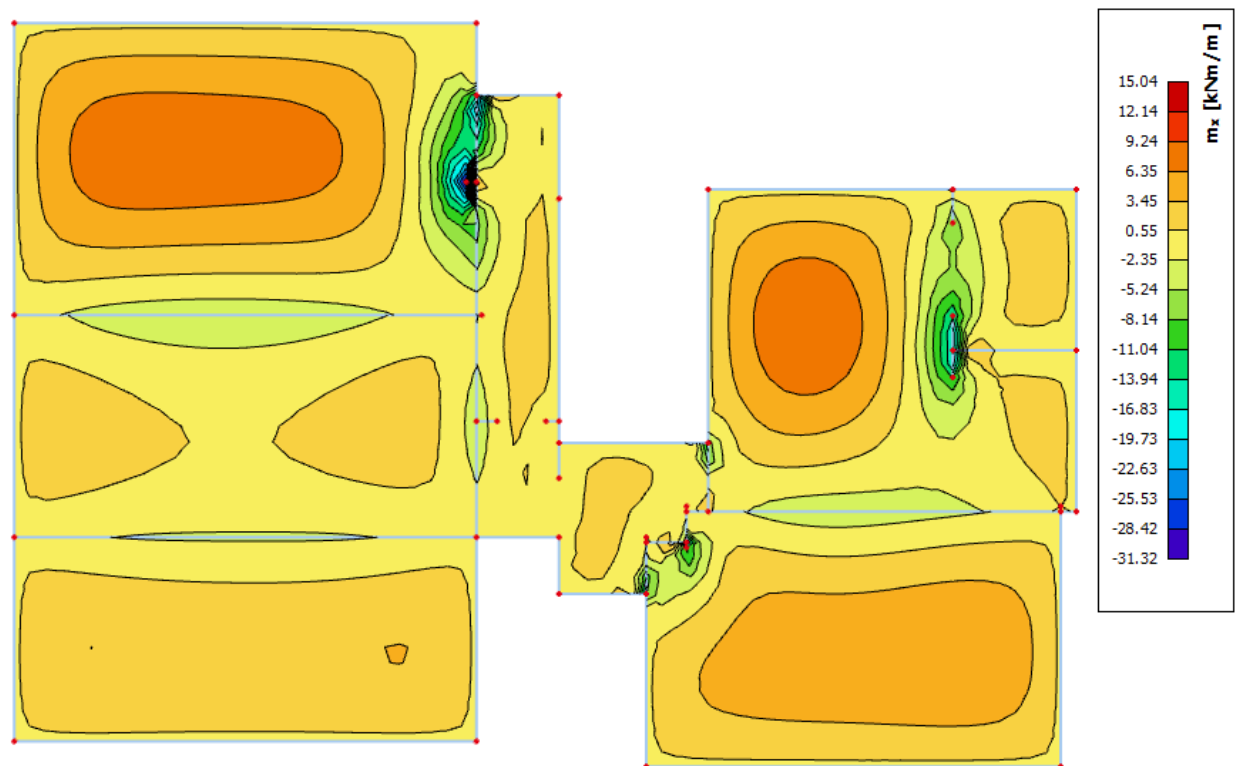
$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 20,0 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q -636 $A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2$

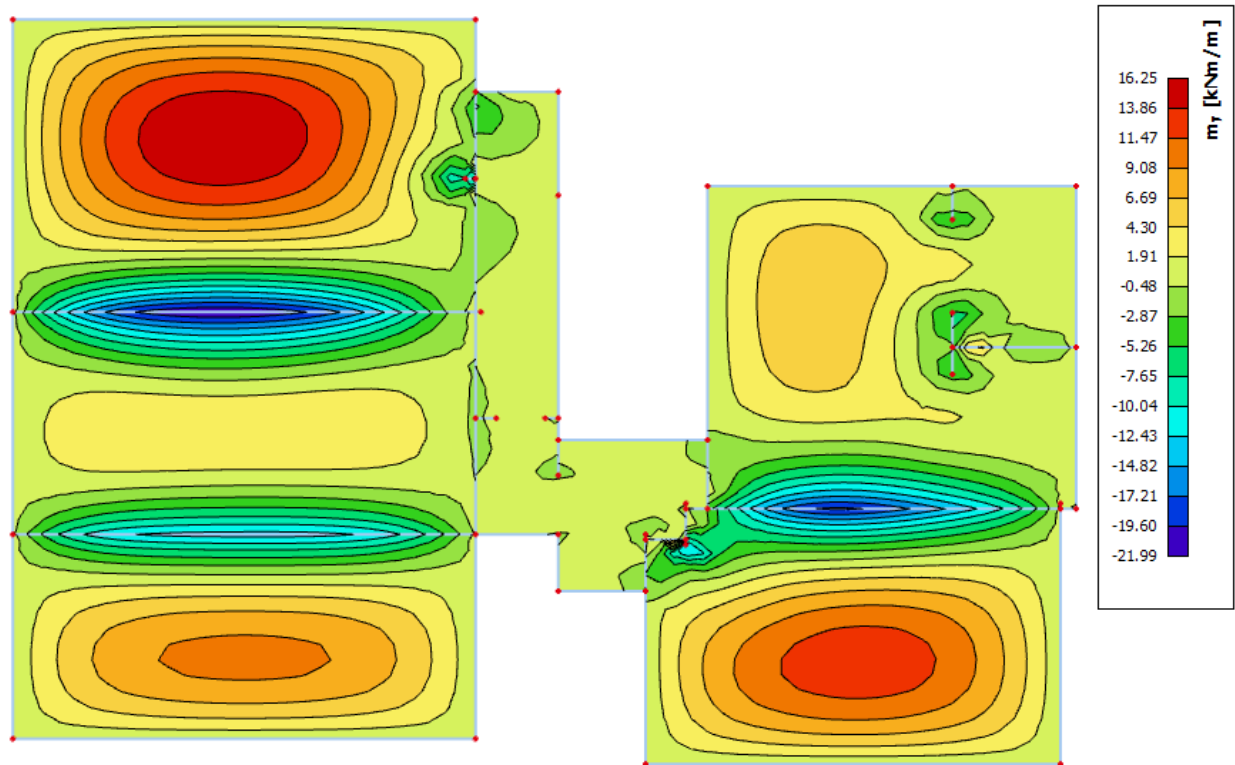
5.5.3 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.27 Prikaz momenata savijanja M_x GSU-1

Slika 5.28 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

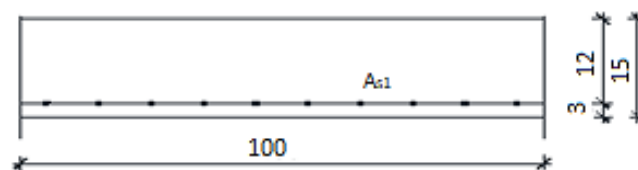
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

5.5.3.1 Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 16,25 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-503** ($A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}$; $h=18 \text{ (cm)}$; $d_1=3 \text{ (cm)}$; $d=15 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21$ MPa

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 34,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 5,03}} \right) = 2,38 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1625}{\left(12 - \frac{2,38}{3}\right) \cdot 5,03} = 28,828 \text{ kN/cm}^2 = 288,28 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{5,03}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,00671$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{288,28 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,00671} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,00671)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{288,28}{200000,0}$$

$$\frac{89,37}{200000} > \frac{172,97}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000865$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=8$ (mm), $k_3=3.4$, $k_4=0.425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{8}{0,00671} = 304,68 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

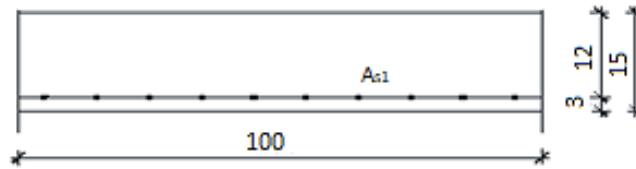
$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 304,68 \cdot 0,000865 = 0,264 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

5.5.3.2 Kontrola pukotina za ležaj

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 21,99 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-636** ($A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}; h=15 \text{ (cm)}; d_1=3 \text{ (cm)}; d=12 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 6,36}} \right) = 2,65 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{2199}{\left(12 - \frac{2,65}{3} \right) \cdot 6,36} = 31,33 \text{ kN / cm}^2 = 313,3 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{6,36}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,00848$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{313,3 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,00848} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,00848)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{313,3}{200000,0}$$

$$\frac{154,33}{200000} > \frac{187,98}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,00094$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm
 ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9}{0,00848} = 282,42 \text{ mm}$$

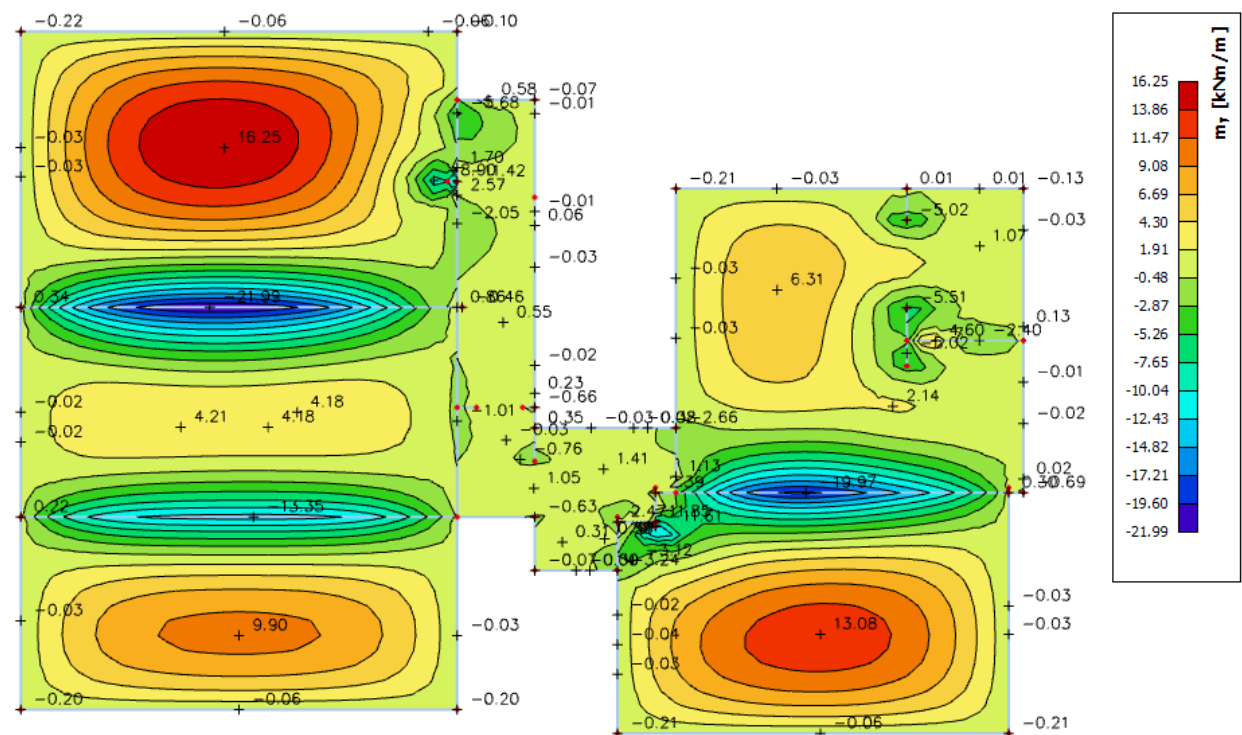
Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 282,42 \cdot 0,00094 = 0,265 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

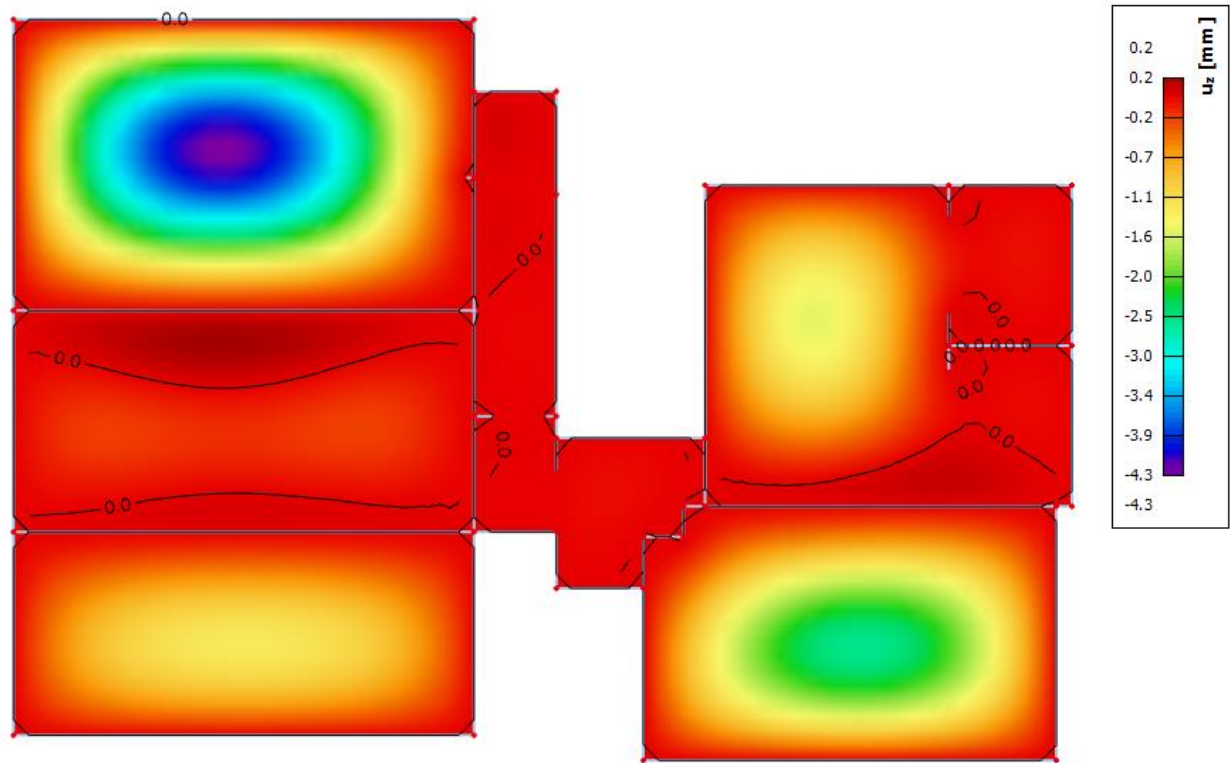
Odobrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

5.5.4 Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.29 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1



Slika 5.30 Maksimalni progibi za ploču POZ 300

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{898}{250} = 3,59 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|21,99 + 0,06|}{|16,25|} = 1,36$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,36) = 0,09$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + 5,88 \cdot \left[7,85 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 \right] = 29059,70 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 16,25 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{16,25 \cdot 100}{3400 \cdot 29059,70} = 0,0000164 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + (100 \cdot 2,89) \cdot \left(\frac{2,89}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [7,85 \cdot (12 - 2,89)^2 + 0 \cdot (2,89 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 32559,19 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{16,25 \cdot 100}{3400 \cdot 32559,19} = 0,0000147 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{100 \cdot 15^2}{6} = 1203,75 \text{ kNcm} = 12,04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1204}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 13,89 \frac{kN}{cm^2} = 138,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{1685}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 19,45 \frac{kN}{cm^2} = 194,5 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,0000164 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000147 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000164 + (1 - 0,0) \cdot 0,0000147 = 0,0000147 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k=0,09$$

$$L=898,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,09 \cdot 898^2 \cdot 0,0000147 = 1,07 \text{ cm} < v_{lim} = 3,59 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

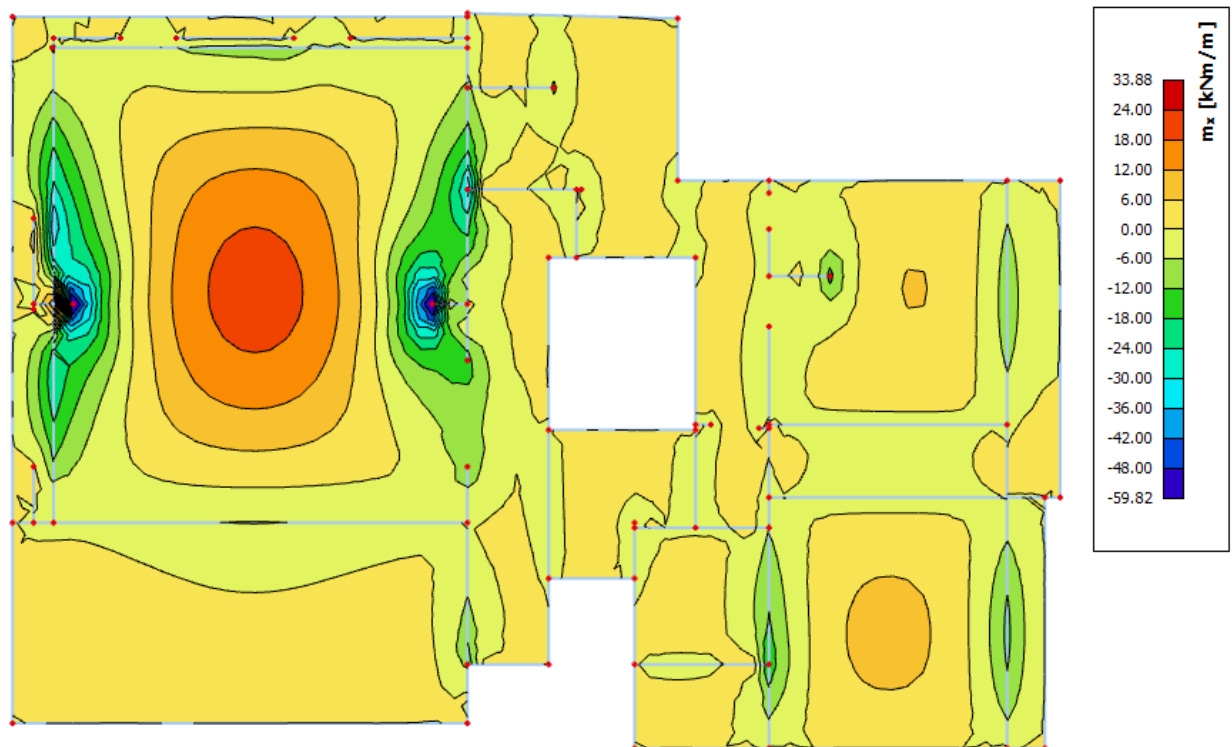
5.6 Pozicija 100

5.6.1 Rezultati proračuna

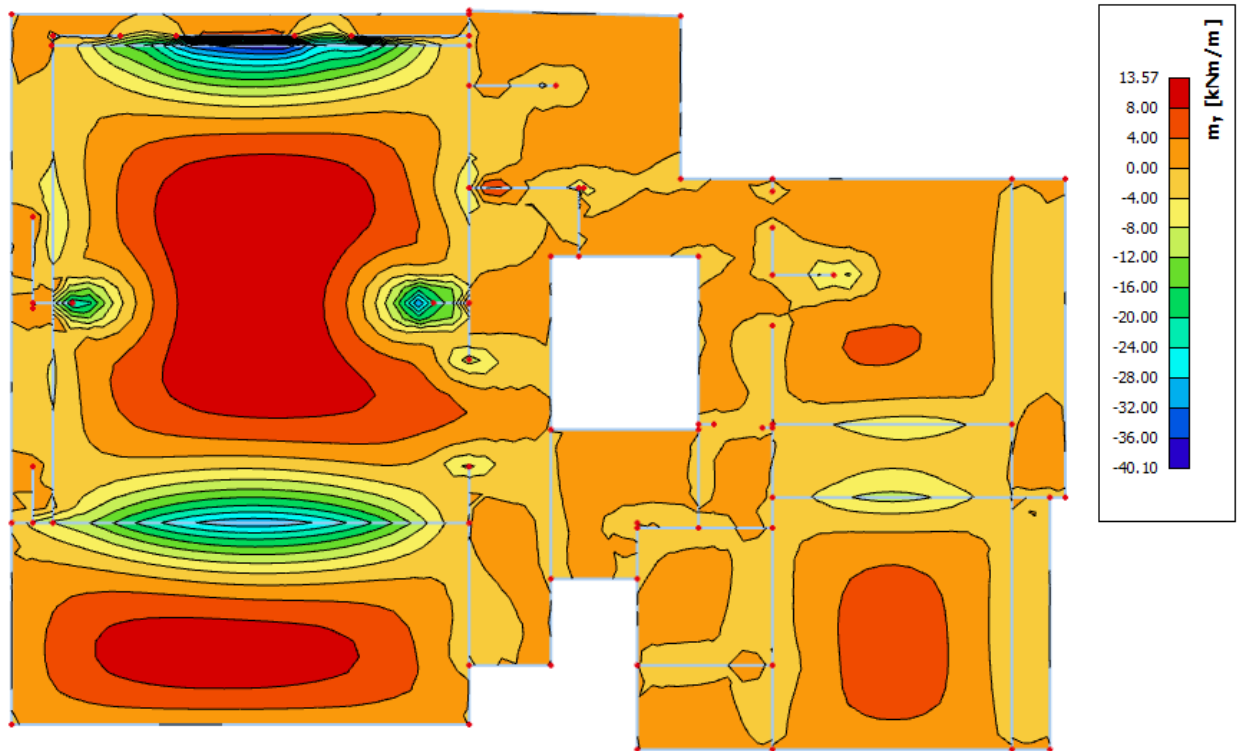
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje



Slika 5.31 POZ 100 Moment savijanja M_x (kNm/m')

Slika 5.32 POZ 100 Moment savijanja M_y (kNm/m')

5.6.2 Dimenzioniranje na savijanje

Beton C35/45

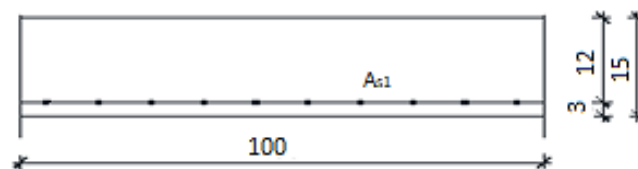
$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 15 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 12 \text{ cm}$$



Slika 5.33 Presjek ploče u polju

5.6.2.1 Polje

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 20,57\ kNm/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2057}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,061$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,6\%$$

$$\zeta = 0,950 \quad \xi = 0,138$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2057}{0,950 \cdot 12 \cdot 43,48} = 4,15\ cm^2 - \text{armaturu je potrebno povećati za 20\% jer}$$

proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 4,35\ cm^2$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56\ cm^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00\ cm^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q-503 ($A_{s1} = 5,03\ cm^2$)

5.6.2.2 Ležaj

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN\ 4 = 1,35 (G + dG) + 1,5Q$$

$$M_{Ed} = 36,00\ kNm/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3600}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,107$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -2,4\%$$

$$\zeta = 0,925 \quad \xi = 0,194$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3600}{0,925 \cdot 12 \cdot 43,48} = 7,46\ cm^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%}$$

$$A_{s1} = 7,26\ cm^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 2,00 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 100 \cdot 12 = 48,0 \text{ cm}^2$$

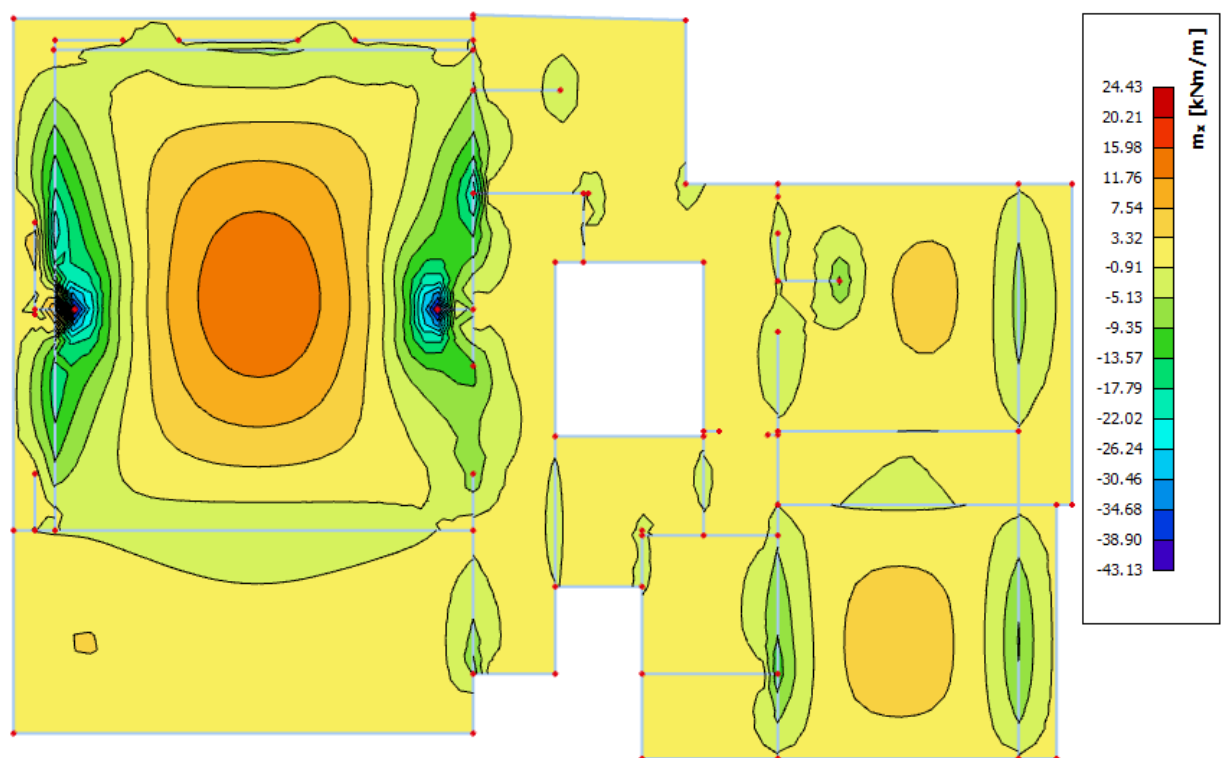
$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 20,0 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: Q -785 A_{s1} = 7,85 cm²

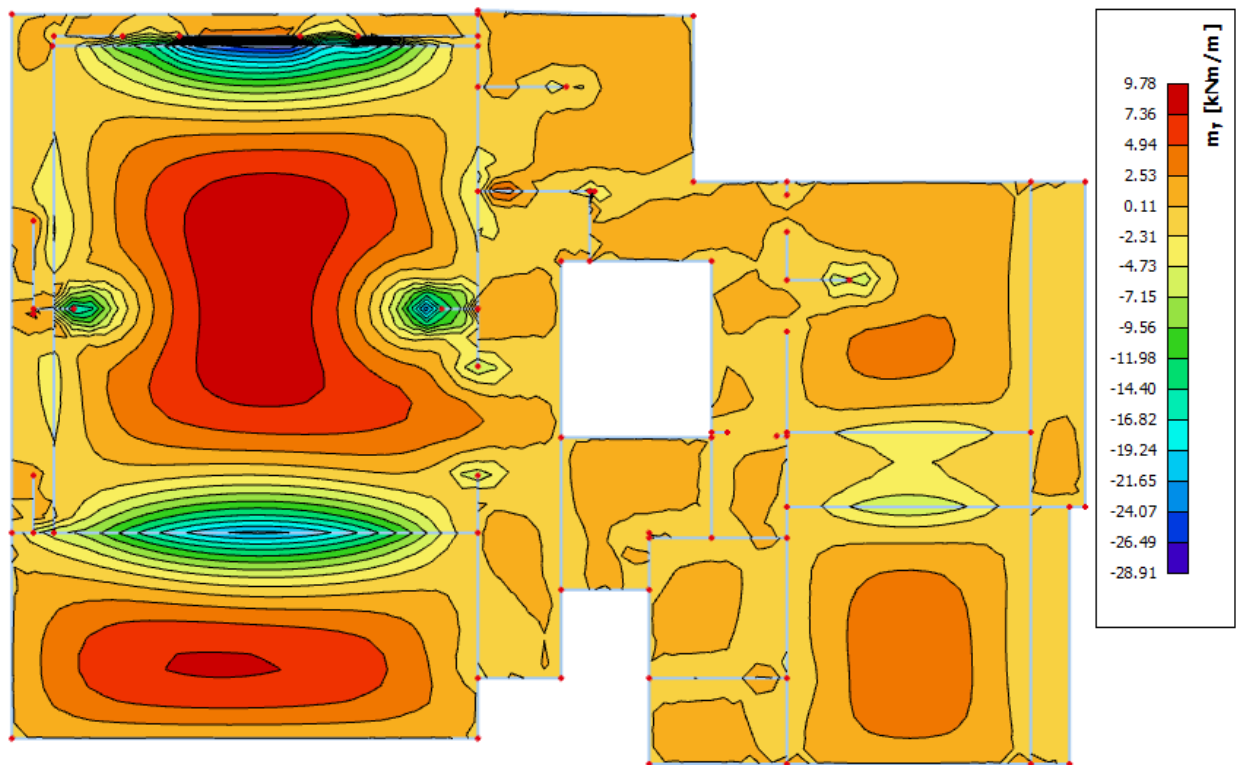
5.6.3 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.34 Prikaz momenata savijanja M_x GSU-1

Slika 5.35 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

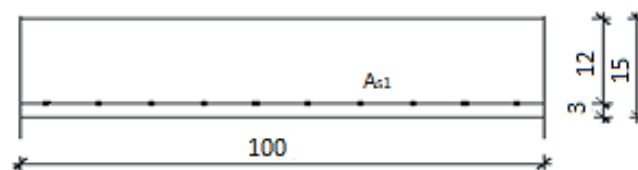
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

5.6.3.1 Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 14,83 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-503** ($A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}$; $h=15 \text{ (cm)}$; $d_1=3 \text{ (cm)}$; $d=12 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21$ MPa

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 34,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 5,03}} \right) = 2,38 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1483}{\left(12 - \frac{2,38}{3}\right) \cdot 5,03} = 26,308 \text{ kN /cm}^2 = 236,08 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{5,03}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,00671$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{263,08 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,00671} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,00671)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{263,08}{200000,0}$$

$$\frac{64,17}{200000} > \frac{157,85}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000789$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=8$ (mm), $k_3=3.4$, $k_4=0.425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{8}{0,00671} = 304,68 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

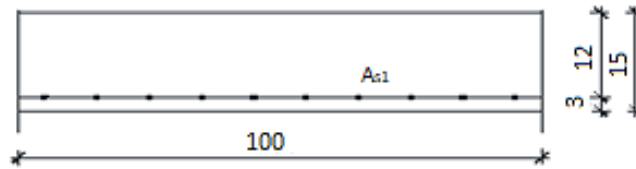
$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 304,68 \cdot 0,000789 = 0,240 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

5.6.3.2 Kontrola pukotina za ležaj

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 30,46 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ($A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$)



$b=100 \text{ (cm)}; h=15 \text{ (cm)}; d_1=3 \text{ (cm)}; d=12 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{3046}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 35,16 \text{ kN / cm}^2 = 351,6 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0105$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{351,6 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,0105} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,0105)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{351,6}{200000,0}$$

$$\frac{221,76}{200000} > \frac{210,96}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,001108$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=9$ (mm), $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10}{0,0105} = 263,90 \text{ mm}$$

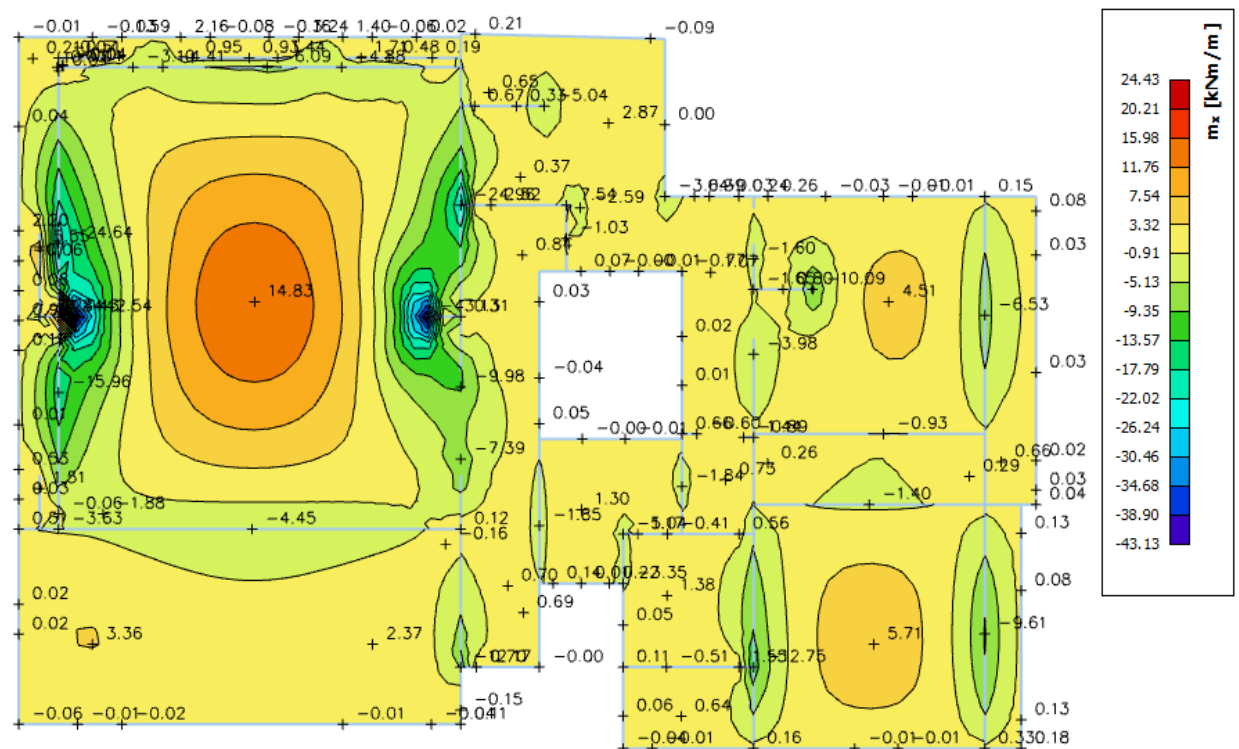
Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 263,90 \cdot 0,001108 = 0,292 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

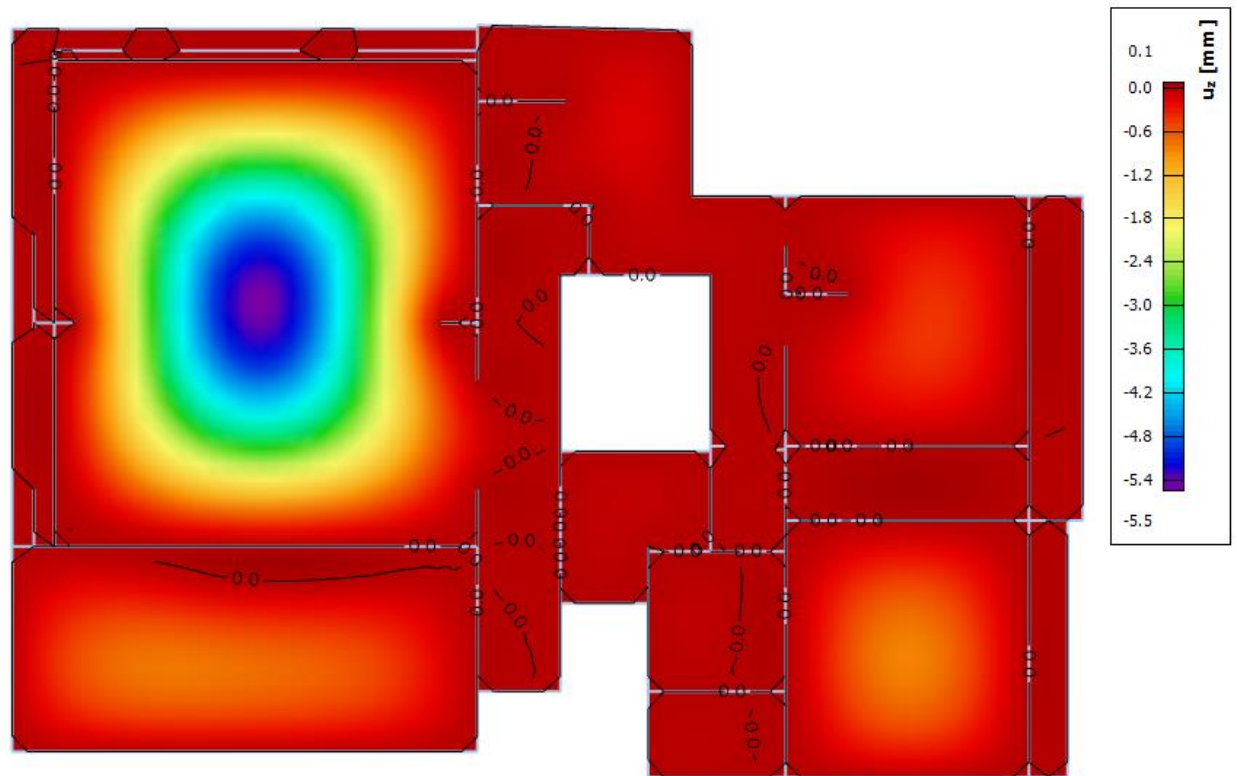
Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

5.6.4 Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 5.36 Prikaz momenata savijanja M_x GSU-1



Slika 5.37 Maksimalni progibi za ploču POZ 200

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{898}{250} = 3,59 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|30,46 + 30,46|}{|14,83|} = 4,11$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 4,11) = 0,0614$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + 5,88 \cdot \left[7,85 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{15}{2} - 3 \right)^2 \right] = 29059,70 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 14,83 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{14,83 \cdot 100}{3400 \cdot 29059,70} = 0,000015 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{5,88 \cdot 7,85}} \right) = 2,89 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 15^3}{12} + (100 \cdot 2,89) \cdot \left(\frac{2,89}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [7,85 \cdot (12 - 2,89)^2 + 0 \cdot (2,89 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 32559,19 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{14,83 \cdot 100}{3400 \cdot 32559,19} = 0,0000134 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{100 \cdot 15^2}{6} = 1203,75 \text{ kNcm} = 12,04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1204}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 13,89 \frac{kN}{cm^2} = 138,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{1483}{\left(12 - \frac{2,89}{3} \right) \cdot 7,85} = 17,12 \frac{kN}{cm^2} = 171,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,000015 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000134 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,000015 + (1 - 0,0) \cdot 0,0000134 = 0,0000134 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,0614$$

$$L=898,0 \text{ cm}$$

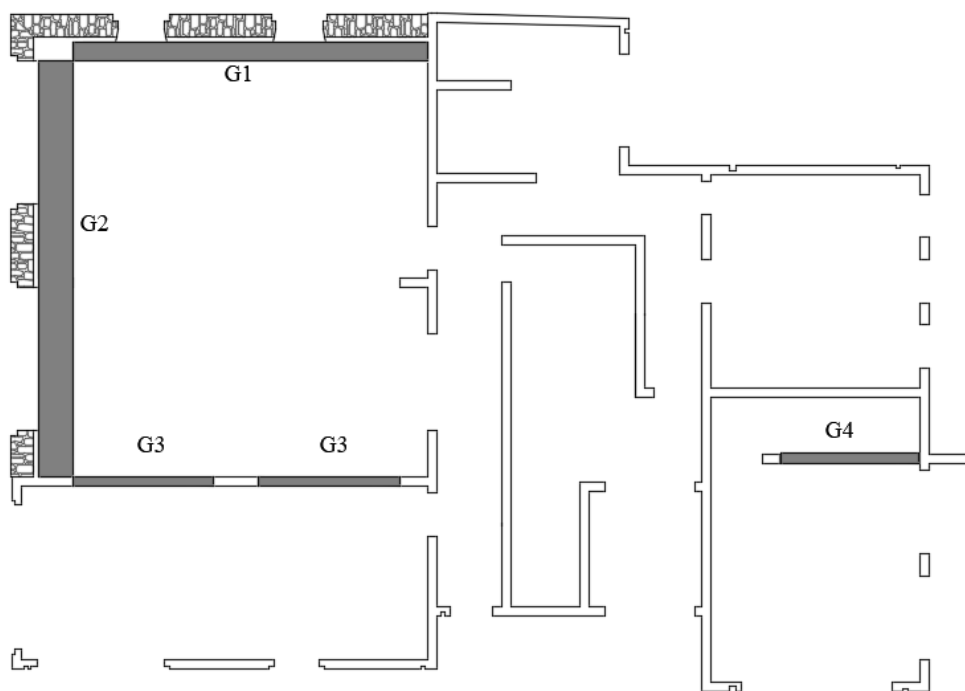
$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 898^2 \cdot 0,0000134 = 0,66 \text{ cm} < v_{lim} = 3,59 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

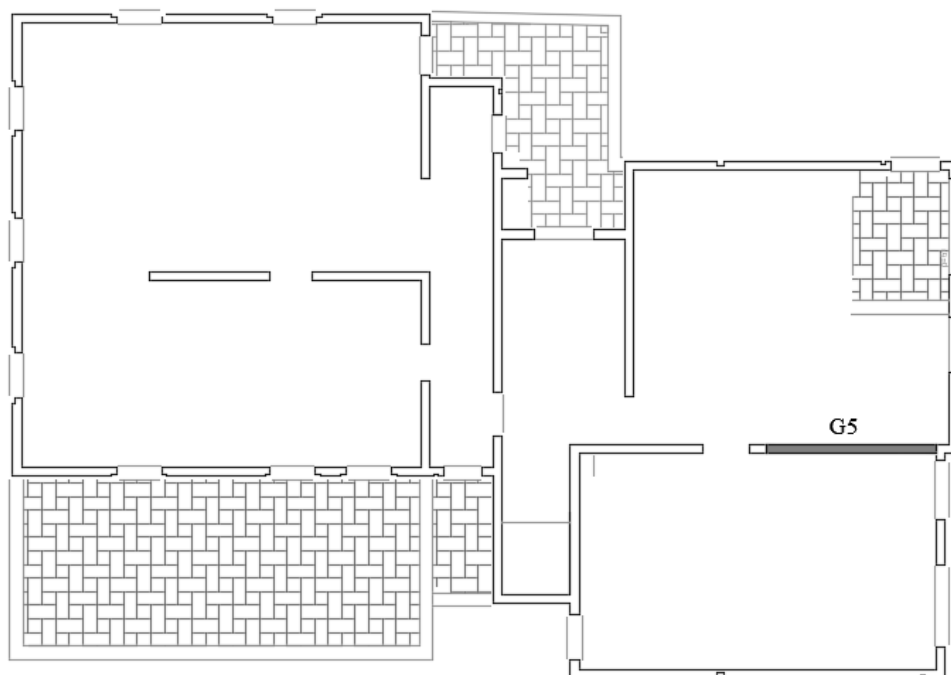
6 DIMENZIONIRANJE AB GREDA

Grede su dimenzioniranje zajedno s pločom u računalnom programu Scia Engineer 17.1.

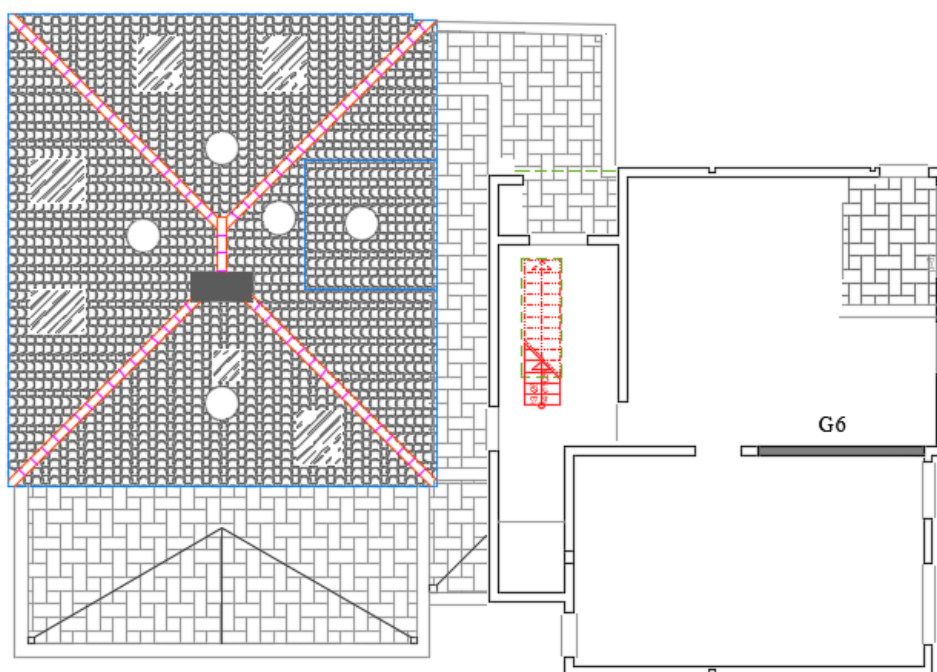
Grede su pravokutnih poprečnih presjeka dimenzija 400x250 mm (greda 1), 750x400 mm (greda 2), 200x400 mm (greda 3), 250x450 mm (greda 4), 200x450 mm (grede 5 i 6).



Slika 6.1 Plan pozicija greda 1, 2, 3 i 4 (POZ 200)



Slika 6.2 Plan pozicija grede 5 (POZ 400)



Slika 6.3 Plan pozicija grede 6 (POZ 500)

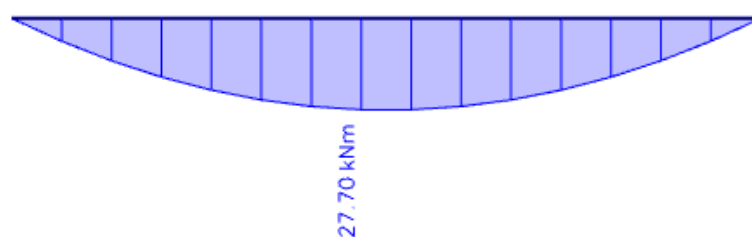
6.1 Greda 1

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

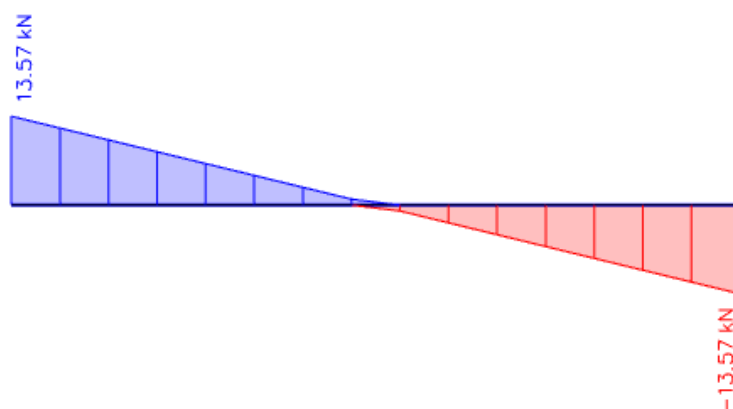
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje

6.1.1 Rezultati proračuna

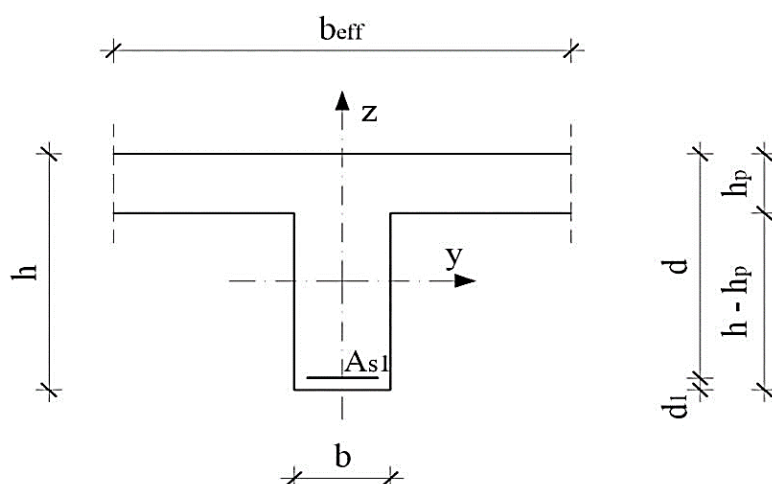


Slika 6.4 GREDA 1 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 6.5 GREDA 1 Poprečne sile V_z (kN)

6.1.2 Dimenzioniranje na savijanje



$b \text{ (cm)}$	40
$h \text{ (cm)}$	40
$h_p \text{ (cm)}$	15
$d_1 \text{ (cm)}$	5
$d = h - d_1 \text{ (cm)}$	35
$b_{eff} = b + (l_0 \cdot l_y) / 5 \text{ (cm)}$	$40 + (0,7 \times 820) / 5 = \mathbf{154,8}$

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N / mm}^2 = 43,48 \text{ kN / cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 27,70 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2770}{40 \cdot 35^2 \cdot 2,33} = 0,024$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,9\%$$

$$\zeta = 0,971 \quad \xi = 0,083$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2770}{0,971 \cdot 35 \cdot 43,48} = 1,87 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 40 \cdot 35 = 1,82 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 40 \cdot 35 = 2,34 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 40 \cdot 35 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 40 \cdot 35 = 23,32 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 4Φ14 ($A_{s1} = 6,16 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kNm/m'}$$

Kako se radi o prostoj gredi, moment na ležaju je nula. Zbog toga armaturu iznad ležaja odabiremo konstruktivnu 2Φ12.

6.1.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 13,57 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$b_w = 40,0 \text{ cm}$$

$$d = 35,0 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1,76 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sum A_s = 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{6,16}{40 \cdot 35} = 0,0044$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,76^{\frac{2}{3}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,302$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,76 \cdot (100 \cdot 0,0044 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 400 \cdot 350 = 73,56 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,302 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 400 \cdot 350 = 42,28 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250} \right) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,516 \cdot 23,33 \cdot 400 \cdot 350 = 842,68 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila:

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{13,57}{842,68} = 0,016 \Rightarrow V_{Ed,max} = 0,016 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,8 \cdot d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{28,0 \text{ cm}; 30,0 \text{ cm}\} \Rightarrow s_{w,max} = 28 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$\rho_{min} = 0,0011 \quad \text{C35/45}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 28 \cdot 40}{2} = 0,62 \text{ cm}^2$$

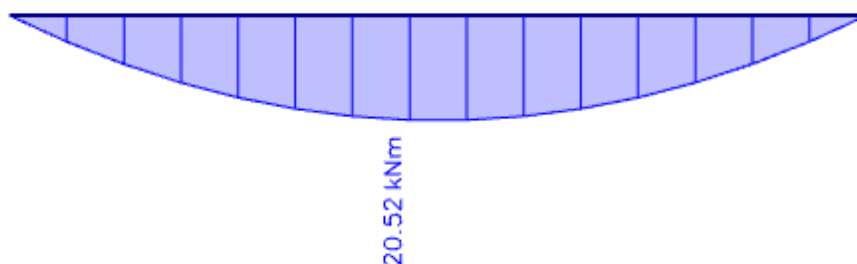
Odabrane spone Ø10 ($A_{sw}=0,79 \text{ cm}^2$):

Odabrane spone Ø10/28, B500B

6.1.4 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.6 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 20,52 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za polje: **4Φ14** ($A_{s1} = 6,16 \text{ cm}^2$)

$b=40 \text{ (cm)}$; $h=40 \text{ (cm)}$; $d_1=5 \text{ (cm)}$; $d=35 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 6,16}{40} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 40 \cdot 35}{5,88 \cdot 6,16}} \right) = 7,11 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{2052}{\left(35 - \frac{7,11}{3}\right) \cdot 6,16} = 10,21 \text{ kN/cm}^2 = 102,1 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{6,16}{40 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,012$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{102,1 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,012} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,012)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{102,1}{200000,0}$$

$$\frac{-12,45}{200000} > \frac{61,26}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,00031$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=14 \text{ (mm)}$, $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30 \text{ mm}$

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,012} = 300,33 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 300,33 \cdot 0,00031 = 0,09 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

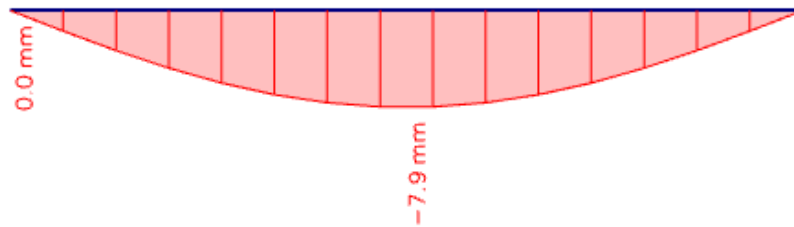
Provjera za pukotine zadovoljava!

6.1.5 Kontrola progiba

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model.

Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.7 Maksimalni progib za gredu 1

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{820}{250} = 3,28 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|0 + 0|}{|20,52|} = 0$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 0) = 0,104$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{40 \cdot 40^3}{12} + 5,88 \cdot \left[6,16 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 \right] = 221483,01 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 20,52 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{\text{GN}}{\text{m}^2} = 3400,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{20,52 \cdot 100}{3400 \cdot 221483,01} = 0,0000027 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 6,16}{40} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 40 \cdot 35}{5,88 \cdot 6,16}} \right) = 7,11 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{40 \cdot 40^3}{12} + (40 \cdot 7,11) \cdot \left(\frac{7,11}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [6,16 \cdot (35 - 7,11)^2 + 0 \cdot (7,11 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 245122,22 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{20,52 \cdot 100}{3400 \cdot 245122,22} = 0,00000246 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{40 \cdot 40^2}{6} = 3424 \text{ kNcm} = 34,24 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{3424}{\left(35 - \frac{7,11}{3} \right) \cdot 6,16} = 14,87 \frac{kN}{cm^2} = 148,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{2052}{\left(35 - \frac{7,11}{3} \right) \cdot 6,16} = 8,91 \frac{kN}{cm^2} = 89,1 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,0000027 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000246 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000027 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000246 = 0,0000025 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,0614$$

$$L=820,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 820^2 \cdot 0,0000025 = 0,103 \text{ cm} < v_{lim} = 3,28 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

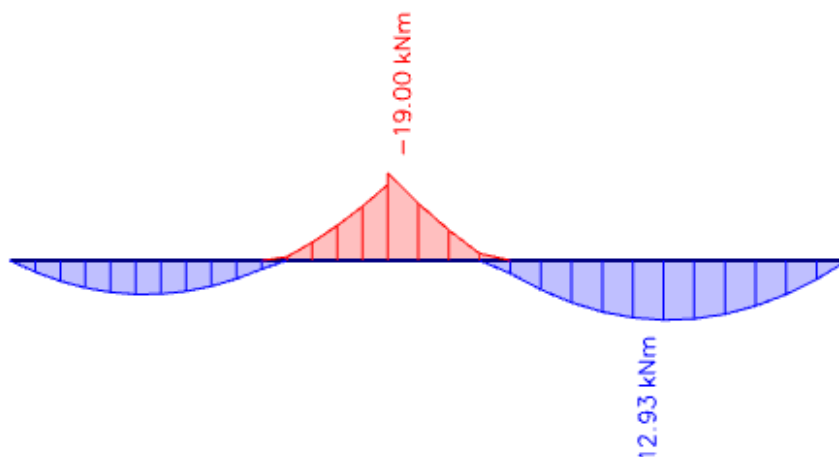
6.2 Greda 2

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

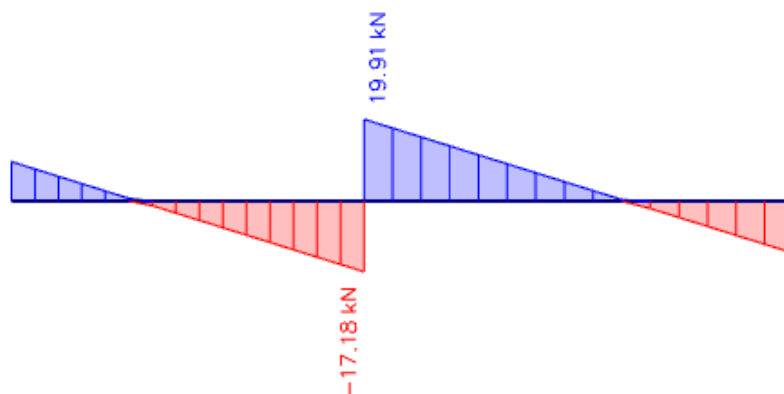
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje

6.2.1 Rezultati proračuna

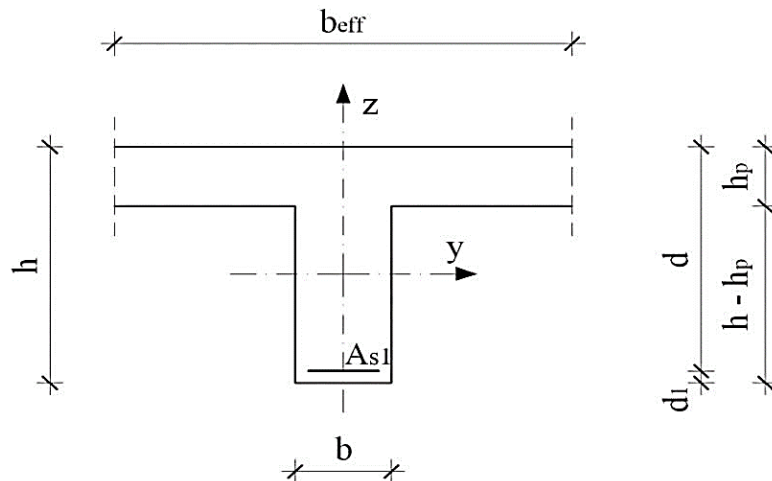


Slika 6.8 GREDA 2 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 6.9 GREDA 2 Poprečne sile V_z (kN)

6.2.2 Dimenzioniranje na savijanje



b (cm)	75
h (cm)	40
h_p (cm)	15
d_1 (cm)	5
$d = h - d_1$ (cm)	35
$b_{eff} = b + (l_0 \cdot l_y) / 5$ (cm)	$75 + (0,7 \times 900) / 5 = 201$

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 12,93 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1293}{75 \cdot 35^2 \cdot 2,33} = 0,006$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,4\%$$

$$\zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1293}{0,987 \cdot 35 \cdot 43,48} = 0,86 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 75 \cdot 35 = 3,41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 75 \cdot 35 = 4,38 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 75 \cdot 35 = 105,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 75 \cdot 35 = 43,73 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 6Φ16 ($A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 19,0 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1900}{75 \cdot 35^2 \cdot 2,33} = 0,009$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,5\%$$

$$\zeta = 0,984 \quad \xi = 0,048$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1900}{0,984 \cdot 35 \cdot 43,48} = 1,27 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 75 \cdot 35 = 3,41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 75 \cdot 35 = 4,38 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 75 \cdot 35 = 105,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 75 \cdot 35 = 43,73 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 6Φ16 ($A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$)

6.2.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 19,91 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rdc} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$b_w = 75,0 \text{ cm}$$

$$d = 35,0 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1,76 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sum A_s = 12,06 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{12,06}{75 \cdot 35} = 0,0046$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,76^{\frac{2}{3}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,302$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,76 \cdot (100 \cdot 0,0046 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 750 \cdot 350 = 139,99 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,302 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 750 \cdot 350 = 79,28 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250} \right) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,516 \cdot 23,33 \cdot 750 \cdot 350 = 1580,0 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila:

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{19,91}{1580,0} = 0,013 \Rightarrow V_{Ed,max} = 0,013 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,8 \cdot d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{28,0 \text{ cm}; 30,0 \text{ cm}\} \Rightarrow s_{w,max} = 28 \text{ cm}$$

Potrebna računska poprečna armatura:

$$\rho_{min} = 0,0011 \quad \text{C35/45}$$

$$A_{sw.min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 28 \cdot 75}{4} = 0,578 \text{ cm}^2$$

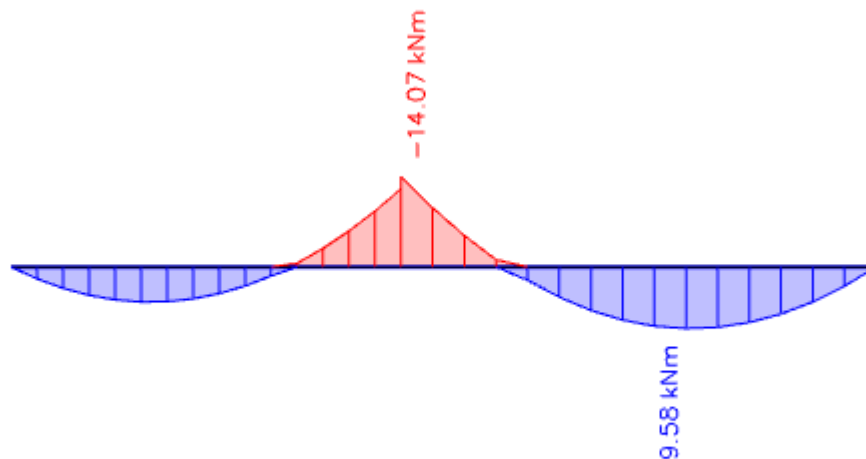
Odabrane spone Ø10 ($A_{sw}=0,79 \text{ cm}^2$):

Odabrane spone Ø10/28, B500B

6.2.4 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.10 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

6.2.4.1 Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 9,58 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za polje: **6Φ16** ($A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$)

$b=75 \text{ (cm)}$; $h=40 \text{ (cm)}$; $d_1=5 \text{ (cm)}$; $d=35 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21$ MPa

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 34,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 12,06}{75} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 75 \cdot 35}{5,88 \cdot 12,06}} \right) = 7,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{958}{\left(35 - \frac{7,24}{3}\right) \cdot 12,06} = 2,44 \text{ kN/cm}^2 = 24,4 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{12,06}{75 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,013$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{24,4 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,013} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,013)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{24,4}{200000,0}$$

$$\frac{-81,92}{200000} > \frac{14,64}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000073$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1 = 0,8$ – rebrasta armatura; $k_2 = 0,5$ – savijanje; $\phi = 16$ (mm), $k_3 = 3,4$, $k_4 = 0,425$, $c = 30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{0,013} = 311,23 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 311,23 \cdot 0,000073 = 0,022 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

6.2.4.2 Kontrola pukotina za ležaj

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 14,07 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za ležaj: **6Φ16** ($A_{s1} = 12,06 \text{ cm}^2$)

$b=75(\text{cm}); h=40(\text{cm}); d_1=5(\text{cm}); d=35(\text{cm})$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 12,06}{75} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 75 \cdot 35}{5,88 \cdot 12,06}} \right) = 7,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1407}{\left(35 - \frac{7,24}{3}\right) \cdot 12,06} = 3,58 \text{ kN/cm}^2 = 35,8 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{12,06}{75 \cdot 2,5 \cdot 5,0} = 0,013$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{35,8 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,013} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,013)}{200000,0} \geq 0.6 \cdot \frac{35,8}{200000,0}$$

$$\frac{-70,52}{200000} > \frac{21,48}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,00011$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=16 \text{ (mm)}$, $k_3=3.4$, $k_4=0.425$, $c=30 \text{ mm}$

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{0,013} = 311,23 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 311,23 \cdot 0,00011 = 0,034 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

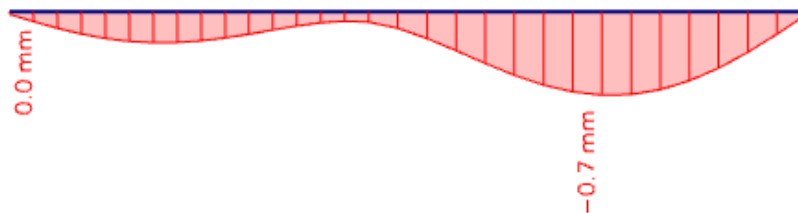
Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

6.2.5 Kontrola progiba

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model.

Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.11 Maksimalni progib za gredu 2

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{900}{250} = 3,6 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s= 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|14,07 + 0|}{|9,58|} = 1,47$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,47) = 0,09$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{75 \cdot 40^3}{12} + 5,88 \cdot \left[12,06 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 \right] = 415955,38 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 9,58 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{9,58 \cdot 100}{3400 \cdot 415955,38} = 0,00000068 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 12,06}{75} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 75 \cdot 35}{5,88 \cdot 12,06}} \right) = 7,24 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{75 \cdot 40^3}{12} + (75 \cdot 7,24) \cdot \left(\frac{7,24}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [12,06 \cdot (35 - 7,24)^2 + 0 \cdot (7,24 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 461762,34 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{9,58 \cdot 100}{3400 \cdot 461762,34} = 0,00000061 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{75 \cdot 40^2}{6} = 6420 \text{ kNcm} = 64,20 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{6420}{\left(35 - \frac{7,24}{3} \right) \cdot 12,06} = 14,23 \frac{kN}{cm^2} = 142,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{958}{\left(35 - \frac{7,24}{3} \right) \cdot 12,06} = 2,12 \frac{kN}{cm^2} = 21,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000068 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000061 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,000000068 + (1 - 0,0) \cdot 0,000000061 = 0,000000061 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,0614$$

$$L=900,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 900^2 \cdot 0,000000061 = 0,03 \text{ cm} < v_{lim} = 3,6 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

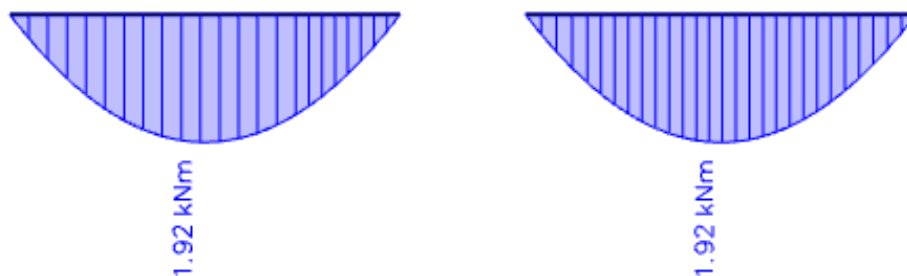
6.3 Greda 3

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G + \Delta G) + 1,5 Q$

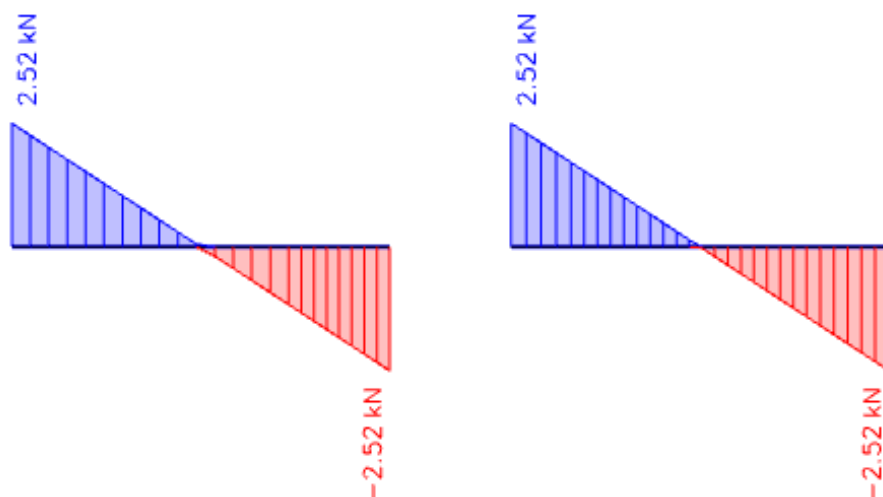
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje

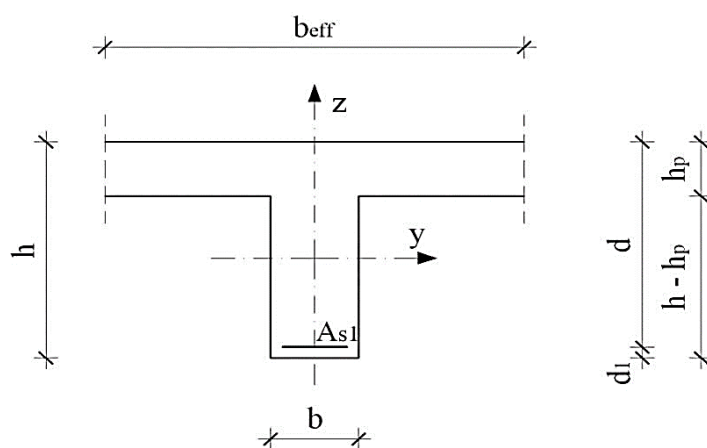
6.3.1 Rezultati proračuna



Slika 6.12 GREDA 3 Momenti savijanja M_y (kNm)

Slika 6.13 GREDA 3 Poprečne sile V_z (kN)

6.3.2 Dimenzioniranje na savijanje



b (cm)	20
h (cm)	40
h_p (cm)	15
d_1 (cm)	5
$d = h - d_1$ (cm)	35
$b_{eff} = b + (l_0 \times l_y) / 5$ (cm)	$20 + (0,7 \times 305) / 5 = 62,7$

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ Mpa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1,92 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{192}{20 \cdot 35^2 \cdot 2,33} = 0,0034$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,4\%$$

$$\zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{192}{0,987 \cdot 35 \cdot 43,48} = 0,13 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 35 = 0,91 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 20 \cdot 35 = 1,17 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 35 = 28,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 20 \cdot 35 = 11,66 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 2Φ14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kNm/m'}$$

Kako se radi o prostoj gredi, moment na ležaju je nula. Zbog toga armaturu iznad ležaja odabiremo konstruktivnu 2Φ12.

6.3.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 2,52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$b_w = 20,0 \text{ cm}$$

$$d = 35,0 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1,76 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sum A_s = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 35} = 0,0044$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,76^{\frac{2}{3}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,302$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,76 \cdot (100 \cdot 0,0044 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 350 = 36,78 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,302 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200 \cdot 350 = 21,14 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250} \right) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,516 \cdot 23,33 \cdot 200 \cdot 350 = 421,34 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila:

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{2,52}{421,34} = 0,006 \Rightarrow V_{Ed,max} = 0,006 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,8 \cdot d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{28,0 \text{ cm}; 30,0 \text{ cm}\} \Rightarrow s_{w,max} = 28 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$\rho_{min} = 0,0011 \quad \text{C35/45}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 28 \cdot 20}{2} = 0,31 \text{ cm}^2$$

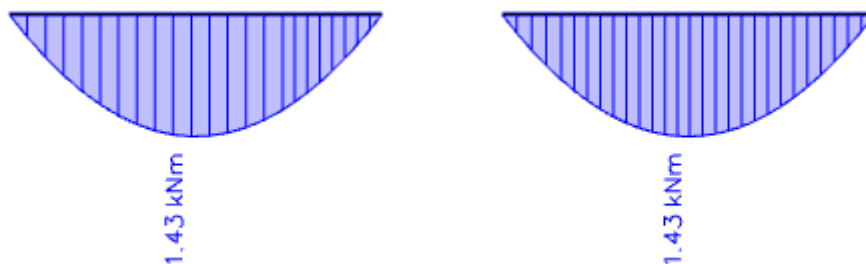
Odabrane spone Ø10 ($A_{sw}=0,79 \text{ cm}^2$):

Odabrane spone Ø10/28, B500B

6.3.4 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.14 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 1,43 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za polje: **2Φ14** ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

$b=20 \text{ (cm)}$; $h=40 \text{ (cm)}$; $d_1=5 \text{ (cm)}$; $d=35 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $= f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 35}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 7,11 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{143}{\left(35 - \frac{7,11}{3}\right) \cdot 3,08} = 1,42 \text{ kN/cm}^2 = 14,2 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,012$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{14,2 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,012} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,012)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{14,2}{200000,0}$$

$$\frac{-100,35}{200000} > \frac{8,52}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000043$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=14 \text{ (mm)}$, $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30 \text{ mm}$

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,012} = 300,33 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 300,33 \cdot 0,000043 = 0,01 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

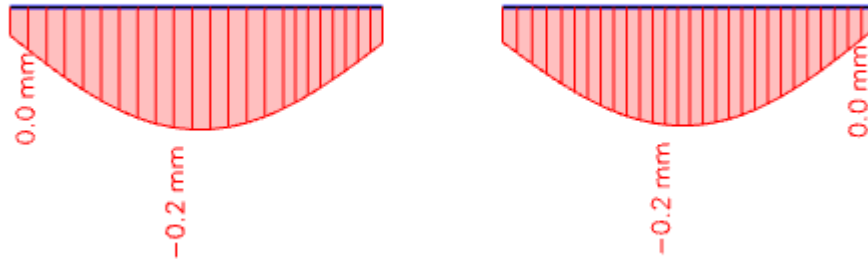
Provjera za pukotine zadovoljava!

6.3.5 Kontrola progiba

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model.

Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.15 Maksimalni progib za gredu 3

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{305}{250} = 1,22 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s= 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|0 + 0|}{|1,43|} = 0$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 0) = 0,104$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_l = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_l = \frac{20 \cdot 40^3}{12} + 5,88 \cdot \left[3,08 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 \right] = 110741,5 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 1,43 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1,43 \cdot 100}{3400 \cdot 110741,5} = 0,00000038 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 35}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 7,11 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{20 \cdot 40^3}{12} + (20 \cdot 7,11) \cdot \left(\frac{7,11}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [3,08 \cdot (35 - 7,11)^2 + 0 \cdot (7,11 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 122551,0 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1,43 \cdot 100}{3400 \cdot 122551,0} = 0,00000034 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{20 \cdot 40^2}{6} = 1712 \text{ kNcm} = 17,12 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1712}{\left(35 - \frac{7,11}{3} \right) \cdot 3,08} = 17,03 \frac{kN}{cm^2} = 170,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{143}{\left(35 - \frac{7,11}{3} \right) \cdot 3,08} = 1,42 \frac{kN}{cm^2} = 14,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000038 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000034 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,00000038 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000034 = 0,00000034 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,0614$$

$$L=305,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 305^2 \cdot 0,00000034 = 0,002 \text{ cm} < v_{lim} = 1,22 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

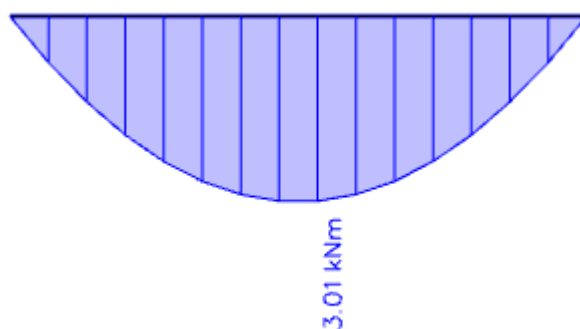
6.4 Greda 4

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q$

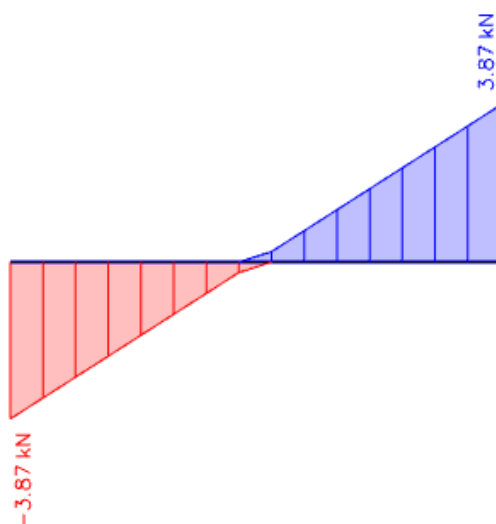
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje

6.4.1 Rezultati proračuna

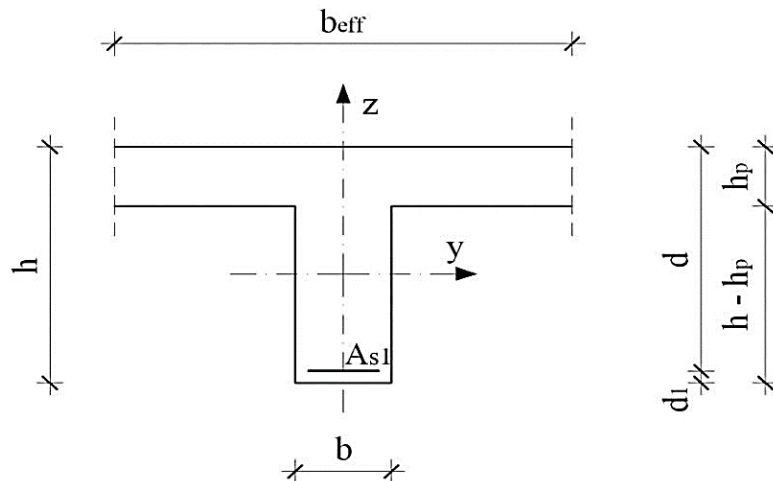


Slika 6.16 GREDA 4 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 6.17 GREDA 4 Poprečne sile V_z (kN)

6.4.2 Dimenzioniranje na savijanje



$b \text{ (cm)}$	25
$h \text{ (cm)}$	45
$h_p \text{ (cm)}$	15
$d_1 \text{ (cm)}$	5
$d = h - d_1 \text{ (cm)}$	40
$b_{eff} = b + (l_0 \times l_y) / 5 \text{ (cm)}$	$25 + (0,7 \times 302) / 5 = \mathbf{67,3}$

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N / mm}^2 = 43,48 \text{ kN / cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 3,01 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{301}{25 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,0032$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,4\%$$

$$\zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{301}{0,987 \cdot 40 \cdot 43,48} = 0,18 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 25 \cdot 40 = 1,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 25 \cdot 40 = 1,67 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 25 \cdot 40 = 40,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 25 \cdot 40 = 16,66 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 2Φ14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kNm/m'}$$

Kako se radi o prostoj gredi, moment na ležaju je nula. Zbog toga armaturu iznad ležaja odabiremo konstruktivnu 2Φ12.

6.4.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 3,87 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$b_w = 25,0 \text{ cm}$$

$$d = 40,0 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{250}{400}} = 1,79 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sum A_s = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{3,08}{25 \cdot 40} = 0,0031$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,79^{\frac{2}{3}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,305$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,C} = \left[0,12 \cdot 1,79 \cdot (100 \cdot 0,0031 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 250 \cdot 400 = 47,55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,C} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,305 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 250 \cdot 400 = 30,50 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250} \right) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,516 \cdot 23,33 \cdot 250 \cdot 400 = 601,91 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila:

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{3,87}{601,91} = 0,006 \Rightarrow V_{Ed,max} = 0,006 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,8 \cdot d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{32,0 \text{ cm}; 30,0 \text{ cm}\} \Rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$\rho_{min} = 0,0011 \quad \text{C35/45}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,41 \text{ cm}^2$$

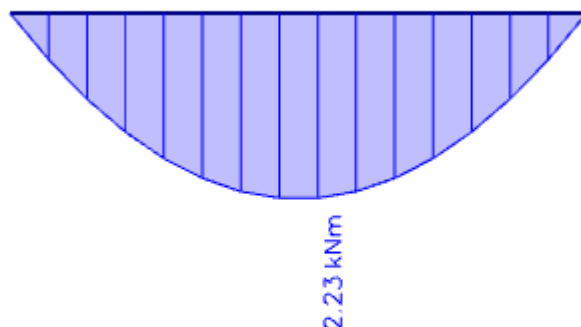
Odabrane spone Ø10 ($A_{sw}=0,79 \text{ cm}^2$):

Odabrane spone Ø10/30, B500B

6.4.4 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.18 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 2,23 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za polje: **2Φ14** ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

$b=25 \text{ (cm)}$; $h=45 \text{ (cm)}$; $d_1=5 \text{ (cm)}$; $d=40 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa (iz tablice)}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{25} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 40}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 6,92 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{223}{\left(40 - \frac{6,99}{3}\right) \cdot 3,08} = 1,92 \text{ kN/cm}^2 = 19,2 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{25 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{19,2 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,01} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,01)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{19,2}{200000,0}$$

$$\frac{-116,75}{200000} > \frac{11,52}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000058$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=14 \text{ (mm)}$, $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30 \text{ mm}$

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,01} = 340 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 340 \cdot 0,000058 = 0,02 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

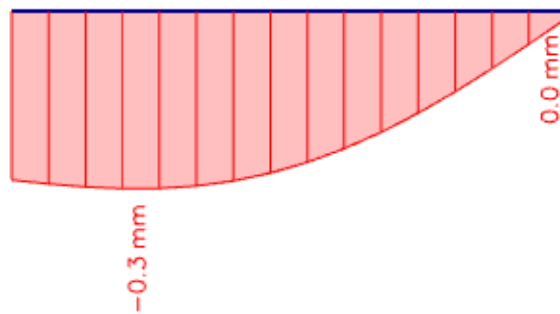
Provjera za pukotine zadovoljava!

6.4.5 Kontrola progiba

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model.

Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.19 Maksimalni progib za gredu 4

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{302}{250} = 1,21 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|0 + 0|}{|2,23|} = 0$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 0) = 0,104$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_l = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{25 \cdot 45^3}{12} + 5,88 \cdot \left[3,08 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right)^2 \right] = 195390,06 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 2,23 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{\text{GN}}{\text{m}^2} = 3400,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{2,23 \cdot 100}{3400 \cdot 195390,06} = 0,00000034 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{25} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 40}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 6,92 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{25 \cdot 45^3}{12} + (20 \cdot 6,92) \cdot \left(\frac{6,92}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [3,08 \cdot (35 - 6,92)^2 + 0 \cdot (6,92 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 205775,6 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{2,23 \cdot 100}{3400 \cdot 205775,6} = 0,00000032 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{25 \cdot 45^2}{6} = 2708,4 \text{ kNcm} = 27,08 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{2708,4}{\left(40 - \frac{6,92}{3} \right) \cdot 3,08} = 24,06 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 240,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{223}{\left(40 - \frac{6,92}{3} \right) \cdot 3,08} = 1,92 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 19,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000034 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000032 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,00000034 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000032 = 0,00000032 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k=0,0614$$

$$L=302,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 302^2 \cdot 0,00000032 = 0,002 \text{ cm} < v_{lim} = 1,21 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

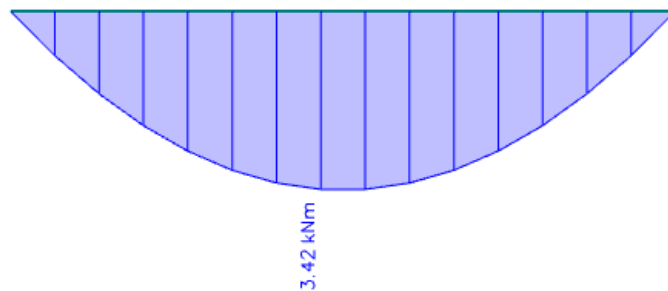
6.5 Greda 5

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4: $1,35 (G + \Delta G) + 1,5 Q$

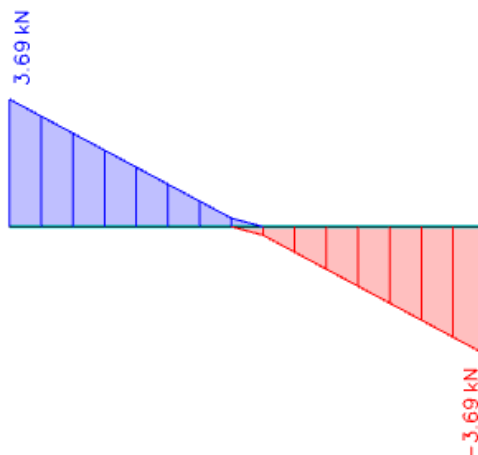
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje

6.5.1 Rezultati proračuna

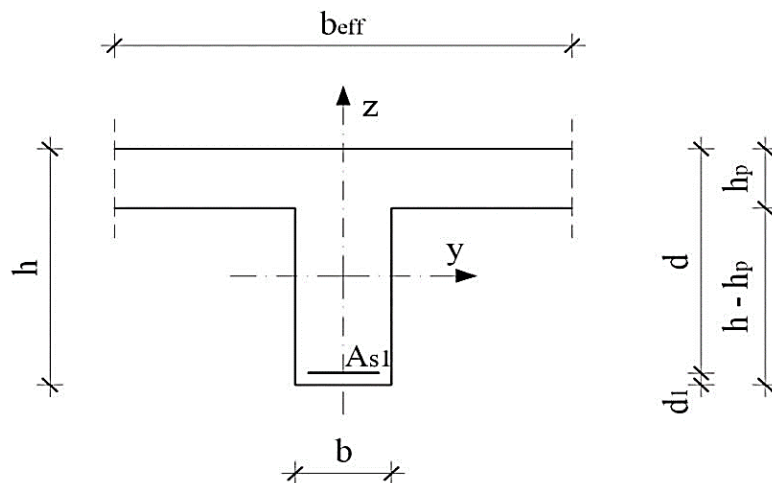


Slika 6.20 GREDA 5 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 6.21 GREDA 5 Poprečne sile V_z (kN)

6.5.2 Dimenzioniranje na savijanje



$b \text{ (cm)}$	20
$h \text{ (cm)}$	45
$h_p \text{ (cm)}$	15
$d_1 \text{ (cm)}$	5
$d = h - d_1 \text{ (cm)}$	40
$b_{eff} = b + (l_0 \cdot l_y) / 5 \text{ (cm)}$	$20 + (0,7 \times 372) / 5 = \mathbf{72,08}$

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N / mm}^2 = 43,48 \text{ kN / cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 3,42 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{342}{20 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,0046$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,4\%$$

$$\zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{342}{0,987 \cdot 40 \cdot 43,48} = 0,20 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 40 = 1,04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 20 \cdot 40 = 1,34 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 40 = 32,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 20 \cdot 40 = 13,33 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 2Φ14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kNm/m'}$$

Kako se radi o prostoj gredi, moment na ležaju je nula. Zbog toga armaturu iznad ležaja odabiremo konstruktivnu 2Φ12.

6.5.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 3,69 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$b_w = 20,0 \text{ cm}$$

$$d = 40,0 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sum A_s = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 40} = 0,0038$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{2}{3}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,29$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,0038 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 400 = 38,89 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,29 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200 \cdot 400 = 23,20 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250} \right) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,516 \cdot 23,33 \cdot 200 \cdot 400 = 481,53 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila:

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{3,69}{481,53} = 0,0076 \Rightarrow V_{Ed,max} = 0,0076 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,8 \cdot d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{32,0 \text{ cm}; 30,0 \text{ cm}\} \Rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$\rho_{min} = 0,0011 \quad \text{C35/45}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

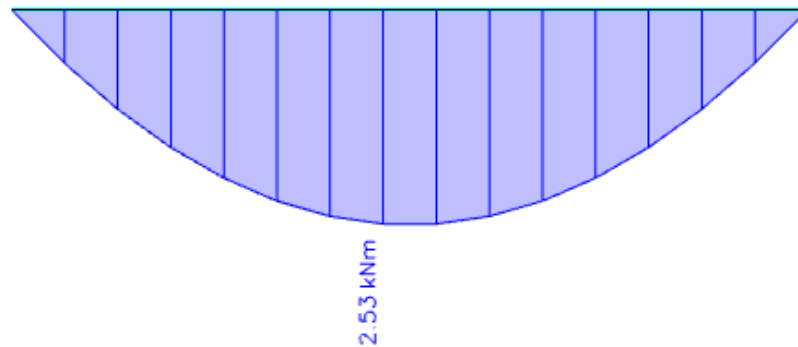
Odabrane spone Ø10 ($A_{sw}=0,79 \text{ cm}^2$):

Odabrane spone Ø10/30, B500B

6.5.4 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.22 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 2,53 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za polje: **2Φ14** ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

$b=20 \text{ (cm)}$; $h=45 \text{ (cm)}$; $d_1=5 \text{ (cm)}$; $d=40 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa (iz tablice)}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$\frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 40}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 7,65 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{253}{\left(40 - \frac{7,65}{3}\right) \cdot 3,08} = 2,19 \text{ kN/cm}^2 = 21,9 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,012$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{21,9 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,012} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,012)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{21,9}{200000,0}$$

$$\frac{-92,65}{200000} > \frac{13,14}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,000066$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=14 \text{ (mm)}$, $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30 \text{ mm}$

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,012} = 300,33 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 300,33 \cdot 0,000066 = 0,02 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

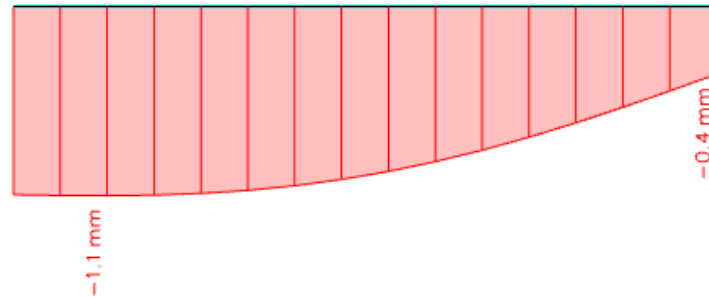
Provjera za pukotine zadovoljava!

6.5.5 Kontrola progiba

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model.

Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.23 Maksimalni progib za gredu 5

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{372}{250} = 1,49 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s= 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|0 + 0|}{|2,53|} = 0$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 0) = 0,104$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_l = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_l = \frac{20 \cdot 45^3}{12} + 5,88 \cdot \left[3,08 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right)^2 \right] = 157421,3 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 2,53 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{2,53 \cdot 100}{3400 \cdot 157421,3} = 0,00000047 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 40}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 7,65 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{20 \cdot 45^3}{12} + (20 \cdot 7,65) \cdot \left(\frac{7,65}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [3,08 \cdot (40 - 7,65)^2 + 0 \cdot (7,65 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 173066,43 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{2,53 \cdot 100}{3400 \cdot 173066,43} = 0,00000043 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{20 \cdot 45^2}{6} = 2166,75 \text{ kNcm} = 21,67 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{2166,75}{\left(40 - \frac{7,65}{3} \right) \cdot 3,08} = 18,78 \frac{kN}{cm^2} = 187,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{253}{\left(40 - \frac{7,65}{3} \right) \cdot 3,08} = 2,19 \frac{kN}{cm^2} = 21,9 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000047 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000043 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,00000047 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000043 = 0,00000043 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,0614$$

$$L=372,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 372^2 \cdot 0,00000043 = 0,0036 \text{ cm} < v_{lim} = 1,49 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

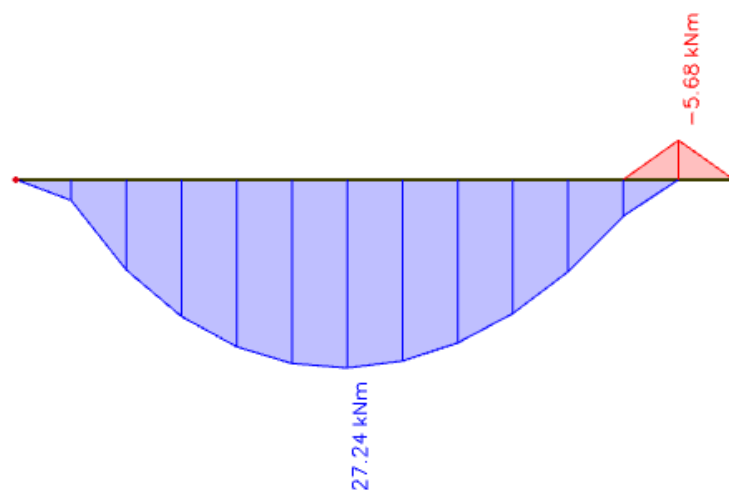
6.6 Greda 6

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 5: $1,35 (G+\Delta G) + 1,5 Q + 0,9 (1,5 S)$.

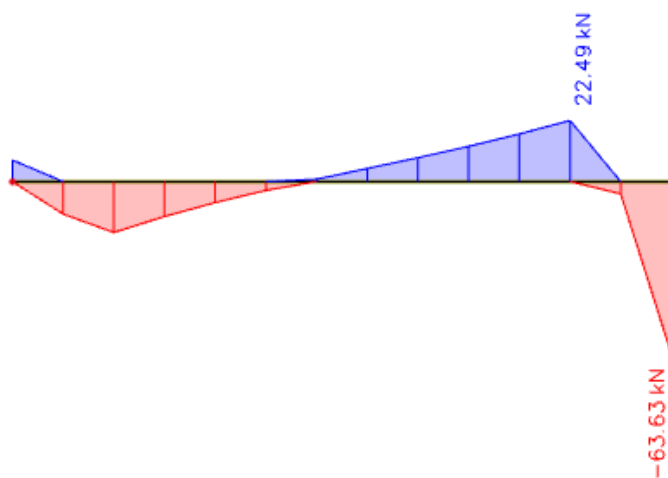
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje
- S – opterećenje snijegom

6.6.1 Rezultati proračuna

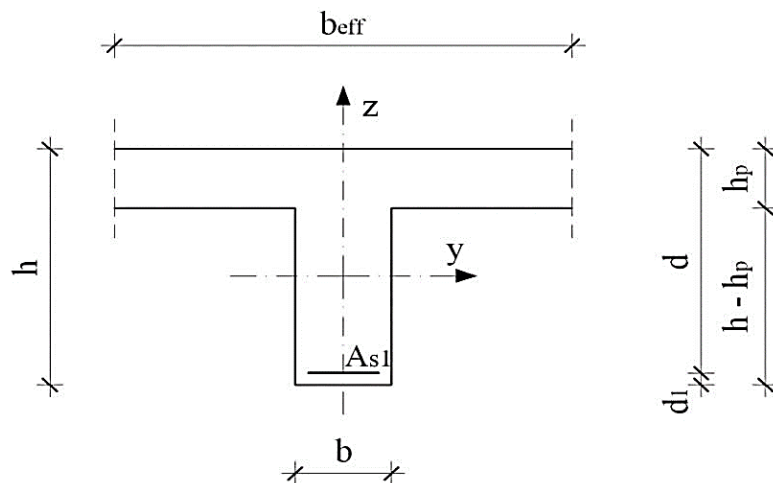


Slika 6.24 GREDA 3 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 6.25 GREDA 3 Poprečne sile V_z (kN)

6.6.2 Dimenzioniranje na savijanje



$b \text{ (cm)}$	20
$h \text{ (cm)}$	45
$h_p \text{ (cm)}$	15
$d_1 \text{ (cm)}$	5
$d = h - d_1 \text{ (cm)}$	40
$b_{eff} = b + (l_0 \cdot l_y) / 5 \text{ (cm)}$	$20 + (0,7 \times 372) / 5 = \mathbf{72,08}$

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,34 \text{ MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N / mm}^2 = 43,48 \text{ kN / cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 27,24 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2724}{20 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,036$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,1\%$$

$$\zeta = 0,965 \quad \xi = 0,099$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2724}{0,965 \cdot 40 \cdot 43,48} = 1,62 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 40 = 1,04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{3,21}{500} \right) \cdot 20 \cdot 40 = 1,34 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 40 = 32,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{35}{500} \right) \cdot 20 \cdot 40 = 13,33 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Odabrano: 2Φ14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kNm/m'}$$

Kako se radi o prostoj gredi, moment na ležaju je nula. Zbog toga armaturu iznad ležaja odabiremo konstruktivnu 2Φ12.

6.6.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 63,63 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$b_w = 20,0 \text{ cm}$$

$$d = 40,0 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sum A_s = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 40} = 0,0038$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{2}{3}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0,29$$

$$V_{Rd,C} = \left[C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,0038 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 400 = 38,89 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,29 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200 \cdot 400 = 23,20 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250} \right) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,516 \cdot 23,33 \cdot 200 \cdot 400 = 481,53 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila:

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{63,63}{481,53} = 0,13 \Rightarrow V_{Ed,max} = 0,13 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,8 \cdot d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{32,0 \text{ cm}; 30,0 \text{ cm}\} \Rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$\rho_{min} = 0,0011 \quad \text{C35/45}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

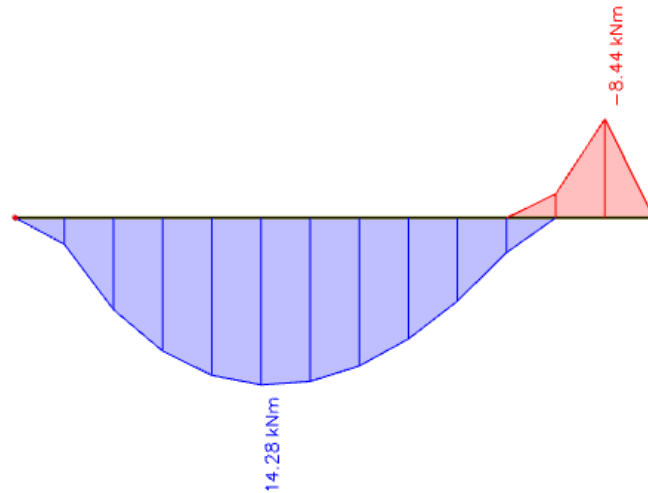
Odabrane spone Ø10 ($A_{sw}=0,79 \text{ cm}^2$):

Odabrane spone Ø10/30, B500B

6.6.4 Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.26 Prikaz momenata savijanja M_y GSU-1

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3 \text{ mm}$ (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Kontrola pukotina za polje

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed} = 14,28 \text{ kNm}$

Vlačna armatura za polje: **2Φ14** ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

$b=20 \text{ (cm)}$; $h=45 \text{ (cm)}$; $d_1=5 \text{ (cm)}$; $d=40 \text{ (cm)}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$

$k_t = 0.4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$$E_{cm} = 34,0 \text{ GPa (iz tablice)}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34,0} = 5,88$$

$$\frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 40}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 7,65 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1428}{\left(40 - \frac{7,65}{3}\right) \cdot 3,08} = 12,38 \text{ kN/cm}^2 = 123,8 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,012$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{123,8 - 0,4 \cdot \frac{3,21}{0,012} \cdot (1 + 5,88 \cdot 0,012)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{123,8}{200000,0}$$

$$\frac{9,25}{200000} > \frac{74,28}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,00037$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ – rebrasta armatura; $k_2=0,5$ – savijanje; $\Phi=14 \text{ (mm)}$, $k_3=3,4$, $k_4=0,425$, $c=30 \text{ mm}$

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,012} = 300,33 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 300,33 \cdot 0,00037 = 0,11 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

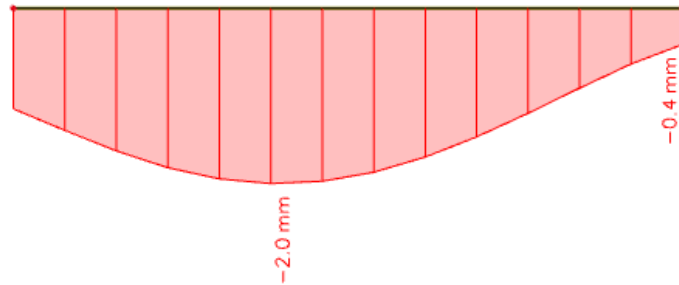
Provjera za pukotine zadovoljava!

6.6.5 Kontrola progiba

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model.

Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

GSU 1 : 1,0 (g+Δg) + 1,0q



Slika 6.27 Maksimalni progib za gredu 5

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{372}{250} = 1,49 \text{ cm}$$

Beton: C 35/45; $f_{ck}=35.0 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (35.0)^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s= 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{34} = 5,88$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|0 + 0|}{|14,28|} = 0$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 0) = 0,104$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_l = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_l = \frac{20 \cdot 45^3}{12} + 5,88 \cdot \left[3,08 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{45}{2} - 5 \right)^2 \right] = 157421,3 \text{ cm}^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 14,28 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 34,0 \frac{GN}{m^2} = 3400,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{14,28 \cdot 100}{3400 \cdot 157421,3} = 0,0000027 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5,88 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 40}{5,88 \cdot 3,08}} \right) = 7,65 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_{II} = \frac{20 \cdot 45^3}{12} + (20 \cdot 7,65) \cdot \left(\frac{7,65}{2} \right)^2 + 5,88 \cdot [3,08 \cdot (40 - 7,65)^2 + 0 \cdot (7,65 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 173066,43 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{14028 \cdot 100}{3400 \cdot 173066,43} = 0,0000024 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s}; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}; \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 35^{\frac{2}{3}} = 3,21 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,321 \cdot \frac{20 \cdot 45^2}{6} = 2166,75 \text{ kNcm} = 21,67 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{2166,75}{\left(40 - \frac{7,65}{3} \right) \cdot 3,08} = 18,78 \frac{kN}{cm^2} = 187,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{1428}{\left(40 - \frac{7,65}{3} \right) \cdot 3,08} = 12,38 \frac{kN}{cm^2} = 123,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,0000027 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000024 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - \text{koeficijent raspodjele}$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000027 + (1 - 0,0) \cdot 0,0000024 = 0,0000024 \frac{1}{cm}$$

$$k=0,0614$$

$$L=372,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0614 \cdot 372^2 \cdot 0,0000024 = 0,02 \text{ cm} < v_{lim} = 1,49 \text{ cm}$$

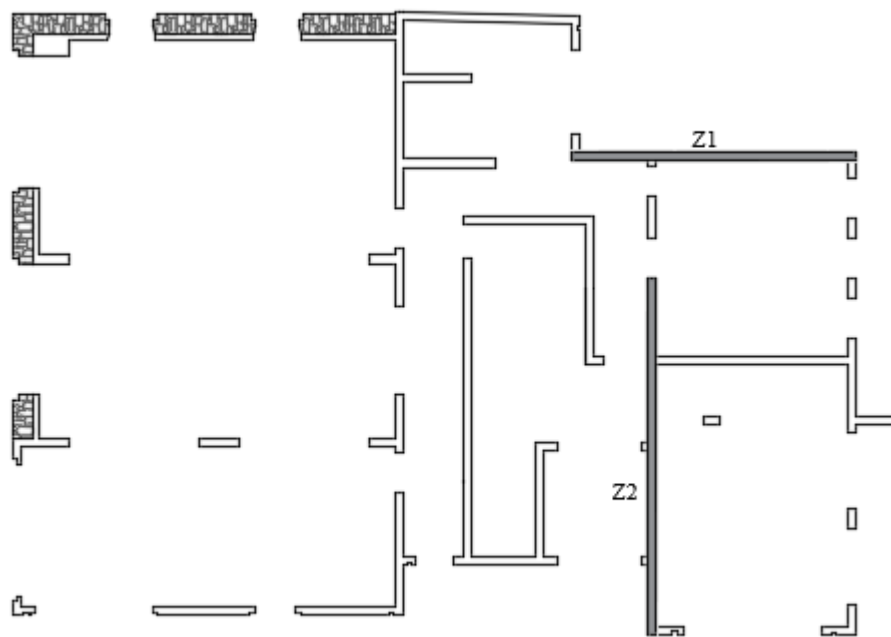
Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

7 DIMENZIONIRANJE AB ZIDOVA

Zidovi su predviđeni kao klasično armirani betonski elementi. Debljina zidova je 20 cm. Ovi zidovi imaju dvostruku ulogu: kao nosači fasade i kao ukruta građevine na potresne sile. Zidovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u dvostranoj oplati na licu mjesta. Za sve zidove predviđen je beton C 35/45, te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 2.5 cm.

Rezne sile na zidovima očitane su iz numeričkog modela u računalnom programu "Scia Engineer 17.1". U nastavku su prikazane vrijednosti za uzdužnu silu (N_{Ed}), poprečnu silu (V_{Ed}) i moment savijanja (M_{Ed}).

Dimenzioniran je najopterećeniji zid u X smjeru i najopterećeniji zid u Y smjeru. Armatura je izabrana što uniformnija zbog jednostavnosti izvedbe.



Slika 7.1 Plan pozicija karakterističnih zidova

7.1 Zid Z1

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 6 – KS_X : $1,0 (G+\Delta G) + 0,3 Q + 1,0 S_x$

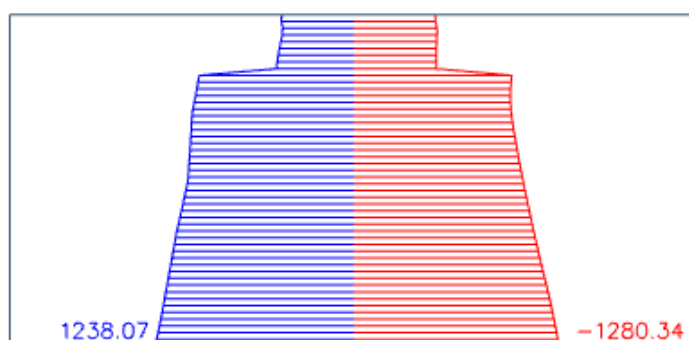
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje
- S_x – potresno opterećenje u smjeru x

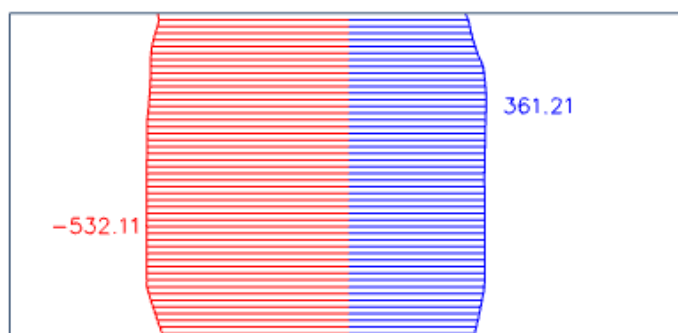
7.1.1 Rezultati proračuna

Glavni nosivi sustav objekta za prijenos horizontalnih opterećenja (vjetar i potres) tvore zidovi. Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju kombinaciju najkritičnijeg zida u X smjeru.

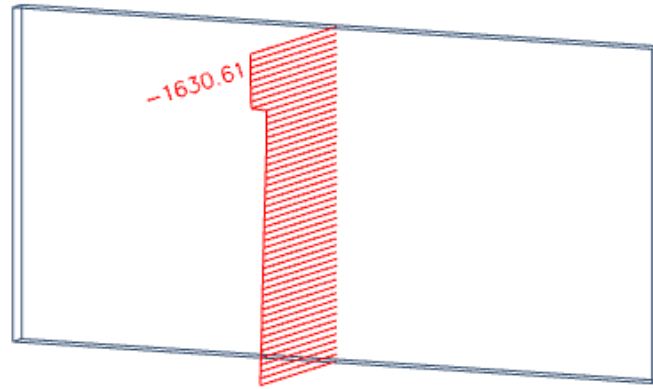
Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom "Scia Engineer 17.1" te prikazani u nastavku.



Slika 7.2 Zid Z1 Momenti savijanja $M_z(kNm)$



Slika 7.3 Zid Z1 Poprečne sile $V_y(kN)$



Slika 7.4 Zid Z1 Uzdužne sile (kN)

7.1.2 Proračun zida Z1 unutar kritičnog područja

b_w (cm) – debljina zida	20
h_s (cm) – visina etaže	322,5
l_w (cm) – duljina zida	670
h_w (cm) – visina zida	322,5
n – broj etaža	5
d_1 (cm)	2,5
d (cm)	665

Duktilnost: DCM – srednja duktilnost

Faktor ponašanja $q=3.5$

Dužina rubnog serklaža:	$l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$	$l_{c0} = 30.0$ cm
Uvjet za debljinu zida:	$b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$	$b_{w0}=16,1$ cm
Vitkost zida:	$h_w/l_w=0.48 < 2$	zid nije vitak
Visina kritične zone:	$h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$	$h_{cr}=670$ cm

Gradivo:

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck}=35,0 \text{ Mpa} \quad f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c}=\frac{35,0}{1,5}=23.34\text{MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434,78\text{N} / \text{mm}^2=43,48\text{kN} / \text{cm}^2$$

Proračunske kombinacije:

GSN 6 – KS_X : 1,0 (g+Δg) + 0,3 q + 1,0S_X - kritična kombinacija za zid Z1

GSN 7 – KS_Y : 1,0 (g+Δg) + 0,3q + 1,0S_Y

7.1.3 Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1280,34 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 532,11 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -1630,61 \text{ kN}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$b_w = 20 \text{ cm} ; d = 665 \text{ cm} ; h_{cr} = 670 \text{ cm}$$

$$M_{Eds} = 1280,34 + 1630,61 \cdot \left(6,65 - \frac{6,7}{2}\right) = 6661,35 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{666135}{20 \cdot 665^2 \cdot 2,33} = 0,032$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,1\%$$

$$\zeta = 0,965 \quad \xi = 0,099$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{666135}{0,965 \cdot 665 \cdot 43,48} - \frac{1630,61}{43,48} = -13,63 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 665 = 17,29 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 6Φ22 ($A_{s1} = 22,81 \text{ cm}^2$)

Napomena: Odabrana je ista armatura kao i u proračunu zidova u Y smjeru zbog jednostavnosti izvedbe, iako je veća od potrebne.

7.1.4 Proračun nosivosti na popečnu silu

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

- $V_{Ed,y}$ – računska poprečna sila
- $V_{Ed,y}'$ – korigirana poprečna sila
- ε – korekcijski koeficijent

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q, radi jednostavnosti proračuna uzimamo:

$$\varepsilon = q = 3,5 \rightarrow \text{faktor ponašanja}$$

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon = 532,11 \cdot 3,5 = 1862,38 \text{ kN}$$

7.1.4.1 Nosivost tlačnih dijagonala

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{35}{200} \right) \cdot 23,3 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 665$$

$$V_{Rd2} = 52061,52 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{35}{200} \right) \cdot 23,3 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 665$$

$$V_{Rd2} = 65076,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2} \rightarrow \text{uvjet zadovoljen}$$

7.1.4.2 Nosivost vlačnih dijagonala hrpta

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Postupak ovisi o koeficijentu smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1280,34}{532,11 \cdot 6,7} = 0,36$$

- Ako je $\alpha_s \leq 1,3$ koristi se izraz (i za vertikalnu i za horizontalnu armeturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z \cdot V_{cd}$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm²/m; A_s=5,14 cm²/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 665$$

$$V_{wd} = 1330,0 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

- za tlačnu N_{Ed} vrijedi izraz: $\rightarrow V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 665$$

$$V_{cd} = 470,29 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 470,29 + 1330,0 = 1800,29 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 1800,29 \text{ kN} > V_{Ed} = 532,11 \text{ kN} \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

7.2 Zid Z2

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 7 – KS_Y : $1,0 (G+\Delta G) + 0,3 Q + 1,0 S_y$

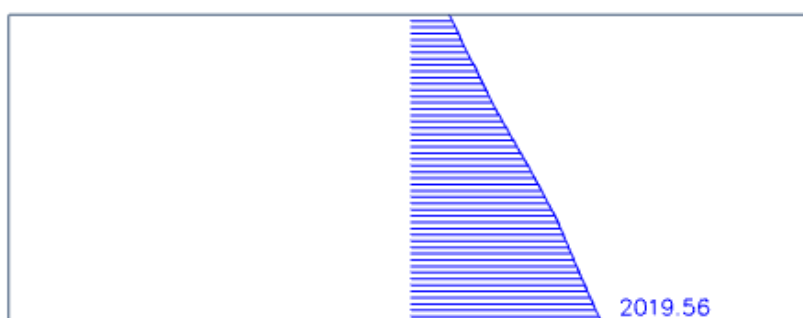
Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- Q – korisno opterećenje
- S_y – potresno opterećenje u smjeru y

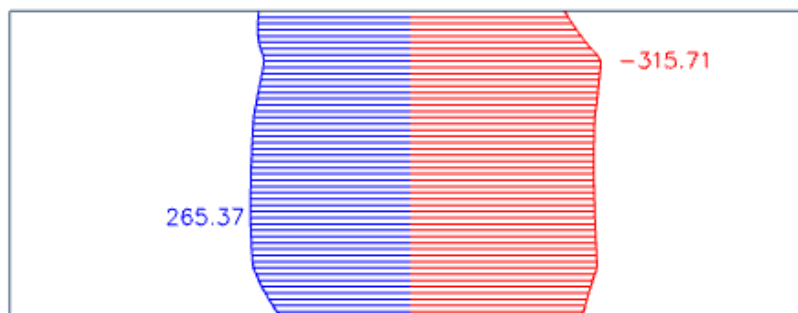
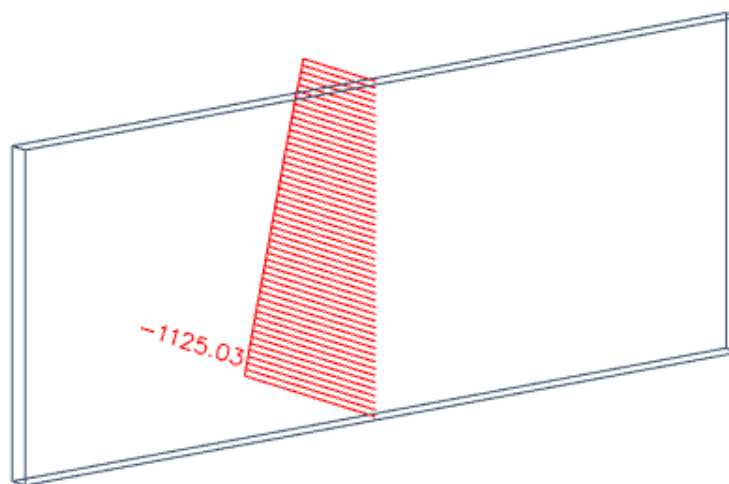
7.2.1 Rezultati proračuna

Glavni nosivi sustav objekta za prijenos horizontalnih opterećenja (vjetar i potres) tvore zidovi. Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju kombinaciju najkritičnijeg zida u Y smjeru.

Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom "Scia Engineer 17.1" te prikazani u nastavku.



Slika 7.5 Zid Z2 Momenti savijanja M_z (kNm)

Slika 7.6 Zid Z2 Poprečne sile V_y (kN)Slika 7.7 Zid Z2 Uzdužne sile N (kN)

7.2.2 Proračun zida Z1 unutar kritičnog područja

b_w (cm) – debljina zida	20
h_s (cm) – visina etaže	322,5
l_w (cm) – duljina zida	842
h_w (cm) – visina zida	322,5
n – broj etaža	5
d_1 (cm)	2,5
d (cm)	837

Duktilnost: DCM – srednja duktilnost

Faktor ponašanja $q=3.5$

Dužina rubnog serklaža:	$l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$	$l_{c0} = 30.0 \text{ cm}$
Uvjet za debljinu zida:	$b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$	$b_{w0}=42,1 \text{ cm}$
Vitkost zida:	$h_w/ l_w=0.38 < 2$	zid nije vitak
Visina kritične zone:	$h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$	$h_{cr}=842 \text{ cm}$

Gradivo:

Beton C35/45

$$C35/45 \rightarrow f_{ck}=35,0 \text{ Mpa} \quad f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c}=\frac{35,0}{1,5}=23.34\text{MPa}$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434,78\text{N} / \text{mm}^2=43,48\text{kN} / \text{cm}^2$$

Proračunske kombinacije:

$$GSN 6 - KS_X : 1,0 (g+\Delta g) + 0,3 q + 1,0 S_x$$

$$GSN 7 - KS_Y : 1,0 (g+\Delta g) + 0,3q + 1,0 S_y - \text{kritična kombinacija za zid Z2}$$

7.2.3 Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanjaProračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 2019,56 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 315,71 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -1125,03 \text{ kN}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$b_w=20 \text{ cm} ; d=837 \text{ cm} ; h_{cr}=842 \text{ cm}$$

$$M_{Eds} = 2019,56 + 1125,03 \cdot \left(8,37 - \frac{8,42}{2}\right) = 6699,68 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{669968}{20 \cdot 837^2 \cdot 2,33} = 0,020$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -0,8\%$$

$$\zeta = 0,974 \quad \xi = 0,074$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{669968}{0,974 \cdot 837 \cdot 43,48} - \frac{1125,03}{43,48} = -6,97 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 837 = 21,76 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 6Φ22 ($A_{s1} = 22,81 \text{ cm}^2$)

7.2.4 Proračun nosivosti na popečnu silu

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

- $V_{Ed,y}$ – računski poprečna sila
- $V_{Ed,y}'$ – korigirana poprečna sila
- ε – korekcijski koeficijent

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q, radi jednostavnosti proračuna uzimamo:

$$\varepsilon = q = 3,5 \rightarrow \text{faktor ponašanja}$$

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon = 315,71 \cdot 3,5 = 1104,98 \text{ kN}$$

7.2.4.1 Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{35}{200} \right) \cdot 23,3 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 837$$

$$V_{Rd2} = 65527,06 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{35}{200} \right) \cdot 23,3 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 837$$

$$V_{Rd2} = 81908,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2} \rightarrow \text{uvjet zadovoljen}$$

7.2.4.2 Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Postupak ovisi o koeficijentu smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{2019,56}{315,71 \cdot 8,42} = 0,76$$

- Ako je $\alpha_s \leq 1,3$ koristi se izraz (i za vertikalnu i za horizontalnu armeturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z \cdot V_{cd}$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm²/m; A_s=5,14 cm²/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 837$$

$$V_{wd} = 1674,0 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 837$$

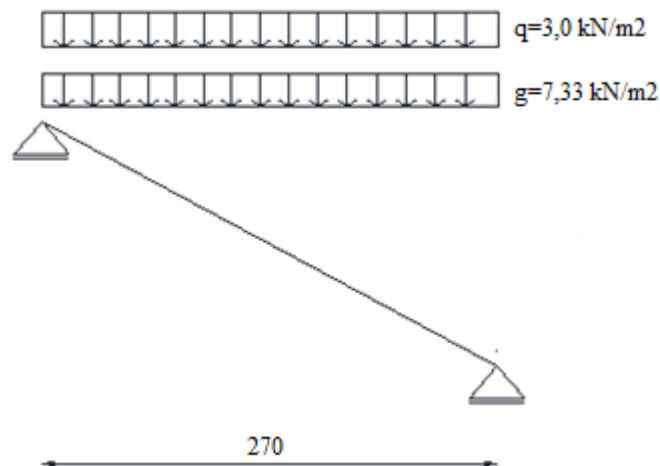
$$V_{cd} = 591,93 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 591,93 + 1674,0 = 2265,93 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 2265,93 \text{ kN} > V_{Ed} = 315,71 \text{ kN} \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

8 DIMENZIONIRANJE AB STUBIŠTA



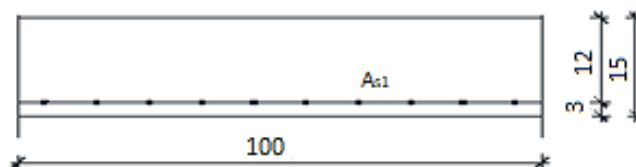
Slika 8.1 Prikaz statičkog sustava kraka stubišta

8.1 Rezultati proračuna

$$q_s = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q = 1,35 \cdot 7,33 + 1,5 \cdot 3,0 = 14,4 \text{ kN/m'}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_s \cdot l^2}{8} = \frac{14,4 \cdot 2,7^2}{8} = 13,12 \text{ kNm}$$

8.2 Dimenzioniranje na moment savijanja



$$M_{Ed} = 13,12 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1312}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,33} = 0,039$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\% \quad \varepsilon_{c2} = -1,2\%$$

$$\zeta = 0,962 \quad \xi = 0,0107$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1312}{0,962 \cdot 12 \cdot 43,48} = 2,61 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,001 \cdot b \cdot d = 0,001 \cdot 100 \cdot 15 = 1,5 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,02 \cdot b \cdot d = 0,02 \cdot 100 \cdot 15 = 30 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q-335 ($A_{s1} = 3,35 \text{ cm}^2$)

9 DIMENZIONIRANJE TEMELJNE TRAKE

Temelji se izvode kao klasično armirano-betonski elementi. Za sve temelje predviđen je beton C 35/45 te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose minimalno 3,0 cm.

9.1 Rezultati proračuna

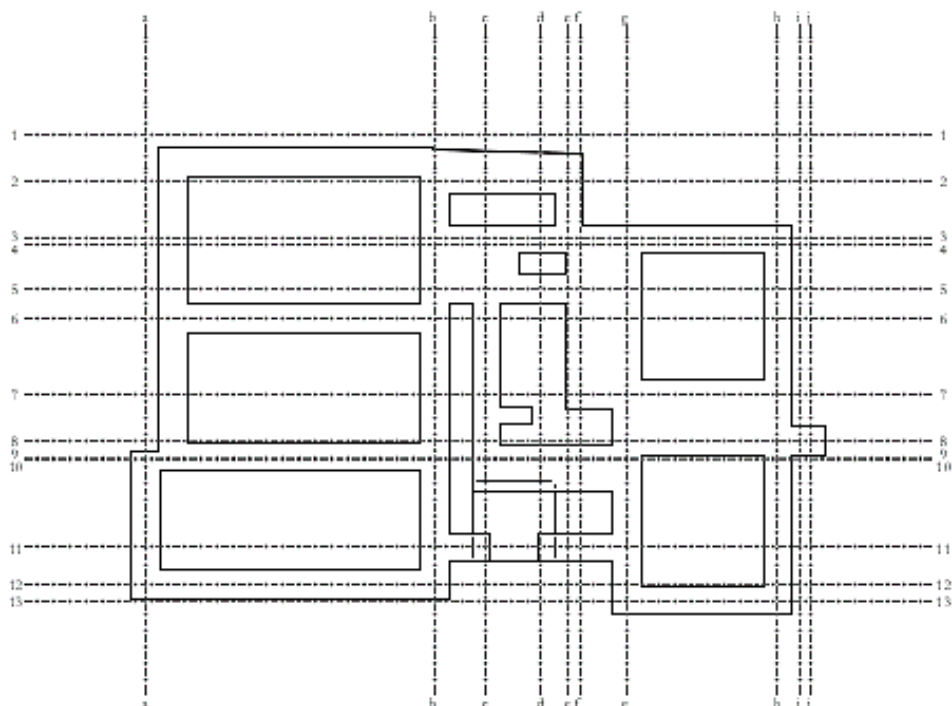
Kao referentan pokazatelj deformacijskog ponašanja tla smatra se modul reakcije tla k . Modul reakcije tla k je funkcija oblika i veličine kontaktne plohe, rasporeda i inteziteta opterećenja te sastava i svojstava tla. Kod proračunskog modela kod kojeg je tlo zamijenjeno sustavom opruga (Winklerov prostor), k je koeficijent proporcionalnosti između dodatnog kontaktnog naprezanja Q i pomaka w točke na površini Winklerovog prostora:

$$k = \frac{Q}{w} \left(\frac{kN}{m^3} \right)$$

U ovom proračunskom modelu modul reakcije tla dobiven je iterativnim postupkom.

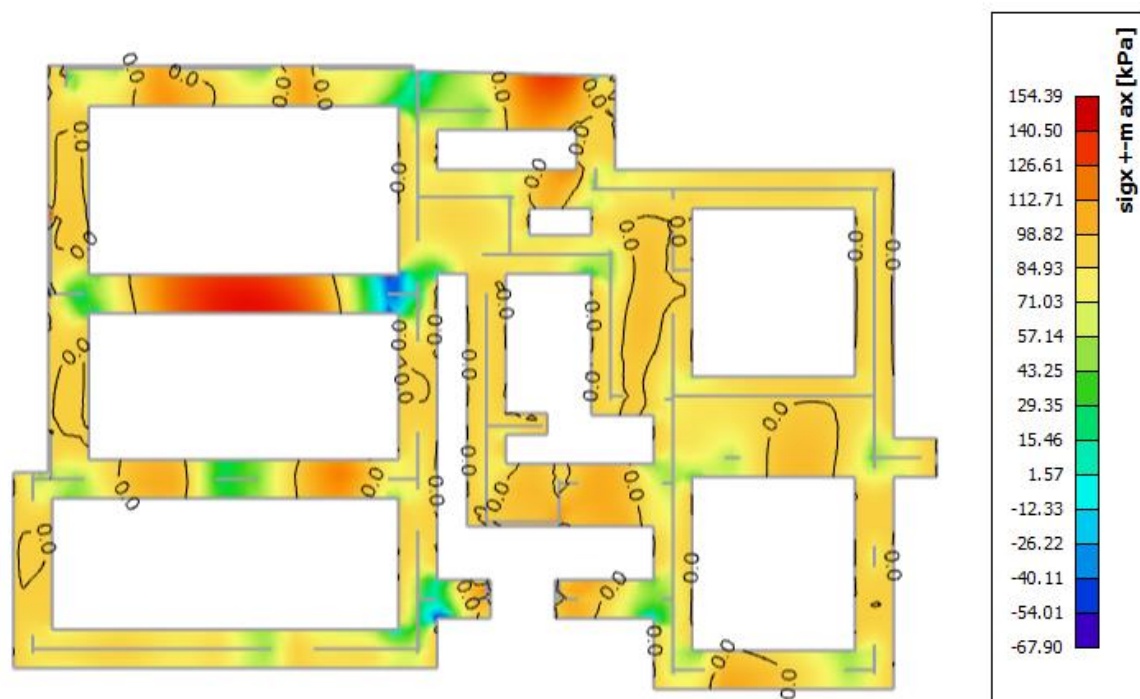
Rezultati naprezanja proračunati su računalnim programom "Scia Engineer 17.1" te prikazani u nastavku.

9.1.1 Plan pozicija



Slika 9.1 Plan pozicija temeljnih traka

9.1.2 Prikaz naprezanja u tlu od seizmičke kombinacije



Slika 9.2 Prikaz naprezanja temeljnih traka σ_x (kPa) od seizmičke kombinacije



Slika 9.3 Prikaz naprezanja temeljnih traka σ_y (kPa) od seizmičke kombinacije

9.2 Kontrola naprezanja u tlu

Dimenzije temeljne trake: 100 x 90 x 50 cm.

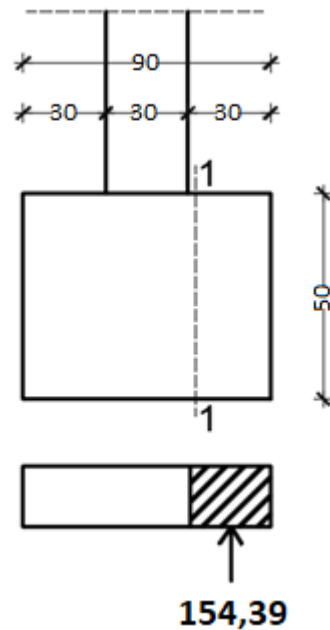
Težina temelja: $N_{\text{temelj}} = 1,0\text{m} \cdot 0,9\text{m} \cdot 0,5\text{m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 11,25 \text{ kN}$

Geometrijske karakteristike: $A_{\text{temelj}} = 1,0 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ m}^2$

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{11,25}{0,5} = 22,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_x, \sigma_y < \sigma_{\text{dop}} = 200 \text{ kPa}$$

9.3 Dimenzioniranje na moment savijanja



Slika 9.4 Prikaz naprezanja u tlu

Moment u presjeku 1-1:

$$M_{1-1} = \frac{154,39 \cdot 0,3^2}{2} = 6,95 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6,95 \cdot 100}{100 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,0017 \rightarrow \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6,95 \cdot 100}{0,993 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,36 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 50 \cdot 60 = 3,9 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Odabrana uzdužna armatura: **A_{s1} = 6φ14 = 9,24 (cm²/m')**

Odabrana poprečna armatura: **A_{s2} = φ10/15**

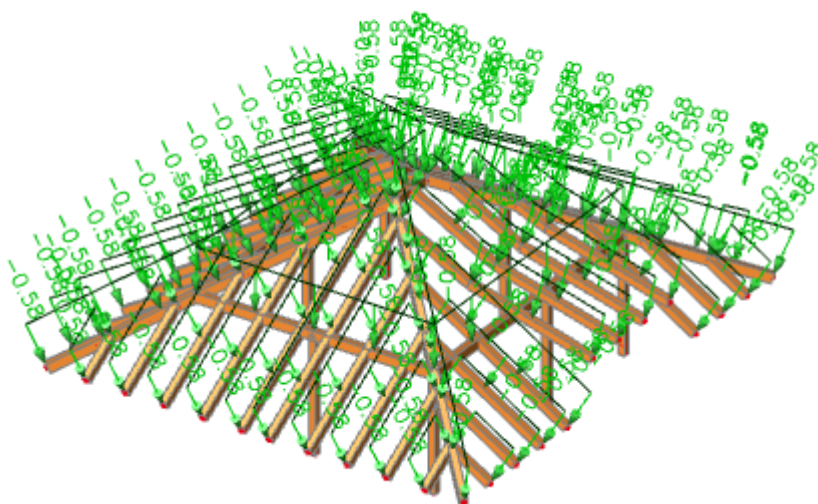
Proračun proboga temeljne trake - proračun se ne provodi ako je ispunjen sljedeći uvjet:

$$r_{crit} \geq \frac{a - b_w}{2} \rightarrow r_{crit} = d = 45 > \frac{90 - 30}{2} = 30$$

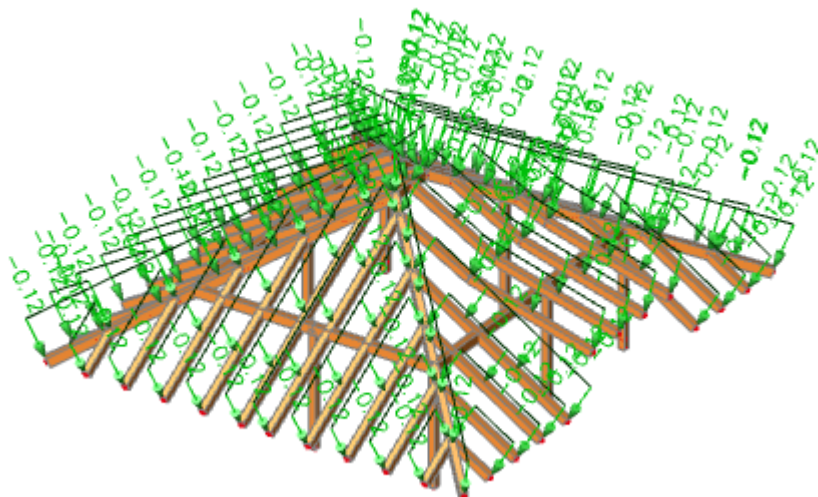
Izvršeno je dimenzioniranje najopterećenijeg dijela temeljne trake. Rezultati zahtijevaju minimalnu armaturu. Minimalna armatura je usvojena i za ostale dijelove temeljne trake.

10 DIMENZIONIRANJE DRVENE KROVNE KONSTRUKCIJE

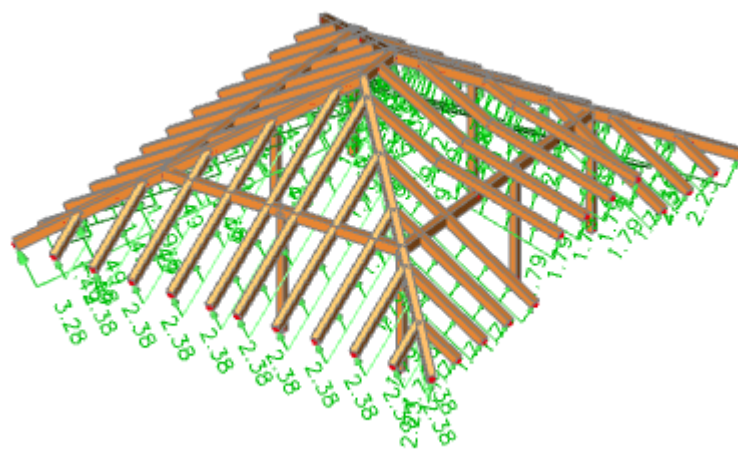
10.1 Prikaz opterećenja



Slika 10.1 Dodatno stalno opterećenje na krovu



Slika 10.2 Opterećenje snijegom



10.2 Ulazni parametri

- Uporabna klasa 1
- Kratkotrajno opterećenje

$$k_{\text{mod}} = 0.9$$

$$\gamma_M = 1.3$$

Karakteristične vrijednosti :

$$f_{m,k} = 30 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2.70 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,o,k} = 23.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,o,k} = 18.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{o,mean} = 12000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{mean} = 750 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Proračunske vrijednosti :

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{30.0}{1.3} = 20.77 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{2.70}{1.3} = 1.87 \text{ N} / \text{mm}^2$$

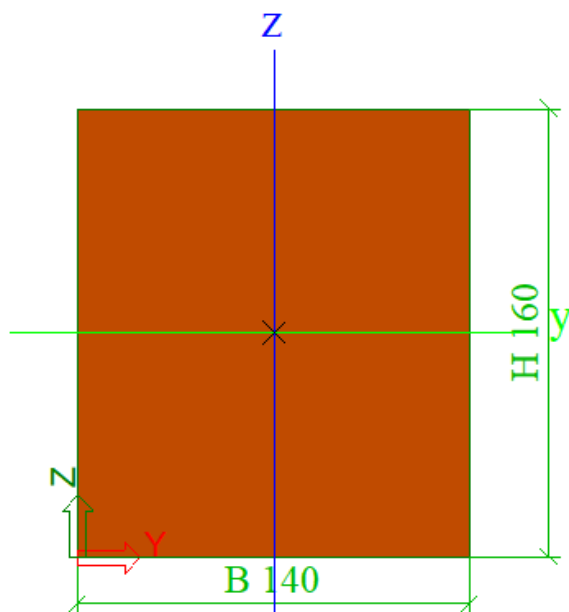
$$f_{c,o,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,o,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{23.0}{1.3} = 15.92 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,o,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{t,o,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{18.0}{1.3} = 12.46 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{0.05} = \frac{2}{3} E_{o,mean} = \frac{2}{3} \cdot 12000 = 8000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{0.05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} 750 = 500 \text{ N} / \text{mm}^2$$

10.3 DIMENZIONIRANJE ROGOVA



Slika 10.5 Poprečni presjek roga

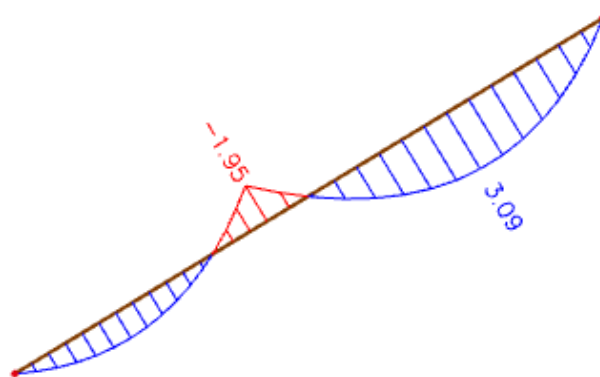
$b \text{ (mm)}$	140
$h \text{ (mm)}$	160

10.3.1 Rezultati proračuna

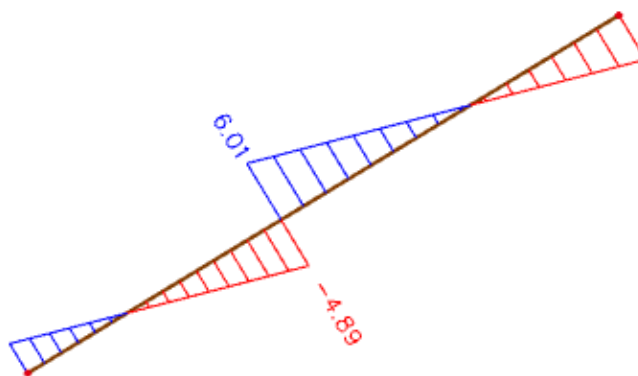
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 10 – Vjetar unutarnji⁺ : $1,35 (g + \Delta g) + 1,5 W_1$

Gdje su:

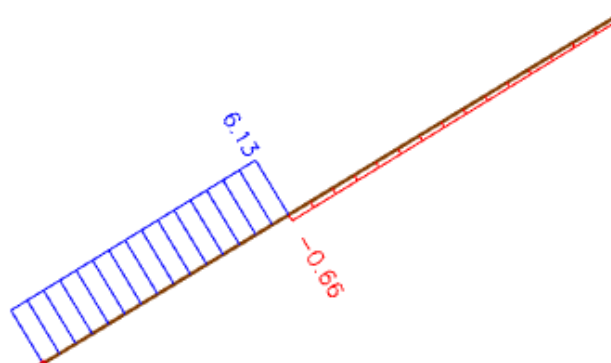
- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- W_1 – unutarnji pozitivni vjetar na krovu



Slika 10.6 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 10.7 Poprečne sile V_z (kN)



Slika 10.8 Uzdužne sile N (kN)

10.3.2 Provjera roga na savijanje s bočnim izvijanjem i tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem

10.3.2.1 Duljina izvijanja

$$l_{i,y} = 5,247 \text{ m} = 5247,0 \text{ mm}$$

$$l_{i,z} = 5,247 \text{ m} = 5247,0 \text{ mm}$$

10.3.2.2 Određivanje vitkosti poprečnog presjeka

$$\lambda_y = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{h \cdot b^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{5247}{\sqrt{\frac{160 \cdot 140^3}{12 \cdot 140 \cdot 160}}} = 129,83$$

$$\lambda_z = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{5247}{\sqrt{\frac{140 \cdot 160^3}{12 \cdot 140 \cdot 160}}} = 113,6$$

10.3.2.3 Određivanje relativnih vitkosti poprečnog presjeka

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 129,89 \cdot \sqrt{\frac{23}{\pi^2 \cdot 8000}} = 2,22$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 113,6 \cdot \sqrt{\frac{23}{\pi^2 \cdot 8000}} = 1,94$$

10.3.2.4 Određivanje koeficijenta utjecaja vrste drva

Predmetna klasa drva odnosi se na piljenu građu, tj. Puno drvo

$$\beta_c = 0,20$$

10.3.2.5 Određivanje koeficijenta izvijanja

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,20 \cdot (2,22 - 0,5) + 2,22^2] = 3,13$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,20 \cdot (1,94 - 0,5) + 1,94^2] = 2,53$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{3,13 + \sqrt{3,13^2 - 2,22^2}} = 0,19$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,53 + \sqrt{2,53^2 - 1,94^2}} = 0,24$$

10.3.2.6 Proračunska vrijednost tlačnog naprezanja

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{6,13 \cdot 10^3}{140 \cdot 160} = 0,27 \text{ N/mm}^2$$

10.3.2.7 Određivanje parametara smanjenja čvrstoće zbog bočnog izvijanja

$$\sigma_{m,crit,y} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{l_{eff} \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{G_{o,mean}}{E_{o,mean}}} = \frac{\pi \cdot 140^2 \cdot 12000}{5427 \cdot 160} \cdot \sqrt{\frac{750}{12000}} = 212,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,crit,z} = \frac{\pi \cdot h^2 \cdot E_{0,05}}{l_{eff} \cdot b} \cdot \sqrt{\frac{G_{o,mean}}{E_{o,mean}}} = \frac{\pi \cdot 160^2 \cdot 12000}{5427 \cdot 140} \cdot \sqrt{\frac{750}{12000}} = 317,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,y}}} = \sqrt{\frac{30}{212,7}} = 0,38$$

$$\lambda_{rel,m,z} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,z}}} = \sqrt{\frac{30}{317,56}} = 0,31$$

(4) For beams with an initial lateral deviation from straightness within the limits defined in Section 10, k_{crit} may be determined from expression (6.34)

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{for } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{for } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{for } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (6.34)$$

$$k_{crit,y} = 1,0$$

$$k_{crit,z} = 1,0$$

10.3.2.8 Proračunska vrijednost naprezanja od savijanja

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{3,09 \cdot 10^6}{\frac{140 \cdot 160^2}{6}} = 5,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{0,0 \cdot 10^6}{\frac{160 \cdot 140^2}{6}} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

10.3.2.9 Određivanje koeficijenta utjecaja oblika poprečnog presjeka elementa

Predmetni element ima pravokutni poprečni presjek:

(2) The value of the factor k_m should be taken as follows:

For solid timber, glued laminated timber and LVL:

for rectangular sections: $k_m = 0,7$

for other cross-sections: $k_m = 1,0$

For other wood-based structural products, for all cross-sections: $k_m = 1,0$

$$k_m = 0,70$$

10.3.2.10 Dokaz nosivosti elementa

$$\left(\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,d}} \right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,27}{0,27 \cdot 15,92} \right) + \left(\frac{5,17}{1,0 \cdot 20,77} + 0,70 \cdot \frac{0}{1,0 \cdot 20,77} \right) = 0,31 < 1,0$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} \right) + \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,d}} \right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,27}{0,24 \cdot 15,92} \right) + \left(0,70 \cdot \frac{5,17}{1,0 \cdot 20,77} + \frac{0}{1,0 \cdot 20,77} \right) = 0,24 < 1,0$$

Element presjeka 14/16 cm zadovoljava uvjete nosivosti uz maksimalnu iskoristivost od 31%.

10.3.3 Provjera roga na posmik

10.3.3.1 Proračunska vrijednost posmičnog naprezanja

$$\tau_{v,d} = 1,50 \cdot \frac{V_d}{0,67 \cdot A} = 1,50 \cdot \frac{6,01 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 140 \cdot 160} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

10.3.3.2 Određivanje koeficijenta utjecaja oslabljenja poprečnog presjeka elementa

Predmetni element oslabljen je na opterećenom rubu:

$$k_V = 1,0$$

10.3.3.3 Dokaz nosivosti elemeta

$$\frac{\tau_{v,d}}{k_V \cdot f_{V,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,40}{1,0 \cdot 1,87} = 0,22 < 1,0$$

Element presjeka 14/16 cm zadovoljava uvjete nosivosti uz maksimalnu iskoristivost od 22%.

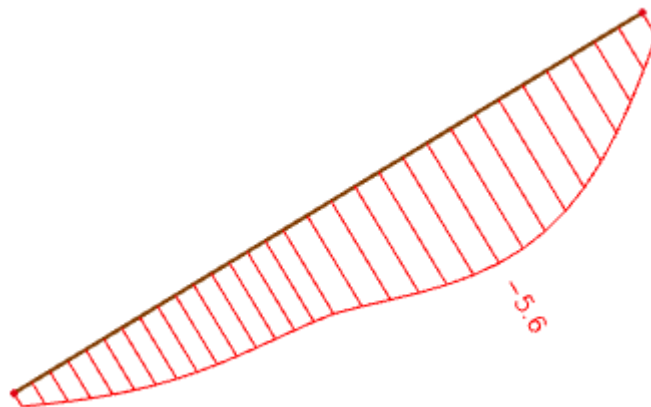
10.3.4 Provjera roga na progibe

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4 – Vjetar unutarnji :

$$1,0 (g + \Delta g) + 1,0 W_2 + 1,0 s$$

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- W_1 – unutarnji pozitivni vjetar na krovu
- s – djelovanje snijega



Slika 10.9 Maksimalni progib roga GSU - 4

10.3.4.1 *Ograničenje trenutnog elastičnog progiba od svih djelovanja bez puzanja*

$$w_{inst} \leq w_{inst,lim} = \frac{l}{300} = \frac{5247,0}{300} = 17,49 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 5,6 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen!

10.3.4.2 *Ograničenje konačnog progiba od svih djelovanja uključujući i puzanje*

$$w_{fin} - w_{inst} \leq w_{inst,lim} = \frac{l}{200} = \frac{5247,0}{200} = 26,24 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{S,fin} + w_{W1,fin} + w_0$$

$$w_0 = 0 \text{ (nadvišenje)}$$

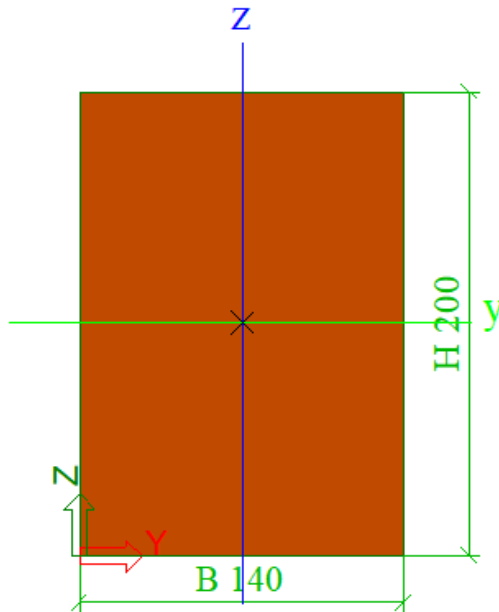
$$w_{fin} = w_{inst} \cdot (1 + k_{def})$$

$$w_{fin} = 5,6 \cdot (1 + 0,8) = 10,08 \text{ mm}$$

$$10,08 - 5,6 = 4,48 \leq w_{inst,lim} = 26,24 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen!

10.4 DIMENIONIRANJE VEZNE GREDE



Slika 10.10 Poprečni presjek vezne grede

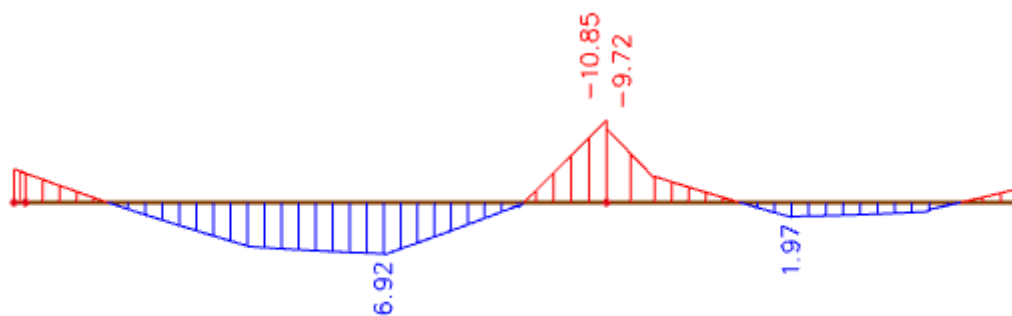
$b \text{ (mm)}$	140
$h \text{ (mm)}$	200

10.4.1 Rezultati proračuna

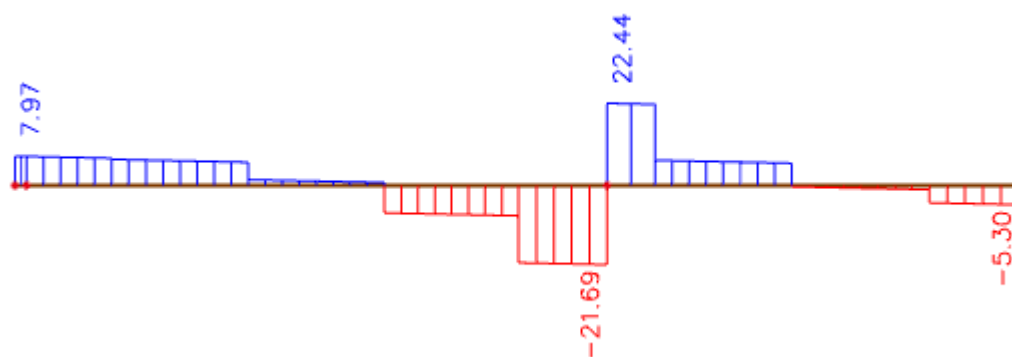
Proračun je proveden za kombinaciju GSN 10 – Vjetar unutarnji⁺ : $1,35 (g + \Delta g) + 1,5W_1$

Gdje su:

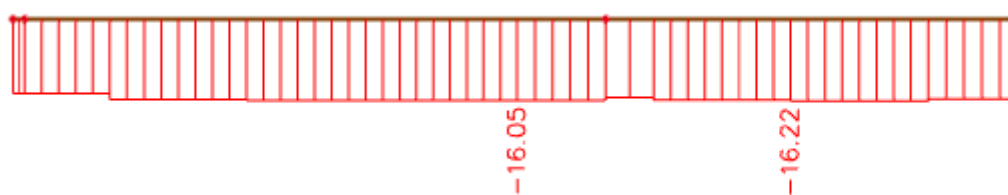
- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- W_1 – unutarnji pozitivni vjetar na krovu



Slika 10.11 Momenti savijanja M_y (kNm)



Slika 10.12 Poprečne sile V_z (kN)



Slika 10.13 Uzdužne sile N (kN)

10.4.2 Provjera vezne grede na savijanje s bočnim izvijanjem i tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem

10.4.2.1 Duljina izvijanja

$$l_{i,y} = 2,516 \text{ m} = 2516,0 \text{ mm}$$

$$l_{i,z} = 6,132 \text{ m} = 6132,0 \text{ mm}$$

10.4.2.2 Određivanje vitkosti poprečnog presjeka

$$\lambda_y = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{l_y}{A}}} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{h \cdot b^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{2516}{\sqrt{\frac{200 \cdot 140^3}{12 \cdot 140 \cdot 200}}} = 62,25$$

$$\lambda_z = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{l_z}{A}}} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{6132}{\sqrt{\frac{140 \cdot 200^3}{12 \cdot 140 \cdot 200}}} = 106,21$$

10.4.2.3 Određivanje relativnih vitkosti poprečnog presjeka

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 62,25 \cdot \sqrt{\frac{23}{\pi^2 \cdot 8000}} = 1,06$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 106,21 \cdot \sqrt{\frac{23}{\pi^2 \cdot 8000}} = 1,81$$

10.4.2.4 Određivanje koeficijenta utjecaja vrste drva

Predmetna klasa drva odnosi se na piljenu građu, tj. Puno drvo

$$\beta_c = 0,20$$

10.4.2.5 Određivanje koeficijenta izvijanja

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,20 \cdot (1,06 - 0,5) + 1,06^2] = 1,12$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,20 \cdot (1,81 - 0,5) + 1,81^2] = 2,27$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,12 + \sqrt{1,12^2 - 1,06^2}} = 0,67$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,27 + \sqrt{2,27^2 - 1,81^2}} = 0,27$$

10.4.2.6 Proračunska vrijednost tlačnog naprezanja

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{16,22 \cdot 10^3}{140 \cdot 200} = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

10.4.2.7 Određivanje parametara smanjenja čvrstoće zbog bočnog izvijanja

$$\sigma_{m,crit,y} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{l_{eff} \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{G_{o,mean}}{E_{o,mean}}} = \frac{\pi \cdot 140^2 \cdot 12000}{2516 \cdot 200} \cdot \sqrt{\frac{750}{12000}} = 367,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,crit,z} = \frac{\pi \cdot h^2 \cdot E_{0,05}}{l_{eff} \cdot b} \cdot \sqrt{\frac{G_{o,mean}}{E_{o,mean}}} = \frac{\pi \cdot 200^2 \cdot 12000}{6132 \cdot 140} \cdot \sqrt{\frac{750}{12000}} = 439,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,y}}} = \sqrt{\frac{30}{367,1}} = 0,29$$

$$\lambda_{rel,m,z} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,z}}} = \sqrt{\frac{30}{439,1}} = 0,26$$

(4) For beams with an initial lateral deviation from straightness within the limits defined in Section 10, k_{crit} may be determined from expression (6.34)

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{for } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{for } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{for } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (6.34)$$

$$k_{crit,y} = 1,0$$

$$k_{crit,z} = 1,0$$

10.4.2.8 Proračunska vrijednost naprezanja od savijanja

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{10,85 \cdot 10^6}{\frac{140 \cdot 200^2}{6}} = 11,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{0,0 \cdot 10^6}{\frac{200 \cdot 140^2}{6}} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

10.4.2.9 Određivanje koeficijenta utjecaja oblika poprečnog presjeka elementa

Predmetni element ima pravokutni poprečni presjek:

(2) The value of the factor k_m should be taken as follows:

For solid timber, glued laminated timber and LVL:

for rectangular sections: $k_m = 0,7$

for other cross-sections: $k_m = 1,0$

For other wood-based structural products, for all cross-sections: $k_m = 1,0$

$$k_m = 0,70$$

10.4.2.10 Dokaz nosivosti elementa

$$\left(\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,d}} \right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,58}{0,67 \cdot 15,92} \right) + \left(\frac{11,63}{1,0 \cdot 20,77} + 0,70 \cdot \frac{0}{1,0 \cdot 20,77} \right) = 0,61 < 1,0$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,o,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} \right) + \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit,y} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit,z} \cdot f_{m,d}} \right) \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,58}{0,27 \cdot 15,92} \right) + \left(0,70 \cdot \frac{11,63}{1,0 \cdot 20,77} + \frac{0}{1,0 \cdot 20,77} \right) = 0,52 < 1,0$$

Element presjeka 14/20 cm zadovoljava uvjete nosivosti uz maksimalnu iskoristivost od 61%.

10.4.3 Provjera vezne grede na posmik

10.4.3.1 Proračunska vrijednost posmičnog naprezanja

$$\tau_{v,d} = 1,50 \cdot \frac{V_d}{0,67 \cdot A} = 1,50 \cdot \frac{22,44 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 140 \cdot 200} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

10.4.3.2 Određivanje koeficijenta utjecaja oslabljenja poprečnog presjeka elementa

Predmetni element oslabljen je na opterećenom rubu:

$$k_v = 1,0$$

10.4.3.3 Dokaz nosivosti elemeta

$$\frac{\tau_{v,d}}{k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,79}{1,0 \cdot 1,87} = 0,296 < 1,0$$

Element presjeka 14/20 cm zadovoljava uvjete nosivosti uz maksimalnu iskoristivost od 96%.

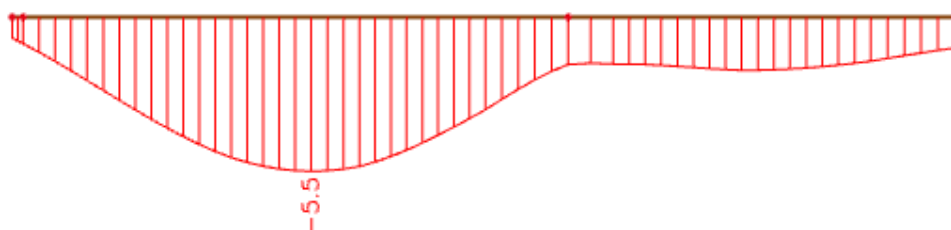
10.4.4 Provjera vezne grede na progibe

Proračun je proveden za kombinaciju GSN 4 – Vjetar unutarnji :

$$1,0 (g + \Delta g) + 1,0 W_2 + 1,0 s$$

Gdje su:

- G – vlastita težina ploče
- ΔG – dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- W_1 – unutarnji pozitivni vjetar na krovu
- s – djelovanje snijega



Slika 10.14 Maksimalni progib vezne grede GSU - 4

10.4.4.1 *Ograničenje trenutnog elastičnog progiba od svih djelovanja bez puzanja*

$$w_{inst} \leq w_{inst,lim} = \frac{l}{300} = \frac{6132,0}{300} = 20,44 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 5,5 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen!

10.4.4.2 *Ograničenje konačnog progiba od svih djelovanja uključujući i puzanje*

$$w_{fin} - w_{inst} \leq w_{inst,lim} = \frac{l}{200} = \frac{6132,0}{200} = 30,66 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{S,fin} + w_{W1,fin} + w_0$$

$$w_0 = 0 \text{ (nadvišenje)}$$

$$w_{fin} = w_{inst} \cdot (1 + k_{def})$$

$$w_{fin} = 5,5 \cdot (1 + 0,8) = 9,9 \text{ mm}$$

$$9,9 - 5,5 = 4,4 \leq w_{inst,lim} = 30,66 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen!

11 GRAFIČKI PRILOZI

11.1 Tlocrt temelja

11.2 Tlocrt prizemlja

11.3 Tlocrt 1. kata

11.4 Tlocrt 2. kata

11.5 Tlocrt 3. kata

11.6 Tlocrt 4. kata

11.7 Tlocrt krovnih ploha

11.8 Poprečni presjek A-A

11.9 Jugozapadno pročelje

11.10 Jugoistočno pročelje

11.11 Sjeveroistočno pročelje

11.12 Sjeverozapadno pročelje

11.13 Plan pozicije 100

11.14 Plan pozicije 200

11.15 Plan pozicije 300

11.16 Plan pozicije 400

11.17 Plan pozicije 500

12 ARMATURNI NACRTI

12.1 Armatura ploče pozicije 100 - donja zona

12.2 Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona

12.3 Iskaz količine armature za ploču pozicije 100

12.4 Armatura ploče pozicije 200 - donja zona

12.5 Armatura ploče pozicije 200 - gornja zona

12.6 Iskaz količine armature za ploču pozicije 200

12.7 Armatura ploče pozicije 300 - donja zona

12.8 Armatura ploče pozicije 300 - gornja zona

12.9 Iskaz količine armature za ploču pozicije 300

12.10 Armatura ploče pozicije 400 - donja zona

12.11 Armatura ploče pozicije 400 - gornja zona

12.12 Iskaz količine armature za ploču pozicije 400

12.13 Armatura ploče pozicije 500 - donja zona

12.14 Armatura ploče pozicije 500 - gornja zona

12.15 Iskaz količine armature za ploču pozicije 500

12.16 Armatura greda

12.17 Iskaz količine armature za grede

12.18 Armatura stubišta

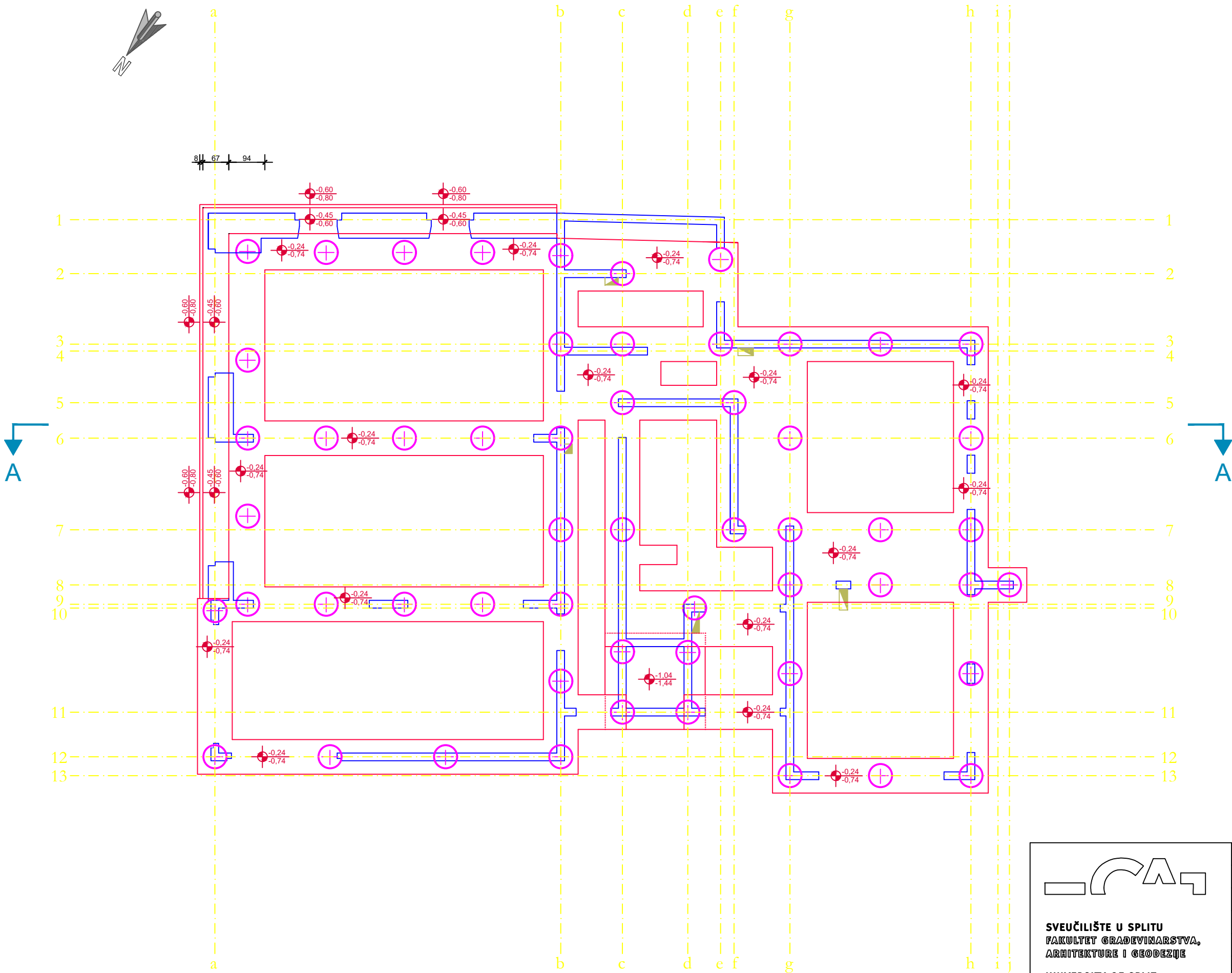
12.19 Armatura zida Z1 s temeljnom stopom

12.20 Iskaz količine armature za zid Z1

13 LITERATURA

- [1] J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije-priručnik.
- [2] Radnić J., Harapin A. OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA-Interna skripta, Split, 2007.
- [3] Tomičić, I. BETONSKE KONSTRUKCIJE, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- [4] Harapin, A. DIMENZIONIRANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA TPBK (EC2)
- [5] EN 1992 Eurokod 2, Proračun betonskih konstrukcija, CEN-Belgija 2004.
- [6] EN 1998 Eurokod 8, Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje, CEN-Belgija, 2004.
- [7] EN 1995 Eurokod 5, Projektiranje drvenih konstrukcija

TLOCRT TEMELJA
M 1:100

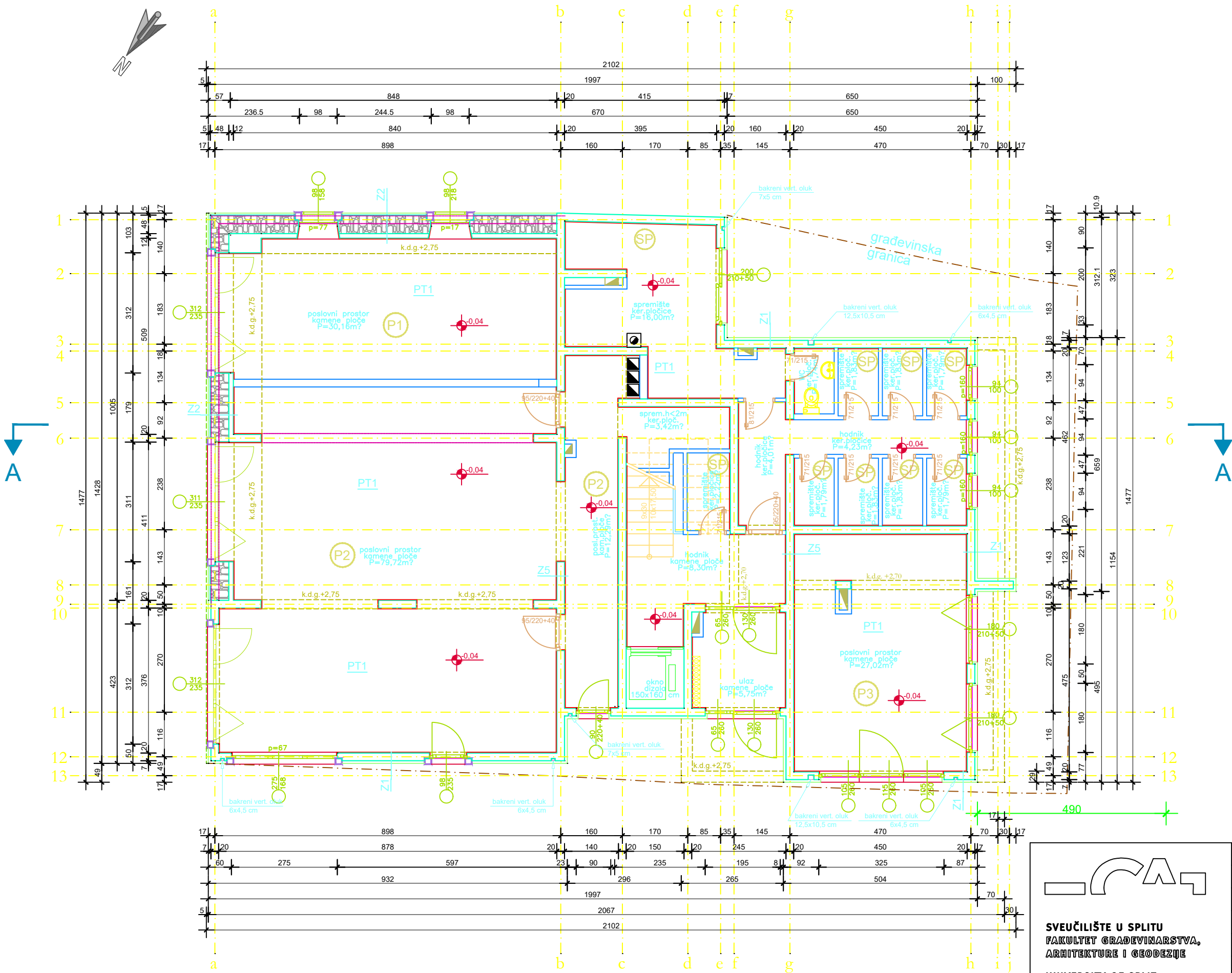


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt temelja M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.1
DATUM: rujan 2018.

TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100

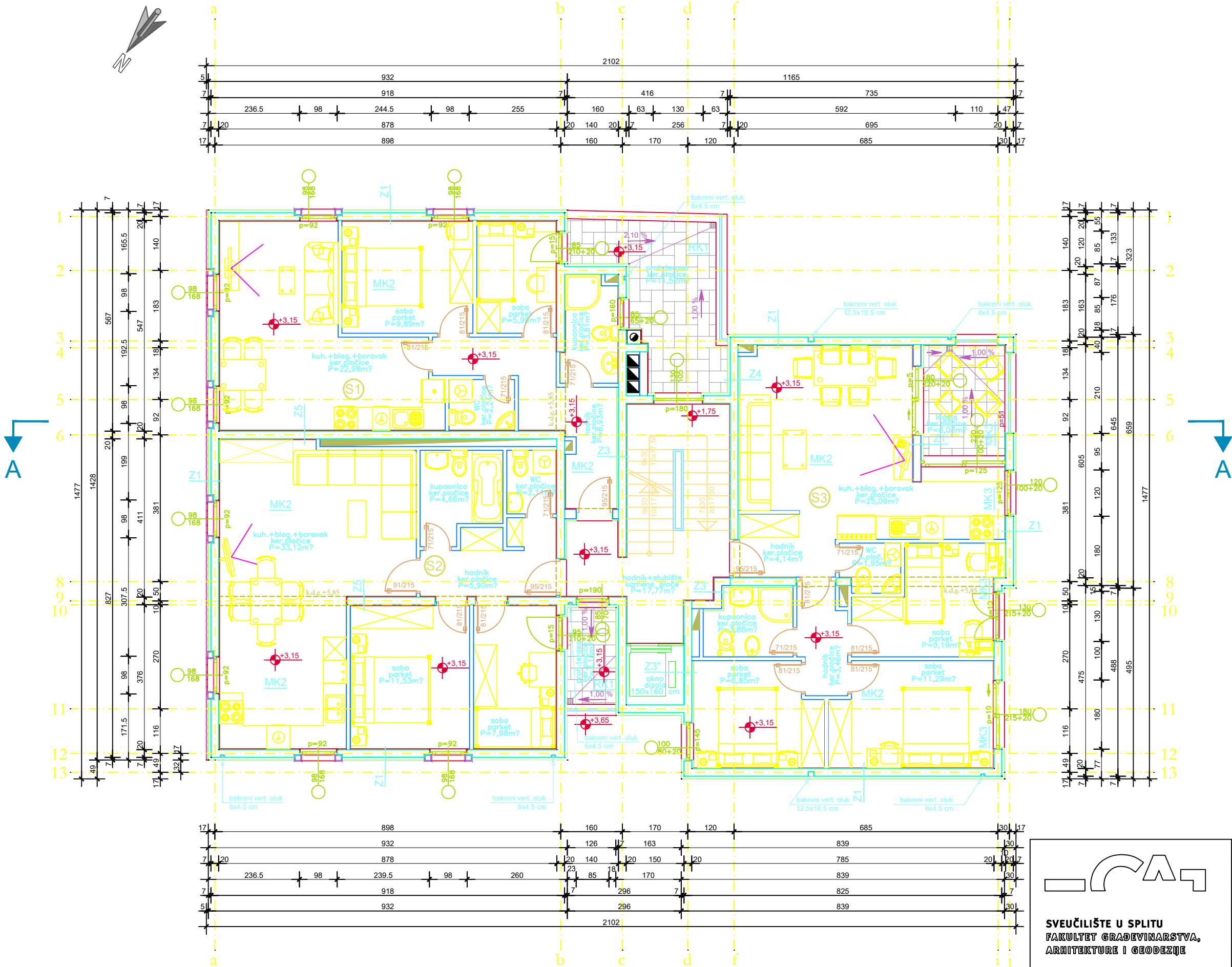


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt prizemlja M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.2
DATUM: rujn 2018.

TLOCRT 1. KATA
M 1:100

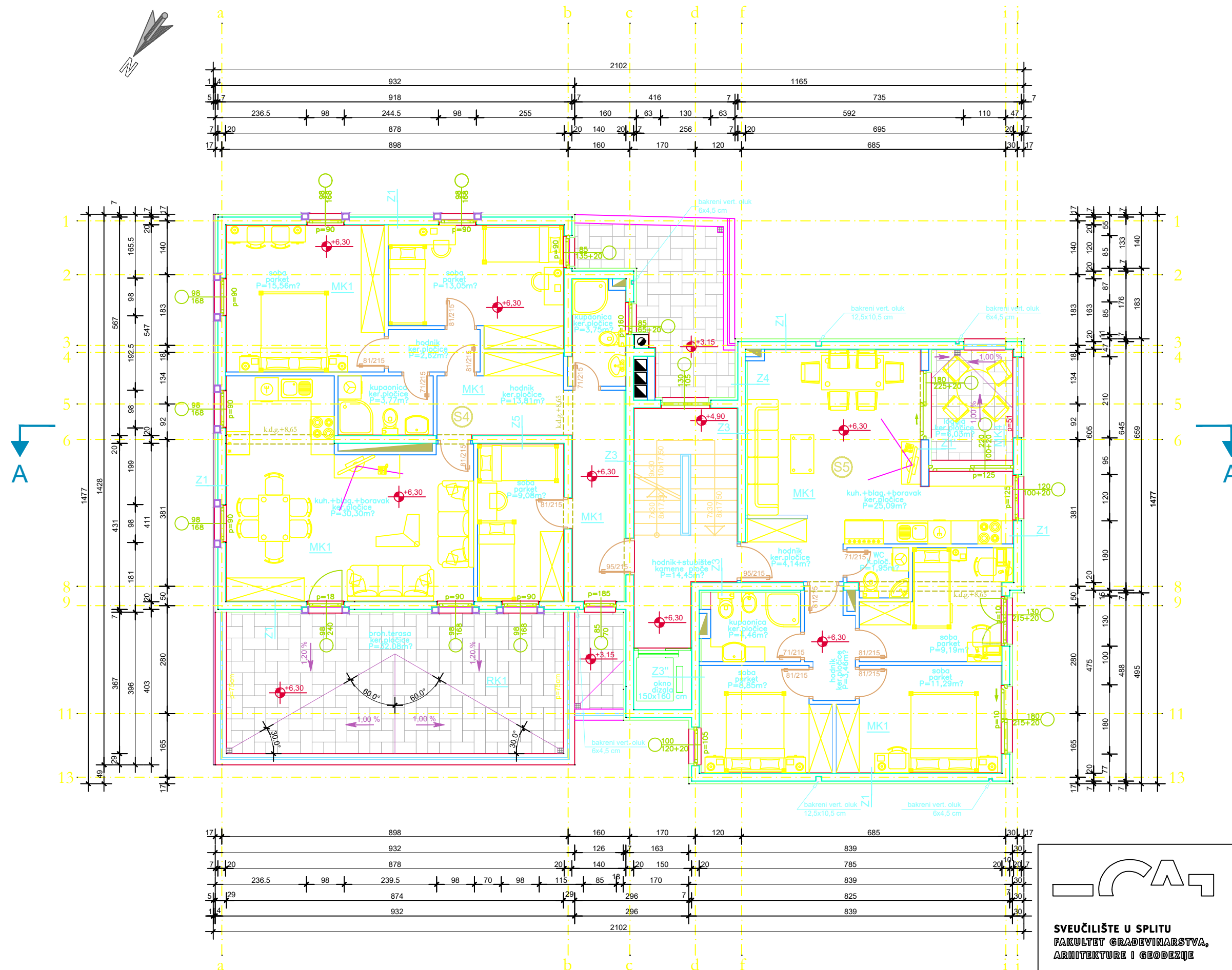


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt 1. kata M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.3
DATUM: rujan 2018.

TLOCRT 2. KATA
M 1:100

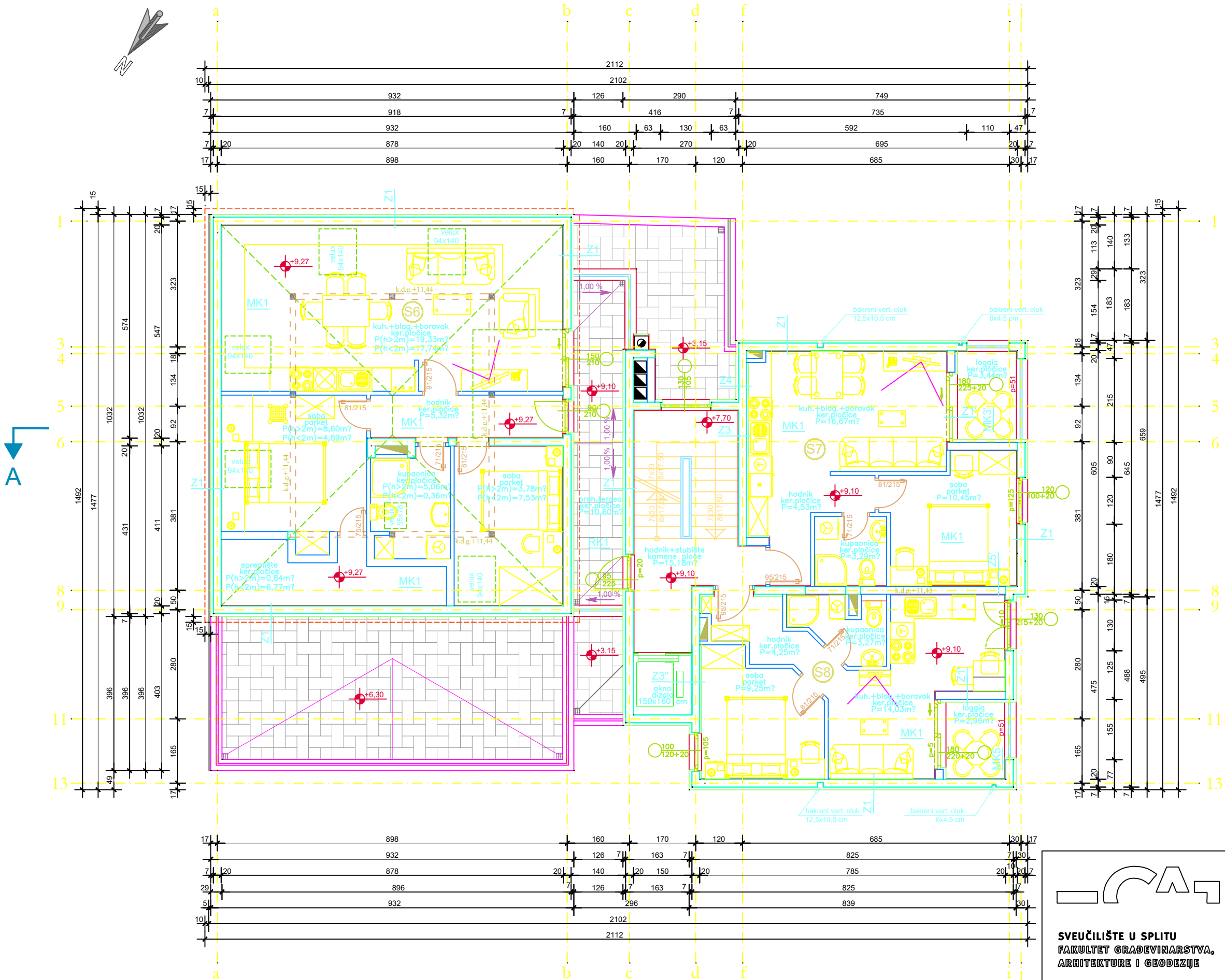


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt 2. kata M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.4
DATUM: rujan 2018.

TLOCRT 3. KATA
M 1:100

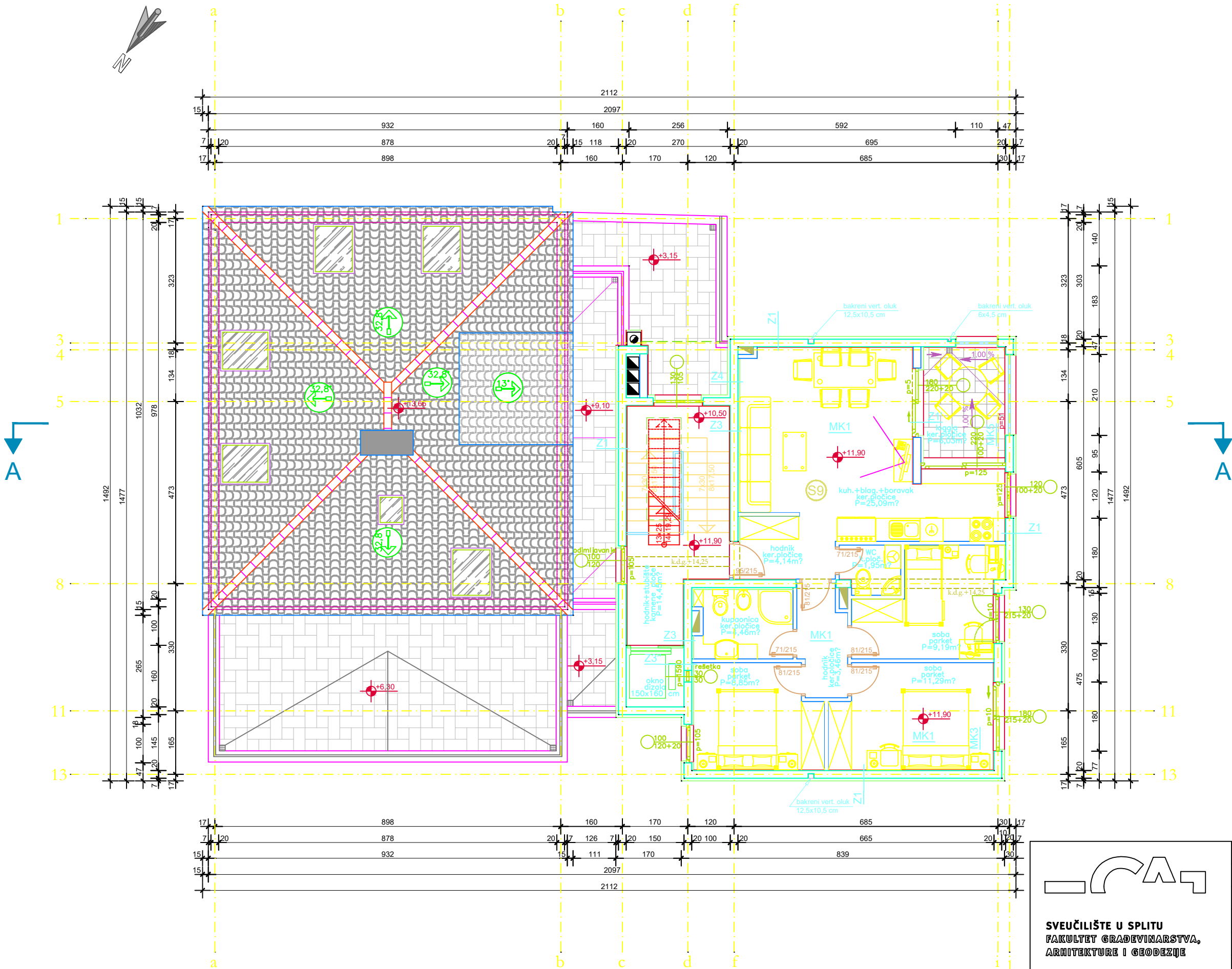


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt 3. kata M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.5
DATUM: rujan 2018.

TLOCRT 4. KATA
M 1:100

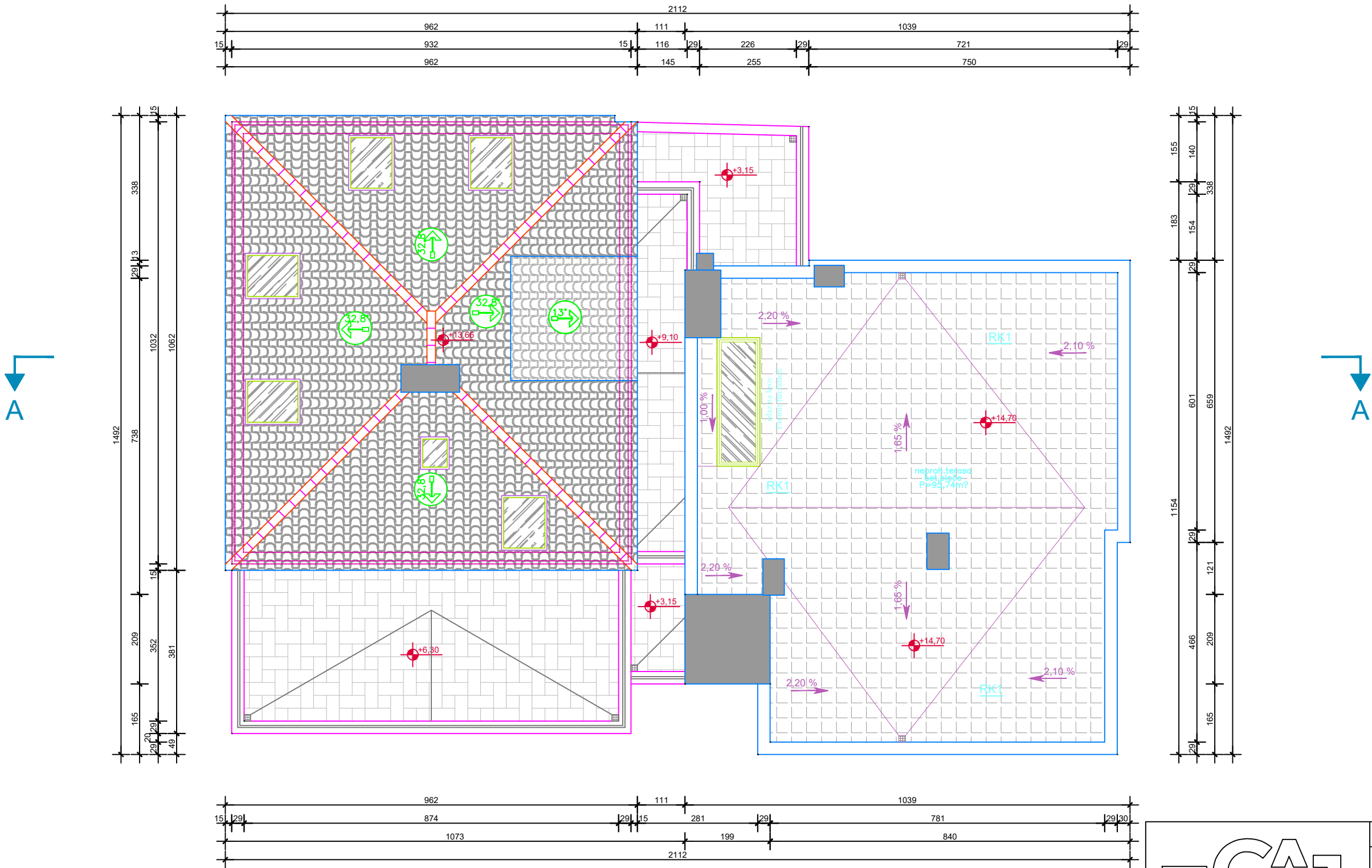


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt 4. kata M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.6
DATUM: rujan 2018.

TLOCRT KROVNIH PLOHA
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Tlocrt krovnih ploha M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.7
DATUM: rujan 2018.

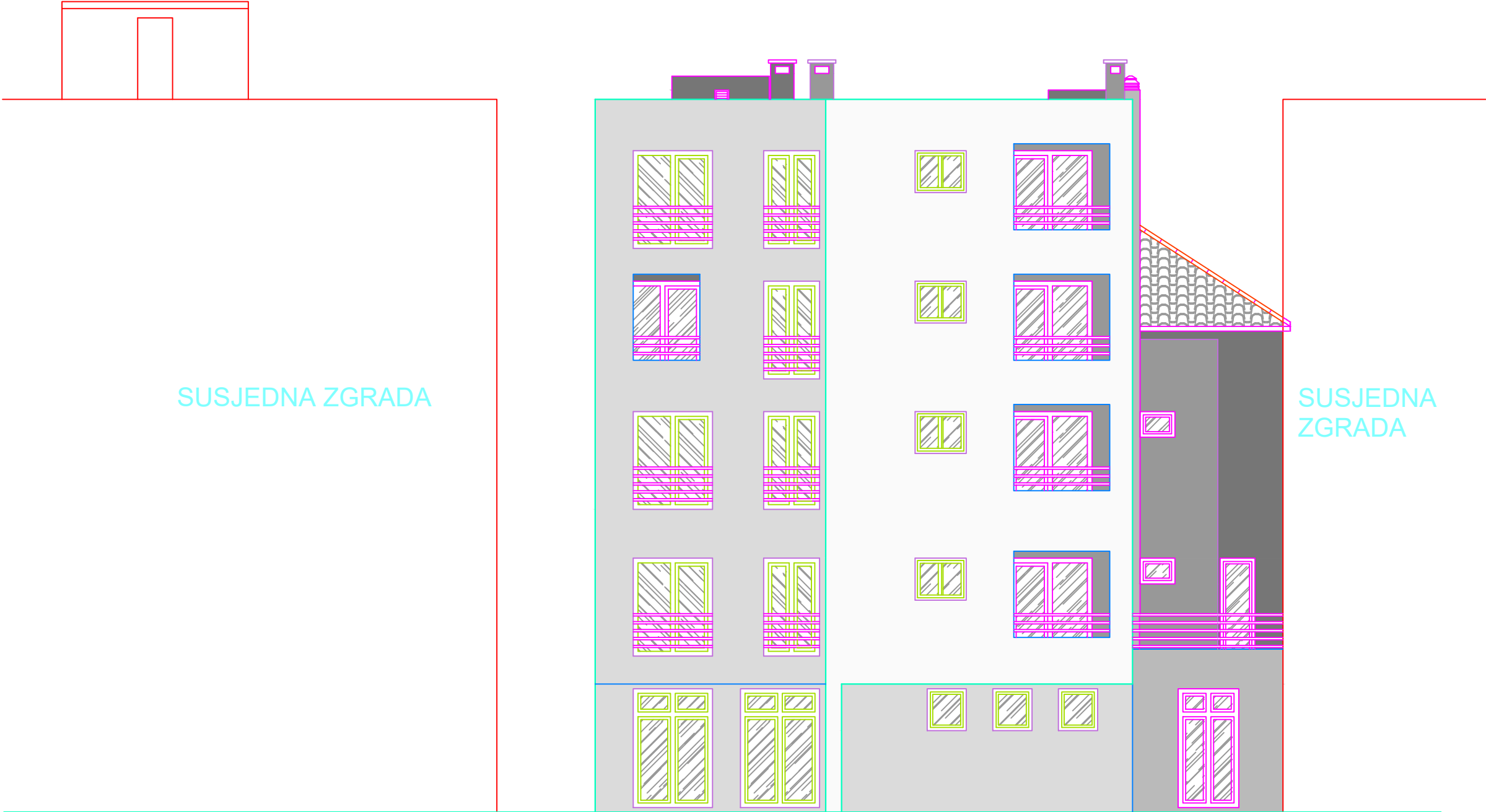
**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

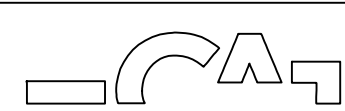
**UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY**

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grigić
VISTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omšiću
SADRŽAJ: Presjek A-A M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.8
DATUM: rujan 2018.

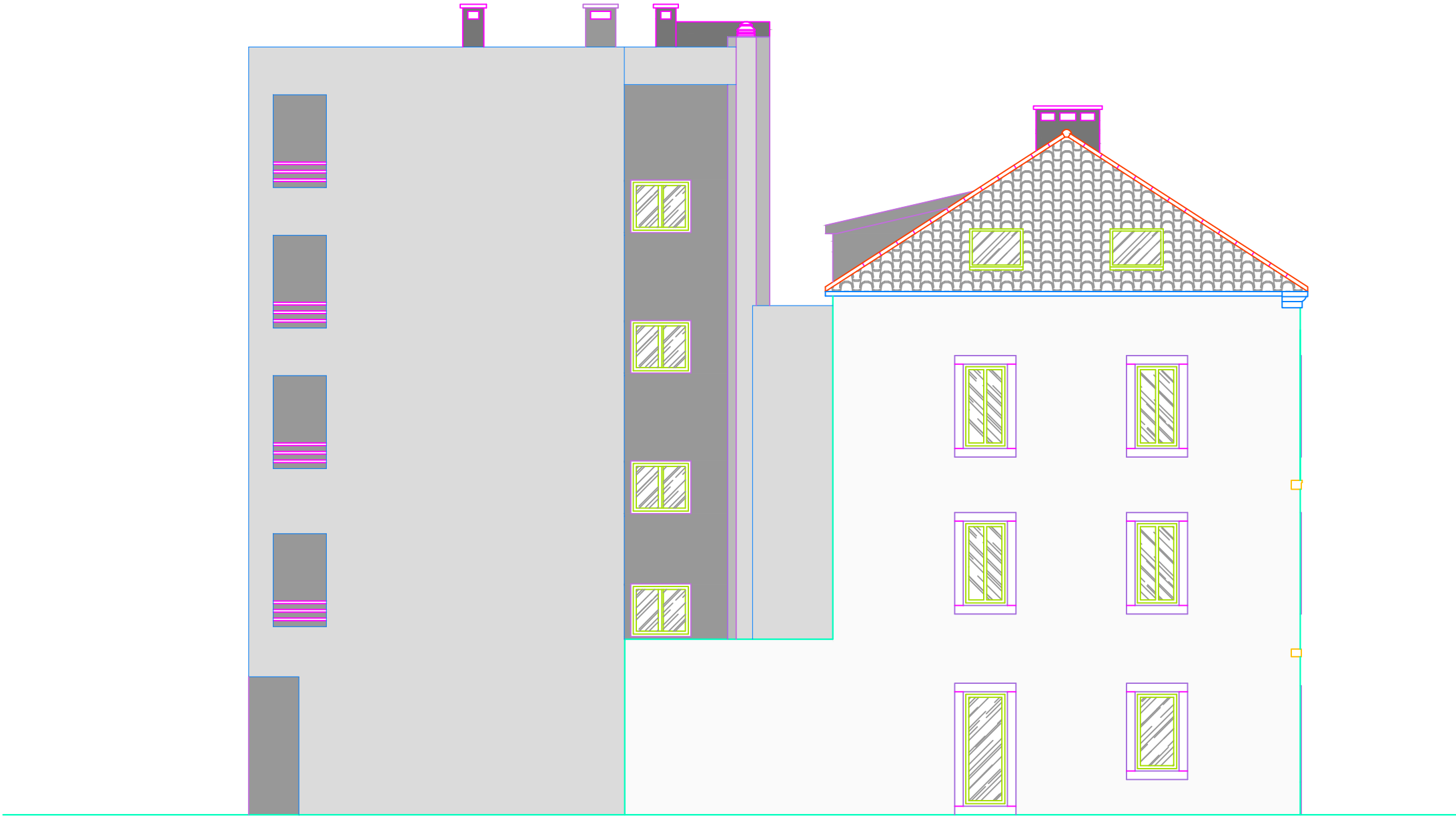


JUGOZAPADNO PROČELJE
M 1:100



 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	STUDENT : Filomena Stanić
	PREDMET : Diplomski rad
	KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
	SADRŽAJ: Jugozapadno pročelje M 1:100
	BROJ PRILOGA: 11.9
	DATUM: rujan 2018.

JUGOISTOČNO PROČELJE
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Jugoistočno pročelje M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.10
DATUM: rujan 2018.

SJEVEROISTOČNO PROČELJE
M 1:100

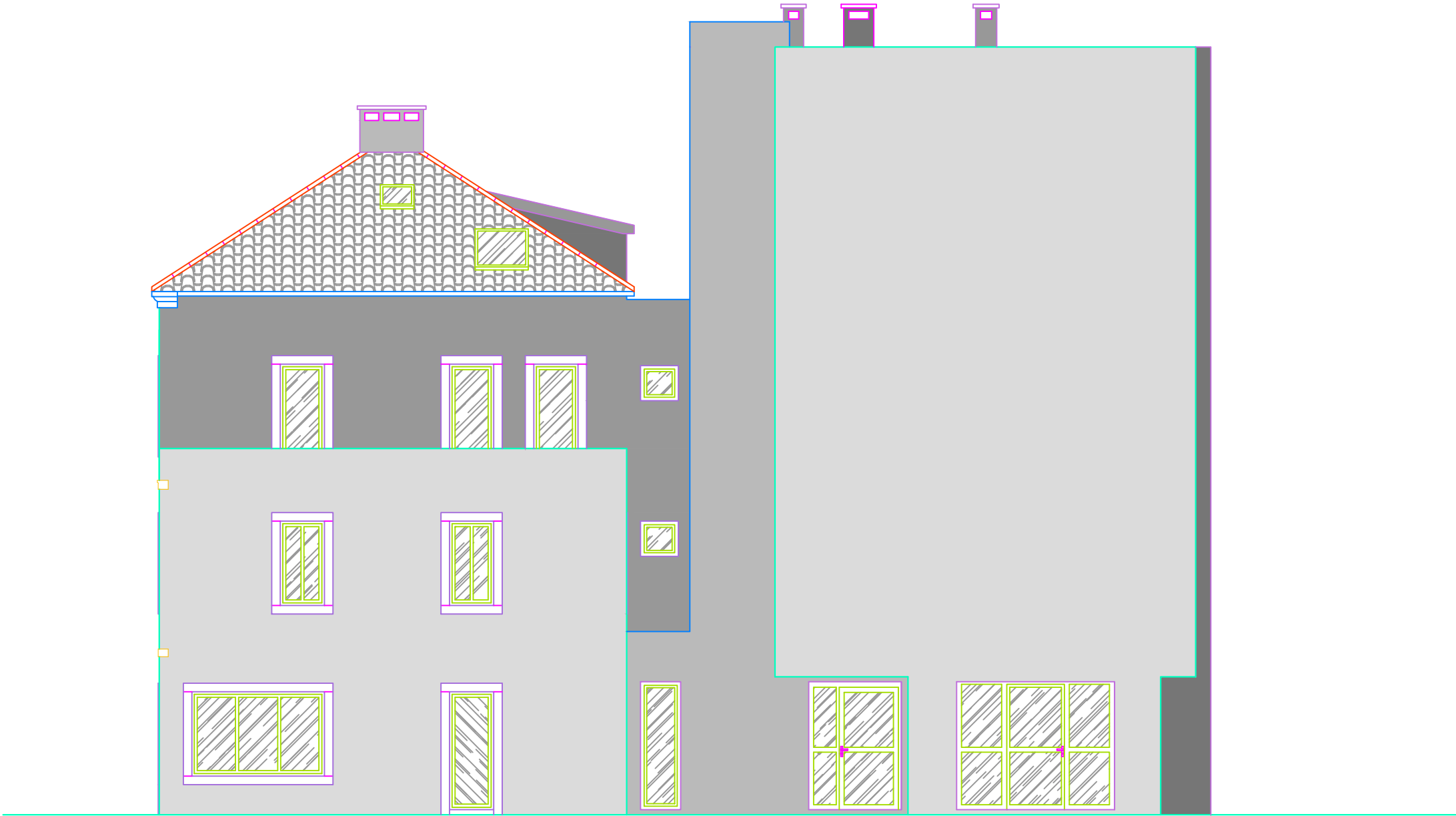


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Sjeveroistočno pročelje M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.11
DATUM: rujan 2018.

SJEVEROZAPADNO PROČELJE
M 1:100

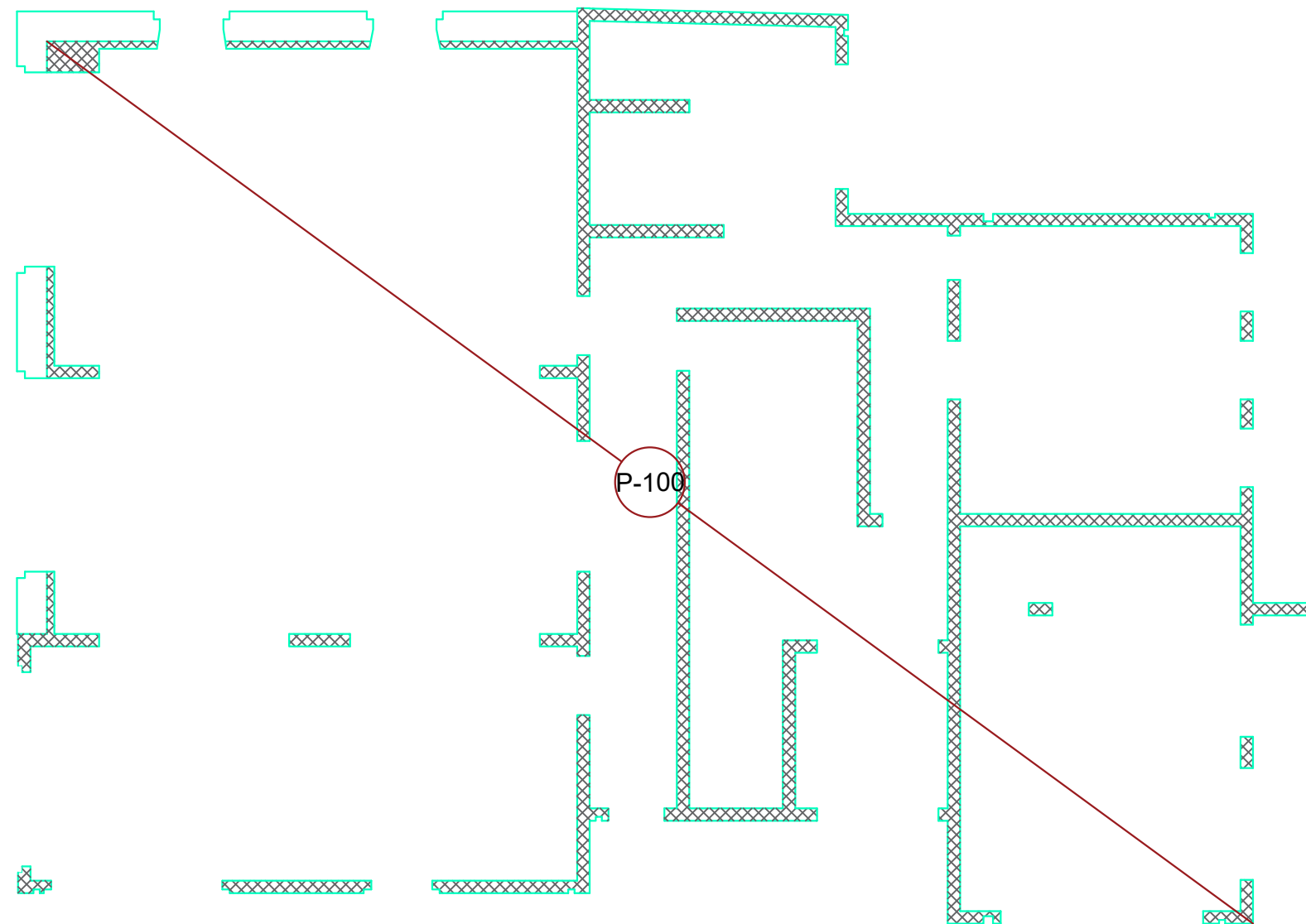


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Sjeverozapadno pročelje M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.12
DATUM: rujan 2018.

PLAN POZICIJE 100
M 1:100

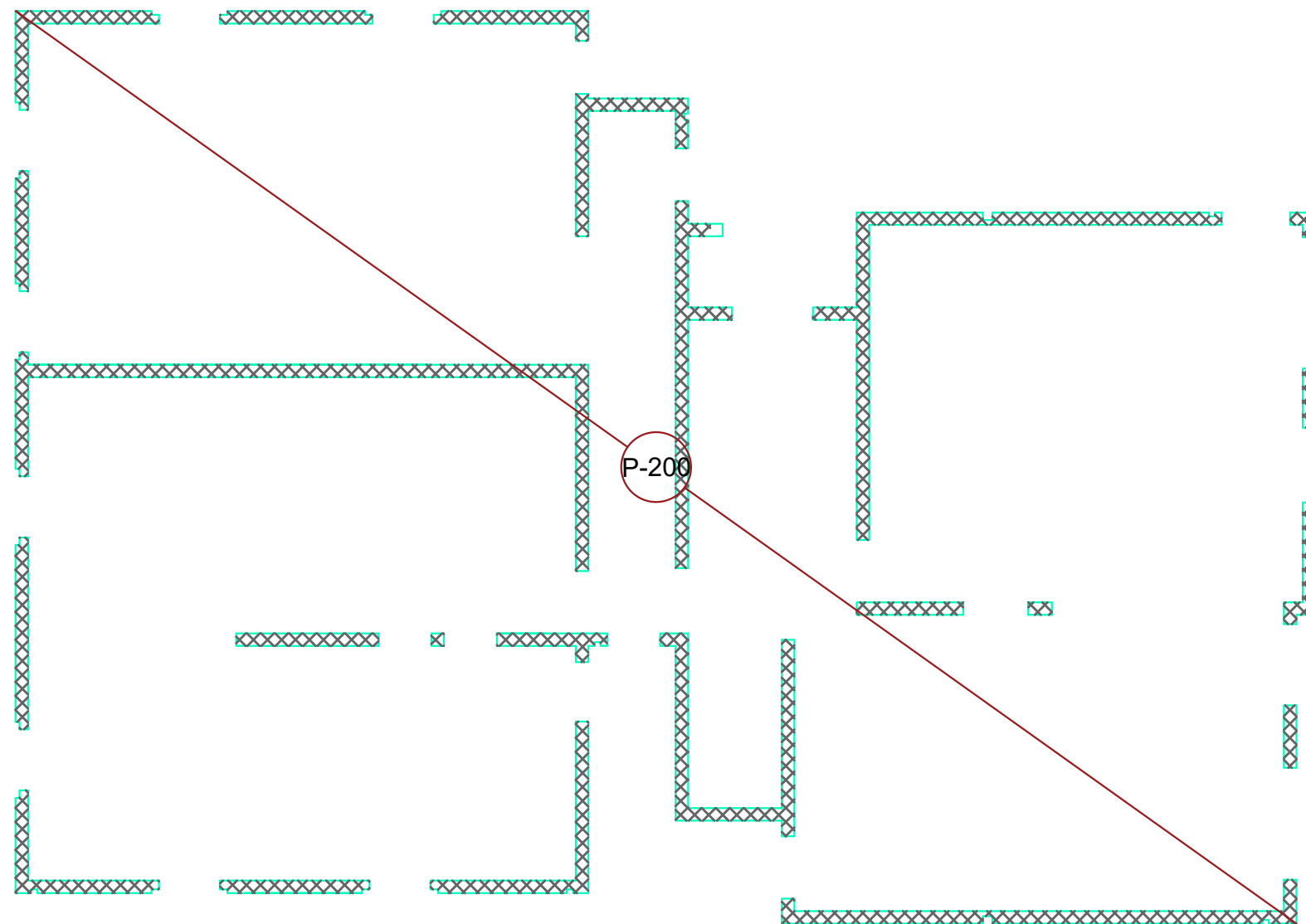


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Plan pozicije 100 M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.13
DATUM: rujan 2018.

PLAN POZICIJE 200
M 1:100

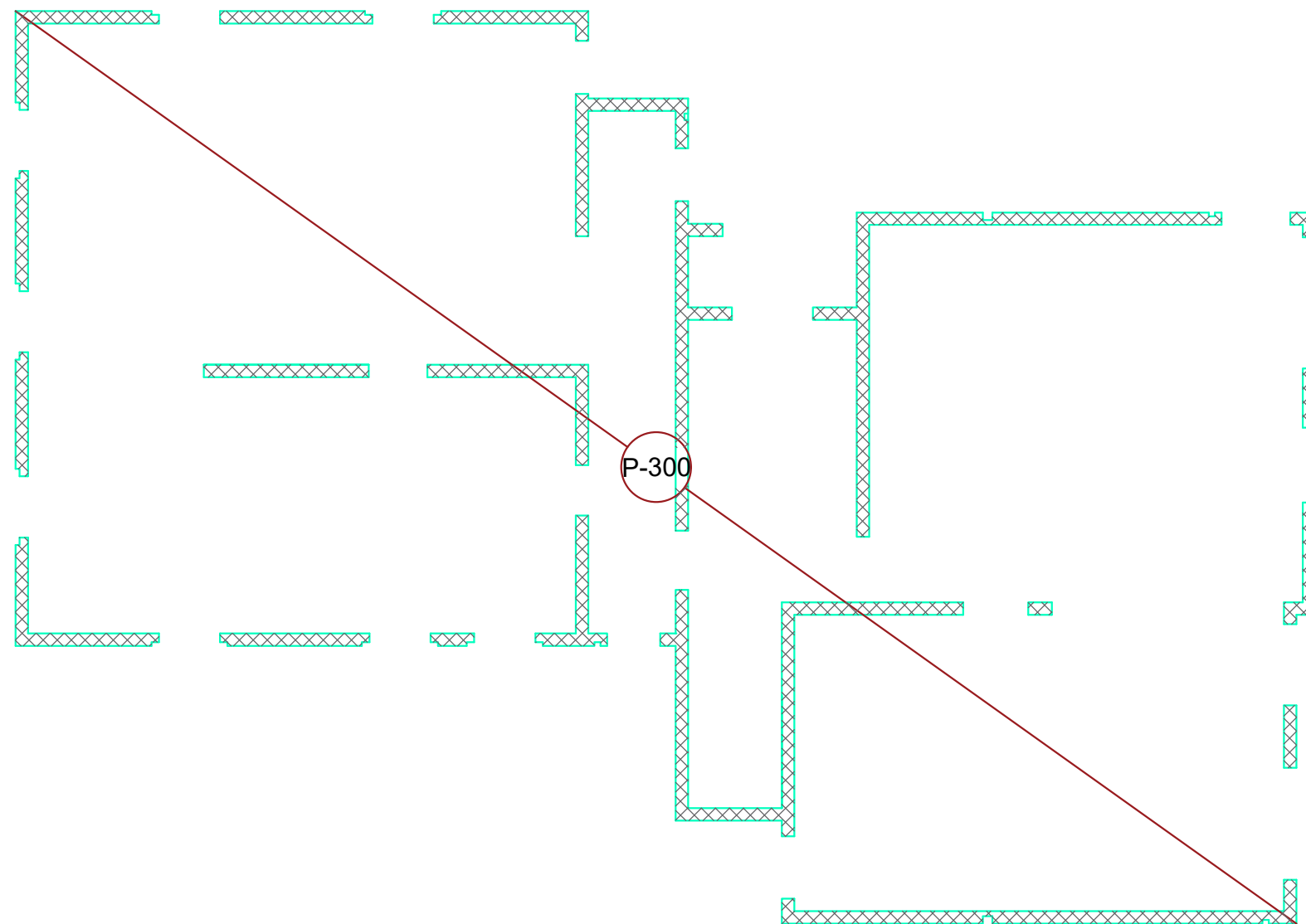


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Plan pozicije 200 M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.14
DATUM: rujan 2018.

PLAN POZICIJE 300
M 1:100



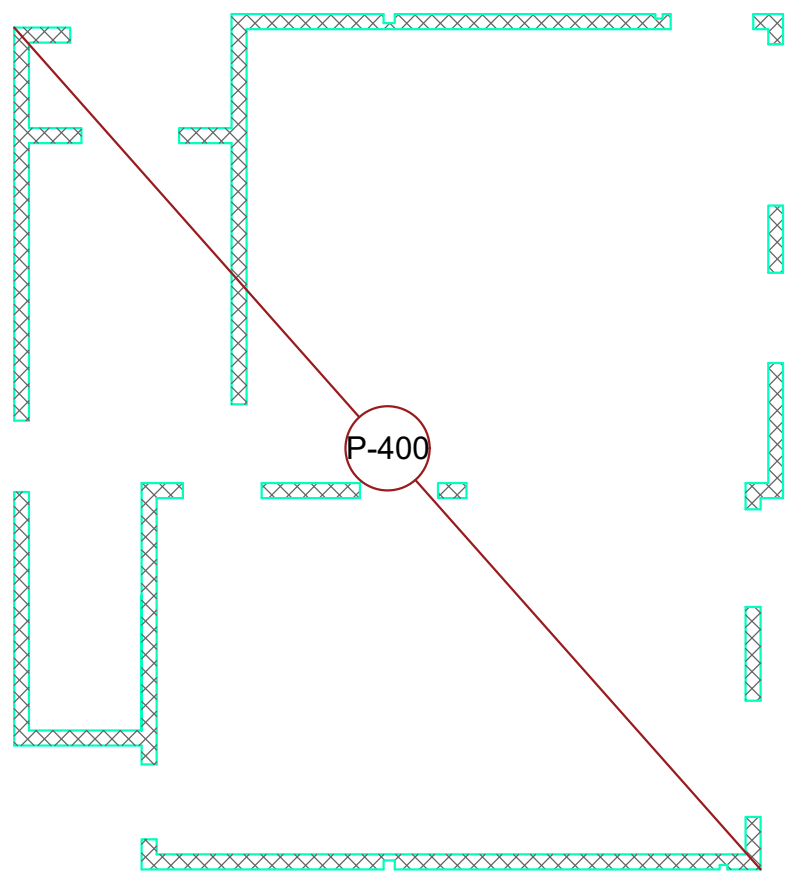
SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Plan pozicije 300 M 1:100
BROJ PRILOGA: 11.15
DATUM: rujan 2018.

PLAN POZICIJE 400

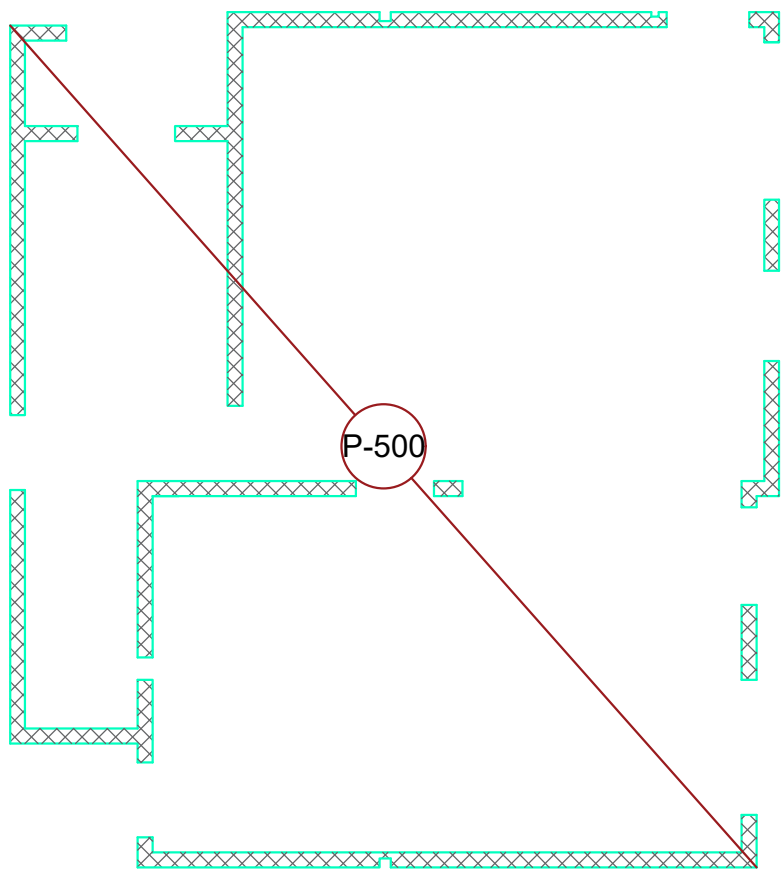
M 1:100



 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	STUDENT : Filomena Stanić
	PREDMET : Diplomski rad
	KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
	SADRŽAJ: Plan pozicije 400 M 1:100
	BROJ PRILOGA: 11.16
	DATUM: rujan 2018.

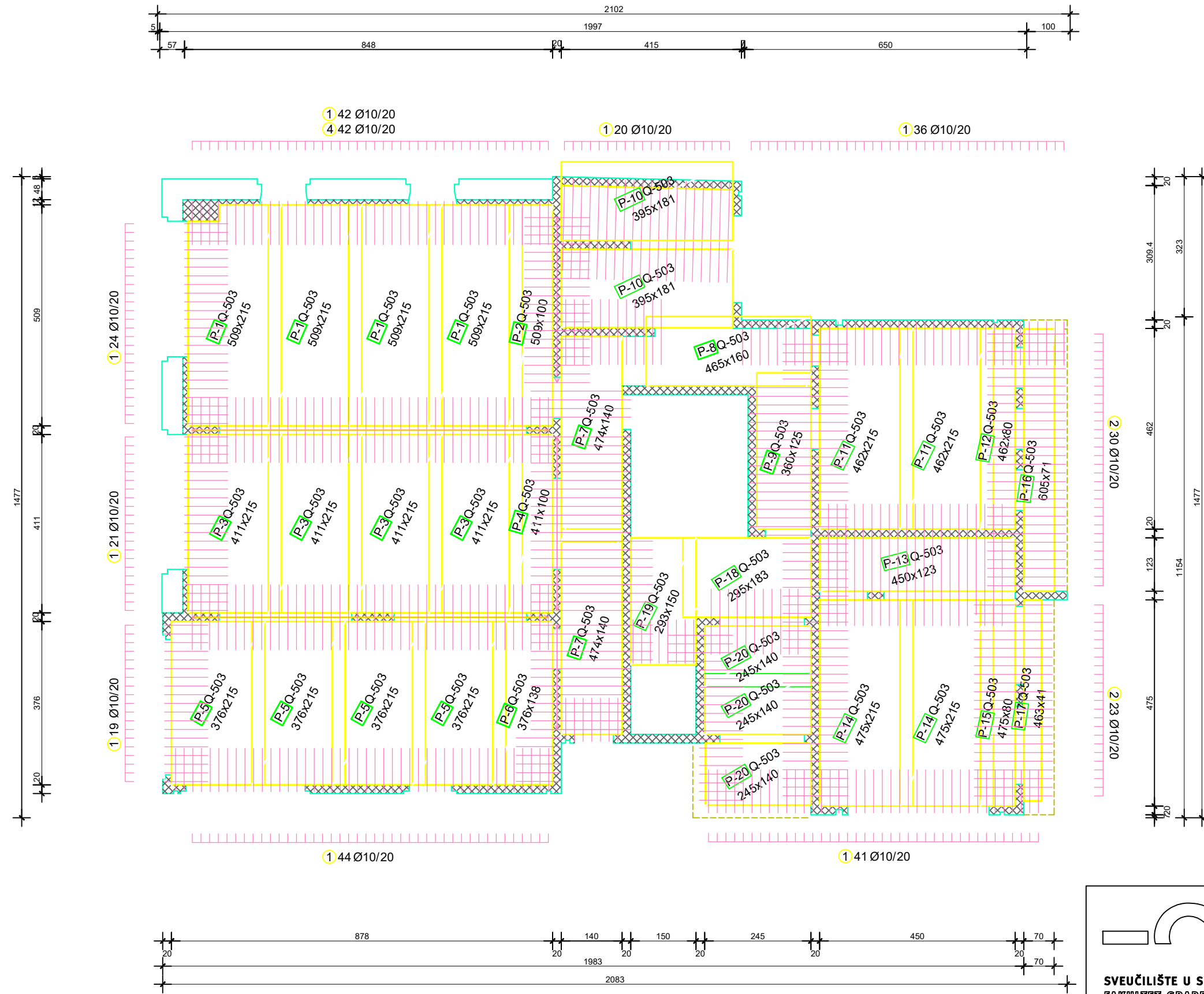
PLAN POZICIJE 500

M 1:100



 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	STUDENT : Filomena Stanić
	PREDMET : Diplomski rad
	KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
	SADRŽAJ: Plan pozicije 500 M 1:100
	BROJ PRILOGA: 11.17
	DATUM: rujan 2018.

ARMATURA PLOČE POZICIJE 100
DONJA ZONA
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

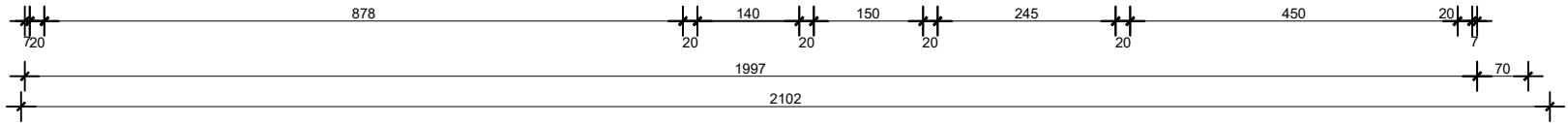
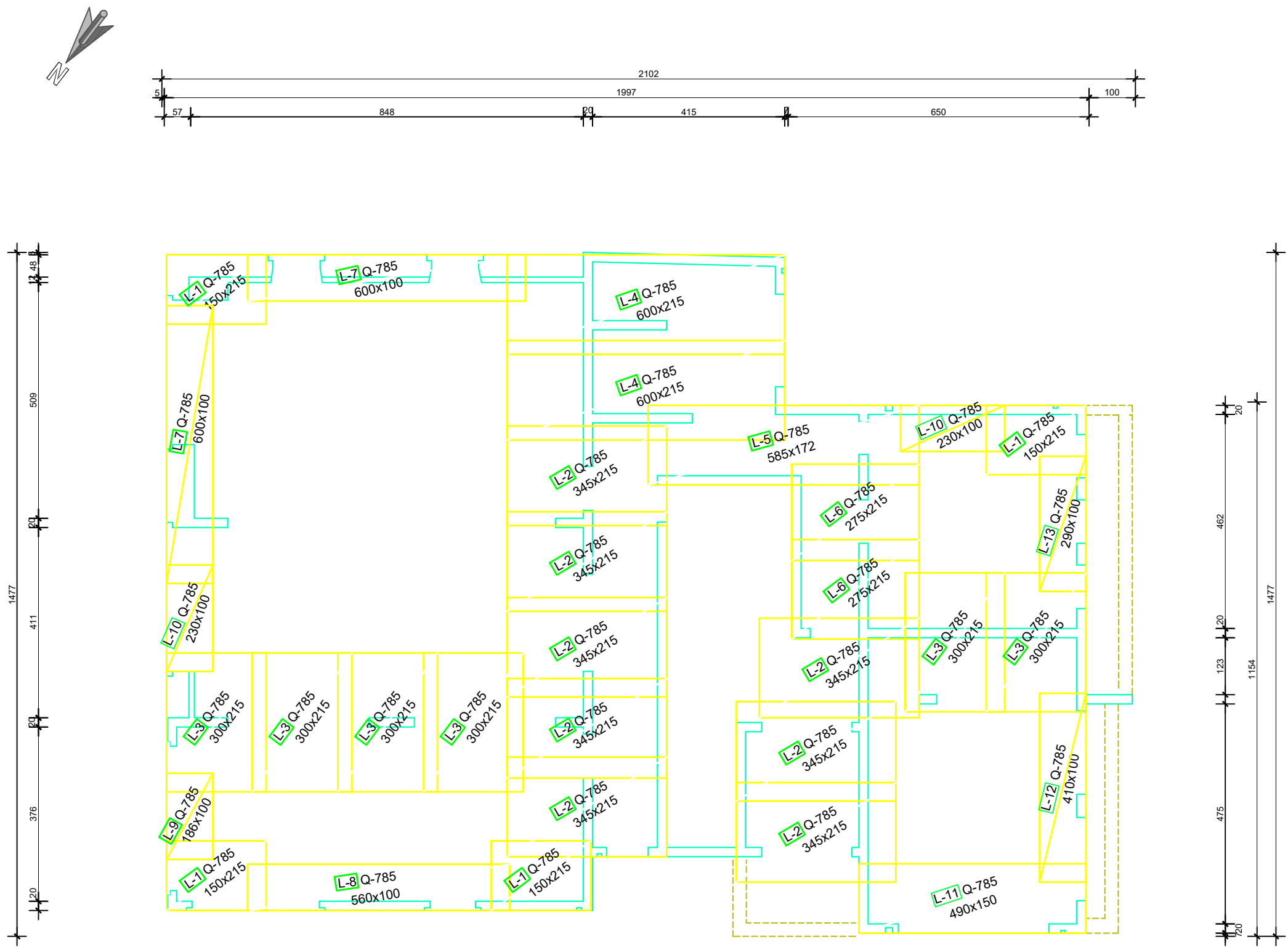
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u
Omišu

SADRŽAJ: Armatura donje zone ploče pozicije 100 M 1:100

BROJ PRILOGA: 12.1

DATUM: rujan 2018.

ARMATURA PLOČE POZICIJA 100
GORNJA ZONA
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Armatura gornje zone ploče pozicija 100 M 1:100
BROJ PRILOGA: 12.2
DATUM: rujan 2018.

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČU POZICIJE 100

Mreže						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Napomena
noname (1 kom)						
P-1	Q-503	215	509	4	8,03	351,50
P-2	Q-503	100	509	1	8,03	40,87
P-3	Q-503	215	411	4	8,03	283,83
P-4	Q-503	100	411	1	8,03	33,00
P-5	Q-503	215	376	4	8,03	259,66
P-6	Q-503	138	376	1	8,03	41,67
P-7	Q-503	140	474	2	8,03	106,57
P-8	Q-503	160	465	4	8,03	238,97
P-9	Q-503	125	360	1	8,03	36,14
P-10	Q-503	181	395	2	8,03	114,82
P-11	Q-503	215	462	2	8,03	159,52
P-12	Q-503	80	462	1	8,03	29,68
P-13	Q-503	123	450	1	8,03	44,44
P-14	Q-503	215	475	2	8,03	164,01
P-15	Q-503	80	475	1	8,03	30,51
P-16	Q-503	71	605	1	8,03	34,50
P-17	Q-503	41	643	1	8,03	21,17
P-18	Q-503	183	295	1	8,03	43,35
P-19	Q-503	150	293	1	8,03	35,29
P-20	Q-503	140	245	2	8,03	55,08
L-1	Q-785	150	215	4	12,46	160,73
L-2	Q-785	215	345	8	12,46	739,37
L-3	Q-785	215	300	6	12,46	482,20
L-4	Q-785	215	600	2	12,46	321,67
L-5	Q-785	172	585	1	12,46	125,37
L-6	Q-785	215	275	2	12,46	147,34
L-7	Q-785	100	600	2	12,46	149,52
L-8	Q-785	100	560	1	12,46	69,78
L-9	Q-785	100	186	1	12,46	23,18
L-10	Q-785	100	230	2	12,46	57,32
L-11	Q-785	150	490	1	12,46	91,58
L-12	Q-785	100	410	1	12,46	51,09
L-13	Q-785	100	290	1	12,46	36,13
Ukupno					4616,5	

Šipke						
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg _n [m]	Napomena
1		10	2,10	256	537,6	
2		10	3,70	53	196,1	
3		10	4,70	62	291,4	
4		10	1,5	166	249	
5		10	2,8	35	219	

Ukupno			
Ø [mm]	lg _n [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
10	1493,1	0,649	969,02



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

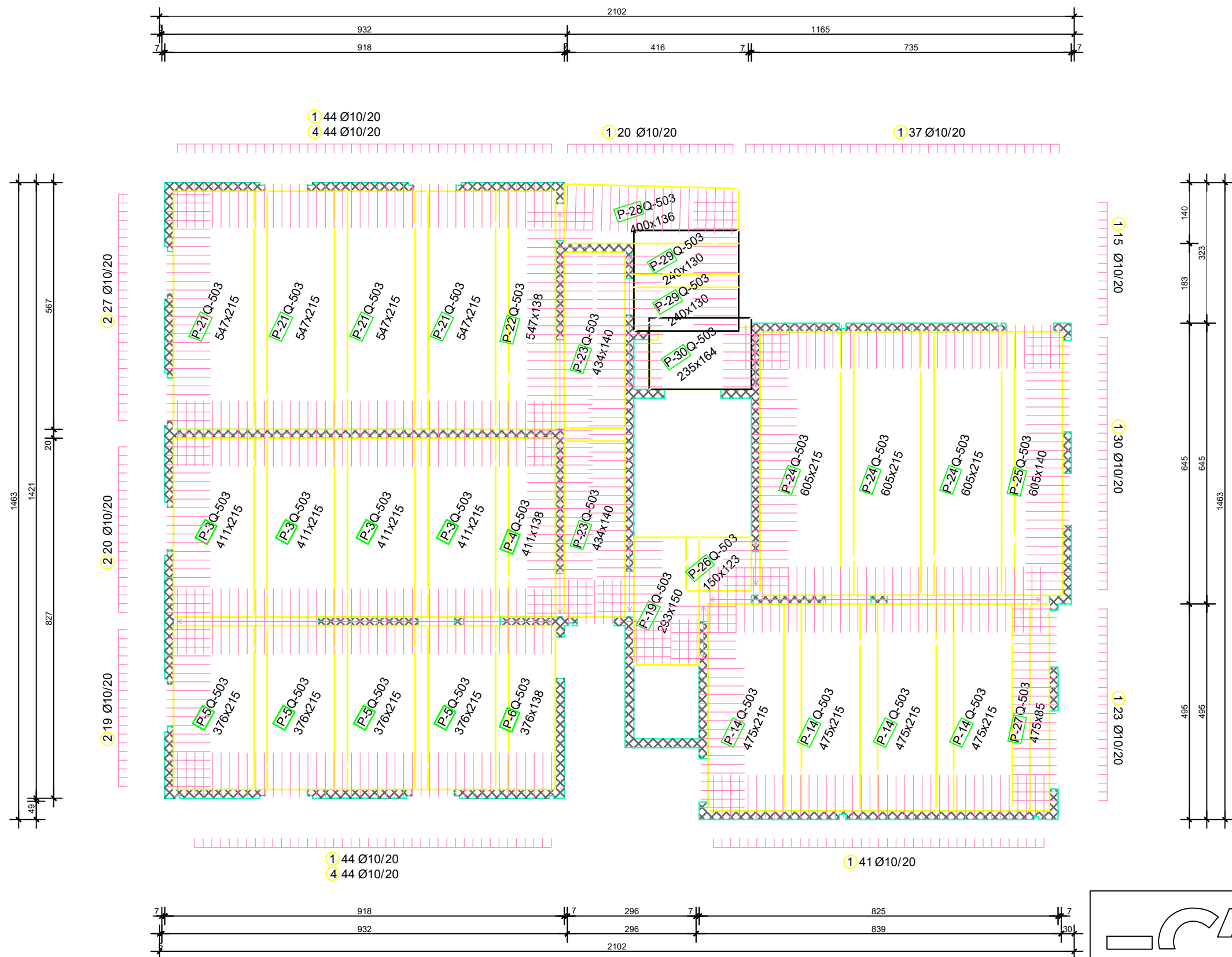
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ: Iskaz količine armature za ploču pozicije 100

BROJ PRILOGA: 12.3

DATUM: rujan 2018.

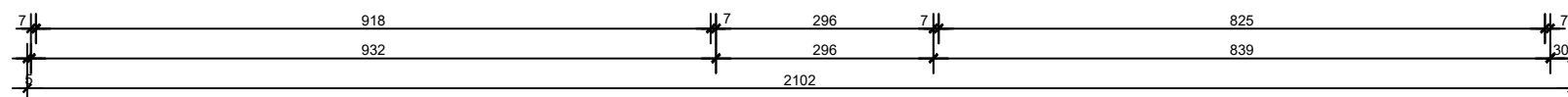
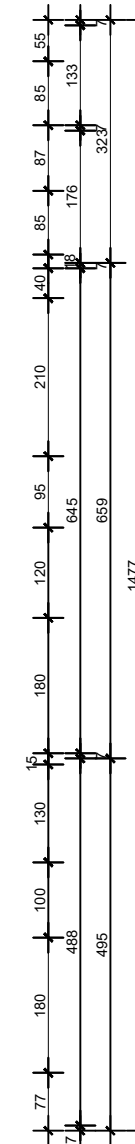
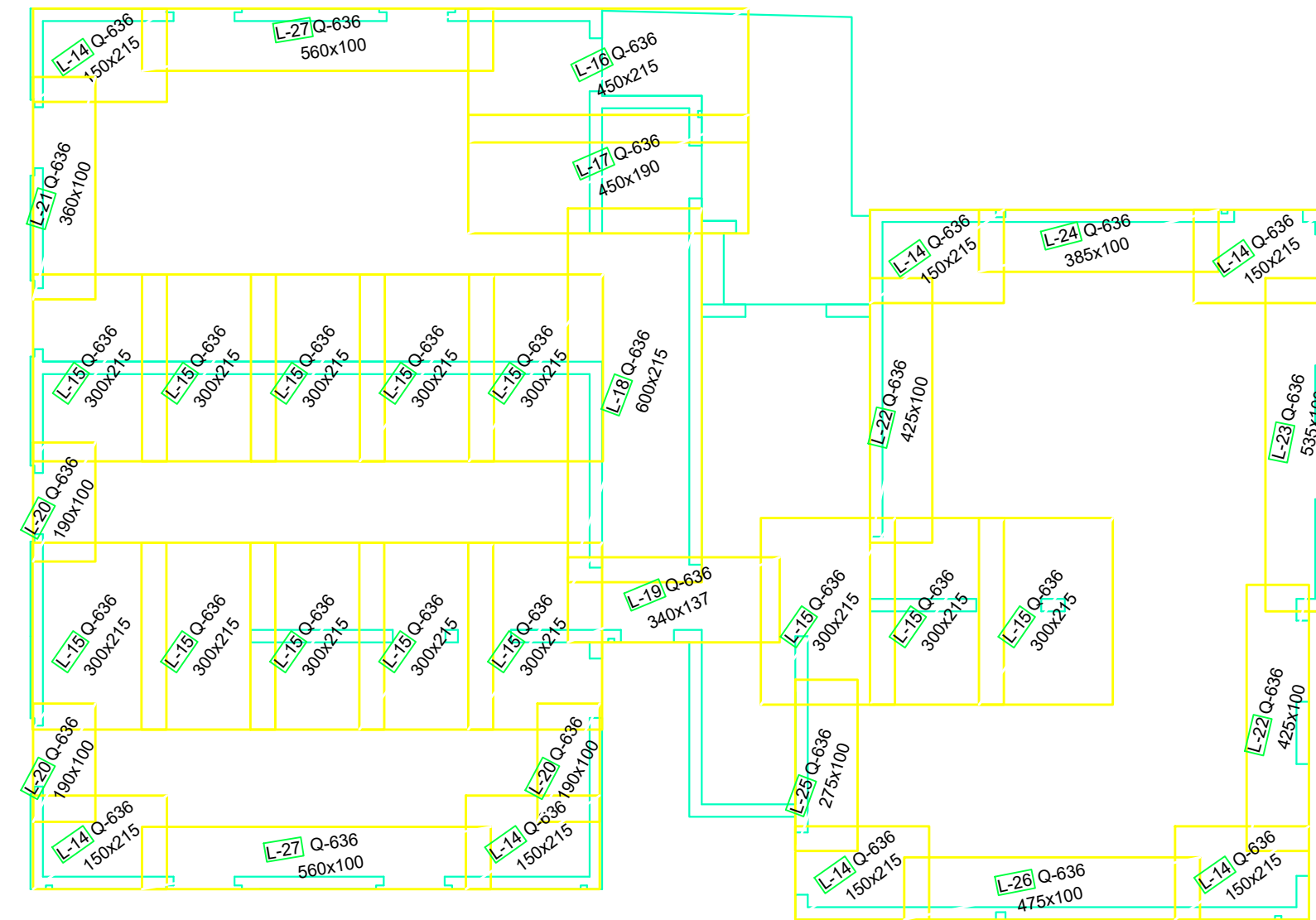
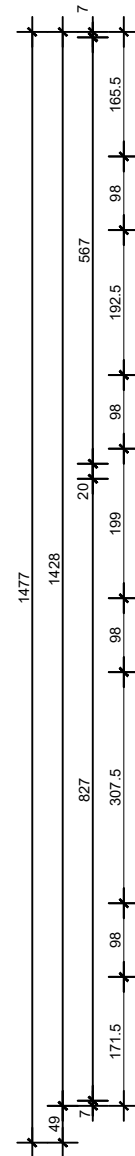
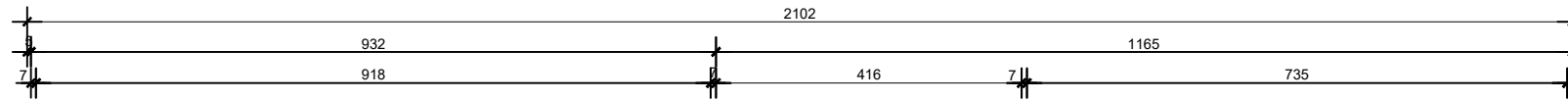
ARMATURA PLOČE POZICIJE 200
DONJA ZONA
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Armatura donje zone ploče pozicije 200 M 1:100
BROJ PRILOGA: 12.4
DATUM: rujan 2018.

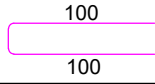
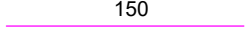


UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

DATUM: rujan 2018.

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČU POZICIJE 200

Mreže						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Napomena
noname (1 kom)						
P-3	Q-503	215	411	4	8,03	283,83
P-4	Q-503	138	411	1	8,03	45,54
P-5	Q-503	215	376	4	8,03	259,66
P-6	Q-503	138	376	1	8,03	41,67
P-14	Q-503	215	475	4	8,03	328,03
P-19	Q-503	150	293	1	8,03	35,29
P-21	Q-503	215	547	4	8,03	377,75
P-22	Q-503	138	360	1	8,03	60,62
P-23	Q-503	140	434	2	8,03	97,58
P-24	Q-503	215	605	3	8,03	313,35
P-25	Q-503	140	605	1	8,03	68,01
P-26	Q-503	123	150	1	8,03	14,82
P-27	Q-503	85	475	1	8,03	32,42
P-28	Q-503	136	400	1	8,03	43,68
P-29	Q-503	130	240	2	8,03	50,11
P-30	Q-503	164	235	1	8,03	30,95
L-14	Q-636	150	215	7	10,08	227,56
L-15	Q-636	215	300	13	10,08	845,21
L-16	Q-636	215	450	1	10,08	97,52
L-17	Q-636	190	450	1	10,08	86,18
L-18	Q-636	215	600	1	10,08	130,03
L-19	Q-636	137	340	1	10,08	46,95
L-20	Q-636	100	190	3	10,08	57,46
L-21	Q-636	100	360	1	10,08	36,29
L-22	Q-636	100	425	2	10,08	85,68
L-23	Q-636	100	535	1	10,08	53,93
L-24	Q-636	100	385	1	10,08	38,81
L-25	Q-636	100	275	1	10,08	27,72
L-26	Q-636	100	475	1	10,08	47,88
L-27	Q-636	100	560	1	10,08	56,45
Ukupno					3920,93	

Šipke						
ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]	Napomena
1	10 	10	2,10	384	806,4	
4	 150	10	1,5	221	331,5	
Ukupno						
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]		Težina [kg]		
10	1137,9	0,649		738,50		



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

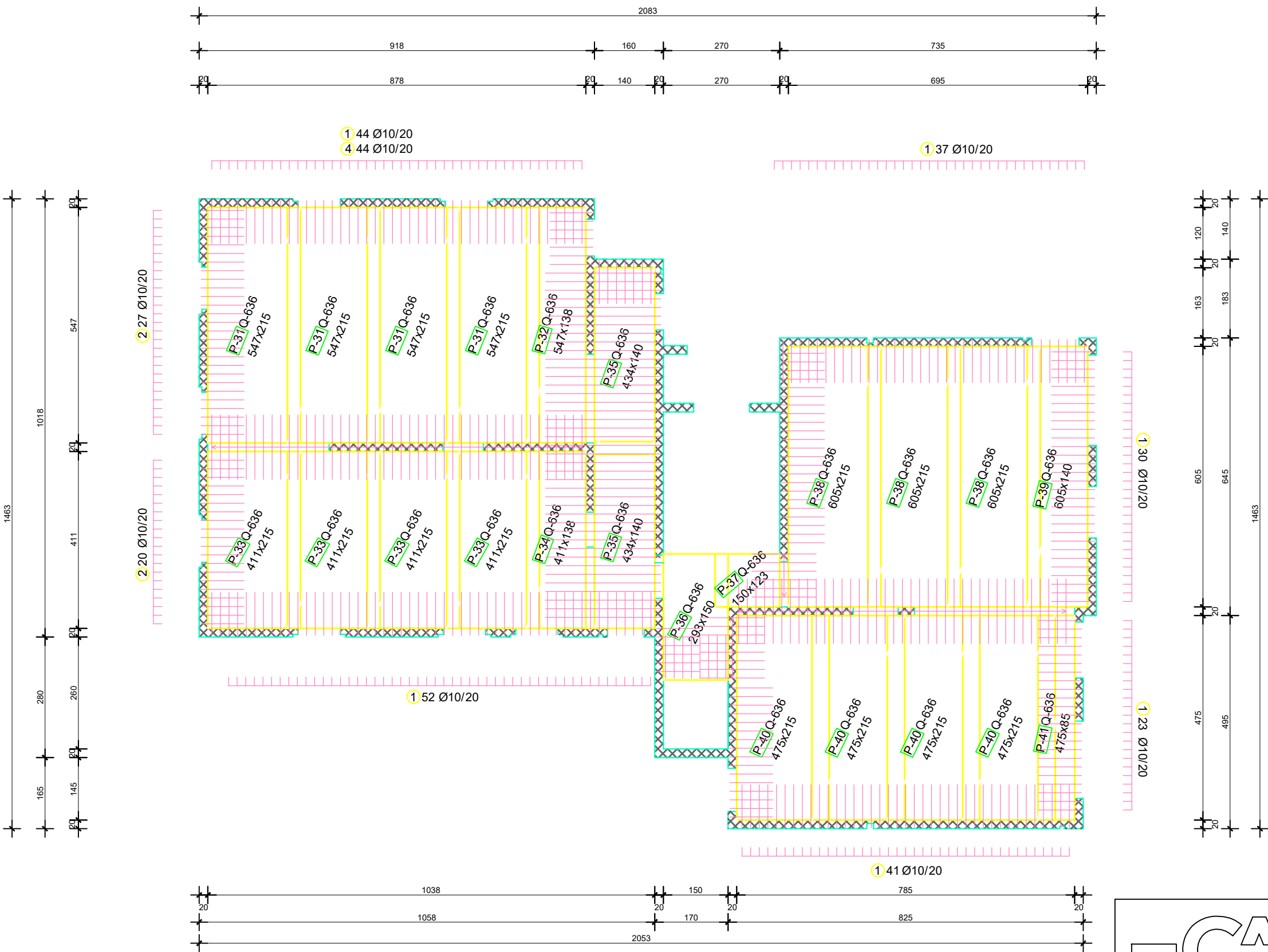
VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ : Iskaz količine armature za ploču pozicije 200

BROJ PRILOGA: 12.6

DATUM: rujan 2018.

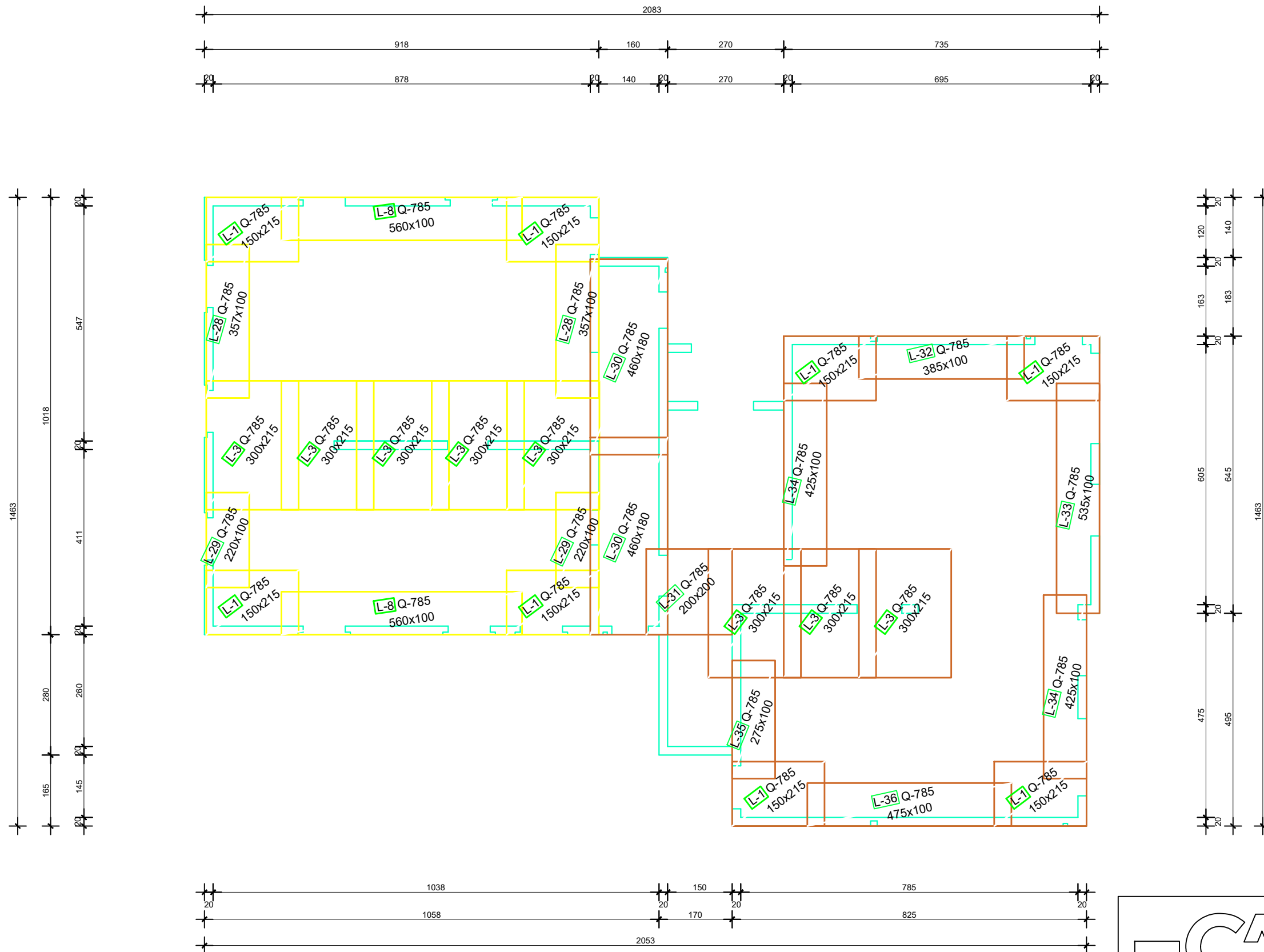
ARMATURA PLOČE POZICIJE 300
DONJA ZONA
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Armatura donje zone ploče pozicije 300 M 1:100
BROJ PRILOGA: 12.7
DATUM: rujan 2018.

ARMATURA PLOČE POZICIJA 300
GORNJA ZONA
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

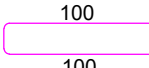
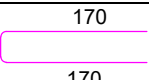
SADRŽAJ: Armatura gornje zone ploče pozicije 300 M 1:100

BROJ PRILOGA: 12.8

DATUM: rujan 2018.

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČU POZICIJE 300

Mreže						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Napomena
noname (1 kom)						
P-31	Q-636	215	547	4	10,08	474,18
P-32	Q-636	138	547	1	10,08	76,09
P-33	Q-636	215	411	4	10,08	356,29
P-34	Q-636	138	411	1	10,08	57,17
P-35	Q-636	140	434	2	10,08	122,49
P-36	Q-636	150	293	1	10,08	44,30
P-37	Q-636	123	150	1	10,08	18,59
P-38	Q-636	215	605	3	10,08	393,35
P-39	Q-636	140	605	1	10,08	85,38
P-40	Q-636	215	475	4	10,08	411,77
P-41	Q-636	85	475	1	10,08	40,70
L-1	Q-785	150	215	8	12,46	321,47
L-3	Q-785	215	300	8	12,46	642,94
L-8	Q-785	100	560	2	12,46	139,55
L-28	Q-785	100	375	2	12,46	93,45
L-29	Q-785	100	220	2	12,46	54,82
L-30	Q-785	180	460	2	12,46	206,34
L-31	Q-785	200	200	1	12,46	49,84
L-32	Q-785	100	385	1	12,46	47,97
L-33	Q-785	100	535	1	12,46	66,66
L-34	Q-785	100	425	2	12,46	105,91
L-35	Q-785	100	275	1	12,46	34,27
L-36	Q-785	100	475	1	12,46	59,18
Ukupno					3602,63	

Šipke						
ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]	Napomena
1	10 	10	2,10	385	808,5	
4		10	1,5	101	151,5	
6	10 	10	3,50	53	185,5	
Ukupno						
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m ¹]		Težina [kg]		
10	1145,5	0,649		743,43		



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ : Iskaz količine armature za ploču pozicije 300

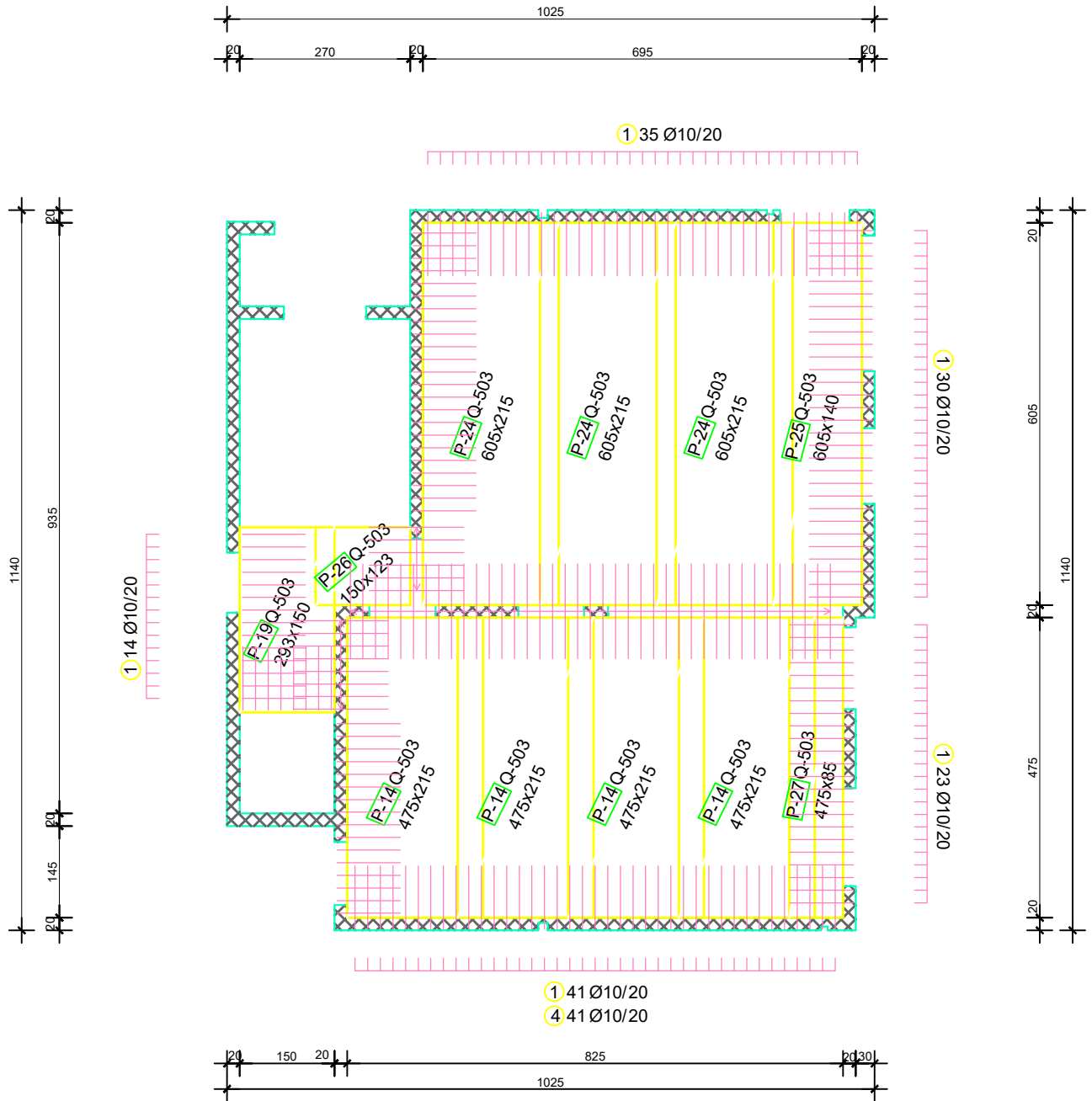
BROJ PRILOGA : 12.9

DATUM : rujan 2018.

ARMATURA PLOČE POZICIJE 400

DONJA ZONA

M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ : Armatura donje zone ploče pozicije 400 M 1:100

BROJ PRILOGA : 12.10

DATUM : rujan 2018.

A number line diagram illustrating the addition of 20 and 20 to reach 1025. The top line shows a starting point at 0 and an ending point at 1025. The bottom line shows three points: 20, 270, and 695. The distance from 0 to 20 is labeled 20. The distance from 20 to 270 is labeled 270. The distance from 270 to 695 is labeled 695. The distance from 695 to 1025 is labeled 20.

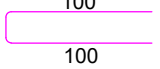


UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

DATUM: rujan 2018.

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČU POZICIJE 400

Mreže							
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]		Napomena
noname (1 kom)							
P-14	Q-503	215	475	4	8,03	328,03	
P-19	Q-503	150	293	1	8,03	35,29	
P-24	Q-503	215	605	3	8,03	313,35	
P-25	Q-503	140	605	1	8,03	68,01	
P-26	Q-503	123	150	1	8,03	14,82	
P-27	Q-503	85	475	1	8,03	32,42	
L-1	Q-785	150	215	4	12,46	160,73	
L-3	Q-785	215	300	4	12,46	321,47	
L-32	Q-785	100	385	1	12,46	47,97	
L-33	Q-785	100	535	1	12,46	66,66	
L-34	Q-785	100	425	2	12,46	105,91	
L-35	Q-785	100	275	1	12,46	34,27	
L-36	Q-785	100	475	1	12,46	59,18	
Ukupno						1590,11	

Šipke						
ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg _n [m]	Napomena
1	10 	10	2,10	190	399	
4	 150	10	1,5	55	82,5	
Ukupno						
Ø [mm]	lg _n [m]	Jedinična težina [kg/m]		Težina [kg]		
10	481,5	0,649		312,50		



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ: Armatura donje zone ploče pozicije 100 M 1:100

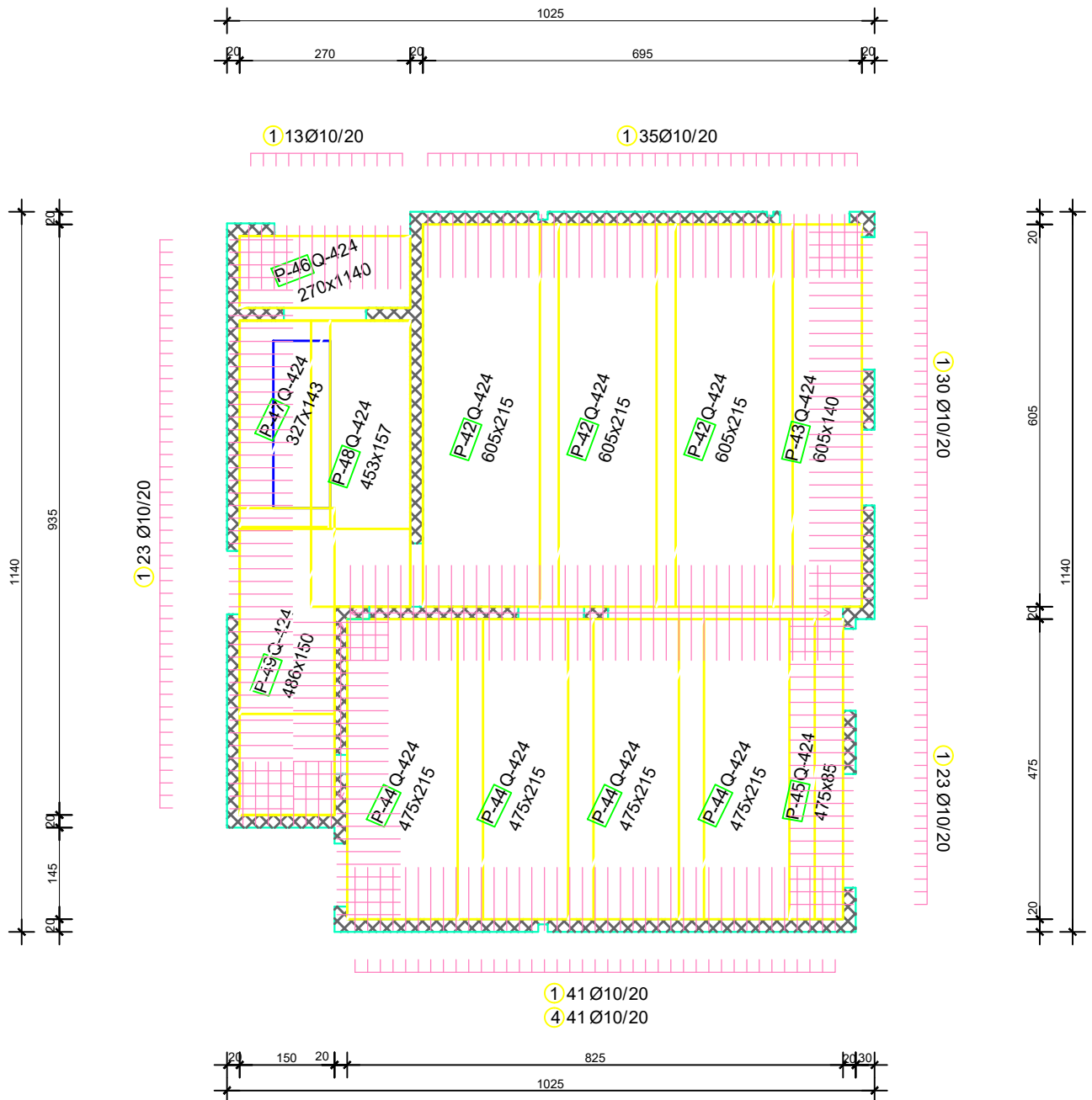
BROJ PRILOGA: 12.12

DATUM: rujan 2018.

ARMATURA PLOČE POZICIJE 500

DONJA ZONA

M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ: Armatura donje zone ploče pozicije 500 M 1:100

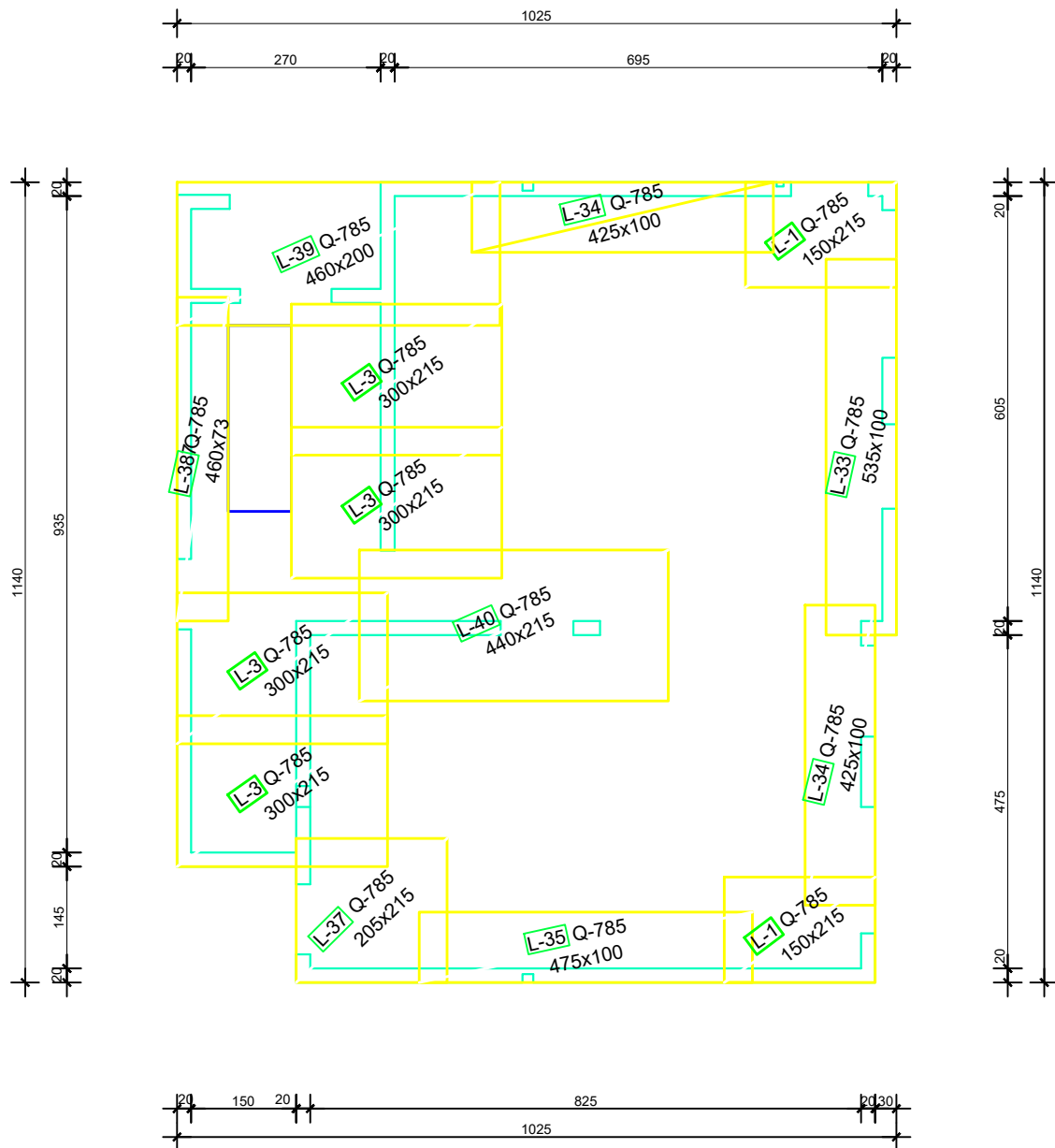
BROJ PRILOGA: 12.13

DATUM: rujan 2018.

ARMATURA PLOČE POZICIJA 500

GORNJA ZONA

M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

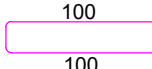
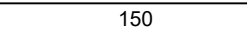
SADRŽAJ : Armatura gornje zone ploče pozicije 400 M 1:100

BROJ PRILOGA : 12.14

DATUM : rujan 2018.

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČU POZICIJE 500

Mreže						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Napomena
noname (1 kom)						
P-42	Q-424	215	605	3	6,81	265,74
P-43	Q-424	140	605	1	6,81	57,68
P-44	Q-424	215	475	4	6,81	278,19
P-45	Q-424	85	475	1	6,81	27,50
P-46	Q-424	140	270	1	6,81	25,74
P-47	Q-424	143	327	1	6,81	31,84
P-48	Q-424	157	453	1	6,81	48,43
P-49	Q-424	150	486	1	6,81	49,64
odrezati višak na mjestu ugradnje						
L-1	Q-785	150	215	2	12,46	80,37
L-3	Q-785	215	300	4	12,46	321,47
L-33	Q-785	100	535	1	12,46	66,66
L-34	Q-785	100	425	2	12,46	105,91
L-35	Q-785	100	275	1	12,46	34,27
L-37	Q-785	205	215	1	12,46	54,92
L-38	Q-785	73	460	1	12,46	41,84
L-39	Q-785	200	460	1	12,46	114,63
L-40	Q-785	215	440	1	12,46	117,87
Ukupno					1722,7	

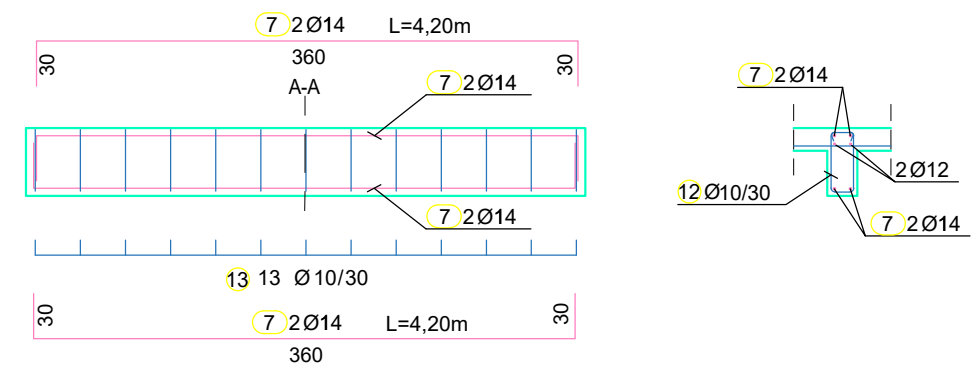
Šipke						
ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg _n [m]	Napomena
1	10 	10	2,10	182	382,2	
4	 150	10	1,5	56	84	
Ukupno						
Ø [mm]	lg _n [m]	Jedinična težina [kg/m ³]		Težina [kg]		
10	466,2	0,649		302,6		



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

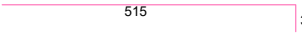
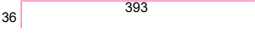
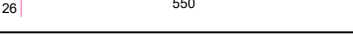
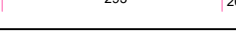
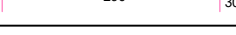
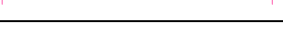
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA : Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Armatura donje zone ploče pozicije 100 M 1:100
BROJ PRILOGA: 12.15
DATUM: rujan 2018.



STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Armatura greda M 1:50
BROJ PRILOGA: 12.16
DATUM: rujan 2018.

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA GREDE

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg _n [m]	Napomena
1		14	5,51	8	44,08	
2		14	4,29	8	34,32	
3		16	4,56	12	54,72	
4		16	5,76	12	69,12	
5		14	3,45	4	13,80	
6		14	3,50	4	14,00	
7		14	4,20	8	33,60	
8		10	1,56	60	93,60	
9		10	1,74	64	111,36	
10		10	1,16	11	12,76	
11		10	1,36	11	14,96	
12		10	1,26	26	32,76	

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lg _n [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
10	265,44	0,65	188,92
14	139,80	1,25	174,75
16	123,84	1,64	203,10
Ukupno			566,76



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRADEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

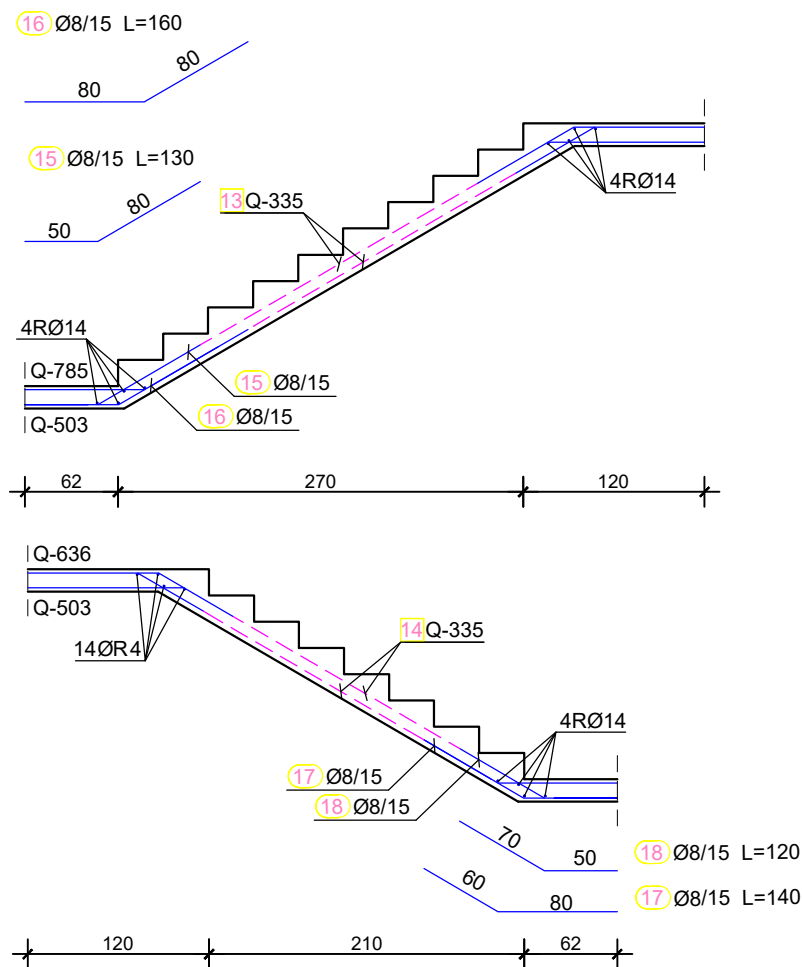
SADRŽAJ: Iskaz količine armature za grede

BROJ PRILOGA: 12.17

DATUM: rujan 2018.

ARMATURA STUBIŠTA

M 1:50



Šipke - specifikacija (za oba kraka stubišta)					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg n [m]
15	50 80	8	1,30	18	23,40
16	80 80	8	1,60	18	28,80
17	60 80	8	1,40	18	25,20
18	70 50	8	1,20	18	21,60

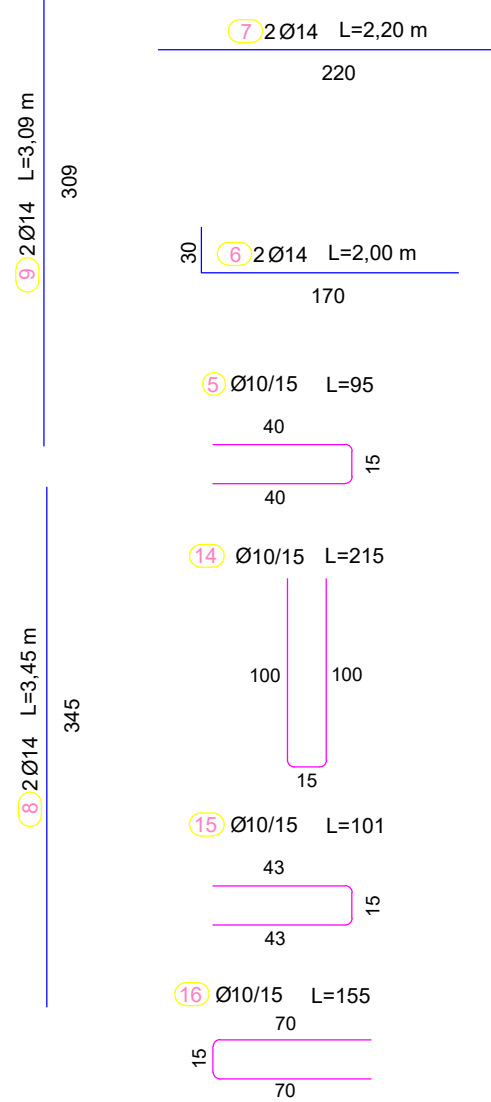
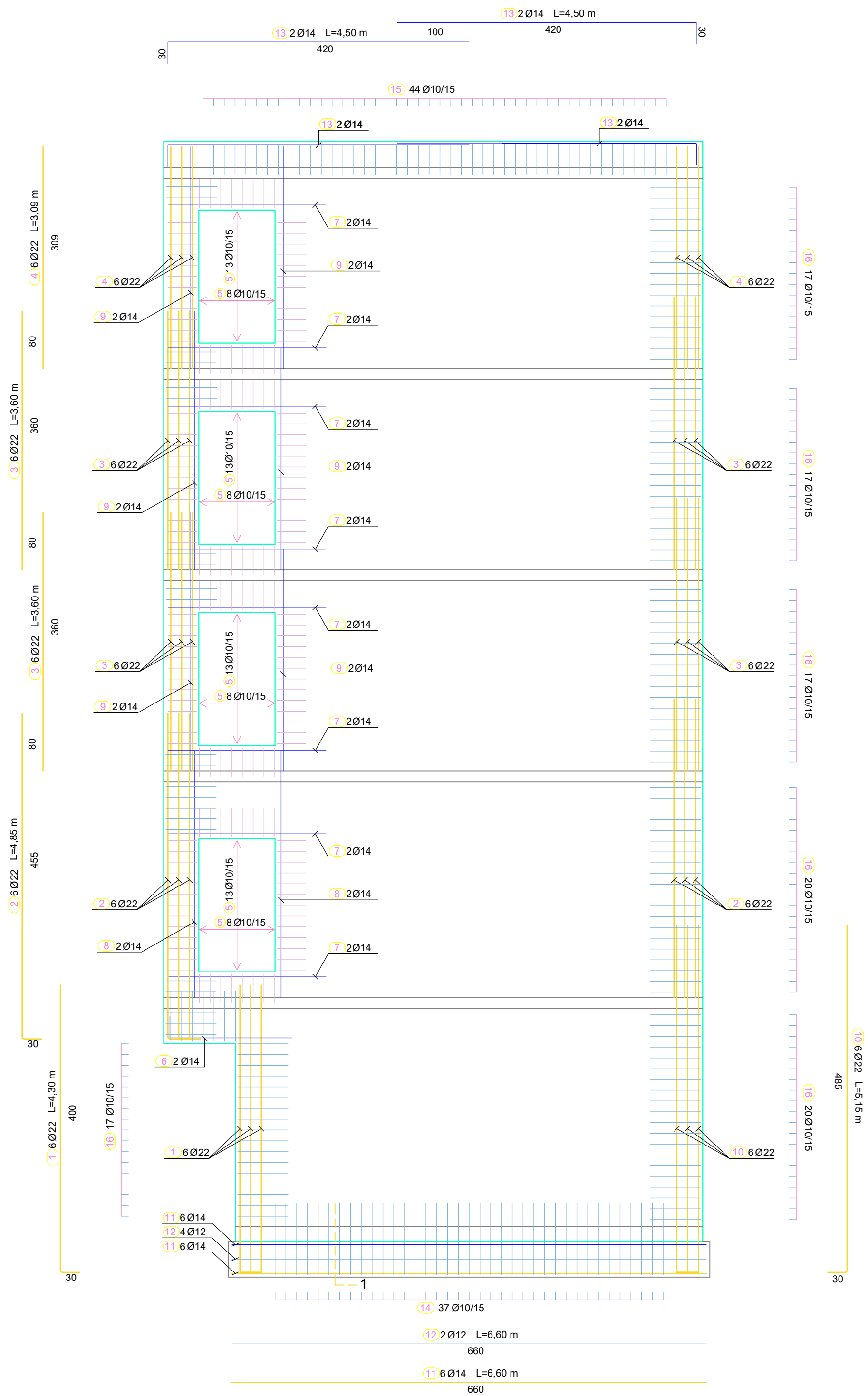
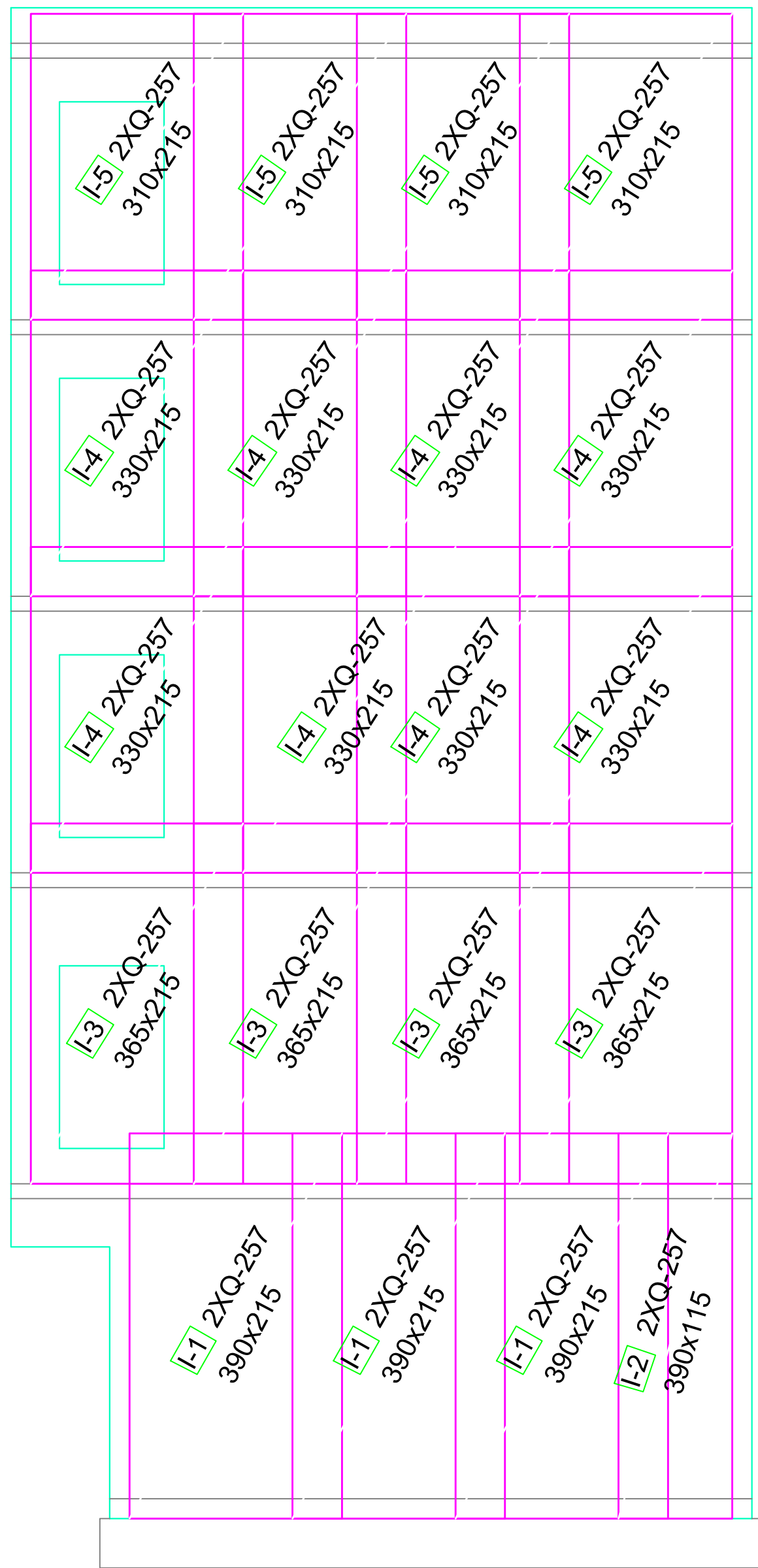
Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lg n [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
8	99,00	0,40	39,60

Mreže (za oba kraka stubišta)						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Težina [kg]
13	Q-335	110	270	2	5,45	32,37
14	Q-335	110	210	2	5,45	25,18

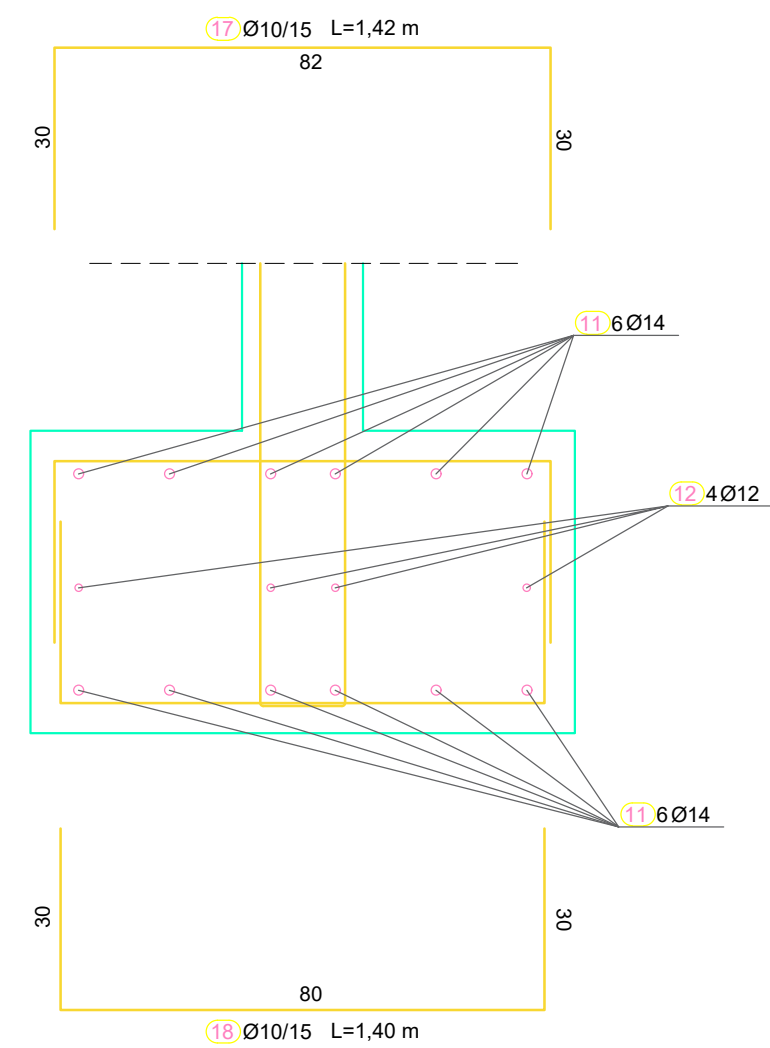


SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić
PREDMET : Diplomski rad
KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove
MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu
SADRŽAJ: Armatura stubišta M 1:50
BROJ PRILOGA: 12.18
DATUM: rujan 2018.



PRESJEK 1-1
M 1:25

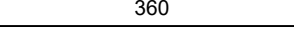
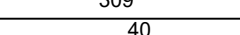
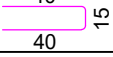
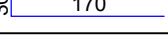
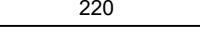
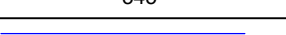
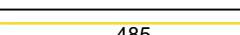
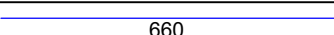
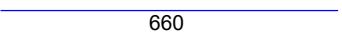
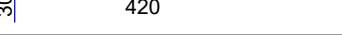
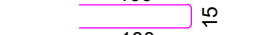
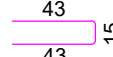
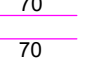
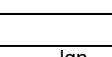


ARMATURNI NACRT ZIDA Z1
S TEMELJNOM STOPOM
M 1:50

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE FACULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEOTEHNIKE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEOTEHNIKE	STUDENT: Filomena Stanić
	PREDMET: Diplomski rad
	KATEĐRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	MENTOR: dr. sc. Nikola Grigć
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omidu
	SADRŽAJ: Armatura zida Z1 s temeljnom stopom M 1:50
	BROJ PRILOGA: 12.19
DATUM: rujan 2018.	

ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČU POZICIJE 300

Mreže						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Napomena
noname (1 kom)						
I-1	Q-257	215	390	6	4,16	209,29
I-2	Q-257	115	390	2	4,16	37,32
I-3	Q-257	215	365	8	4,16	261,16
I-4	Q-257	215	330	16	4,16	472,24
I-5	Q-257	215	310	8	4,16	221,81
Ukupno					1201,82	

Šipke						
ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]	Napomena
1		22	4,30	6	25,8	
2		22	4,85	12	58,2	
3		22	3,60	24	86,4	
4		22	3,09	12	37,1	
5		8	0,95	84	79,8	
6		14	2,00	2	4,0	
7		14	2,20	16	35,2	
8		14	3,45	4	13,8	
9		14	3,09	12	37,1	
10		22	5,15	6	30,9	
11		14	6,60	12	79,2	
12		12	6,60	4	79,2	
13		14	4,50	4	18,0	
14		10	2,15	37	79,6	
15		10	1,01	44	44,4	
16		10	1,55	130	201,5	

Ukupno			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m ³]	Težina [kg]
8	79,8	0,409	32,64
10	325,5	0,649	211,25
12	79,2	0,920	72,86
14	187,3	1,250	234,13
22	238,4	3,092	737,13
Ukupno			1288,01



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDENT : Filomena Stanić

PREDMET : Diplomski rad

KATEDRA : Katedra za betonske konstrukcije i mostove

MENTOR : dr.sc. Nikola Grgić

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Omišu

SADRŽAJ: Iskaz količine armature za zid Z1

BROJ PRILOGA: 12.20

DATUM: rujan 2018.