

Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu

Stričević, Antonija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:050456>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**



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

Antonija Stričević

Split, 2021.

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

Antonija Stričević

Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu

Diplomski rad

Split, 2021.

Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu

Sažetak:

Zadatak ovog diplomskog rada bio je izraditi projekt konstrukcije 6-etažne stambene zgrade na Žnjanu. Nosivu konstrukciju čini sustav ploča, zidova, stupova i greda izveden monolitno od armiranog betona. Projekt sadrži: tehnički opis, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i karakteristične građevinske nacрте i planove armature.

Ključne riječi:

stambena zgrada, tehnički opis, projekt konstrukcije, numerički model, armatura

Main project of residential building in Žnjan

Abstract:

The task of this thesis was to make the construction project of a 6-storey building. Supporting structure makes the system of slabs, walls, columns and beams performed monolithic in reinforced concrete. This project contains technical description of the structure, general and particular conditions of civil engineering works, control plan and quality assurance plan, calculation of the main structural elements as well as characteristic structural plans and reinforcement plans.

Keywords:

residential building, technical description, construction project, numerical model, reinforcement

1. TEHNIČKI OPIS	1
1.1. Općenito o konstrukciji	1
1.1.1. Oblik i veličina građevinske čestice	2
1.1.2. Namjena građevine	2
1.2. Opis nosive konstrukcije	2
1.2.1. Temelji	2
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	6
1.4.1. Beton	6
1.4.2. Betonski čelik	8
1.5. Popis primijenjenih propisa i uvjeti održavanja konstrukcije	9
1.6. Plan kontrole i osiguranja kvalitete.....	10
1.6.1. Opće napomene	10
1.6.2. Betonski i armirano-betonski radovi	11
1.6.2.1. Beton.....	11
1.6.2.2. Betonski čelik.....	12
1.6.2.3. Prekidi betoniranja	12
1.6.2.4. Geometrijske tolerancije.....	13
1.6.3. Ostali radovi i materijali.....	13
1.6.4. Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole	13
1.6.4.1. Norme za beton-osnovne norme	13
1.6.4.2. Norme za beton-ostale norme	14
1.6.4.3. Norme za čelik za armiranje-osnovne norme.....	15
1.6.4.4. Norme za čelik za armiranje- ostale norme	15
1.6.4.5. Ostale norme	16
1.7. Posebni tehnički uvjeti	16
1.7.1. Oplate i skele.....	16
1.7.2. Transport i ugradnja	18
1.7.3. Betoniranje pri visokim temperaturama	19

1.7.4. Betoniranje pri niskim temperaturama	19
1.8. Obveze izvođača.....	19
1.9. Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja	20
2. ANALIZA OPTEREĆENJA	21
2.1. Ravni krov (POZ 600)	21
2.1.1. Stalno opterećenje	21
2.1.2. Korisno opterećenje	21
2.2. Međukatne konstrukcije - AB stropne ploče (POZ 500, POZ 400, POZ 300, POZ 200)	22
2.2.1. Stalno opterećenje	22
2.2.2. Korisno opterećenje	22
2.3. Međukatne konstrukcije - AB stropne ploče (POZ 100)	23
2.3.1. Stalno opterećenje	23
2.3.2. Korisno opterećenje	23
2.4. Pod garaže (POZ 000)	24
2.4.1. Stalno opterećenje	24
2.4.2. Korisno opterećenje	24
2.5. Stubište.....	25
2.5.1. Stalno opterećenje	25
2.5.2. Korisno opterećenje	25
2.6. Opterećenje snijegom	26
2.7. Opterećenje vjetrom	27
2.8. Izvanredno opterećenje.....	35
2.8.1. Seizmičko opterećenje S_x i S_y	35
2.8.2. Proračun faktora ponašanja	37
3. NUMERIČKI MODEL I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA	38
3.1. Numerički model.....	38
3.2. Mjerodavne kombinacije opterećenja	38
4. MODALNA ANALIZA	40
4.1. Prikaz sudjelujućih masa.....	40
4.2. Grafički prikaz prvog vlastitog vektora	42
4.3. Grafički prikaz drugog vlastitog vektora	43
4.4. Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora	43
5. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE	44
5.1. Pozicija 600- krovna ploča	44

5.1.1. Prikaz opterećenja	44
5.1.2. Rezultati proračuna	46
5.1.3. Dimenzioniranje na savijanje	47
5.1.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju.....	47
5.1.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju.....	48
5.1.4. Kontrola pukotina	49
5.1.4.1. Kontrola pukotina u polju	50
5.1.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	52
5.1.5. Kontrola progiba.....	54
5.2. Pozicija 500-strop 3. kata.....	57
5.2.1. Prikaz opterećenja	57
5.2.2. Rezultati proračuna	58
5.2.3. Dimenzioniranje na savijanje	59
5.2.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju.....	59
5.2.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju.....	60
5.2.4. Kontrola pukotina	61
5.2.4.1. Kontrola pukotina u polju	62
5.2.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	64
5.2.5. Kontrola progiba.....	66
5.3. Pozicija 400 i pozicija 300 -strop 2. kata i 1.kata.....	69
5.3.1. Prikaz opterećenja	69
5.3.2. Rezultati proračuna	70
5.3.3. Dimenzioniranje na savijanje	71
5.3.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju.....	71
5.3.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju.....	72
5.3.4. Kontrola pukotina	73
5.3.4.1. Kontrola pukotina u polju	74
5.3.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	76
5.3.5. Kontrola progiba.....	78
5.4. Pozicija 200-strop prizemlja.....	81
5.4.1. Prikaz opterećenja	81
5.4.2. Rezultati proračuna	82
5.4.3. Dimenzioniranje na savijanje	83
5.4.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju.....	83

5.4.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju.....	84
5.4.4. Kontrola pukotina.....	85
5.4.4.1. Kontrola pukotina u polju	86
5.4.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	88
5.4.5. Kontrola progiba.....	90
5.5. Pozicija 100-strop garaže.....	93
5.5.1. Prikaz opterećenja.....	93
5.5.2. Rezultati proračuna	94
5.5.3. Dimenzioniranje na savijanje	95
5.5.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju.....	95
5.5.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju.....	96
5.5.4. Kontrola pukotina.....	97
5.5.4.1. Kontrola pukotina u polju	98
5.5.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	100
5.5.5. Kontrola progiba.....	102
5.6. Pozicija 000-temeljna ploča.....	105
5.6.1. Prikaz opterećenja.....	105
5.6.2. Rezultati proračuna	106
5.6.3. Dimenzioniranje na savijanje	107
5.6.3.1. Armatura donje zone temeljne ploče	107
5.6.3.2. Armatura gornje zone temeljne ploče	108
5.6.4. Kontrola progiba.....	109
5.6.5. Kontrola naprezanja	110
6. DIMENZIONIRANJE ARMIRANO-BETONSKIH GREDA	111
6.1. Plan pozicija	111
6.1.1. Pozicija 600- ravni krov	111
6.1.2. Pozicija 500	111
6.1.3. Pozicija 400	112
6.1.4. Pozicija 300	112
6.1.5. Pozicija 200	113
6.1.5. Pozicija 100	113
6.2. Greda G 202 i G 602	114
6.2.1. Rezultati proračuna	114
6.2.2. Dimenzioniranje na savijanje	115

6.2.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju:.....	115
6.2.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju:.....	116
6.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	117
6.2.4. Kontrola pukotina.....	119
6.2.4.1. Kontrola pukotina u polju:	119
6.2.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	121
6.3. Greda G 603, G 503, G 403, G 303, G203	123
6.3.1. Rezultati proračuna	123
6.3.2. Dimenzioniranje na savijanje	124
6.3.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju.....	124
6.3.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju.....	125
6.3.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	126
6.3.4. Kontrola pukotina.....	128
6.3.4.1. Kontrola pukotina u polju	128
6.3.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	130
6.4. Greda G 601, G 501, G 401, G 301, G201, G 101	132
6.4.1. Rezultati proračuna	132
6.4.2. Dimenzioniranje na savijanje	133
6.4.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju.....	133
6.4.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju.....	134
6.4.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	135
6.4.4. Kontrola pukotina.....	137
6.4.4.1. Kontrola pukotina u polju	137
6.4.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	139
6.5. Greda KG 101, KG 201, KG 301, KG 401, KG 501, KG 601.....	141
6.5.1. Rezultati proračuna	141
6.5.2. Dimenzioniranje na savijanje	142
6.5.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju.....	142
6.5.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju.....	143
6.5.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	144
6.5.4. Kontrola pukotina	146
6.5.4.1. Kontrola pukotina u polju	146
6.5.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	148
6.6. Greda KG 602	150

6.6.1. Rezultati proračuna	150
6.6.2. Dimenzioniranje na savijanje	151
6.6.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju	151
6.6.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju	152
6.6.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu	153
6.6.4. Kontrola pukotina	155
6.6.4.1. Kontrola pukotina u polju	155
6.6.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	157
6.7. Greda KG 603	159
6.7.1. Rezultati proračuna	159
6.7.2. Dimenzioniranje na savijanje	160
6.7.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju	160
6.7.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju	161
6.7.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu	162
6.7.4. Kontrola pukotina	164
6.7.4.1. Kontrola pukotina u polju	164
6.7.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	166
6.8. Greda KG 604	168
6.8.1. Rezultati proračuna	168
6.8.2. Dimenzioniranje na savijanje	169
6.8.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju	169
6.8.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju	170
6.8.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu	171
6.8.4. Kontrola pukotina	173
6.8.4.1. Kontrola pukotina u polju	173
6.8.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	175
6.9. Greda KG 605	177
6.9.1. Rezultati proračuna	177
6.9.2. Dimenzioniranje na savijanje	178
6.9.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju	178
6.9.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju	179
6.9.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu	180
6.9.4. Kontrola pukotina	182
6.9.4.1. Kontrola pukotina u polju	182

6.9.4.2. Kontrola pukotina na ležaju	184
6.10. Greda KG 606	186
6.10.1. Rezultati proračuna	186
6.10.2. Dimenzioniranje na savijanje	187
6.10.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju	187
6.10.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju	188
6.10.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu	189
6.10.4. Kontrola pukotina	191
6.10.4.1. Kontrola pukotina na ležaju	191
7. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA	193
7.1. Rezultati proračuna	193
7.2. Dimenzioniranje na moment savijanja	193
8. DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE	194
8.1. Dimenzioniranje AB stupova	194
8.1.1. Dimenzioniranje stupa S1	195
8.1.1.1. Dimenzioniranje stupa na savijanje i uzdužnu silu	196
8.1.1.2. Dimenzioniranje stupa S1 na poprečnu silu	203
8.1.1.3. Proračun na proboj ploče ravnog krova za stupove nadgrađa	204
8.1.2. Dimenzioniranje stupa S2-60x20	206
8.1.2.1. Dimenzioniranje stupa na savijanje i uzdužnu silu	207
8.1.2.2. Dimenzioniranje stupa S2 na poprečnu silu	214
8.1.2.3. Proračun na proboj ploče prizemlja za stupove u garaži	215
8.1.3. Dimenzioniranje stupa S3-155x20	217
8.1.3.1. Dimenzioniranje stupa na savijanje i uzdužnu silu	218
8.1.3.2. Dimenzioniranje stupa S2 na poprečnu silu	225
8.1.3.3. Proračun na proboj ploče prizemlja za stupove u garaži	227
8.2. Dimenzioniranje AB zidovi	229
8.2.1. Zid Zy1	229
8.2.1.1. Rezultati proračuna	229
8.2.1.2. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja	232
8.2.2. Zid Zx1	234
8.2.2.1. Rezultati proračuna	234
8.2.2.2. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja	237
8.2.3. Proračun obodnih zidova garaže	239

8.2.3.1. Dimenzioniranje na moment savijanja	241
8.2.3.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu	241
9. LITERATURA	243
9. GRAFIČKI PRILOZI	243
10.1. Situacija.....	
10.2. Tlocrt garaže	
10.3. Tlocrt prizemlja	
10.4. Tlocrt 1. kata	
10.5. Tlocrt 2. kata	
10.6. Tlocrt 3. kata	
10.7. Tlocrt nadgrađa	
10.8. Tlocrt ravnog krova	
10.9. Presjek 1-1	
10.10. Presjek 2-2	
10.11. Pročelje-sjever.....	
10.12. Pročelje-istok.....	
10.13. Pročelje-jug	
10.14. Pročelje-zapad.....	
10.15. Plan pozicija 000.....	
10.16. Plan pozicija 100.....	
10.17. Plan pozicija 200.....	
10.18. Plan pozicija 300.....	
10.19. Plan pozicija 400.....	
10.20. Plan pozicija 500.....	
10.21. Plan pozicija 600.....	
11. ARMATURNI NACRTI	244
11.1. Armaturni plan-pozicija 000 -donja zona.....	
11.2. Armaturni plan-pozicija 000 -gornja zona.....	
11.3. Armaturni plan-karakteristična ploča kata-donja zona	
11.4. Armaturni plan-karakteristična ploča kata-gornja zona	
11.5. Armaturni plan-pozicija 600.....	
11.6.a. Armaturni plan-grede	
11.6.b. Armaturni plan-grede	
11.7. Iskaz armature greda.....	

11.8. Armaturni plan-zid Zx1	
11.9. Armaturni plan-stupovi.....	
11.10. Armaturni plan-stubište.....	

1. TEHNIČKI OPIS

1.1. Općenito o konstrukciji

U ovom projektu izvršen je proračun nosive konstrukcije stambene građevine u Splitu, na predjelu Žnjana. Za izradu projekta korištena je literatura prikazana na kraju rada [1 – 15]. Građevina je projektirana kao armirano-betonska konstrukcija sa sustavom armirao-betonskih zidova i stupova. Građevina se sastoji od šest etaža, podrum (garaža), prizemlje, tri kata i nadgrađe. Građevina je maksimalnih tlocrtnih dimenzija u podrumu (garaži) i to $a \times b = 27,80 \times 19,40$ m, a u prizemlju i sljedeća tri kata $a \times b = 19,90 \times 15,25$ m, dok je nadgrađe nešto uvučeno u odnosu na katove niže. Krovna konstrukcija je ravna armirano betonska ploča. Maksimalna visina građevine je $H_{max}=18,00$ m mjereno od dna temeljne ploče, dok je maksimalna visina iznad terena (relativne kote 0,00) 15,50 m.

Vertikalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonski zidovi i stupovi koji se izrađuju od klase betona C 30/37, osim stupova u dijelu podruma (garaže) koji se izrađuju od klase betona C 40/50, i armiraju armaturom B 500B. Horizontalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonske ploče i grede koje su izrađuju od klase betona C 30/37 i armiraju armaturom B 500B.

Građevina se nalazi u VII. potresnoj zoni (moguće ubrzanje tla je 0,220 g). Građevina je smještena u III. područje djelovanja vjetra te je osnovna brzina vjetra $w_0= 30$ m/s i područje C, odnosno III. zonu opterećenja snijegom (opterećenje iznosi $s=0,36$ kN/m²)

U konstrukciji horizontalne (seizmičke sile, sile od vjetra) sile većim dijelom preuzimaju zidovi i stupovi, a manjim dijelom međukatne ploče. Za prilaz na etaže služe unutarnja armirano-betonska stepeništa i dizalo.

U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno (>0,15 % površine betonskog presjeka). Nosivo tlo je nekoherentno krupnozrno tlo čija granična nosivost nakon izgradnje stupnjaka iznosi 500 kPa.

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 građevinskoj čestici, uređenje čestice.

1.1.1. Oblik i veličina građevinske čestice

Novoformirana parcela je pravilnog tlocrtnog oblika površine oko 862,52 m². Tlocrtna površina objekta je 553,65 m². Smještaj građevine na parceli proizlazi iz prostorno-prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti kolnog pristupa s glavnih prometnica koje se nalaze na jugozapadnoj i sjeveroistočnoj strani stambenog objekta te pješačkog pristupa s jugozapadne strane objekta.



1.1.2. Namjena građevine

Građevina je isključivo stambene namjene. Sadržaj građevine je takav da je u podrumu smještena garaža, a na preostalim pet etaža smješteni su stambeni prostor. Na prve četiri etaže smještena su po tri stana, dok se na posljednjoj etaži nalazi samo jedan stan.

Vertikalna komunikacija osigurana je dvokrakim stubištem i liftom.

Ulaz u objekt moguć je i kroz podzemnu garažu i sa vanjskog pješačkog pristupa

1.2. Opis nosive konstrukcije

1.2.1. Temelji

Teljenje nosive armirano-betonske konstrukcije u razini etaže podruma ispod armirano-betonskih zidova i stupova je na temeljnoj ploči. Temeljna ploča projektirana je na vertikalno i horizontalno opterećenje od konstrukcije iznad, debljina temeljne ploče iznosi cm.

Pripremu temeljne plohe izvršiti na sljedeći način:

- Površinske slojeve nasipa i degradiranog fliša ("bilajka") u potpunosti ukloniti najmanje do dubine horizonta pojave čvrstog fliša. Ukloniti i površinsku razlomljenu i okršenu zonu stijenske mase, odnosno izvršiti ukopavanje min. 0.50 m u matičnu stijenu.
- Nakon iskopa temeljnu plohu očistiti od ostataka, razlomljenog materijala, glinovite ispune iz pukotina i/ili „gnijezda“ gline i slično. Uređenu temeljnu površinu (proširenu duž

svih stranica za 20-30 cm) izravnati i zatvoriti (zaštititi) podložnim betonom bez izvođenja tucaničkog podložnog sloja ispod temelja.

- U slučaju pojave kraških fenomena (kaverne i slično), iste je potrebno sanirati, uz prethodnu konzultaciju s ovlaštenim geotehničarom.
- S obzirom da su slabiji članovi flišne serije podložni brzom raspadanju pod utjecajem atmosferilija, plohu temeljenja tih razloga predlaže se iskop za temelje izvesti do kote od najmanje 20 cm iznad kote temeljenja, a preostali dio iskopa izvesti neposredno prije betoniranja.

Za navedene uvjete izvođenja temeljenja procijenjena proračunska vertikalna otpornost tla/stijene iznosi (granično stanje nosivosti) : $\sigma_{Rd} = 500,0 \text{ kPa}$

Za vrijeme iskopa temelja potrebno je pozvati ovlaštenog geotehničara i projektanta konstrukcije radi kontrole tla i usporedbe stvarnih karakteristika tla s parametrima i pretpostavkama u proračunu.

Nakon kontrole potrebno je izvršiti upis u građevinski dnevnik od strane geotehničara.

1.2.2. Zidovi

Svi zidovi izvedeni su od klase betona C 30/37 i armirani armaturom B 500B, sa potrebnim hidro-termičkim slojevima, debljine 20 cm. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 2,5 cm.

1.2.3. Grede

Sve grede izvedene su od klase betona C 30/37 i armirane armaturom B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3,0 cm.

Grede su u sklopu armirano-betonskih zidova te zajedno čine cjelinu koja preuzima horizontalna i vertikalna djelovanja.

1.2.4. Međukatne konstrukcije

Međukatne konstrukcije čine armirano-betonske ploče različitih dimenzija: ploča iznad podruma $d=25,0 \text{ cm}$, a preostale međukatne konstrukcije $d=20,0 \text{ cm}$. Međukatne konstrukcije izrađene su od klase betona C 30/37 i armirane armaturom B 500B. Minimalni zaštitni sloj za ploče iznosi 2,5 cm.

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 sljedećem popisu:

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: 4,00 kN/m ² Balkoni: 4,00 kN/m ² Neprohodni krov: 1,00 kN/m ²
Q2	Snijeg Područje opterećenja snijegom: C Nadmorska visina: do 100,00 m n.m. Karakteristična vrijednost snijega na tlu: $s_k=0,45 \text{ kN/m}^2$ Opterećenje snijegom na krovu: $s=0,36 \text{ kN/m}^2$
w	Vjetar: Područje opterećenja vjetrom: III. kategorija Osnovna brzina vjetra: $w_0=30,0 \text{ m/s}$ Poredbeni tlak: $q_{ref}=0,77 \text{ kN/m}^2$
S	Potres Seizmička zona: VII. potresna zona Računsko ubrzanje tla: $a_g=0,220 \text{ g}$ Razred tla: A Faktor ponašanja: $q=3,00$ Faktor važnosti građevine: $\gamma=1,00$

1.3.2. Osnovne kombinacije djelovanja

Oznaka kombinacije	Parcijalni faktor za opterećenja	Koristi se za:	Parcijalni faktor za materijale
GSU-1	$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$	Proračun progiba, pukotina armirano-betonskih ploča i greda	beton: $\gamma_c = 1,5$ čelik: $\gamma_s = 1,15$
GSN-1	$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q$	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	$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot s$	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	$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot w_x$	Proračun ploča, stupova, greda i zidova na horizontalna djelovanja, kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c = 1,5$ čelik: $\gamma_s = 1,15$
GSN-4	$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot w_y$	Proračun ploča, stupova, greda i zidova na horizontalna djelovanja, kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c = 1,5$ čelik: $\gamma_s = 1,15$
GSN-5	$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q + 0,9 \cdot (1,5) \cdot s$	Proračun ploča, stupova, greda i zidova na horizontalna djelovanja, kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c = 1,5$ čelik: $\gamma_s = 1,15$
GSN-6	$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$	Proračun zidova i stupova na djelovanje potresa, kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c = 1,5$ čelik: $\gamma_s = 1,15$
GSN-7	$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$	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 slijede smjernice i zahtjevi koje treba uvažiti projekt betona, odnosno koje treba poštovati Izvoditelj.

Rubovi elemenata trebaju biti precizno izvedeni, ravni i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštovati predviđenu geometriju elementa te njihov projektirani položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona.

Beton treba ugraditi i zbiti tako da se sva armatura i uloženi elementi dobro obuhvate betonom i osigura zaštitni sloj betona unutar propisanih tolerancija te beton dobije traženu čvrstoću i trajnost. Posebnu pažnju treba posvetiti ugradnji i zbijanju betona na mjestima promjene presjeka, suženja presjeka, uz otvore, na mjestima zgusnute armature i prekida betoniranja.

Vibriranje, osim ako nije drugačije uvjetovano projektom, treba u pravilu izvoditi uronjenim vibratorima. Beton treba uložiti što bliže konačnom položaju u konstrukcijskom elementu: Vibriranjem se beton ne smije namjerno navlačiti kroz oplatu i armaturu.

Normalna debljina sloja ne bi smjela biti veća od visine uronjenog vibratora. Vibriranje treba izvoditi sustavnim vertikalnim uranjanjem vibratora tako da se površina donjeg sloja revibrira. Kod debljih slojeva je revibriranje površinskog sloja preporučljivo i radi izbjegavanja plastičnog slijeganja betona ispod gornjih sipki armature.

Vibriranje površinskim vibratorima treba izvoditi sustavno dok se iz betona oslobađa zarobljeni zrak. Prekomjerno površinsko vibriranje koje slabi kvalitetu površinskog sloja betona treba izbjeći. Kad se primjenjuje samo površinsko vibriranje, debljina sloja nakon vibriranja obično ne treba prelaziti 100 mm, osim ako nije prethodno eksperimentalno dokazano drugačije. Korisno je dodatno vibriranje površina uz podupore.

Brzina ugradnje i zbijanja betona treba biti dovoljno velika da se izbjegnu hladne spojnice i dovoljno niska da se izbjegnu pretjerana slijeganja ili preopterećenje oplata i skela. Hladna spojnica se može stvarati tijekom betoniranja, ako beton ugrađenog sloja veže prije ugradnje i zbijanja narednog. Dodatni zahtjevi na postupak i brzinu ugradnje betona mogu biti potrebni kod posebnih zahtjeva za površinsku obradu.

Sve vidljive plohe trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacija u betonu. U slučaju pojave segregacije nisu dopuštena "krpanja" cementnim mortom.

Osobito voditi računa o njezi betona prvih 2-3 dana od ugradnje kako se bi pojavile štetne pukotine od skupljanja.

Beton treba tijekom ugradnje i zbijanja zaštititi od insolacije, jakog vjetra, smrzavanja, vode, kiše i snijega.

Naknadno dodavanje vode, cementa, površinskih otvrdivača ili sličnih materijala nije dopušteno

Njegovanje i zaštita

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi :

- da se skupljanje svede na najmanju mjeru,
- da se postigne potrebna površinska čvrstoća,
- da se osigura dovoljna trajnost površinskog sloja,
- od smrzavanja,
- od štetnih vibracija, udara ili drugih oštećivanja.

Pogodni su sljedeći postupci njegovanja primijenjeni odvojeno ili uzastopno:

- držanje betona u oplati,
- pokrivanje površine betona paronepropusnim folijama, posebno učvršćenim i osiguranim na spojevima i na krajevima,
- pokrivanjem vlažnim materijalima i njihovom zaštitom od sušenja,
- držanjem površine betona vidljivo vlažnom prikladnim vlaženjem,
- primjenom zaštitnog premaza utvrđene uporabivosti (potvrđene certifikatom ili tehničkim dopuštenjem).

Postupci njegovanja trebaju osigurati nisku evaporaciju vlage iz površinskog sloja betona ili držati površinu stalno vlažnom. Prirodno njegovanje je dovoljno ako su uvjeti u cijelom razdoblju potrebnog

njegovanja takvi daje brzina evaporacije vlage iz betona dovoljno niska, npr. u vlažnom, kišnom ili maglovitom vremenu. Njegovanje površine betona treba bez odgode započeti odmah po završetku zbijanja i površinske obrade. Ako slobodnu površinu betona treba zaštititi od pucanja zbog plastičnog skupljanja, privremeno njegovanje treba primijeniti i prije površinske obrade.

Trajanje primijenjenog njegovanja treba biti funkcija razvoja svojstava betona u površinskom sloju ovisno o omjeru:

- čvrstoće i zrelosti betona,
- oslobođene topline i ukupne topline oslobođene u adijabatskim uvjetima.

1.4.2. Betonski čelik

-Armatura izrađena od čelika za armiranje prema odredbama ugrađuje se u armiranu betonsku konstrukciju prema projektu betonske konstrukcije, normi HRNENV 13670-1, normama na koje ta upućuje

-Rukovanje, skladištenje i zaštita armature treba biti u skladu sa zahtjevima tehničkih specifikacija koje se odnose na čelik za armiranje, projekta betonske konstrukcije te odredbama ovoga Priloga.

-Izvođač mora prema normi HRN ENV 13670-1 prije početka ugradnje provjeriti je li armatura u skladu sa zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije, te je li tijekom rukovanja i skladištenja armature došlo do njezinog oštećivanja, deformacije ili druge promjene koja bi bila od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije.

Nadzorni inženjer neposredno prije početka betoniranja mora:

- provjeriti postoji li isprava o sukladnosti za čelik za armiranje, odnosno za armaturu i jesu li iskazana svojstva sukladna zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije
- provjeriti je li armatura izrađena, postavljena i povezana u skladu s projektom betonske konstrukcije te u skladu s Prilozima »B« te dokumentirati nalaze svih provedenih provjera zapisom u građevinski dnevnik.

Materijali

Čelik za armiranje betona treba zadovoljavati uvjete EN 10080 i uvjete projekta konstrukcije.

Svaki proizvod treba biti jasno označen i prepoznatljiv.

Sidreni i spojni elementi trebaju zadovoljavati uvjete ENV 1992-1-1, priznatih propisa navedenih u TPGK i uvjete projekta.

Površina armature mora biti očišćena od slobodne hrđe i tvari koje mogu štetno djelovati na čelik, beton ili vezu između njih.

Galvanizirana armatura može se koristiti samo u betonu s cementom koji nema štetnog djelovanja na vezu s galvaniziranom armaturom.

Savijanje, rezanje, prijevoz i skladištenje

Čelik za armiranje betona treba rezati i savijati prema projektnim specifikacijama.

Pri tome:

- savijanje treba izvoditi jednolikom brzinom,
- savijanje čelika pri temperaturi ispod -5 °C, ako je dopušteno projektnim specifikacijama, treba izvoditi uz poduzimanje odgovarajućih posebnih mjera osiguranja,
- savijanje armature grijanjem smije se izvoditi samo uz posebno odobrenje u projektnim specifikacijama.

Promjer trna za savijanje šipki treba biti prilagođen stvarnom tipu armature

1.5. Popis primijenjenih propisa i uvjeti održavanja konstrukcije

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

- Zakon o prostornom uređenju (N.N. 153/13, 65/17, 114/18, 39/19 i 98/19)
- Zakon o gradnji (N.N. 153/13, 20/17, 39/19 i 125/19)
- Zakon o zaštiti okoliša (N.N. 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- Zakon o zaštiti od požara (N.N. 92/10)
- Zakon o zaštiti na radu (N.N. 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18)
- Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjeni sukladnosti (N.N. 80/13, 14/14)
- Zakon o normizaciji (N.N. 80/13)
- Zakon o mjeriteljstvu (N.N. 74/14, 111/18)
- Zakon o građevnim proizvodima (N.N. 76/13, 30/14, 130/17) Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN. br. 17/2017)
- 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 opterećenje uzeta prema:

- nHRN ENV 1991-1: Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 1. dio: Osnove projektiranja (ENV 1991-1:1994)
- nHRN ENV 1991-2-1: Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-1. dio: Djelovanja na konstrukcije – Prostorne težine, vlastite težine, uporabna opterećenja (ENV 1991-2-1:1995)

- nHRN ENV 1991-2-3: Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-3. dio: Djelovanja na konstrukcije – Opterećenje snijegom (ENV 1991-2-3:1995)
- nHRN ENV 1991-2-4: Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-4. dio: Djelovanja na konstrukcije – Opterećenje vjetrom (ENV 1991-2-4:1995)
- HRN ENV 1992-1-1:2004: Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade (NV 1992-1-1:1991)
- HRN ENV 1992-1-6:2004: Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-6 dio: Opća pravila – Nearmirane betonske konstrukcije (ENV 1992-1-6:1994)
- HRN ENV 1992-3:2004: Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 3 dio: Betonski temelji (ENV 1992-3:1998)
- HRN ENV 1997-1:2001: Eurokod 7: Geotehničko projektiranje – 1. dio: Opća pravila (ENV 1997-1:1994)
- HRN ENV 1998-1-1:2005: Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-1. dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za konstrukcije (ENV 1998-1-1:1994)
- HRN ENV 1998-1-2:2005: Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-2. dio: Opća pravila – Opća pravila za zgrade (ENV 1998-1-2:1994)
- HRN ENV 1998-1-3:2005: Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-3. dio: Opća pravila – Posebna pravila za razna gradiva i elemente (ENV 1998-1-3:1995)

Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projekta 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 projekt izgrađen je sukladno Zakonu o gradnji (N.N. 153/13, 20/17, 39/19 i 125/19), 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 očvrstnalog 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 grede (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodatka 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.

1.6.2.4. Geometrijske tolerancije

Izvedene dimenzije konstrukcija trebaju biti unutar najvećih dopuštenih odstupanja radi izbjegavanja štetnih utjecaja na:

- mehaničku otpornost i stabilnost u privremenom i kasnijem uporabnom stanju,
- ponašanje tijekom uporabe građevine,
- kompatibilnost postavljanja i izvedbe konstrukcije i njezinih nekonstrukcijskih dijelova.

Nenamjerna mala odstupanja od referentnih vrijednosti koje nemaju značajniji utjecaj na ponašanje izvedene konstrukcije mogu se zanemariti.

Date tolerancije, nominirane kao normalne tolerancije, odgovaraju projektnim pretpostavkama, ENV 1992 i traženoj razini sigurnosti.

Zahtjevi ovog poglavlja odnose se na ukupnu konstrukciju. Kod pojedinih dijelova svaka međukontrola tih dijelova mora poštivati uvjete konačne kontrole izvedene konstrukcije.

Ako je određeno geometrijsko odstupanje pokriveno različitim zahtjevima (predujetovano), primjenjuje se stroži uvjet.

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 građiva 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 očvrstnalog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
- HRN EN 12390-2 Ispitivanje očvrstnalog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
- HRN EN 12390-3 Ispitivanje očvrstnalog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
- HRN EN 12390-6 Ispitivanje očvrstnalog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
- HRN EN 12390-7 Ispitivanje očvrstnalog betona – 7. dio: Gustoća očvrstnalog betona
- HRN EN 12390-8 Ispitivanje očvrstnalog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
- prCEN/TS 12390-9 Ispitivanje očvrstnalog 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 očvrstnalom betonu
- HRN EN 12504-1 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

- 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)

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

Osnovni zahtjevi

Skele i oplate, uključujući njihove potpore i temelje, treba projektirati i konstruirati tako da su:

- otporne na svako djelovanje kojem su izložene tijekom izvedbe,
- dovoljno čvrste da osiguraju zadovoljenje tolerancija uvjetovanih za konstrukciju i spriječe oštećivanje konstrukcije.
- Oblik, funkcioniranje, izgled i trajnost stalnih radova ne smiju biti ugroženi ni oštećeni svojstvima skela i oplate te njihovim uklanjanjem.
- Skele i oplate moraju zadovoljavati mjerodavne hrvatske i europske norme kao što je EN 1065.

Općenito

Može se upotrijebiti svaki materijal koji će ispuniti uvjete konstrukcije ovih tehničkih uvjeta. Moraju zadovoljavati odgovarajuće norme za proizvod ako postoje. U obzir treba uzeti svojstva posebnih materijala.

Oplatna ulja

Oplatna ulja treba odabrati i primijeniti na način da ne štete betonu, armaturi ili oplati i da ne djeluju štetno na okolinu.

Nije li namjerno specificirano, oplatna ulja ne smiju štetno utjecati na valjanost površine, njezinu boju ili na posebne površinske premaze.

Oplatna ulja treba primjenjivati u skladu s uputama proizvođača ili isporučitelja.

Skele

Projekt skele treba uzeti u obzir deformacije tijekom i nakon betoniranja kako bi se izbjegle štetne pukotine u mladom betonu. To se može postići:

- ograničenjem progibanja i/ili slijeganja,
- kontrolom betoniranja i /ili specificiranjem betona npr. usporavanjem ugradnje.

Oplate

Oplata treba osigurati betonu traženi oblik dok ne očvrсне.

Oplata i spojnice između elemenata trebaju biti dovoljno nepropusni da spriječe gubitak finog morta.

Oplatu koja apsorbira značajniju količinu vode iz betona ili omogućava evaporaciju treba odgovarajuće vlažiti da se spriječi gubitak vode iz betona, osim ako nije za to posebno i kontrolirano namijenjena.

Unutarnja površina oplate mora biti čista. Ako se koristi za vidni beton, njezina obrada mora osigurati takvu površinu betona.

Posebne oplate

Pri izvedbi konstrukcije kliznom oplatom, projekt takvog sustava mora uzeti u obzir materijal oplate i osigurati kontrolu geometrije radova.

Za osiguranje traženog zaštitnog sloja betona, usklađenog s tolerancijama definiranim ovim tehničkim uvjetima, treba koristiti odgovarajuće vodilice ili distancere oplate od armature.

Površinska obrada

Posebnu površinsku obradu betona, ako se traži, treba utvrditi projektnim specifikacijama.

Za prihvaćanje zadane kvalitete površinske obrade mogu biti uvjetovani pokusni betonski paneli.

Vrsta i kvaliteta površinske obrade ovise o tipu oplate, betonu (agregatu, cementu, kemijskim i mineralnim dodacima), izvedbi i zaštiti tijekom izvedbe.

Oplatni ulošci i nosači

Privremeni držači oplata, šipke, cijevi i slični predmeti koji će se ubetonirati u sklop koji se izvodi i ugrađeni elementi kao npr. ploče, ankeri i distanceri trebaju:

- biti čvrsto fiksirani tako da očuvaju projektirani položaj tijekom betoniranja,
- ne uzrokovati neprihvatljive utjecaje na konstrukciju,
- ne reagirati štetno s betonom, armaturom ili prednapetim čelikom,
- ne uzrokovati neprihvatljivi površinski izgled betona,
- ne štetiti funkcionalnosti i trajnosti konstrukcijskog elementa.

Svaki ugrađeni dio treba imati dovoljnu čvrstoću i krutost da zadrži oblik tijekom betoniranja. Ne smije sadržavati tvari koje mogu štetno djelovati na njih same, beton ili armaturu.

Udubljenja ili otvore za privremene radove treba zapuniti i završno obraditi materijalom kakvoće slične okolnom betonu, osim ako ne ostaju otvoreni ili im je drugi način obrade specificiran.

Otpuštanje skela i uklanjanje oplata

Skele ni oplata se ne smiju uklanjati dok beton ne dobije dovoljnu čvrstoću:

- otpornu na oštećenje površine skidanjem oplata,
- dovoljnu za preuzimanje svih djelovanja na betonski element u tom trenutku,
- da izbjegne deformacije veće od specificiranih tolerancija elastičnog ili neelastičnog ponašanja betona.

Uklanjanje oplata treba izvoditi na način da se konstrukcija ne preoptereći i ne ošteti.

Opterećenja skela treba otpuštati postupno tako da se drugi elementi skele ne preoptereće.

Stabilnost skela i oplata treba održavati pri oslobađanju i uklanjanju opterećenja.

Postupak podupiranja ili otpuštanja kad se primjenjuje za reduciranje utjecaja početnog opterećenja, sukcesivno opterećenje i/ili izbjegavanje velike deformacije treba detaljno utvrditi.

1.7.2. Transport i ugradnja

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 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 2h.

1.8. Obveze 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 ukloni 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);

-koroziju armature;

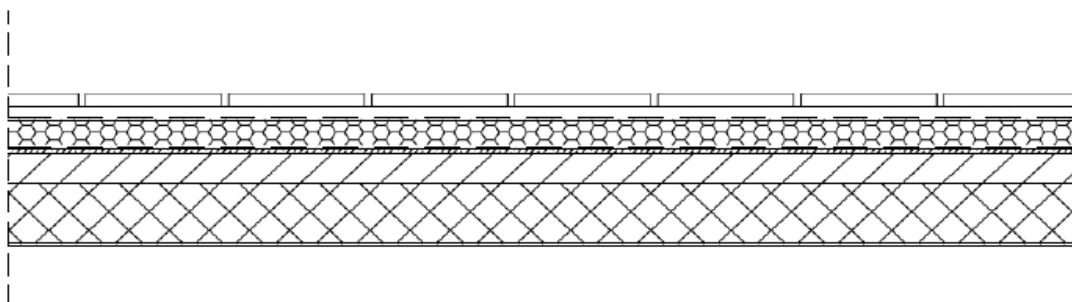
-raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata; Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

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

2. ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1. Ravni krov (POZ 600)

2.1.1. Stalno opterećenje



Slika 1. Prikaz slojeva ploče ravnog krova

	d (m)	γ (kN/m ³)	d· γ (kN/m ²)
Betonske ploče na plastičnim podlošcima	0,05	25,0	1,25
Geotekstil 300g/m ² x2	-	-	-
XPS	0,1	0,3	0,03
Hidroizolacija	0,01	5,0	0,05
Geotekstil 300g/m ² x2	-	-	-
Beton za pad	0,08	24,0	1,92
AB ploča	0,20	25,0	5,0
Vap. cementna žbuka	0,02	19,0	0,38

Ukupno stalno opterećenje : $g_{600} = 3,63 + 5,0 = 8,63$ (kN/m²)

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

$$g = \gamma_{ab} \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,20 \text{ m} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 3,63 \text{ kN/m}^2$$

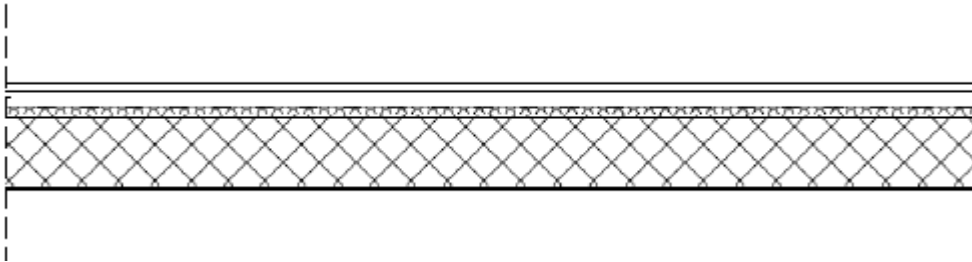
2.1.2. Korisno opterećenje

Neprohodni krov, osim za uobičajeno održavanje i popravak, nagib <20°

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

2.2. Međukatne konstrukcije - AB stropne ploče (POZ 500, POZ 400, POZ 300, POZ 200)

2.2.1. Stalno opterećenje



Slika 2. Prikaz slojeva međukatnih konstrukcija POZ 500- POZ 200

Slojevi međukatne konstrukcije	d (m)	γ (kN/m ³)	d· γ (kN/m ²)
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	0,009
AB ploča	0,20	25,0	5,0
Pregrade	-	-	1,0

Ukupno stalno opterećenje : $g_{500-200} = 2,37 + 5,0 = 7,37$ (kN/m²)

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

$$g = \gamma_{ab} \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,20 \text{ m} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,37 \text{ kN/m}^2$$

2.2.2. Korisno opterećenje

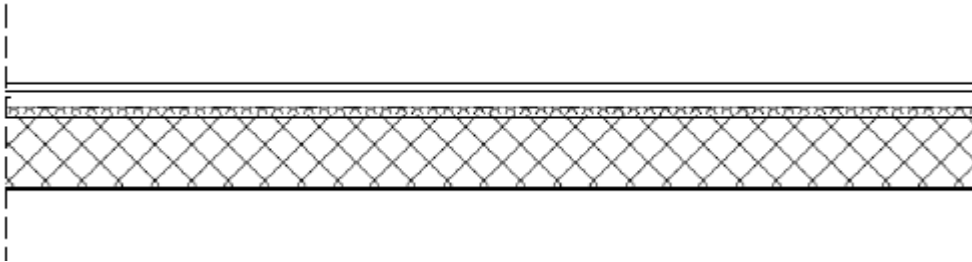
Korisno opterećenje međukatne konstrukcije određeno je pravilnikom i iznosi:

$$q = 2,0 \text{ kN/m}^2 \text{ - za unutarnje stambene prostore}$$

NAPOMENA: Uporabno opterećenje za armiranobetonske ploče povećano je za 20% ($q=0,2 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2=2,50 \text{ kN/m}^2$) iz razloga što nisu napravljene mjerodavne sheme opterećenja.

2.3. Međukatne konstrukcije - AB stropne ploče (POZ 100)

2.3.1. Stalno opterećenje



Slika 3. Prikaz slojeva međukatne konstrukcije POZ 100

Slojevi međukatne konstrukcije	d (m)	γ (kN/m ³)	d· γ (kN/m ²)
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	0,009
AB ploča	0,25	25,0	6,25
Pregrade	-	-	1,0

Ukupno stalno opterećenje : $g_{100} = 2,37 + 6,25 = 8,62$ (kN/m²)

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

$$g = \gamma_{ab} \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,25 \text{ m} = 6,25 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 2,37 \text{ kN/m}^2$$

2.3.2. Korisno opterećenje

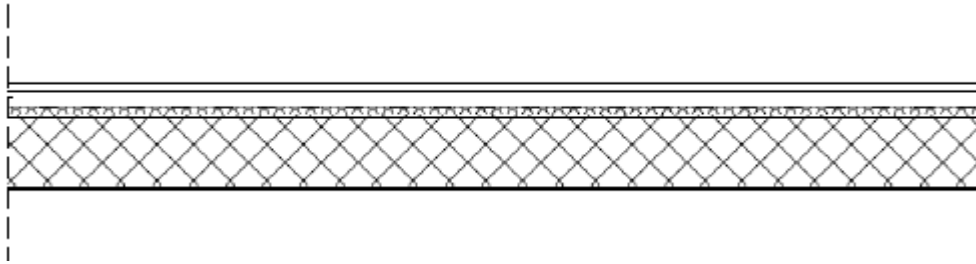
Korisno opterećenje međukatne konstrukcije određeno je pravilnikom i iznosi:

$$q = 2,0 \text{ kN/m}^2 \text{ - za unutarnje stambene prostore}$$

NAPOMENA: Uporabno opterećenje za armiranobetonske ploče povećano je za 20% ($q=0,2 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2=2,50 \text{ kN/m}^2$) iz razloga što nisu napravljene mjerodavne sheme opterećenja.

2.4. Pod garaže (POZ 000)

2.4.1. Stalno opterećenje



Slika 4.- Prikaz slojeva poda garaže- POZ 000

Slojevi međukatne konstrukcije	d (m)	γ (kN/m ³)	d· γ (kN/m ²)
Završni sloj	0,01	18	0,18
Estrih	0,05	22,0	1,1
Hidroizolacija	0,01	18,0	0,18
AB ploča	0,40	25,0	10,0

Ukupno stalno opterećenje : $g_{100} = 1,46 + 10,0 = 11,46 \text{ kN/m}^2$

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

$$g = \gamma_{ab} \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,40 \text{ m} = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

Dodatno stalno opterećenje iznosi:

$$\Delta g = 1,46 \text{ kN/m}^2$$

2.4.2. Korisno opterećenje

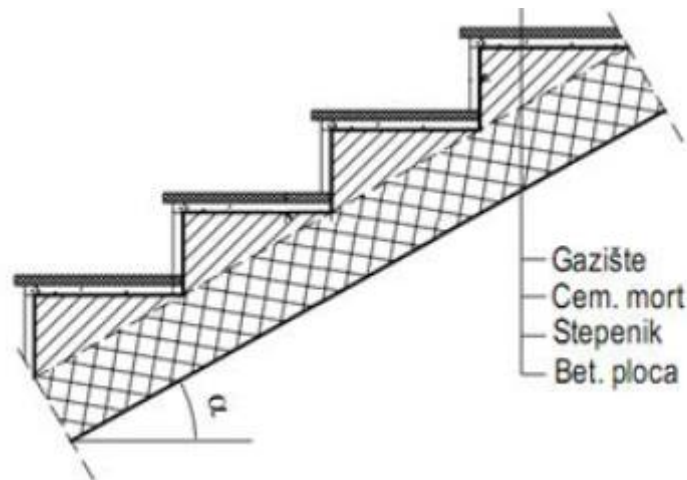
Korisno opterećenje međukatne konstrukcije određeno je projektom i iznosi:

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

NAPOMENA: Uporabno opterećenje za armiranobetonske ploče povećano je za 20% ($q=0,2 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2=2,50 \text{ kN/m}^2$) iz razloga što nisu napravljene mjerodavne sheme opterećenja.

2.5. Stubište

2.5.1. Stalno opterećenje



Slika 5. Prikaz slojeva stubišta

Slojevi međukatne konstrukcije	d (m)	γ (kN/m ³)	d· γ (kN/m ²)
Pod (pločice ili kamen)	0,02	27,0	0,54
Cementni mort	0,03	22,0	0,66
AB stube	0,1875/2	25,0	2,34
AB ploča	0,15	25,0	3,75
Vap. cementa žbuka	0,01	19,0	0,19

Ukupno stalno opterećenje : $g_{st} = 7,48$ (kN/m²)

2.5.2. Korisno opterećenje

Korisno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

$q_{st} = 4,0$ (kN/m²)

2.6. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom na krov određuje se izrazom:

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

gdje je

C_e - koeficijent izloženosti (uglavnom $C_e=1,0$)

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

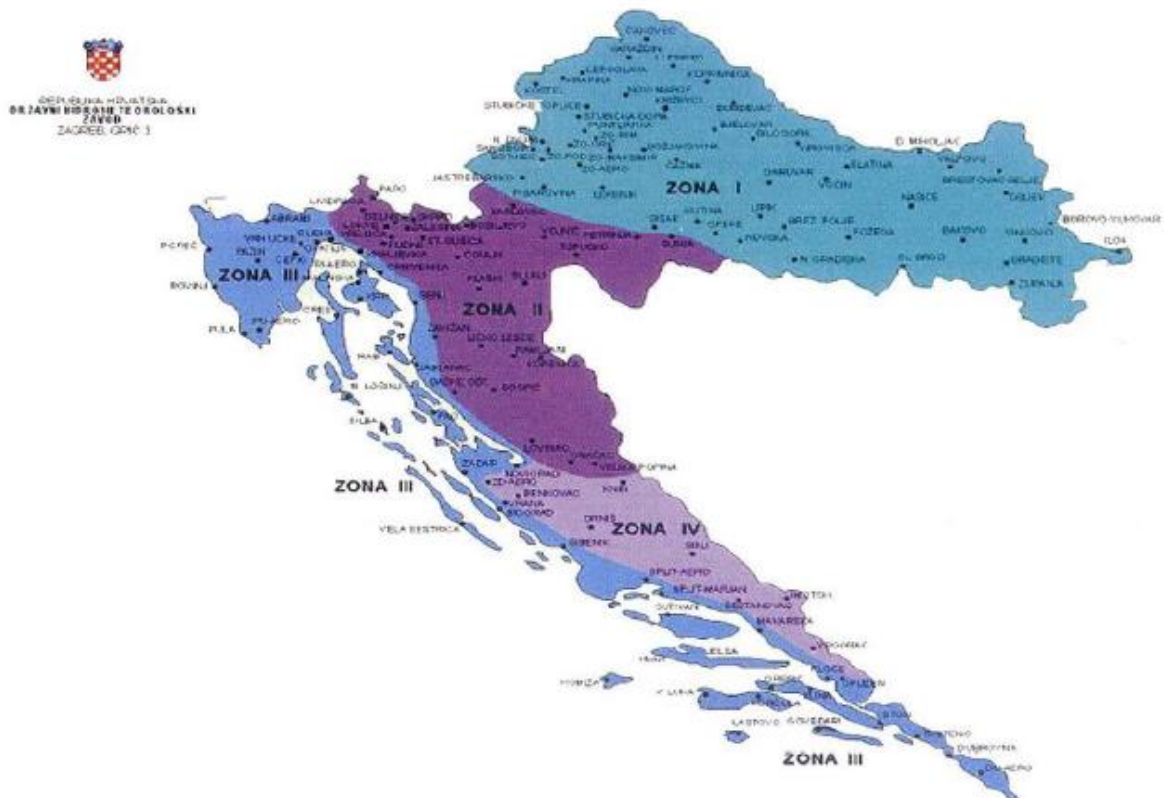
μ_i -koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu

Kut nagiba krova	$0^\circ < \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
Koeficijent oblika μ_i	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha)/30$	0,0

Krov nagiba $0^\circ < \alpha < 30^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$

S_k -karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo (kN/m^2)

Zona Split, područje C (zona III), nadmorska visina do 100 m $\rightarrow S_k=0,45$ (kN/m^2)



Slika 6. Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom S_k

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 0,36 \text{ kN/m}^2$$

2.7. Opterećenje vjetrom

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

Ovdje će biti prikazan pojednostavljen proračun za stalne konstrukcije.

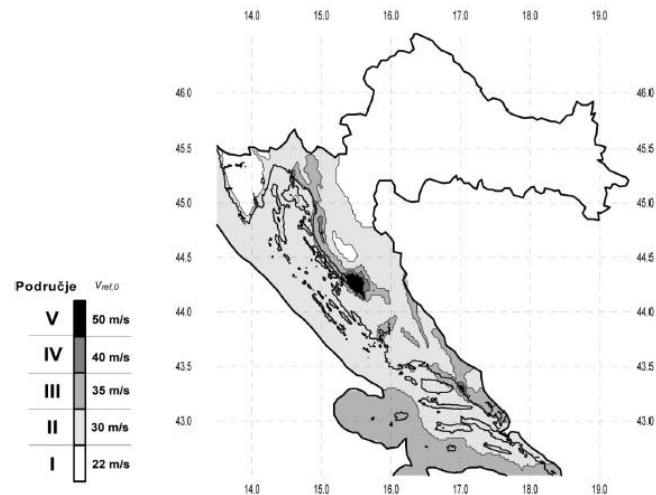
Predmetna građevina se nalazi u Splitu, predio Žnjan, regija P9- južnojadransko priobalje (južno od Zadra), III kategorija zemljišta, na poziciji gdje je uglavnom nezaštićena od djelovanja vjetra (viša od ostalih građevina oko nje). Prema hrvatskim normama (HRV ENV 1991-2-3: 2005) predmetna lokacija je smještena u III područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra $w_0 = 30$ m/s.

Oznaka regije	Opis regije	Područje opterećenja vjetrom
P1	zapadna unutrašnjost (od Požeške kotline do zapadne granice Hrvatske)	I
P2	istočna unutrašnjost (od Požeške kotline do istočne granice Hrvatske)	I
P3	Gorski Kotar i unutrašnjost Istre	I, II
P4	Lika	I, II
P5	Velebit i planinsko zaleđe južnojadranskog priobalja	II, III, IV, V
P6	obala Istre	II
P7	sjevernojadransko priobalje (od Opatije do Zadra)	II, III, IV
P8	sjevernojadranski otoci (od Krka do Paga)	II, III
	mostovi Krk i Pag	IV
P9	južnojadransko priobalje (južno od Zadra)	II, III
	područje Makarske	V
P10	južnojadranski otoci (južno od Paga)	II, III

Slika 7. Opis regija

	Kategorija zemljišta	k_r	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

Slika 8. Opis zemljišta



Slika 9.- Zemljovid područja opterećenja vjetrom

Analiza opterećenja vjetrom

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra

$$q_{\text{ref}} = \left(\frac{\rho \cdot w_{\text{ref}}^2}{2} \right)$$

Gustoća zraka

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

Poredbena brzina vjetra:

$$w_{\text{ref}} = w_{\text{ref},0} \cdot c_{\text{DIR}} \cdot c_{\text{TEM}} \cdot c_{\text{ALT}}$$

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

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

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

Osnovna vrijednost poredbene brzine vjetra:

(područje III.)

$$w_{\text{ref}} = 35 \text{ (m/s)}$$

Koeficijent nadmorske visine:

(nadmorska visina "as" je 28,80 m)

$$c_{\text{ALT}} = 1 + 0,0001 \cdot a_s = 1 + 0,0001 \cdot 28,80 = 1,003$$

Poredbena brzina vjetra:

$$w_{\text{ref}} = 35,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,003 = 35,11 \text{ (m/s)}$$

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra:

$$q_{\text{ref}} = \left(\frac{1,25 \cdot 35,11^2}{2} \right) = 0,77 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

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

- Pritisak na vanjske površine $w_{\text{ref}} = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$

- Pritisak na unutarnje površine $w_{\text{ref}} = q_{\text{ref}} \cdot c_i(z_i) \cdot c_{pi}$

q_{ref} - referentni pritisak pri srednjoj brzini vjetar

$c_e(z_e)$ i $c_i(z_i)$ - 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

Koeficijent izloženosti " $c_e(z_e)$ "

(kategorija zemljišta III, regija P9- južnojadransko priobalje)

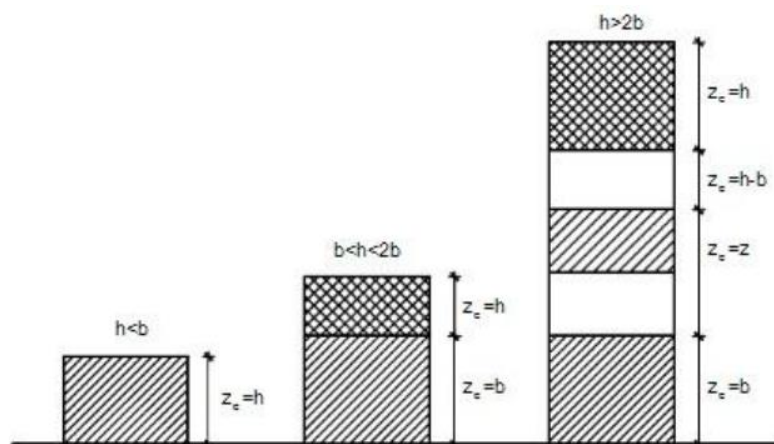
Visina konstrukcije nad tlom:

Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

X-smjer $b=20,10$ m

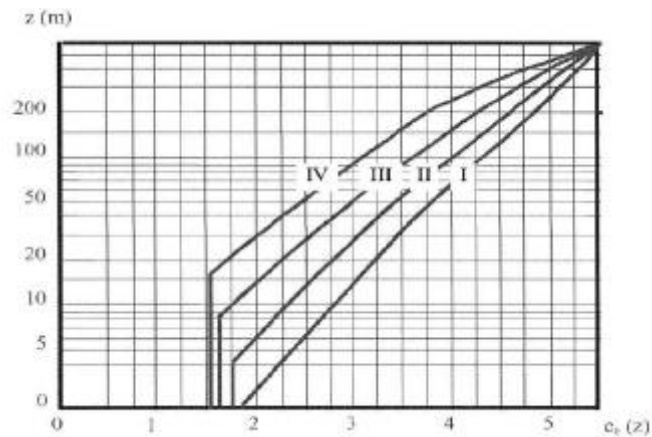
Y-smjer $b=15,35$ m

Poredbena visina $b=15,50$ m



Slika 10. Poredbena visina z_e u ovisnosti o visini h i širini b

Koeficijent izloženosti:



Slika 11. Koeficijent izloženosti $c_e(z)$ u ovisnosti o kategoriji terena od I o IV i visini z iznad terena

$$c_e(z)_g = 2,1$$

$$c_e(z)_d = 2,0$$

$$q_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 35,11^2 = 770,445 \text{ (N/m}^2\text{)} = 0,770 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Analiza opterećenja vjetrom u Y smjeru (manja fasada)

Visina konstrukcije nad tlom: $h=15,50 \text{ m}$

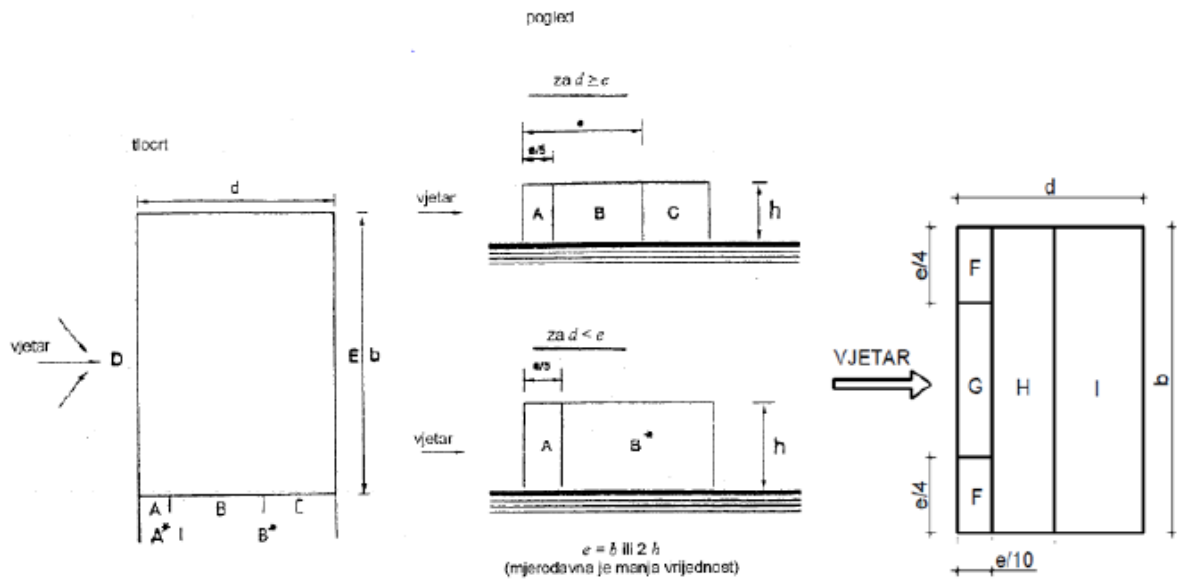
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

x- smjer $b=15,35 \text{ m}$

Poredbena visina $b < h < 2b$

Proračun koeficijenta vanjskog pritiska C_{pe}

-ravni krov



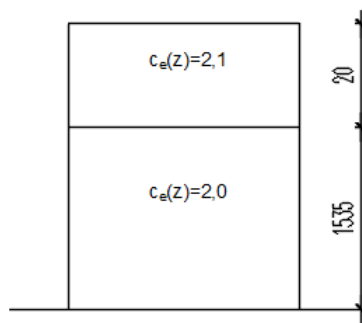
Slika 12. Zone djelovanja vjetra

Područje	F	G	H	I
C_{pe}	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2

Tablica 1. Koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu ravnog krova

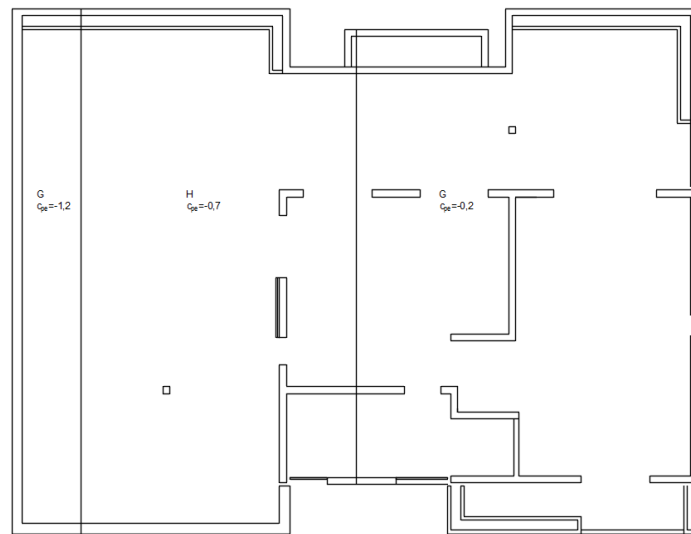
Područje	A	B	C	D	E
C_{pe}	-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tablica 2. Koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova



Slika 13. Koeficijent izloženosti $c_e(z)$ u ovisnosti o kategoriji terena I do IV i visini z iznad terena

Koeficijent vanjskog tlaka " c_{pe} " na krovu:



Slika 14. Zone djelovanja koeficijenta vanjskog tlaka

Tlak vjetra na vanjske površine " w_e "

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

ZONA	D	E	F	G	H	I
q_{ref}	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
c_{pe}	0,8	-0,3	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2
$c_e(z)$	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1
$w_e(kN/m^2)$	1,29	-0,48	-2,91	-1,94	-1,13	-0,32

Tablica 3. Opterećenje vjetrom na konstrukciju $c_e(z_e)=2,1$

ZONA	A	B	C	A*	B*	C*
q_{ref}	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
c_{pe}	-1,0	-0,8	-0,5	-1,0	-0,8	-0,5
$c_e(z)$	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
$w_e(kN/m^2)$	-1,62	-1,29	-0,81	-1,54	-1,23	-0,77

Tablica 4. Opterećenje vjetrom na konstrukciju $c_e(z_e)=2,1$ i $c_e(z_e)=2,0$

Analiza opterećenja vjetrom u X smjeru (veća fasada)

Visina konstrukcije nad tlom: $h=15,50$ m

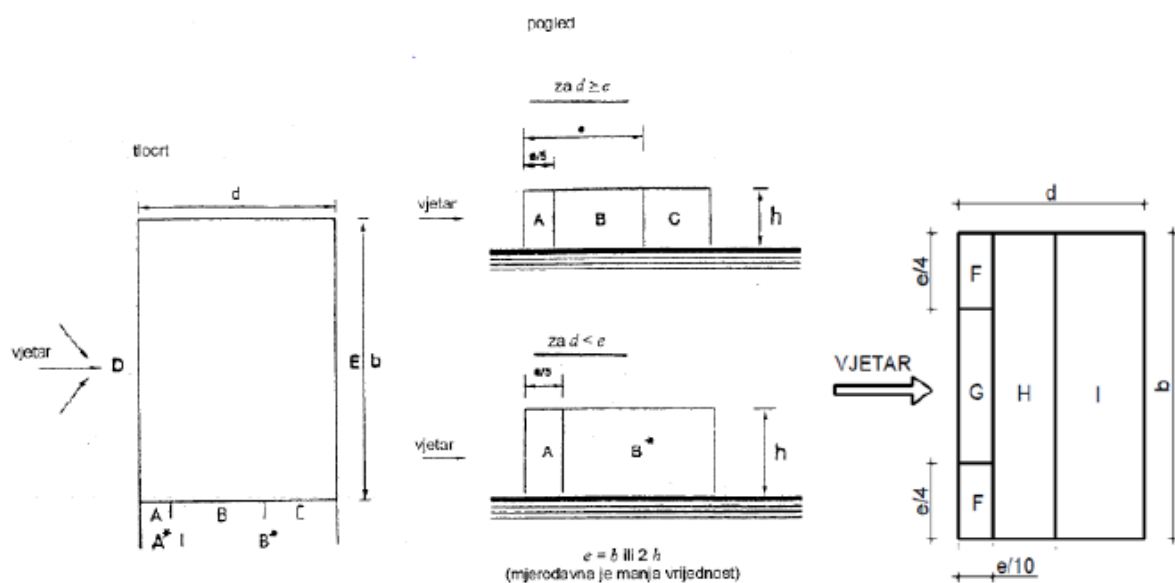
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

x- smjer $b=20,10$ m

Poredbena visina $h < b$

Proračun koeficijenta vanjskog pritiska C_{pe}

-ravni krov



Slika 15. Zone djelovanja vjetra

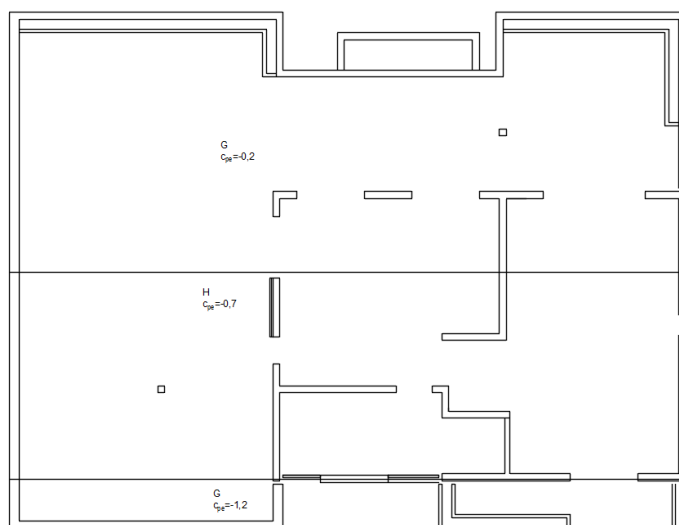
Područje	F	G	H	I
C_{pe}	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2

Tablica 5. Koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu ravnog krova

Područje	A	B	C	D	E
C_{pe}	-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tablica 6. Koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova

Koeficijent vanjskog tlaka " c_{pe} " na krovu:



Slika 16. Zone djelovanja koeficijenta vanjskog tlaka

Tlak vjetra na vanjske površine " w_e "

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

ZONA	D	E	F	G	H	I
q_{ref}	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
c_{pe}	0,8	-0,3	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2
$c_e(z)$	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
$w_e(kN/m^2)$	1,29	-0,48	-2,91	-1,94	-1,13	-0,32

Tablica 7. Opterećenje vjetrom na konstrukciju $c_e(z_e)=2,1$

ZONA	A	B	C	A*	B*	C*
q_{ref}	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
c_{pe}	-1,0	-0,8	-0,5	-1,0	-0,8	-0,5
$c_e(z)$	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
$w_e(kN/m^2)$	-1,62	-1,29	-0,81	-1,54	-1,23	-0,77

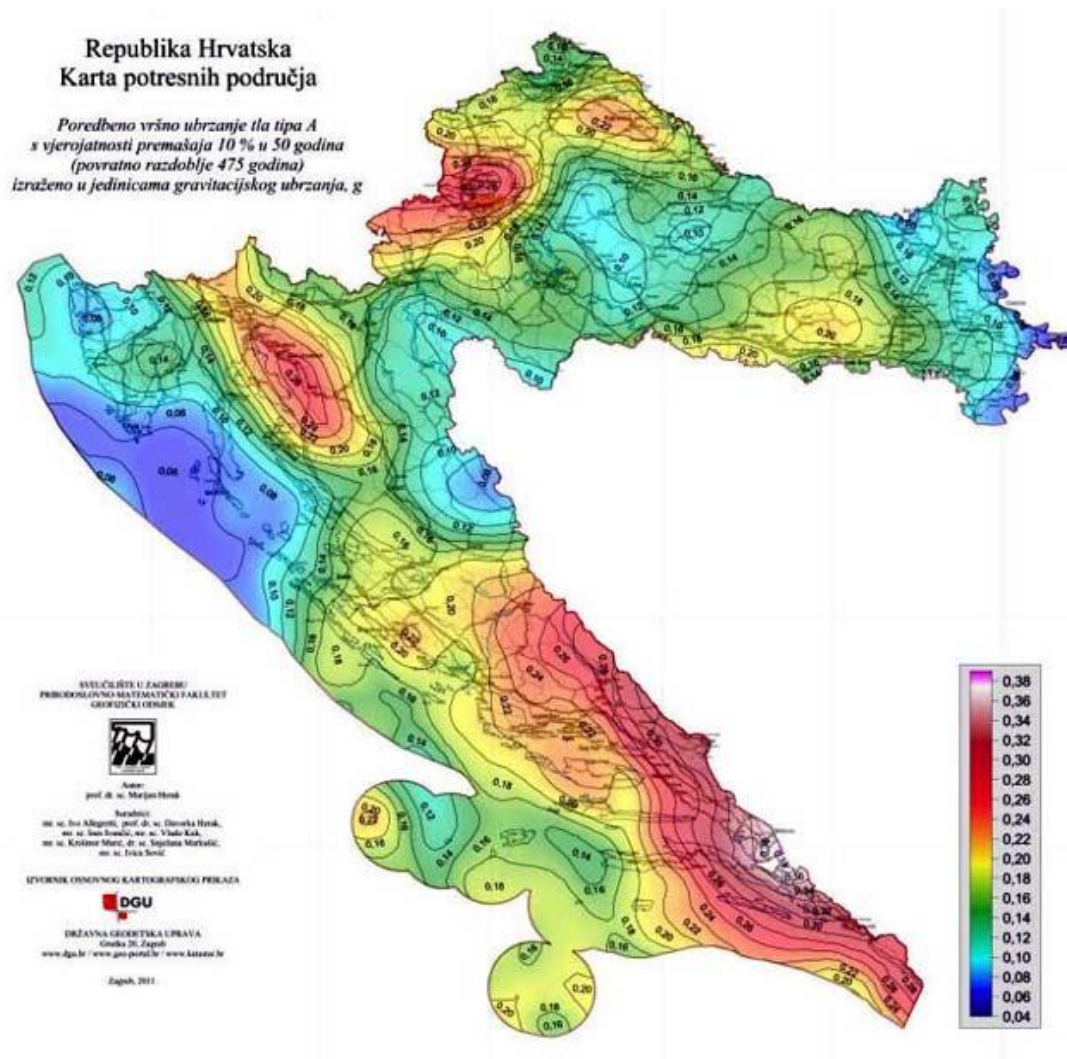
Tablica 8. Opterećenje vjetrom na konstrukciju $c_e(z_e)=2,1$ i $c_e(z_e)=2,0$

2.8. Izvanredno opterećenje

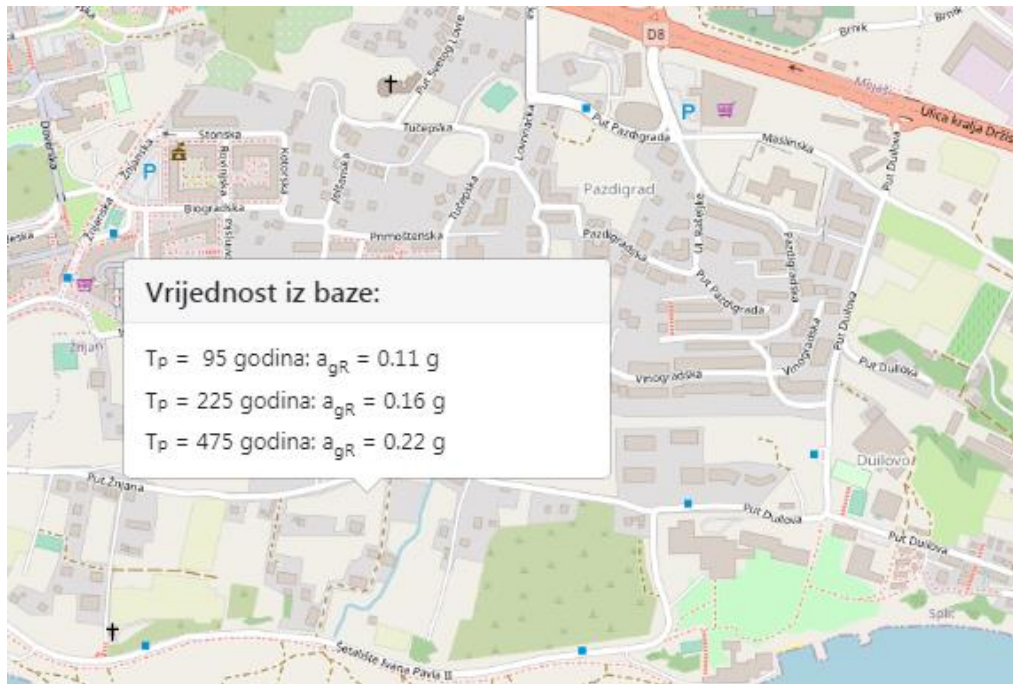
2.8.1. Seizmičko opterećenje S_x i S_y

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% korisnog opterećenja : $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q$.

Potresne sile proračunate su metodom višemodalne (spektralne) analize prema EC-8 pomoću računalnog programa Scia Engineer 20.1 koristeći prostorni (3D) model konstrukcije. Građevina se nalazi na području grada Splita, predio Žnjan gdje poredbeno vršno ubrzanje iznosi $a_g=0,22$ g prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske. Računsko ubrzanje očitano je za povratni period od 475 godina.



Slika 17 . Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 18. Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Klasificiranjem vrste temeljnog tla utvrđeno je da se građevina nalazi na tlu klase A koja se odnosi na stijenu ili drugu geološku formaciju s najviše 5 m slabijeg tla pri površini i krute naslage pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline.

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Tablica 9. Kategorije tla s pripadajućim periodima

Klasa tla	A
računsko ubrzanje tla a_g	0,220g
Koeficijent računskog ubrzanja tla $\alpha = \frac{a_g}{g}$	0,220
Faktor tla S za klasu tla A	1,0
Donja vrijednost faktora horizontalnog spektra odziva β	0,2
Granični period osciliranja za klasu tla A	$T_B=0,150$ s $T_C=0,400$ s $T_D=2,000$ s

2.8.2. 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 :

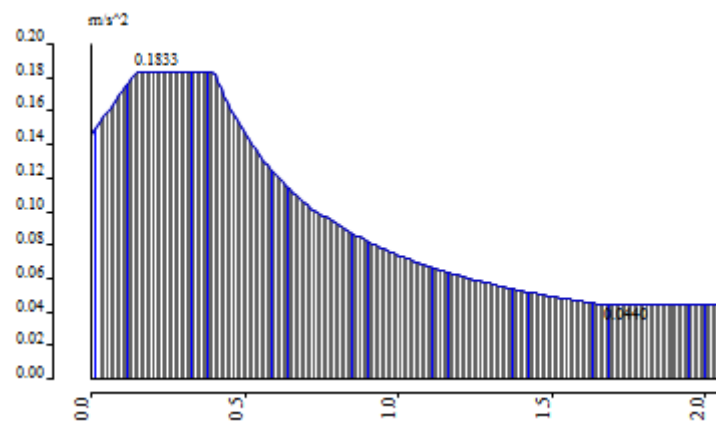
$q_0=4,0$ - osnovna vrijednost faktora ponašanja (konstrukcija s zidovima)

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

$k_r= 1,0$ - koeficijent pravilnosti konstrukcije (pravilna konstrukcija)

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

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w = 4,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,0$$



Slika 19. Normirani računski spektar odaziva

3. NUMERIČKI MODEL I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

3.1. Numerički model

Numerički model izrađen je u računalnom programu Scia Engineer 20.1. Modelom su obuhvaćene sve ploče (POZ 000-POZ 600), svi zidovi i sve grede. Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastitom težinom same konstrukcije) , dodatni stalnim opterećenjem , korisnim opterećenjem, snijegom, vjetrom i seizmičkim opterećenjem u dva smjera. Sva opterećenja, osim seizmičkog zadana su kao raspodijeljeno opterećenje po pločama i zidovima dok je seizmičko opterećenje generirano kroz računalni program.

Međukatne konstrukcije POZ 200, POZ 300, POZ 400, POZ 500, POZ 600 su armirano-betonske ploče debljine 20 cm , POZ 100 debljine 25 cm i POZ 000 debljine 40 cm. Zidovi su također armirano-betonski debljine 20 cm ,modelirani kao 2D elementi. Grede su pravokutnih poprečnih presjeka te su modelirane kao 2D elementi. Stupovi garaže su pravokutnih presjeka, modelirani su kao štapni elementi. Ploče, zidovi i grede su klase betona C 30/37 , dok su stupovi garaže klase betona C 40/50. Kvaliteta čelika za sve elemente je B 500B.

3.2. Mjerodavne kombinacije opterećenja

$$1. \text{ GSN1} : 1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,50 \cdot q$$

$$1. \text{ GSN2} : 1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,50 \cdot s$$

$$1. \text{ GSN3} : 1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,50 \cdot w_x$$

$$1. \text{ GSN4} : 1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,50 \cdot w_y$$

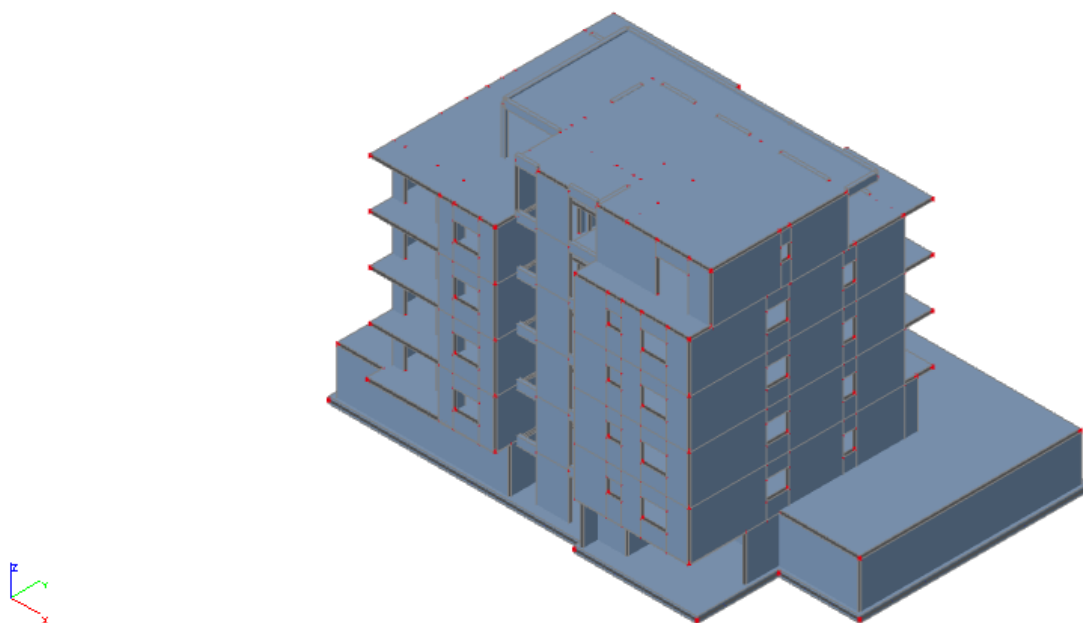
$$1. \text{ GSN5} : 1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,50 \cdot q + 1,5 \cdot (0,9) \cdot s$$

$$1. \text{ GSU} : 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$

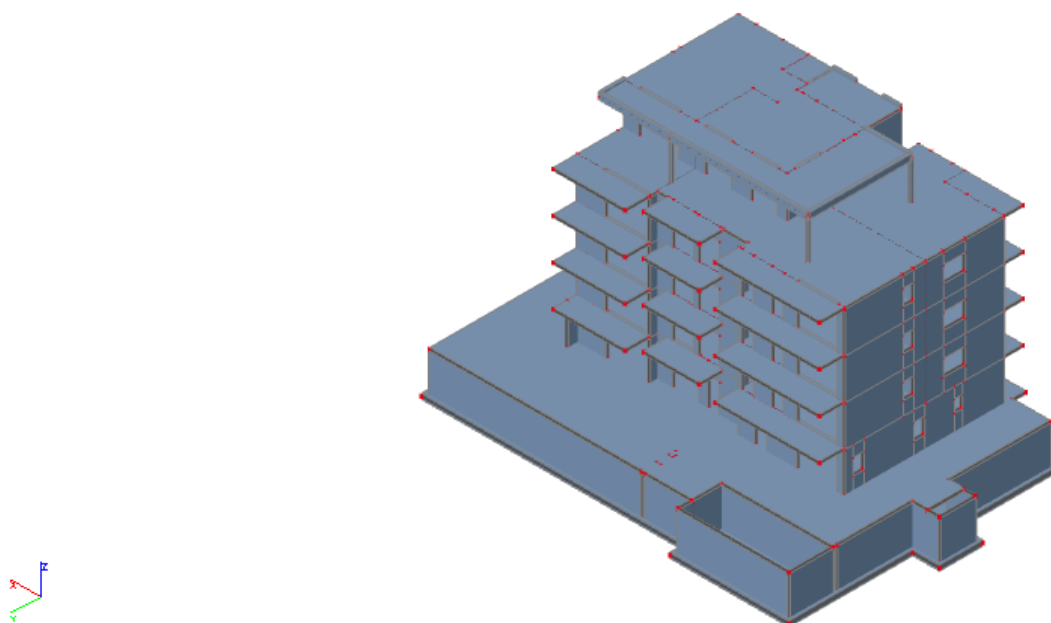
Glavne seizmičke kombinacije sa ostalim opterećenjem

$$3. 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$$4. 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$



Slika 20. Prikaz renderiranog modela- Izometrija 1



Slika 21. Prikaz renderiranog modela- Izometrija 2

4. MODALNA ANALIZA

4.1. Prikaz sudjelujućih masa

Calculation protocol

Solution of Free vibration

Number of 2D elements	4553
Number of 1D elements	125
Number of mesh nodes	4254
Number of equations	25524
Combination of mass groups	MC1 CM1
Number of frequencies	150
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	11.06.2021 16:12
End of calculation	11.06.2021 16:14

Sum of masses

Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1 Moving mass	2924140,8	2924140,8	2924140,8
1 Total mass	2924140,8	2924140,8	2924140,8

Relative modal masses

Mode	omega [rad/ε]	Period [s]	Freq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	N_{xi_R}/W_{xtot_I}	N_{yi_R}/W_{ytot_I}	W_{zi_R}/W_{ztot_I}
1	29.107	0,22	4,63	0,0681	0,4182	0,0042	0,3238	0,0477	0,0010
2	31.9484	0,20	5,08	0,3908	0,0837	0,0000	0,0507	0,2595	0,0000
3	54.5934	0,12	8,69	0,0275	0,0004	0,0030	0,0029	0,0439	0,3881
4	62.859	0,10	10,00	0,0100	0,0137	0,3723	0,0048	0,0022	0,0076
5	69.6167	0,09	11,08	0,0002	0,0084	0,2106	0,0011	0,0005	0,0003
6	79.8237	0,08	12,70	0,0081	0,0012	0,0073	0,0015	0,0049	0,0008
7	83.7498	0,08	13,33	0,0417	0,0001	0,0943	0,0019	0,0753	0,0144
8	89.279	0,07	14,21	0,0434	0,0191	0,0141	0,0295	0,0966	0,0107
9	92.4752	0,07	14,72	0,0000	0,0011	0,0005	0,0022	0,0005	0,0008
10	94.4401	0,07	15,03	0,0006	0,0203	0,0000	0,0325	0,0114	0,0082
11	96.4461	0,07	15,35	0,0001	0,1132	0,0083	0,1362	0,0098	0,0138
12	98.4635	0,06	15,67	0,0236	0,0093	0,0215	0,0128	0,0184	0,0001
13	98.9937	0,06	15,76	0,0221	0,0001	0,0120	0,0016	0,0230	0,0002
14	102.893	0,06	16,38	0,0049	0,0209	0,0000	0,0141	0,0024	0,0010
15	103.947	0,06	16,54	0,0132	0,0003	0,0025	0,0012	0,0000	0,0123
16	105.687	0,06	16,82	0,0061	0,0036	0,0024	0,0119	0,0026	0,0015
17	106.74	0,06	16,99	0,0002	0,0661	0,0055	0,0093	0,0070	0,0041
18	108.126	0,06	17,21	0,0077	0,0005	0,0000	0,0031	0,0012	0,0049
19	109.934	0,06	17,50	0,0087	0,0005	0,0022	0,0006	0,0003	0,0248
20	113.247	0,06	18,02	0,0002	0,0005	0,0007	0,0008	0,0007	0,0017
21	115.136	0,05	18,32	0,0024	0,0018	0,0001	0,0007	0,0007	0,0024
22	116.136	0,05	18,48	0,0013	0,0008	0,0001	0,0006	0,0000	0,0003
23	118.299	0,05	18,83	0,0008	0,0001	0,0006	0,0005	0,0011	0,0059
24	119.182	0,05	18,97	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0055
25	120.28	0,05	19,14	0,0027	0,0001	0,0003	0,0005	0,0007	0,0002
26	120.926	0,05	19,25	0,0009	0,0021	0,0000	0,0016	0,0001	0,0003
27	122.341	0,05	19,47	0,0005	0,0013	0,0000	0,0013	0,0002	0,0010
28	122.54	0,05	19,50	0,0007	0,0024	0,0016	0,0009	0,0043	0,0037
29	124.086	0,05	19,75	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0008	0,0001
30	124.745	0,05	19,85	0,0000	0,0028	0,0003	0,0055	0,0060	0,0007
31	125.13	0,05	19,92	0,0019	0,0021	0,0005	0,0004	0,0024	0,0012
32	126.531	0,05	20,14	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
33	127.677	0,05	20,32	0,0001	0,0014	0,0000	0,0006	0,0006	0,0030
34	129.155	0,05	20,56	0,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0014
35	129.917	0,05	20,68	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0005
36	130.281	0,05	20,73	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0010
37	131.143	0,05	20,87	0,0032	0,0000	0,0004	0,0001	0,0027	0,0044
38	132.859	0,05	21,15	0,0003	0,0008	0,0000	0,0002	0,0003	0,0018
39	133.939	0,05	21,32	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0009
40	134.041	0,05	21,33	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0003
41	134.79	0,05	21,45	0,0038	0,0003	0,0017	0,0001	0,0012	0,0231
42	135.5	0,05	21,57	0,0000	0,0001	0,0009	0,0003	0,0005	0,0004
43	136.847	0,05	21,78	0,0001	0,0000	0,0006	0,0007	0,0000	0,0080
44	137.958	0,05	21,96	0,0013	0,0009	0,0022	0,0008	0,0007	0,0183
45	142.049	0,04	22,61	0,0038	0,0009	0,0048	0,0003	0,0015	0,0001
46	146.282	0,04	23,28	0,0439	0,0018	0,0039	0,0007	0,0098	0,0093
47	147.164	0,04	23,42	0,0134	0,0015	0,0006	0,0012	0,0055	0,0046
48	148.231	0,04	23,59	0,0129	0,0030	0,0015	0,0025	0,0036	0,0231
49	149.333	0,04	23,77	0,0042	0,0047	0,0000	0,0069	0,0011	0,0092
50	151.351	0,04	24,09	0,0000	0,0006	0,0003	0,0001	0,0001	0,0009
51	151.725	0,04	24,15	0,0038	0,0004	0,0055	0,0009	0,0016	0,0199
52	152.919	0,04	24,34	0,0007	0,0004	0,0034	0,0008	0,0063	0,0003

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	W_{x1}/W_{xtot}	W_{y1}/W_{ytot}	W_{z1}/W_{ztot}	N_{x1_R}/W_{xtot_F}	N_{y1_R}/W_{ytot_F}	N_{z1_R}/W_{ztot_F}
53	155.196	0,04	24,70	0,0001	0,0001	0,0003	0,0022	0,0000	0,0005
54	157.257	0,04	25,03	0,0001	0,0001	0,0002	0,0025	0,0004	0,0002
55	158.617	0,04	25,24	0,0020	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008
56	159.358	0,04	25,36	0,0051	0,0007	0,0001	0,0080	0,0003	0,0041
57	162.696	0,04	25,89	0,0043	0,0005	0,0004	0,0017	0,0042	0,1442
58	163.942	0,04	26,09	0,0008	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0026
59	165.043	0,04	26,27	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0011
60	166.803	0,04	26,55	0,0086	0,0000	0,0067	0,0000	0,0122	0,0002
61	170.423	0,04	27,12	0,0023	0,0007	0,0000	0,0000	0,0007	0,0029
62	173.134	0,04	27,56	0,0029	0,0014	0,0021	0,0013	0,0027	0,0006
63	178.561	0,04	28,42	0,0000	0,0002	0,0007	0,0003	0,0009	0,0011
64	179.366	0,04	28,55	0,0165	0,0008	0,0008	0,0001	0,0010	0,0115
65	182.733	0,03	29,08	0,0121	0,0007	0,0005	0,0000	0,0001	0,0016
66	184.111	0,03	29,30	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
67	185.485	0,03	29,52	0,0131	0,0000	0,0001	0,0005	0,0002	0,0003
68	188.345	0,03	29,98	0,0038	0,0004	0,0000	0,0020	0,0002	0,0004
69	190.344	0,03	30,29	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
70	191.75	0,03	30,52	0,0003	0,0003	0,0022	0,0009	0,0005	0,0000
71	193.623	0,03	30,82	0,0012	0,0000	0,0286	0,0264	0,0152	0,0031
72	194.358	0,03	30,93	0,0005	0,0002	0,0281	0,0254	0,0021	0,0001
73	195.233	0,03	31,07	0,0005	0,0000	0,0088	0,0106	0,0011	0,0003
74	196.191	0,03	31,22	0,0002	0,0008	0,0076	0,0128	0,0038	0,0007
75	197.366	0,03	31,41	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0011	0,0008
76	198.164	0,03	31,54	0,0004	0,0007	0,0017	0,0014	0,0111	0,0018
77	199.455	0,03	31,74	0,0010	0,0000	0,0000	0,0001	0,0020	0,0005
78	199.848	0,03	31,81	0,0084	0,0000	0,0000	0,0023	0,0179	0,0000
79	201.514	0,03	32,07	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010
80	202.511	0,03	32,23	0,0002	0,0001	0,0015	0,0131	0,0025	0,0000
81	203.972	0,03	32,46	0,0013	0,0001	0,0001	0,0012	0,0039	0,0032
82	205.323	0,03	32,68	0,0004	0,0004	0,0002	0,0003	0,0001	0,0143
83	206.091	0,03	32,80	0,0010	0,0002	0,0049	0,0114	0,0035	0,0010
84	207.251	0,03	32,99	0,0005	0,0001	0,0002	0,0005	0,0048	0,0026
85	209.615	0,03	33,36	0,0006	0,0002	0,0016	0,0008	0,0093	0,0052
86	210.721	0,03	33,54	0,0063	0,0000	0,0052	0,0018	0,0260	0,0007
87	211.004	0,03	33,58	0,0015	0,0027	0,0024	0,0031	0,0096	0,0004
88	212.366	0,03	33,80	0,0000	0,0037	0,0018	0,0047	0,0013	0,0014
89	213.409	0,03	33,97	0,0001	0,0008	0,0003	0,0019	0,0000	0,0002
90	214.052	0,03	34,07	0,0004	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0041
91	215.964	0,03	34,37	0,0082	0,0003	0,0013	0,0019	0,0285	0,0013
92	217.526	0,03	34,62	0,0003	0,0002	0,0002	0,0007	0,0075	0,0028
93	218.22	0,03	34,73	0,0051	0,0003	0,0000	0,0006	0,0052	0,0014
94	219.323	0,03	34,91	0,0000	0,0024	0,0027	0,0075	0,0007	0,0023
95	219.449	0,03	34,93	0,0115	0,0008	0,0018	0,0004	0,0169	0,0004
96	220.21	0,03	35,05	0,0087	0,0002	0,0000	0,0004	0,0149	0,0013
97	222.458	0,03	35,41	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000
98	224.061	0,03	35,66	0,0000	0,0002	0,0000	0,0016	0,0002	0,0000
99	224.506	0,03	35,73	0,0042	0,0000	0,0015	0,0009	0,0063	0,0018
100	225.644	0,03	35,91	0,0006	0,0077	0,0004	0,0141	0,0022	0,0010
101	226.069	0,03	35,98	0,0003	0,0010	0,0000	0,0042	0,0000	0,0012
102	228.277	0,03	36,33	0,0006	0,0008	0,0000	0,0022	0,0049	0,0003
103	230.094	0,03	36,62	0,0004	0,0001	0,0001	0,0006	0,0001	0,0006
104	230.967	0,03	36,76	0,0013	0,0001	0,0001	0,0002	0,0034	0,0044
105	231.368	0,03	36,82	0,0002	0,0008	0,0005	0,0030	0,0002	0,0000
106	232.647	0,03	37,03	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0002
107	233.85	0,03	37,22	0,0018	0,0001	0,0025	0,0003	0,0037	0,0058
108	235.249	0,03	37,44	0,0002	0,0002	0,0000	0,0005	0,0009	0,0001
109	235.926	0,03	37,55	0,0000	0,0009	0,0000	0,0021	0,0000	0,0013
110	236.584	0,03	37,65	0,0002	0,0009	0,0020	0,0033	0,0076	0,0007
111	237.671	0,03	37,83	0,0004	0,0000	0,0001	0,0000	0,0013	0,0000
112	238.573	0,03	37,97	0,0001	0,0016	0,0002	0,0031	0,0007	0,0056
113	241.157	0,03	38,38	0,0049	0,0002	0,0010	0,0000	0,0135	0,0015
114	242.535	0,03	38,60	0,0016	0,0013	0,0006	0,0023	0,0018	0,0001
115	246.52	0,03	39,23	0,0001	0,0019	0,0001	0,0028	0,0010	0,0010
116	246.721	0,03	39,27	0,0000	0,0005	0,0005	0,0013	0,0000	0,0002
117	248.851	0,03	39,61	0,0003	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0009
118	250.211	0,03	39,82	0,0006	0,0035	0,0001	0,0035	0,0003	0,0000
119	251.249	0,03	39,99	0,0005	0,0040	0,0005	0,0062	0,0003	0,0002
120	252.796	0,02	40,23	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0104
121	254.307	0,02	40,47	0,0001	0,0003	0,0007	0,0002	0,0002	0,0189
122	255.721	0,02	40,70	0,0000	0,0001	0,0007	0,0001	0,0004	0,0088
123	257.044	0,02	40,91	0,0000	0,0014	0,0004	0,0023	0,0000	0,0021
124	258.475	0,02	41,14	0,0001	0,0005	0,0001	0,0010	0,0000	0,0113
125	260.789	0,02	41,51	0,0008	0,0085	0,0004	0,0111	0,0008	0,0006
126	263.233	0,02	41,89	0,0049	0,0181	0,0005	0,0220	0,0047	0,0002
127	264.161	0,02	42,04	0,0003	0,0090	0,0000	0,0077	0,0006	0,0000
128	264.802	0,02	42,14	0,0004	0,0037	0,0000	0,0019	0,0003	0,0014

Mode	omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	W _x /W _{xtot}	W _y /W _{ytot}	W _z /W _{ztot}	N _{xl_R} /W _{xtot_F}	N _{yl_R} /W _{ytot_F}	W _{zl_R} /W _{ztot_F}
129	266.382	0,02	42,40	0,0001	0,0098	0,0000	0,0104	0,0003	0,0007
130	268.17	0,02	42,68	0,0003	0,0060	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001
131	268.964	0,02	42,81	0,0000	0,0035	0,0002	0,0021	0,0001	0,0001
132	270.78	0,02	43,10	0,0001	0,0122	0,0005	0,0046	0,0003	0,0000
133	271.598	0,02	43,23	0,0001	0,0010	0,0002	0,0005	0,0005	0,0007
134	272.718	0,02	43,40	0,0001	0,0016	0,0003	0,0012	0,0003	0,0012
135	273.44	0,02	43,52	0,0007	0,0081	0,0003	0,0037	0,0008	0,0007
136	274.805	0,02	43,74	0,0000	0,0025	0,0001	0,0019	0,0000	0,0004
137	275.958	0,02	43,92	0,0001	0,0009	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000
138	281.062	0,02	44,73	0,0000	0,0001	0,0008	0,0000	0,0004	0,0031
139	281.521	0,02	44,81	0,0000	0,0001	0,0000	0,0006	0,0002	0,0000
140	284.054	0,02	45,21	0,0029	0,0005	0,0002	0,0001	0,0034	0,0001
141	285.695	0,02	45,47	0,0001	0,0018	0,0001	0,0011	0,0001	0,0016
142	286.831	0,02	45,65	0,0004	0,0011	0,0004	0,0007	0,0000	0,0015
143	287.511	0,02	45,76	0,0003	0,0062	0,0000	0,0062	0,0003	0,0001
144	289.086	0,02	46,01	0,0002	0,0000	0,0005	0,0002	0,0006	0,0000
145	290.496	0,02	46,23	0,0006	0,0005	0,0003	0,0005	0,0006	0,0002
146	291.796	0,02	46,44	0,0002	0,0017	0,0000	0,0020	0,0003	0,0006
147	293.389	0,02	46,69	0,0025	0,0004	0,0004	0,0009	0,0027	0,0011
148	294.247	0,02	46,83	0,0009	0,0003	0,0001	0,0003	0,0011	0,0010
149	295.348	0,02	47,01	0,0000	0,0113	0,0005	0,0061	0,0000	0,0001
150	297.937	0,02	47,42	0,0003	0,0004	0,0004	0,0002	0,0003	0,0000
				0,9462	0,9640	0,9250	0,9641	0,9413	0,9738

Kroz 150 promatranih modova skupljeno je 95% mase u smjeru osi x (W_x), 97% mase u smjeru osi y i 93% u smjeru osi z (W_z_Rotation).

4.2. Grafički prikaz prvog vlastitog vektora

3D displacement

Values: u_y

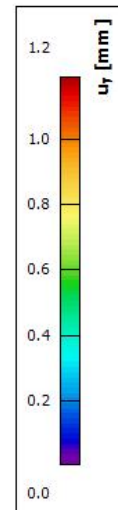
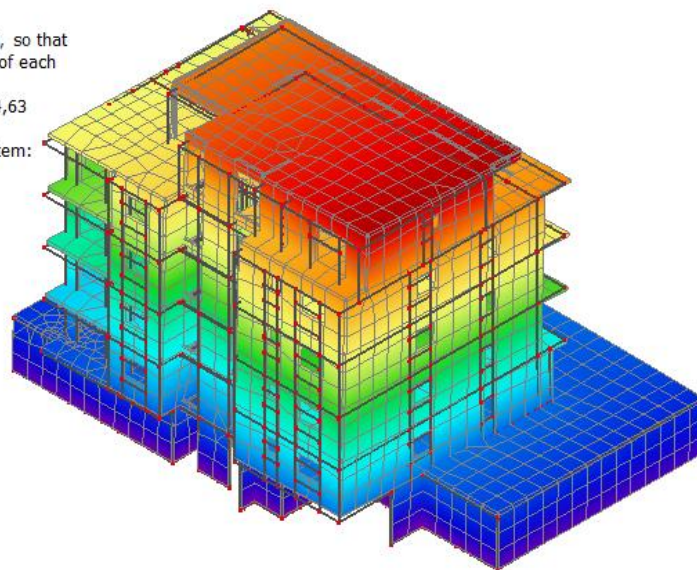
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/1 - 4,63

Selection: All

Location: In nodes avg.. System:

Global



Slika 22. Translacija u smjeru globalne osi y-1 mod

4.3. Grafički prikaz drugog vlastitog vektora

3D displacement

Values: u_x

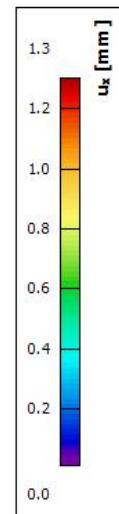
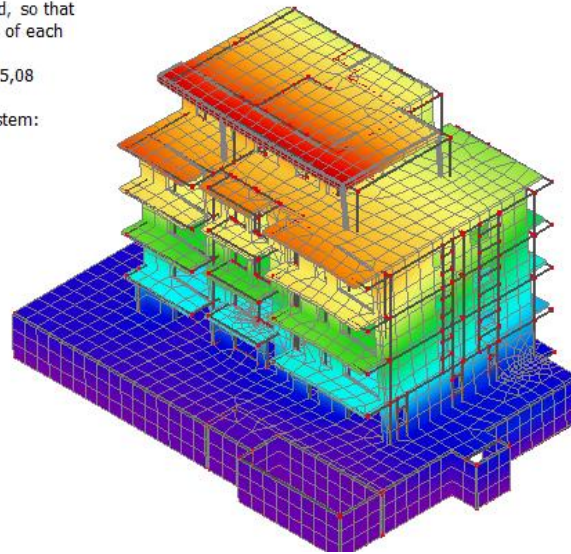
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/2 - 5,08

Selection: All

Location: In nodes avg.. System:

Global



Slika 23. Translacija u smjeru globalne osi x-2 mod

4.4. Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora

3D displacement

Values: U_{total}

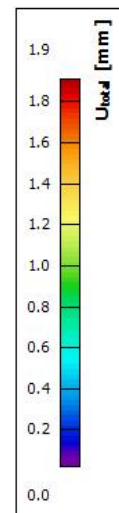
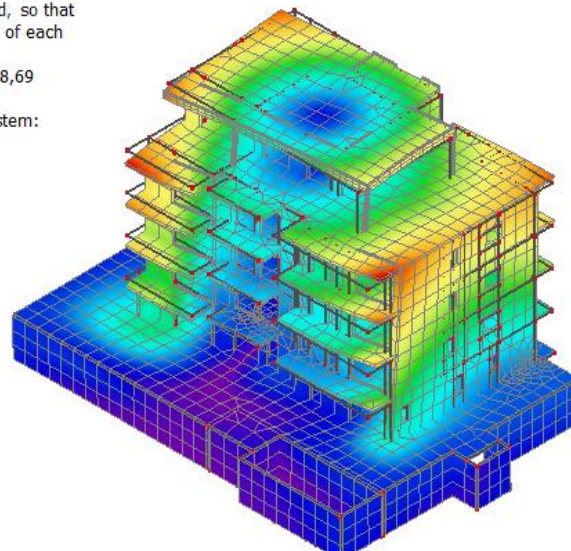
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/3 - 8,69

Selection: All

Location: In nodes avg.. System:

Global

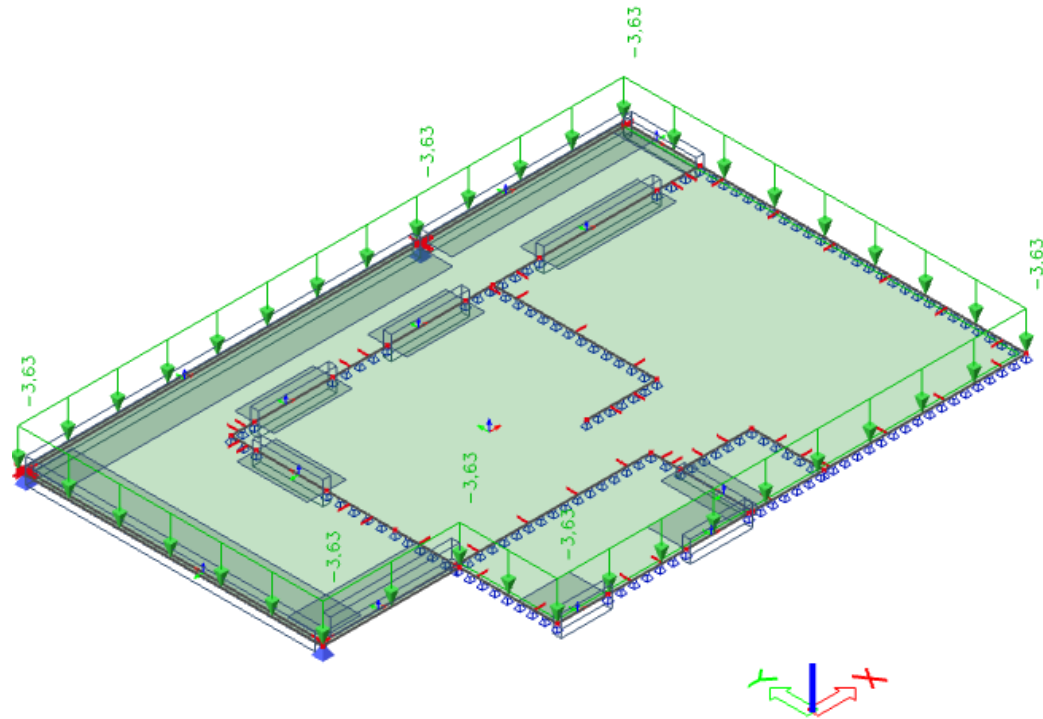


Slika 24. Torzija oko globalne osi z- 3 mod

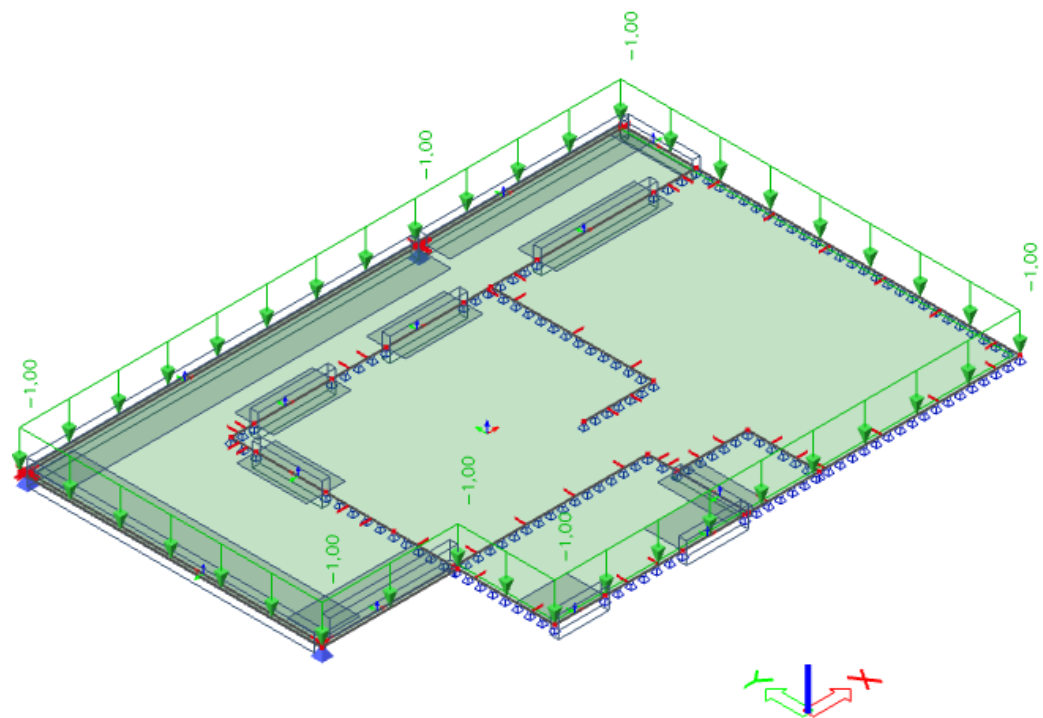
5. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

5.1. Pozicija 600- krovna ploča

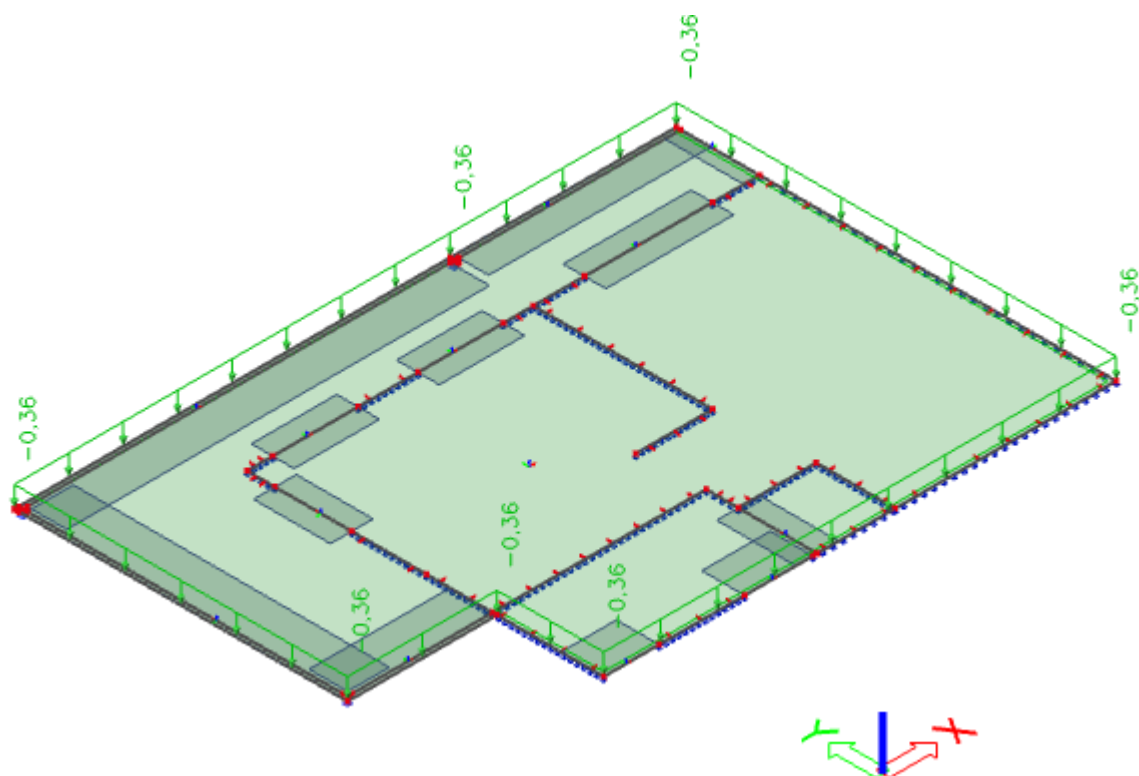
5.1.1. Prikaz opterećenja



Slika 25. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na ploči POZ 600



Slika 26. Prikaz korisnog opterećenja na ploči POZ 600



Slika 27. Prikaz opterećenje snijegom na ploči POZ 600

5.1.2. Rezultati proračuna

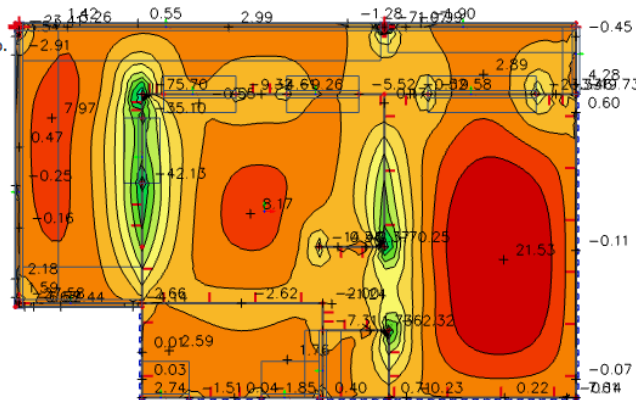
Proračun je proveden za kombinaciju GSN : $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot (0,9)s$

Gdje su :

- g-vlastita težina ploče (d=20 cm)
- g1- dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- q- korisno opterećenje
- s-snijeg

2D internal forces

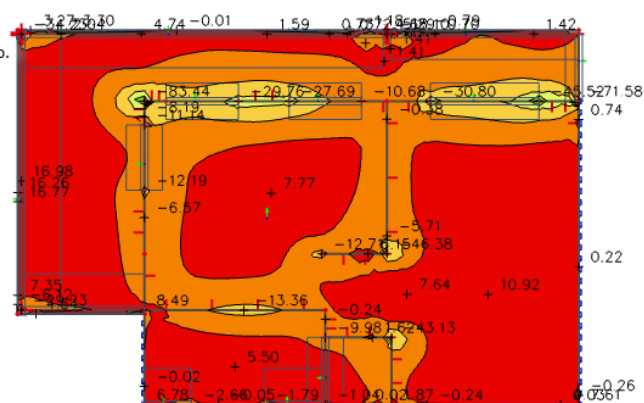
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 28 . Moment savijanja M_x ploče POZ 600 (kNm)

2D internal forces

Values: m_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 29 . Moment savijanja M_y ploče POZ 600 (kNm)

5.1.3. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

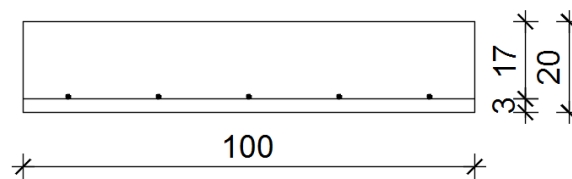
$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$



5.1.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju

$$M_{Ed} = 21,53 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{21,53 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,037$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,1\text{‰} \quad \zeta = 0,965 \quad \xi = 0,099$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{21,53 \cdot 100}{0,965 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,01 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

Odabrano : Q-385 ($A_{s1}=3,85 \text{ cm}^2$)

5.1.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju

$$M_{Ed} = 42,13 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{42,13 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,073$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,8\text{‰} \quad \zeta = 0,944 \quad \xi = 0,153$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{42,13 \cdot 100}{0,944 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,04 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

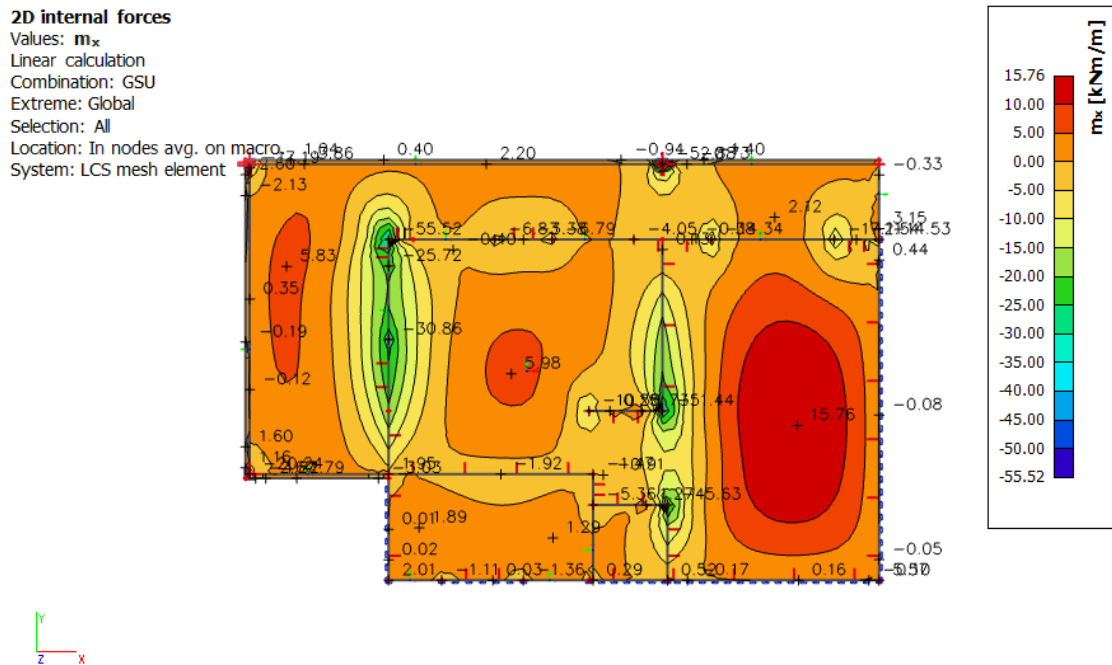
$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

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

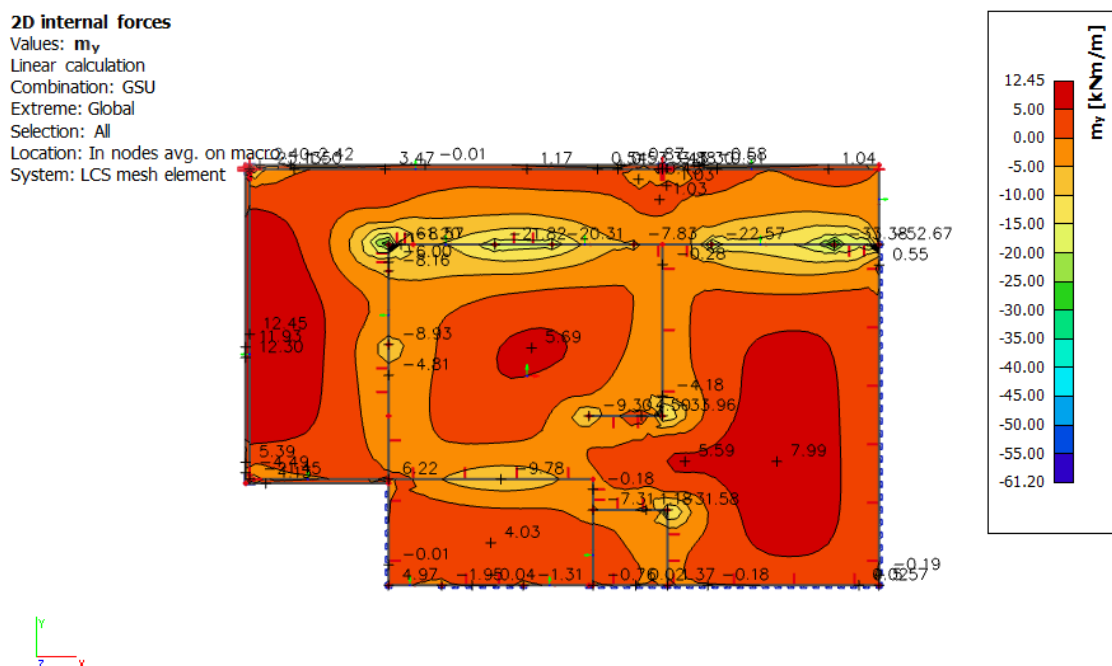
5.1.4. Kontrola pukotina

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

$$GSU: 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 30. Moment savijanja GSU M_x ploče POZ 600 (kNm)



Slika 31. Moment savijanja GSU M_y ploče POZ 600 (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g=0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

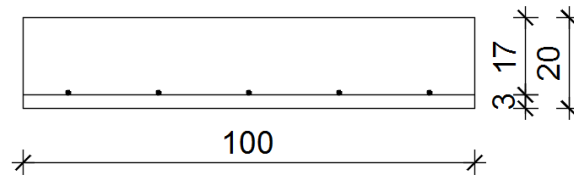
Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

5.1.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 15,76$ kNm/m

Armatura ploče donja zona : Q-385 ($A_{s1}=3,85$ cm²)



$$b = 100,0 \text{ cm} \quad h = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9$ MPa

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200$ GPa

$E_{cm}=32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 3,85}} \right) = 2,62 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{15,51 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,62}{3}\right) \cdot 3,85} = 24,98 \text{ kN/cm}^2 = 249,8 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3} = 0,00513$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{249,8 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00513} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00513)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{249,8}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{16,43}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{249,8}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000821 < 0,0007494$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0007494$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=7,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{7}{0,00513} = 333,97 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

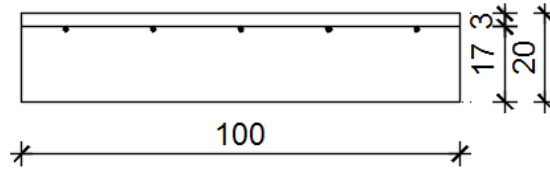
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 333,97 \cdot 0,0007494 = 0,250 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

5.1.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 30,86 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 20,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 17,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 6,36}} \right) = 3,28 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{30,86 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,28}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,50 \text{ kN/cm}^2 = 305,0 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{305,0 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00848} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00848)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{305,0}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{160,96}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{305,0}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008048 < 0,000915$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000915$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=9,0$ 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 pukotina

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 282,42 \cdot 0,000915 = 0,258 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

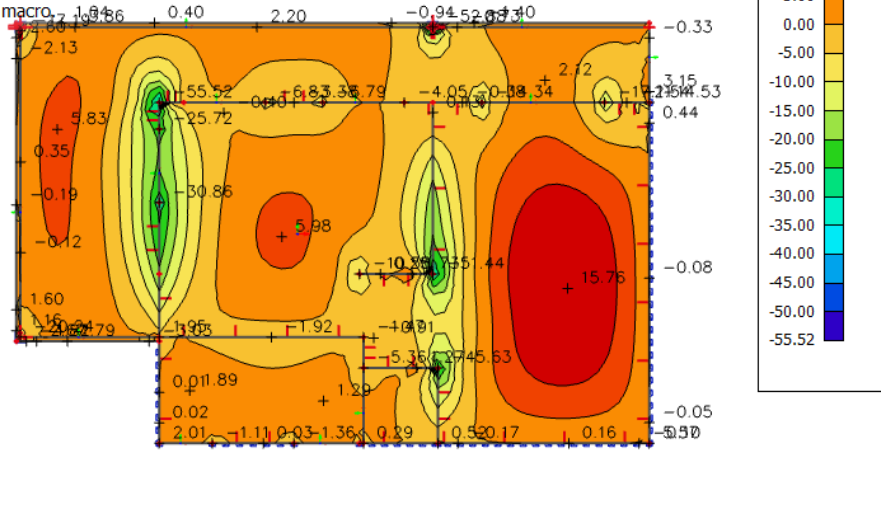
5.1.5. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$GSU: 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$

2D internal forces

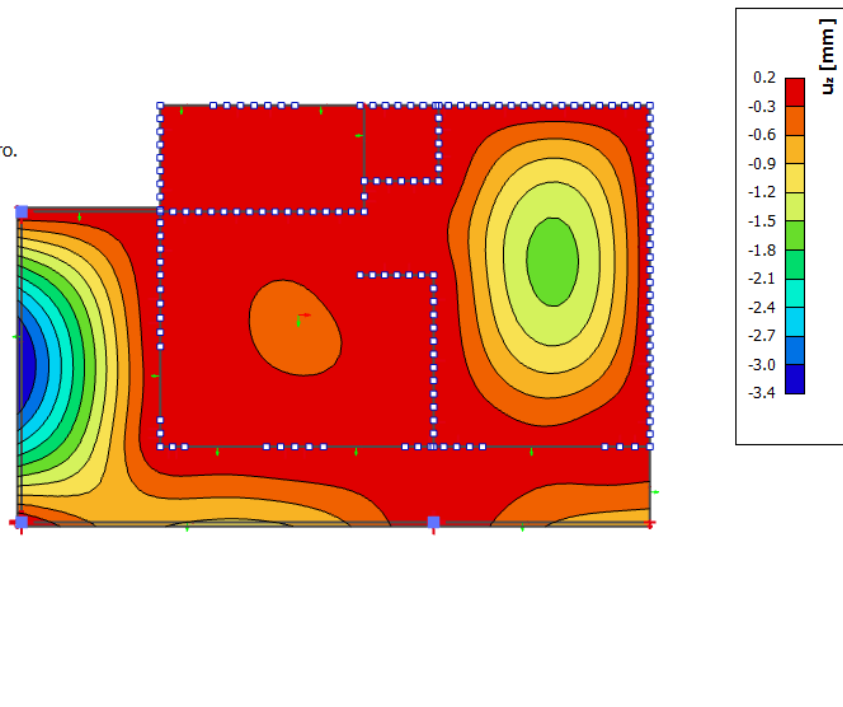
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 32. Moment savijanja GSU M_x ploče POZ 600 (kNm)

2D displacement

Values: u_z
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 33. Maksimalni progib ploče POZ 600

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{520}{250} = 2,08 \text{ cm}$$

Beton C 30/37 ; $f_{\text{ck}}=30,0 \text{ MPa}$

$$E_{\text{cm}} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ctm}} = 0,3 \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30,0^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s=200,0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{\text{el}} = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200,0}{32,0} = 6,25$$

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

$$\beta = \frac{|M_{11} + M_{12}|}{|M_p|} = \frac{|30,86 + 0,08|}{|15,76|} = 1,96$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,96) = 0,084$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$I_I = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6,25 \cdot \left[6,36 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 \right] = 68614,42 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{Ed}} = M_p = 15,76 \text{ kNm}$$

$$E_{\text{c,eff}} = E_{\text{cm}} = 32,0 \text{ GN/m}^2 = 3200,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_I} = \frac{15,76 \cdot 100}{3200 \cdot 68614,42} = 0,000007188 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 6,36}} \right) = 3,28 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 100 \cdot 3,28 \cdot \left(\frac{3,28}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [6,36 \cdot (17 - 3,28)^2 + 0 \cdot (3,28 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 75031,33 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_{II}} = \frac{15,76 \cdot 100}{3200 \cdot 75031,33} = 0,00000656 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30^{\frac{2}{3}} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33 \text{ kNcm} = 19,33 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{19,33 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,28}{3}\right) \cdot 6,36} = 19,11 \text{ kN/cm}^2 = 191,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{15,76 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,28}{3}\right) \cdot 6,36} = 15,58 \text{ kN/cm}^2 = 155,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,000007188 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000656 \frac{1}{\text{cm}}$$

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

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,000007188 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000656 = 0,00000656 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,084$$

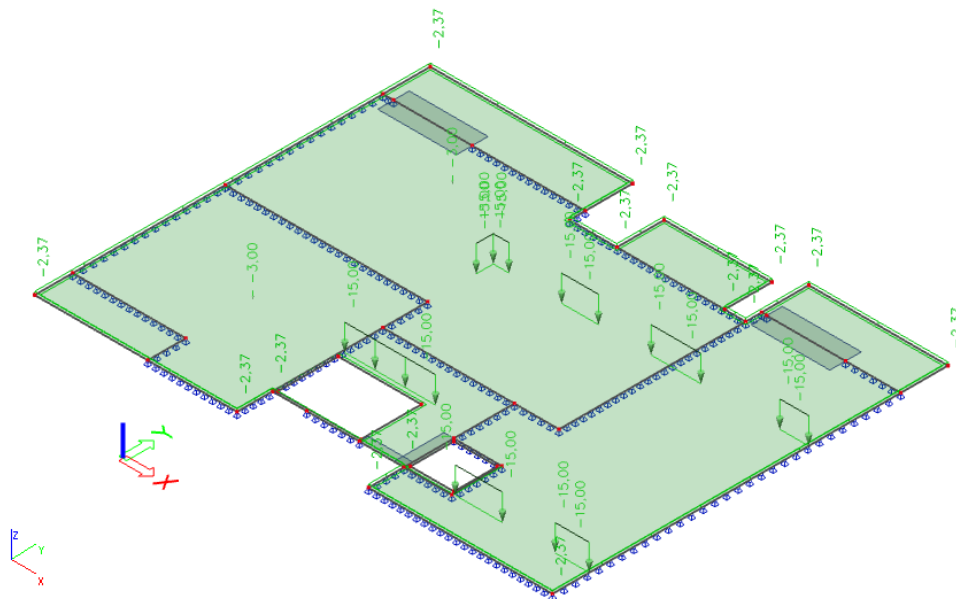
$$L = 520,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,084 \cdot 520^2 \cdot 0,00000656 = 0,149 \text{ cm} < v_{lim} = 2,08 \text{ cm}$$

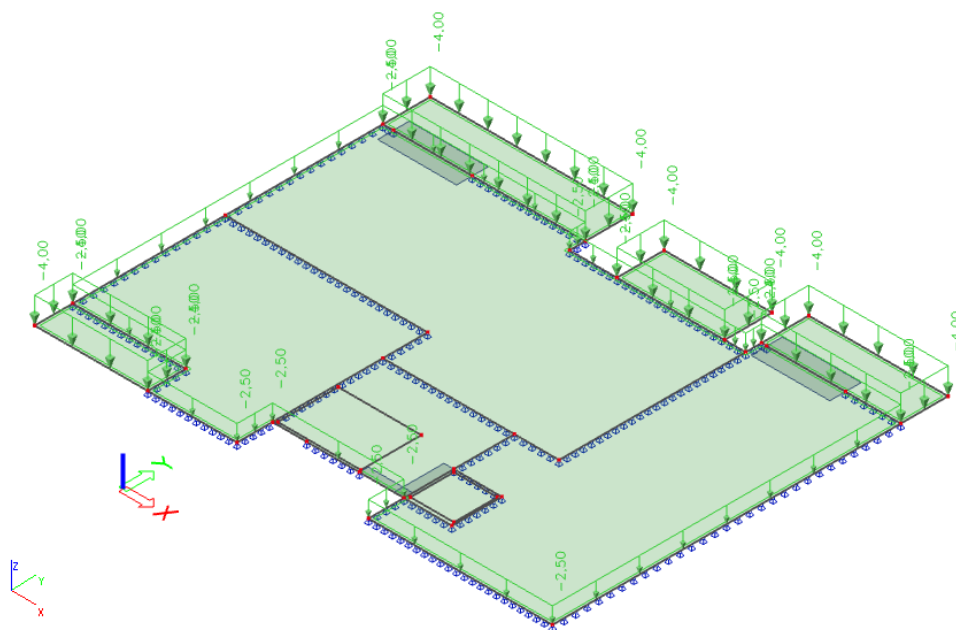
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju progibe.

5.2. Pozicija 500-strop 3. kata

5.2.1. Prikaz opterećenja



Slika 34. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na ploči POZ 500



Slika 35. Prikaz korisnog opterećenja na ploči POZ 500

5.2.2. Rezultati proračuna

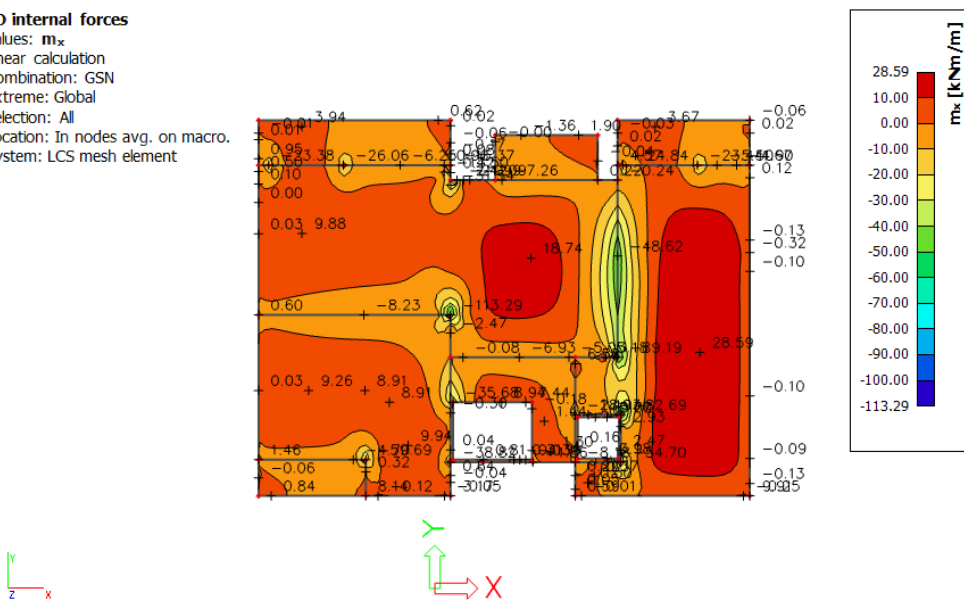
Proračun je proveden za kombinaciju GSN : $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q$

Gdje su :

- g-vlastita težina ploče (d=20 cm)
- g1- dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- q- korisno opterećenje

2D internal forces

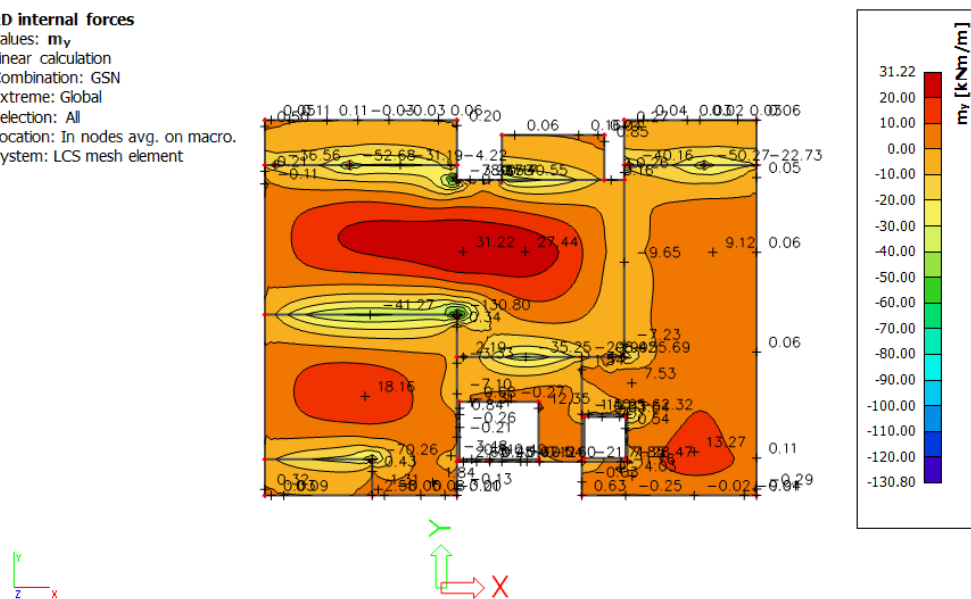
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 36. Moment savijanja M_x ploče POZ 500 (kNm)

2D internal forces

Values: m_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 37. Moment savijanja M_y ploče POZ 500 (kNm)

5.2.3. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

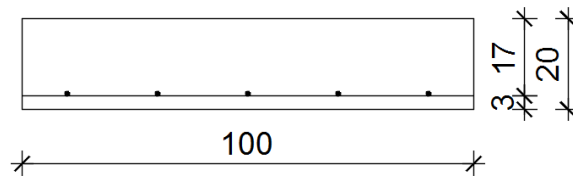
$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$



5.2.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju

$$M_{Ed} = 31,22 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{31,22 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,054$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,4\text{‰} \quad \zeta = 0,956 \quad \xi = 0,123$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{31,22 \cdot 100}{0,956 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4,42 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

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

5.2.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju

$$M_{Ed} = 48,62 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{48,62 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,084$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,0\text{‰} \quad \zeta = 0,938 \quad \xi = 0,167$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{48,62 \cdot 100}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,48} = 7,01 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

Odabrano : Q-785 ($A_{s1}=7,85 \text{ cm}^2$)

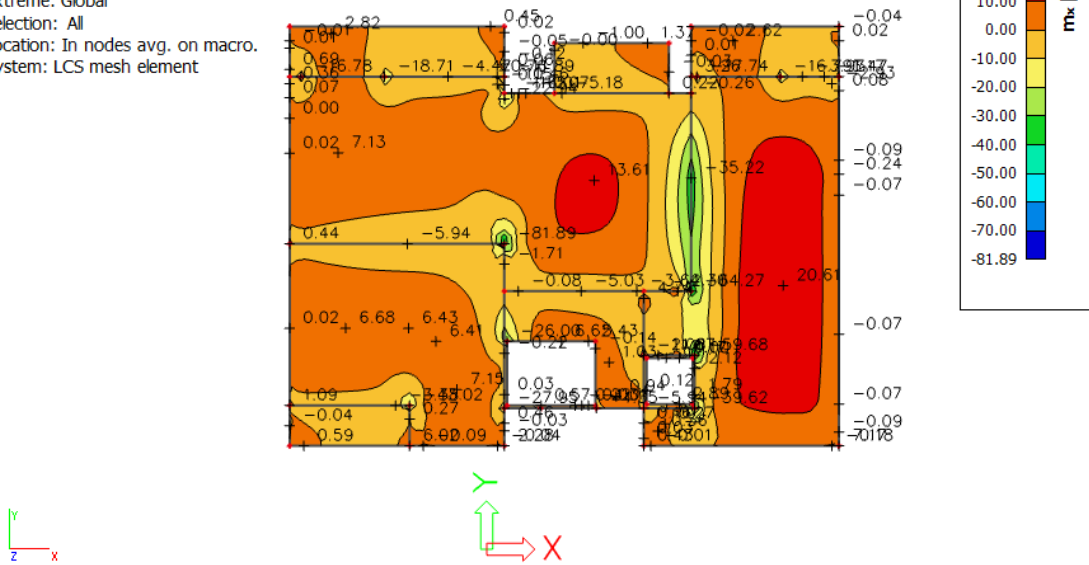
5.2.4. Kontrola pukotina

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

$$GSU: 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$

2D internal forces

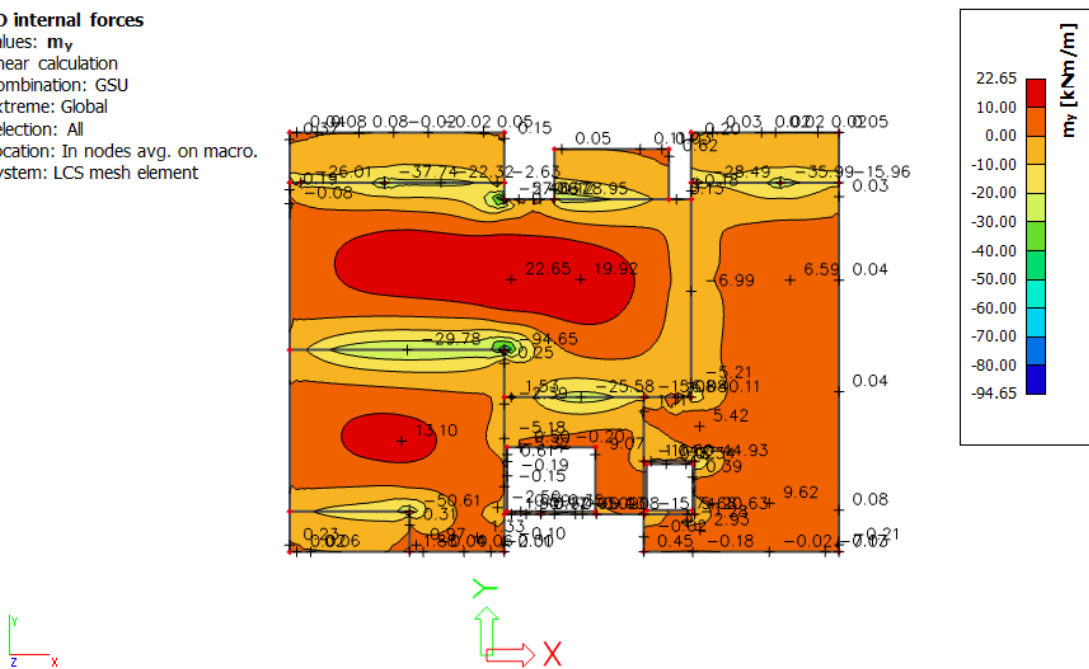
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 38. Moment savijanja GSU M_x ploče POZ 500 (kNm)

2D internal forces

Values: m_y
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 39. Moment savijanja GSU M_y ploče POZ 500 (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g=0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

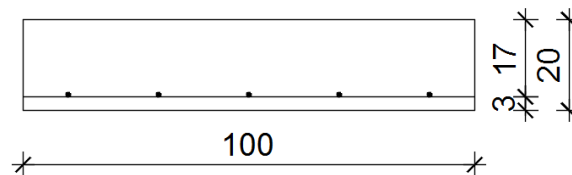
Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

5.2.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 22,65$ kNm/m

Armatura ploče donja zona : Q-503 ($A_{s1}=5,03$ cm²)



$$b = 100,0 \text{ cm} \quad h = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9$ MPa

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200$ GPa

$E_{cm}=32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,95 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{22,65 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 28,11 \text{ kN/cm}^2 = 281,1 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{281,1 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00671} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00671)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{281,1}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{100,97}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{281,1}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005048 < 0,000843$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000843$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=8,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

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

Karakteristična širina pukotina

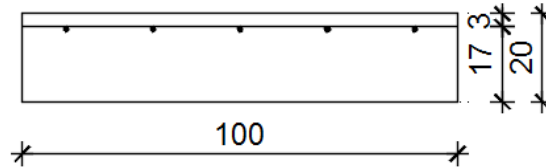
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 304,68 \cdot 0,000843 = 0,257 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

5.2.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 35,22 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 20,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 17,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 7,85}} \right) = 3,59 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{35,22 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,59}{3}\right) \cdot 7,85} = 28,39 \text{ kN/cm}^2 = 283,9 \text{ MPa}$$

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

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{283,9 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,0105} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,0105)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{283,9}{200000,0}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{166,17}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{283,9}{200000,0}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00083085 < 0,0008517$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0008517$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=10,0$ 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 pukotina

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 263,90 \cdot 0,0008517 = 0,225 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

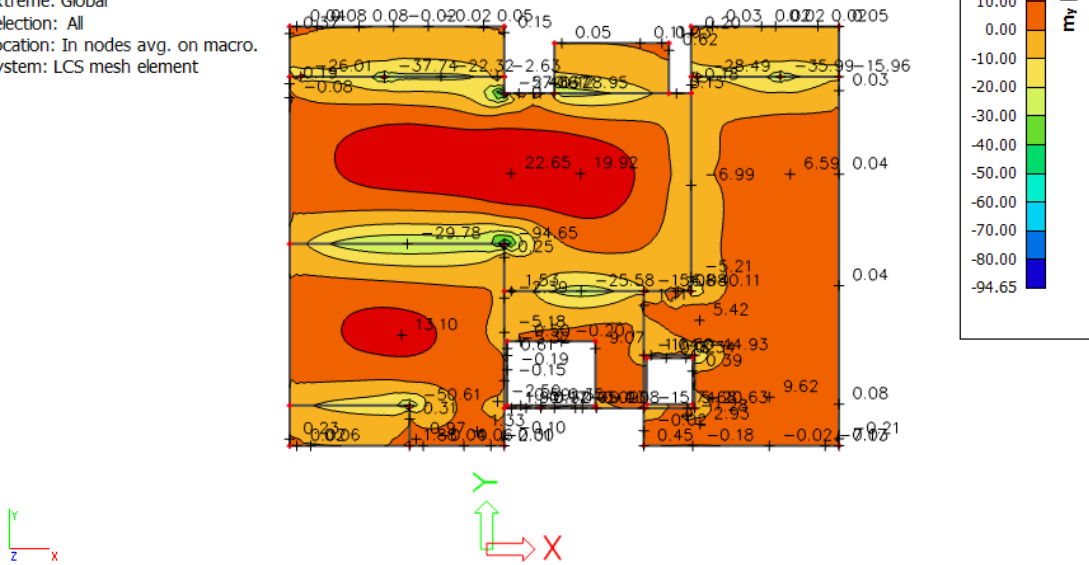
5.2.5. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$GSU: 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$

2D internal forces

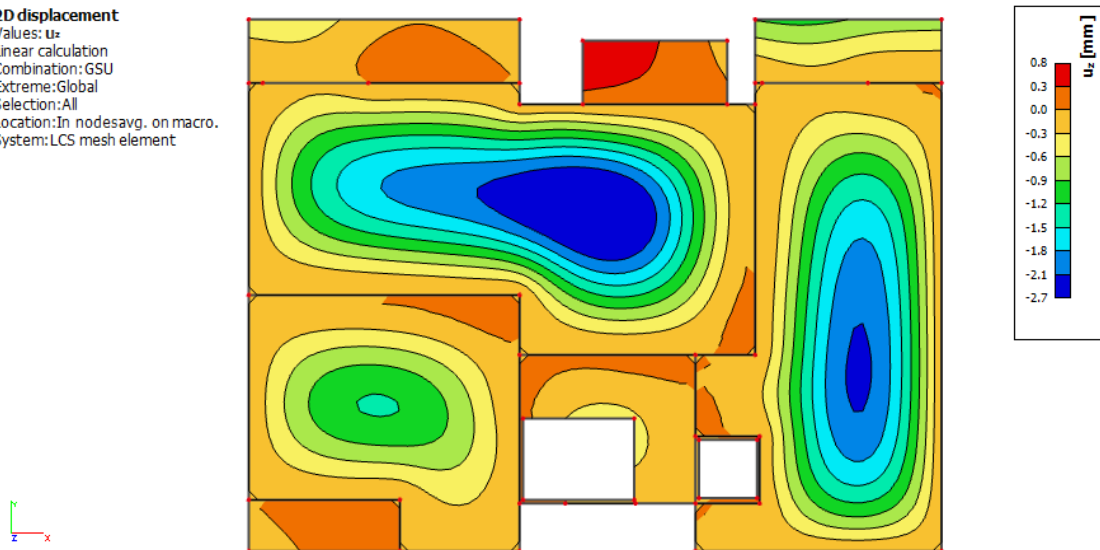
Values: m_y
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 40. Moment savijanja GSU M_y ploče POZ 500 (kNm)

2D displacement

Values: u_x
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 41. Maksimalni progib ploče POZ 500

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{600}{250} = 2,40 \text{ cm}$$

Beton C 30/37 ; $f_{\text{ck}}=30,0 \text{ MPa}$

$$E_{\text{cm}} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ctm}} = 0,3 \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30,0^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s=200,0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{\text{el}} = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200,0}{32,0} = 6,25$$

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

$$\beta = \frac{|M_{11} + M_{12}|}{|M_p|} = \frac{|29,78 + 22,32|}{|22,65|} = 2,300$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,300) = 0,080$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$I_I = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6,25 \cdot \left[5,03 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 \right] = 68207,10 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{Ed}} = M_p = 22,65 \text{ kNm}$$

$$E_{\text{c,eff}} = E_{\text{cm}} = 32,0 \text{ GN/m}^2 = 3200,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_I} = \frac{22,65 \cdot 100}{3200 \cdot 68207,10} = 0,000010377 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,95 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 100 \cdot 2,95 \cdot \left(\frac{2,95}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [5,03 \cdot (17 - 2,95)^2 + 0 \cdot (2,95 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 73514,32 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_{II}} = \frac{22,65 \cdot 100}{3200 \cdot 73514,32} = 0,000009628 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30^{\frac{2}{3}} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33 \text{ kNcm} = 19,33 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{19,33 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 23,99 \text{ kN/cm}^2 = 239,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{22,65 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 28,11 \text{ kN/cm}^2 = 281,1 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,000010377 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,000009628 \frac{1}{\text{cm}}$$

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

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,000010377 + (1 - 0,0) \cdot 0,000009628 = 0,000009628 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,084$$

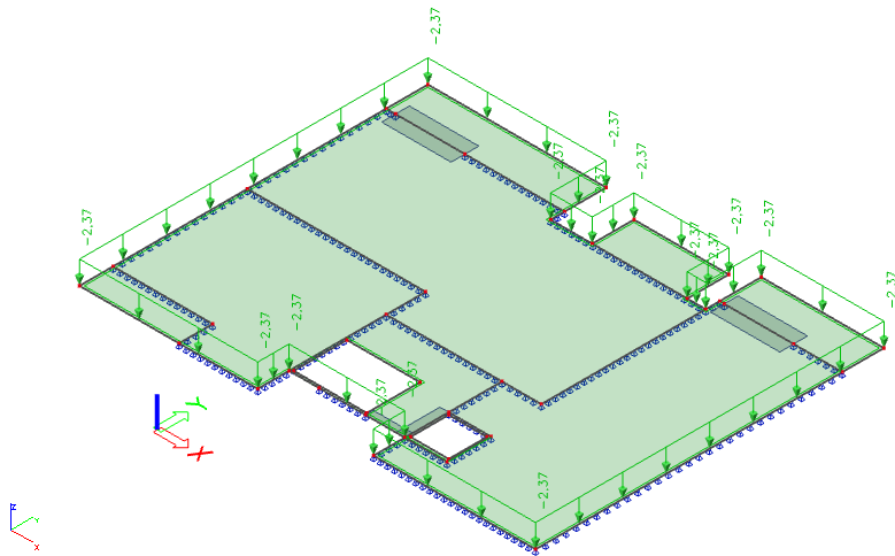
$$L = 600,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,084 \cdot 600^2 \cdot 0,000009628 = 0,291 \text{ cm} < v_{lim} = 2,4 \text{ cm}$$

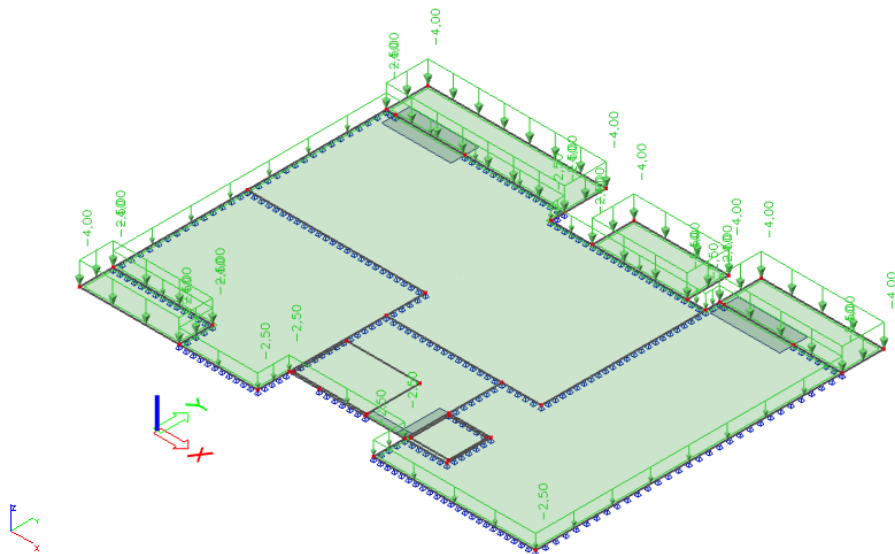
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju progibe.

5.3. Pozicija 400 i pozicija 300 -strop 2. kata i 1.kata

5.3.1. Prikaz opterećenja



Slika 42. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na ploči POZ 400 i POZ 300



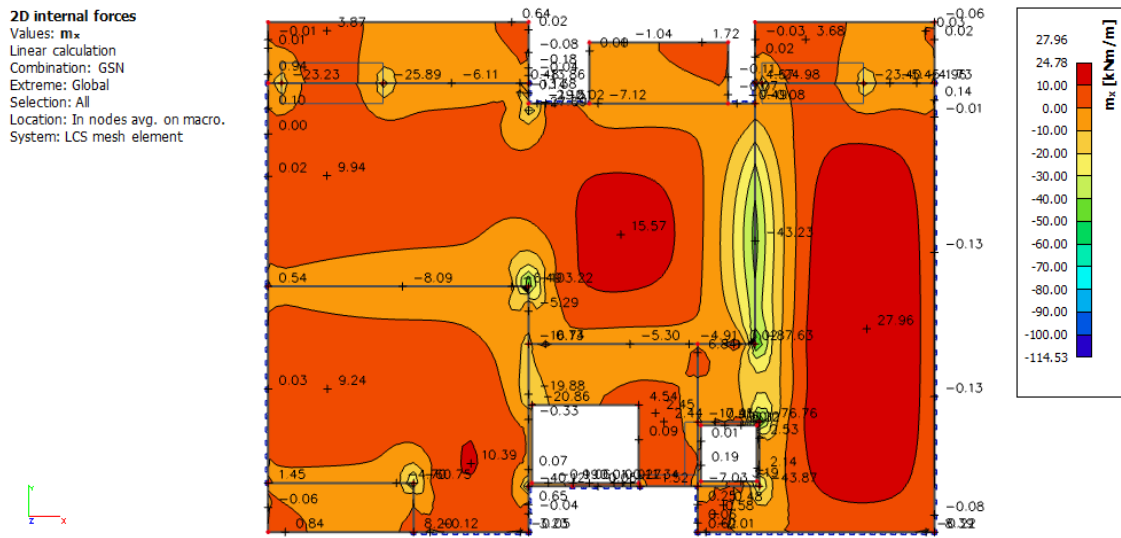
Slika 43. Prikaz korisnog opterećenja na ploči POZ 400 i POZ 300

5.3.2. Rezultati proračuna

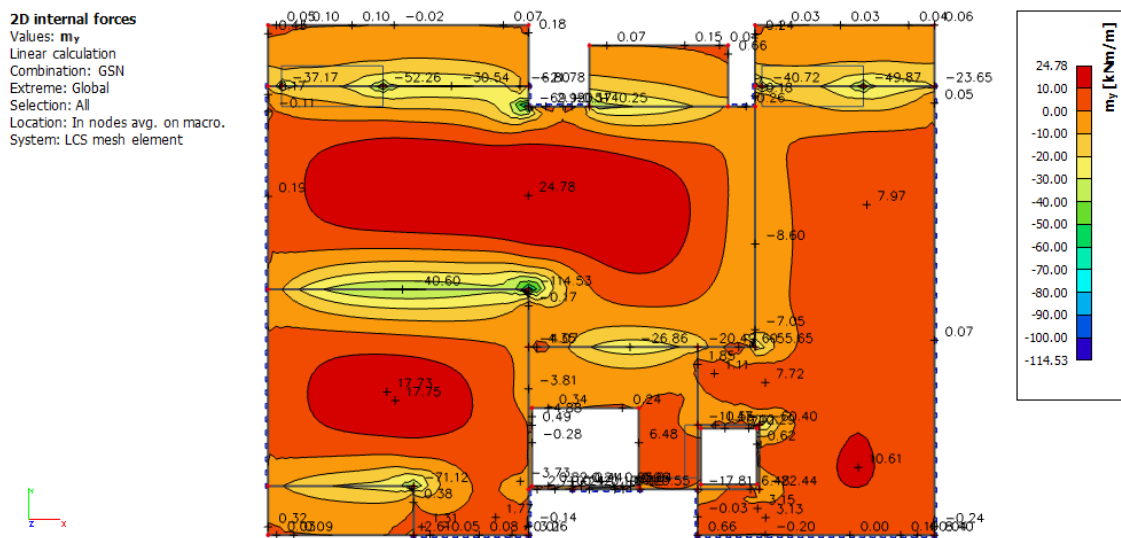
Proračun je proveden za kombinaciju GSN : $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q$

Gdje su :

- g-vlastita težina ploče (d=20 cm)
- g1- dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- q- korisno opterećenje



Slika 44. Moment savijanja M_x ploče POZ 400 i POZ 300 (kNm)



Slika 45. Moment savijanja M_y ploče POZ 400 i POZ 300 (kNm)

5.3.3. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

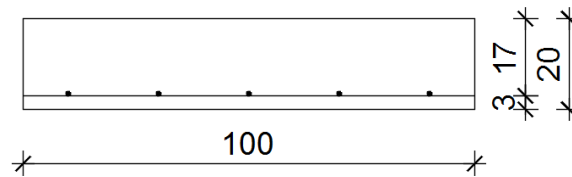
$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$



5.3.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju

$$M_{Ed} = 27,96 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{27,96 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,048$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,3 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,959 \quad \xi = 0,115$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{27,96 \cdot 100}{0,959 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,94 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

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

5.3.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju

$$M_{Ed} = 43,23 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{43,23 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,075$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,8 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,944 \quad \xi = 0,153$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{43,23 \cdot 100}{0,944 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,20 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

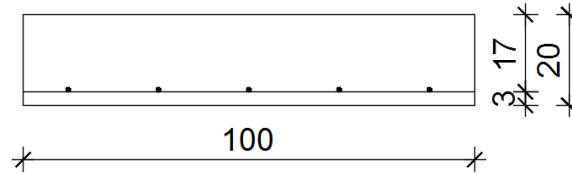
$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

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

5.3.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 20,14 \text{ kNm/m}$

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



$$b = 100,0 \text{ cm} \quad h = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,95 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{20,14 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 25,00 \text{ kN/cm}^2 = 250,0 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{250,0 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00671} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00671)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{250,0}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{69,87}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{250,0}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000349 < 0,000750$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000750$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=10,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,00671} = 355,35 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

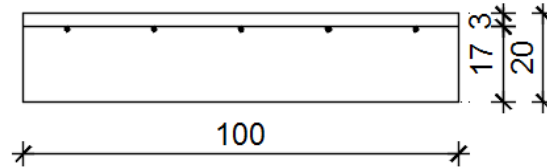
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 355,35 \cdot 0,000750 = 0,267 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

5.3.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 31,16 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 20,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 17,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 6,36}} \right) = 3,28 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{31,16 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,28}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,80 \text{ kN/cm}^2 = 308,0 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{308,0 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00848} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00848)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{308,0}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{163,96}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{308,0}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008198 < 0,0009240$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0009240$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=9,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

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

Karakteristična širina pukotina

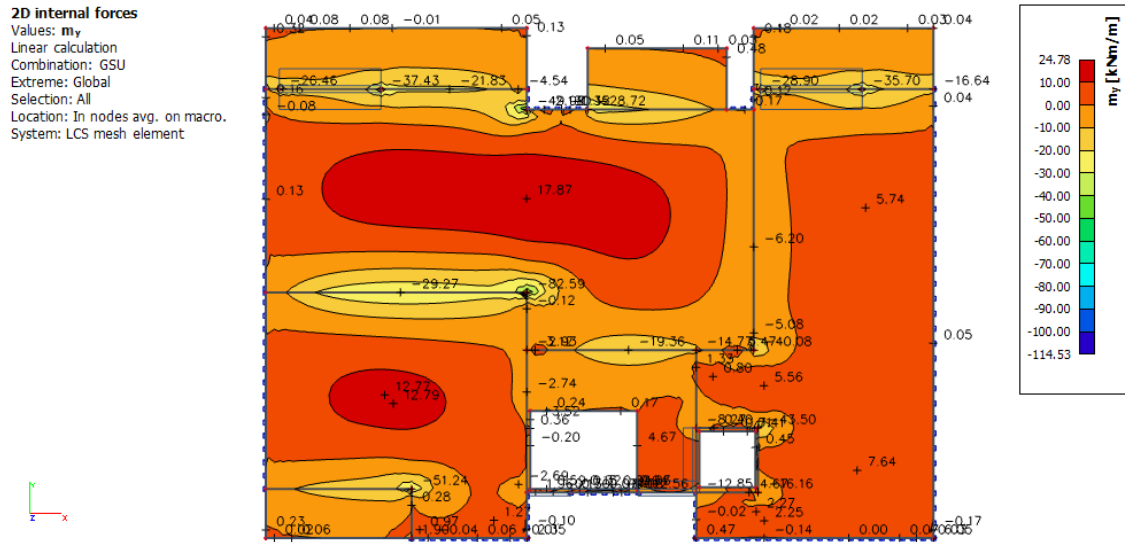
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 282,42 \cdot 0,0009240 = 0,261 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

5.3.5. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$GSU: 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{600}{250} = 2,40 \text{ cm}$$

Beton C 30/37 ; $f_{\text{ck}}=30,0 \text{ MPa}$

$$E_{\text{cm}} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ctm}} = 0,3 \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30,0^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s=200,0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{\text{el}} = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200,0}{32,0} = 6,25$$

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

$$\beta = \frac{|M_{11} + M_{12}|}{|M_p|} = \frac{|29,27 + 21,23|}{|17,87|} = 2,836$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,836) = 0,075$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$I_I = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6,25 \cdot \left[5,03 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 \right] = 68207,10 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{Ed}} = M_p = 17,87 \text{ kNm}$$

$$E_{\text{c,eff}} = E_{\text{cm}} = 32,0 \text{ GN/m}^2 = 3200,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_I} = \frac{17,87 \cdot 100}{3200 \cdot 68207,10} = 0,00000818 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,95 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 100 \cdot 2,95 \cdot \left(\frac{2,95}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [5,03 \cdot (17 - 2,95)^2 + 0 \cdot (2,95 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 73514,32 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_{II}} = \frac{17,87 \cdot 100}{3200 \cdot 73514,32} = 0,00000760 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30^{\frac{2}{3}} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33 \text{ kNcm} = 19,33 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{19,33 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 23,99 \text{ kN/cm}^2 = 239,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{17,87 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 22,18 \text{ kN/cm}^2 = 221,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000818 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00000760 \frac{1}{\text{cm}}$$

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

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,00000818 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000760 = 0,00000760 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,084$$

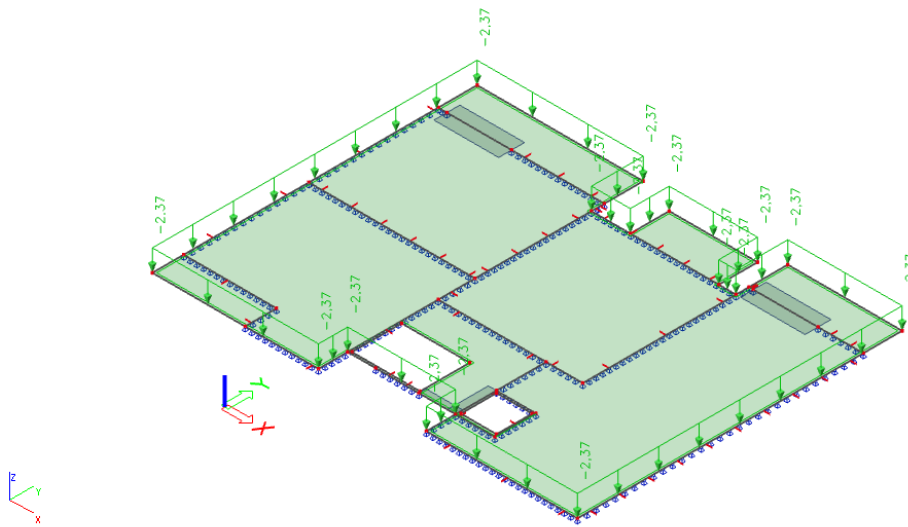
$$L = 600,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,084 \cdot 600^2 \cdot 0,00000760 = 0,23 \text{ cm} < v_{lim} = 2,4 \text{ cm}$$

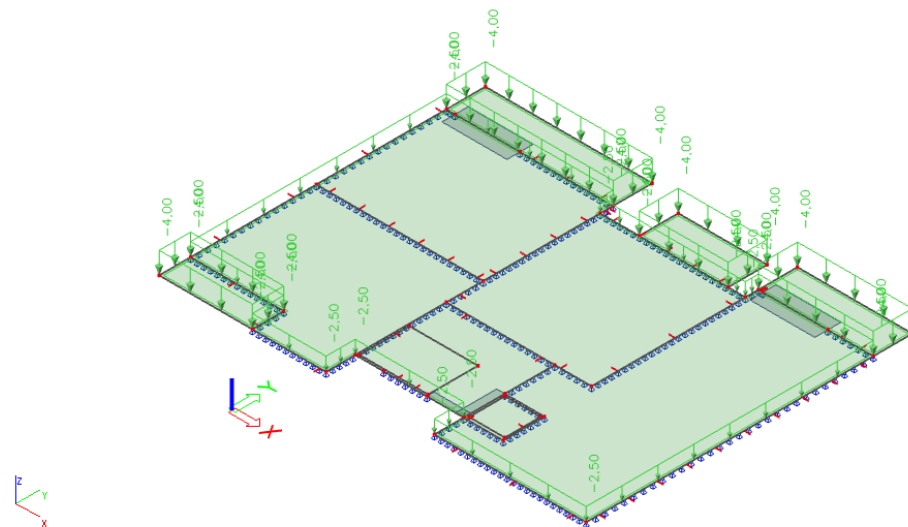
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju progibe.

5.4. Pozicija 200-strop prizemlja

5.4.1. Prikaz opterećenja



Slika 50. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na ploči POZ 200



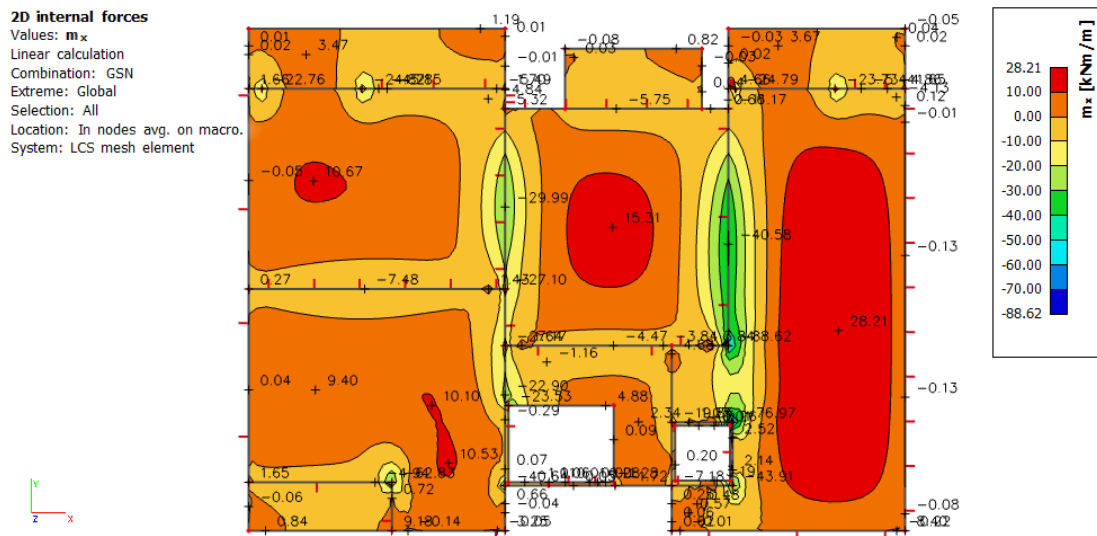
Slika 51. Prikaz korisnog opterećenja na ploči POZ 200

5.4.2. Rezultati proračuna

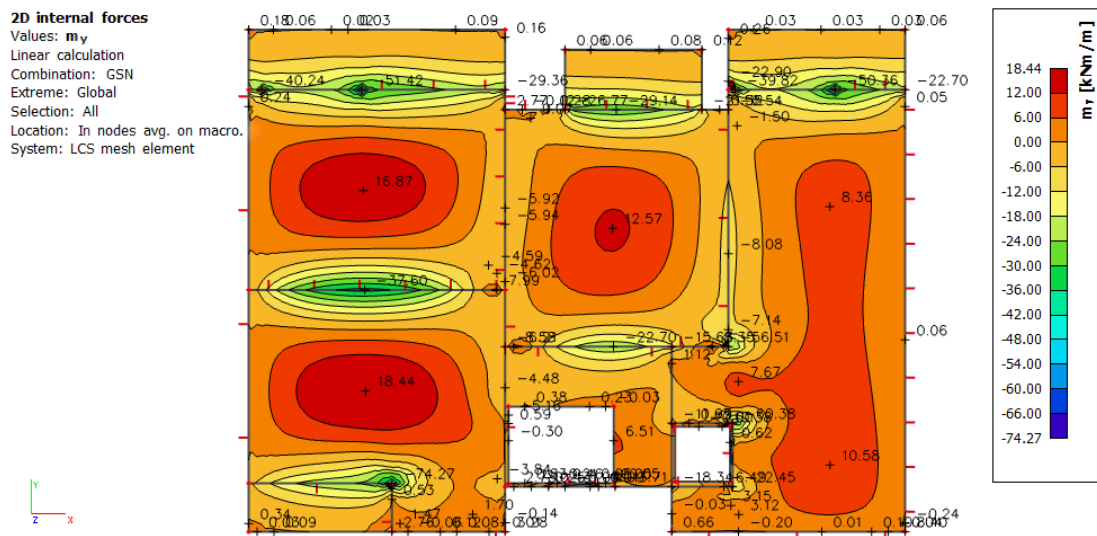
Proračun je proveden za kombinaciju GSN : $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q$

Gdje su :

- g-vlastita težina ploče (d=20 cm)
- g1- dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- q- korisno opterećenje



Slika 52. Moment savijanja M_x ploče POZ 200 (kNm)



Slika 53. Moment savijanja M_y ploče POZ 200 (kNm)

5.4.3. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

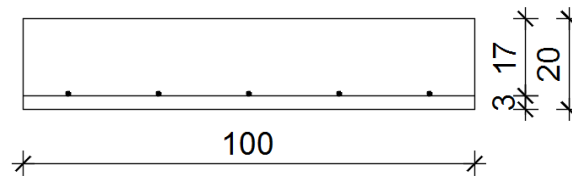
$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 20,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 17,0 \text{ cm}$$



5.4.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju

$$M_{Ed} = 28,21 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{28,21 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,049$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,956 \quad \xi = 0,123$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{28,21 \cdot 100}{0,956 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,99 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

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

5.4.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju

$$M_{Ed} = 40,58 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{40,58 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,070$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{40,58 \cdot 100}{0,947 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,80 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

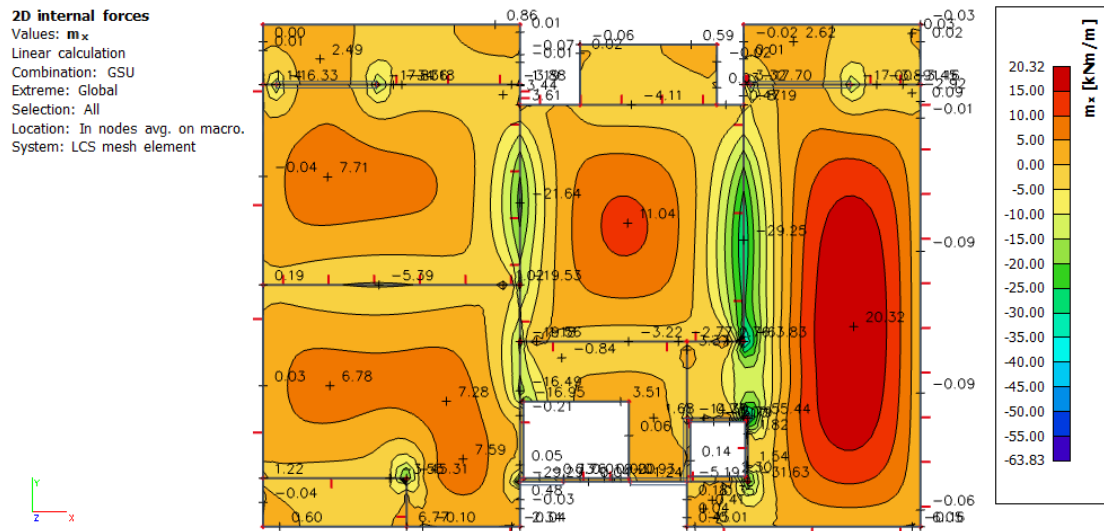
$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 17 = 2,56 \text{ cm}^2$$

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

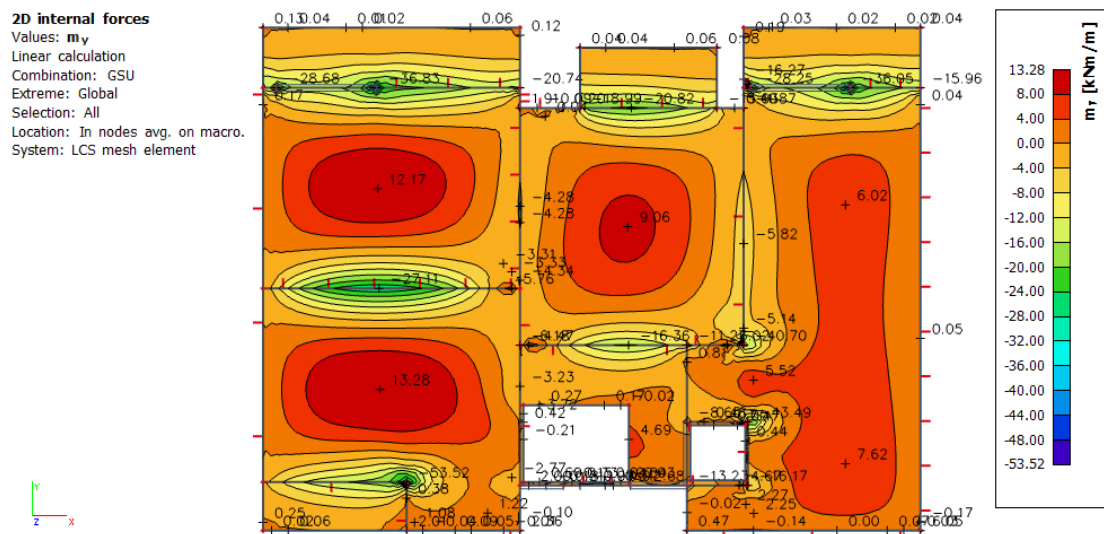
5.4.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 54. Moment savijanja GSU M_x ploče POZ 200 (kNm)



Slika 55. Moment savijanja GSU M_y ploče POZ 200 (kNm)

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

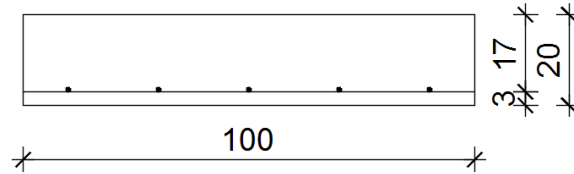
Proračunska vrijednost širine pukotina (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

5.4.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 20,32 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 20,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 17,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,95 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{20,32 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 25,22 \text{ kN/cm}^2 = 252,2 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{252,2 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00671} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00671)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{252,2}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{72,07}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{252,2}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0003603 < 0,0007566$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0007566$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=8,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

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

Karakteristična širina pukotina

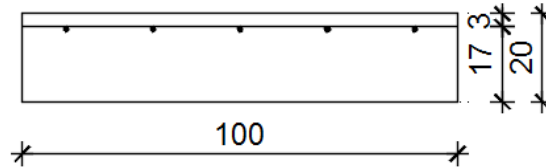
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 304,68 \cdot 0,0007566 = 0,231 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

5.4.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 29,25 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 20,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 17,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 6,36}} \right) = 3,28 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{29,25 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,28}{3}\right) \cdot 6,36} = 28,91 \text{ kN/cm}^2 = 289,10 \text{ MPa}$$

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

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{289,10 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00848} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00848)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{289,10}{200000,0}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{145,06}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{289,10}{200000,0}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0007253 < 0,0008673$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0008673$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=9,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

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

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 282,42 \cdot 0,0008673 = 0,245 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{530}{250} = 2,12 \text{ cm}$$

Beton C 30/37 ; $f_{\text{ck}}=30,0 \text{ MPa}$

$$E_{\text{cm}} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ctm}} = 0,3 \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30,0^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s=200,0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{\text{el}} = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200,0}{32,0} = 6,25$$

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

$$\beta = \frac{|M_{11} + M_{12}|}{|M_p|} = \frac{|29,25 + 0|}{|20,32|} = 1,440$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,440) = 0,089$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$I_I = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6,25 \cdot \left[5,03 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3 \right)^2 \right] = 68207,10 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{Ed}} = M_p = 20,32 \text{ kNm}$$

$$E_{\text{c,eff}} = E_{\text{cm}} = 32,0 \text{ GN/m}^2 = 3200,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_I} = \frac{20,32 \cdot 100}{3200 \cdot 68207,10} = 0,00000931 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,95 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 100 \cdot 2,95 \cdot \left(\frac{2,95}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [5,03 \cdot (17 - 2,95)^2 + 0 \cdot (2,95 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 73514,32 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_{II}} = \frac{20,32 \cdot 100}{3200 \cdot 73514,32} = 0,000008638 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30^{\frac{2}{3}} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33 \text{ kNcm} = 19,33 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{19,33 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 23,99 \text{ kN/cm}^2 = 239,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{20,32 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,95}{3}\right) \cdot 5,03} = 25,22 \text{ kN/cm}^2 = 252,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000931 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,000008638 \frac{1}{\text{cm}}$$

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

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,00000931 + (1 - 0,0) \cdot 0,000008638 = 0,000008638 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,084$$

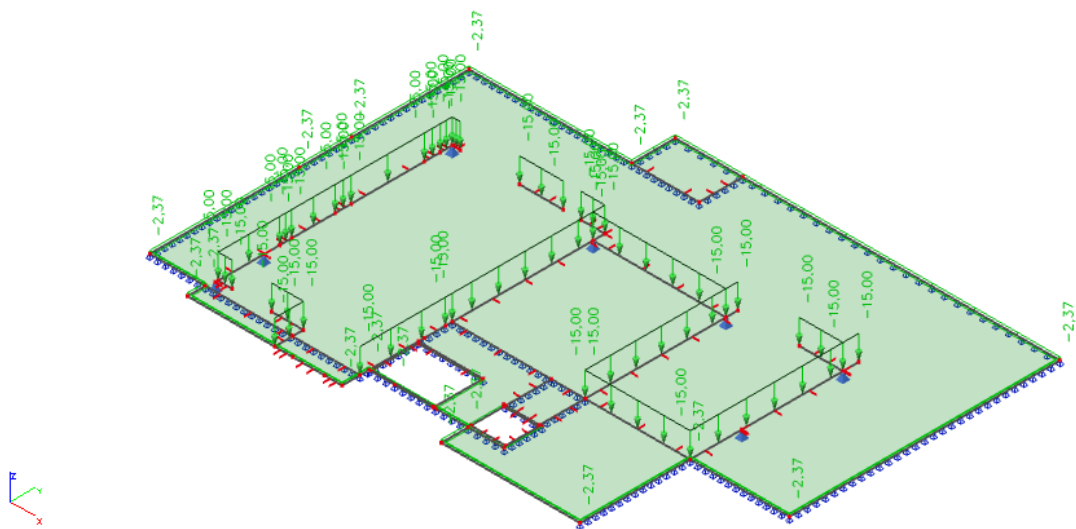
$$L = 530,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,084 \cdot 530^2 \cdot 0,000008638 = 0,204 \text{ cm} < v_{lim} = 2,12 \text{ cm}$$

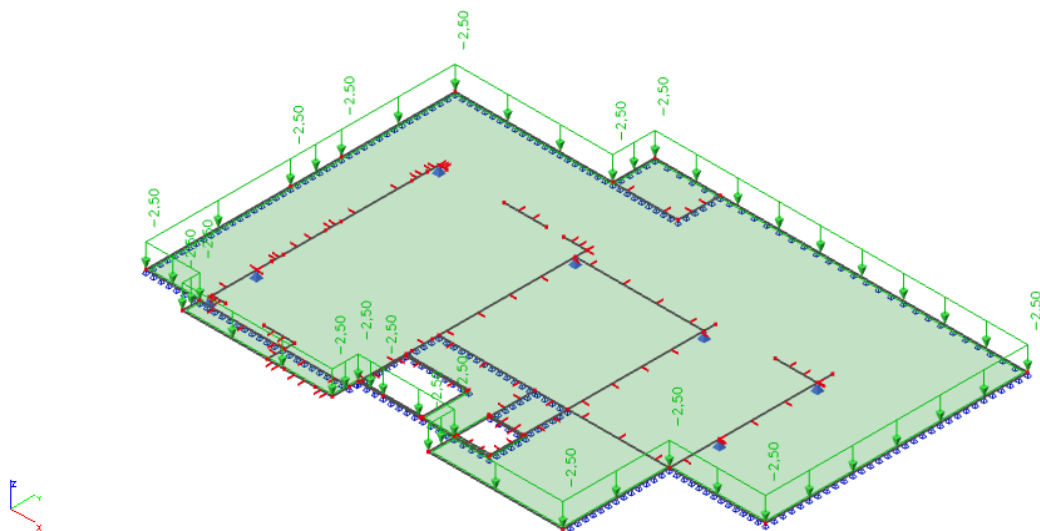
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju progibe.

5.5. Pozicija 100-strop garaže

5.5.1. Prikaz opterećenja



Slika 58. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na ploči POZ 100



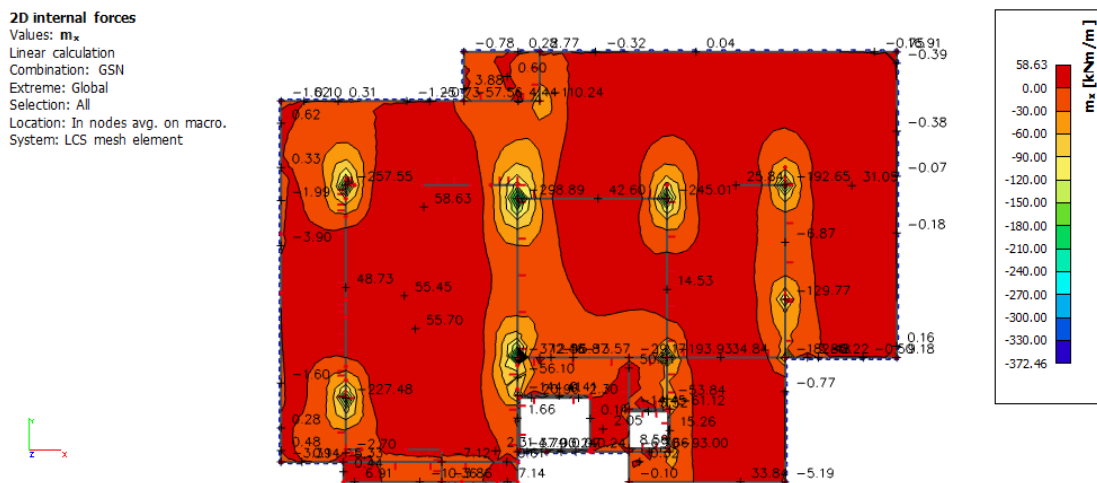
Slika 59. Prikaz korisnog opterećenja na ploči POZ 100

5.5.2. Rezultati proračuna

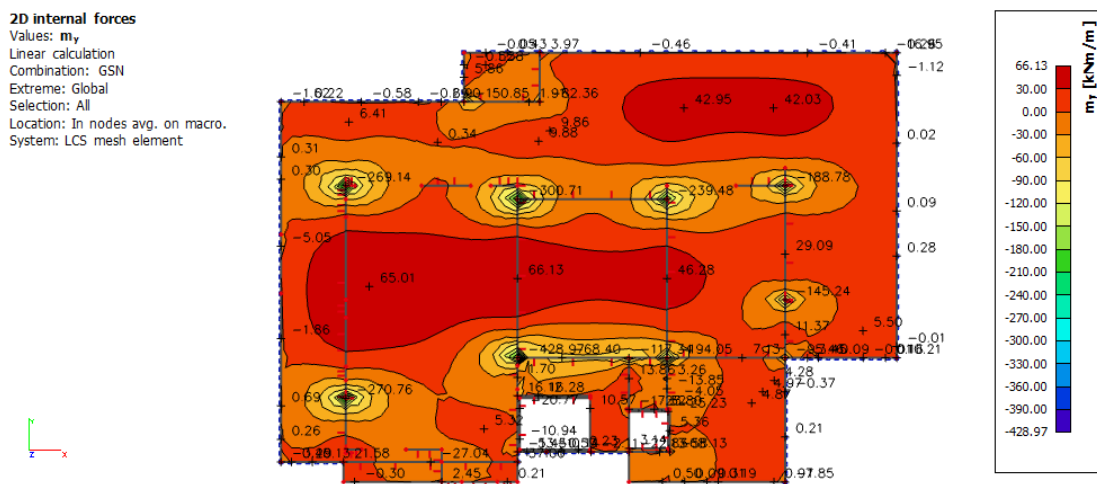
Proračun je proveden za kombinaciju GSN : $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q$

Gdje su :

- g-vlastita težina ploče (d=25 cm)
- g1- dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)
- q- korisno opterećenje



Slika 60. Moment savijanja M_x ploče POZ 100 (kNm)



Slika 61. Moment savijanja M_y ploče POZ 100 (kNm)

5.5.3. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

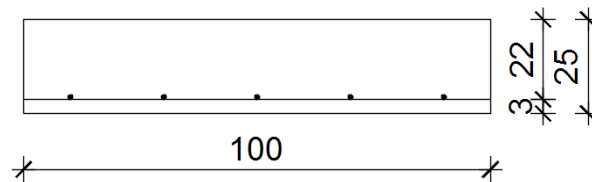
$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 25,0 \text{ cm} \quad d_1 = 3,0 \text{ cm} \quad d = 22,0 \text{ cm}$$



5.5.3.1. Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju

$$M_{Ed} = 66,13 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{66,13 \cdot 100}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,0} = 0,068$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{66,13 \cdot 100}{0,947 \cdot 22 \cdot 43,48} = 7,30 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 22 = 3,30 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 22 = 3,32 \text{ cm}^2$$

Odabrano : Q-785 ($A_{s1}=7,85 \text{ cm}^2$)

5.5.3.2. Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju

$$M_{Ed} = 68,40 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{68,40 \cdot 100}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,0} = 0,071$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{68,40 \cdot 100}{0,947 \cdot 22 \cdot 43,48} = 7,55 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 22 = 3,30 \text{ cm}^2$$

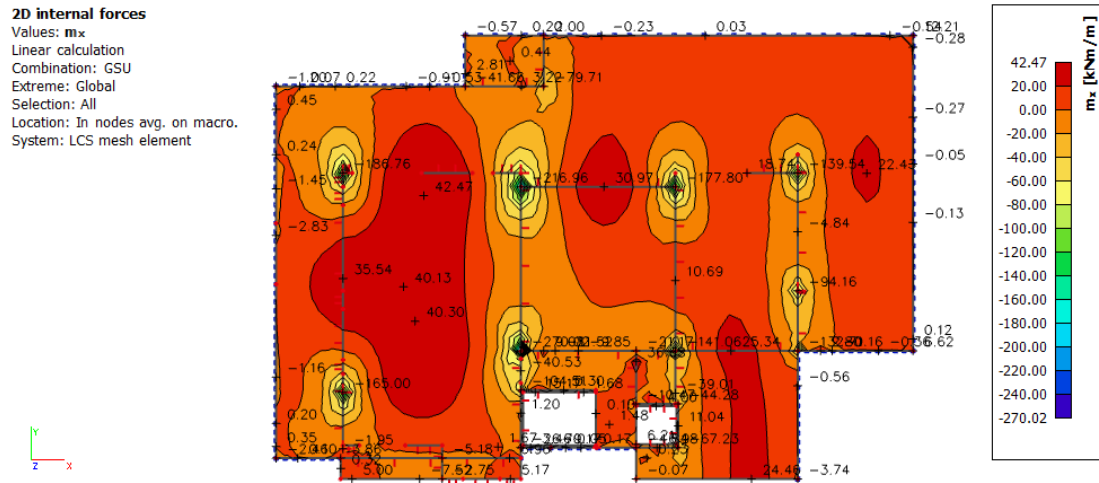
$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 22 = 3,32 \text{ cm}^2$$

Odabrano : Q-785 ($A_{s1}=7,85 \text{ cm}^2$)

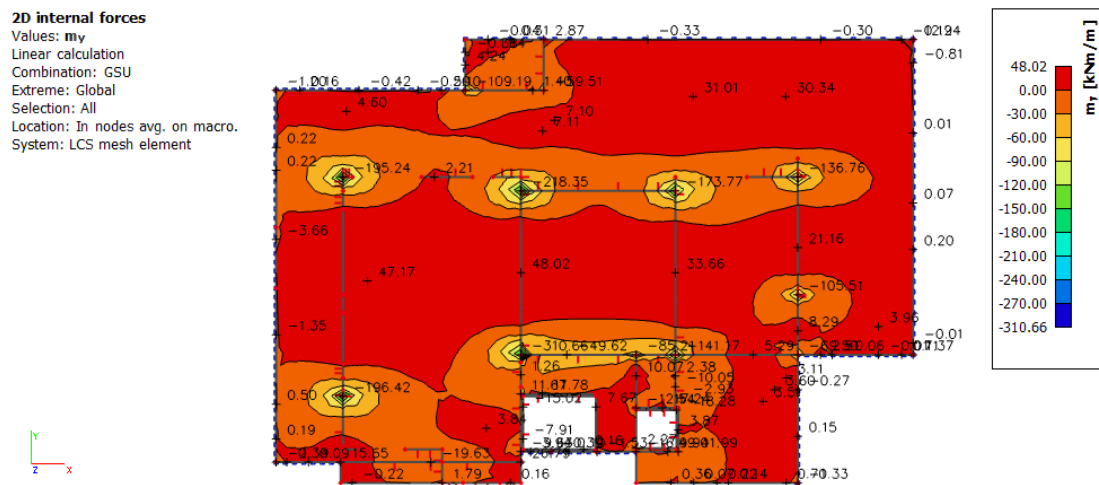
5.5.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 62. Moment savijanja GSU M_x ploče POZ 100 (kNm)



Slika 63. Moment savijanja GSU M_y ploče POZ 100 (kNm)

Granična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

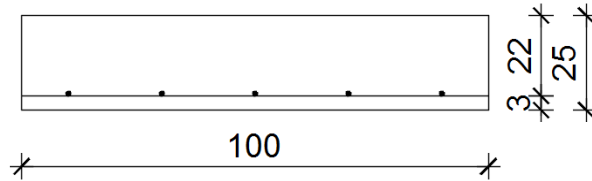
Proračunska vrijednost širine pukotina (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

5.5.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 48,02 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 25,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 22,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 22}{6,25 \cdot 7,85}} \right) = 4,16 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{48,02 \cdot 100}{\left(22 - \frac{4,16}{3}\right) \cdot 7,85} = 29,68 \text{ kN/cm}^2 = 296,8 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3} = 0,01047$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{296,8 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01047} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01047)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{296,8}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{178,76}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{296,8}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008938 > 0,00089046$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008938$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=10,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,01047} = 264,37 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

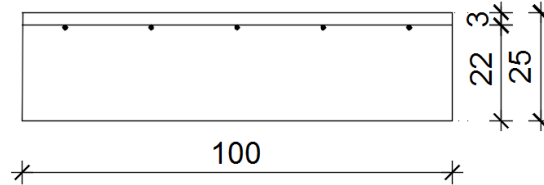
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 264,37 \cdot 0,0008938 = 0,236 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

5.5.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 49,62 \text{ kNm/m}$

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



$b = 100,0 \text{ cm}$ $h = 25,0 \text{ cm}$ $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ $d = 22,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 22}{6,25 \cdot 7,85}} \right) = 4,16 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{49,62 \cdot 100}{\left(22 - \frac{4,16}{3}\right) \cdot 7,85} = 30,66 \text{ kN/cm}^2 = 306,6 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3} = 0,01047$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{306,6 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01047} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01047)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{306,6}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{188,56}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{183,96}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0009428 > 0,00055188$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0009428$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=10,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=30$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,01047} = 264,37 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

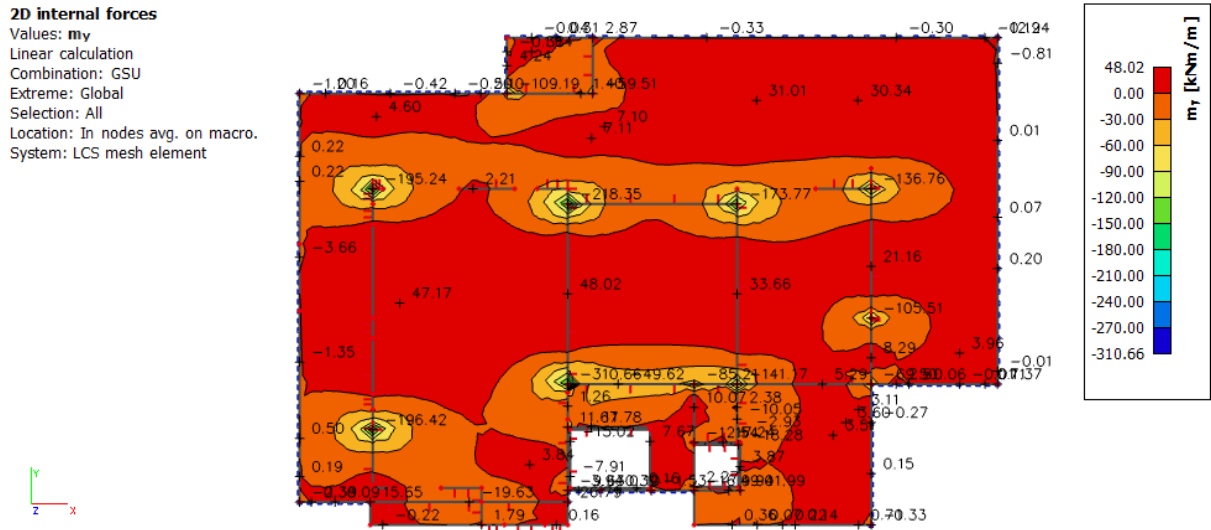
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 264,37 \cdot 0,0009428 = 0,249 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

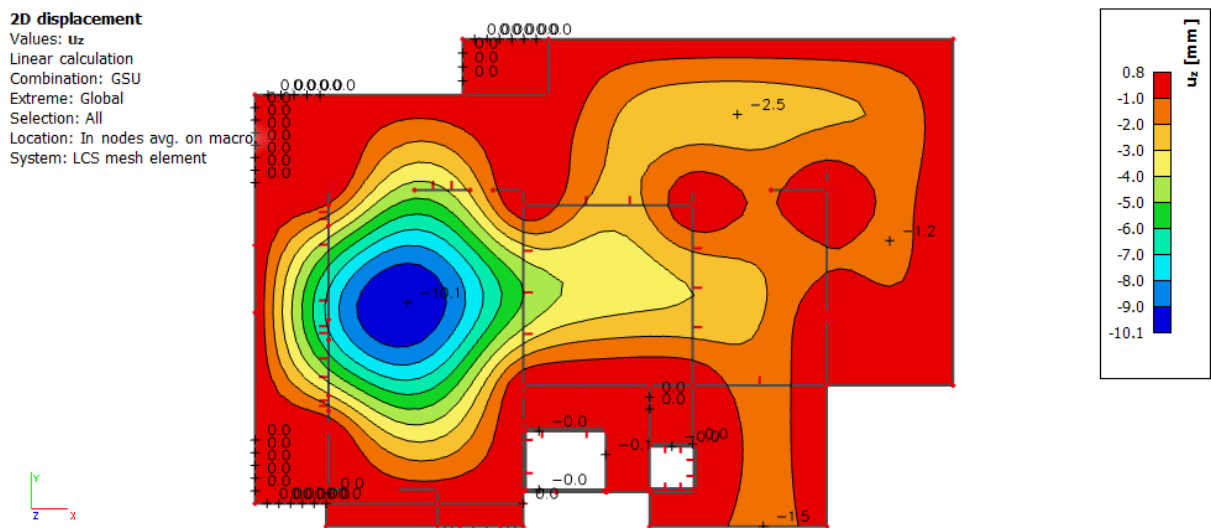
5.5.5. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 64. Moment savijanja GSU M_y ploče POZ 100 (kNm)



Slika 65. Maksimalni progib ploče POZ 100

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{1060}{250} = 4,24 \text{ cm}$$

Beton C 30/37 ; $f_{\text{ck}}=30,0 \text{ MPa}$

$$E_{\text{cm}} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ctm}} = 0,3 \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30,0^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ; $E_s=200,0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{\text{el}} = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200,0}{32,0} = 6,25$$

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

$$\beta = \frac{|M_{11} + M_{12}|}{|M_p|} = \frac{|0 + 49,62|}{|48,02|} = 1,033$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,033) = 0,093$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$I_I = \frac{100 \cdot 25^3}{12} + 6,25 \cdot \left[7,85 \cdot \left(\frac{25}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left(\frac{25}{2} - 3 \right)^2 \right] = 134636,22 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{Ed}} = M_p = 48,02 \text{ kNm}$$

$$E_{\text{c,eff}} = E_{\text{cm}} = 32,0 \text{ GN/m}^2 = 3200,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_I} = \frac{48,02 \cdot 100}{3200 \cdot 134636,22} = 0,0000111 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 7,85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 22}{6,25 \cdot 7,85}} \right) = 4,16 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 25^3}{12} + 100 \cdot 4,16 \cdot \left(\frac{4,16}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [7,85 \cdot (22 - 4,16)^2 + 0 \cdot (4,16 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 147623,02 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{\text{c,eff}} \cdot I_{II}} = \frac{48,02 \cdot 100}{3200 \cdot 147623,02} = 0,0000102 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30^{\frac{2}{3}} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 25^2}{6} = 3020,83 \text{ kNcm} = 30,21 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{30,21 \cdot 100}{\left(22 - \frac{4,16}{3}\right) \cdot 7,85} = 18,67 \text{ kN/cm}^2 = 186,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{48,02 \cdot 100}{\left(22 - \frac{4,16}{3}\right) \cdot 7,85} = 29,68 \text{ kN/cm}^2 = 296,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,0000111 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000102 \frac{1}{\text{cm}}$$

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

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000111 + (1 - 0,0) \cdot 0,0000102 = 0,0000102 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,084$$

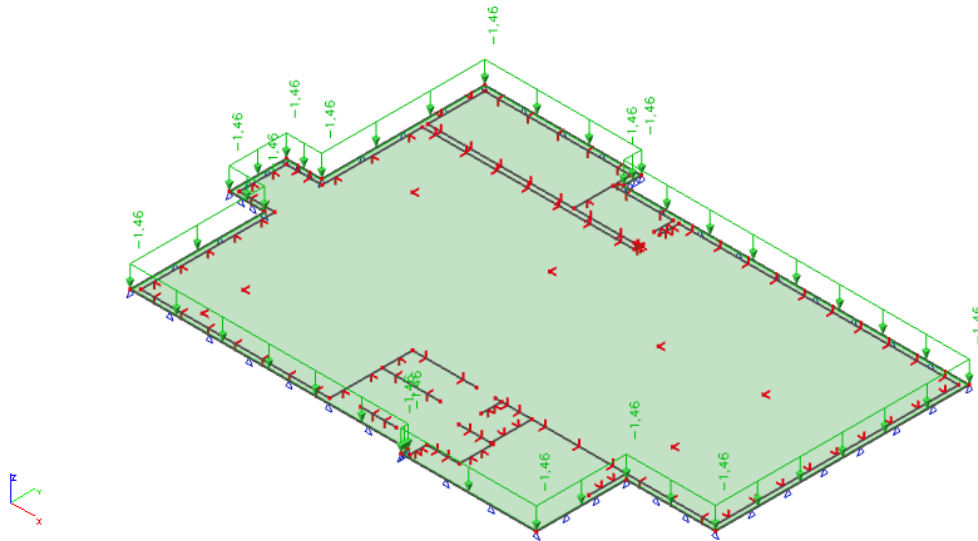
$$L = 1060,0 \text{ cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,084 \cdot 1060,0^2 \cdot 0,0000102 = 0,96 \text{ cm} < v_{lim} = 4,24 \text{ cm}$$

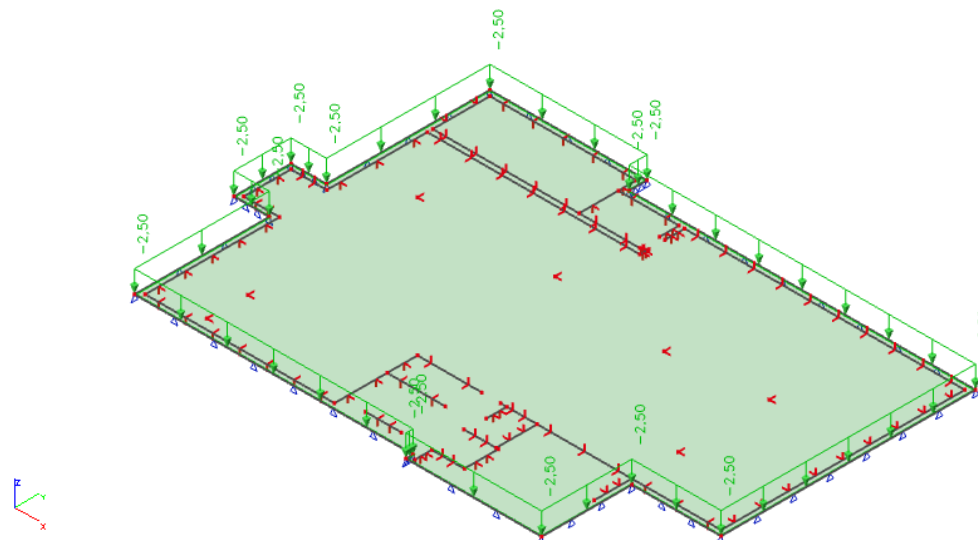
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju progibe.

5.6. Pozicija 000-temeljna ploča

5.6.1. Prikaz opterećenja



Slika 66. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja na ploči POZ 000



Slika 67. Prikaz korisnog opterećenja na ploči POZ 000

5.6.2. Rezultati proračuna

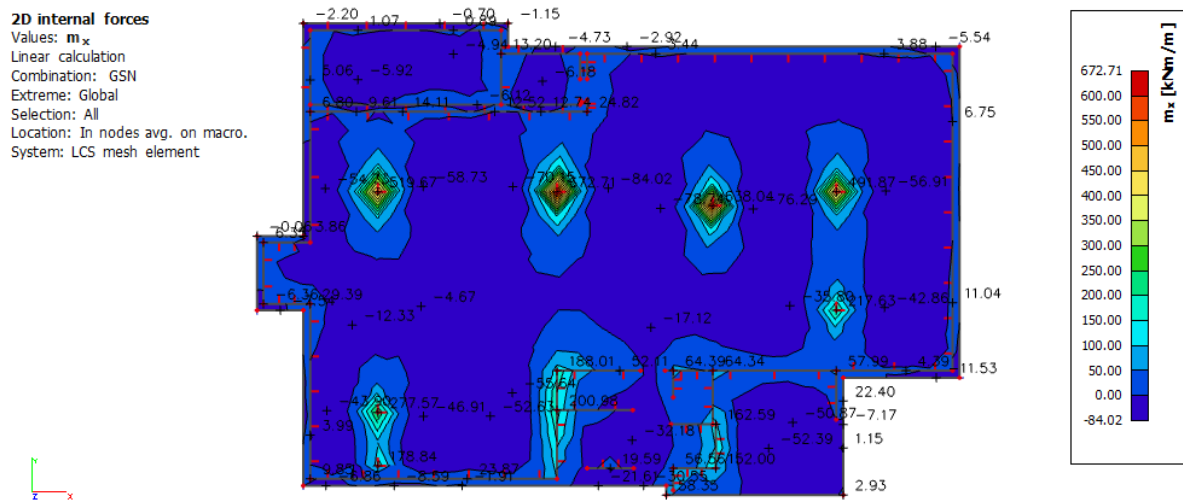
Proračun je proveden za kombinaciju GSN : $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,5 \cdot q$

Gdje su :

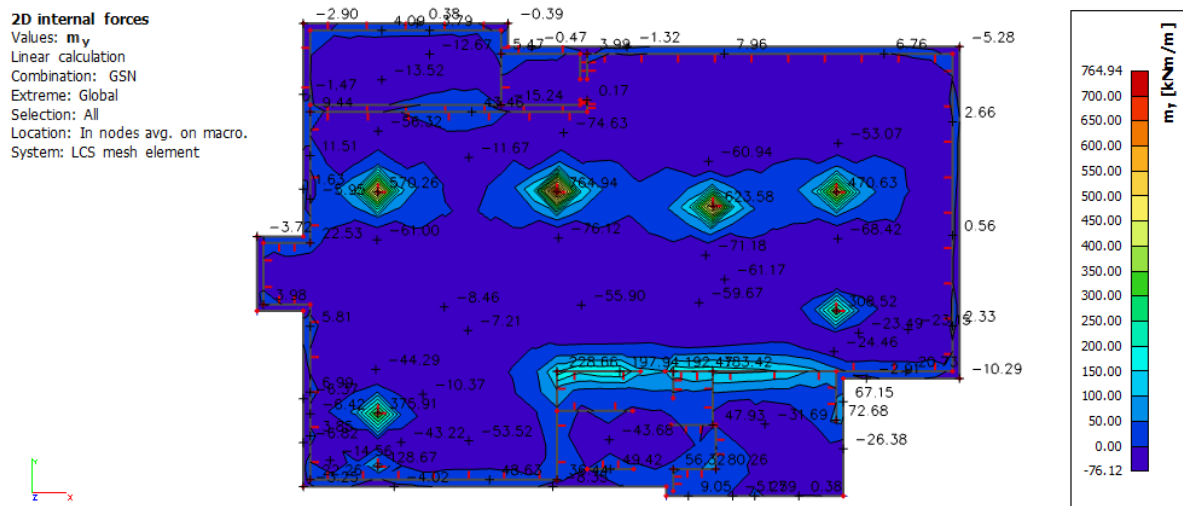
-g-vlastita težina ploče (d=40 cm)

-g1- dodatno stalno opterećenje (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)

-q- korisno opterećenje



Slika 68. Moment savijanja M_x ploče POZ 000 (kNm)



Slika 69. Moment savijanja M_y ploče POZ 000 (kNm)

5.6.3. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

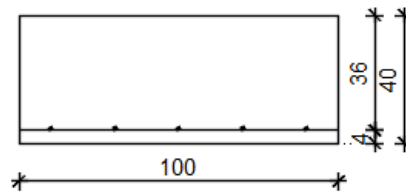
$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 40,0 \text{ cm} \quad d_1 = 4,0 \text{ cm} \quad d = 36,0 \text{ cm}$$



5.6.3.1. Armatura donje zone temeljne ploče

$$M_{Ed} = \frac{764,94}{3} = 254,98 \text{ kNm/m}$$

Napomena: Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavno zbog toga što računalni program numerički daje rezultate beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je otprilike na 1/3 najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{254,98 \cdot 100}{100 \cdot 36^2 \cdot 2,0} = 0,098$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,2 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,931 \quad \xi = 0,180$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{254,98 \cdot 100}{0,931 \cdot 36 \cdot 43,48} = 17,50 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 36 = 5,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 36 = 5,43 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano : } Q-636 (A_{s1}=6,36 \text{ cm}^2) + 5\emptyset 18 (A_{s1}=15,27 \text{ cm}^2) = 21,63 \text{ cm}^2$$

5.6.3.2. Armatura gornje zone temeljne ploče

$$M_{Ed} = 84,02 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{84,02 \cdot 100}{100 \cdot 36^2 \cdot 2,0} = 0,032$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,1 \text{ ‰ } \zeta = 0,965 \quad \xi = 0,099$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{84,02 \cdot 100}{0,965 \cdot 36 \cdot 43,48} = 5,56 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 36 = 5,4 \text{ cm}^2$$

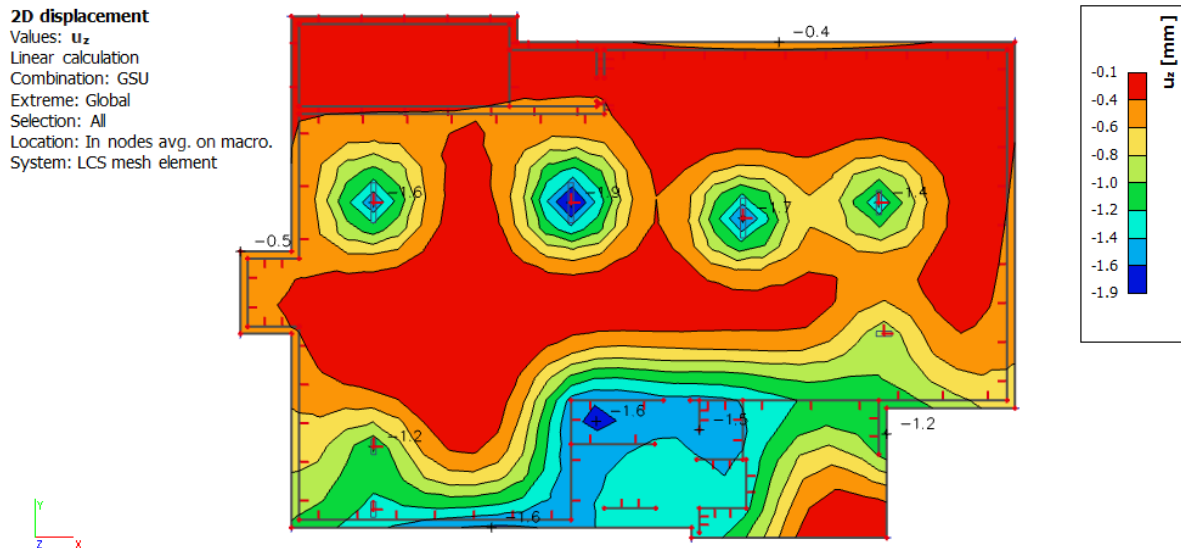
$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 36 = 5,43 \text{ cm}^2$$

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

5.6.4. Kontrola progiba

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

GSU: $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$



Slika 70. Maksimalni progib ploče POZ 000

Granični progib:

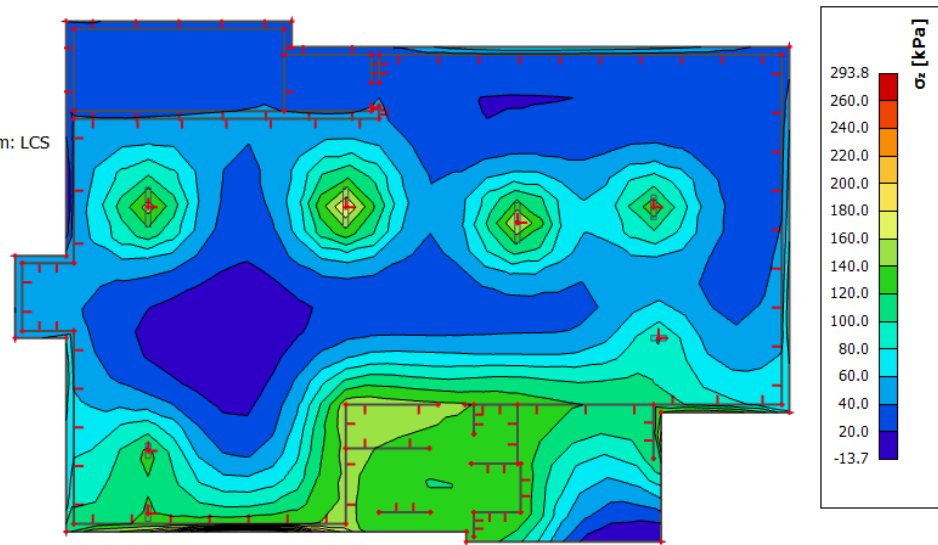
$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{770}{250} = 3,08 \text{ cm}$$

Progib ploče pozicije 000 zadovoljava graničnu vrijednost progiba od 3,08 cm.

5.6.5. Kontrola napreznja

2D contact stresses

Values: σ_z
Linear calculation
Combination: GSU
Extreme: Global
Selection: All
Location: In nodes avg.. System: LCS
mesh element



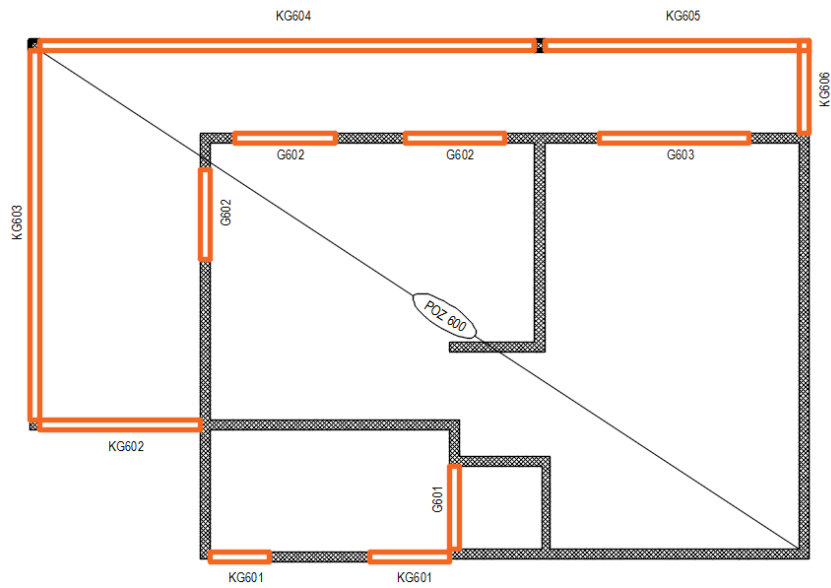
Slika 71. Raspodjela napreznja ispod temeljne ploče

$$\sigma_{tla,max} = 293,8 \text{ kPa} < \sigma_{Rd} = 500,0 \text{ kPa}$$

6. DIMENZIONIRANJE ARMIRANO-BETONSKIH GREDA

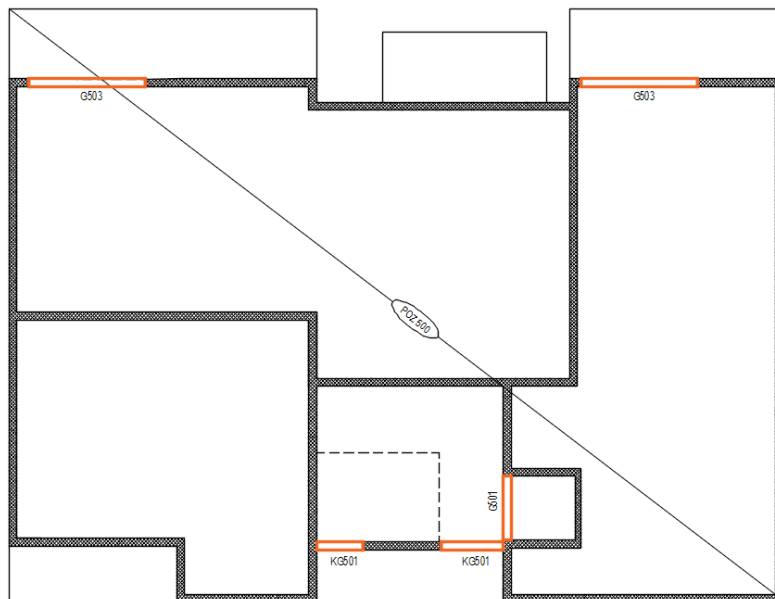
6.1. Plan pozicija

6.1.1. Pozicija 600- ravni krov

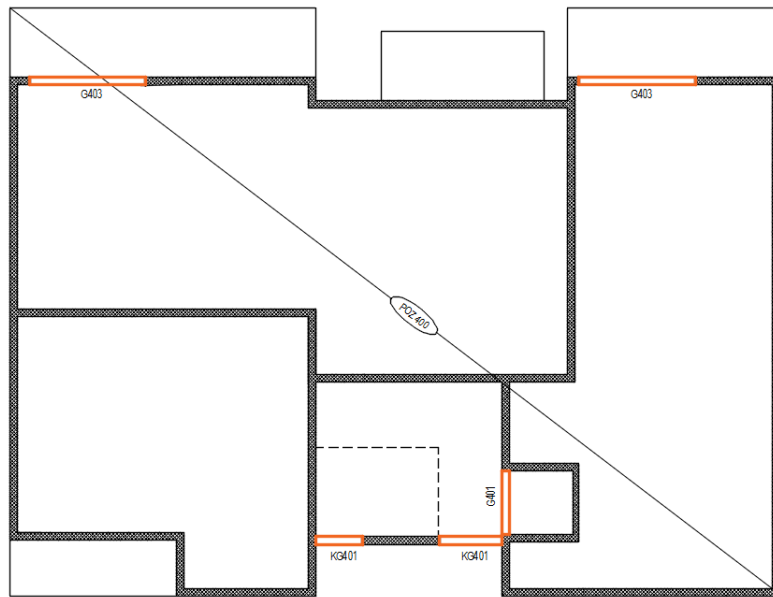


Slika 72. Plan pozicija greda na ploči pozicije 600

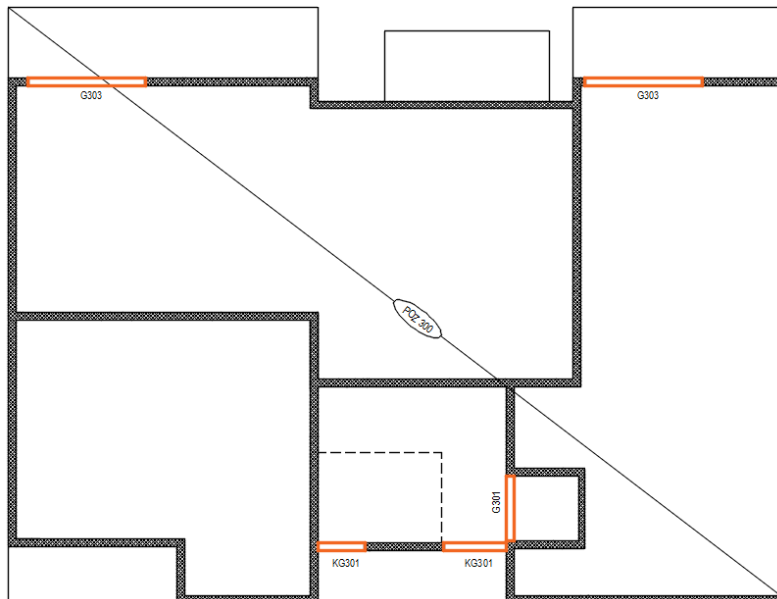
6.1.2. Pozicija 500



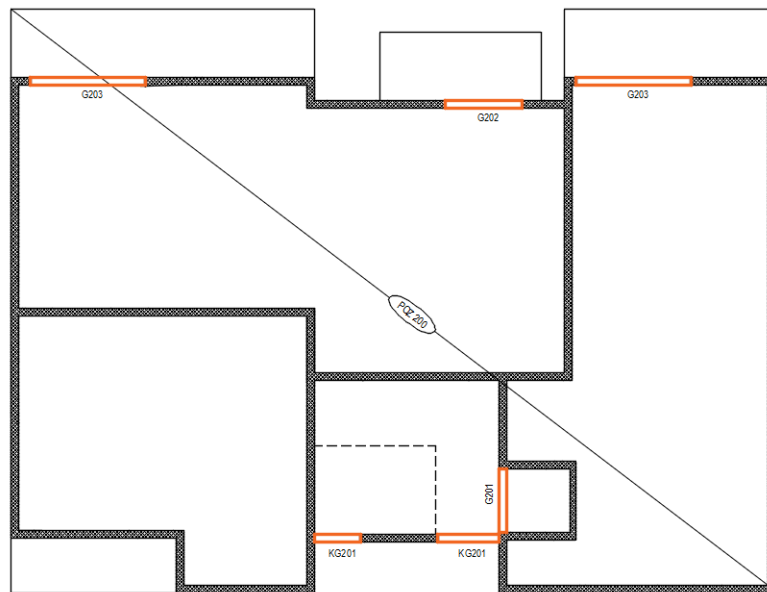
Slika 73. Plan pozicija greda na ploči pozicije 500

6.1.3. Pozicija 400

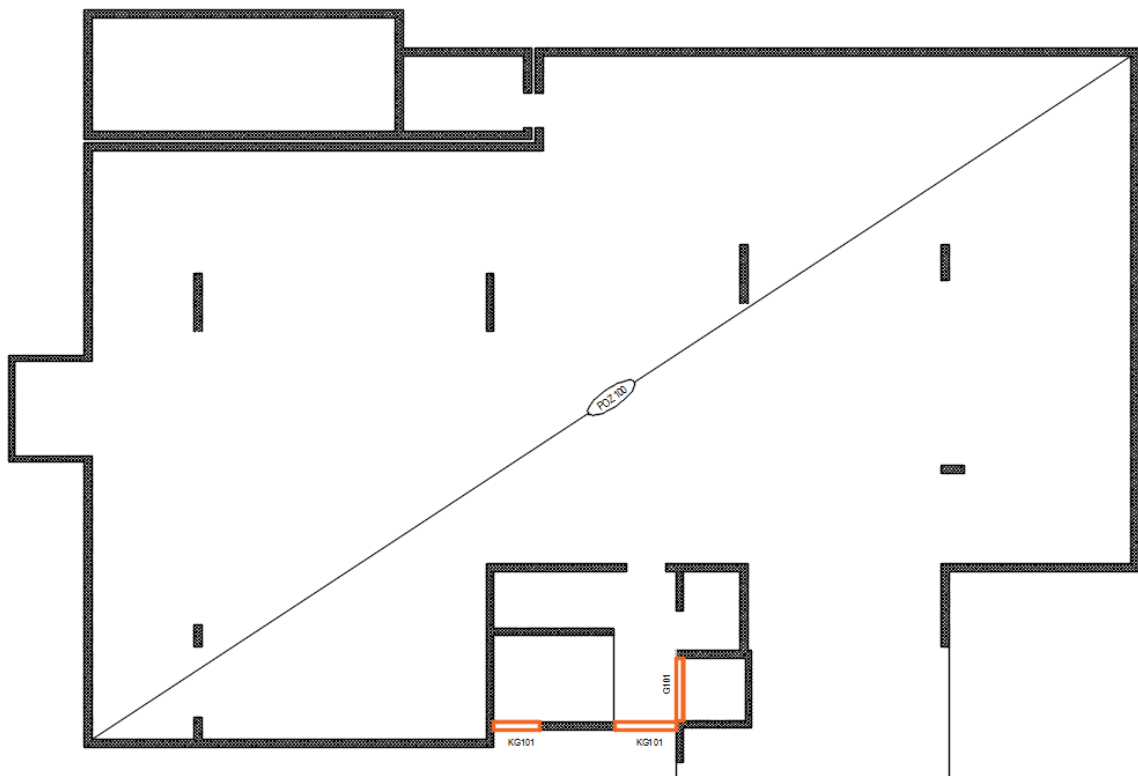
Slika 74. Plan pozicija greda na ploči pozicije 400

6.1.4. Pozicija 300

Slika 75. Plan pozicija greda na ploči pozicije 300

6.1.5. Pozicija 200

Slika 76. Plan pozicija greda na ploči pozicije 200

6.1.5. Pozicija 100

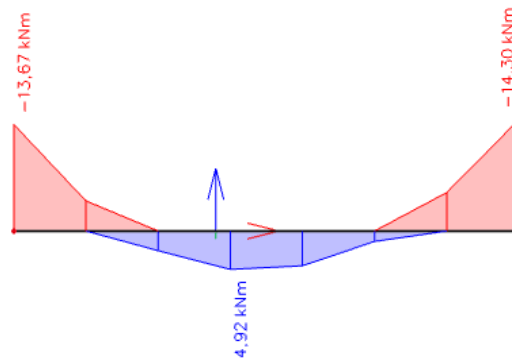
Slika 77. Plan pozicija greda na ploči pozicije 100

6.2. Grede G 202 i G 602

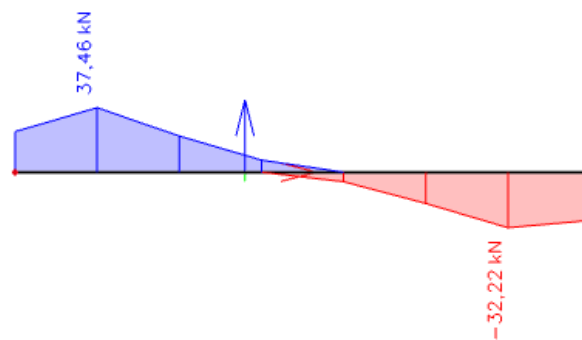
Grede pozicija G 202 i G 602 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene jednakim opterećenjem. U nastavku će se prikazati rezultati za gredu G 602, a proračun i dimenzioniranje se primjenjuje na sve pozicije G 202 i G 602.

G 202 = G 602 ($b=20\text{ cm}$ $h=50\text{ cm}$ $d_1=5,0\text{ cm}$ $L=200\text{ cm}$)

6.2.1. Rezultati proračuna



Slika 78. Moment savijanja M_y grede G 202 i G 602 (kNm)



Slika 79. Poprečna sila V_z grede G 202 i G 602 (kN)

6.2.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.2.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju:

$$M_{Ed} = 4,92 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4,92 \cdot 100}{20 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,006$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4,92 \cdot 100}{0,987 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,25 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500}\right) \cdot 20 \cdot 45 = 1,36 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 45 = 36,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}}\right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500}\right) \cdot 20 \cdot 45 = 12,85 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

6.2.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju:

$$M_{Ed} = 14,30 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{14,30 \cdot 100}{20 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,018$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,963 \quad \xi = 0,107$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14,30 \cdot 100}{0,963 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,759 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 1,36 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 45 = 36,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 12,85 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

6.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 37,46 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 < 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{6,16}{20 \cdot 45} = 0,00684$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm} ; d = 45,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00684 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 450,0 = 49377,91 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 49,38 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,67^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,414$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,414 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 450,0 = 37260,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(49,38 \text{ kN}) \geq 37,26 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 450 \cdot 20,0 = 475200 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 475,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 37,46 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 475,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{37,46}{475,20} = 0,079 \rightarrow V_{Ed} = 0,079 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 45; 30 \text{ cm}) = \min(33,75; 30 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

Odabrane spone : $\phi 10 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

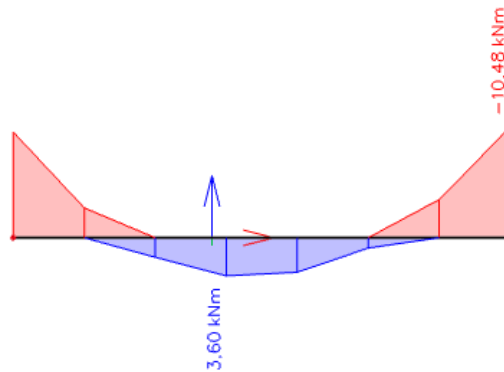
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 45}{37,46} = 47,01 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

6.2.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 80. Prikaz momenta savijanja M_y G 202 i G 602 za GSU (kNm)

Granična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ 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 u polju:

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 3,60$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 50,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 45,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 45}{6,25 \cdot 3,08}} \right) = 8,34 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{3,60 \cdot 100}{\left(45 - \frac{8,34}{3}\right) \cdot 3,08} = 2,77 \text{ kN/cm}^2 = 27,70 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01232$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{27,70 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01232} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01232)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{27,70}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-73,71}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{27,70}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00036855 < 0,0000831$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000831$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=14,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,01232} = 363,18 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 363,18 \cdot 0,0000831 = 0,030 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.2.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 10,48 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 14 (A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 50,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 45,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x_x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 45}{6,25 \cdot 3,08}} \right) = 8,34 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{10,48 \cdot 100}{\left(45 - \frac{8,34}{3}\right) \cdot 3,08} = 8,06 \text{ kN/cm}^2 = 80,60 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01232$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{80,60 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01232} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01232)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{80,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-20,81}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{147,9}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00010405 < 0,0002418$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0002418$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=14,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,01232} = 363,18 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 363,18 \cdot 0,0002418 = 0,088 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

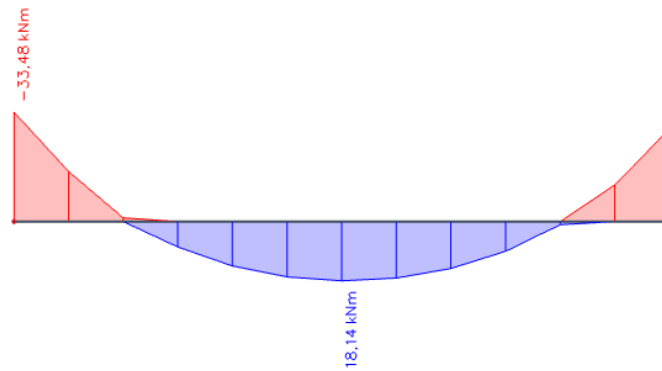
-Pukotine zadovoljavaju.

6.3. Greda G 603, G 503, G 403, G 303, G203

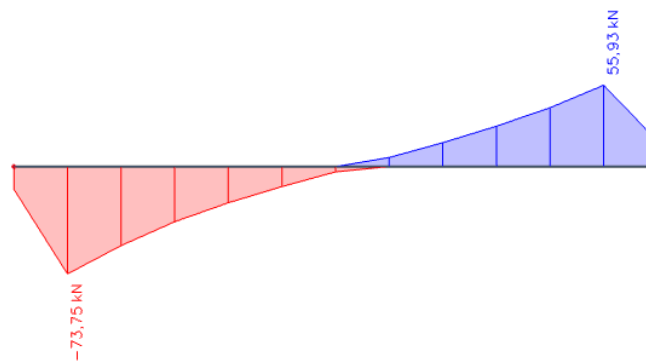
Grede pozicija G 603, G 503, G 403, G 303, G203 imaju iste geometrijske karakteristike, jednake su dimenzije te su opterećene jednakim opterećenjem. U nastavku će se prikazati rezultati za gredu G 503, a proračun i dimenzioniranje se primjenjuje na sve pozicije G 202 i G 602.

G 603=G 503=G 403=G 303=G203 ($b=20\text{cm}$, $h=50\text{ cm}$, $d1=5,0\text{ cm}$, $L=300\text{ cm}$)

6.3.1. Rezultati proračuna



Slika 81. Moment savijanja M_y grede G 503 (kNm)



Slika 82. Poprečna sila V_z grede G 503 (kN)

6.3.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.3.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 18,14 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18,40 \cdot 100}{20 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,023$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,9 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,971 \quad \xi = 0,083$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18,40 \cdot 100}{0,971 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,968 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 1,36 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 45 = 36,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 12,85 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

6.3.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 33,48 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33,48 \cdot 100}{20 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,041$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰ } \zeta = 0,962 \quad \xi = 0,107$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{33,48 \cdot 100}{0,962 \cdot 45 \cdot 43,48} = 1,78 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 1,36 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 45 = 36,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 12,85 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

6.3.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 73,75 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 < 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{6,16}{20 \cdot 45} = 0,00684$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm} ; d = 45,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00684 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 450,0 = 49377,91 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 49,38 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,67^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,414$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,414 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 450,0 = 37260,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(49,38 \text{ kN}) \geq 37,26 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 450 \cdot 20,0 = 475200 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 475,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 73,75 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 475,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{73,75}{475,20} = 0,155 \rightarrow V_{Ed} = 0,155 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 45; 30 \text{ cm}) = \min(33,75; 30 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

Odabrane spone : $\phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

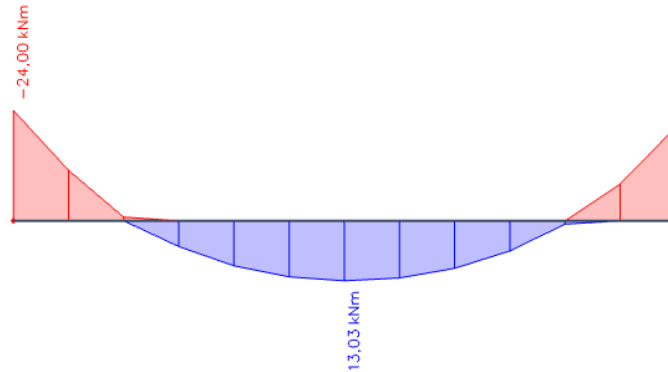
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 45}{73,75} = 50,41 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

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: $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$



Slika 83. Prikaz momenta savijanja M_y grede G 503 za GSU (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.3.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 3,60$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 14 (A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0$ cm $h = 50,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 45,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 45}{6,25 \cdot 3,08}} \right) = 8,34 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{13,03 \cdot 100}{\left(45 - \frac{8,34}{3}\right) \cdot 3,08} = 10,02 \text{ kN/cm}^2 = 100,20 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01232$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{100,20 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01232} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01232)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{100,20}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-1,21}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{100,20}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00000605 < 0,0003006$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0003006$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=14,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,01232} = 363,18 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 363,18 \cdot 0,0003006 = 0,109 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.3.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 24,0 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 14 (A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 50,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 45,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 45}{6,25 \cdot 3,08}} \right) = 8,34 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{24,0 \cdot 100}{\left(45 - \frac{8,34}{3}\right) \cdot 3,08} = 18,46 \text{ kN/cm}^2 = 184,60 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01232$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{184,60 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01232} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01232)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{184,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{83,19}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{184,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00041595 < 0,0005538$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005538$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=14,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,01232} = 363,18 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 363,18 \cdot 0,0005538 = 0,201 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

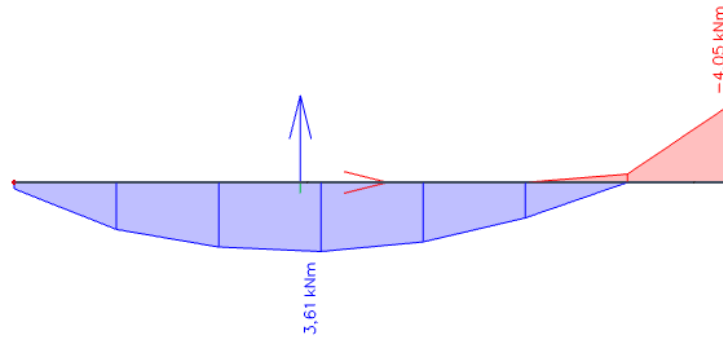
-Pukotine zadovoljavaju.

6.4. Greda G 601, G 501, G 401, G 301, G201, G 101

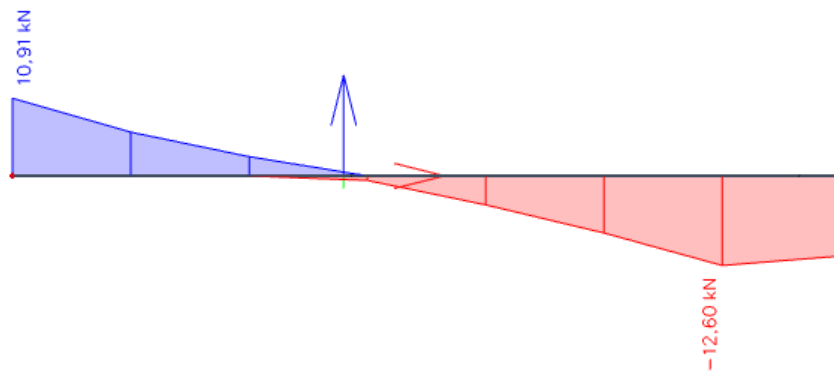
Grede pozicija G 601, G 501, G 401, G 301, G201, G 101 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene jednakim opterećenjem. U nastavku će se prikazati rezultati za gredu G 303, a proračun i dimenzioniranje se primjenjuje na sve pozicije.

G 601=G 501=G 401=G 301=G201=G 101 ($b=20\text{cm}$, $h=50\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=190\text{ cm}$)

6.4.1. Rezultati proračuna



Slika 84. Moment savijanja M_y grede G 303 (kNm)



Slika 85. Poprečna sila V_z grede G 303 (kN)

6.4.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.4.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 3,61 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3,61 \cdot 100}{20 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,005$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3,61 \cdot 100}{0,987 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,187 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 1,36 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 45 = 36,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 12,85 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.4.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 4,05 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4,05 \cdot 100}{20 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,005$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰ } \zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4,05 \cdot 100}{0,987 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,210 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 1,36 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 45 = 36,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 45 = 12,85 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.4.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 12,60 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 < 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 45} = 0,00502$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 45,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,00502 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 450,0 = 44539,83 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 44,54 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,67^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,414$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,414 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 450,0 = 37260,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(44,54 \text{ kN}) \geq 37,26 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 450 \cdot 20,0 = 372600 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 372,60 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 12,60 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 372,60 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{12,60}{372,60} = 0,034 \rightarrow V_{Ed} = 0,034 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 45; 30 \text{ cm}) = \min(33,75; 30 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računrska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

$$\text{Odabrane spone : } \phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 8/30 \text{ cm}$$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

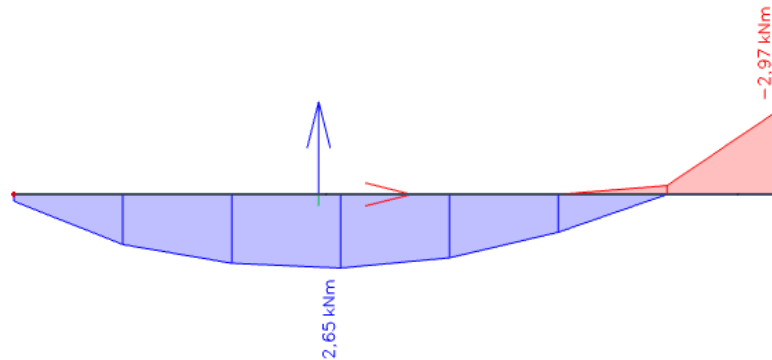
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 45}{12,60} = 47,01 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 8/30 \text{ cm}$$

6.4.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 86. Prikaz momenta savijanja M_y grede G 303 za GSU (kNm)

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

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.4.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 2,65 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 12 (A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 50,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 45,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$E_{cm} = 32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 45}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 7,27 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{2,65 \cdot 100}{\left(45 - \frac{7,27}{3}\right) \cdot 2,26} = 2,75 \text{ kN/cm}^2 = 27,50 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{27,50 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{27,50}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-108,07}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{27,50}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,0005403 < 0,0000825$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000825$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 452,08 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 452,08 \cdot 0,0000825 = 0,037 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.4.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 2,97 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 12 (A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 50,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 45,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 45}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 7,27 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{2,97 \cdot 100}{\left(45 - \frac{7,27}{3}\right) \cdot 2,26} = 3,09 \text{ kN/cm}^2 = 30,90 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{30,90 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{30,90}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-104,67}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{30,90}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00052335 < 0,0000927$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000927$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 452,08 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 452,08 \cdot 0,0000927 = 0,042 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

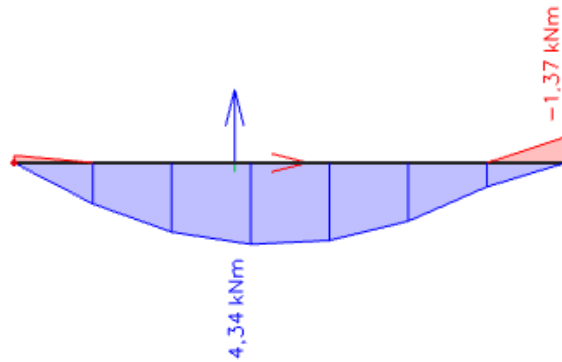
-Pukotine zadovoljavaju.

6.5. Grede KG 101, KG 201, KG 301, KG 401, KG 501, KG 601

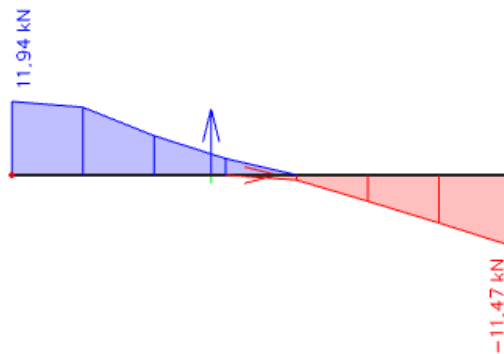
Grede pozicija KG 601, KG 501, KG 401, KG 301, KG201, KG 101 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene jednakim opterećenjem. U nastavku će se prikazati rezultati za gredu KG 201, a proračun i dimenzioniranje se primjenjuje na sve pozicije.

KG 601=KG 501=KG 401=KG 301=KG201=KG 101 ($b=20\text{cm}$, $h=75\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=170\text{ cm}$)

6.5.1. Rezultati proračuna



Slika 87. Moment savijanja M_y grede G 201 (kNm)



Slika 88. Poprečna sila V_z grede G 201 (kN)

6.5.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.5.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 4,34 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4,34 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,002$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,2 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,993 \quad \xi = 0,020$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4,34 \cdot 100}{0,993 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,144 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.5.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 1,37 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1,37 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,001$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,2 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,993 \quad \xi = 0,020$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1,37 \cdot 100}{0,993 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,045 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.5.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 11,94 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{700}} = 1,53 < 2,0 \rightarrow k = 1,53$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 70} = 0,00323$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 70,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,00323 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 54799,37 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 54,80 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,53^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 50820,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(54,80 \text{ kN}) \geq 50,82 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 700 \cdot 20,0 = 739200 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 11,94 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{11,94}{739,20} = 0,016 \rightarrow V_{Ed} = 0,016 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 70; 30 \text{ cm}) = \min(52,50; 30 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

Odabrane spone : $\phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

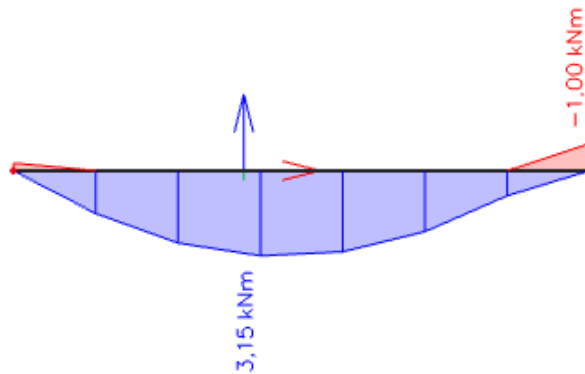
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 70}{11,94} = 229,42 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

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: $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$



Slika 89. Prikaz momenta savijanja M_y grede G 201 za GSU (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.5.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 3,15$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 12$ ($A_{s1} = 2,26$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 75,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 70,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{3,15 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 2,08 \text{ kN/cm}^2 = 20,8 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{20,8 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{20,8}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-114,77}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{20,8}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00057385 < 0,0000624$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000624$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 452,08 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 452,08 \cdot 0,0000624 = 0,028 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.5.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 1,0 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 12 (A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 75,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 70,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1,0 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 0,661 \text{ kN/cm}^2 = 6,61 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{6,61 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{6,61}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-128,96}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{3,97}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,0006448 < 0,0000191$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000191$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 452,08 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

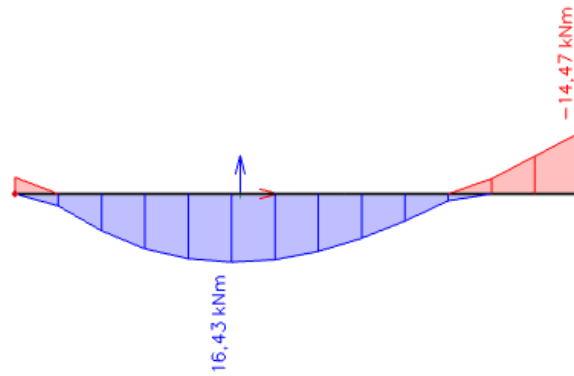
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 452,08 \cdot 0,0000191 = 0,009 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

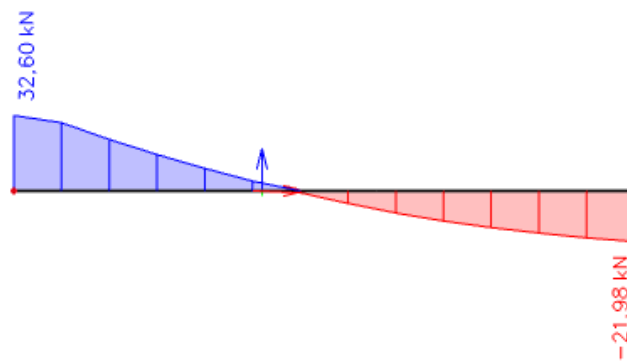
6.6. Greda KG 602

KG 602 ($b=20\text{cm}$, $h=75\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=330\text{ cm}$)

6.6.1. Rezultati proračuna



Slika 90. Moment savijanja M_y grede KG 602 (kNm)



Slika 91. Poprečna sila V_z grede KG 602 (kN)

6.6.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.6.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 16,43 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16,43 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,008$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,984 \quad \xi = 0,048$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{16,43 \cdot 100}{0,984 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,549 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.6.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 14,47 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{14,47 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,007$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰ } \zeta = 0,984 \quad \xi = 0,048$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14,47 \cdot 100}{0,984 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,483 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.6.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 32,60 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 22,40 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{700}} = 1,53 < 2,0 \rightarrow k = 1,58$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{22,40}{20 \cdot 70} = 0,016$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 70} = 0,00322$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 60,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,00322 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,016 \right] \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 55078,73 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 55,08 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,53^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 0,016) \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 51156,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(55,08 \text{ kN}) \geq 51,16 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 700 \cdot 20,0 = 739200,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 32,60 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{32,60}{739,20} = 0,044 \rightarrow V_{Ed} = 0,044 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 70; 30 \text{ cm}) = \min(52,5; 30,0 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

$$\text{Odabrane spone : } \phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 8/30 \text{ cm}$$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

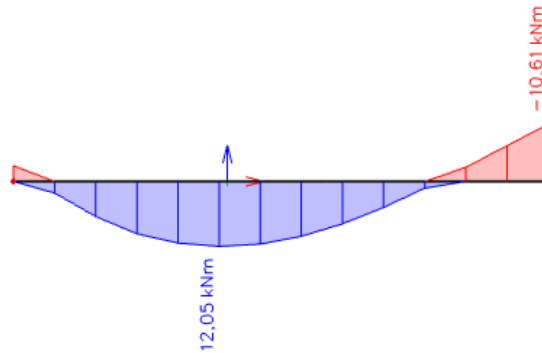
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 70}{32,60} = 84,03 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 8/30 \text{ cm}$$

6.6.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 92. Prikaz momenta savijanja M_y grede KG 602 za GSU (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.6.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 12,05$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 12$ ($A_{s1} = 2,26$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 75,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 70,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{12,05 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 7,97 \text{ kN/cm}^2 = 79,70 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{79,70 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{79,70}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-55,87}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{79,70}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00027935 < 0,0002391$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0002391$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 452,08 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 452,08 \cdot 0,0002391 = 0,108 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.6.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Kontrola pukotina na ležaju:

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 10,61 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 12 (A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2)$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 75,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 70,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{10,61 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 7,02 \text{ kN/cm}^2 = 70,20 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{70,20 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{70,20}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-65,37}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{70,20}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00032685 < 0,0002106$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0002106$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 452,08 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

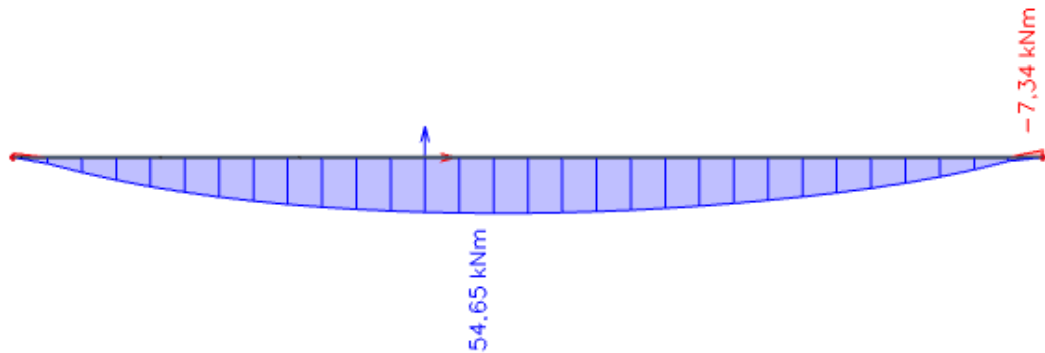
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 452,08 \cdot 0,0002106 = 0,095 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

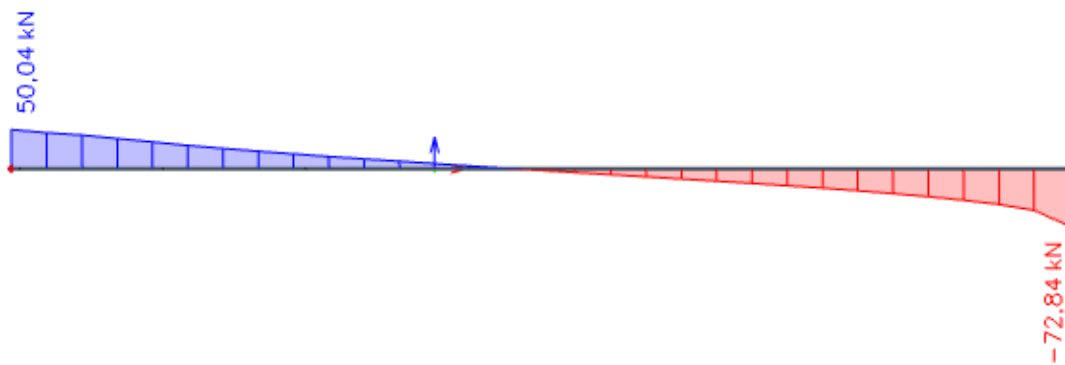
6.7. Greda KG 603

KG 603 ($b=20\text{ cm}$, $h=75\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=740\text{ cm}$)

6.7.1. Rezultati proračuna



Slika 93. Moment savijanja M_y grede KG 603 (kNm)



Slika 94. Poprečna sila V_z grede KG 603 (kN)

6.7.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.7.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 54,65 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{54,65 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,028$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,0 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,968 \quad \xi = 0,091$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{54,65 \cdot 100}{0,968 \cdot 70 \cdot 43,48} = 1,85 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

6.7.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 7,34 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7,34 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,004$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,34 \cdot 100}{0,987 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,244 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 21,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø14 ($A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$)

6.7.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 72,84 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{700}} = 1,53 < 2,0 \rightarrow k = 1,53$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{6,16}{20 \cdot 70} = 0,0044$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm} ; d = 70,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,0044 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 60747,07 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 60,75 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,53^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 50820,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(60,75 \text{ kN}) \geq 50,82 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 700 \cdot 20,0 = 739200,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 72,84 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{72,48}{739,20} = 0,098 \rightarrow V_{Ed} = 0,098 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 70; 30 \text{ cm}) = \min(52,50; 30,0 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

Odabrane spone : $\phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

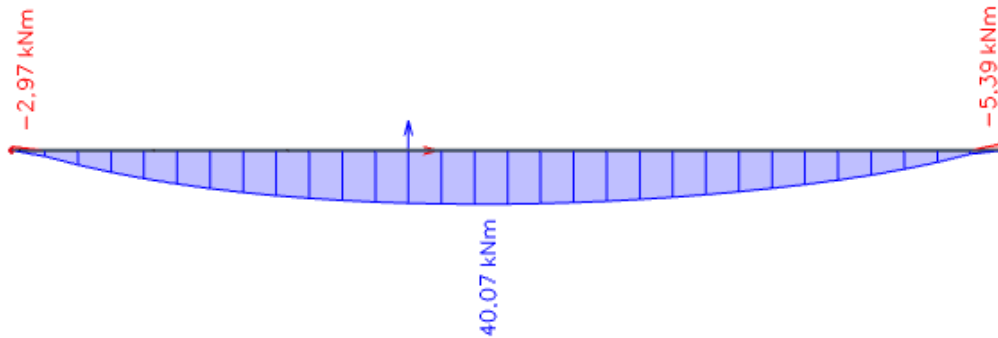
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 70}{72,84} = 37,61 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

6.7.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 95. Prikaz momenta savijanja M_y grede KG 603 za GSU (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.7.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 40,07$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 14 A_{s1} = 3,08$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 75,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 70,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 3,08}} \right) = 10,65 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{40,07 \cdot 100}{\left(70 - \frac{10,65}{3}\right) \cdot 3,08} = 19,58 \text{ kN/cm}^2 = 195,80 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01232$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{195,80 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01232} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01232)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{195,80}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{94,39}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{195,80}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00047195 < 0,0005874$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005874$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=14,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,01232} = 363,18 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 363,18 \cdot 0,0005874 = 0,213 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.7.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju : $M_{ed} = 5,39 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 14 A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 75,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 70,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 3,08}} \right) = 10,65 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{5,39 \cdot 100}{\left(70 - \frac{10,65}{3}\right) \cdot 3,08} = 2,63 \text{ kN/cm}^2 = 26,30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,01232$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{26,30 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,01232} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,01232)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{26,30}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-75,11}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{26,30}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00037555 < 0,0000789$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0000789$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=14,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,01232} = 363,18 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

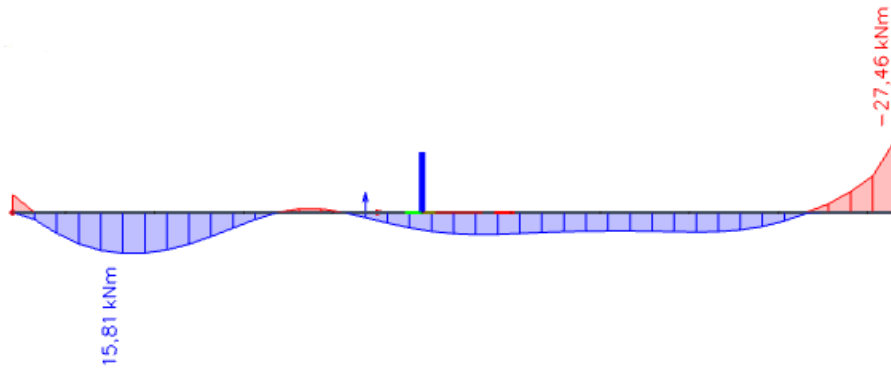
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 363,18 \cdot 0,0000789 = 0,029 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

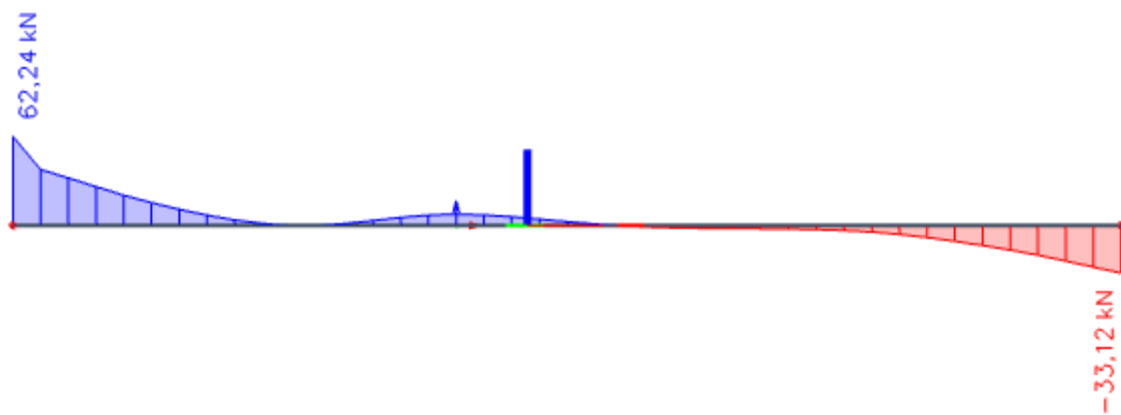
6.8. Greda KG 604

KG 604 ($b=20\text{ cm}$, $h=75\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=900\text{ cm}$)

6.8.1. Rezultati proračuna



Slika 96. Moment savijanja M_y grede KG 604 (kNm)



Slika 97. Poprečna sila V_z grede KG 604 (kN)

6.8.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.8.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 15,81 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15,81 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,008$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,984 \quad \xi = 0,048$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15,81 \cdot 100}{0,984 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,528 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.8.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 27,46 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{27,46 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,014$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,977 \quad \xi = 0,065$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{27,46 \cdot 100}{0,977 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,923 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.8.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 62,24 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{700}} = 1,53 < 2,0 \rightarrow k = 1,53$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 70} = 0,00323$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm} ; d = 60,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,00323 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 54799,34 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 54,80 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,53^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 50820,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(54,80 \text{ kN}) \geq 50,82 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 700 \cdot 20,0 = 739200,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 62,24 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{62,24}{739,20} = 0,084 \rightarrow V_{Ed} = 0,084 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 70; 30 \text{ cm}) = \min(52,50; 30,0 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računrska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

$$\text{Odabrane spone : } \phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 8/30 \text{ cm}$$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

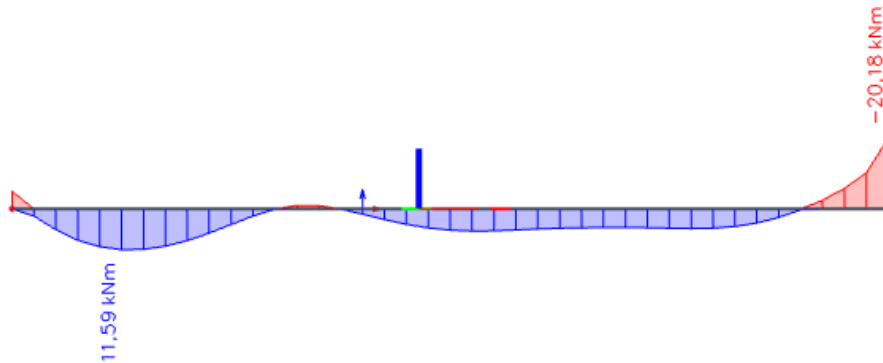
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 70}{62,24} = 44,01 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 8/30 \text{ cm}$$

6.8.4. Kontrola pukotina

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

$$\text{GSU: } 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$$



Slika 98. Prikaz momenta savijanja M_y grede KG 604 za GSU (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.8.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 11,59$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 12 A_{s1} = 2,26$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 75,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 70,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{11,59 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 7,66 \text{ kN/cm}^2 = 76,60 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{76,60 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{76,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-58,96}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{76,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,0002948 < 0,0002298$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0002298$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 395,66 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 395,66 \cdot 0,0002298 = 0,091 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.8.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 20,18 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 12 A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 75,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 70,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{20,18 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 13,34 \text{ kN/cm}^2 = 133,40 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{133,40 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{133,40}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-2,17}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{133,40}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00001085 < 0,0004002$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0004002$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 395,66 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

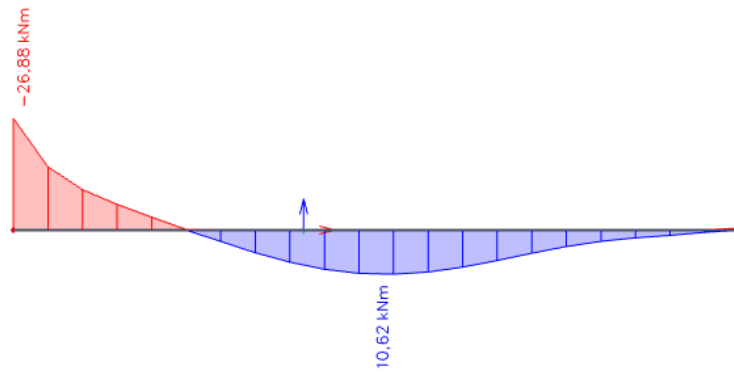
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 395,66 \cdot 0,0004002 = 0,158 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

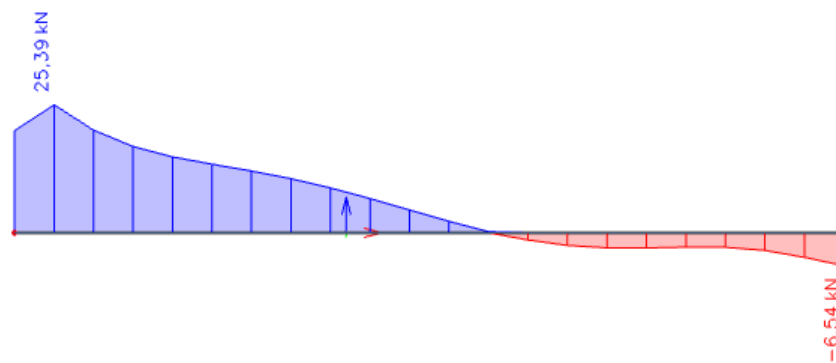
6.9. Greda KG 605

KG 605 ($b=20\text{cm}$, $h=75\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=520\text{ cm}$)

6.9.1. Rezultati proračuna



Slika 99. Moment savijanja M_y grede KG 605 (kNm)



Slika 100. Poprečna sila V_z grede KG 605 (kN)

6.9.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.9.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 10,62 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10,62 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,005$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,987 \quad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10,62 \cdot 100}{0,987 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,354 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.9.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 26,88 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,88 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,014$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 0,8 \text{ ‰ } \zeta = 0,977 \quad \xi = 0,065$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{26,88 \cdot 100}{0,977 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,90 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.9.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 25,39 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{700}} = 1,53 < 2,0 \rightarrow k = 1,53$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 70} = 0,00323$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 70,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,00323 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 54799,34 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 54,80 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,53^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 50820,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(54,80 \text{ kN}) \geq 50,82 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 700 \cdot 20,0 = 739200,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 25,39 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{25,39}{739,20} = 0,034 \rightarrow V_{Ed} = 0,034 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 70; 30 \text{ cm}) = \min(52,50; 30,0 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

Odabrane spone : $\phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

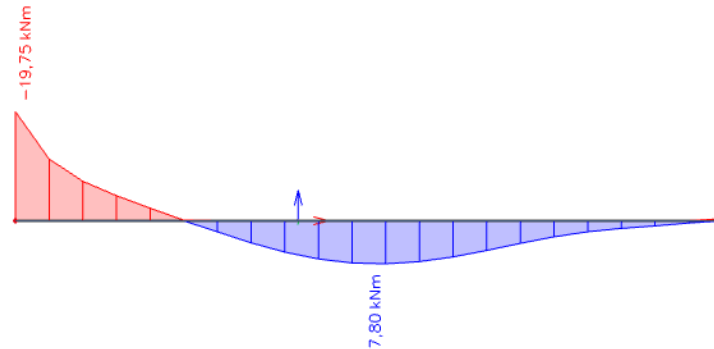
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 70}{25,39} = 107,87 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

6.9.4. Kontrola pukotina

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

GSU: $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$



Slika 101. Prikaz momenta savijanja M_y grede KG605 za GSU (kNm)

Grafična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.9.4.1. Kontrola pukotina u polju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{ed} = 7,80$ kNm/m

Vlačna armatura za polje = $2\emptyset 12$ ($A_{s1} = 2,26$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 75,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 70,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{7,82 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 5,17 \text{ kN/cm}^2 = 51,70 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{51,70 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{51,70}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-83,87}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{51,70}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00041935 < 0,0001551$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0001551$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 395,66 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 395,66 \cdot 0,0001551 = 0,061 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

6.9.4.2. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 19,75 \text{ kNm/m}$

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 12$ ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

$b = 20,0 \text{ cm}$ $h = 75,0 \text{ cm}$ $d_1 = 5,0 \text{ cm}$ $d = 70,0 \text{ cm}$

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ =efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm}=2,9 \text{ MPa}$

$k_t=0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s=200 \text{ GPa}$

$E_{cm}=32,0 \text{ GPa}$ (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{19,75 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 13,06 \text{ kN/cm}^2 = 130,60 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{130,60 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{130,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-4,96}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{130,60}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,0000248 < 0,0003918$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0003918$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 395,66 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

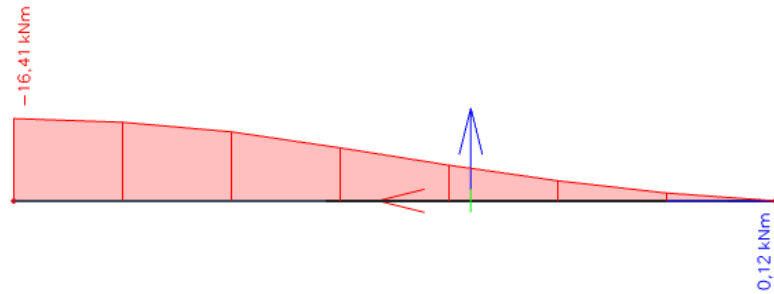
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 395,66 \cdot 0,0003918 = 0,155 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

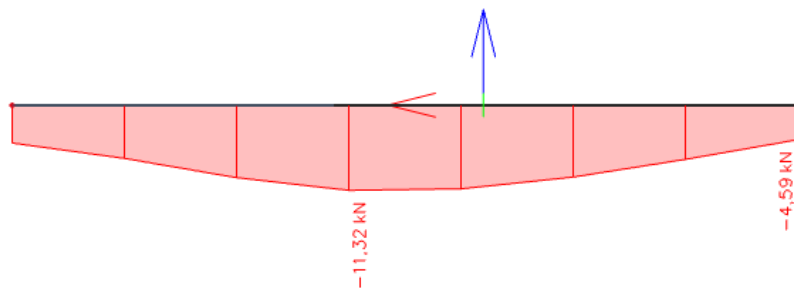
6.10. Gređa KG 606

KG 606 ($b=20\text{cm}$, $h=75\text{ cm}$, $d_1=5,0\text{ cm}$, $L=185\text{ cm}$)

6.10.1. Rezultati proračuna



Slika 102. Moment savijanja M_y gređe KG 606 (kNm)



Slika 103. Poprečna sila V_z gređe KG 606 (kN)

6.10.2. Dimenzioniranje na savijanje

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

6.10.2.1. Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kNm/m'}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.10.2.2. Proračun armature za najveći moment na ležaju

$$M_{Ed} = 16,41 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16,41 \cdot 100}{20 \cdot 70^2 \cdot 2,0} = 0,008$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,984 \quad \xi = 0,048$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{16,41 \cdot 100}{0,984 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,548 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 70 = 2,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 2,11 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,\max} = 0,04 \cdot b \cdot d = 0,04 \cdot 20 \cdot 70 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,238 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,238 \cdot \left(\frac{30}{500} \right) \cdot 20 \cdot 70 = 20,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 2Ø12 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

6.10.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 11,32 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{700}} = 1,53 < 2,0 \rightarrow k = 1,53$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 70} = 0,00323$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 70,0 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,00323 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 54799,34 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 54,80 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,53^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 200,0 \cdot 700,0 = 50820,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(54,80 \text{ kN}) \geq 50,82 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 700 \cdot 20,0 = 739200,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 11,32 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 739,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{11,32}{739,20} = 0,015 \rightarrow V_{Ed} = 0,015 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 70; 30 \text{ cm}) = \min(52,5; 30,0 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računrska armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30,0 \cdot 20}{2} = 0,33$$

Odabrane spone : $\phi 8 \rightarrow A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,50}{0,0011 \cdot 20} = 45,45 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

-Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile

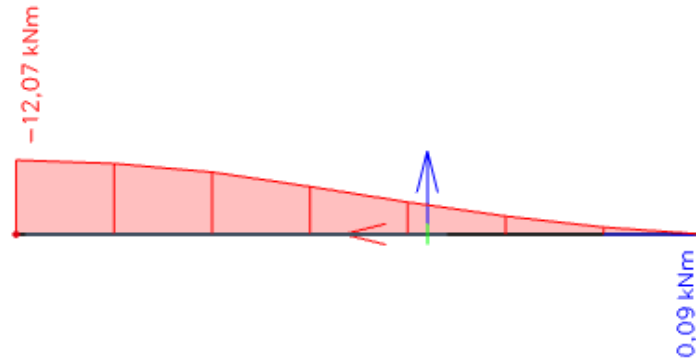
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 70}{11,32} = 241,98 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 8/30 \text{ cm}$

6.10.4. Kontrola pukotina

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

GSU: $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$



Slika 104. Prikaz momenta savijanja M_y grede KG 606 za GSU (kNm)

Granična vrijednost širine pukotine $w_g = 0,3$ mm (EC-2- uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina (EC-2):

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$$

6.10.4.1. Kontrola pukotina na ležaju

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{ed} = 12,07$ kNm/m

Vlačna armatura na ležaju = $2\emptyset 12$ ($A_{s1} = 2,26$ cm²)

$b = 20,0$ cm $h = 75,0$ cm $d_1 = 5,0$ cm $d = 70,0$ cm

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti $f_{ctm} = 2,9$ MPa

$k_t = 0,4$ (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200$ GPa

$E_{cm} = 32,0$ GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{6,25 \cdot 2,26}} \right) = 9,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{12,07 \cdot 100}{\left(70 - \frac{9,24}{3}\right) \cdot 2,26} = 7,98 \text{ kN/cm}^2 = 79,80 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,26}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0,00904$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{79,80 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,00904} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,00904)}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{79,80}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{-55,77}{200000,0} \geq 0,6 \cdot \frac{79,80}{200000,0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,00027885 < 0,0002394$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0002394$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

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

$k_1=0,8$ - rebrasta armatura

$k_2=0,5$ - savijanje

$\emptyset=12,0$ mm

$k_3=3,4$

$k_4=0,425$

$c=50$ mm

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

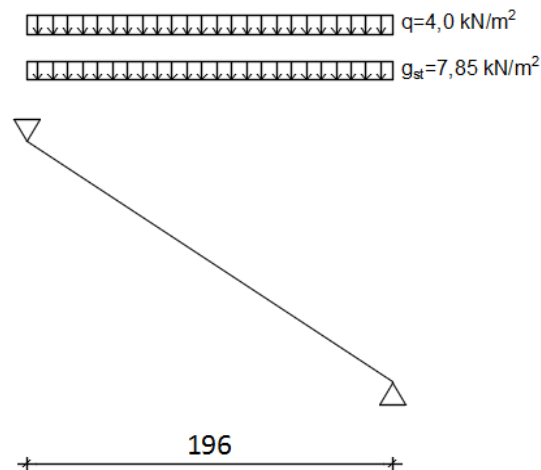
$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,00904} = 395,66 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 395,66 \cdot 0,0002394 = 0,095 \text{ mm} \leq 0,300 \text{ mm}$$

-Pukotine zadovoljavaju.

7. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA



Slika 105. Prikaz statičkog sustava stubišnog kraka

7.1. Rezultati proračuna

$$q_{st} = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q = 1,35 \cdot 7,85 + 1,5 \cdot 4 = 16,60 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_{st} \cdot l^2}{8} = \frac{16,60 \cdot 1,96^2}{8} = 7,97 \text{ kNm}$$

7.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

$$M_{Ed} = 7,97 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7,97 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,0} = 0,028$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,0\text{‰} \quad \zeta = 0,968 \quad \xi = 0,091$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,97 \cdot 100}{0,968 \cdot 12 \cdot 43,48} = 1,58 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,\min} = 0,001 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 12 = 1,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0,26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12 = 1,81 \text{ cm}^2$$

Odabrano : Q-226 ($A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$)

8. DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

8.1. Dimenzioniranje AB stupova

Stupovi su modelirani kao 1 štapni elementi. Prostorni model proračunat je na uobičajene i izvanredne kombinacije opterećenje iz kojih su izdvojene maksimalne rezne sile. Razlikujemo dvije pozicije stupova u prostornom modelu objekta.

Prva pozicija su AB stupovi nadgrađa, kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 20x20. Visina stupova nadgrađa je 3,0 m. Dimenzionirat će se najopterećeniji stup te će se dobivena armatura usvojiti i za preostala dva stupa na nadgrađu.

Druga pozicija stupova su AB stupovi garaže, pravokutnog presjeka 155x20 i 60x20, visina stupova garaže je također 3,0 m.

Stupovi garaže su klase betona C 40/50, dok su stupovi nadgrađa klase betona C 30/37. Svi stupovi su armirani armaturom B 500B. Zaštitni sloj betona do armature iznosi 2,5 cm.

Proračun stupova proveden je pomoću računalnog programa AspalathosSectionDesign.

Pretpostavljena je armatura u stupu te je za nekoliko različitih profila armaturnih šipki izračunata granična nosivost stupa na zadani poprečni presjek i odabranu armaturu. Zatim je u računalnom programu Microsoft Office Excel 2007 napravljen dijagram nosivosti stupa sa podacima dobivenim iz AspalathosSectionDesign-a. Nanošenjem maksimalnih reznih sila (kombinacija M i N) na graf nosivosti utvrđeno je koji profili armature zadovoljavaju.

Pri proračunu je u obzir uzet i utjecaj vitkosti stupa približnim postupkom prema EC-2 na način da su dobiveni momenti iz modela uvećani za određenu vrijenost .

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8}$$

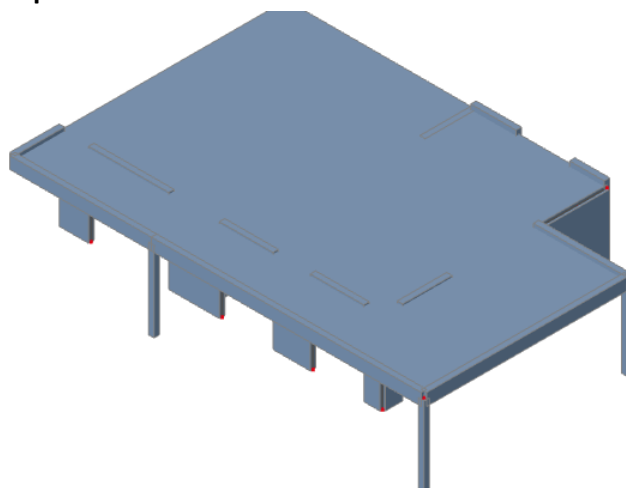
$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_1^2}$$

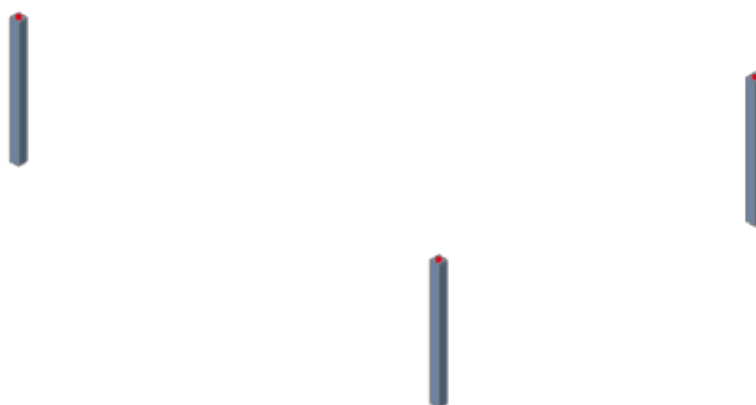
$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očítani}$$

8.1.1. Dimenzioniranje stupa S1



Slika 106. Položaj stupa S1



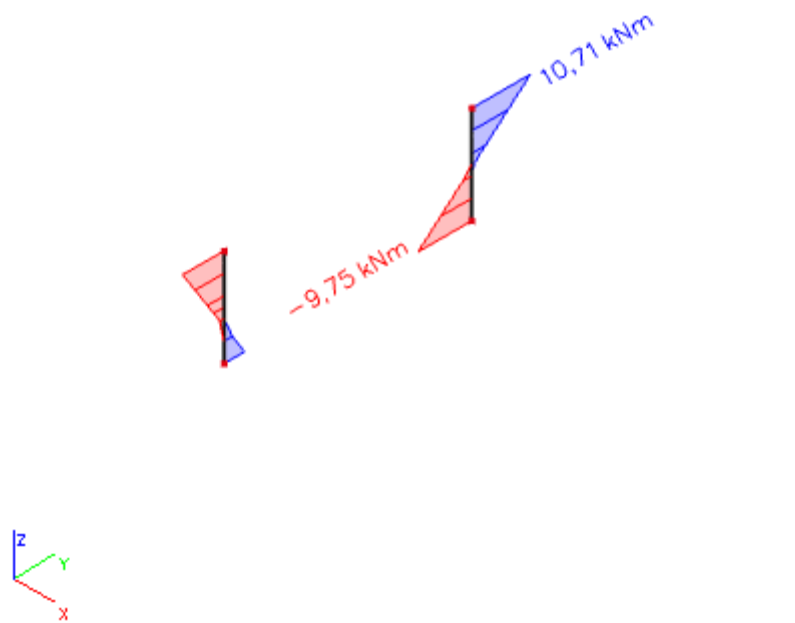
Slika 107. Izdvojeni stupovi S1

8.1.1.1. Dimenzioniranje stupa na savijanje i uzdužnu silu

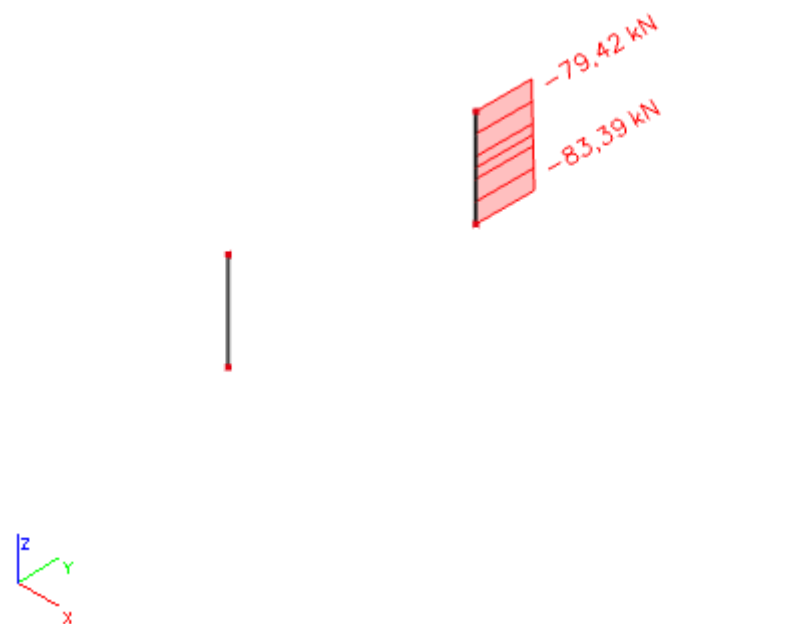
Iz modela je očitana maksimalni moment savijanja za osnovnu kombinaciju opterećenja i njegova pripadna uzdužna sila, potom je očitana maksimalna uzdužna sila i njen pripadni moment savijanja. Isti postupak je primijenjen i za potresnu kombinaciju opterećenja.

Rezultati proračuna

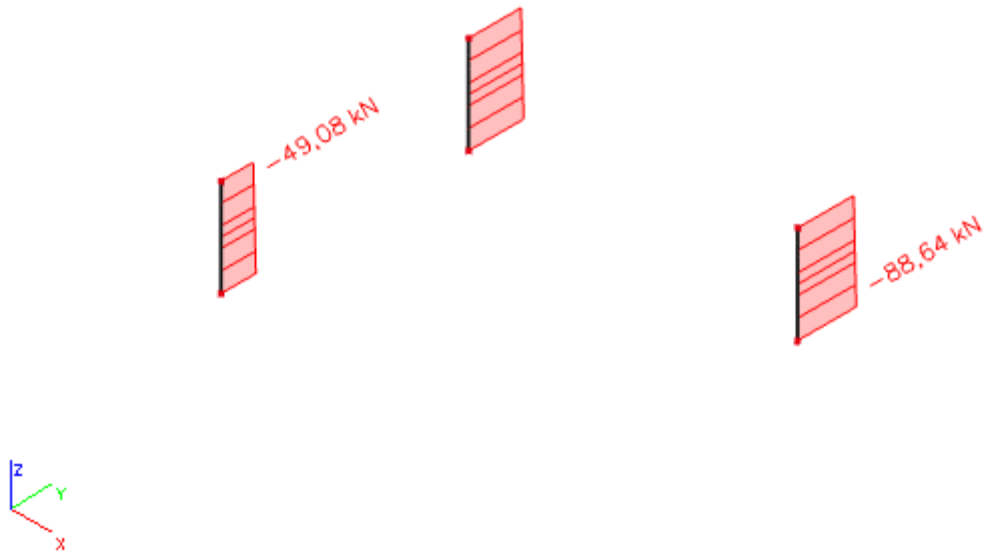
Osnovna kombinacija opterećenja



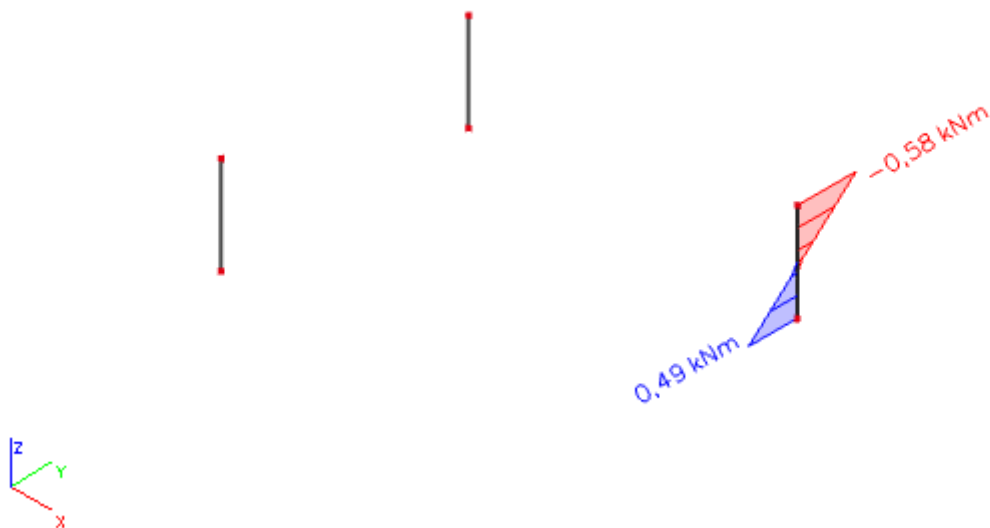
Slika 108. Prikaz maksimalnog momenta savijanja na stupovima S1 (kNm)



Slika 109. Prikaz pripadne uzdužne sile za maksimalni moment savijanja stupa S1 (kN)



Slika 110. Prikaz maksimalne uzdužne sile na stupovima S1 (kN)



Slika 111. Prikaz pripadnog momenta savijanja za maksimalnu uzdužnu silu stupa S1 (kNm)

Maksimalni moment i pripadajuća uzdužna sila za uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 10,71 \text{ kNm} \quad N = 83,39 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{32000}{1 + 2} = 10666,67$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,2^3}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{10666,67 \cdot 1000 \cdot 0,00013}{4,2^2} = 795,74 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 83,39}{795,74}} = 1,19$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani} = 1,19 \cdot 10,71 = 12,75 \text{ kNm}$$

Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 0,58 \text{ kNm} \quad N = 88,64 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{32000}{1 + 2} = 10666,67$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,2^3}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

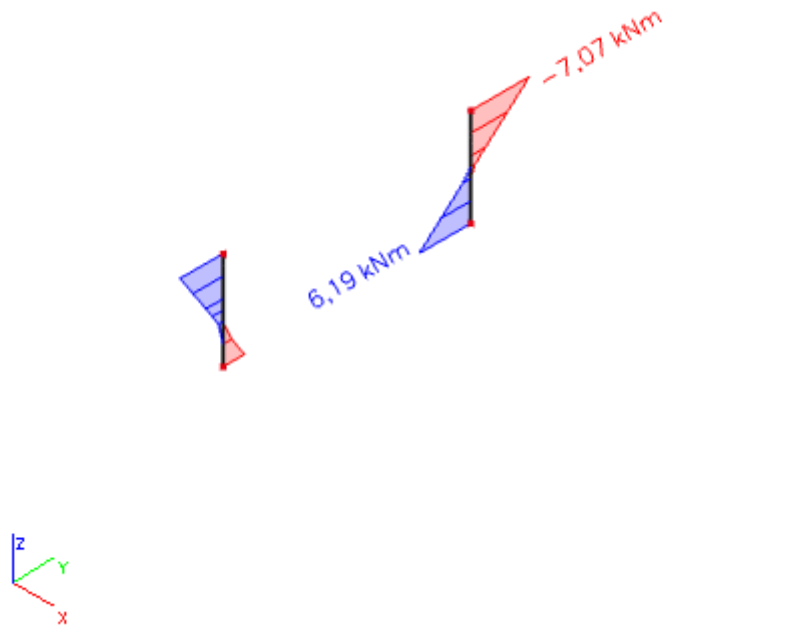
$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{10666,67 \cdot 1000 \cdot 0,00013}{4,2^2} = 795,74 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

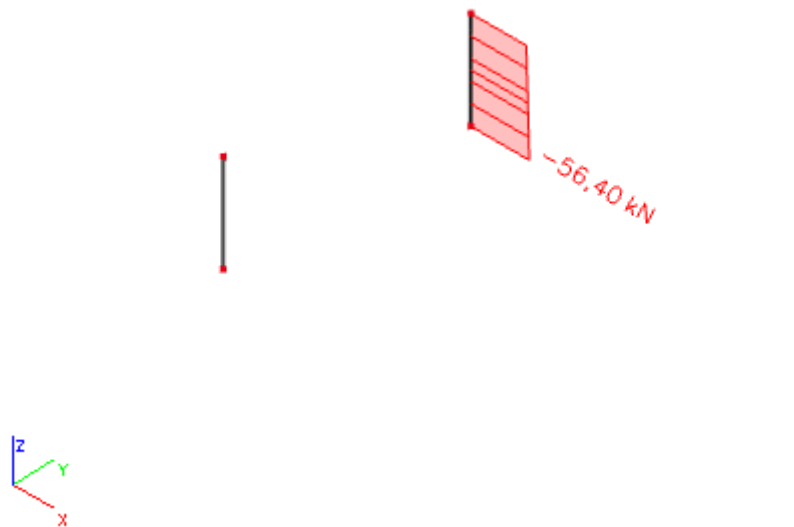
$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 88,64}{795,74}} = 1,20$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani} = 1,20 \cdot 0,58 = 0,70 \text{ kNm}$$

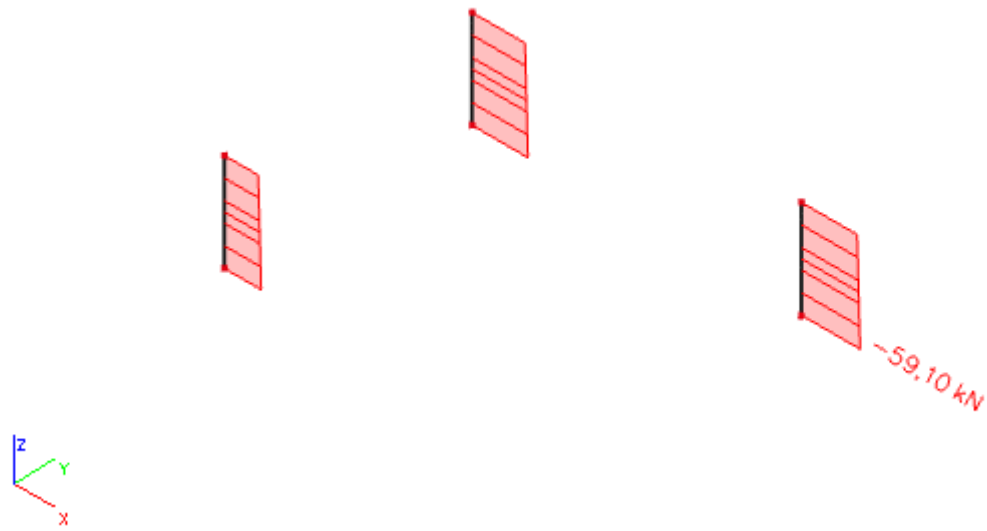
Potresna kombinacija



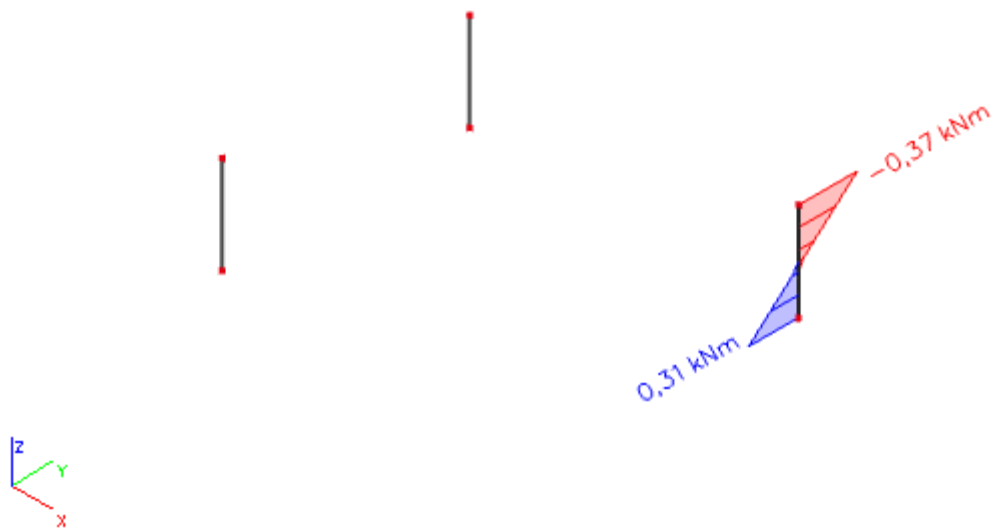
Slika 112. Prikaz maksimalnog momenta savijanja na stupovima S1 (kNm)



Slika 113. Prikaz pripadne uzdužne sile za maksimalni moment savijanja stupa S1 (kN)



Slika 114. Prikaz maksimalne uzdužne sile na stupovima S1 (kN)



Slika 115. Prikaz pripadnog momenta savijanja za maksimalnu uzdužnu silu stupa S1 (kNm)

Maksimalni moment i pripadajuća uzdužna sila za uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 7,07 \text{ kNm} \quad N = 56,40 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{32000}{1 + 2} = 10666,67$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,2^3}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{10666,67 \cdot 1000 \cdot 0,00013}{4,2^2} = 795,74 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 56,40}{795,74}} = 1,11$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj} = 1,11 \cdot 7,07 = 7,85 \text{ kNm}$$

Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 0,37 \text{ kNm} \quad N = 59,10 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{32000}{1 + 2} = 10666,67$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,2^3}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

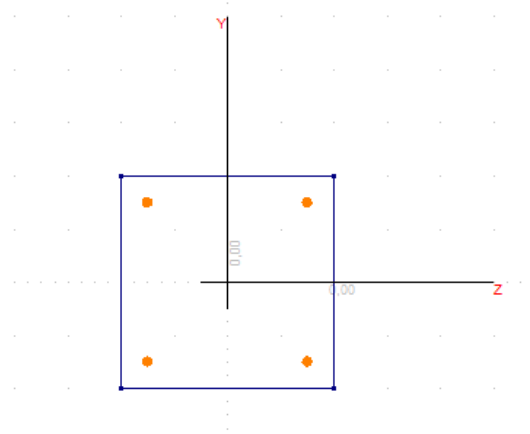
$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{10666,67 \cdot 1000 \cdot 0,00013}{4,2^2} = 795,74 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 59,10}{795,74}} = 1,13$$

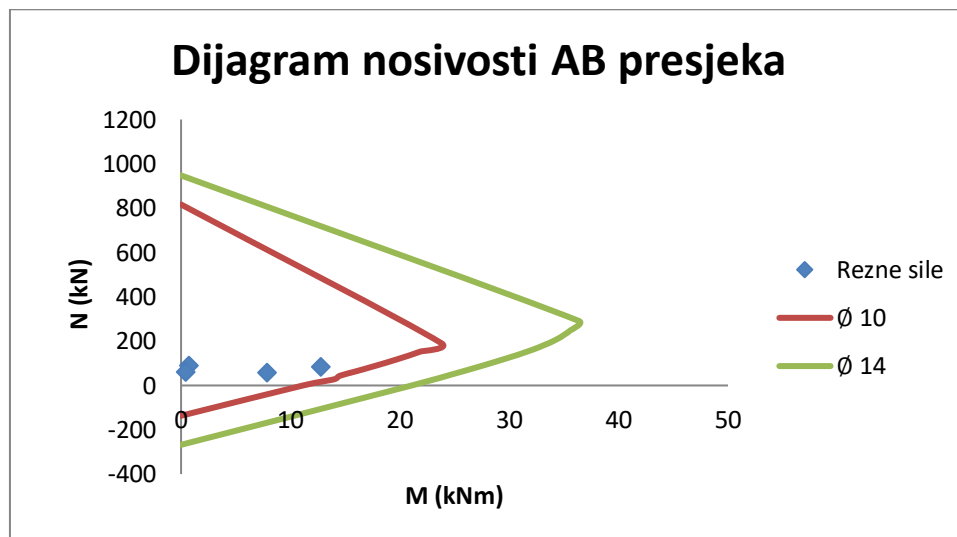
$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj} = 1,13 \cdot 0,37 = 0,42 \text{ kNm}$$



Slika 116. Poprečni presjek stupa S1 s ucrtanom armaturom

Uređeni parovi:

Stup S1 (20x20 cm) nadgrađa							
Osnovna kombinacija				Potresna kombinacija			
M_{\max}	N_{prip}	M_{prip}	N_{\max}	M_{\max}	N_{prip}	M_{prip}	N_{\max}
(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)
12,75	83,39	0,70	88,64	7,85	56,40	0,42	59,10



Slika 117. Dijagram nosivosti za stupove S1 na nadgrađu

$$A_{s1,\min} = 0,001 \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot 20 \cdot 20 = 0,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,02 \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot 20 \cdot 20 = 8,0 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura : 4Ø14 ($A_{s1} = 6,16 \text{ cm}^2$)

8.1.1.2. Dimenzioniranje stupa S1 na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 6,82 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 88,64 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{175}} = 2,07 > 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{88,64}{350} = 0,253 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{6,16}{350} = 0,0176$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 17,5 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0176 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,253 \right] \cdot 200,0 \cdot 175,0 = 32841,31 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 32,84 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2,0^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,542$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,542 + 0,15 \cdot 0,253) \cdot 200,0 \cdot 175,0 = 20298,25 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(32,84 \text{ kN}) \geq 20,30 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250} \right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 200 \cdot 175 \cdot 20,0 = 184800 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 184,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 6,82 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 184,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{6,82}{184,8} = 0,037 \rightarrow V_{Ed} = 0,037 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 17,5; 30 \text{ cm}) = \min(13,13; 30 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 13,13 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

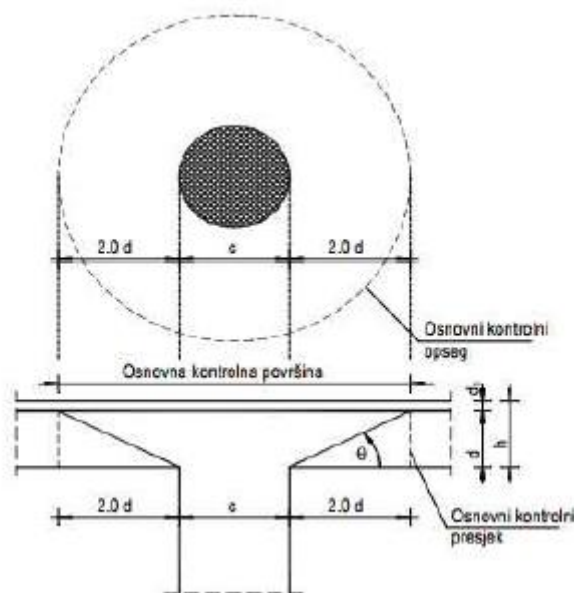
$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 13,30 \cdot 20}{2} = 0,14$$

$$\text{Odabrane spone : } \phi 10 \rightarrow A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,79}{0,0011 \cdot 20} = 71,82 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 10/10 \text{ cm}$

8.1.1.3. Proračun na proboj ploče ravnog krova za stupove nadgrađa



Slika 118. Proboj ploče

Uvjet nosivosti ploče na proboj: $U_{Ed} = V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$

Ako je gornji uvjet nosivosti na proboj zadovoljen, potrebno je kontrolirati je li ugrađena armatura zadovoljava ili je ploču potrebno dodatno armirati na proboj.

Armatura za osiguranje od proboja neće biti potrebna ukoliko je zadovoljen uvjet:

$$U_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

$$U_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} \cdot \frac{1}{u_i \cdot d}$$

Gdje je:

β - korekcijski faktor kojim se u obzir uzima ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritični presjek

β -1,15 za unutrašnje stupove

β -1,4 za stupove na rubu i stupove uz otvore

β -1,5 za stupove na kutu

V_{Ed} -maksimalna poprečna sila u kritičnoj površini ($V_{Ed}=6,82$ kN)

u_i -osnovni kontrolni opseg

d - statička visina ploče ($d=18,0$ cm)

$$u_i = (2 \cdot 2d + c) \cdot \pi = (2 \cdot 2 \cdot 18 + 20) \cdot \pi = 289,03 \text{ cm}$$

$$U_{Ed} = 1,5 \cdot 6,82 \cdot \frac{1}{289,03 \cdot 18} = 0,002 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2,0^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,542$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,542 \cdot 20 = 4,336 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,002 \text{ MPa} \leq V_{Rd,max} = 4,336 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti ploče na proboj je zadovoljen.

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{175}} = 2,07 > 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{88,64}{350} = 0,253 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = 0,012$$

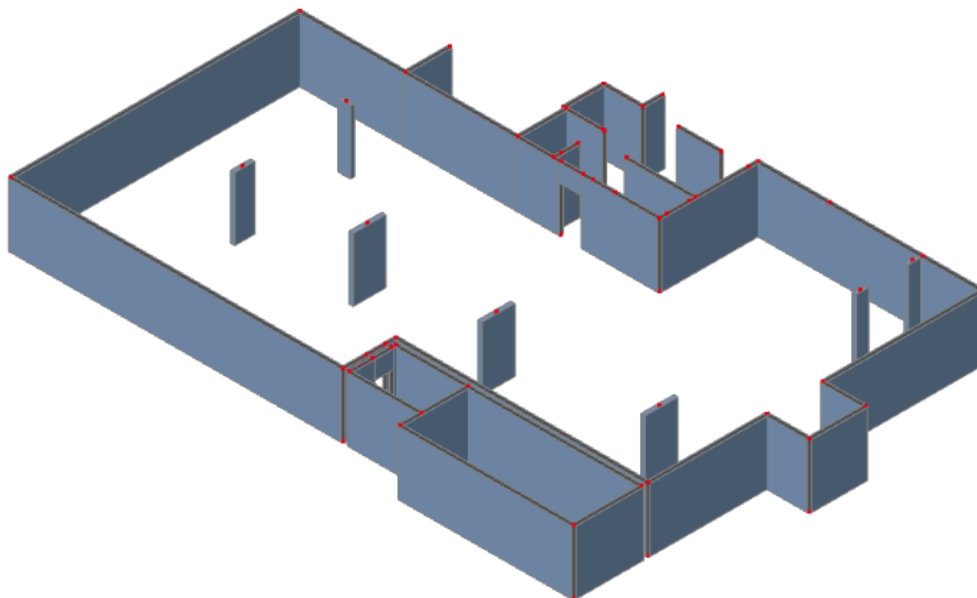
$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,012 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,253 \right] \geq (0,542 + 0,15 \cdot 0,253)$$

$$V_{Rd,c} = 0,83 \text{ MPa} \geq 0,580 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,002 \text{ MPa} < V_{Rd,c} = 0,83 \text{ MPa}$$

Nije potrebna armatura za osiguranje od proboja.

8.1.2. Dimenzioniranje stupa S2-60x20



Slika 119. Položaj stupa S2



Slika 120. Izdvojeni stupovi S2

8.1.2.1. Dimenzioniranje stupa na savijanje i uzdužnu silu

Iz modela je očitana maksimalni moment savijanja za osnovnu kombinaciju opterećenja i njegova pripadna uzdužna sila, potom je očitana maksimalna uzdužna sila i njen pripadni moment savijanja. Isti postupak je primijenjen i za potresnu kombinaciju opterećenja.

Rezultati proračuna

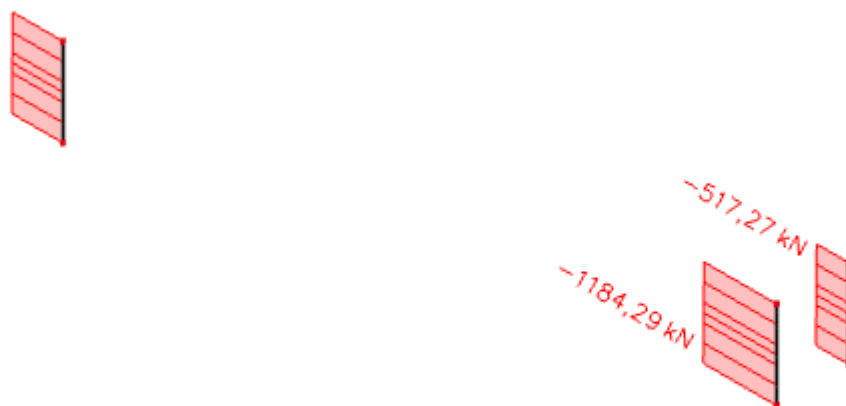
Osnovna kombinacija opterećenja



Slika 121. Prikaz maksimalnog momenta savijanja na stupovima S2 (kNm)



Slika 122. Prikaz pripadne uzdužne sile za maksimalni moment savijanja stupa S2 (kN)



Slika 123.- Prikaz maksimalne uzdužne sile na stupovima S2(kN)



Slika 124.- Prikaz pripadnog momenta savijanja za maksimalnu uzdužnu silu stupa S2 (kNm)

Maksimalni moment i pripadajuća uzdužna sila za uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 70,57 \text{ kNm} \quad N = 529,19 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,6^3}{12} = 0,0036 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,0036}{4,2^2} = 23180,14 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 529,18}{23180,14}} = 1,04$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj} = 1,04 \cdot 70,57 = 73,39 \text{ kNm}$$

Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 24,03 \text{ kNm} \quad N = 1184,29 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,6^3}{12} = 0,0036 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,0036}{4,2^2} = 23180,14 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1184,29}{23180,14}} = 1,08$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj} = 1,08 \cdot 24,03 = 25,95 \text{ kNm}$$

Potresna kombinacija



Slika 125. Prikaz maksimalnog momenta savijanja na stupovima S2 (kNm)



Slika 126. Prikaz pripadne uzdužne sile za maksimalni moment savijanja stupa S2 (kN)



Slika 127. Prikaz maksimalne uzdužne sile na stupovima S2 (kN)



Slika 128. Prikaz pripadnog momenta savijanja za maksimalnu uzdužnu silu stupa S2 (kNm)

Maksimalni moment i pripadajuća uzdužna sila za uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 45,54 \text{ kNm} \quad N = 343,60 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,6^3}{12} = 0,0036 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,0036}{4,2^2} = 23180,14 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 343,60}{23180,14}} = 1,02$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj} = 1,02 \cdot 45,54 = 46,45 \text{ kNm}$$

Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 14,73 \text{ kNm} \quad N = 750,15 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 0,6^3}{12} = 0,0036 \text{ m}^4$$

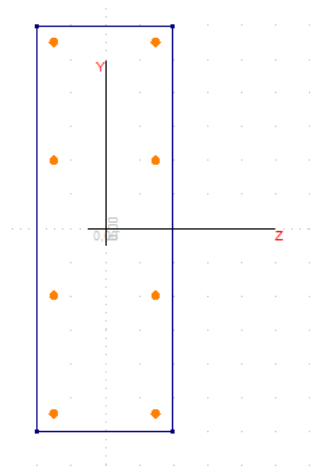
$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,0036}{4,2^2} = 23180,14 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 750,15}{23180,14}} = 1,05$$

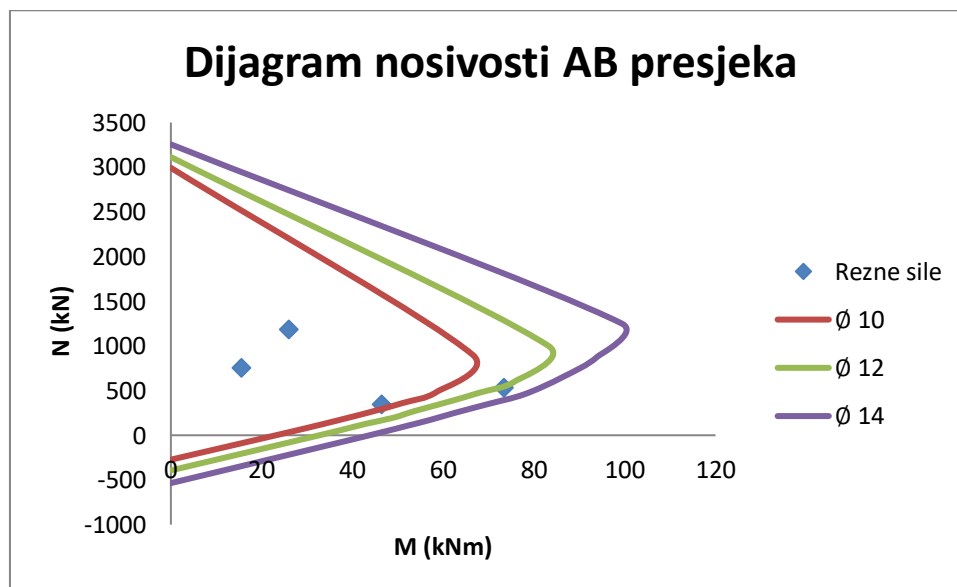
$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj} = 1,05 \cdot 14,73 = 15,57 \text{ kNm}$$



Slika 129. Poprečni presjek stupa S2 s ucrtanom armaturom

Uređeni parovi:

Stup S2 (60x20 cm)							
Osnovna kombinacija				Potresna kombinacija			
M_{\max}	N_{prip}	M_{prip}	N_{\max}	M_{\max}	N_{prip}	M_{prip}	N_{\max}
(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)
73,39	529,19	25,95	1184,29	46,45	343,60	15,47	750,15



Slika 130. Dijagram nosivosti za stupove S2u garaži

$$A_{s1,\min} = 0,001 \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot 20 \cdot 60 = 1,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\max} = 0,02 \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot 20 \cdot 60 = 24,0 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura : 8Ø14 ($A_{s1} = 12,32 \text{ cm}^2$)

8.1.2.2. Dimenzioniranje stupa S2 na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 35,40 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 1184,29 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{575}} = 1,59 < 2,0 \rightarrow k = 1,59$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{1184,29}{1150} = 1,03 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12,32}{1150} = 0,0107$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm}; d = 57,5 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,59 \cdot (100 \cdot 0,0107 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 1,03 \right] \cdot 200,0 \cdot 575,0 = 94519,69 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 94,52 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,59^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0,444$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,444 + 0,15 \cdot 1,03) \cdot 200,0 \cdot 575,0 = 68827,5 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(94,52 \text{ kN}) \geq 68,83 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{40}{250} \right) = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 200 \cdot 575 \cdot 26,67 = 772896,6 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 772,90 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 35,40 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 772,90 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{35,40}{772,90} = 0,046 \rightarrow V_{Ed} = 0,046 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 57,5; 30 \text{ cm}) = \min(43,13; 30 \text{ cm})$$

$$s_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

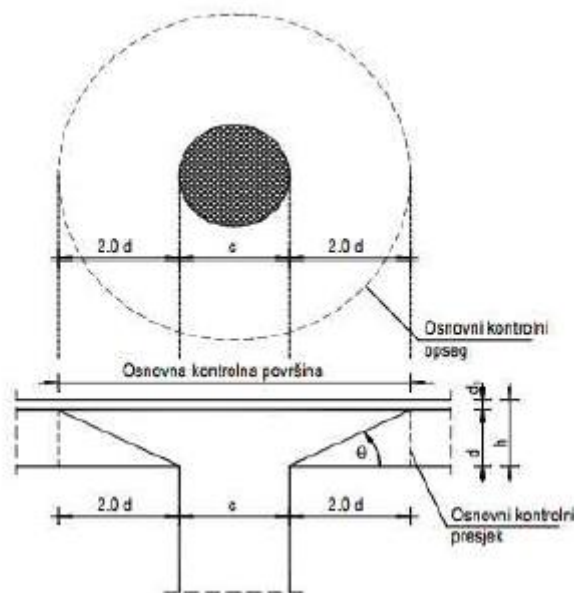
$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33$$

$$\text{Odabrane spone : } \phi 10 \rightarrow A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,79}{0,0011 \cdot 20} = 71,82 \text{ cm}$$

Odabrano: $\phi 10/30 \text{ cm}$

8.1.2.3. Proračun na proboj ploče prizemlja za stupove u garaži



Slika 131. Proboj ploče

Uvjet nosivosti ploče na proboj: $U_{Ed} = V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$

Ako je gornji uvjet nosivosti na proboj zadovoljen, potrebno je kontrolirati je li ugrađena armatura zadovoljava ili je ploču potrebno dodatno armirati na proboj.

Armatura za osiguranje od proboja neće biti potrebna ukoliko je zadovoljen uvjet:

$$U_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

$$U_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} \cdot \frac{1}{u_i \cdot d}$$

Gdje je:

β - korekcijski faktor kojim se u obzir uzima ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritični presjek

β -1,15 za unutrašnje stupove

β -1,4 za stupove na rubu i stupove uz otvore

β -1,5 za stupove na kutu

V_{Ed} -maksimalna poprečna sila u kritičnoj površini ($V_{Ed}=35,40$ kN)

u_i -osnovni kontrolni opseg

d - statička visina ploče ($d=22,5$ cm)

$$u_i = (2 \cdot 2d + c) \cdot \pi = (2 \cdot 2 \cdot 22,5 + 20) \cdot \pi = 345,57 \text{ cm}$$

$$U_{Ed} = 1,5 \cdot 35,40 \cdot \frac{1}{345,57 \cdot 22,5} = 0,007 \text{ kN/cm}^2 = 0,07 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^2 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,59^2 \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0,444$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,444 \cdot 26,67 = 4,74 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,07 \text{ MPa} \leq V_{Rd,max} = 4,74 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti ploče na proboj je zadovoljen.

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{575}} = 15,9 < 2,0 \rightarrow k = 1,59$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{1184,29}{1150} = 1,03 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = 0,012$$

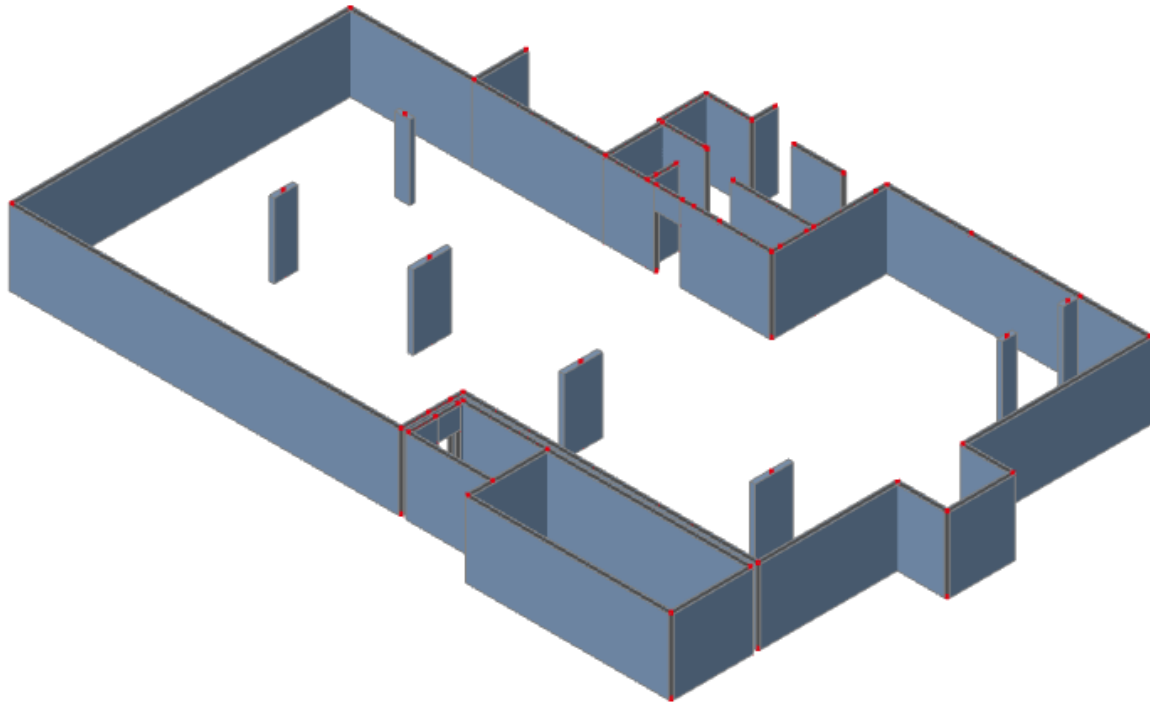
$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,59 \cdot (100 \cdot 0,012 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 1,03 \right] \geq (0,444 + 0,15 \cdot 1,03)$$

$$V_{Rd,c} = 1,65 \text{ MPa} \geq 0,599 \text{ MPa}$$

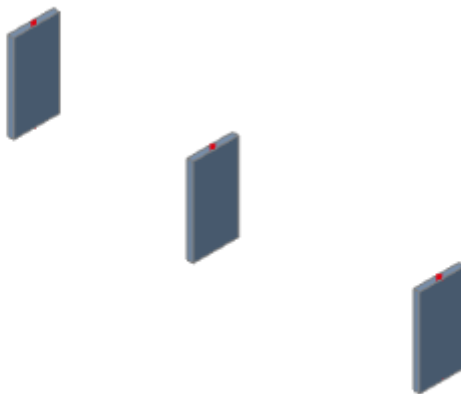
$$U_{Ed} = 0,07 \text{ MPa} < V_{Rd,c} = 1,65 \text{ MPa}$$

Nije potrebna armatura za osiguranje od proboja.

8.1.3. Dimenzioniranje stupa S3-155x20



Slika 132. Prikaz stupova S3 garaže



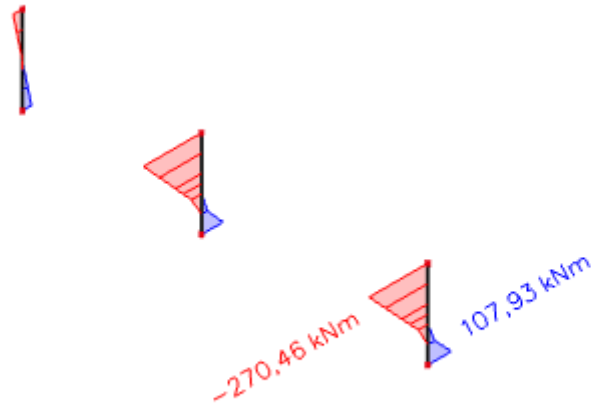
Slika 133. Izdvojeni stupovi S3

8.1.3.1. Dimenzioniranje stupa na savijanje i uzdužnu silu

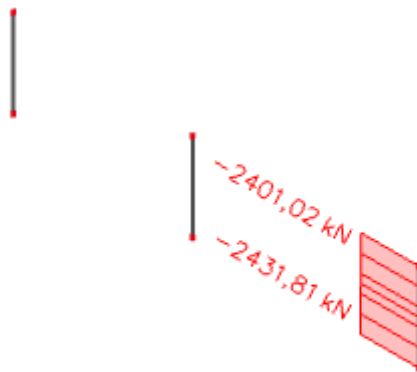
Iz modela je očitana maksimalni moment savijanja za osnovnu kombinaciju opterećenja i njegova pripadna uzdužna sila, potom je očitana maksimalna uzdužna sila i njen pripadni moment savijanja. Isti postupak je primijenjen i za potresnu kombinaciju opterećenja.

Rezultati proračuna

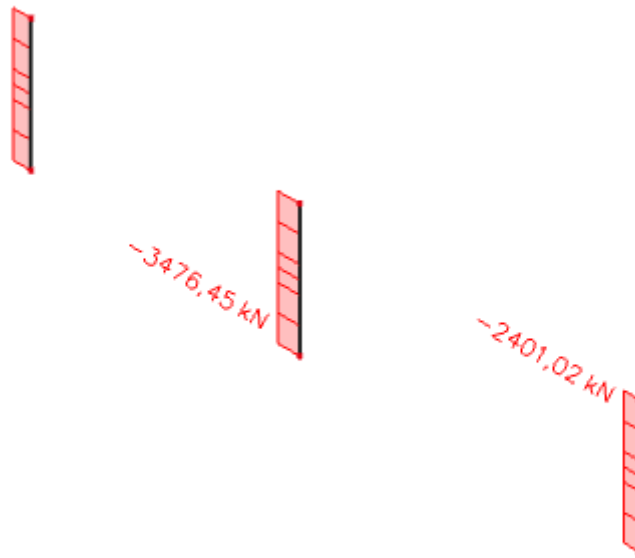
Osnovna kombinacija opterećenja



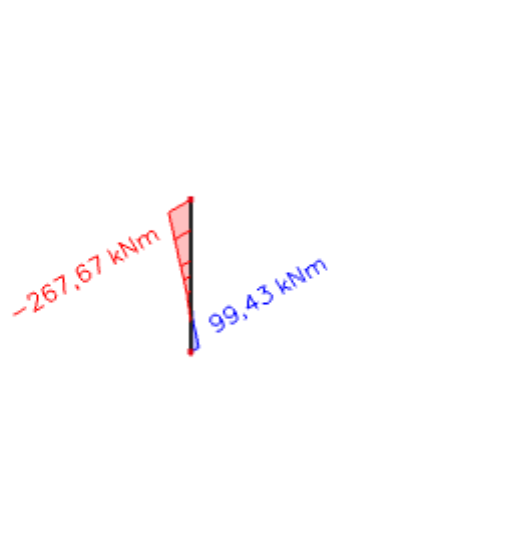
Slika 134. Prikaz maksimalnog momenta savijanja na stupovima S3 (kNm)



Slika 135. Prikaz pripadne uzdužne sile za maksimalni moment savijanja stupa S3 (kN)



Slika 136. Prikaz maksimalne uzdužne sile na stupovima S3 (kN)



Slika 137. Prikaz pripadnog momenta savijanja za maksimalnu uzdužnu silu stupa S3 (kNm)

Maksimalni moment i pripadajuća uzdužna sila za uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 270,46 \text{ kNm} \quad N = 2431,81 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 1,55^3}{12} = 0,062 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,062}{4,2^2} = 399213,45 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 2431,81}{399213,45}} = 1,01$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani} = 1,01 \cdot 270,46 = 273,16 \text{ kNm}$$

Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 267,67 \text{ kNm} \quad N = 3476,45 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 1,55^3}{12} = 0,062 \text{ m}^4$$

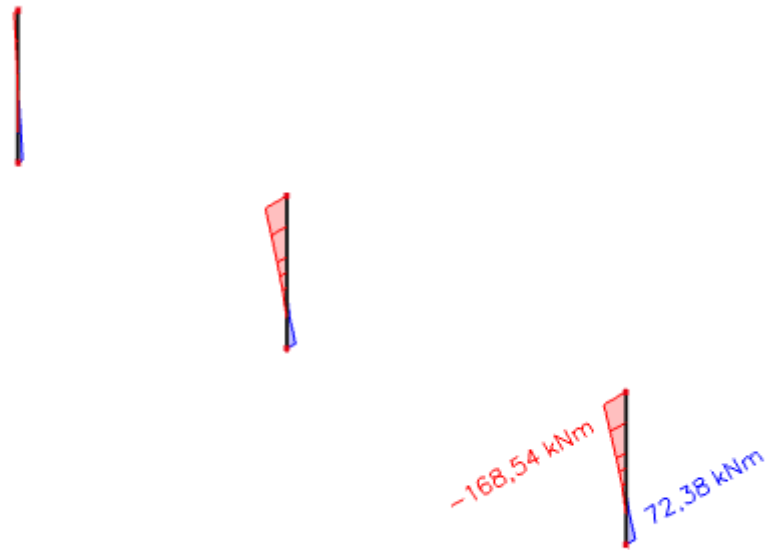
$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,062}{4,2^2} = 399213,45 \text{ kN}$$

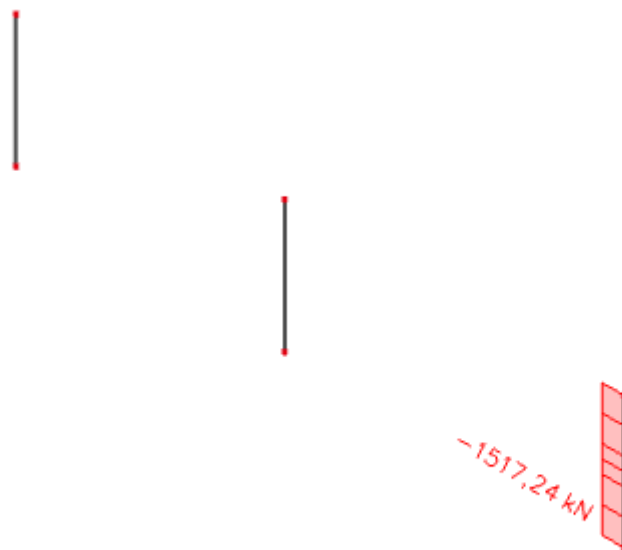
$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 3476,45}{399213,45}} = 1,01$$

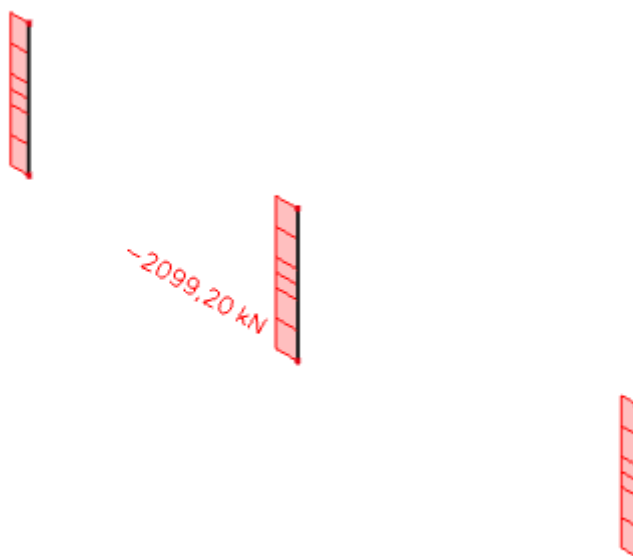
$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani} = 1,01 \cdot 267,67 = 270,35 \text{ kNm}$$

Potresna kombinacija

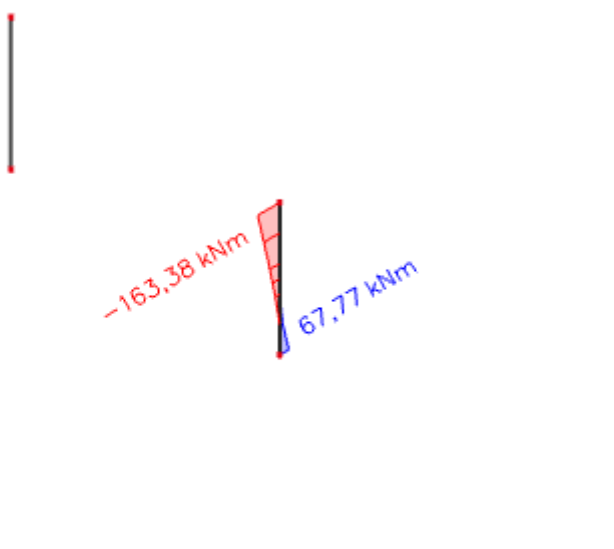
Slika 138. Prikaz maksimalnog momenta savijanja na stupovima S3 (kNm)



Slika 139. Prikaz pripadne uzdužne sile za maksimalni moment savijanja stupa S3 (kN)



Slika 140. Prikaz maksimalne uzdužne sile na stupovima S3 (kN)



Slika 141. Prikaz pripadnog momenta savijanja za maksimalnu uzdužnu silu stupa S3 (kNm)

Maksimalni moment i pripadajuća uzdužna sila za uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 168,54 \text{ kNm} \quad N = 1517,24 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 1,55^3}{12} = 0,062 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,062}{4,2^2} = 399213,45 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1517,24}{399213,45}} = 1,02$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani} = 1,02 \cdot 168,54 = 170,23 \text{ kNm}$$

Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment uobičajenu kombinaciju

$$M_{Ed} = 163,38 \text{ kNm} \quad N = 2099,20 \text{ kN}$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 34525 \text{ MPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{34525}{1 + 2} = 11508,33$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,2 \cdot 1,55^3}{12} = 0,062 \text{ m}^4$$

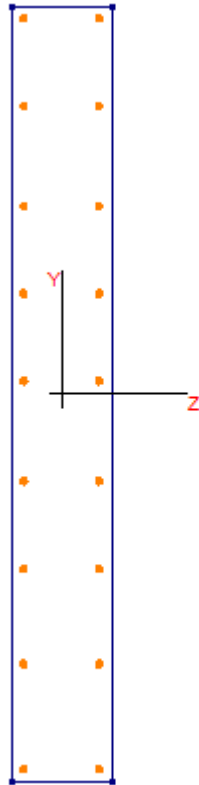
$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{11508,33 \cdot 1000 \cdot 0,062}{4,2^2} = 399213,45 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{c_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}}; \quad c_m = 1,0; \quad \gamma = 1,5$$

$$\psi = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 2099,20}{399213,45}} = 1,01$$

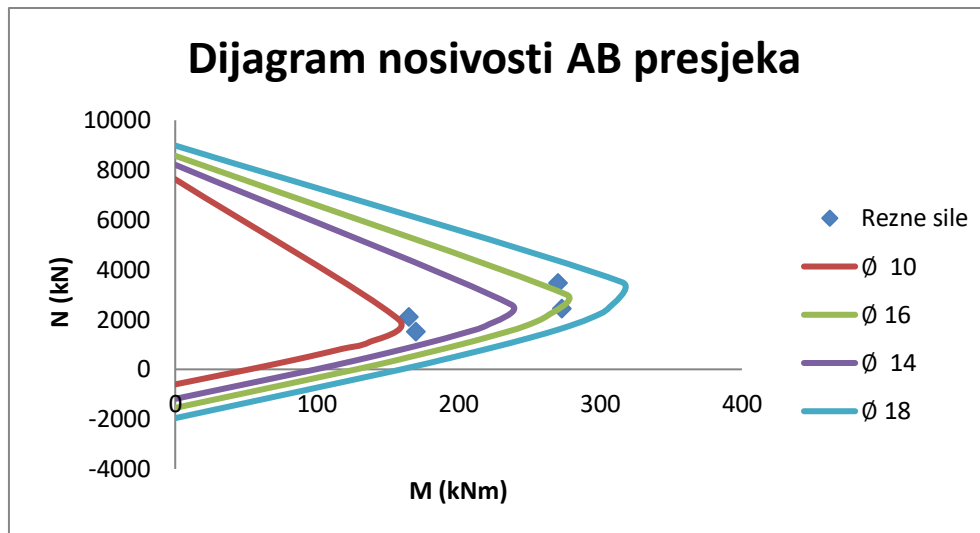
$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani} = 1,01 \cdot 163,38 = 165,01 \text{ kNm}$$



Slika 142. Poprečni presjek stupa S3 s ucrtanom armaturom

Uređeni parovi:

Stup S3 (20x155 cm)							
Osnovna kombinacija				Potresna kombinacija			
M_{max}	N_{prip}	M_{prip}	N_{max}	M_{max}	N_{prip}	M_{prip}	N_{max}
(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)
273,16	2431,81	270,35	3476,45	170,23	1517,24	165,01	2099,20



Slika 143. Dijagram nosivosti za stupove S3 u garaži

$$A_{s1,min} = 0,001 \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot 20 \cdot 155 = 3,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 0,02 \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot 20 \cdot 155 = 62,0 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura : 18Ø18 ($A_{s1} = 45,72 \text{ cm}^2$)

8.1.3.2. Dimenzioniranje stupa S3 na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 126,13 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 3476,45 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1525}} = 1,39 < 2,0 \rightarrow k = 1,36$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{3476,45}{3050} = 1,14 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{45,72}{3050} = 0,0150$$

$$b_w = 20,0 \text{ cm} ; d = 152,5 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,39 \cdot (100 \cdot 0,0150 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 1,14 \right] \cdot 200,0 \cdot 1525,0 = 251319,98 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 251,32 \text{ kN}$$

Potrebna računaska armatura:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,39^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,363 + 0,15 \cdot 1,14) \cdot 200,0 \cdot 1525,0 = 162870,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c}(251,32 \text{ kN}) \geq 162,87 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{40}{250} \right) = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 200 \cdot 1525 \cdot 26,67 = 2049856,2 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 2049,87 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 126,13 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 2049,87 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{126,13}{2049,87} = 0,062 \rightarrow V_{Ed} = 0,062 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{\max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 152,5; 30 \text{ cm}) = \min(114,38; 30 \text{ cm})$$

$$s_{\max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0,0011$$

Potrebna računaska armatura:

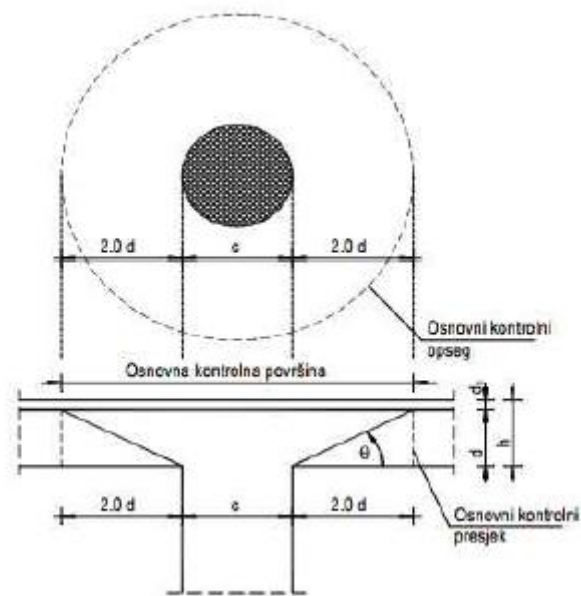
$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33$$

$$\text{Odabrane spone : } \phi 10 \rightarrow A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$s \leq \frac{m \cdot A_{sw}}{\rho_{\min} \cdot b_w} = \frac{2 \cdot 0,79}{0,0011 \cdot 20} = 71,82 \text{ cm}$$

$$\text{Odabrano: } \phi 10/30 \text{ cm}$$

8.1.3.3. Proračun na proboj ploče prizemlja za stupove u garaži



Slika 144. Proboj ploče

Uvjet nosivosti ploče na proboj: $U_{Ed} = V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$

Ako je gornji uvjet nosivosti na proboj zadovoljen, potrebno je kontrolirati je li ugrađena armatura zadovoljava ili je ploču potrebno dodatno armirati na proboj.

Armatura za osiguranje od proboja neće biti potrebna ukoliko je zadovoljen uvjet:

$$U_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

$$U_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} \cdot \frac{1}{u_i \cdot d}$$

Gdje je:

β - korekcijski faktor kojim se u obzir uzima ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritični presjek

β -1,15 za unutrašnje stupove

β -1,4 za stupove na rubu i stupove uz otvore

β -1,5 za stupove na kutu

V_{Ed} -maksimalna poprečna sila u kritičnoj površini ($V_{Ed}=126,13$ kN)

u_i -osnovni kontrolni opseg

d - statička visina ploče ($d=22,5$ cm)

$$u_i = (2 \cdot 2d + c) \cdot \pi = (2 \cdot 2 \cdot 22,5 + 20) \cdot \pi = 345,57 \text{ cm}$$

$$U_{Ed} = 1,5 \cdot 126,13 \cdot \frac{1}{345,57 \cdot 22,5} = 0,024 \text{ kN/cm}^2 = 0,24 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,39^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0,363$$

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,363 \cdot 26,67 = 3,87 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,24 \text{ MPa} \leq V_{Rd,max} = 3,87 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti ploče na proboj je zadovoljen.

$$V_{Rd,c} = \left[c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1525}} = 1,39 < 2,0 \rightarrow k = 1,39$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{3476,45}{3050} = 1,14 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = 0,012$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,12 \cdot 1,39 \cdot (100 \cdot 0,012 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 1,14 \right] \geq (0,363 + 0,15 \cdot 1,14)$$

$$V_{Rd,c} = 0,777 \text{ MPa} \geq 0,534 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,24 \text{ MPa} < V_{Rd,c} = 0,777 \text{ MPa}$$

Nije potrebna armatura za osiguranje od proboja

8.2. Dimenzioniranje AB zidovi

Zidovi su predviđeni kao armirano betonski elementi. Debljina zidova je 20 cm. Zidovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u dvostranoj oplati na licu mjesta. Za sve zidove predviđen je beton C 30/37 te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona iznose minimalno 2,5 cm.

Rezne sile na zidovima očitane su iz numeričkog modela "Scia Engineer 20.1".

8.2.1. Zid Zy1

Proračun je proveden za kombinaciju GSN $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3q + 1,0 \cdot S_y$

Gdje su :

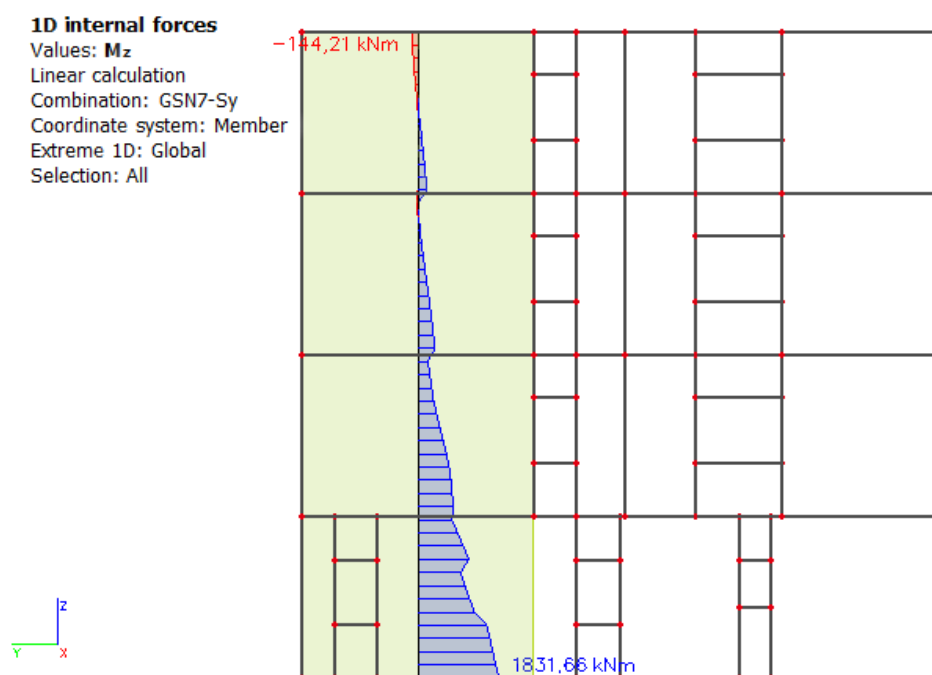
g-vlastita težina

g1- dodatno stalno opterećenje

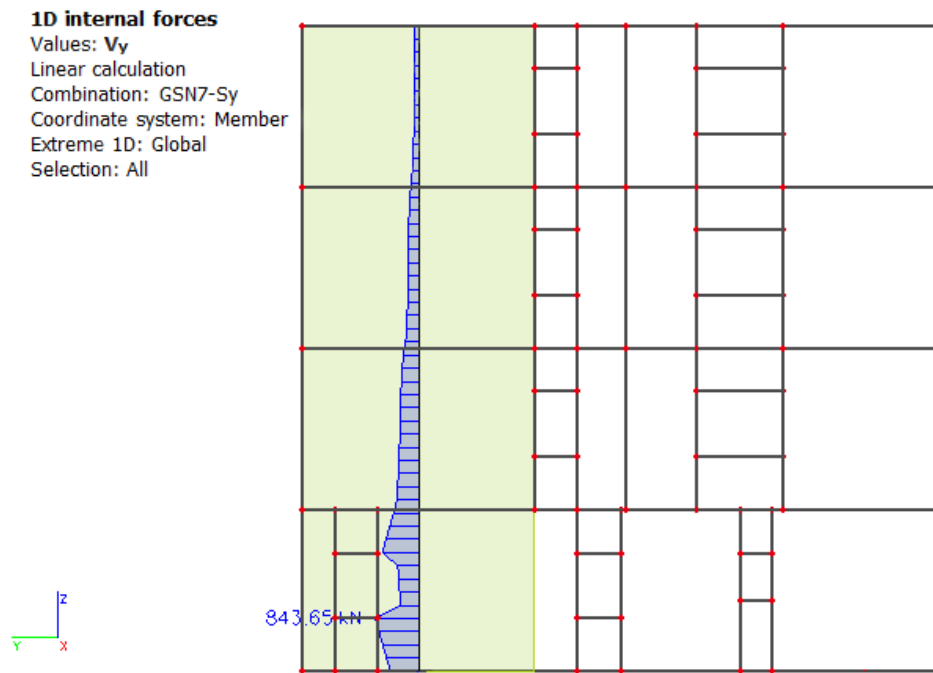
q-korisno opterećenje

Sy-potresno opterećenje u smjeru y

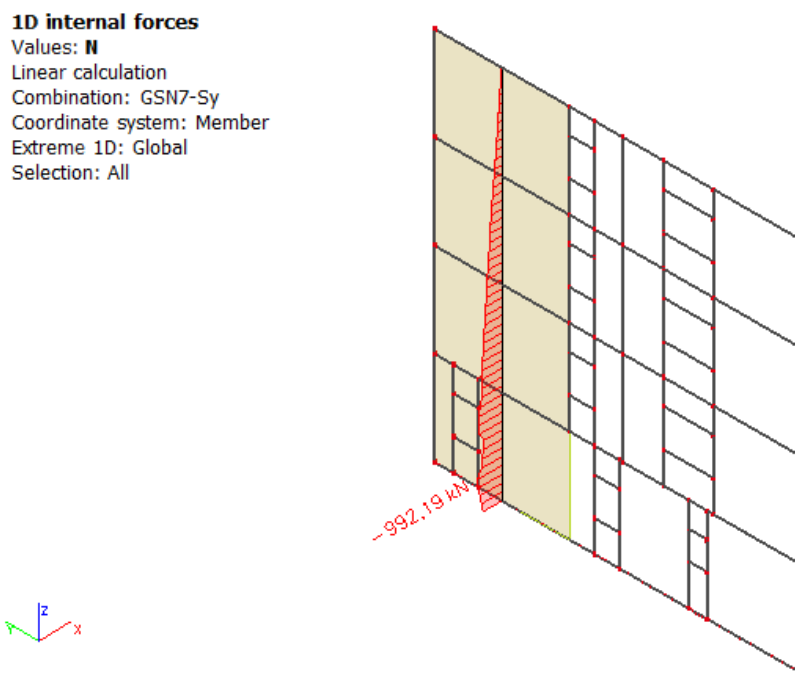
8.2.1.1. Rezultati proračuna



Slika 145. Moment savijanja u zidu Zy1 (kNm)



Slika 146. Poprečne sile u zidu Zy1 (kN)



Slika 147. Uzdužne sile u zidu Zy1 (kN)

Dimenzije elementa:

$$b = 20,0 \text{ cm}$$

$$L_w = 430,0 \text{ cm}$$

$$H_w = 12,0 \text{ m}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c = 2,5 \text{ cm}$$

$$d_z = c_{\text{nom}} + \varnothing_{\text{sh}} + \frac{\varnothing_{\text{sv}}}{2} \approx 4,0 \text{ cm}$$

$$d_y = c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing}{2} + 15 \approx 20,0 \text{ cm}$$

$$d = L_w - d_y = 410,0 \text{ cm}$$

Vitkost zidova:

$$\frac{H_w}{L_w} = \frac{12,0}{4,30} = 2,79 > 2 \rightarrow \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{\text{cr}} = \max(L_w; H_w/6) = \max(430,0 \text{ cm}; 200,0 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (860,0 \text{ cm}; 600,0 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} = 430,0 \text{ cm}$$

Proračunske kombinacije:

$$\text{GSN6} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$$\text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

$$\text{Kritična kombinacija: } \text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

Rezne sile:

$$M_{\text{Ed}} = 1831,66 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{Ed}} = -992,19 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed}} = 843,65 \text{ kN}$$

8.2.1.2. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right) = 1831,66 + 992,19 \cdot \left(4,10 - \frac{4,3}{2} \right) = 3766,43 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3766,43 \cdot 100}{20 \cdot 410^2 \cdot 2,0} = 0,056$$

Očitano : $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ $\varepsilon_{c2} = 1,5\text{‰}$ $\zeta = 0,953$ $\xi = 0,130$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{3766,43 \cdot 100}{0,953 \cdot 410 \cdot 43,48} - \frac{992,19}{43,48} = -0,650 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 410 = 10,66 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 6Ø16 ($A_s=12,06 \text{ cm}^2$)

Dokaz nosivosti na poprečnu silu

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$ – računaska poprečna sila

$V_{Ed,y'}$ – korigirana poprečna sila

ε – korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon = 843,65 \cdot 3,0 = 2530,95 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200} \right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410,0$$

$$V_{Rd2} = 28864,0 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410,0$$

$$V_{Rd2} = 36080,0 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala hrpta

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Postupak ovisi o koeficijentu smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1831,66 \cdot 100}{843,45 \cdot 430,0} = 0,51$$

Ako je $\alpha_s \leq 1,3$ koristi se izraz (i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z \cdot V_{cd}$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojena obostrana armatura Q-257 ($A_{s1}=2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$; $A_s=5,14 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,0025 \cdot 50,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410,0 = 820,0 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

-Za tlačnu N_{Ed} vrijedi izraz: $V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 410$$

$$V_{cd} = 289,95 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 289,95 + 820,0 = 1109,95 \text{ kN}$$

$V_{Rd3} = 1109,95 \text{ kN} > V_{Ed} = 843,65 \text{ kN} \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava

8.2.2. Zid Zx1

Proračun je proveden za kombinaciju GSN $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3q + 1,0 \cdot S_x$

Gdje su :

g-vlastita težina

g₁- dodatno stalno opterećenje

q-korisno opterećenje

S_x-potresno opterećenje u smjeru x

8.2.2.1. Rezultati proračuna

1D internal forces

Values: M_z

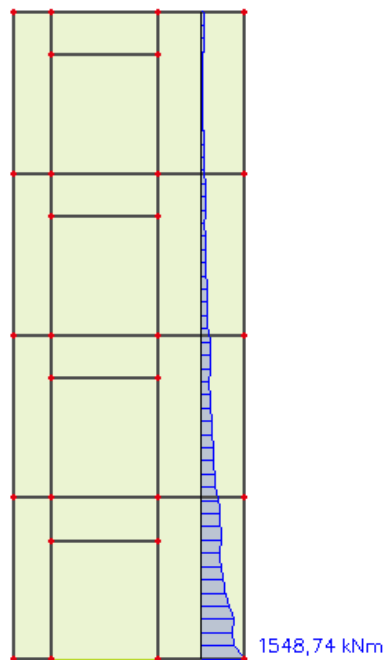
Linear calculation

Combination: GSN6-Sx

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Member

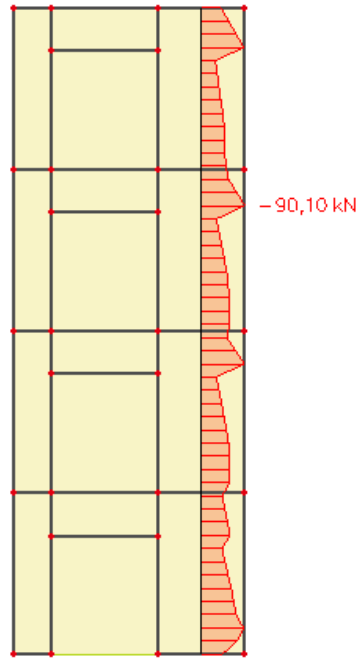
Selection: All



Slika 148. Moment savijanja u zidu Zy1 (kNm)

1D internal forces

Values: V_y
 Linear calculation
 Combination: GSN6-Sx
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Member
 Selection: All



Slika 149. Poprečne sile u zidu Zy1 (kN)

1D internal forces

Values: N
 Linear calculation
 Combination: GSN6-Sx
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Member
 Selection: All



Slika 150. Uzdužne sile u zidu Zy1 (kN)

Dimenzije elementa:

$$b = 20,0 \text{ cm}$$

$$L_w = 430,0 \text{ cm}$$

$$H_w = 12,0 \text{ m}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c = 2,5 \text{ cm}$$

$$d_z = c_{\text{nom}} + \varnothing_{\text{sh}} + \frac{\varnothing_{\text{sv}}}{2} \approx 4,0 \text{ cm}$$

$$d_y = c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing}{2} + 15 \approx 20,0 \text{ cm}$$

$$d = L_w - d_y = 410,0 \text{ cm}$$

Vitkost zidova:

$$\frac{H_w}{L_w} = \frac{12,0}{4,30} = 2,79 > 2 \rightarrow \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{\text{cr}} = \max(L_w; H_w/6) = \max(430,0 \text{ cm}; 200,0 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (860,0 \text{ cm}; 600,0 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} = 430,0 \text{ cm}$$

Proračunske kombinacije:

$$\text{GSN6} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$$\text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

$$\text{Kritična kombinacija: } \text{GSN6} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

Rezne sile:

$$M_{\text{Ed}} = 1548,74 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{Ed}} = 581,30 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed}} = 90,10 \text{ kN}$$

8.2.2.2. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right) = 1548,74 + 581,30 \cdot \left(4,1 - \frac{4,3}{2} \right) = 2682,28 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2682,28 \cdot 100}{20 \cdot 410^2 \cdot 2,0} = 0,040$$

Očitano : $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ $\varepsilon_{c2} = 1,2\text{‰}$ $\zeta = 0,962$ $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{2682,28 \cdot 100}{0,962 \cdot 410 \cdot 43,48} - \frac{581,30}{43,48} = 2,27 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 410 = 10,66 \text{ cm}^2$$

Odobrano : 6Ø16 ($A_s=12,06 \text{ cm}^2$)

Dokaz nosivosti na poprečnu silu

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$ – računaska poprečna sila

$V_{Ed,y'}$ – korigirana poprečna sila

ε – korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon = 90,10 \cdot 3,0 = 270,30 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200} \right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410,0$$

$$V_{Rd2} = 28864,0 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410,0$$

$$V_{Rd2} = 36080,0 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala hrpta

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Postupak ovisi o koeficijentu smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1548,74 \cdot 100}{90,10 \cdot 410,0} = 4,19$$

Ako je $\alpha_s > 2,0$ koristi se izraz (i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z \cdot V_{cd}$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojena obostrana armatura Q-257 ($A_{s1}=2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$; $A_s=5,14 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,0025 \cdot 50,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410,0 = 820,0 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

-Za tlačnu N_{Ed} vrijedi izraz: $V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 410$$

$$V_{cd} = 289,95 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 289,95 + 820,0 = 1109,95 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 1109,95 \text{ kN} > V_{Ed} = 90,10 \text{ kN} \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

8.2.3. Proračun obodnih zidova garaže

Obodni zidovi u garaži dominantno su opterećeni aktivnim tlakom tla. Zid je dreniran, a prema geotehničkom izvještaju nivo podzemne vode je niži od dna temeljenja pa se ne računa na dodatni tlak vode .

Tlak nasipa tla na zidove podruma zadan je preko parametara tla:

$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$ - specifična težina zasipa

$h = 3,00 \text{ m}$ - visina zasipa

$K_A = 0,40$ - koeficijent aktivnog tlaka

$q = 5,0 \text{ kN/m}$ - pokretno djelovanje

Parametri zida:

$b_w = 100,0 \text{ cm}$ -efektivna širina zida

$b = 20,0 \text{ cm}$ - debljina zida

$d_1 = 5,0 \text{ cm}$

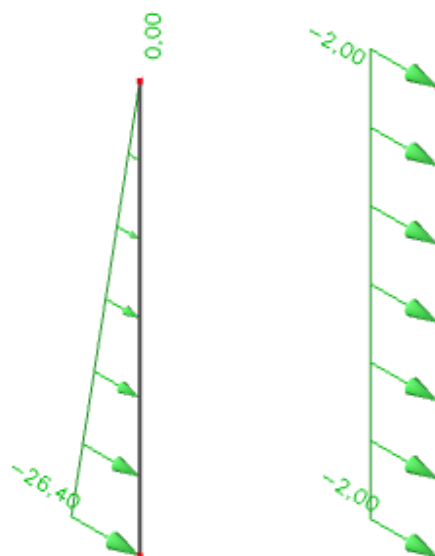
$d = 15,0 \text{ cm}$

Horizontalni tlak zasipa

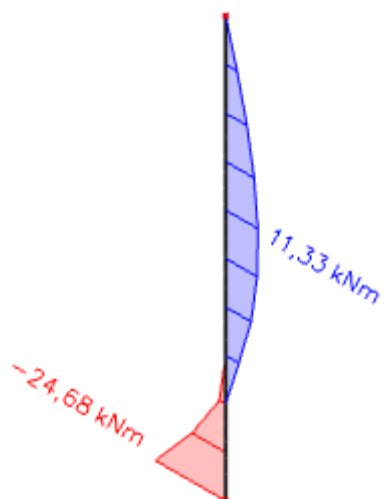
$$p_{zasipa} = \gamma \cdot h \cdot b \cdot K_A = 22,0 \cdot 3,0 \cdot 1,0 \cdot 0,40 = 26,40 \text{ kN/m}$$

Pokretno opterećenje

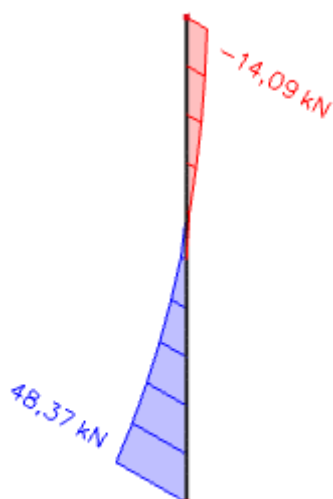
$$q_{zasipa} = q \cdot K_A = 5,0 \cdot 0,40 = 2,0 \text{ kN/m}$$



Slika 151. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže



Slika 152. Prikaz momenta savijanja na obodni zid garaže (kNm)



Slika 153. Prikaz poprečne sile na obodni zid garaže (kN)

8.2.3.1. Dimenzioniranje na moment savijanja

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

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

$$M_{Ed} = 24,68 \text{ kNm/m}$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 3,5\text{‰} \quad \zeta = 0,892 \quad \xi = 0,259 \quad \mu_{Rd,lim} = 0,159$$

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 15,0^2 \cdot 2,0 = 7155,0 \text{ kNcm} = 71,55 \text{ kNm}$$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{24,68 \cdot 100}{0,892 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,24 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 15 = 1,95 \text{ cm}^2$$

Odabrano : Q-283 obostrano ($A_{s1}=5,66 \text{ cm}^2$)**8.2.3.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu**

Koficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{100 \cdot 15} = 0,0038$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,0038 \cdot 50,0 \cdot 100 \cdot 15,0 = 285,0 \text{ kN}$$

Računska nosivost na poprečnu silu:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z$$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 100 \cdot 15 = 62,48 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 285,0 + 62,48 = 347,48 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 347,48 \text{ kN} > V_{Ed} = 48,73 \text{ kN} \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

9. LITERATURA

- [1] J. Radnić i suradnici : Betonske konstrukcije- priručnik, Hrvatska sveučilišna naklada, Sveučilište u Zagrebu -Građevinski fakultet, Andris, Zagreb, 2006.
- [2] J. Radnić , A. Harapin: Osnove betonskih konstrukcija- Interna skripta, Sveučilište u Splitu- FGAG, Split, 2012.
- [3] I. Tomičić, Betonske konstrukcije, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- [4] A. Harapin, Dimenzioniranje betonskih konstrukcija prema TPBK (EC2)
- [5] EN 1991 Eurokod 1, Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije, CEN-Belgija, 2005.
- [6] EN 1992 Eurokod 2, Proračun betonskih konstrukcija ; CEN-Belgija 2004.
- [7] EN 1998 Eurokod 8, Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje, CEN-Belgija, 2004.
- [8] HRN ENV 1991-1 Eurokod 1, Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije: OSnove projektiranja, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2005.
- [9] HRN ENV 1992-1 Eurokod 2, Projektiranje betonskih konstrukcija 1-1. Dio: Opća pravila i pravila za zgrade, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2004.
- [10] HRN ENV 1998-1 Eurokod 8, Projektiranje konstrukcija otpornih na potres 1-1. dio:Opća pravila:Potresno djelovanje i opći zahtjevi za konstrukcije (ENV 1998-1-1:1994), Zagreb 2005.
- [11] Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola -NUMERICAL MODEL FOR DYNAMIC ANALYSIS OF STRUCTURES WITH SEISMIC BASE ISOLATION USING A LAYER OF STONE PEBBLES. // Ingegneria Sismica, 38 (2021), 1; 37-65 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [12] Buzov, Ante; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Baloević, Goran -Effect of the joint type on the seismic behaviour of a free-standing multi-drum column. // Construction and Building Materials, 214 (2019), 121-132 doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.04.118 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [13] Baloevic, Goran; Radnić, Jure; Grgic, Nikola-Numerical model for dynamic analysis of masonry-infilled steel and concrete frames. // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 50 (2019), 5; 519-532 doi:10.1002/mawe.201900006 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [14] Sunara Kusić, Marina; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Harapin, Alen -Sloshing in medium size tanks caused by earthquake studied by SPH. // Građevinar : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, 70 (2018), 08; 671-684 doi:10.14256/jce.2169.2017 (međunarodna recenzija, prethodno priopćenje, znanstveni)
- [15] Grgić, Nikola; Radnić, Jure; Matešan, Domagoj; Buzov, Ante -Effect of mass on the behavior of concrete columns under seismic load. // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 47 (2016), 5/6; 483-494 doi:10.1002/mawe.201600524 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)

10. GRAFIČKI PRILOZI

10.1. Situacija

10.2. Tlocrt garaže

10.3. Tlocrt prizemlja

10.4. Tlocrt 1. kata

10.5. Tlocrt 2. kata

10.6. Tlocrt 3. kata

10.7. Tlocrt nadgrađa

10.8. Tlocrt ravnog krova

10.9. Presjek 1-1

10.10. Presjek 2-2

10.11. Pročelje-sjever

10.12. Pročelje-istok

10.13. Pročelje-jug

10.14. Pročelje-zapad

10.15. Plan pozicija 000

10.16. Plan pozicija 100

10.17. Plan pozicija 200

10.18. Plan pozicija 300

10.19. Plan pozicija 400

10.20. Plan pozicija 500

10.21. Plan pozicija 600

11. ARMATURNI NACRTI

11.1. Armaturni plan-pozicija 000 -donja zona

11.2. Armaturni plan-pozicija 000 -gornja zona

11.3. Armaturni plan-karakteristična ploča kata-donja zona

11.4. Armaturni plan-karakteristična ploča kata-gornja zona

11.5. Armaturni plan-pozicija 600

11.6.a. Armaturni plan-grede

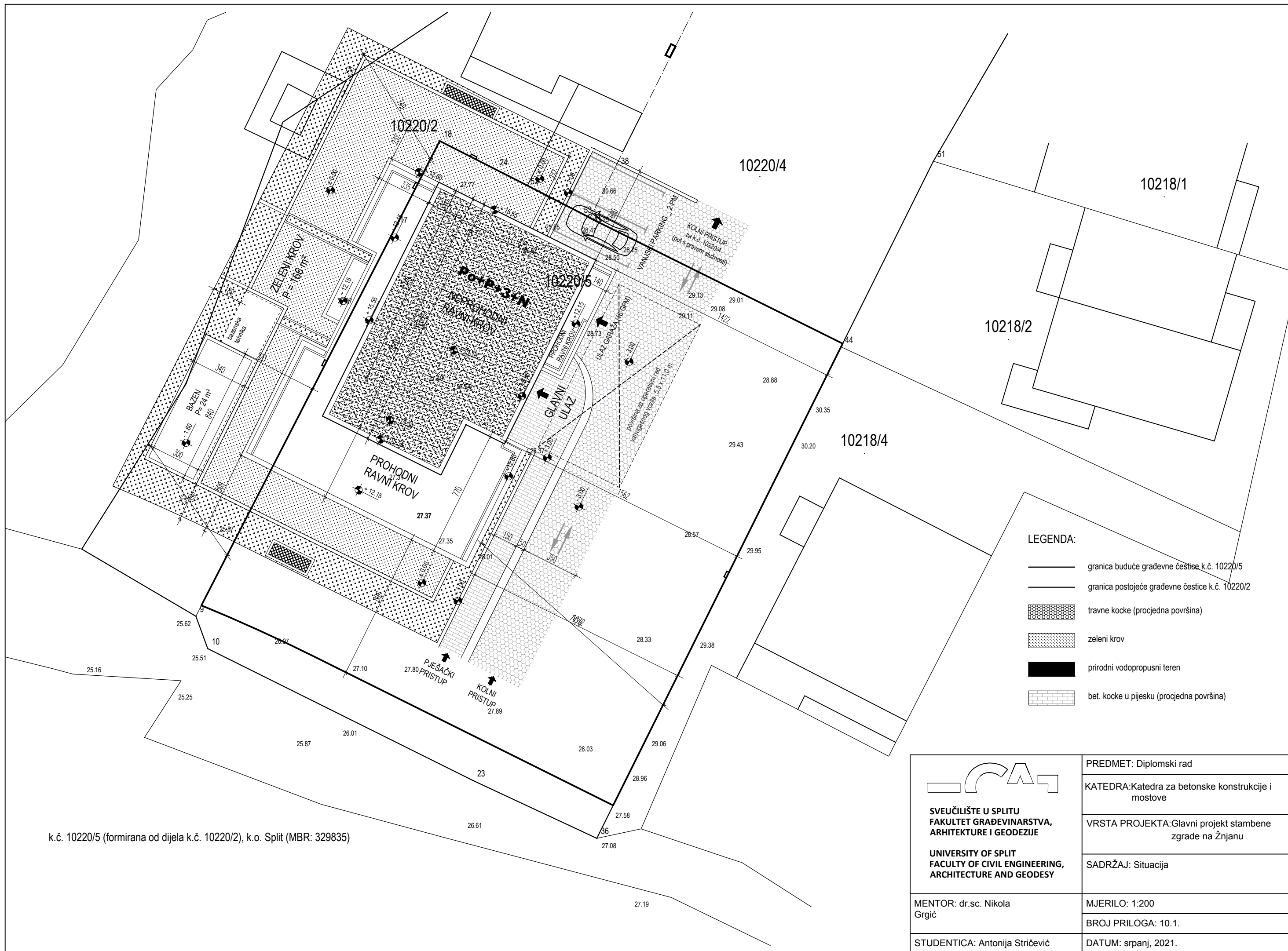
11.6.b. Armaturni plan-grede

11.7. Iskaz armature greda

11.8. Armaturni plan-zid Zx1

11.9. Armaturni plan-stupovi

11.10. Armaturni plan-stubište



k.č. 10220/5 (formirana od dijela k.č. 10220/2), k.o. Split (MBR: 329835)

LEGENDA:

- granica buduće građevne čestice k.č. 10220/5
- granica postojeće građevne čestice k.č. 10220/2
- travne kocke (procjedna površina)
- zeleni krov
- prirodni vodopropusni teren
- bet. kocke u pijesku (procjedna površina)



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

**UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY**

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu

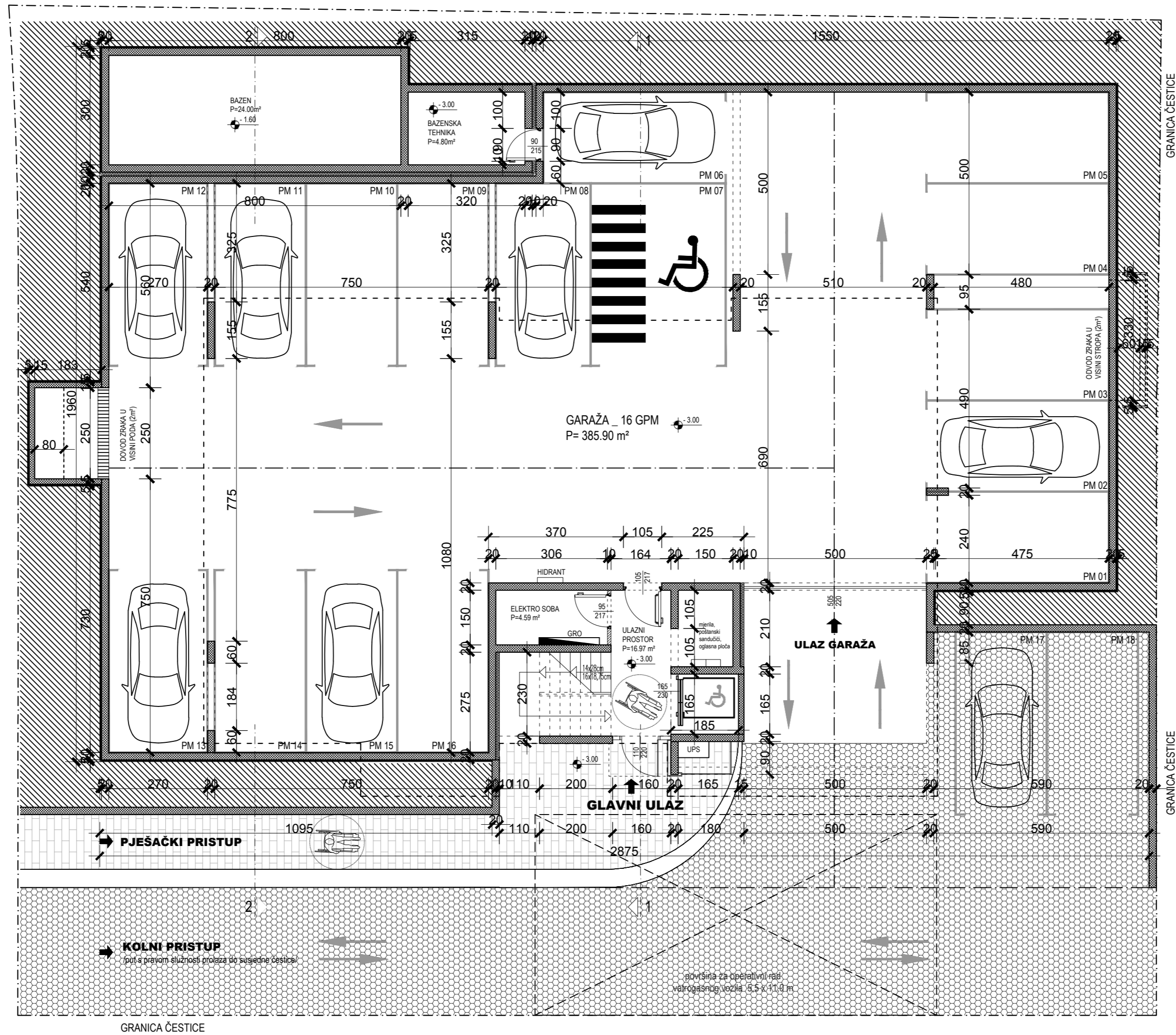
SADRŽAJ: Situacija


MJERILO: 1:200

BROJ PRILOGA: 10.1.

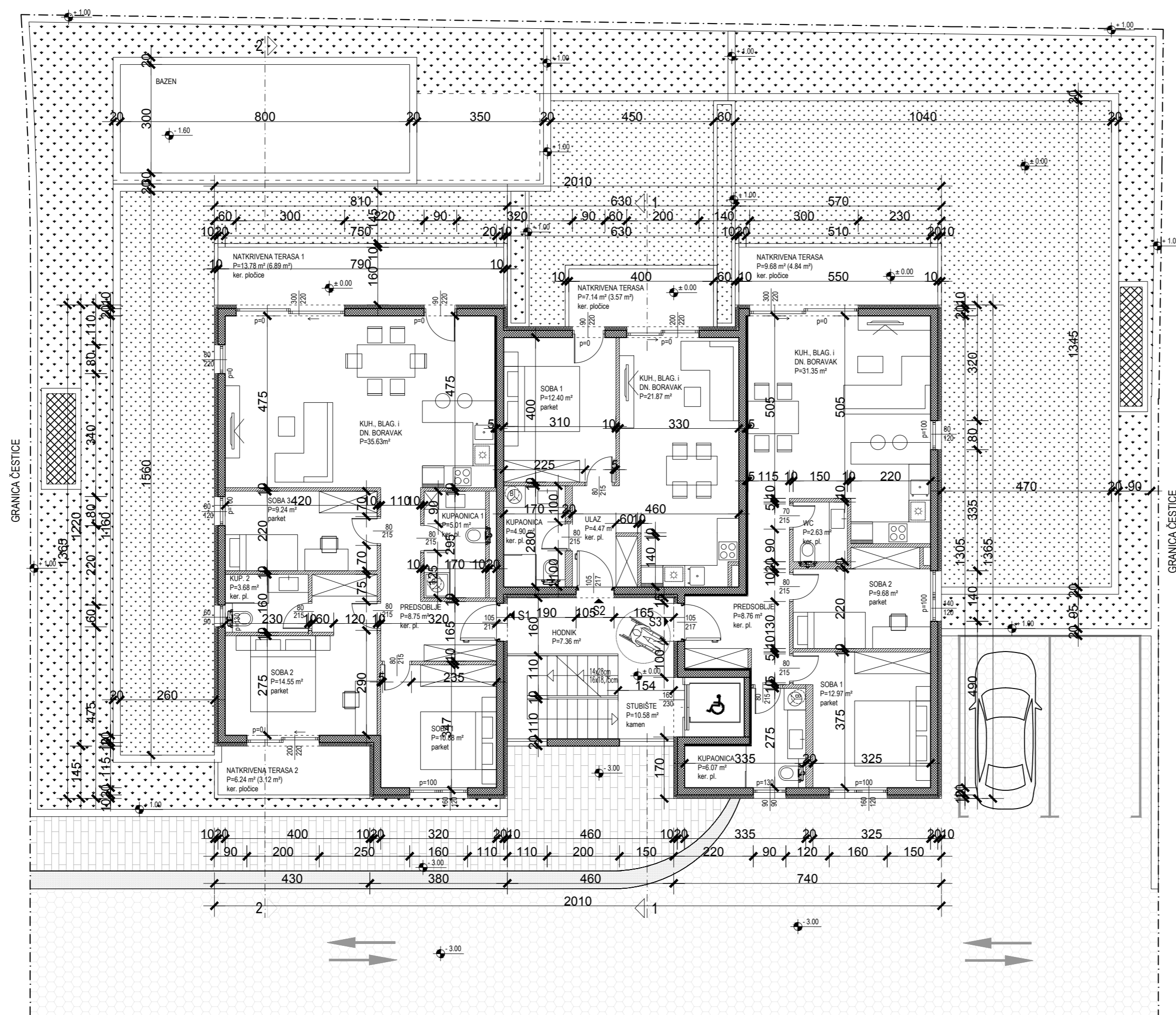
DATUM: srpanj, 2021.


TLOCRT GARAŽE M 1:100



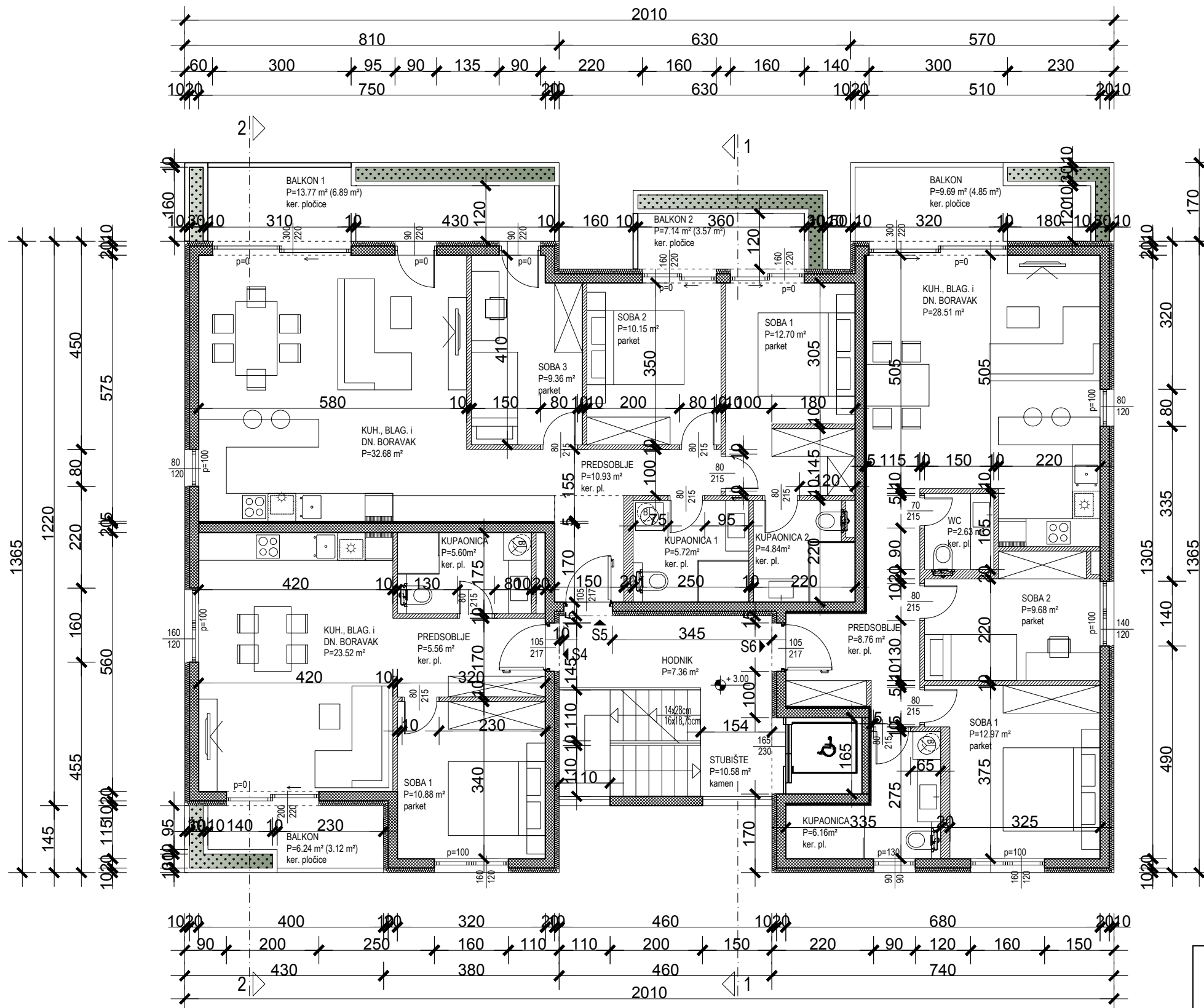
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Tlocrt garaže
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 10.2.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.


TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100



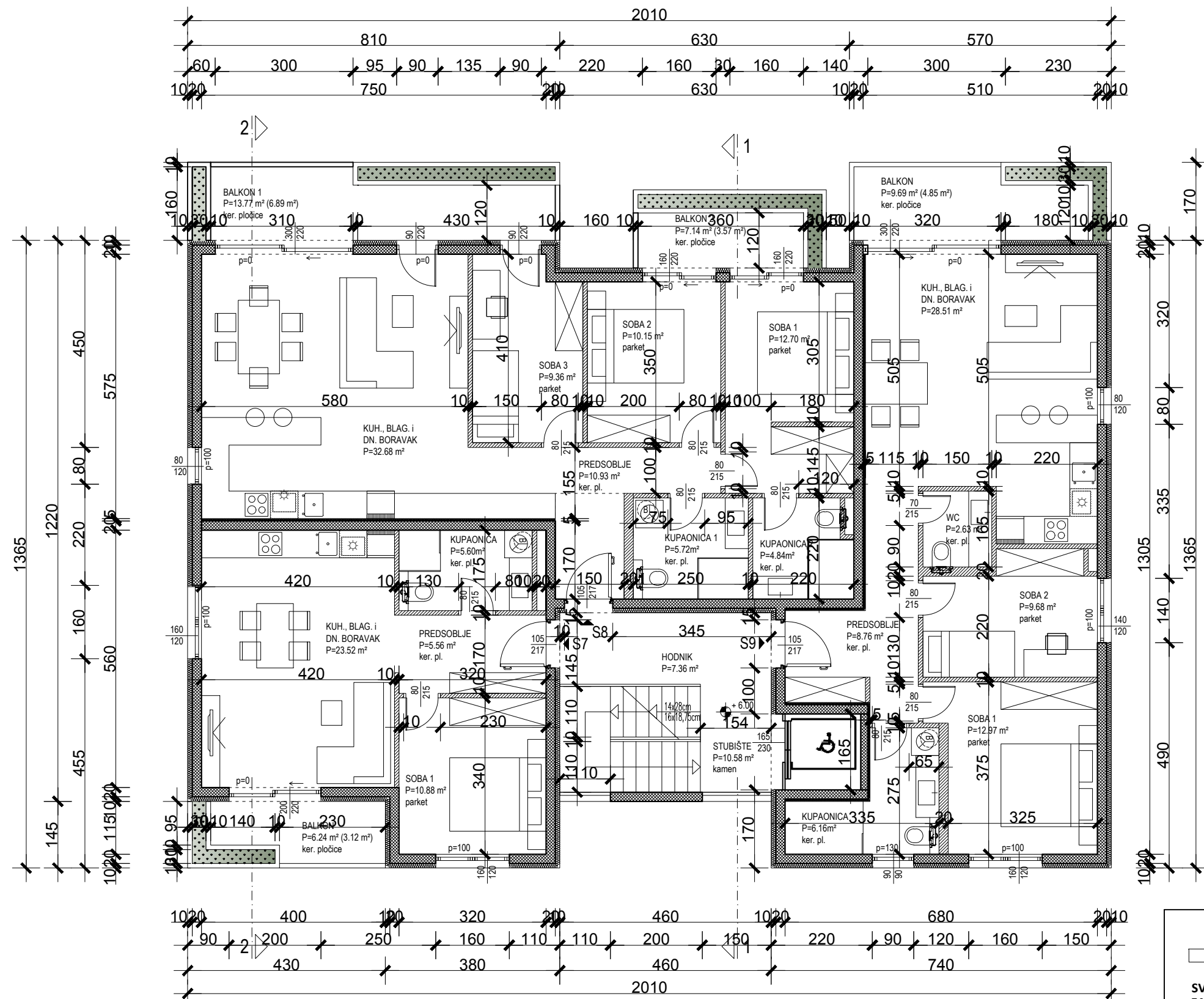
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Tlocrt prizemlja
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.3.
	DATUM: srpanj, 2021.


TLOCRT 1. KATA M 1:100



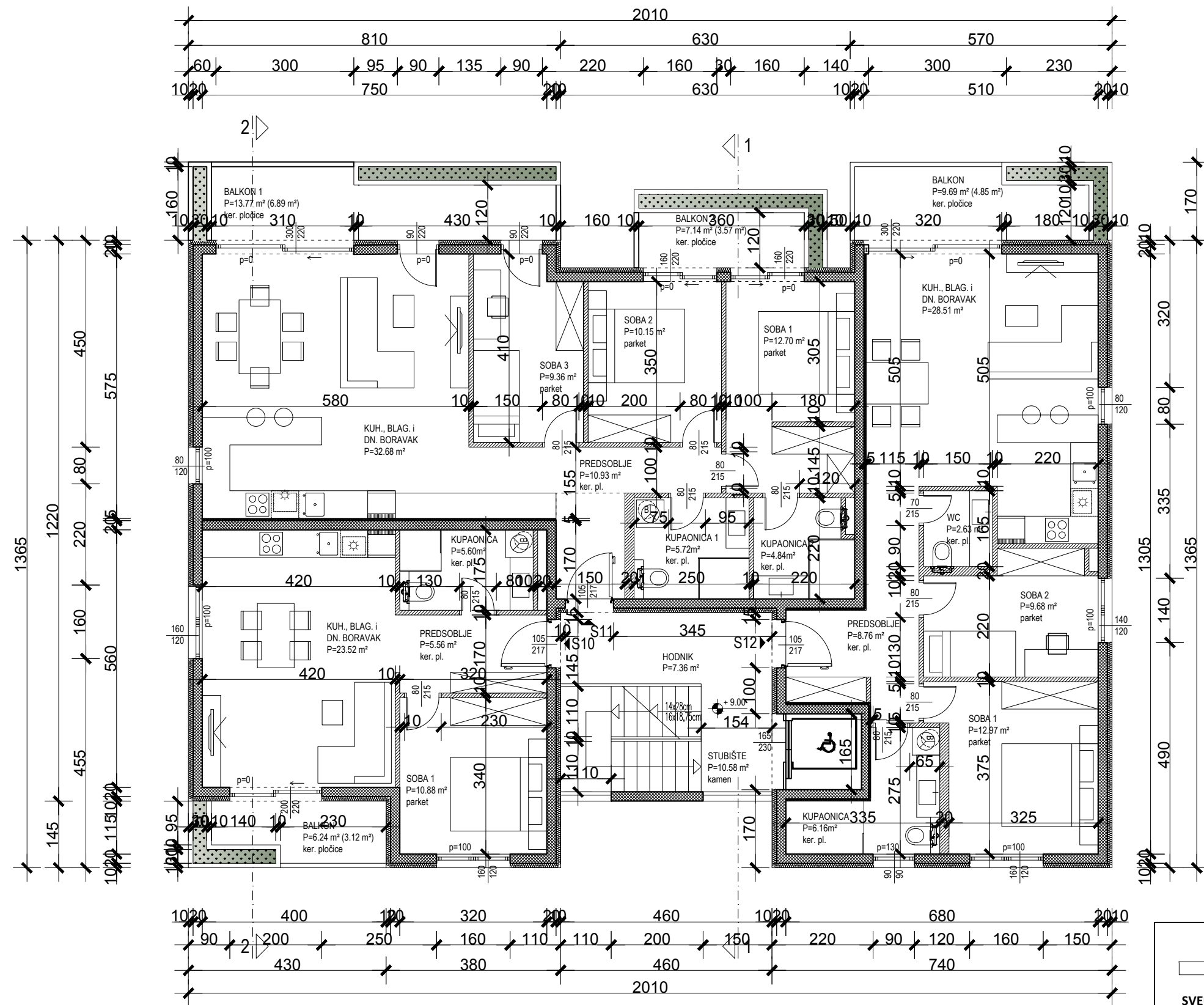
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FACULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Tlocrt 1. kata
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.4.
	DATUM: srpanj, 2021.


TLOCRT 2. KATA M 1:100



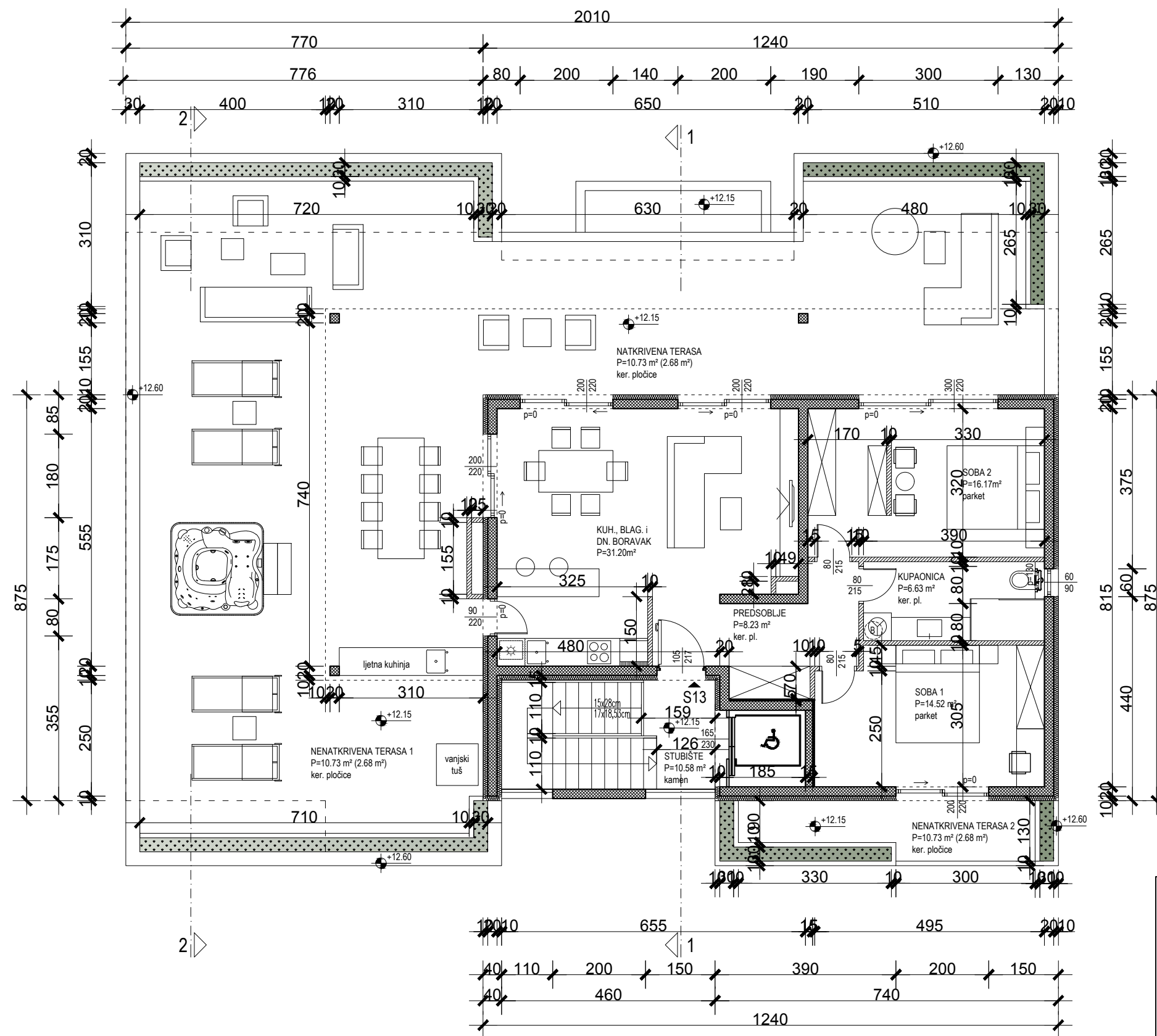
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Tlocrt 2. kata
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.5.
	DATUM: srpanj, 2021.


TLOCRT 3. KATA M 1:100



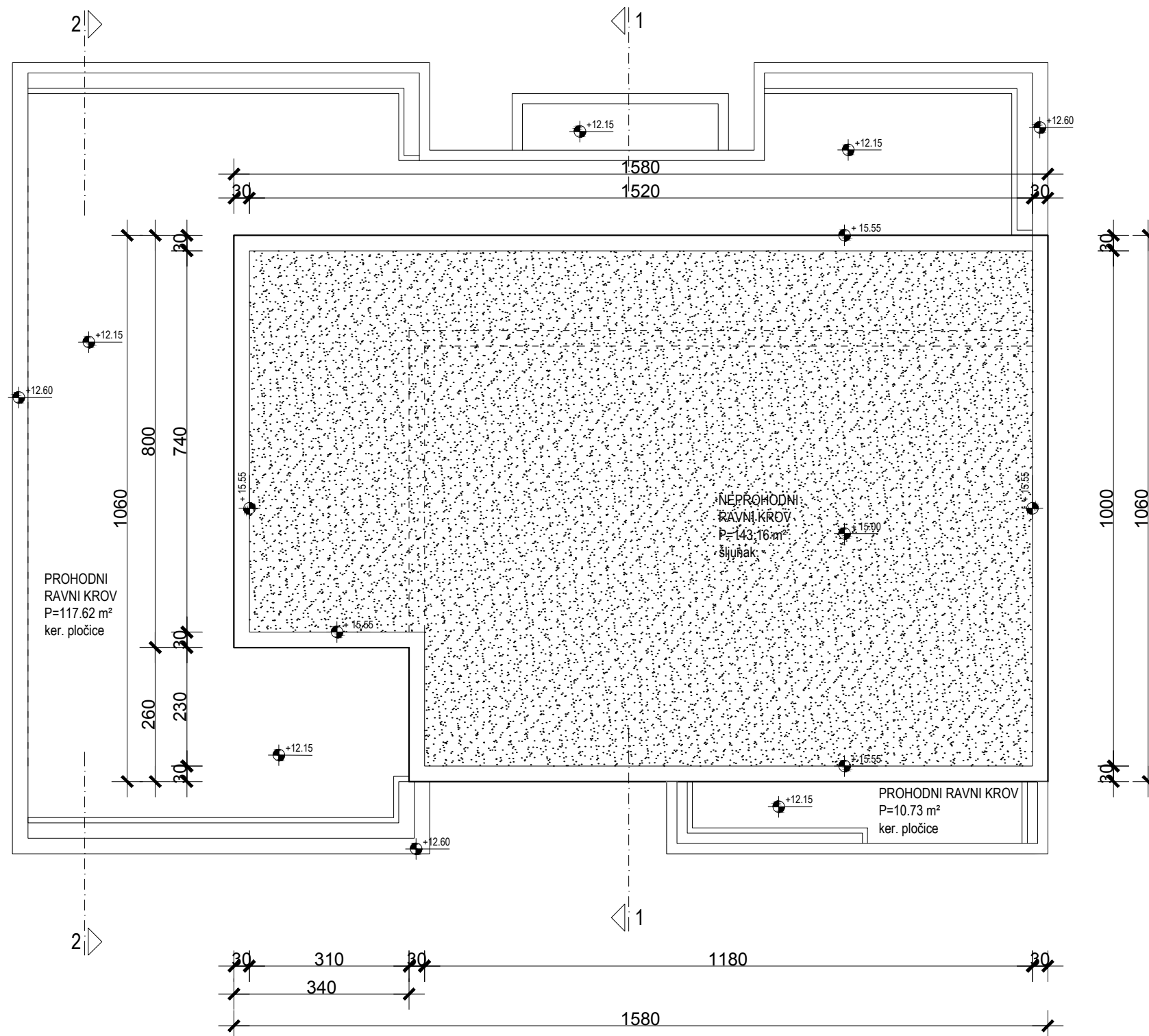
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	SADRŽAJ: Tlocrt 3. kata
STUDENTICA: Antonija Stričević	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 10.6.
	DATUM: srpanj, 2021.


TLOCRT NADGRAĐA M 1:100



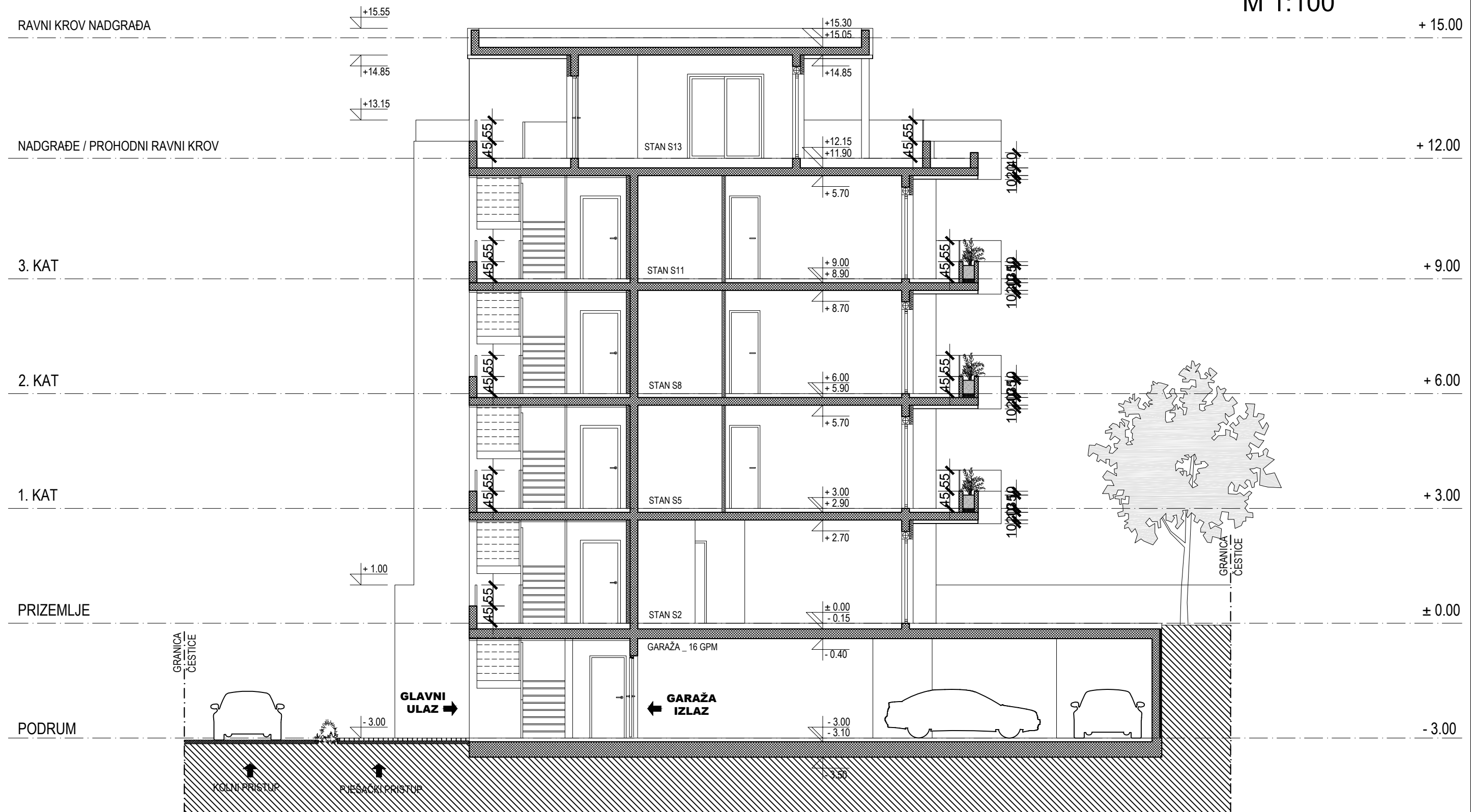
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Tlocrt nadgrađa
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.7.
	DATUM: srpanj, 2021.

TLOCRT RAVNOG KROVA M 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Tlocrt ravnog krova
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.8.
	DATUM: srpanj, 2021.

PRESJEK 1-1 M 1:100




SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY
 MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić
 STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
SADRŽAJ: Presjek 1-1
MJERILO: 1:100
BROJ PRILOGA: 10.9.
DATUM: srpanj, 2021.

PRESJEK 2-2

M 1:100

+ 15.00

RAVNI KROV NADGRAĐA

NADGRAĐE / PROHODNI RAVNI KROV

+ 12.00

3. KAT

+ 9.00

2. KAT

+ 6.00

1. KAT

+ 3.00

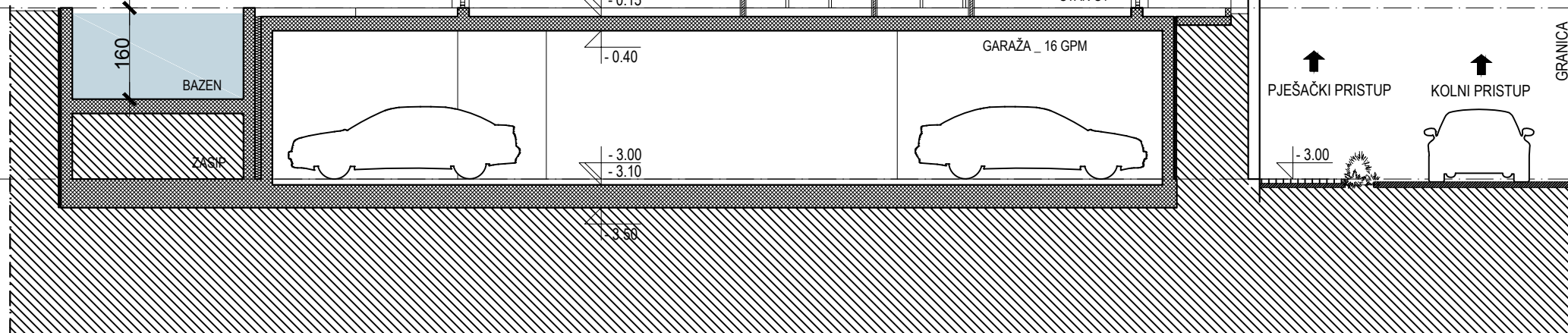
PRIZEMLJE

± 0.00

PODRUM

- 3.00

GRANICA ČESTICE



SVEUČILIŠTE U SPLITU
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE
 UNIVERSITY OF SPLIT
 FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
 ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
SADRŽAJ: Presjek 2-2
MJERILO: 1:100
BROJ PRILOGA: 10.10.
DATUM: srpanj, 2021.

RAVNI KROV NADGRAĐA

+ 15.00

PROČELJE-SJEVER M 1:100

NADGRAĐE / PROHODNI RAVNI KROV

+ 12.00

3. KAT

+ 9.00

2. KAT

+ 6.00

1. KAT

+ 3.00

PRIZEMLJE

± 0.00

PODRUM

- 3.00

GRANICA
ČESTICE

GRANICA
ČESTICE

VATROGASNA OPERATIVNA POVRŠINA

VANJSKI PARKING _ 2 PM

GARAŽA



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i
mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene
zgrade na Žnjanu

SADRŽAJ: Pročelje-sjever

MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA: 10.11.

DATUM: srpanj, 2021.

RAVNI KROV NADGRAĐA

+ 15.00

NADGRAĐE / PROHODNI RAVNI KROV

+ 12.00

3. KAT

+ 9.00

2. KAT

+ 6.00

1. KAT

+ 3.00

PRIZEMLJE

± 0.00

KOLNI PRISTUP
(PUT ŽNJANA) →

PODRUM

- 3.00

PROČELJE-ISTOK M 1:100

GRANICA
ČESTICE

GRANICA
ČESTICE

VANJSKI PARKING - 2 PM

↑
GLAVNI ULAZ

↑
ULAZ GARAŽA - 16 PM

kolni pristup do susjedne čestice →



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu

SADRŽAJ: Pročelje-istok

MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA: 10.12.

DATUM: srpanj, 2021.

RAVNI KROV NADGRAĐA

+ 15.00

PROČELJE-JUG M 1:100

NADGRAĐE / PROHODNI RAVNI KROV

+ 12.00

3. KAT

+ 9.00

2. KAT

+ 6.00

1. KAT

+ 3.00

PRIZEMLJE

± 0.00

PODRUM

- 3.00

GRANICA
ČESTICE

GRANICA
ČESTICE

BAZEN

CARAŽA

PJEŠAČKI PRISTUP
↓
KOLNI PRISTUP
(put s pravom služnosti prolaza do susjedne čestice)
↓



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu

SADRŽAJ: Pročelje-jug

MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA: 10.13.

DATUM: srpanj, 2021.

RAVNI KROV NADGRAĐA

+ 15.00

PROČELJE-ZAPAD M 1:100

NADGRAĐE / PROHODNI RAVNI KROV

+ 12.00

3. KAT

+ 9.00

2. KAT

+ 6.00

1. KAT

+ 3.00

PRIZEMLJE

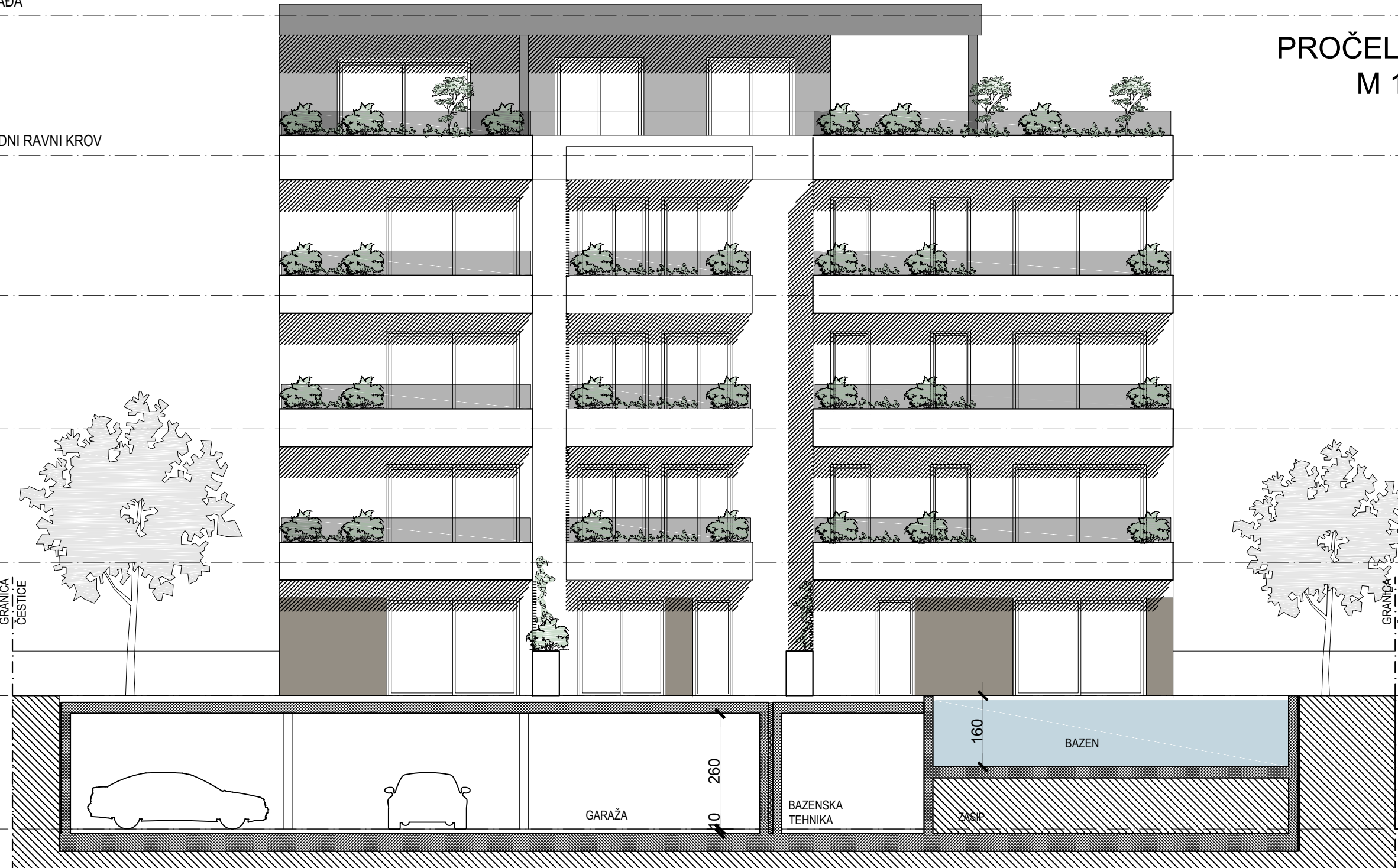
± 0.00

PODRUM

ULICA
PUT ŽNJANA - 3.00

GRANICA
ČESTICE

GRANICA
ČESTICE



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

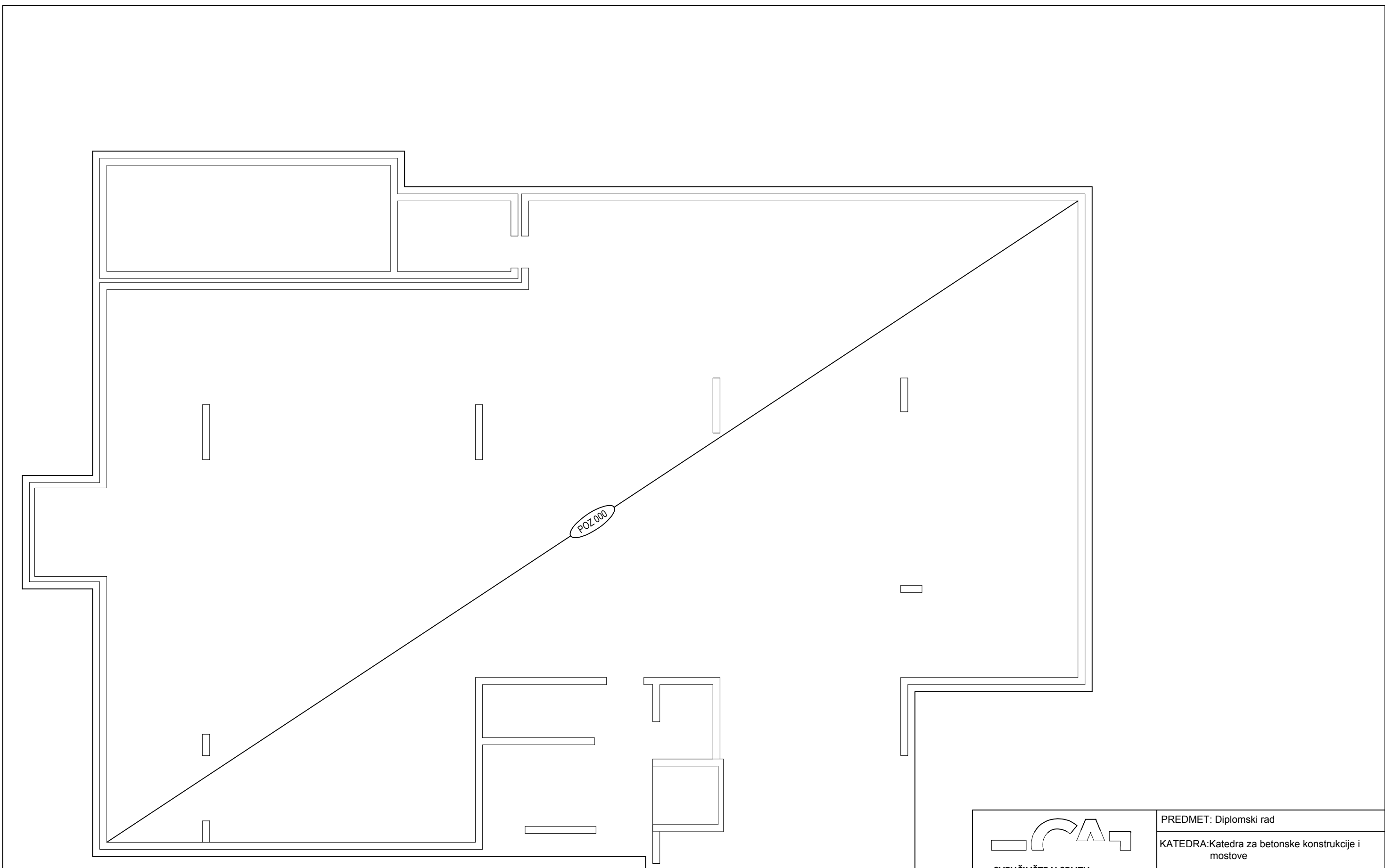
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu


SADRŽAJ: Pročelje-zapad

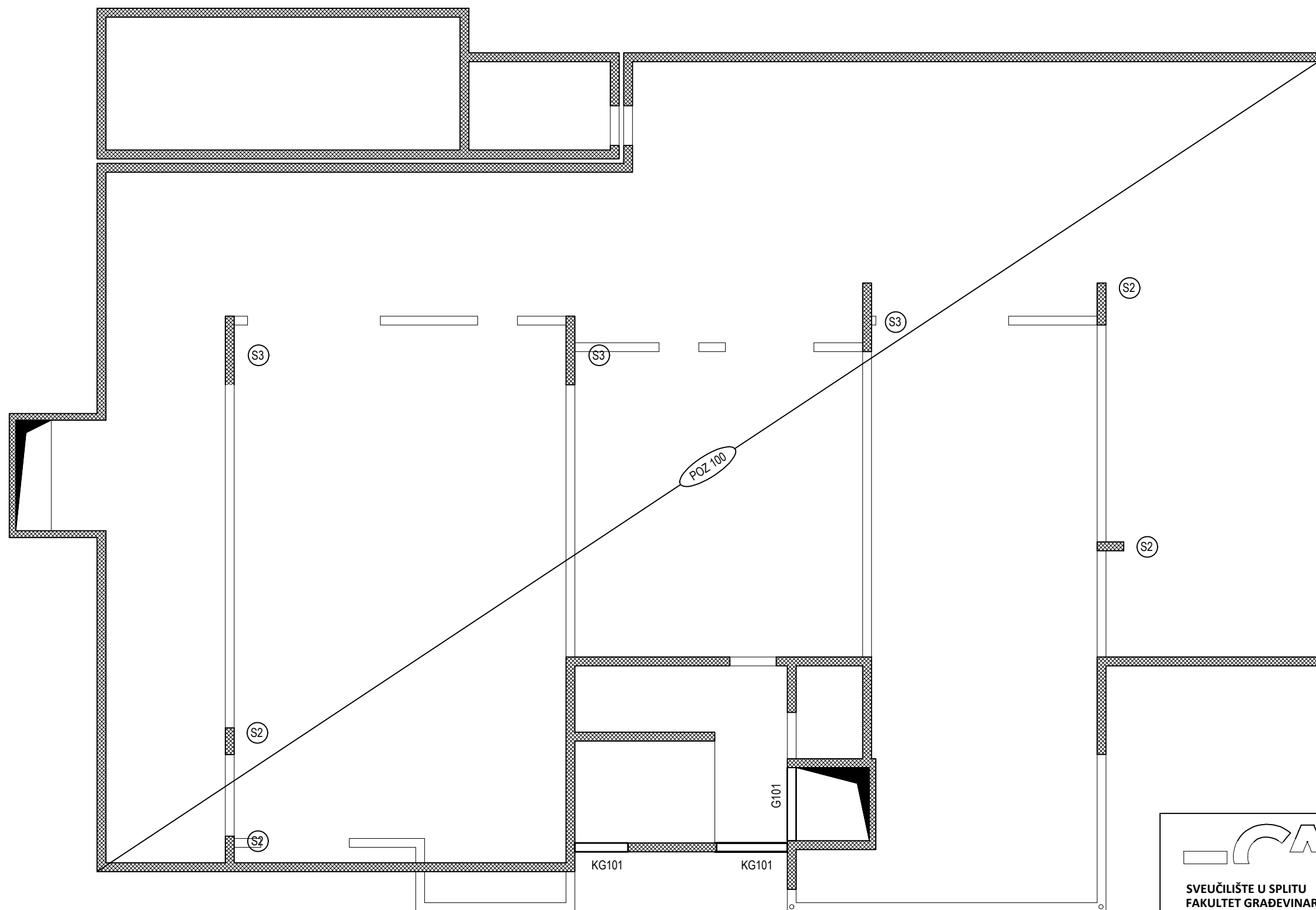
MJERILO: 1:100


BROJ PRILOGA: 10.14.

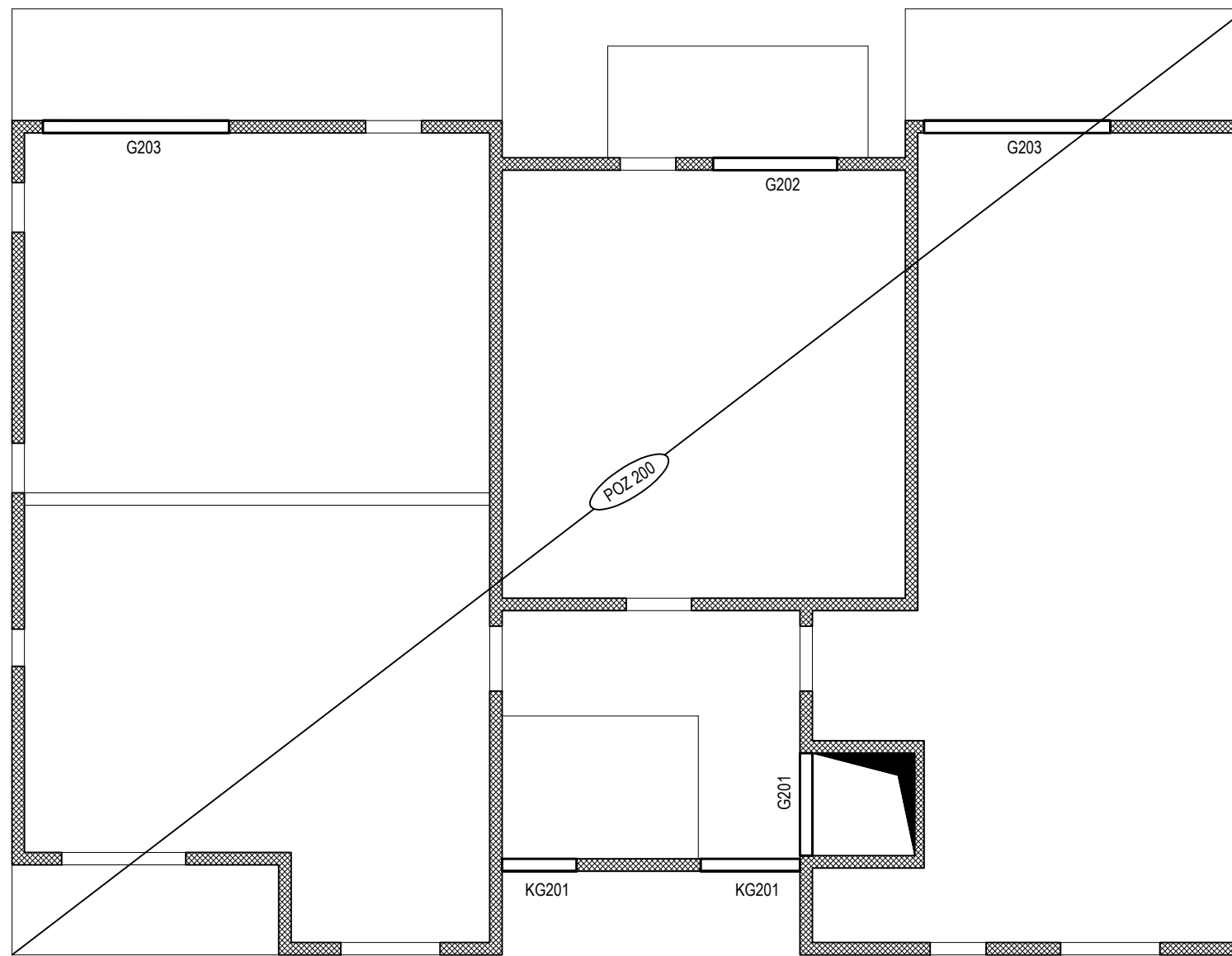
DATUM: srpanj, 2021.




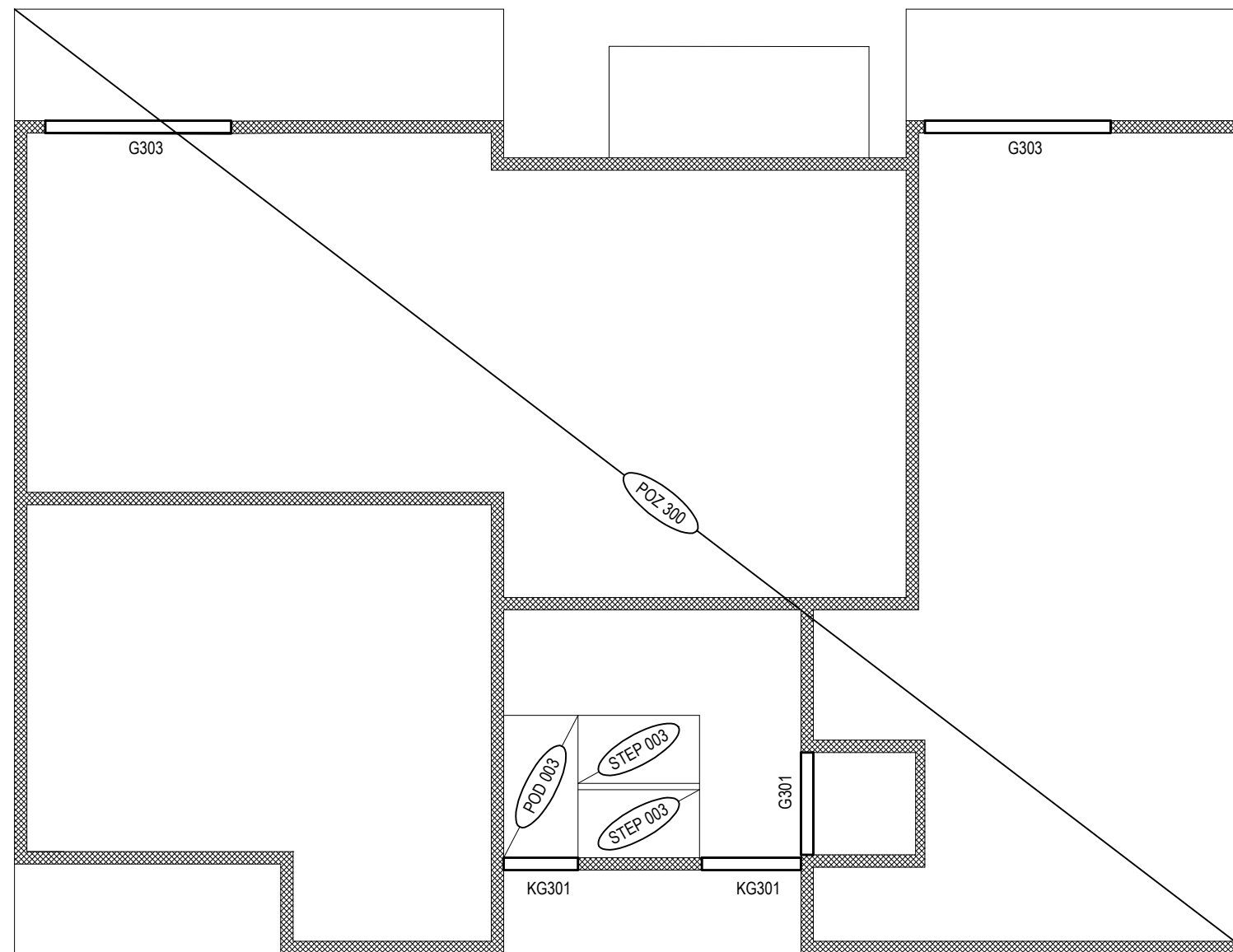
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
<p>MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić</p>	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Plan pozicija 000
<p>STUDENTICA: Antonija Stričević</p>	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 10.15.
	DATUM: srpanj, 2021.



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Plan pozicija 100
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 10.16.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Plan pozicija 200
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.17.
	DATUM: srpanj, 2021.



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

**UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
ARCHITECTURE AND GEODESY**

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

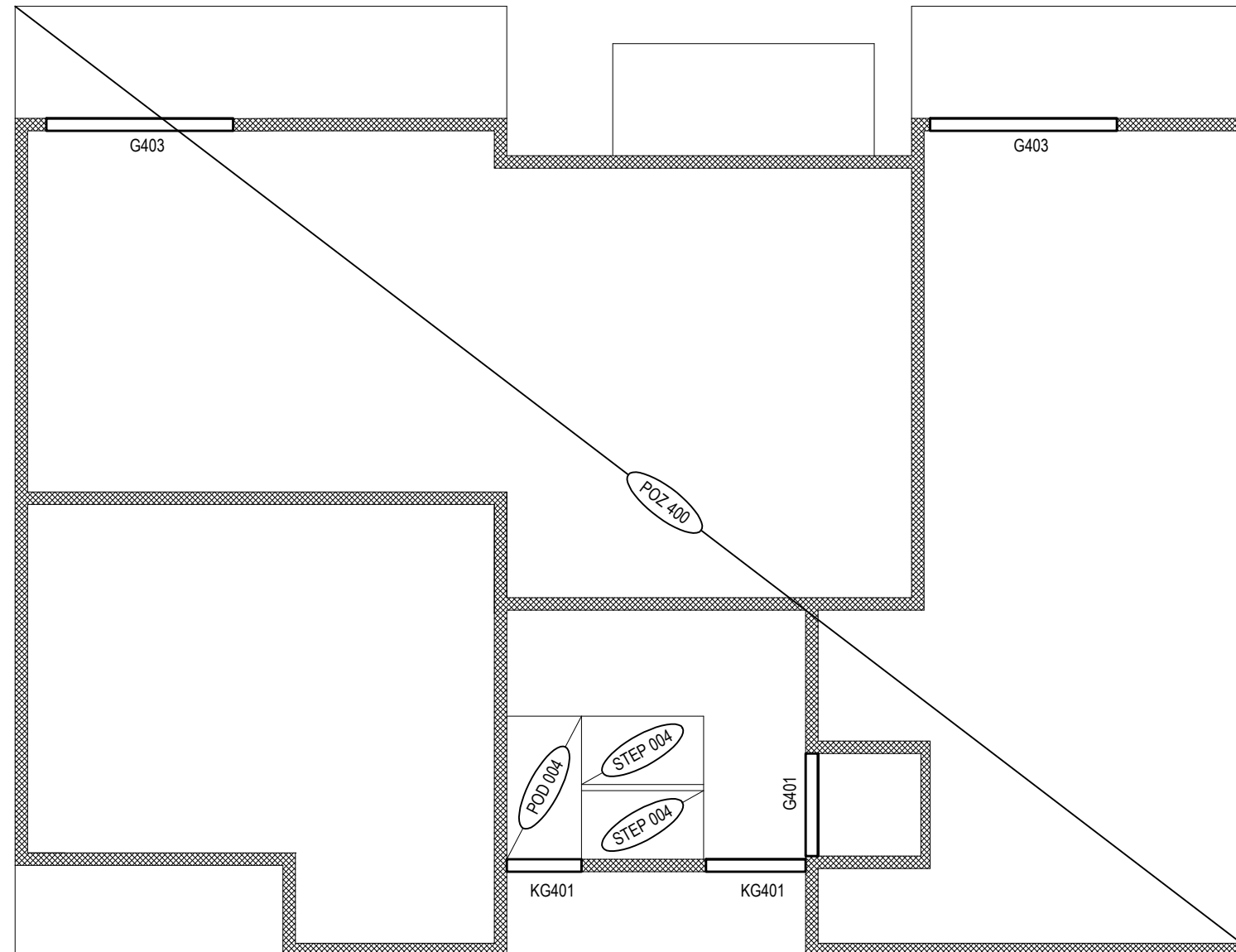
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu


SADRŽAJ: Plan pozicija 300

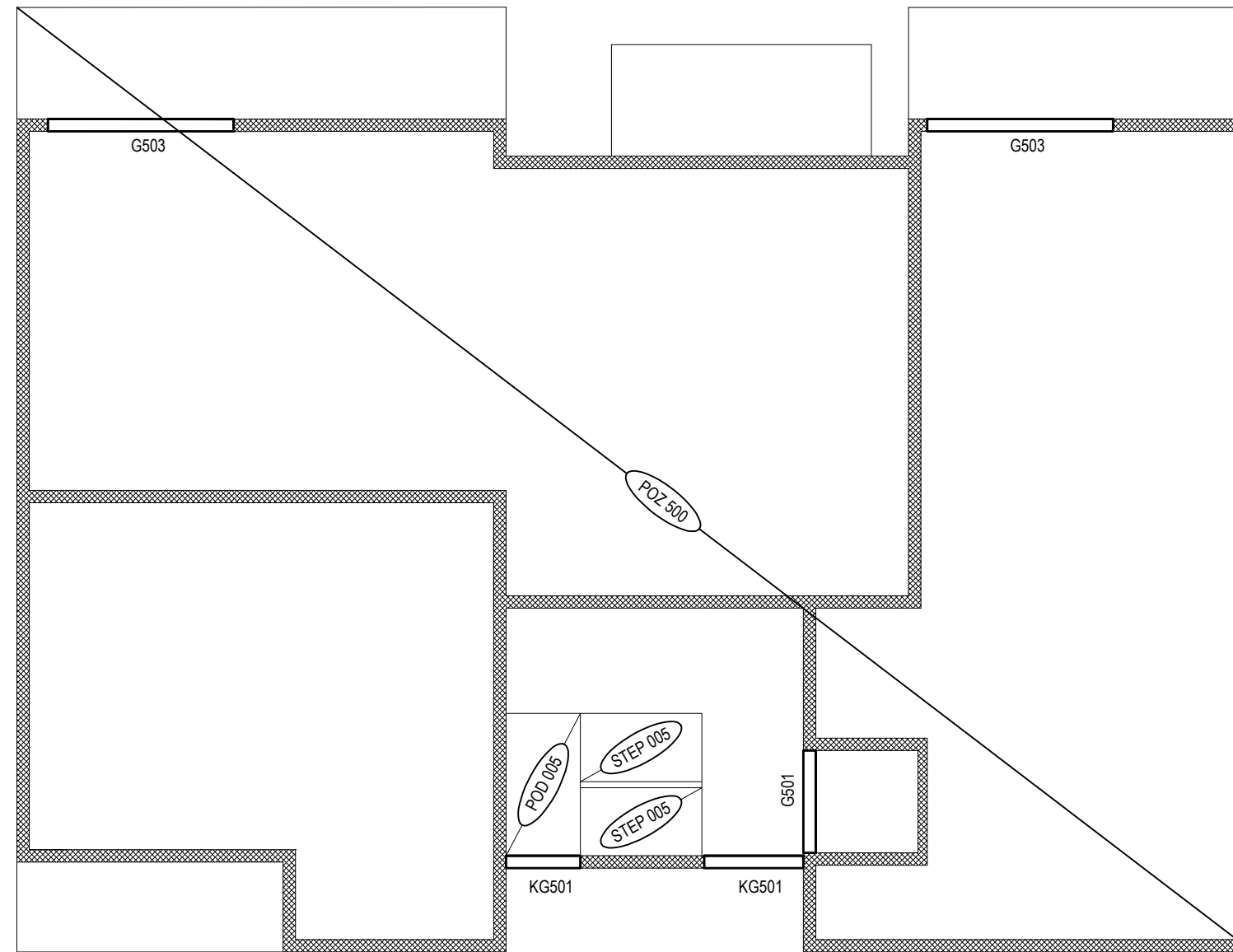
MJERILO: 1:100


BROJ PRILOGA: 10.18.

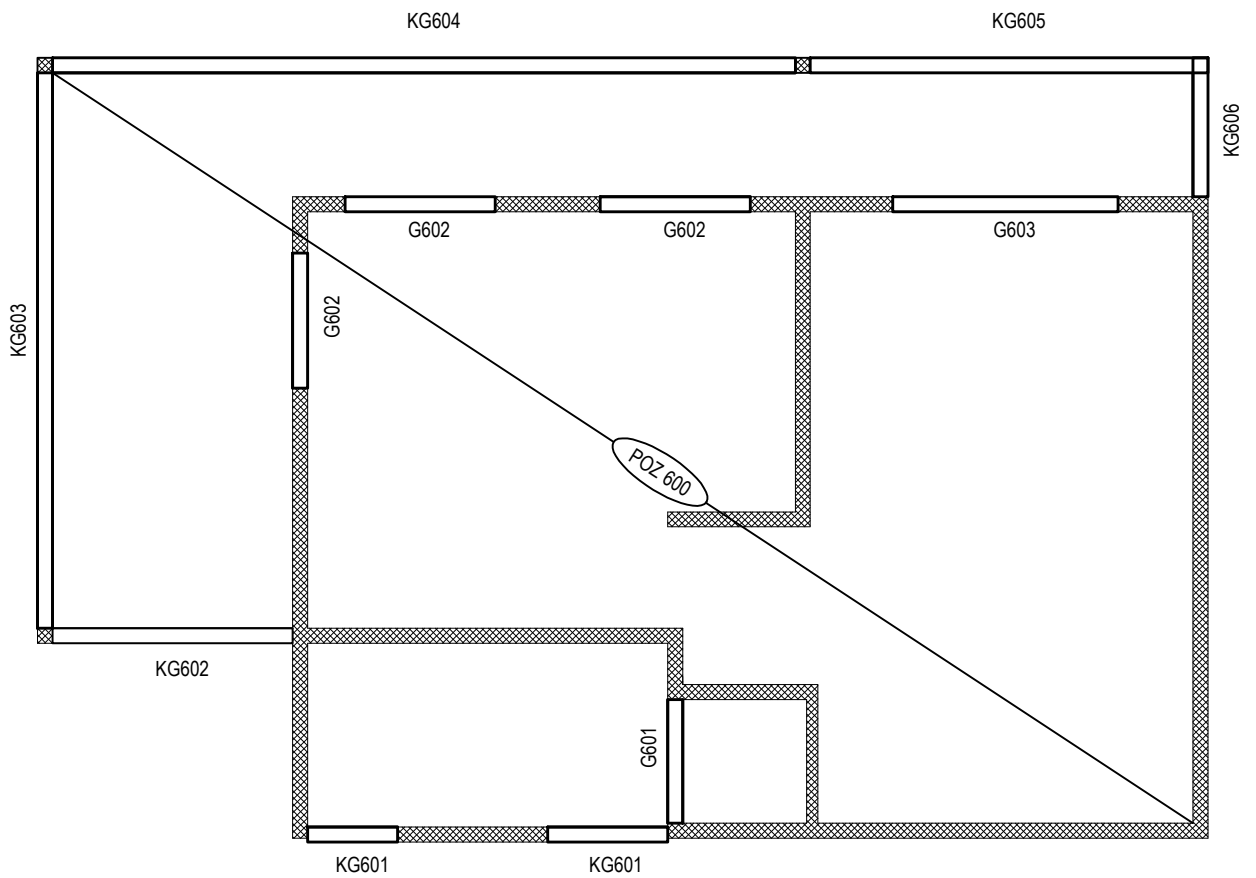
DATUM: srpanj, 2021.




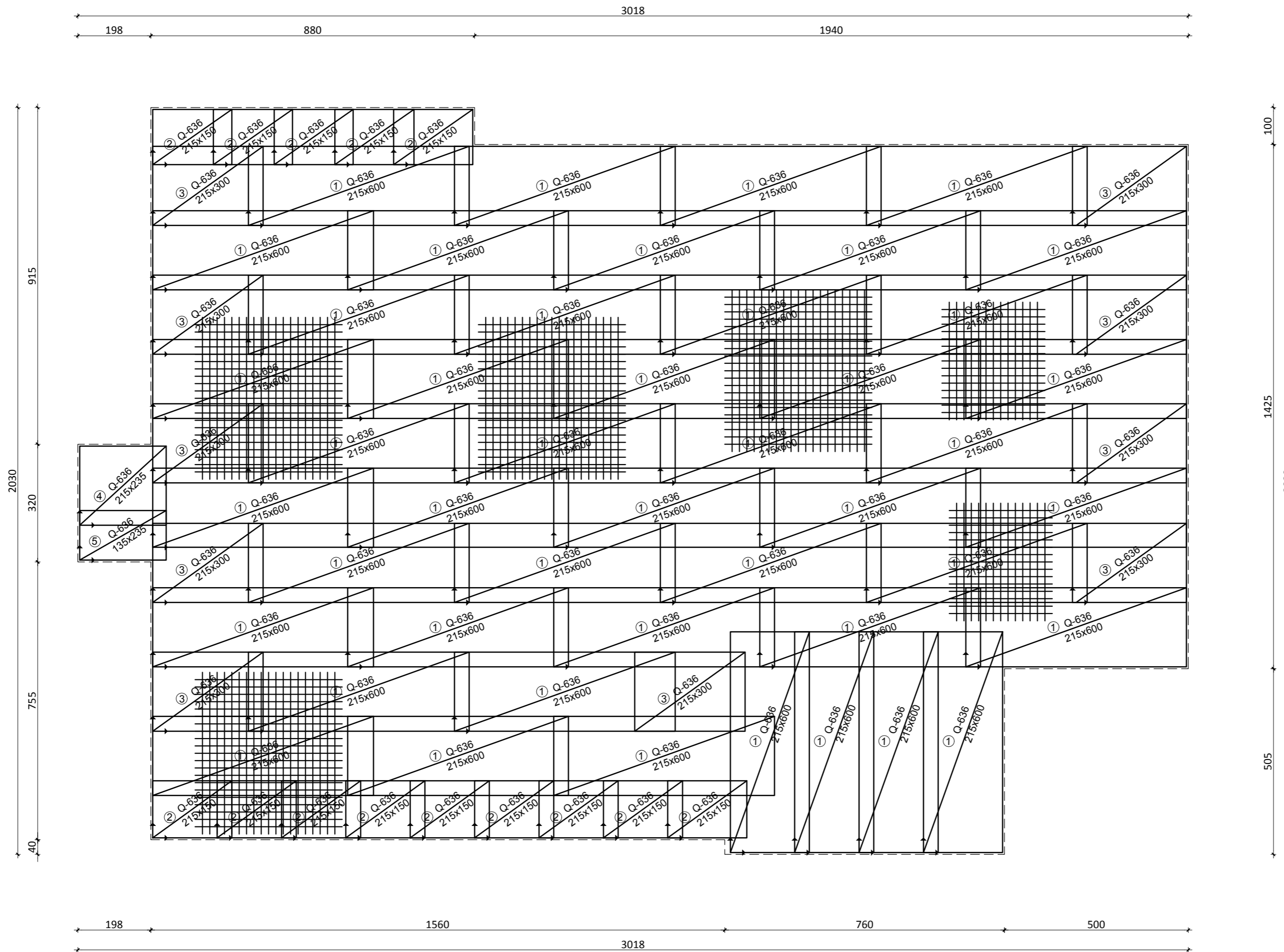
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Plan pozicija 400
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.19.
	DATUM: srpanj, 2021.



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Plan pozicija 500
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 10.20.
	DATUM: srpanj, 2021.



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Plan pozicija 600
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 10.21.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.

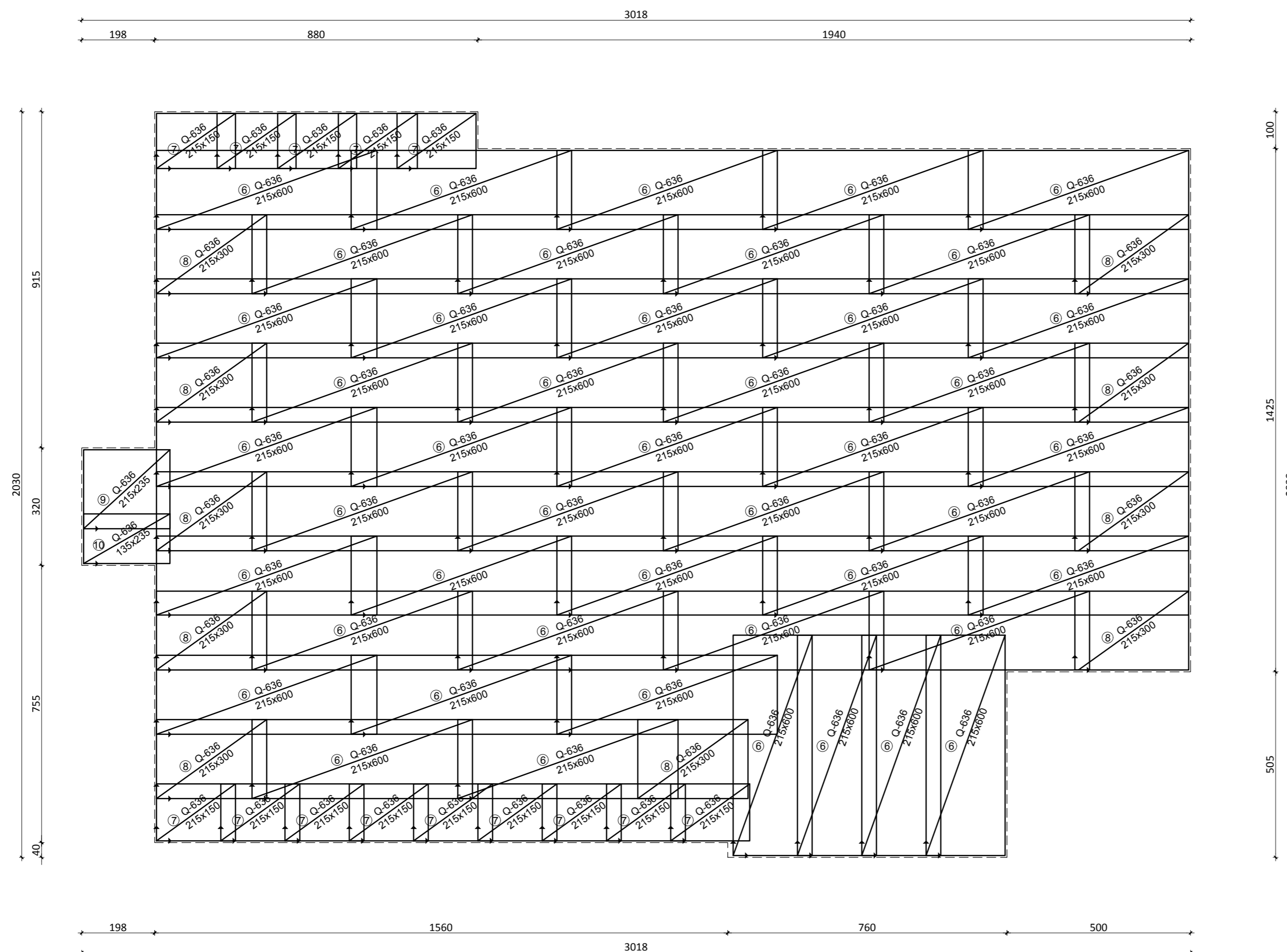


ARMATURNI PLAN TEMELJNE PLOČE -DONJA ZONA M 1:100

POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
1.		Q-636	215x600	10,08	45	5851,44
2.		Q-636	215x150	10,08	14	455,11
2.		Q-636	215x300	10,08	10	650,16
4.		Q-636	215x235	10,08	1	50,93
5.		Q-636	135x235	10,08	1	31,98
UKUPNA MASA =						7039,62 kg

RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm
 PREKLOPI MREŽA: min 40,0 cm

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-POZ 000-donja zona
	MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić
STUDENTICA: Antonija Stričević	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 11.1.
	DATUM: srpanj, 2021.



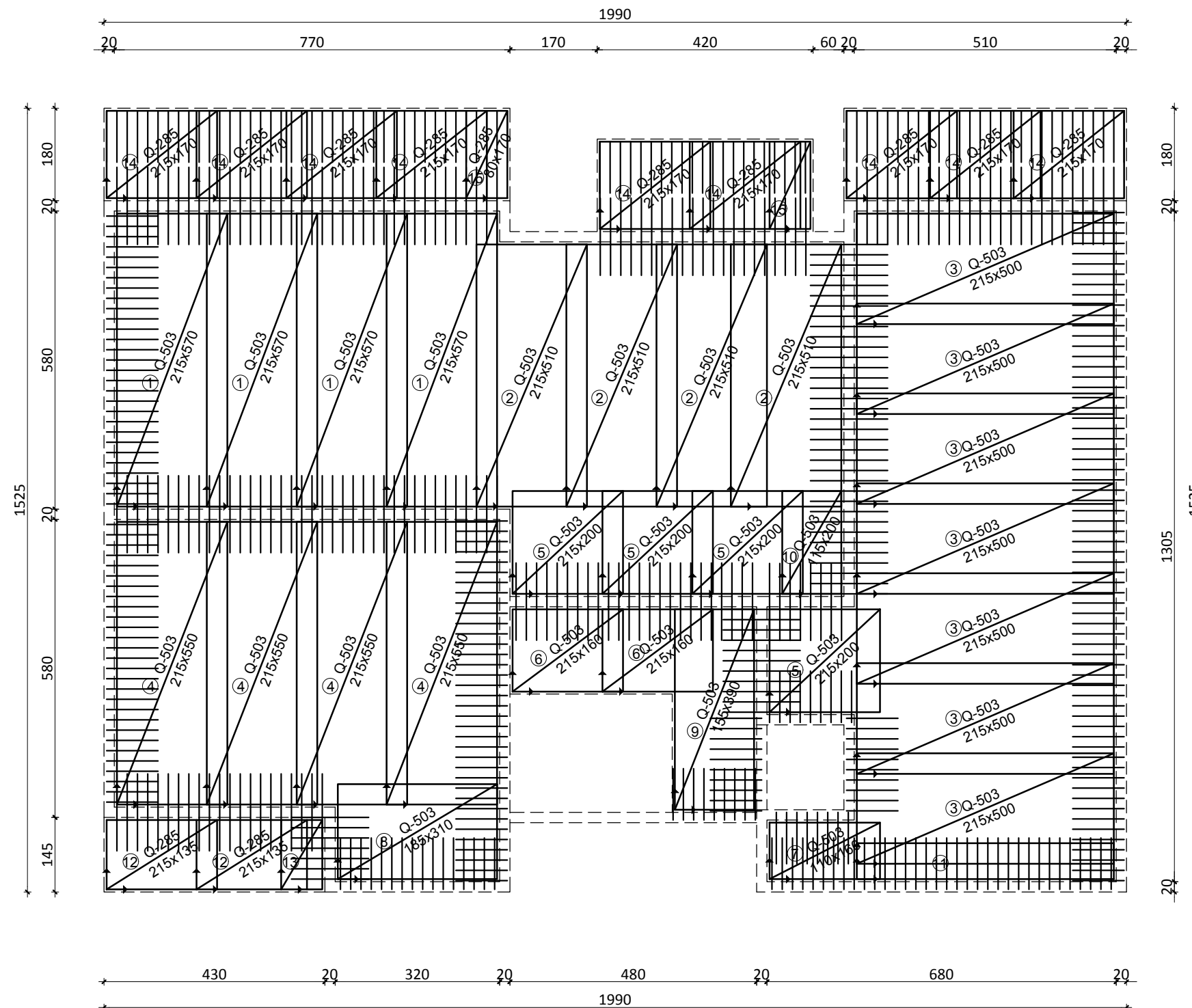
ARMATURNI PLAN TEMELJNE PLOČE -GORNJA ZONA M 1:100

POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
6.		Q-636	215x600	10,08	45	5851,44
7.		Q-636	215x150	10,08	14	455,11
8.		Q-636	215x300	10,08	10	650,16
9.		Q-636	215x235	10,08	1	50,93
10.		Q-636	135x235	10,08	1	31,98
UKUPNA MASA =						7039,62 kg

RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm
 PREKLOPI MREŽA: min 40,0 cm

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-POZ 000-gornja zona
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 11.2.
	DATUM: srpanj, 2021.


ARMATURNI PLAN KARAKTERISTIČNE PLOČE KATA M 1:100



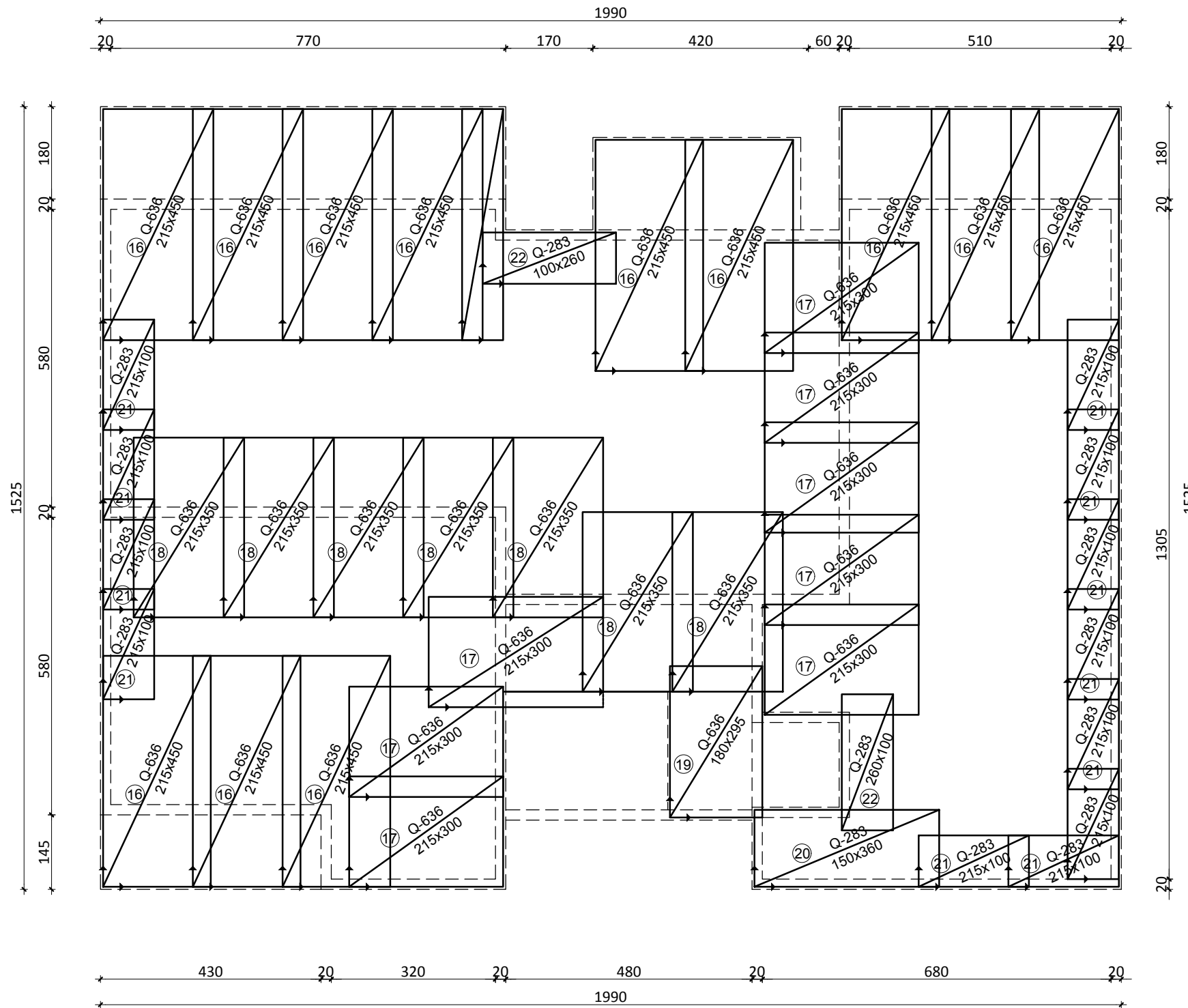
POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
1.		Q-503	215x570	8,03	4	393,63
2.		Q-503	215x510	8,03	4	352,20
3.		Q-503	215x500	8,03	7	604,26
4.		Q-503	215x550	8,03	4	379,82
5.		Q-503	215x200	8,03	4	138,12
6.		Q-503	215x160	8,03	2	55,25
7.		Q-503	110x160	8,03	1	14,13
8.		Q-503	185x310	8,03	1	46,05
9.		Q-503	155x390	8,03	1	48,54
10.		Q-503	155x200	8,03	1	24,89
11.		Q-503	80x500	8,03	1	32,12
12.		Q-503	215x130	8,03	2	44,89
13.		Q-503	80x130	8,03	1	8,35
14.		Q-503	215x170	8,03	9	264,15
15.		Q-503	80x170	8,03	2	21,84

UKUPNA MASA =2428,24 kg

RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm
 PREKLOPI MREŽA: min 40,0 cm

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-karakteristična ploča kata-donja zona
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
	BROJ PRILOGA: 11.3.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.

ARMATURNI PLAN KARAKTERISTIČNE PLOČE KATA M 1:100

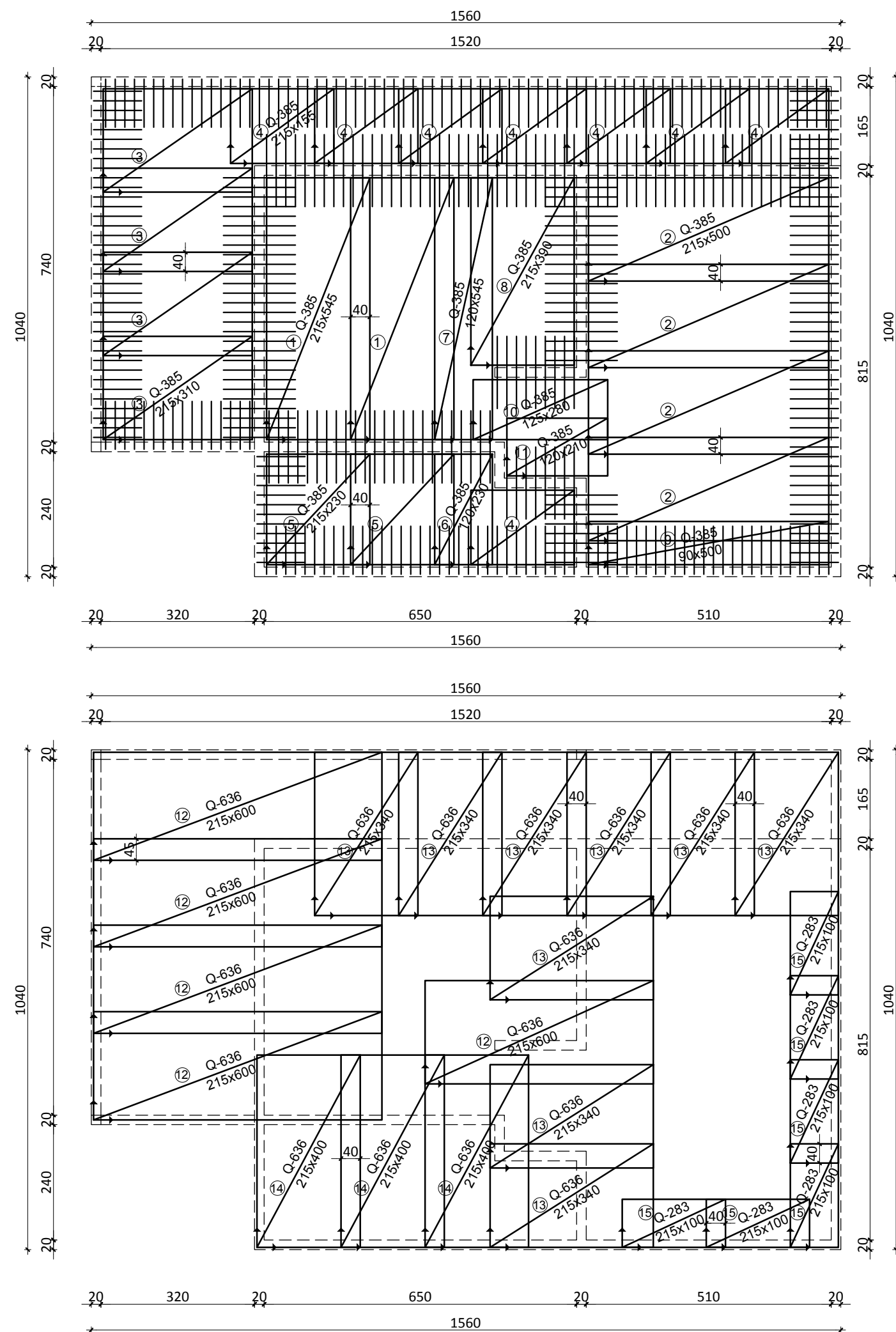


POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
16.		Q-636	215x450	10,08	12	1170,29
17.		Q-636	215x300	10,08	8	520,13
18.		Q-636	215x350	10,08	7	530,96
19.		Q-636	180x295	10,08	1	53,52
20.		Q-636	150x360	10,08	1	54,43
21.		Q-636	215x100	10,08	12	260,06
22.		Q-636	100x260	10,08	2	52,42
UKUPNA MASA =						2641,81 kg

RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm
 PREKLOPI MREŽA: min 40,0 cm

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-karakteristična ploča kata-gornja zona
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:100
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 11.4.
	DATUM: srpanj, 2021.

ARMATURNI PLAN KROVNE PLOČE M 1:100



POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
1.		Q-385	215x545	3,68	2	86,24
2.		Q-385	215x500	3,68	4	158,24
3.		Q-385	215x310	3,68	4	98,11
4.		Q-385	215x155	3,68	8	98,11
5.		Q-385	215x230	3,68	2	36,40
6.		Q-385	120x230	3,68	1	10,16
7.		Q-385	120x545	3,68	1	24,07
8.		Q-385	215x390	3,68	1	30,86
9.		Q-385	90x500	3,68	1	16,56
10.		Q-385	125x280	3,68	1	12,88
11.		Q-385	120x210	3,68	1	9,27
12.		Q-636	215x600	10,08	5	650,16
13.		Q-636	215x340	10,08	9	663,16
14.		Q-636	215x400	10,08	3	260,06
15.		Q-283	215x100	4,48	6	57,79

UKUPNA MASA =507,84 kg

RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm
 PREKLOPI MREŽA: min 40,0 cm



SVEUČILIŠTE U SPLITU
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
 FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
 ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić

STUDENTICA: Antonija Stričević

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu

SADRŽAJ: Armaturni plan- POZ 600

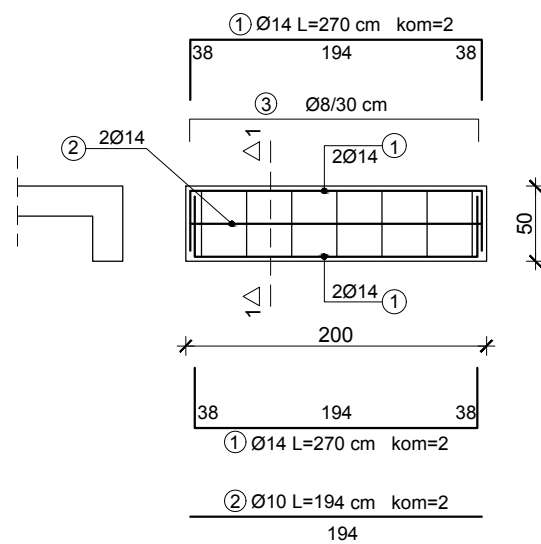
MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA: 11.5.

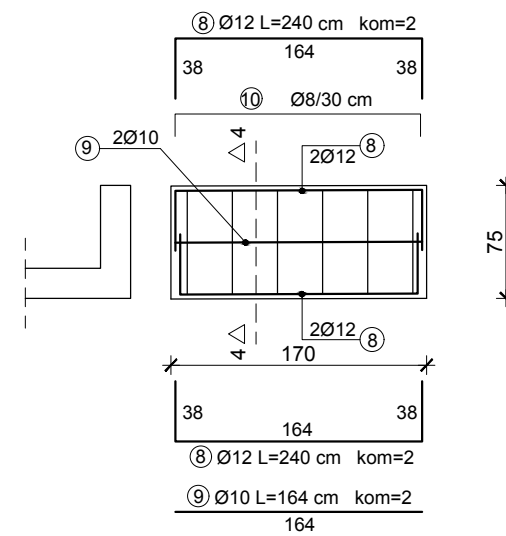
DATUM: srpanj, 2021.

ARMATURNI PLAN GREDA M 1:50

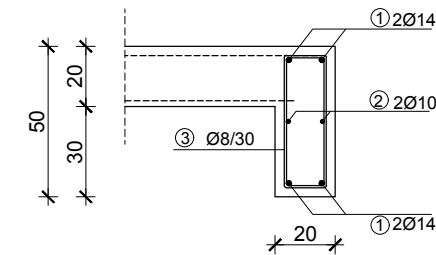
GREDA G 202 i G 602



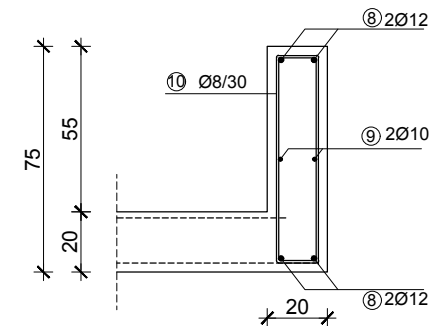
GREDA KG 101, KG 201, KG 301, KG 401, KG 501 i KG 601



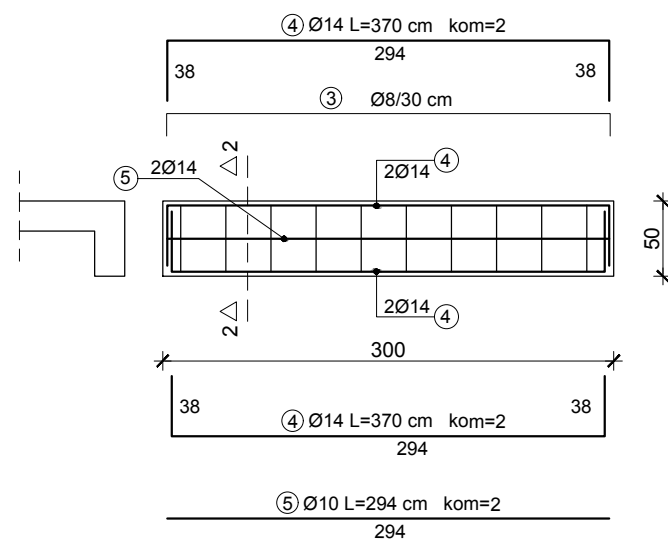
PRESJEK 1-1



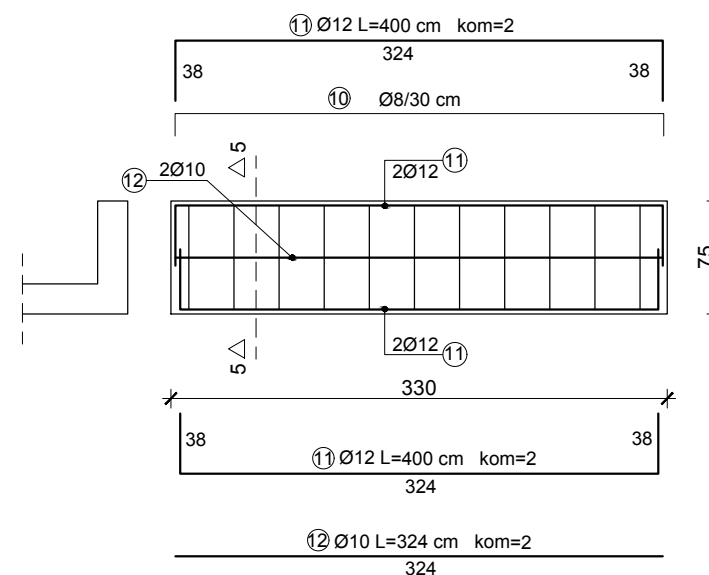
PRESJEK 4-4



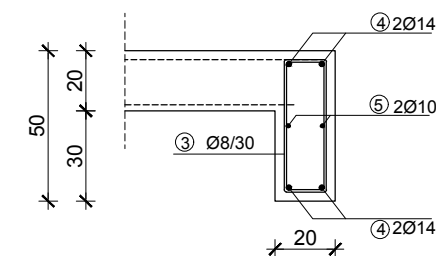
GREDA G 203, G 303, G403, G503 i G 603



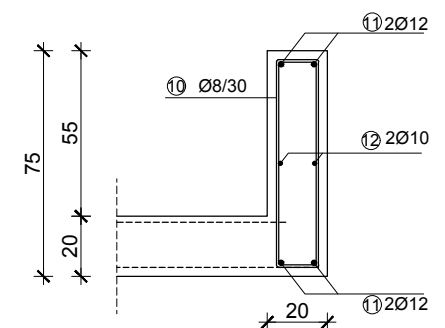
GREDA KG 602



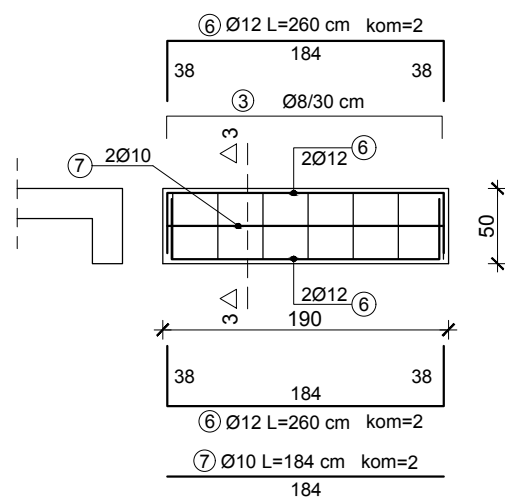
PRESJEK 2-2



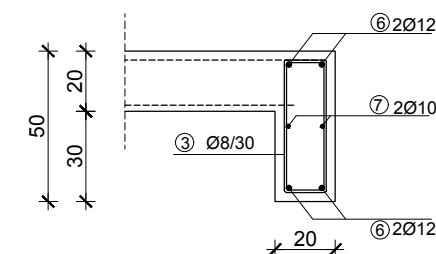
PRESJEK 5-5




GREDA G 101, G 201, G 301, G 401, G 501, G601



PRESJEK 3-3

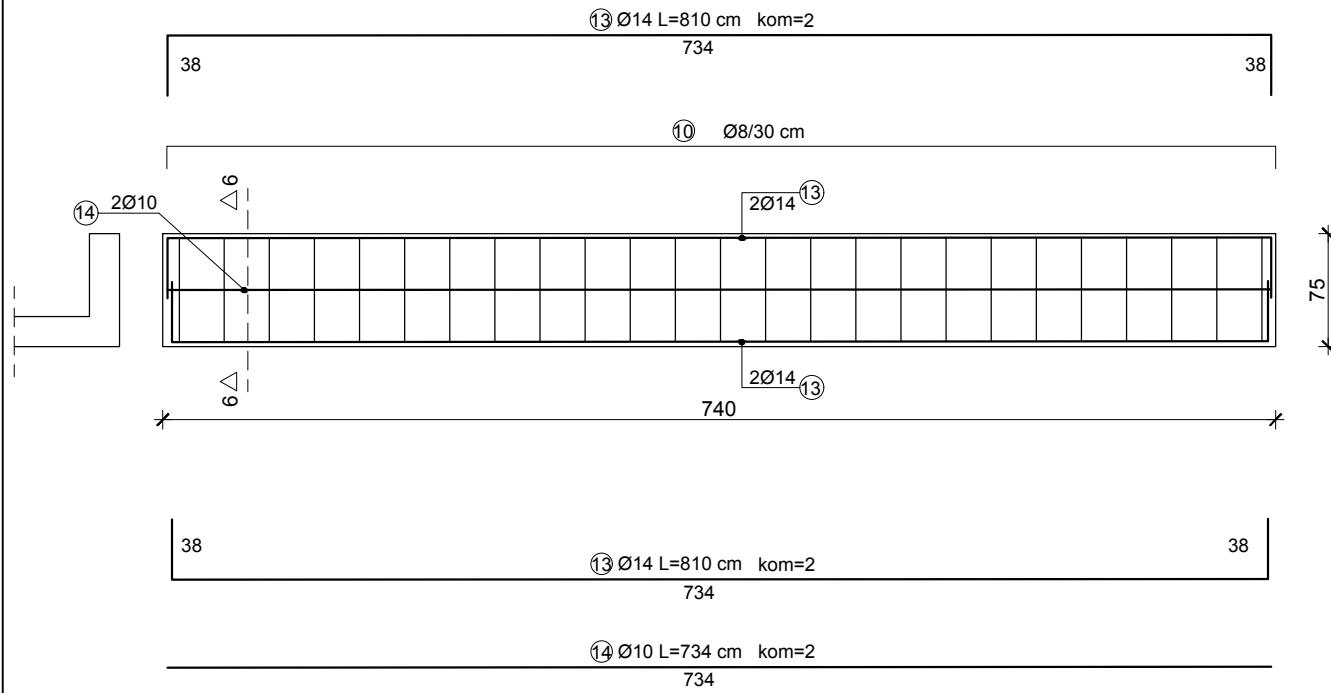


RAZRED BETONA: C 30/37
ARMATURA: B500B
ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=3,0 cm

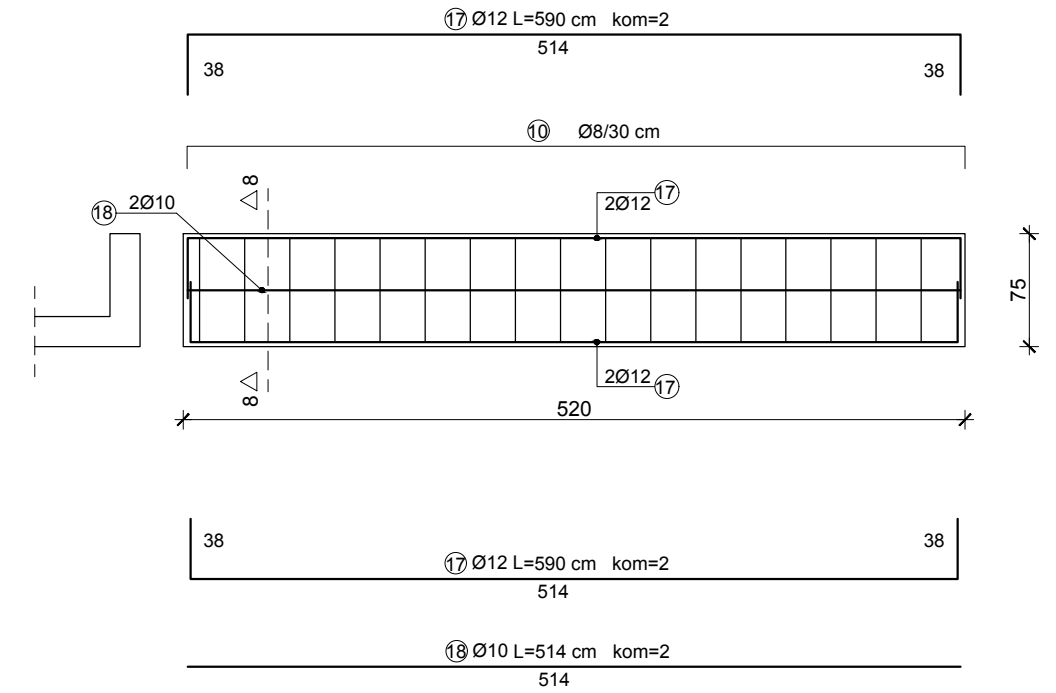
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
<p>MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić</p> <p>STUDENTICA: Antonija Stričević</p>	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-grede
	MJERILO: 1:50
	BROJ PRILOGA: 11.6.a.
	DATUM: srpanj, 2021.

ARMATURNI PLAN GREDA M 1:50

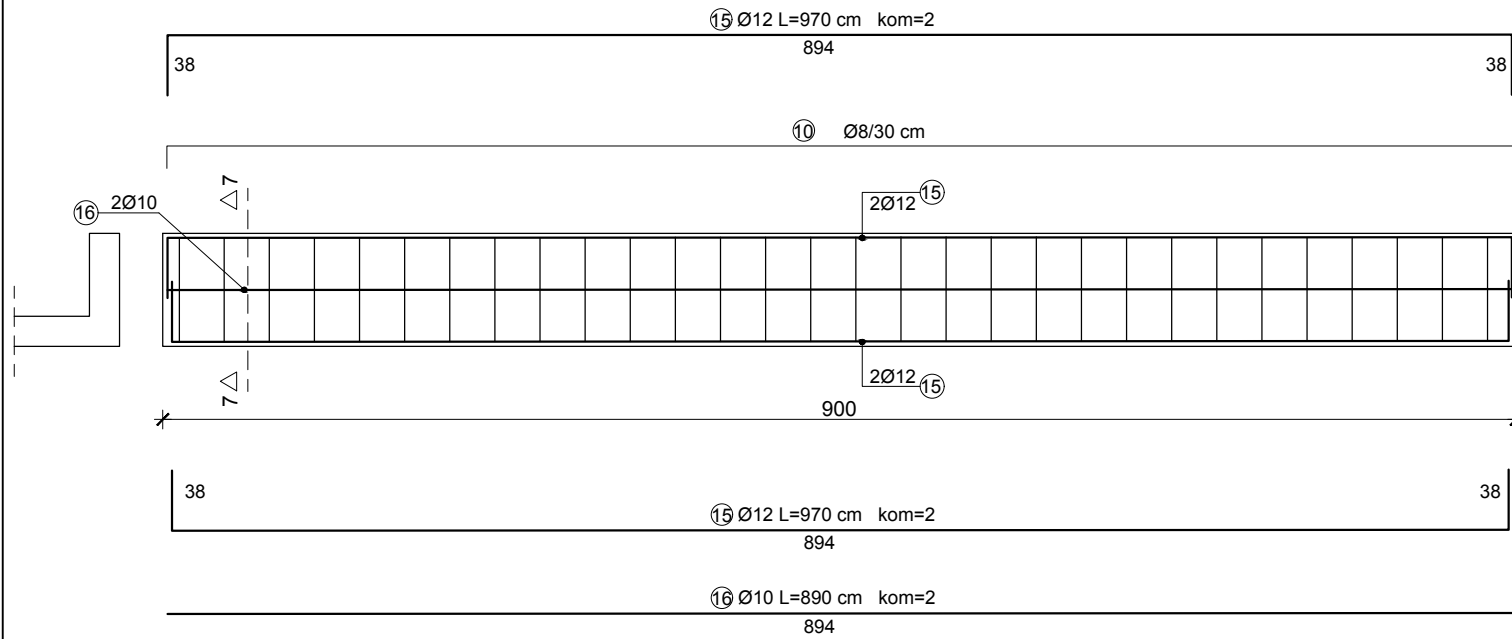
GREDA KG 603



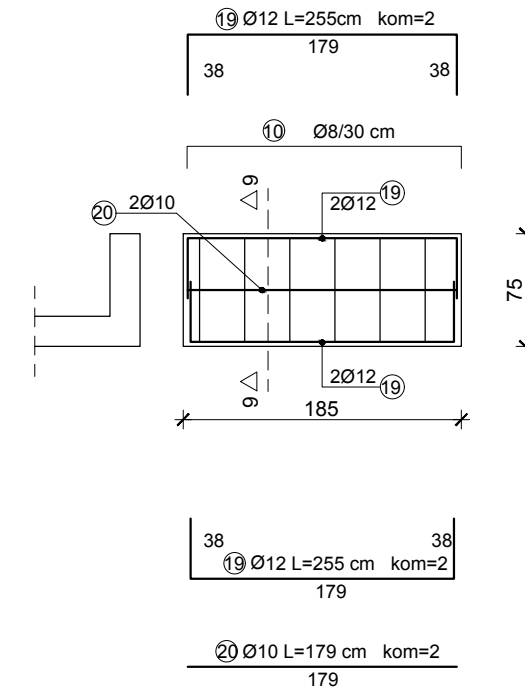
GREDA KG 605



GREDA KG 604

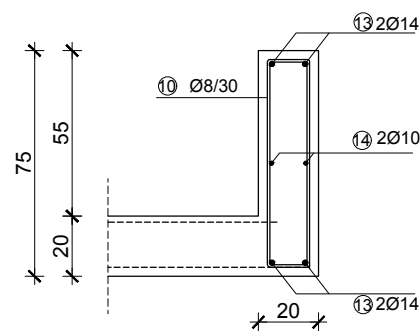


GREDA KG 606

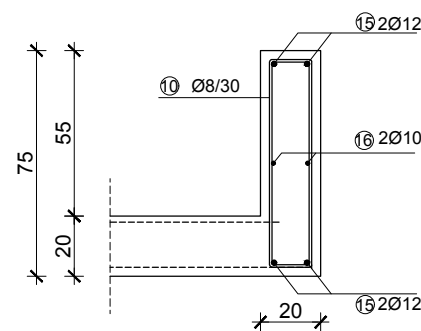


RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=3,0 cm

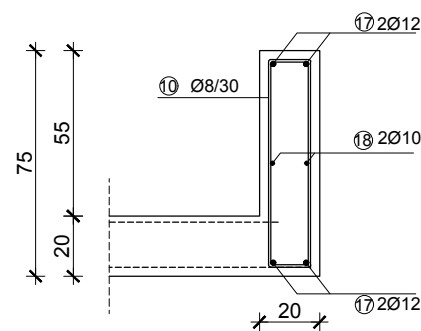
PRESJEK 6-6



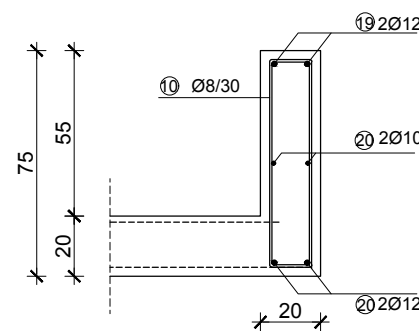
PRESJEK 7-7




PRESJEK 8-8



PRESJEK 9-9

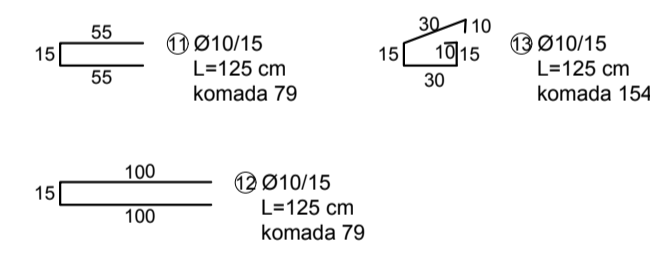
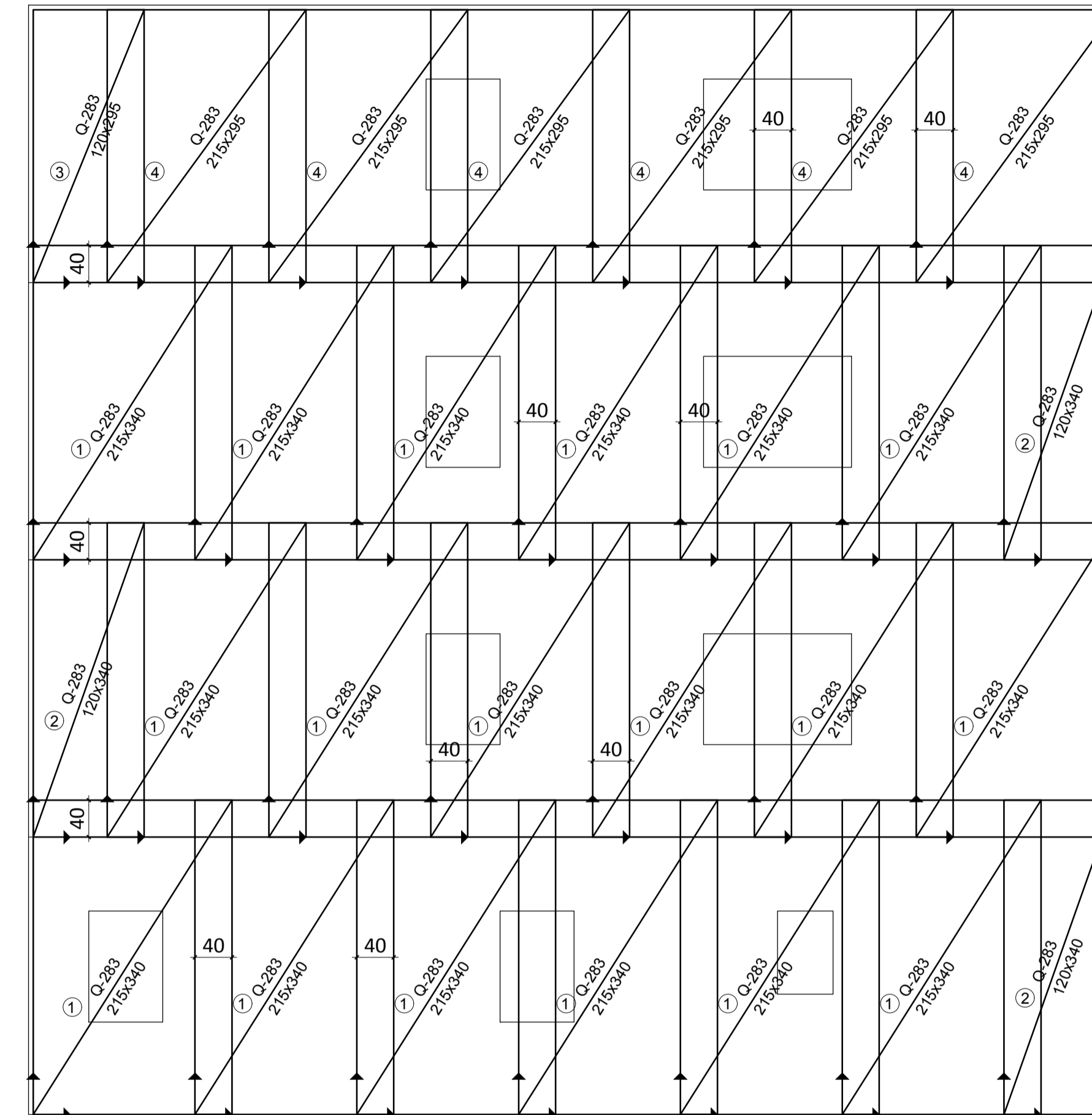
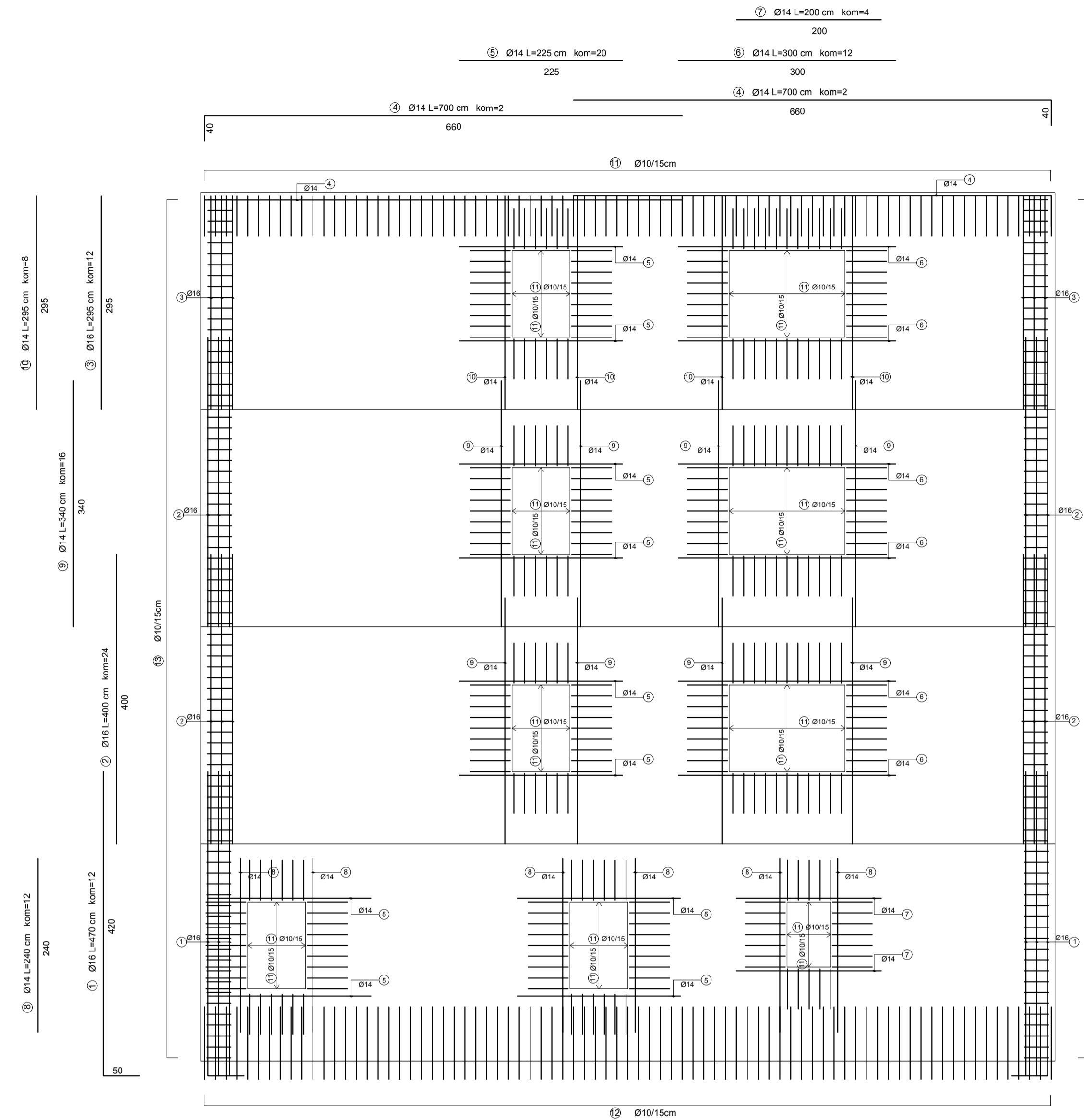


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-grede
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:50
STUDENTICA: Antonija Stričević	BROJ PRILOGA: 11.6.b.
	DATUM: srpanj, 2021.

ISKAZ ARMATURE-GREDE

POZ.	OBLIK	PROFIL (mm)	DUŽINA (m)	BROJ ŠIPKI	UKUPNA DUŽINA (m)	MASA (kg)	UKUPNA MASA
ŠIPKE - SPECIFIKACIJA							
1.		14	2,70	4	10,80	1,208	13,05
2.		10	1,94	2	3,88	0,617	2,39
3.		8	1,36	23	31,28	0,395	12,36
4.		14	3,70	4	14,80	1,208	17,88
5.		10	2,94	2	5,88	0,617	3,63
6.		12	2,60	4	10,40	0,888	9,24
7.		10	1,84	2	3,68	0,617	2,27
8.		12	2,40	4	9,60	0,888	8,53
9.		10	1,64	2	3,28	0,617	2,02
10.		8	1,86	95	176,70	0,395	69,80
11.		12	4,00	4	16,00	0,888	14,21
12.		10	3,24	2	6,48	0,617	4,00
13.		14	8,10	4	32,40	1,208	39,14
14.		10	7,34	2	14,68	0,617	9,06
15.		12	9,70	4	38,80	0,888	34,45
16.		10	8,94	2	17,88	0,617	11,03
17.		12	5,90	4	23,60	0,888	20,96
18.		10	5,14	2	10,28	0,617	6,34
19.		12	2,55	4	10,20	0,888	9,06
20.		10	1,79	2	3,58	0,888	3,18
UKUPNA MASA =292,60 kg							

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Iskaz armature-grede
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:50
	BROJ PRILOGA: 11.7.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.



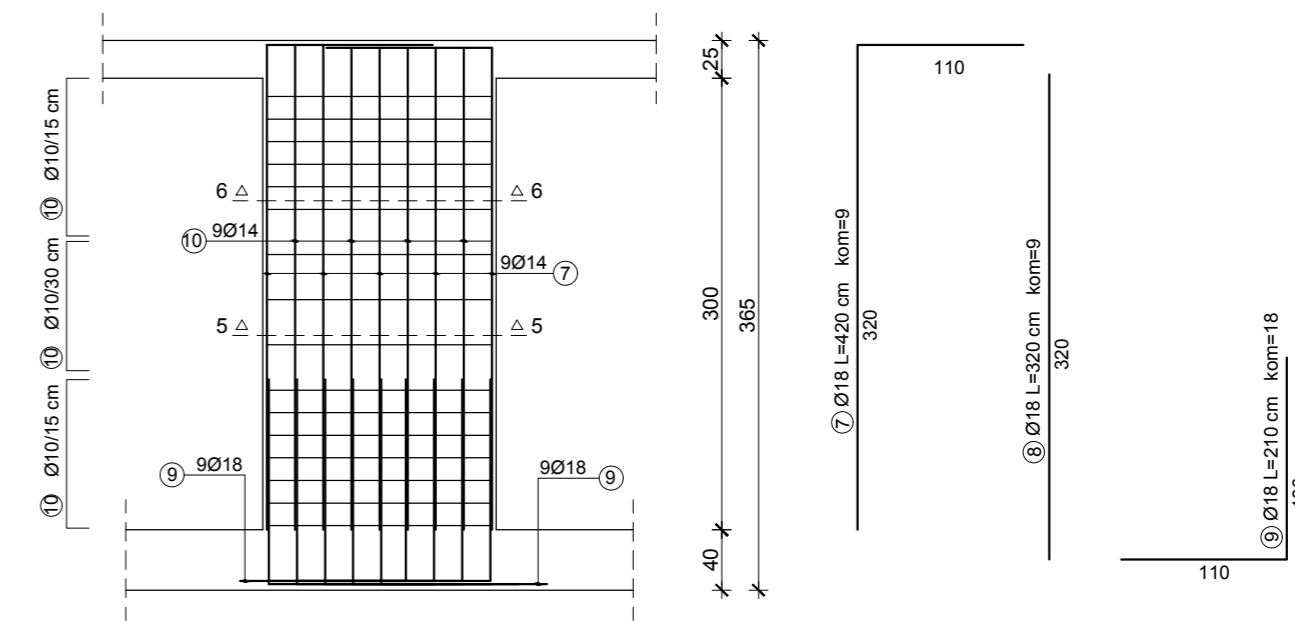
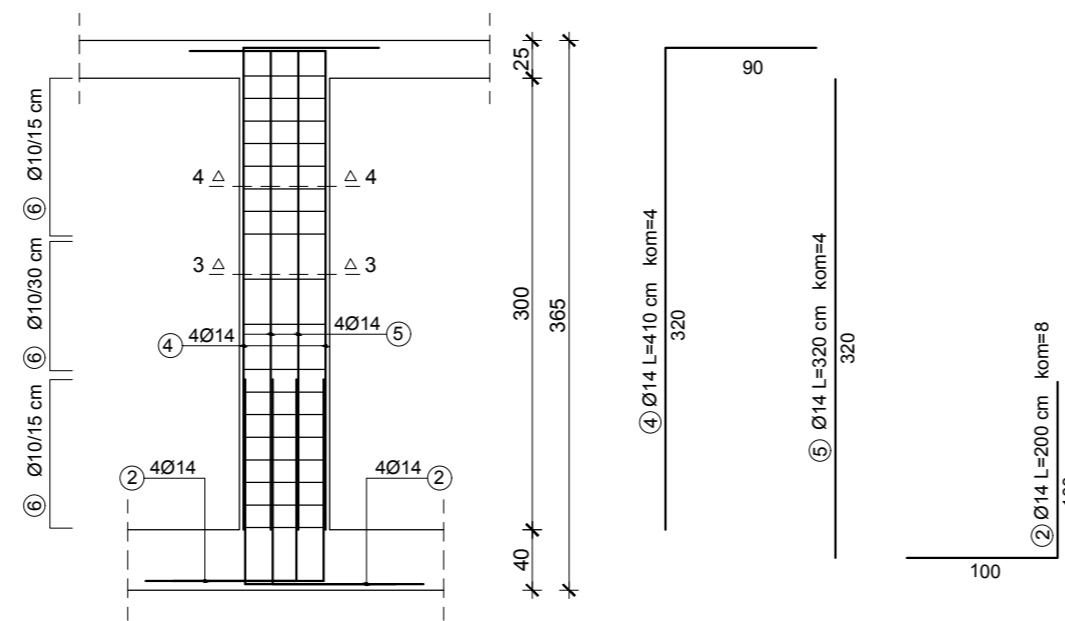
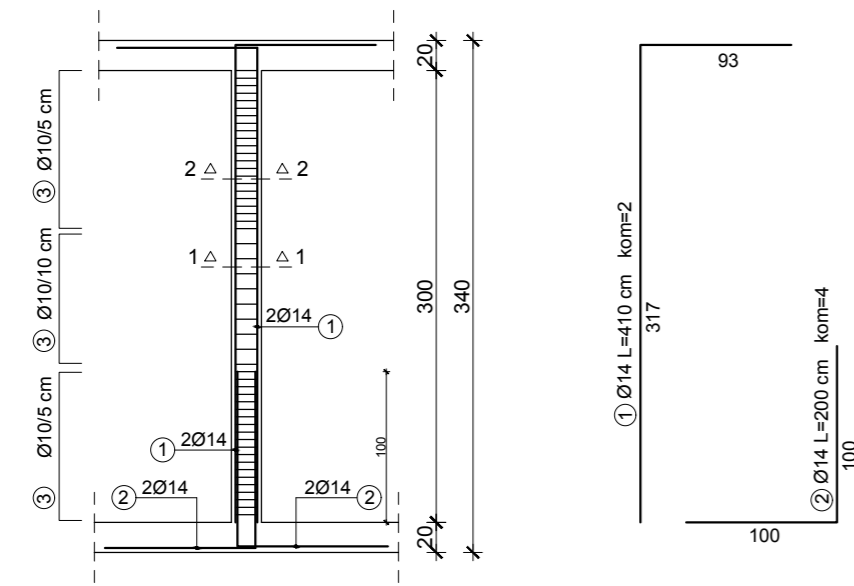
POZ.	OBLIK	PROFIL (mm)	DUŽINA (m)	BROJ ŠIPKI	UKUPNA DUŽINA (m)	MASA (kg)	UKUPNA MASA
ŠIPKE - SPECIFIKACIJA							
1.		16	4,70	12	56,40	1,578	89,00
2.		16	4,00	24	96,00	1,578	151,49
3.		16	2,95	12	35,40	1,578	55,86
4.		14	7,00	4	28,00	1,208	33,82
5.		14	2,25	20	45,00	1,208	54,36
6.		14	3,00	12	36,00	1,208	43,49
7.		14	2,00	4	8,00	1,208	9,66
8.		14	2,40	12	28,80	1,208	34,79
9.		14	3,40	16	54,40	1,208	65,72
10.		14	2,95	8	23,60	1,208	28,51
11.		10	1,25	79	98,75	0,617	60,93
12.		10	2,15	79	169,85	0,617	104,80
13.		10	1,10	154	169,40	0,617	104,52
UKUPNA MASA = 836,95 kg							

POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
1.		Q-283	215x340	4,48	36	1178,96
2.		Q-283	120x340	4,48	6	109,67
3.		Q-283	120x295	4,48	2	31,72
4.		Q-283	215x295	4,48	12	340,97
UKUPNA MASA = 1661,32 kg						

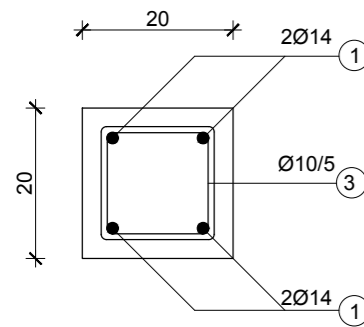
RAZRED BETONA: C 30/37
ARMATURA: B500B
ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm
PREKLOPI MREŽA: min 40,0 cm

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-zid Z
MENTOR: dr.sc. Nikola Grčić	MJERILO: 1:50
	BROJ PRILOGA: 11.8.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.

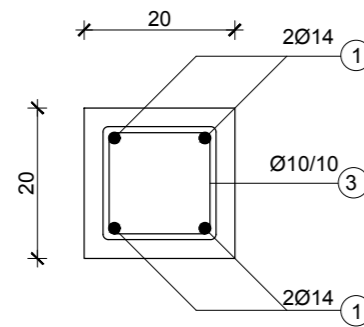
STUP S1 20x20



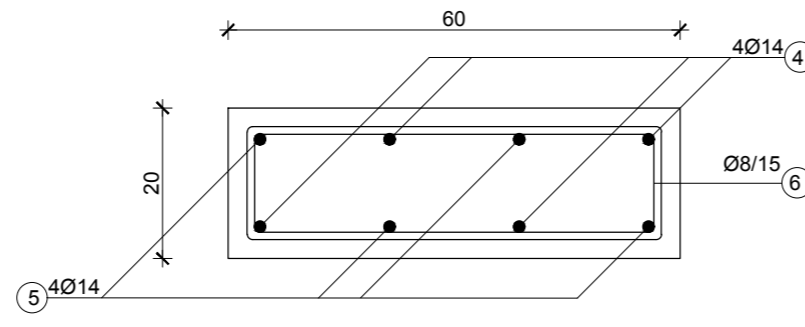
PRESJEK 1-1



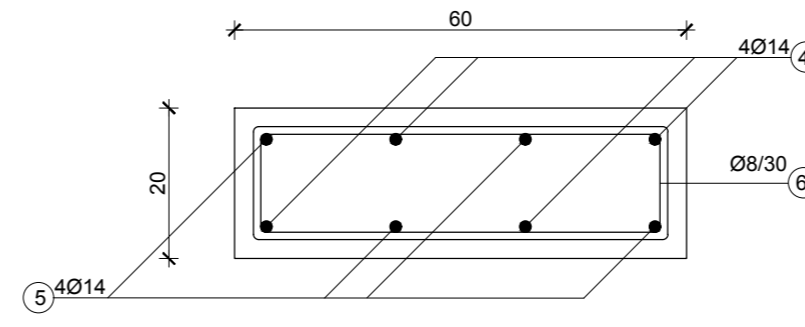
PRESJEK 2-2



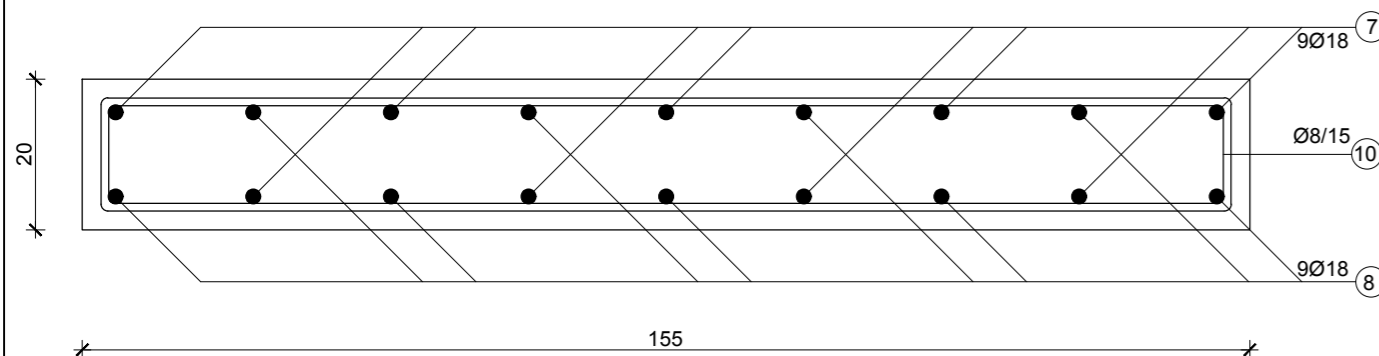
PRESJEK 3-3



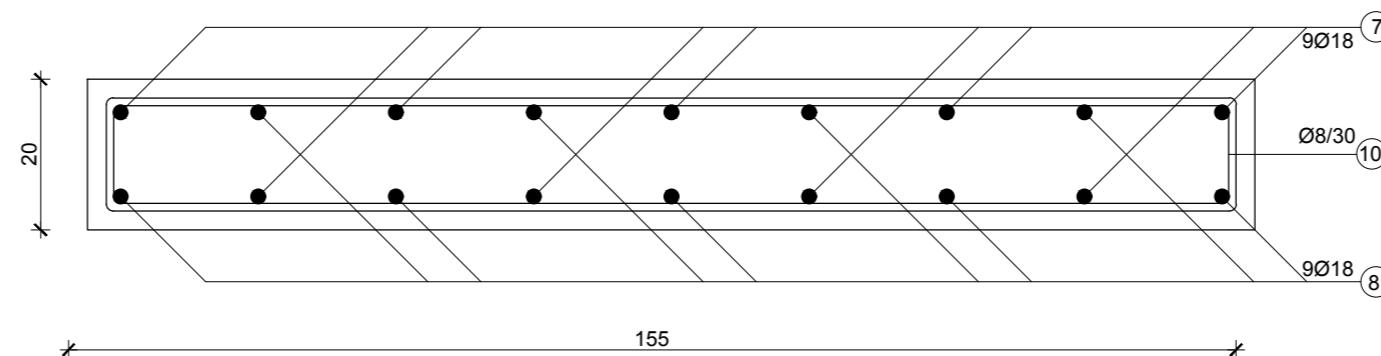
PRESJEK 4-4



PRESJEK 5-5



PRESJEK 6-6

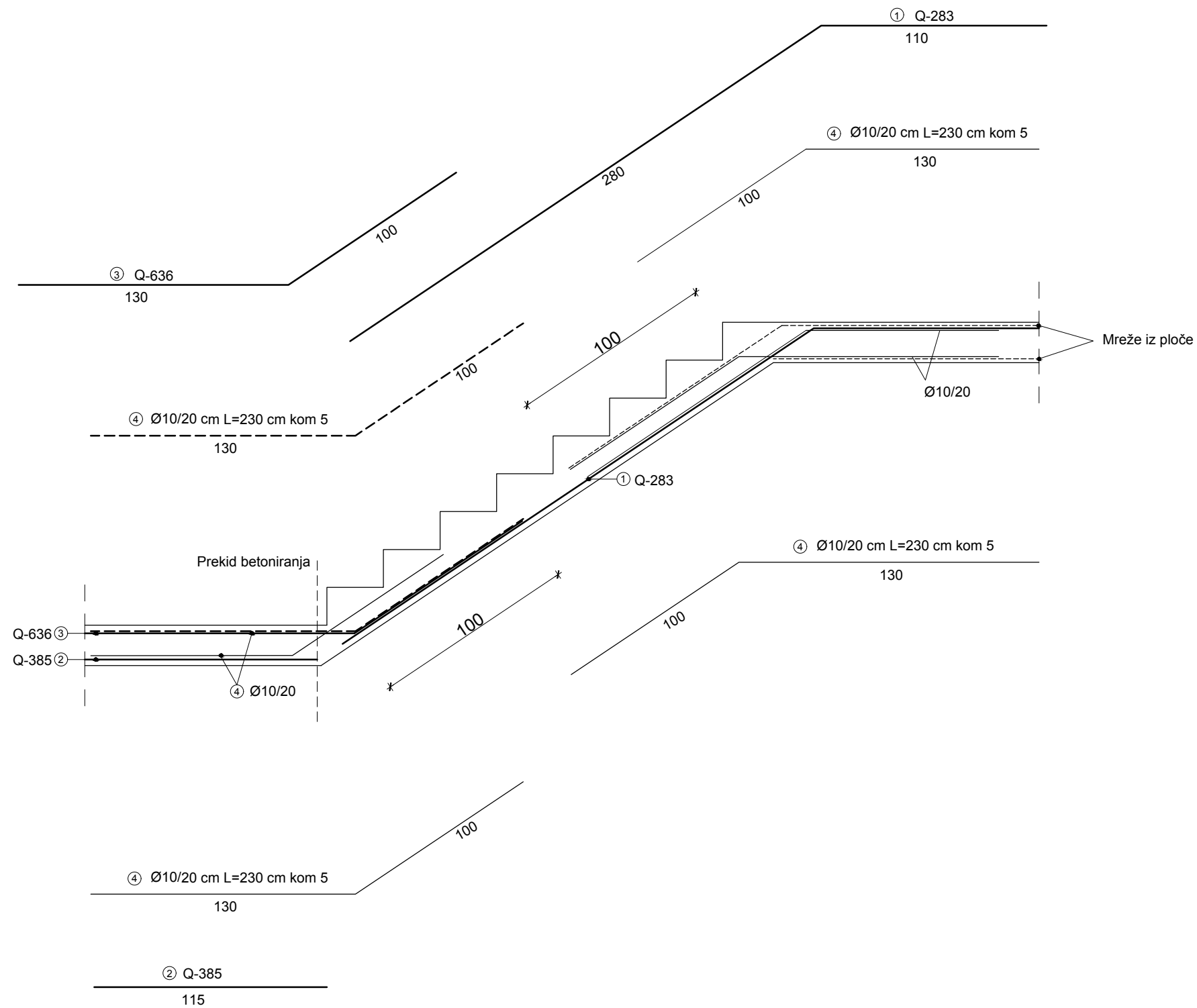


POZ.	OBLIK	PROFIL (mm)	DUŽINA (m)	BROJ ŠIPKI	UKUPNA DUŽINA (m)	MASA (kg)	UKUPNA MASA
ŠIPKE - SPECIFIKACIJA							
1.		14	4,10	4	16,40	1,208	19,81
2.		14	2,00	12	24,00	1,208	28,99
3.		10	0,80	51	40,80	0,617	25,17
4.		14	4,10	4	16,40	1,208	19,81
5.		14	3,20	4	12,80	1,208	15,46
6.		10	1,60	18	28,80	0,617	17,77
7.		18	4,20	9	37,80	1,998	75,52
8.		18	3,20	9	28,80	1,998	57,54
9.		18	2,00	18	36,00	1,998	71,93
10.		10	3,50	16	56,00	0,617	34,55
UKUPNA MASA =						366,55 kg	

RAZRED BETONA: S1 i S2 C 40/50; S3 C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-stupovi
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:50
	BROJ PRILOGA: 11.9.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.

ARMATURNI PLAN KRAKA STUBIŠTA M 1:25



POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m ²)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
1.		Q-283	100x410	4,48	1	18,37
2.		Q-385	115x215	6,10	1	15,08
3.		Q-636	215x230	10,08	1	49,85
						UKUPNA MASA = 83,30 kg

POZ.	OBLIK	PROFIL (mm)	DUŽINA (m)	BROJ ŠIPKI	UKUPNA DUŽINA (m)	MASA (kg)	UKUPNA MASA
ŠIPKE - SPECIFIKACIJA							
4.		10	2,30	20	46,00	0,617	28,38
						UKUPNA MASA = 28,38 kg	

RAZRED BETONA: C 30/37
 ARMATURA: B500B
 ZAŠTITNI SLOJ BETONA: c=2,5 cm

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade na Žrnjanu
	SADRŽAJ: Armaturni plan-stubišni krak
MENTOR: dr.sc. Nikola Grgić	MJERILO: 1:25
	BROJ PRILOGA: 11.10.
STUDENTICA: Antonija Stričević	DATUM: srpanj, 2021.