

# Glavni projekt stambene zgrade u Ulici Vladimira Nazora u Omišu

---

Kokeza, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:725872>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



*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**

**Tomislav Kokeza**

**Split, 2020.**

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

**Tomislav Kokeza**

**Glavni projekt stambene zgrade  
u ulici Vladimira Nazora u Omišu**

**Diplomski rad**

**Split, 2020.**

# **Glavni projekt stambene zgrade u ulici Vladimira Nazora u Omišu**

## ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt stambene zgrade u ulici Fra Stjepana Vrlića u Omišu. Građevina se sastoji od ukupno 5 katova, odnosno prizemlja, 3 kata i nadgrađa.

Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom s armirano-betonskim temeljima, zidovima te armirano betonskim pločama kao međukatnim konstrukcijama.

Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te karakteristične građevinske nacрте.

***Ključne riječi:*** stambena zgrada, armirano-betonska konstrukcija, glavni projekt

# **The main project of a residential building in Vladimir Nazor Street in Omiš**

## ***Abstract:***

The paper presents the main project of a residential building in Vladimir Nazor street in Omiš. The building consists 5 floors.

The building is made of reinforced concrete with a monolithic design with reinforced concrete foundations, walls and reinforced concrete slabs as mezzanine structures.

The project contains: technical description of the structure, calculation of load-bearing structural elements and characteristic construction drawings.

***Keywords:*** residential building, reinforced concrete structure, main design



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
SMJER: **OPĆI**  
KANDIDAT: **Tomislav Kokeza**  
BROJ INDEKSA: **724**  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

## **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Glavni projekt stambene zgrade u ulici Vladimira Nazora u Omišu**

Opis zadatka: Na temelju zadanih arhitektonskih podloga potrebno je izraditi glavni projekt stambene zgrade. Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračun nosivih elemenata konstrukcije
- građevinske nacрте

U Splitu, Rujan 2020.

Voditelj Diplomskog rada:

**Doc.dr.sc.Marija Smilović Zulim**

Komentor:

**Izv. prof. dr. sc. Vesna Perković Jović**

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

**Doc. dr. sc. Ivo Andrić**

## SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS .....	1
1.1 Općenito .....	1
1.2 Oblik i veličina građevinske čestice .....	2
1.3 Namjena građevine .....	2
1.4 Konstruktivne pojedinosti – općenito .....	3
1.5 Međukatne konstrukcije, zidovi i temelji .....	4
1.6 Lokacija i opterećenje .....	4
1.7 Materijali .....	4
2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	5
2.1 Podaci o istražnim radovima .....	5
2.2 Geološko i inženjersko-geološka istraživanja .....	5
2.3 Dubina podzemne vode.....	6
2.4 Temeljenje.....	6
3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE.....	7
3.1 Općenito.....	7
3.2 Postizanje zahtjevane geometrije.....	7
3.3 Zemljani radovi .....	7
3.4 Betonski i armirano betonski radovi .....	8
3.4.1 Beton .....	8
3.4.2 Betonski čelik .....	9
3.4.3 Prekidi betoniranja .....	9
3.4.4 Primjenjeni standardi.....	10
3.4.5 Kontrola ispitivanja .....	13
3.4.6 Dužnost izvođača .....	13
4. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI.....	15
4.1 Oplate i skele .....	15
4.2 Transport i ugradnja betona.....	16
4.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama .....	17
4.4 Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama .....	18
5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	18
6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA.....	20
7. PLANOVI POZICIJA .....	21
8. ANALIZA OPTEREĆENJA .....	22
8.1 Stalno opterećenje.....	22
8.1.1 Vlastita težina .....	22
8.1.2 Dodatno stalno opterećenje.....	22

8.2 Promjenjivo opterećenje.....	24
8.2.1 Korisno opterećenje .....	24
8.2.2 Opterećenje snijegom.....	24
8.2.3 Opterećenje vjetrom.....	26
8.3 Izvanredno opterećenje .....	35
8.3.1 Seizmičko opterećenje.....	35
9. NUMERIČKI MODEL.....	39
9.1 Numerički model općenito .....	39
9.2 Kombinacije opterećenja.....	40
9.3 Rezultati dinamičke analize.....	42
10. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	45
10.1 Proračun ploče poz 500 (nadgrađe) .....	45
10.1.1 Dimenzioniranje na savijanje.....	47
10.1.2 Kontrola pukotina .....	50
10.1.3 Kontrola progiba .....	53
10.2 Proračun ploče poz 400 .....	55
10.2.1 Dimenzioniranje na savijanje.....	57
10.2.2 Kontrola pukotina .....	59
10.2.3 Kontrola progiba .....	62
10.3 Proračun ploče poz 300 i 200 (međukatne konstrukcije).....	64
10.3.1 Dimenzioniranje na savijanje.....	66
10.3.2 Kontrola pukotina .....	68
10.3.3 Kontrola progiba .....	71
10.4 Proračun ploče poz 100 (prizemlje).....	73
10.4.1 Dimenzioniranje na savijanje.....	75
10.4.2 Kontrola pukotina .....	77
10.4.3 Kontrola progiba .....	80
11. PRORAČUN GREDE POZ 500 .....	82
11.1 Dimenzioniranje grede poz 501 .....	82
11.1.1 Dimenzioniranje grede poz 501 na savijanje prema GSN .....	82
11.1.2 Dimenzioniranje graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 501 .....	87
12. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA.....	91
13. PRORAČUN ZIDOVA .....	93
13.1 Proračun zida u smjeru X.....	93
13.1.1 Uobičajena kombinacija .....	94
Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika .....	100
13.1.2 Seizmička kombinacija.....	102

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika .....	107
Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost .....	110
13.2 Prorčun zida u Y smjeru .....	111
13.2.1 Uobičajena kombinacija .....	112
Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika .....	118
13.2.2 Seizmička kombinacija.....	120
Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika .....	125
Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost .....	128
14. PRORAČUN TEMELJA .....	129
14.1 I. Kombinacija $M_{max} + N_{pripadno}$ .....	129
14.1.1 Dimenzioniranje temelja za komb I. ....	130
14.2 II.kombinacija $N_{max} + M_{pripadno}$ .....	131
14.2.2 Dimenzioniranje temelja za komb II. ....	132
15. GRAFIČKI PRILOZI .....	134



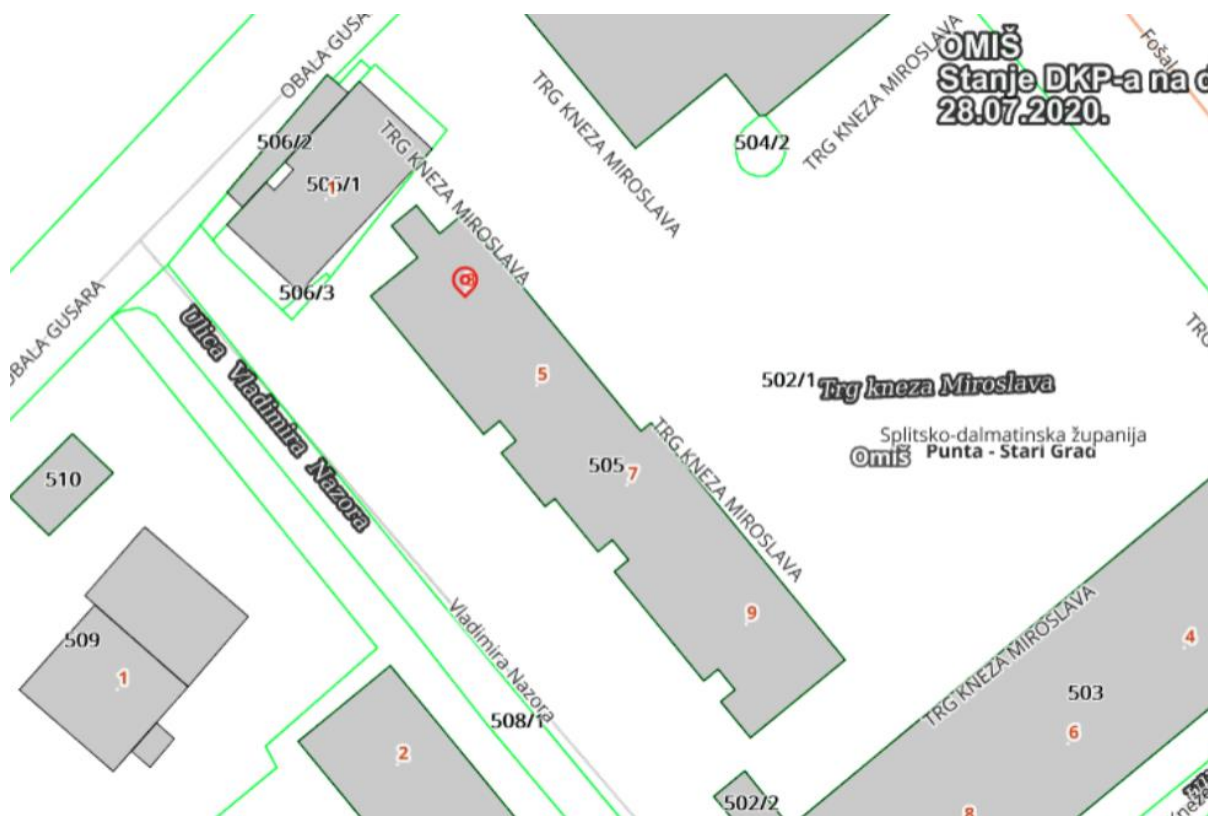
# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1 Općenito

U Ulici Vladimira Nazora u Omišu nalazi se građevna čestica 505 na kojoj investitor ima namjenu izgraditi poslovno - stambenu zgradu.

Građevinska parcela površine je cca 1500 m<sup>2</sup>. Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu, a vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji, izrađeno je arhitektonsko rješenje samostojećeg poslovno-stambenog objekta.

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



Slika 1.1 Situacija – položaj poslovno-stambene zgrade s obzirom na okolni teren

## 1.2 Oblik i veličina građevinske čestice

Novoformirana parcela je nepravilno oblika površine oko 1500 m<sup>2</sup>. Tlocrtna površina objekta je 553 m<sup>2</sup>. Smještaj građevine na parceli proizlazi iz prostorno – prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti kolnog pristupa s glavnih prometnica koje se nalaze na sjevernoj, zapadnoj i istočnoj strani poslovno stambene zgrade, te pješačkog pristupa sa zapadne i istočne strane zgrade.

## 1.3 Namjena građevine

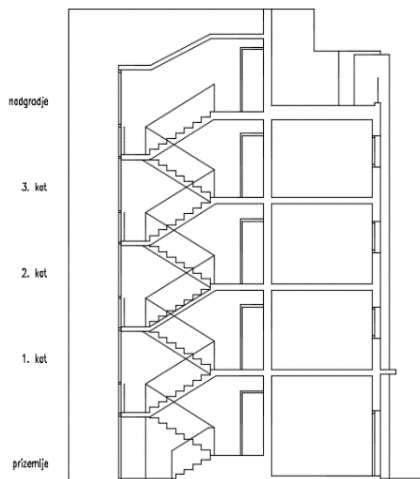
Namjena građevine je poslovno-stambena. Sadržaji zgrade podijeljeni su prema katovima zgrada. Parking je moguć na javnoj gradskoj površini ispred zgrade. Vertikalna komunikacija zgrade rješen je stepenicama. Visina zgrade iznosi 15,16 metara.



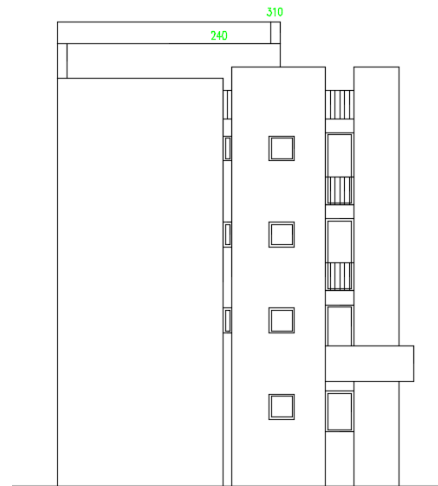
Slika 1.2 Sjeveroistočno pročelje



Slika 1.3 Jugozapadno pročelje

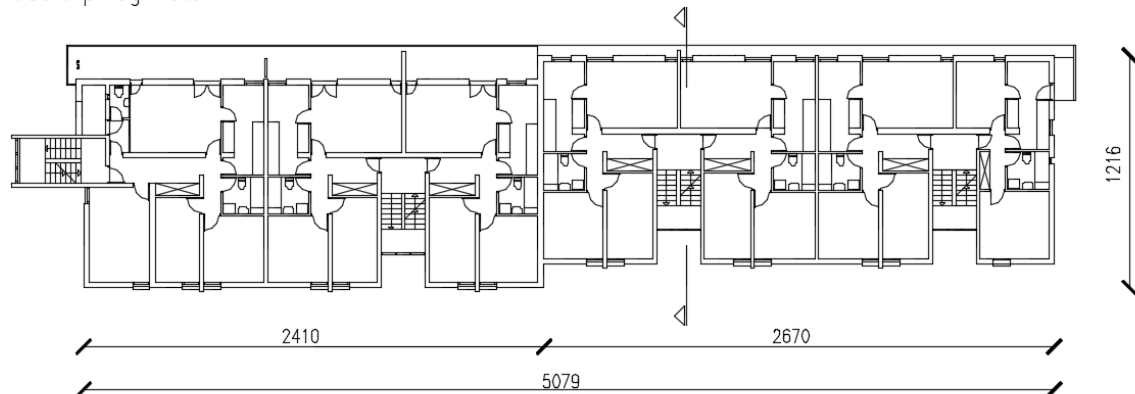


Slika 1.4 Presjek poslovno stambene zgrade



Slika 1.5 Jugoistočno pročelje

tlocrt prvog kata



Slika 1.6 Tlocrt prvog kata

Okolni teren zgrada prikladno će se hortikulturalno urediti. Svi infrastrukturni priključci izvest će se prema posebnim zahtjevima komunalnih i javnih poduzeća ili stručnih službi grada i županije.

#### 1.4 Konstruktivne pojedinosti – općenito

U konstrukcijskom smislu građevina je standardna armirano – betonska konstrukcija koja će se izvesti prema ovom projektu. Na objektu će se izvesti ravni krov. Temelji objekta izvesti će se kao trakasti temelji . Dubina temelja je definirana arhitektonskim projektom i ovim projektom.

Debljina ploče svakog kata je  $d = 17$  cm. Nosivi zidovi su također armirano - betonski,  $d = 25$  cm, s potrebnim termičkim slojevima. Točan položaj betonskih zidova dan je u priložima. Sve ostale vertikalne pregrade izvedene su kao lagane pregrade, zidane porobetonskim blokovima (npr. Ytong) ili šupljom opekom.

## 1.5 Međukatne konstrukcije, zidovi i temelji

Međukatne konstrukcije izrađene su od armiranog-betona. Klasa betona koja je korištena za izradu AB ploča je C30/37. Debljina svih AB ploča je 17 cm. AB ploče su monolitne, lijevane u prethodno izrađene oplata. Količinu armature koju sadrže AB ploče biti će dobivene proračunom te priložene u nacrtima projekta.

Nosivi zidovi također će biti izrađeni od betona klase C30/37. Debljina zidova je 25 cm. Zidovi su također monolitni, lijevani u oplatu na licu mjesta.

Trakasti temelji su izrađeni od betona klase C25/30. Monolitno su izvedeni, lijevani na licu mjesta u oplatu. Dimenzije i količina armature odredit će se proračunom, te će se podaci priložiti u nacrtima projekta.

## 1.6 Lokacija i opterećenje

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u zonu za koju je zadano projektno ubrzanje tla  $a_g = 0.22g$ . Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom armirano-betonskih zidova i stupova, što je u skladu s Eurokodom 2 i Eurokodom 8.

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u III. zonu opterećenja vjetrom.

## 1.7 Materijali

### - Beton

Trakasti temelji izvedeni se od betona klase C25/30, dok svi ostali konstruktivni elementi (zidovi, međukatne konstrukcije, krovna ploča) od betona klase C30/37. Za sve betonske radove treba poštovati (Tehnički propis za građevinske konstrukcije – TPGK N.N. 17/17).

### - Armatura

Armatura koja je korištena u svim konstruktivnim elementima je B500B, bilo da se radi o rebrastim šipkama ili mrežama. Armatura unutar oplata mora biti postavljena prema nacrtima projekta, čvrsto pričvršćena i bez pomaka prilikom betoniranja. Poštovati (TPGK N.N. 17/17).

Zaštitni sloj betona korišten pri proračunu je 2.5 cm, zbog neposredne blizine mora koje može štetno utjecati i izazvati koroziju armature. Kako bi zadržali postojećim zaštitni sloj između betona i armature potrebno je koristiti potreban broj distancera i rasporediti ih na pravilan način.

Oplata se može odjeliti od ploča i zidova kad beton postigne čvrstoću od približno 70%, odprilike 7 dana nakon betoniranja uz propisanu njegu betona.

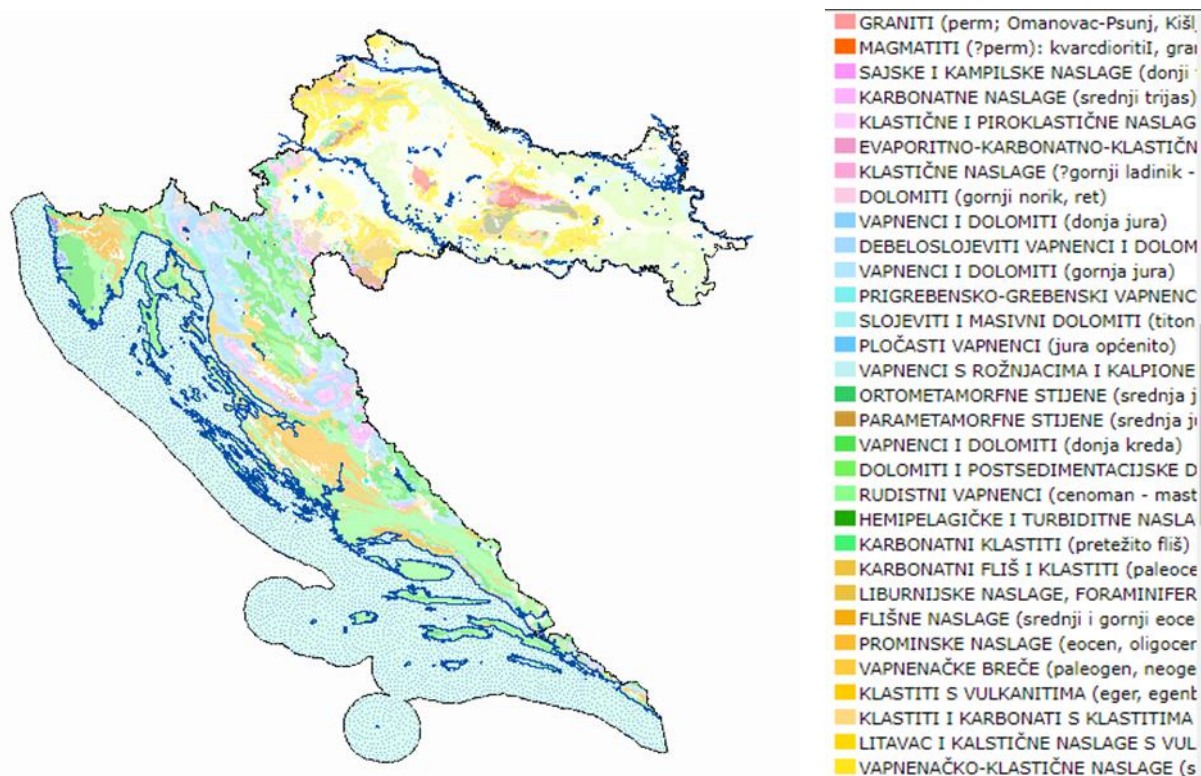
## 2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ

### 2.1 Podaci o istražnim radovima

Geotehnički istražni radovi obuhvaćali su "in-situ" ispitivanja, vizualni pregled samog terena te laboratorijska ispitivanja. Metode koje su korištene za "in-situ" ispitivanje su: SPT-standardni penetacijski pokus, Seizmičke metode-refrakcija i refleksija te Geoelektrične metode. SPT-om je izvršeno pet bušotina, u sredini i na svakom rubu građevine. Ostalim metodama smo dobili dodatne podatke o vrsti materijala koji se nalazi na čestici, te povezali podatke koje smo dobili SPT-om. Za laboratorijska ispitivanja korišten je troosni uređaj, edometar te uređaj za direktno smicanje.

### 2.2 Geološko i inženjersko-geološka istraživanja

Prilikom ispitivanja utvrđeno je da tlo na kojem će se nalaziti predmetna građevina sastoji od karbonatnog fliša i klastita. Takav materijal je po svojim svojstvima dosta sličan vapnencu.



Slika 2.1 Geološka karta hrvatske

Kako je područje na kojem se planira graditi krško moguća je formacija kao što su (kaverne, špilje, itd.), ali kao što je u prethodnom poglavlju opisano korištene su razne metode ispitivanja tako da je moguće otkrivanje takvih pojava.

### **2.3 Dubina podzemne vode**

U hidrogeološkom smislu, razlomljene i okršene naslage lapora imaju pukotinsku i moguće kavernožnu poroznost te se oborinske vode relativno brzo procjeđuju u podzemlje. U nijednoj istražnoj jami nije zabilježena pojava podzemne vode.

### **2.4 Temeljenje**

Površinski sloj sačinjavaju elementi nastali trošenjem matične stijene ili nasipni materijal, koji se sastoji uglavnom od žućkasto smeđe gline, same ili pomiješane s crvenkasto smeđom zemljom.

Kako je predviđena dubina dna temelja pretpostavlja se da će se svi temelji nalaziti na kvalitetnoj laporovitoj stijeni.

Iskop građevinske jame do nivoa -1,00 m ispod nivoa prizemlja buduće građevine izvršit će se u širokom iskopu s vertikalnim zasjekom (10:1). Pri zasijecanju potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene. Zasijek nije potrebno zaštititi. Pristup jami predviđen je na mjestu buduće rampe.

Nakon iskopa potrebno je temeljnu plohu ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala, kao i eventualnu glinovitu ispunu iz pukotina. Po obavljenom čišćenju temeljne plohe potrebno je neravnine i udubine (škrape) popuniti i izravnati podložnim betonom C 16/20 do projektirane kote temeljenja.

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 0,50 MPa.

Za predviđeni način temeljenja ne očekuju se slijeganja niti diferencijalna slijeganja.

### **3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE**

#### **3.1 Općenito**

Izvoditelj je odgovoran za kvalitetu izvođenja radova i za uredno poslovanje. Izvoditelj ne smije odstupati od projekta bez pismenog odobrenja nadzornog inženjera investitora, a uz prethodnu suglasnost projektanta. Sve izmjene se moraju unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik.

Kvaliteta korištenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda, kao i kvaliteta izvedenih radova mora odgovarati prethodno navedenim uvjetima propisanim važećim propisima, standardima, uvjetima iz tehničke dokumentacije, te uvjetima iz ugovora.

Ukoliko izvoditelj ugrađuje materijal koji nije standardiziran, za isti je dužan pribaviti odgovarajuće dokaze o kakvoći i priložiti ih u pismenoj formi.

Pri izvođenju građevine, izvoditelj se dužan pridržavati navedenih propisa kao i svih ostalih Pravilnika, Tehničkih normativa, posebnih uvjeta za izradu, ugradnju i obradu pojedinih elemenata građevine, kao i standarda propisanih za izvođenje radova na građevini (temeljenje, betonski radovi, skele i oplata, armatura, čelik za armiranje, kontrola kvalitete betona i čelika, zidanje zidova, završni radovi), kako bi osigurao da izvedena građevina odgovara projektu, te svim propisima i standardima RH.

#### **3.2 Postizanje zahtjevane geometrije**

Od faze iskolčenja objekta, preko svih faza izgradnje do završetka objekta, nužan je stalni geodetski nadzor. Tijekom građenja vršiti:

- stalnu kontrolu geometrije svih elemenata i objekta kao cjeline
- kontrolu osiguranja svih točaka
- kontrolu postavljenih profila
- kontrolu repera i poligonalnih točaka

#### **3.3 Zemljani radovi**

Tijekom radova na iskopima kontrolirati sljedeće:

- Iskop se obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projektra, te sa propisanim nagibima pokosa iskopa (uzimajući u obzir geomehnička svojstva tla)
- Tijekom rada ne smije doći do potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- Ne smiju se iskapati nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- Ne smije se degradirati ili oštetiti temeljno tlo zbog nekontroliranih miniranja i neadekvatnih iskopa

- Za vrijeme rada na iskopu, pa do završetka svih radova na objektu, Izvođač je dužan osigurati pravilnu odvodnju, ne smije dozvoliti zadržavanje vode u iskopima
- Vrstu i karakteristiku temeljnog tla kontrolirati prema geotehničkom elaboratu, a dubine i gabarite iskopa prema građevinskom projektu građevine

### **3.4 Betonski i armirano betonski radovi**

#### **3.4.1 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 (kojeg je dužan izraditi Izvođač), a u svemu sukladno s:

- „Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije (NN 17/17)“, te sa 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 očvrstelog 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.



### 3.4.2 Betonski čelik

Betonski čelici trebaju 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 rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999)

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

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje 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 B500 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.

### 3.4.3 Prekidi betoniranja

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

### 3.4.4 Primjenjeni standardi

#### 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)

#### 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 očvrstlom betonu

- HRN EN12504-1 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
- HRN EN 12504-2 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
- HRN EN 12504-3 Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
- HRN EN 12504-4 Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
- prEN 13791:2003 Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

#### 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 gređice (prEN 10080-6:1999)

#### 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

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.

*Ispitivanje i istraživanje građevine*

## Članak 20.

(1) Ispitivanje određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu te prethodna istraživanja bitna za projektiranje, građenje ili održavanje građevina, obavljaju ovlaštene osobe.

(2) Ovlaštenje za obavljanje poslova iz stavka 1. ovoga članka daje i oduzima ministar.

(3) Uvjete za obavljanje poslova ispitivanja i istraživanja iz stavka 1. ovoga članka u odnosu na osobe, tehničke opremljenosti, način i složenost obavljanja tih poslova, odgovornosti za rezultate ispitivanja, odnosno prethodnih istraživanja, neovisnost u odnosu na osobe koje sudjeluju u projektiranju, građenju ili održavanju građevine i način dokumentiranja rezultata ispitivanja, odnosno prethodnih istraživanja, sredstva kojima pravna osoba dokazuje ispunjavanje tih uvjeta u postupku davanja ovlaštenja iz stavka 2. ovoga članka te uvjete za produženje i oduzimanje tog ovlaštenja, propisuje ministar pravilnikom.

(4) Uvjete za obavljanje poslova iz stavka 3. ovoga članka koji se odnose na ispitivanje i istraživanje vezano uz zaštitu od požara, uz suglasnost ministra unutarnjih poslova, propisuje ministar pravilnikom.

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).

## Članak 185.

- (1) U provedbi stručnog nadzora građenja nadzorni inženjer dužan je:
- nadzirati građenje tako da bude u skladu s rješenjem o uvjetima građenja, potvrđenim glavnim projektom, odnosno građevinskom dozvolom, ovim Zakonom i posebnim propisima,
  - utvrditi je li glavni projekt u pogledu horizontalnih i vertikalnih gabarita i namjene građevine izrađen u skladu s rješenjem o uvjetima građenja, odnosno lokacijskom dozvolom u slučaju građenja građevina iz članka 209. stavka 2. i 4. ovoga Zakona,
  - utvrditi je li iskolčenje građevine obavila osoba ovlaštena za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina prema posebnom zakonu,
  - utvrditi ispunjava li izvođač uvjete za obavljanje djelatnosti građenja propisane posebnim zakonom,
  - odrediti provedbu kontrolnih postupaka u pogledu ocjenjivanja sukladnosti, odnosno dokazivanja kvalitete određenih dijelova građevine putem ovlaštene osobe koja nije sudjelovala u provedbi postupka izdavanja isprava i dokaza iz članka 182. stavka 1. podstavka 3. ovoga Zakona za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku u slučajevima kada je ovim Zakonom, propisom donesenim na temelju ovoga Zakona, posebnim propisom ili projektom određena takva obveza,
  - bez odlaganja upoznati investitora sa svim nedostacima odnosno nepravilnostima koje uoči tijekom građenja, a investitora i građevinsku inspekciju i druge inspekcije o poduzetim mjerama,
  - sastaviti završno izvješće o izvedbi građevine.
- (2) U provedbi stručnog nadzora građenja, kada za to postoji potreba, nadzorni inženjer dužan je odrediti način na koji će se otkloniti nedostaci odnosno nepravilnosti građenja građevine u slučaju ako:
- izvođač ne osigura dokumentaciju iz članka 182. stavka 1. podstavka 3. ovoga Zakona na propisani način,
  - dokumentacijom iz članka 182. stavka 1. podstavka 3. ovoga Zakona nije dokazana sukladnost, odnosno kvaliteta sukladno zahtjevima ovoga Zakona, propisa donesenih na temelju ovoga Zakona, posebnih propisa ili glavnog projekta,
  - izvođač, odnosno odgovorna osoba koja vodi građenje ili pojedine radove ovoga Zakona ne ispunjavaju uvjete propisane posebnim zakonom,
  - iskolčenje građevine nije obavila osoba ovlaštena za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina prema posebnom zakonu.
- (3) Način otklanjanja nedostataka, odnosno nepravilnosti iz stavka 2. ovoga članka upisuje se u građevinski dnevnik.

### 3.4.5 Kontrola ispitivanja

Kontrolna ispitivanja provodi nadzorni organ, a za konačnu ocjenu kvalitete materijala i radova mjerodavni su rezultati kontrolnog ispitivanja.

Kontrolna ispitivanja obavljaju se u tijeku izvedbe radova po vrsti, obujmu i vremenu, kako to nalažu zakonski propisi i tehnička regulativa.

Ukoliko rezultati kontrolnih ispitivanja pokažu da kvaliteta upotrebljenih materijala i izvedenih radova ne odgovara zahtijevanim uvjetima, nadzorni organ je dužan izdati nalog izvođaču da nekvalitetan materijal zamjeni kvalitetnim i radove dovede u ispravno stanje.

Izvođač je dužan napraviti „Projekt betona“ koji će zadovoljiti uvjete date ovom projektom dokumentacijom, a istovremeno uvažiti tehnologiju proizvodnje i ugradbe betona koju primjenjuje izvođač, te zadovoljiti propisane uvjete.

Kontrolu kvalitete betonskih radova treba

provjeriti za to registriranoj organizaciji, a za kontrolna ispitivanja je potrebno primijeniti u skladu s „Tehnički propisi za građevinske konstrukcije (NN 17/17)“.

### 3.4.6 Dužnost izvođača

Radove izvoditi na način određen ugovorom, propisima i pravilima struke, tehničkim normativima i standardima propisanim i prihvaćenim u RH, te prema odobrenoj projektnoj dokumentaciji.

Poduzeti sve potrebne mjere za sigurnost zaposlenih radnika, javnog prometa, kao i susjednih objekata pored kojih se izvode radovi.

Organizirati kontrolu radova u terenskim i pogonskim laboratorijima, ili provjeriti tu kontrolu stručnim organizacijama koje su za to upisane u sudski registar.

Ugrađivati materijal, predgotovljene elemente, elemente, uređaje i tehničku opremu koji odgovaraju propisanim standardima i tehničkim normativima.

Kvalitetu radova, materijala i uređaja koji mogu utjecati na stabilnost i sigurnost objekta i kvalitetu cijelog objekta, odnosno radove, dokumentirati obrađenim rezultatima ispitivanja ili ispravama izdanim u skladu sa zakonom ili propisima o tehničkim normativima i standardima.

Radove izvoditi po redoslijedu kojim se osigurava kvalitetno izvođenje i o izvođenju pojedinih faza na vrijeme obavijestiti nadzorni organ zbog pregleda i utvrđivanja kvalitete. Rezultate ispitivanja Izvođač je dužan dostaviti nadzornom inženjeru.

Dužan je pribaviti sve ateste kada je to propisano tehničkim normativima ili propisima.

Ne smije upotrebljavati građevinske materijale bez odobrenja nadzornog organa, a u slučaju da ih upotrijebi, snosi rizik i troškove koji iz toga nastanu.

Izvođač je dužan tijekom građenja i po završetku istog pribaviti dokaze o kvaliteti upotrijebljenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda od ovlaštenih organizacija kao što je:

- Upis geomehaničara u građevinski dnevnik s potvrdom kvalitete temeljnog tla
- Izvješće o kvaliteti betona za monolitne AB konstrukcije
- Izvješće o ispitivanju betonskog čelika
- Uvjerenje o kvaliteti zavarene građevinske armaturne mreže

## 4. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI

### 4.1 Oplate i skele

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

Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja.

Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno.

Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispuččenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja.

Nadvišenja oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja.

Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka.

Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

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

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet.

Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran.

Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplate mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe.

Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature.

Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prljanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplate se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće.

Oplata se mora skidati prema određenom redosljedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata.

Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija.

Sve skele moraju biti stabilne, ukrućene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukrućene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski. Ako to traži nadzorni inženjer, vanjska skela, s vanjske strane, treba biti prekrivena tršćanim ili lanenim pletivom kako bi se uz općenitu zaštitu osigurala i kvalitetnija izvedba i zaštita fasadnog lica.

Skele moraju biti izrađene prema pravilima struke i propisima Pravilnika o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama u građevinarstvu.

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

## 4.2 Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplate 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.

Transportna sredstva se ne smiju oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj.

Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona.

Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

Svježi beton mora se ugrađivati vibriranjem u slojevima čija debljina ne smije biti veća od 70 cm. 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, a po potrebi i pjeskarenjem.



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.

### **4.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama**

Niska početna temperatura svježeg betona ima višestruko povoljan utjecaj na poboljšanje uvjeta za betoniranje masivnih konstrukcija. Stoga je sniženje temperature svježeg betona i održavanje iste u propisanim granicama od posebnog značaja. Za održavanje temperature svježeg betona unutar dopuštenih 25 °C, neophodno je poduzeti sljedeće mjere:

-Krupne frakcije agregata hladiti raspršivanjem vode po površini deponije, što se ne preporuča s frakcijama do 8 mm, zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona,

deponije pijeska zaštititi nadstrešnicama, silose za cement, rezervoare, miješalicu, cijevi itd. zaštititi od sunca bojenjem u bijelo.

Ukoliko ovi postupci hlađenja nisu dostatni, daljnje sniženje temperature može se postići hlađenjem vode u posebnim postrojenjima (coolerima).

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.

Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redosljed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim.

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.

Čelične oplate treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro namočena.

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.

#### 4.4 Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje.

Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona.

Pri ugradnji svježi beton mora imati minimalnu temperaturu od +6 °C, koja se na nižim temperaturama zraka ( $0 < t < +5$  °C) može postići samo zagrijavanjem vode, pri čemu temperatura mješavine agregata i vode prije dodavanja cementa ne smije prijeći +25 °C.

Temperatura svježeg betona u zimskom periodu na mjestu ugradnje mora biti od +6 °C do +15 °C.

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.

### 5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA

Način zbrinjavanja građevinskog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propisi iz tog područja su:

- Zakon o otpadu (NN 34/95)
- Pravilnik o vrstama otpada (NN 27/96)
- Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97)

Prema zakonu o otpadu građevni otpad spada u interni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

Pravilnikom o vrstama otpada određeno je da je proizvođač otpada čija se vrijedna sredstva mogu iskoristiti dužan otpad razvrstavati na mjestu nastanka, odvojeno skupljati po vrstama i osigurati uvjete skladištenja za očuvanje kakvoće u svrhu ponovne obrade.

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

- kemijsko-fizikalna obrada,
- biološka obrada,
- termička obrada,
- kondicioniranje otpada i
- odlaganje otpada.

Kemijsko-fizikalna obrada otpada je obrada kemijsko-fizikalnim metodama s ciljem mijenjanja njegovih kemijsko-fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: neutralizacija, taloženje, ekstrakcija, redukcija, oksidacija, dezinfekcija, centrifugiranje, filtracija, sedimentacija, rezervna osmoza.

Biološka obrada je obrada biološkim metodama s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: aerobna i anaerobna razgradnja.

Termička obrada je obrada termičkim postupkom. Provodi se s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: spaljivanje, piroliza, isparavanje, destilacija, sinteriranje, žarenje, taljenje, zataljivanje u staklo.

Kondicioniranje otpada je priprema za određeni način obrade ili odlaganja, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, oprашivanje, očvršćivanje te postupci kojima se smanjuje utjecaj štetnih tvari koje sadrži otpad.

S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom.

Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

-drvo,

-plastiku,

-asfalt koji sadrži katran,

-katran i proizvodi koji sadrže katran.

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

-građevinski materijali na bazi azbesta,

-asfalt koji sadrži katran,

-asfalt (bez katrana),

-katran i proizvodi koji sadrže katran,

-izolacijski materijal koji sadrži azbest,

-miješani građevni otpad i otpad od rušenja.

Najveći dio građevnog otpada (prethodno obrađen ili neobrađen) može se odvesti u najbliže javno odlagalište otpada: beton, cigle, pločice i keramika, građevinski materijali na bazi gipsa, drvo, staklo, plastika, bakar, bronca, mjed, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijali, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, postupiti prema iznesenom, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

## 6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA

Građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja.

Ipak, relativno agresivna sredina zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevine. 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;

moгуće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona);

koroziju armature; raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s drvenih i metalnih elemenata;

otpadanje žbuke sa zidova ili stropova; moguća vlaženja ili procurivanja vode s krova ili fasade, pri čemu je potrebno posebnu pažnju obratiti na krov. U tom smislu kosi krov je potrebno pregledavati najmanje jednom godišnje te spriječiti moguću pojavu nakupljanja zemlje i rasta biljaka u uvalama koje mogu dovesti do začepijivanja oluka i prodora vode u građevinu.

Spojeve različitih elemenata konstrukcije kao što su spojevi zidova s krovom, prozora s fasadom, vanjskih vrata s konstrukcijom i sl.

Manje nedostatke može ispraviti stručna osoba (kućni majstor) na licu mjesta. U slučaju pojave znatnijih sumnjivih mjesta, prije sanacije potrebno je provesti istražne radove da bi se utvrdilo stvarno stanje. Nakon izvršenih istražnih radova potrebno je napraviti plan sanacije i hitno provesti mjere za dovođenje konstrukcije u ispravno stanje.

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.

## 7. PLANOVI POZICIJA

Planovi pozicija i relevantni tlocrti i presjeci prikazani su u grafičkim priložima.

Ploče su označavane velikim slovom P (P00, P100...) i pripadajućim brojem, grede su označavane velikim slovom G (G100,G200,..) i pripadajućim brojem, stupovi velikim slovom S (S100,S200..) i pripadajućim brojem te temeljne stope velikim slovom T.

U grafičkim priložima numeričkog proračuna vidljiva je potrebna količina armature na pojedinim mjestima u ploči.

Svi računalni proračuni su izvršeni računalnim programom "Scia Engineer 18.1."

Zbog opširnosti projekta prikazani su samo oni rezultati koji su smatrani relevantnim. Svi ulazni i izlazni podaci se mogu, na zahtjev, dobiti kod autora ovog projekta. Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

Sva opterećenja uzeta prema:

HRN ENV 1991-1 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 1.dio: Osnove projektiranja (ENV 1991-1:1994)

HRN 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)

HRN ENV 1991-2-2 Eurokod 1: Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije – 2-2.dio: Djelovanja na konstrukcije – Djelovanja na konstrukcije izložene požaru (ENV 1991-2-2:1995)

HRN 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)

HRN 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 1991-2-6 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-6. dio: Djelovanja na konstrukcije – Djelovanja tijekom izvedbe (ENV 1991-2-6:1997)

HRN ENV 1991-2-7 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-7. dio: Djelovanja na konstrukcije – Izvanredna djelovanja prouzročena udarom i eksplozijom (ENV 1991-2-7:1998)

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)

## 8. ANALIZA OPTEREĆENJA

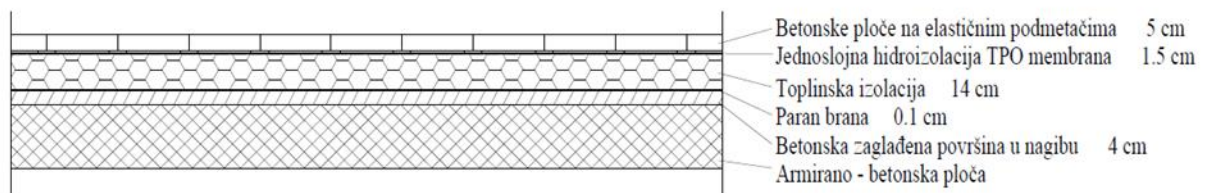
### 8.1 Stalno opterećenje

#### 8.1.1 Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa je automatski uključena u programskom paketu Scia Engineer 18.1.

#### 8.1.2 Dodatno stalno opterećenje

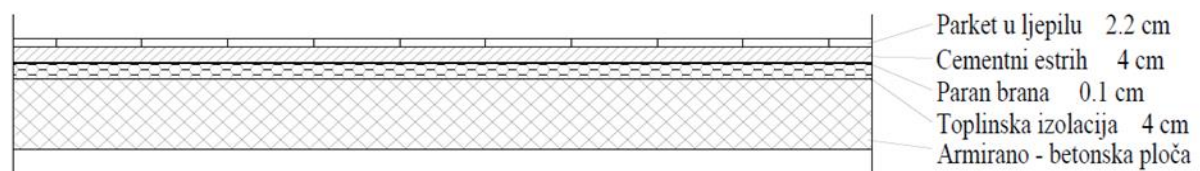
##### a) Ploča krova



Slika 8.1 Slojevi ravnog krova

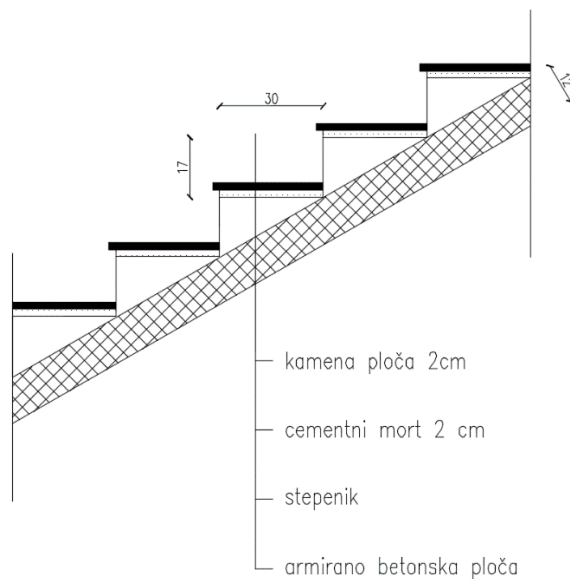
SLOJ:	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma * d$ (kN/m <sup>2</sup> )
Betonska ploča	0,05	25	1.25
Hidroizolacija + parna brana	0,015	20	0.3
Toplinska izolacija	0,14	3	0.42
Beton za pad	0,04	24	0.96
Armirano – betonska ploča	0,17	Uključeno u program automatski	
<b>DODATNO STALNO OPTEREĆENJE 3 (Kn/m<sup>2</sup>)</b>			

##### b) Ploča između stanova



Slika 8.2 Slojevi međukatnih konstrukcija

SLOJ:	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma * d$ (kN/m <sup>2</sup> )
Parket u ljepilu	0,022	12	0.26
Cementni estrih	0,04	25	1.0
Parna brana	0,0015	20	0.03
Toplinska izolacija	0,04	3	0.42
Pregradni zidovi	-	-	1.0
Armirano – betonska ploča	0,17	Uključeno u program automatski	
<b>DODATNO STALNO OPTEREĆENJE 2.8 (Kn/m<sup>2</sup>)</b>			

c) Stubište

Slika 8.3 Presjek stubišta

$$\operatorname{tg}\alpha = 17/30 \quad \alpha = 29.54^\circ$$

$$h' = h / \cos\alpha = 12 / (\cos 29.54^\circ) = 13.80 \text{ cm}$$

SLOJ:	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma * d$ (kN/m <sup>2</sup> )
Kamena ploča	0,02	28	0.56
Cementni mort	0,02	20	0.4
Stepenik	0,09	20	1.76
Armirano – betonska ploča	0,138	Uključeno u program automatski	
<b>DODATNO STALNO OPTEREĆENJE 2.8 (Kn/m<sup>2</sup>)</b>			

## 8.2 Promjenjivo opterećenje

### 8.2.1 Korisno opterećenje

Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća opterećenja:

- Ravni krov:  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta i poslovni prostori:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Pod iznad garaže:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$

### 8.2.2 Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom definirano je Eurokodom 1991-1-3.

Opterećenje snijegom na krov za stalne i prolazne situacije definirano je izrazom:

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

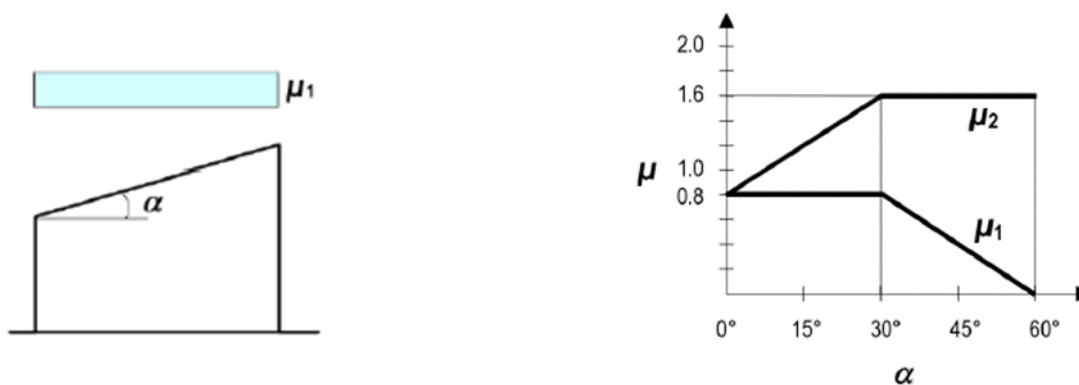
$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijega (učinak oblika krova)

$C_e$  - koeficijent izloženosti, obično uzima vrijednost 1.0

$C_t$  - toplinski koeficijent, obično uzima vrijednost 1.0

$S_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo ( $\text{kN/m}^2$ )

Vrijednosti na dijagramu ( $\mu$ ) ovise o kutu nagiba  $\alpha$  i strešnosti krova :



Slika 8.5 Očitavanje koeficijenta oblika

$$\alpha = 5^\circ$$

$$\mu = 0.8$$



Osnovno opterećenje snijegom dato je nacionalnim dodatkom i definirano je prema sljedećoj mapi i tablicama:



Nadmorska visina [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	
700	2,63	3,68	3,30	
800	2,94	4,26	3,95	
900	3,26	4,88	4,65	
1000	3,60	5,55	5,40	
1100	3,94	6,26	6,20	
1200	4,31	7,01	7,05	
1300		7,80	7,95	
1400		8,63	8,90	
1500		9,50	9,90	
1600		10,42	10,94	
1700		11,38	12,04	

Slika 8.6 Karakteristično opterećenje snijegom u zonama na različitim nadmorskim visinama

Promatrani objekt se nalazi u zoni broj 3, na nadmorskoj visini do 100 metara nad morem iz čega možemo isčitati karakteristično opterećenje snijegom.

$$s_k = 0.45 \text{ kN/m}^2$$

$$s = \mu_i * C_e * C_t * S_k = 0.8 * 1 * 1 * 0.45 = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

$$s = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

### 8.2.3 Opterećenje vjetrom

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

-  $v_{b0}$  (ili  $v_{ref,0}$  - u prednormi) je poredbena vrijednost brzine vjetra ovisna o geografskom položaju objekta (dana na karti). Poredbena vrijednost brzine vjetra je karakteristična srednja 10-minutna vrijednost brzine vjetra, neovisna o smjeru vjetra, vremenu i godišnjem dobu, na 10 m iznad površine otvorenog terena, koji može biti obrastao travom, grmljem i manjim preprekama.

Vrijednost poredbene brzine vjetra  $v_{b0}$  dodatno se korigira s obzirom na smjer vjetra, godišnje doba i nadmorsku visinu, te se tako dobiva osnovna brzina vjetra:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b0}$$

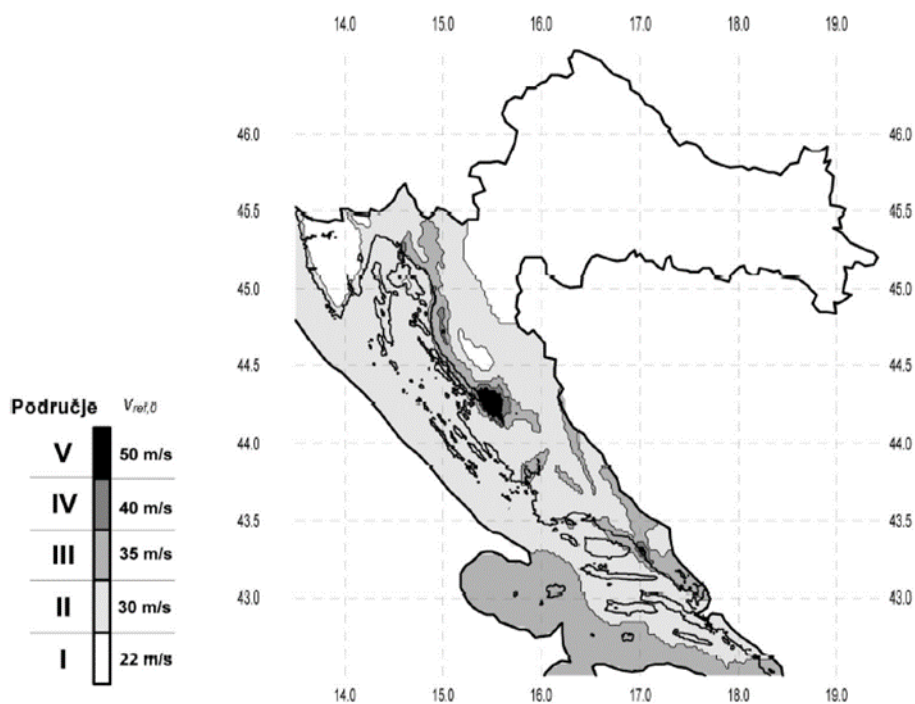
- Koeficijent smjera vjetra ( $c_{dir}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{dir}=1.0$ .

- Koeficijent godišnjeg doba ( $c_{tem}$ ) uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{tem}=1.0$ .

- Koeficijent nadmorske visine ( $c_{alt}$ ) koji obuhvaća povećanje brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih mjesta na planinskom području Republike Hrvatske nije moguće egzaktno odrediti, te se koristi izraz:

$$c_{alt}=1+0.0001 \cdot a_s \approx 1.00 \text{ (nadmorska visina objekta manja od 15 m)}$$

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



Slika 8.7 Karta osnovnih brzina vjetra s obzirom na područje

Objekt se nalazi na području Omiša te prema karti pripada III. vjetrovnom području iz čega možemo zaključiti da je referentna brzina vjetra:

$$v_{b0} = 35 \text{ m/s}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b0} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 35 = 35 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra iznad terena na nekoj visini z:

$$V_m(z) = c_{r(z)} \cdot c_{0(z)} \cdot v_b$$

$c_{0(z)}$  - koeficijent topografije (uglavnom 1.0)

$c_{r(z)}$  - koeficijent hrapavosti

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln(z / z_0) \quad \text{za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_{r(z)} = c_r(z_{min}) \quad \text{za } z \leq z_{min}$$

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0, II})^{0,07} \quad \text{- koeficijent terena}$$

Kategorija terena	Opis	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

Slika 8.8 Parametri vjetrovnog opterećenja ovisno o kategoriji terena

Za grad Omiš odabrali smo kategoriju terena IV.

$$K_r = 0.234, \quad z_0 = 1 \text{ m}, \quad z_{min} = 10 \text{ m}, \quad z_{max} = \text{obično se uzima } 200 \text{ m}$$

Turbulencija vjetra na visini z iznad terena dana je izrazom:

$$I_{v(z)} = \frac{1}{c_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$I_{v(z)} = I_{v(z, min)} \quad \text{za } z \leq z_{min}$$

Maksimalni tlak brzine vjetra iznosi:

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_{v(z)}) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_b = \frac{\rho_{zraka}}{2} \cdot v_b^2$$

$$\rho_{zraka} = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Rezultirajuća sila vjetra:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$c_{pe}$  - koeficijent vanjskog tlaka

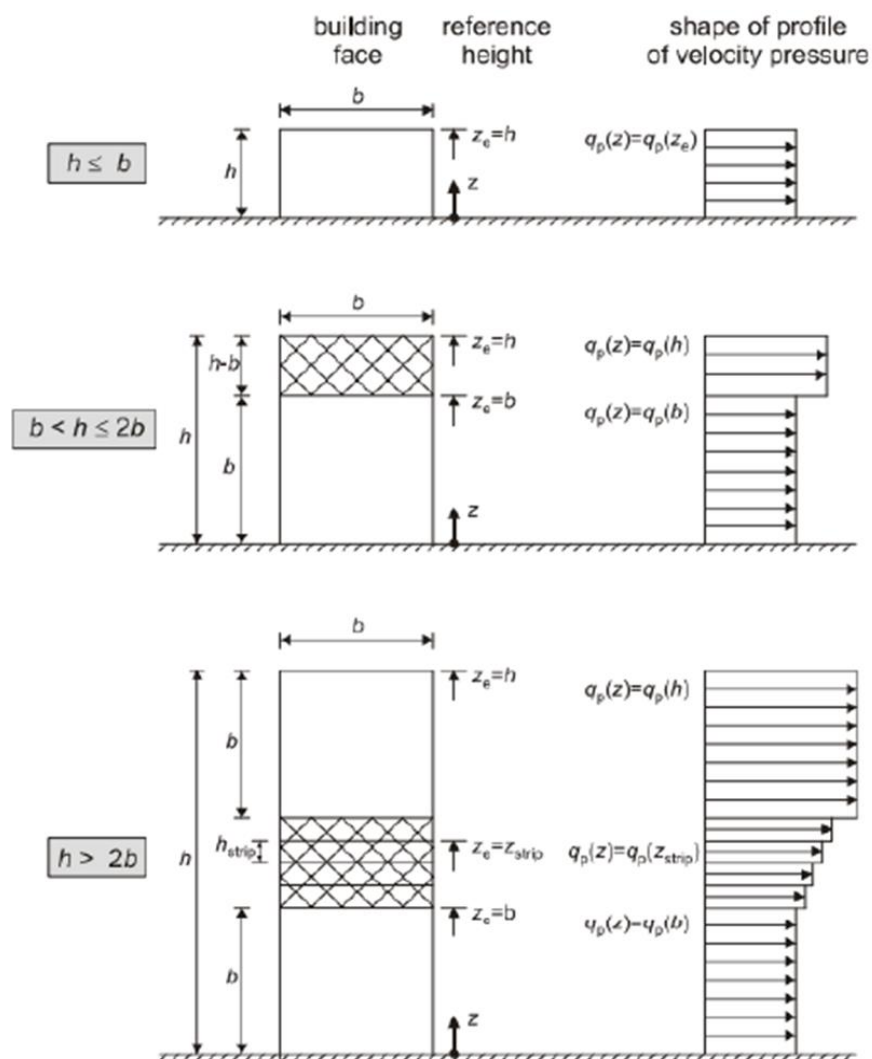
$$W_e = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$c_{pi}$  - koeficijent unutarnjeg tlaka

$z_i$  - referentna visina objekta

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka  $c_{pe}$  :

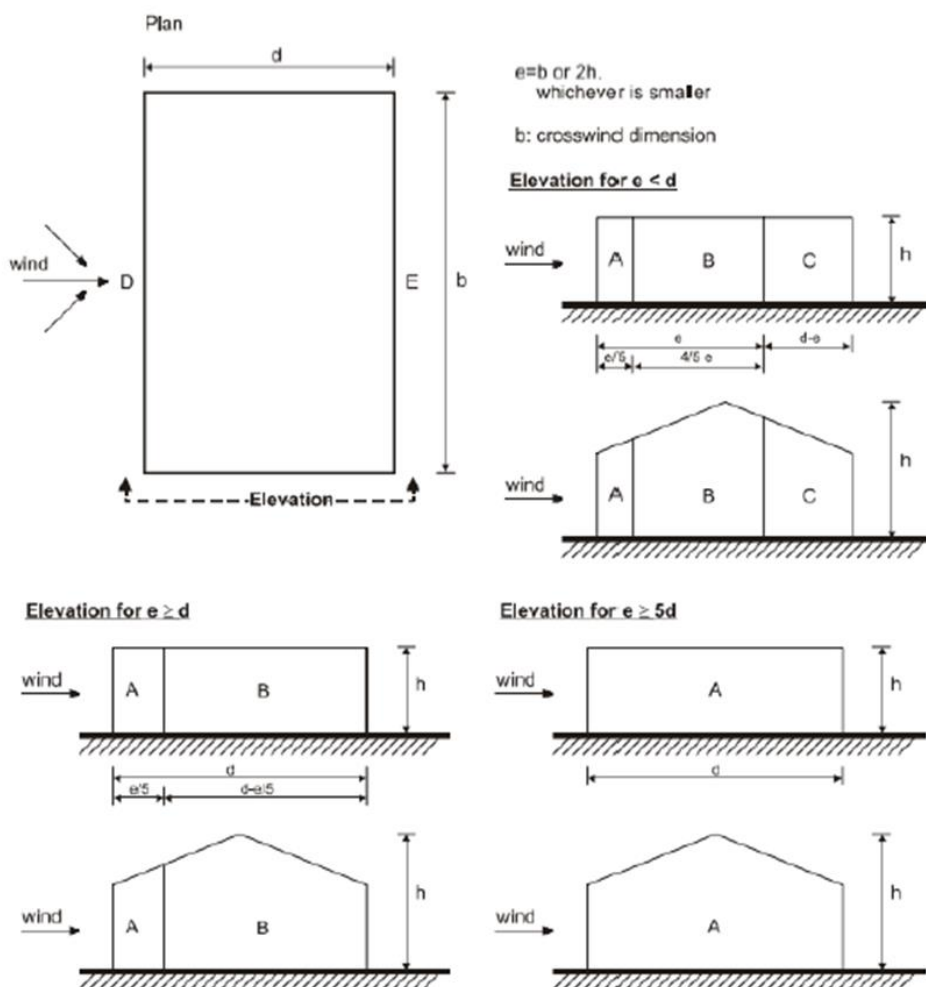
- Referentna visina objekta  $z_e$  određuje se prema odnosu  $h/b$ .



Slika 8.9 Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka vjetra

- Podjela zgrade na zone :

a) vertikalni zidovi

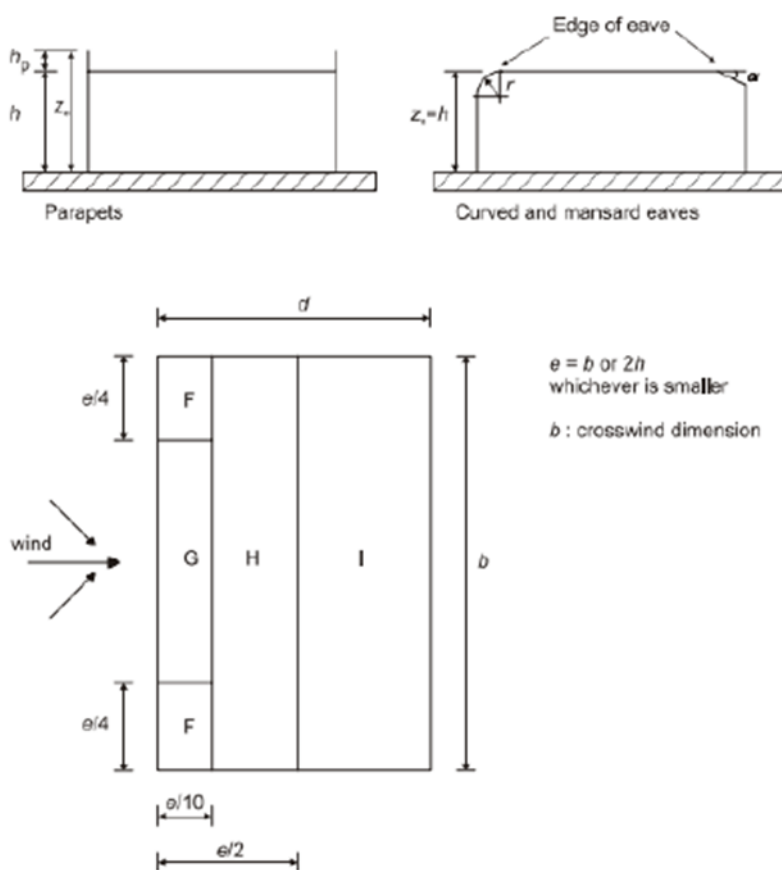


Slika 8.10 Područja djelovanja vanjskog tlaka za vertikalne zidove

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

Slika 8.11 Koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove

b) ravni krov



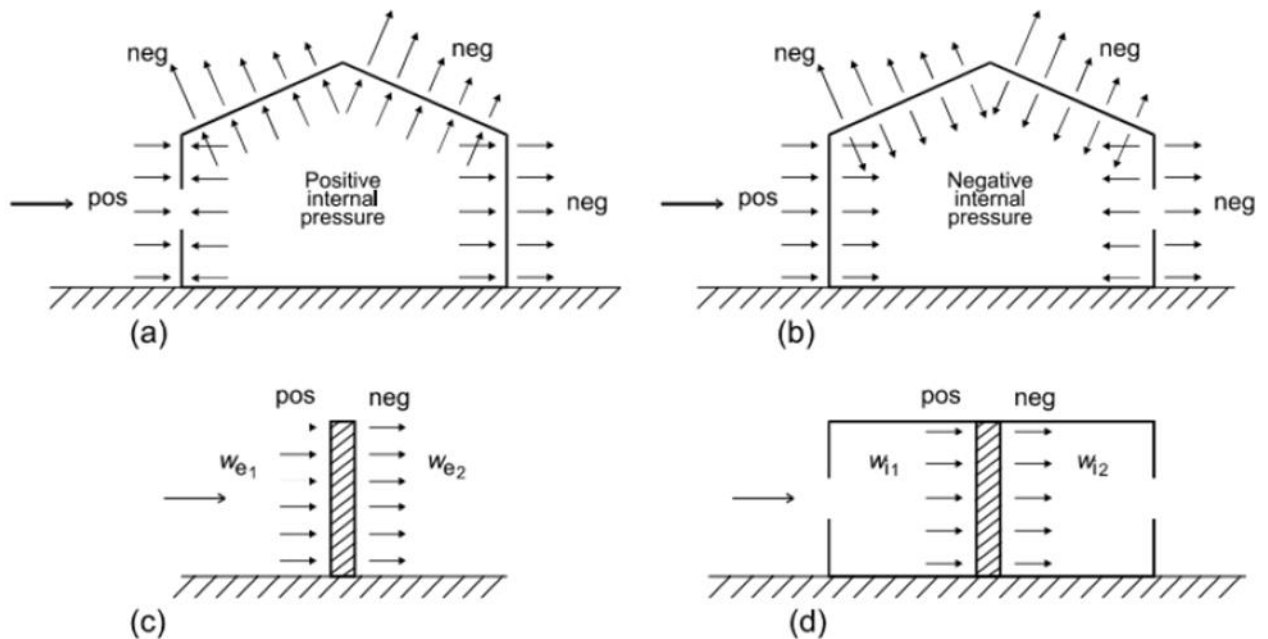
Slika 8.12 Područja djelovanja vanjskog tlaka za ravne krovove

Roof type		Zone							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Sharp eaves		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
With Parapets	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

Slika 8.13 Koeficijenti vanjskog tlaka za ravne krovove

Određivanje koeficijenta unutarnjeg tlaka  $c_{pi}$ :

Maksimalni koeficijent unutarnjeg tlaka je 0,8, a minimalni koeficijent unutarnjeg tlaka (podtlak) je -0,5. Rezultirajuća sila vjetra na vanjske i unutarnje plohe ( $w_e$  i  $w_i$ ) se raspoređi prema shemi prikazanoj na slici 8.25. te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobije ekvivalentna sila vjetra na plohu.

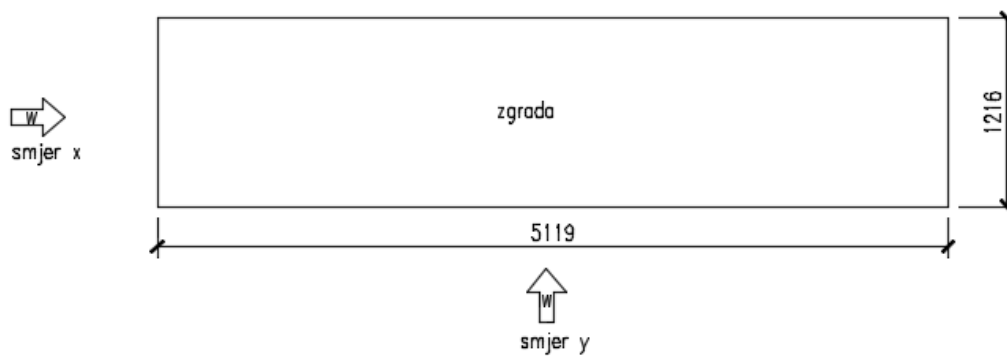


Slika 8.14 Smjer djelovanja unutarnjeg i vanjskog tlaka na zidove i krovove zgrada

Rezultati proračuna zgrade:

$v_{b,0}=35 \text{ m/s}, k_r=0,234, z_{\min}=10 \text{ m}, z_0=1 \text{ m}$	
$z_e \text{ (m)}$	15,16
$v_{b,0} \text{ (m/s)}$	35
$C_{DIR}$	1
$C_{TEM}$	1
$v_b \text{ (m/s)}$	35
$c_r(z)$	0,636
$k_r$	0,234
$z$	15,16
$lv(z)$	0,368
$c_0$	1
$\rho_{zr} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	1,25
<b><math>q_p(z)</math></b>	<b>1,11 kN/m<sup>2</sup></b>

Tablica 8.15 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra





SMJER X

$$h = 15.16\text{m}$$

$$\text{Zona A} = 1/5 e = 2.43\text{m}$$

$$b = 12.16\text{m}$$

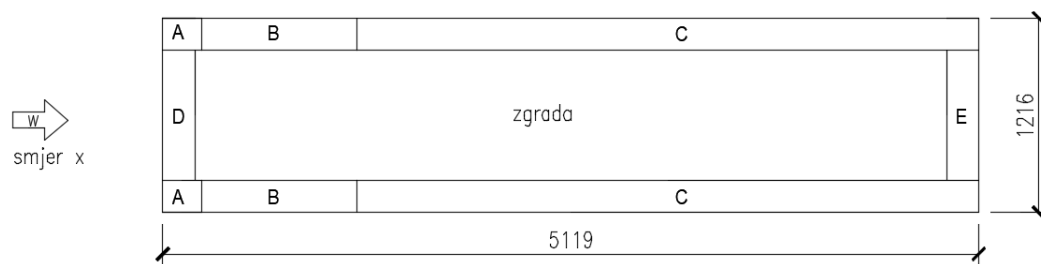
$$\text{Zona B} = 4/5 e = 9.73\text{m}$$

$$d = 51.19\text{m}$$

$$\text{Zona C} = d - e = 39.03\text{m}$$

$$e = 12.16\text{m}$$

$$h/d = 0.296$$



X SMJER	$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
Zona vjetra	$\text{kN/m}^2$				$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$
A	1.11	-1.2	0.8	-0.5	-1.33	0.89	-0.55	-2.22	-0.78	<b>-2.22</b>
B	1.11	-0.8	0.8	-0.5	-0.89	0.89	-0.55	-1.78	-0.34	<b>-1.78</b>
C	1.11	-0.5	0.8	-0.5	-0.55	0.89	-0.55	-1.44	0	<b>-1.44</b>
D	1.11	0.8	0.8	-0.5	0.89	0.89	-0.55	1.44	0	<b>1.44</b>
E	1.11	-0.350	0.8	-0.5	-0.39	0.89	-0.55	-1.28	-0.16	<b>-1.28</b>

SMJER Y

$$h = 15.16\text{m}$$

$$\text{Zona A} = 1/5 e = 6.06\text{m}$$

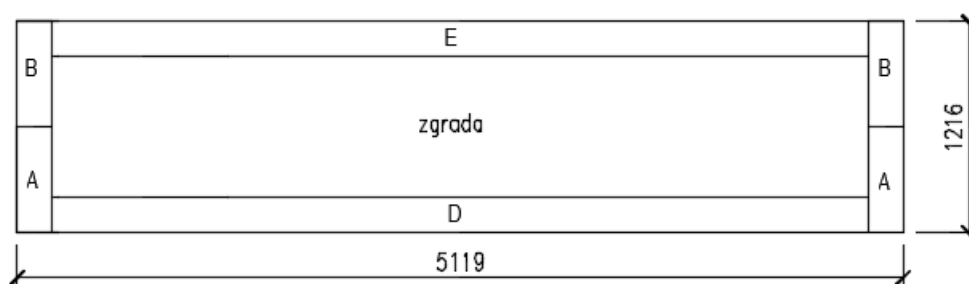
$$b = 51.19\text{m}$$

$$\text{Zona B} = 4/5 e = 6.10\text{m}$$

$$d = 12.16\text{m}$$

$$e = 30.32\text{m}$$

$$h/d = 1.25$$



smjer y

Y SMJER	$q_{p(z)}$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
Zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	1.11	-1.2	0.8	-0.5	-1.33	0.89	-0.55	-2.22	-0.78	<b>-2.22</b>
B	1.11	-0.8	0.8	-0.5	-0.89	0.89	-0.55	-1.78	-0.34	<b>-1.78</b>
D	1.11	0.8	0.8	-0.5	0.89	0.89	-0.55	1.44	0	<b>1.44</b>
E	1.11	-0.550	0.8	-0.5	-0.61	0.89	-0.55	-1.5	-0.06	<b>-1.5</b>

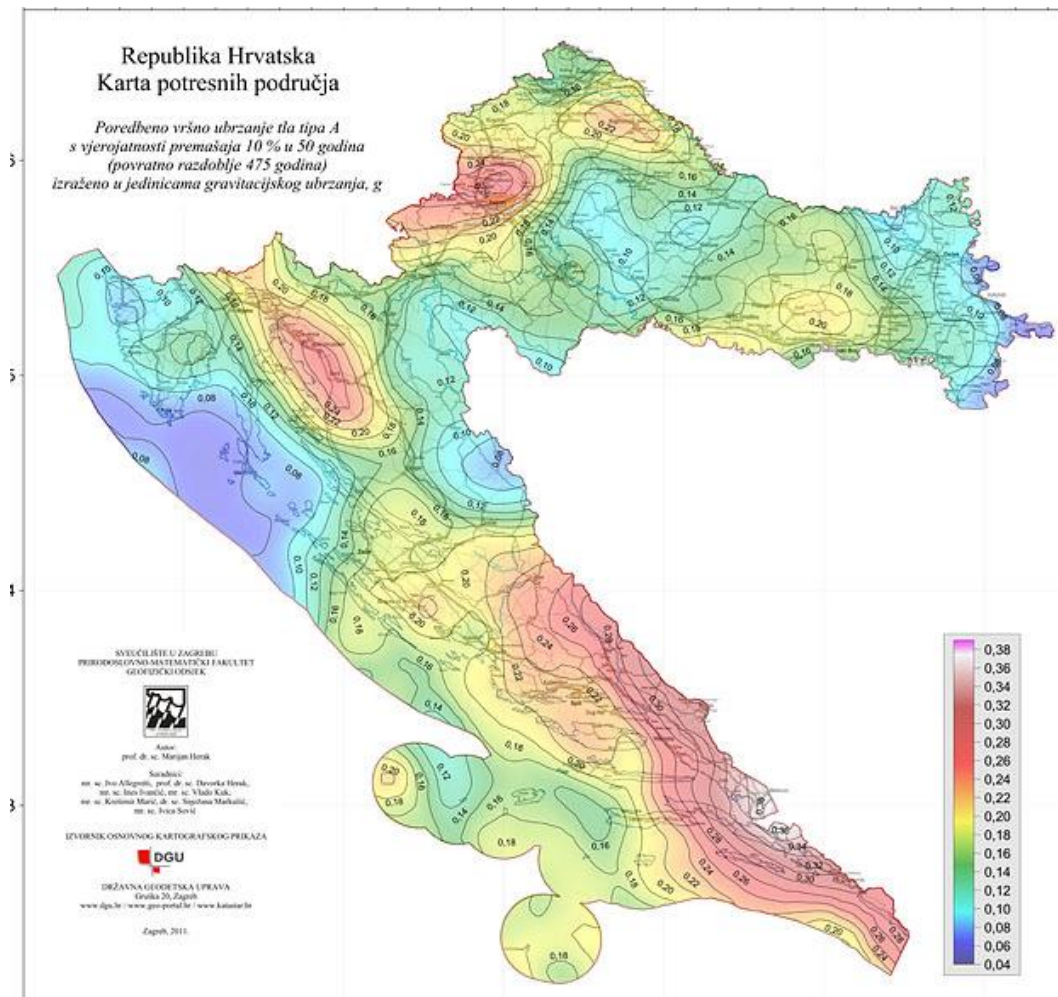
## 8.3 Izvanredno opterećenje

### 8.3.1 Seizmičko opterećenje

Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Scia Engineer 19.0. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla na kojoj će se nalaziti građevina, proračunsko ubrzanje tla na tom području, duktilnost konstrukcije itd. Neki od tih parametara direktno se unose na temelju normama definiranih vrijednosti dok se ostale vrijednosti parametara uzimaju u obzir kroz vrijednost faktora ponašanja o kojem će kasnije u tekstu biti riječ. Potresno djelovanje u nekoj točki na površini općenito se prikazuje elastičnim spektrom odziva. Razlikujemo dva tipa elastičnog spektra odziva ovisno o očekivanoj magnitudi površinskih poprečnih valova. Za magnitudo veće od 5,5 odabiremo tip 1, a za magnitudo manje od 5,5 tip 2 elastičnog spektra odziva. Budući se dio potresne energije u konstrukciji troši njenim deformiranjem ovisno o sklonosti deformiranju općenito se dopušta proračun na djelovanje sila koje su manje od onih u elastičnom spektru odziva. Da bi se izbjegao nelinearni proračun uzima se u obzir kapacitet konstrukcije trošenju energije. Taj kapacitet ovisi o duktilnosti konstrukcije tj. njenih elemenata. Duktilnije konstrukcije imaju veći kapacitet trošenja energije i smanjenja potresnog utjecaja. To smanjenje potresnih sila radi se na način da se elastični spektar odziva umanju odgovarajućim koeficijentom koji se naziva faktor ponašanja. Faktor ponašanja predstavlja omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njen odziv u cijelosti bio elastičan u odnosu na potresne sile koje se bi se pojavile na promatranoj konstrukciji.

U nastavku su razrađene vrijednosti svih parametara mjerodavnih za potresni proračun koji su korišteni u analizi pomoću računalnog programa. Vrijednosti poredbenog vršnog ubrzanja tla očitavaju se koristeći seizmološke karte Republike Hrvatske. Za traženo područje očita se ubrzanje tla za povrtani period od 475 godina za GSN

- Za područje grada Omiša  $agR = 0,226g \approx 2,2 \text{ m/s}^2$



Slika 8.16 Karta seizmičkog ubrzanja tla



Slika 8.17 Očitano ubrzanje za područje grada Omiša

Građevina je temeljena na čvrstom tlu- tlu klase A. Parametar kojim u proračun uzimamo u obzir vrstu i kvalitetu tla naziva se faktor tla (S).

Tip temeljnog tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (udara/ 30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	> 800	–	–
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360-800	> 50	> 250
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180-360	15-50	70-250
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo	< 180	< 15	< 70
E	Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijuskog sloja s vrijednostima $v_s$ za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je kruti materijal s $v_s > 800$ m/s			
S <sub>1</sub>	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina/praha s velikim indeksom plastičnosti ( $PI > 40$ ) i velikim sadržajem vode	< 100 (približno)	–	10-20
S <sub>2</sub>	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S <sub>1</sub>			

Slika 8.18 Klase temeljnog tla

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

Slika 8.19 Određivanje faktora tla ovisno o klasi tla

Proračun faktora ponašanja ovisi o vrsti i tipu konstrukcije. Pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja konstrukcije te sustav povezanih zidova:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \text{ za klasu duktilnosti DCM}$$

$$q_0 - \text{osnovni faktor ponašanja} - q_0 = \frac{\alpha_0}{\alpha_1}$$

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} - \text{ovisi o tlocrtnoj pravilnosti sustava}$$

$$k_w - \text{faktor prevladavajućeg sloma} - k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3} - k_w = 1.0$$

Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okviri sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	$3,0 \alpha_u/\alpha_1$	$4,5 \alpha_u/\alpha_1$
Sustav nepovezanih zidova	3,0	$4,0 \alpha_u/\alpha_1$
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

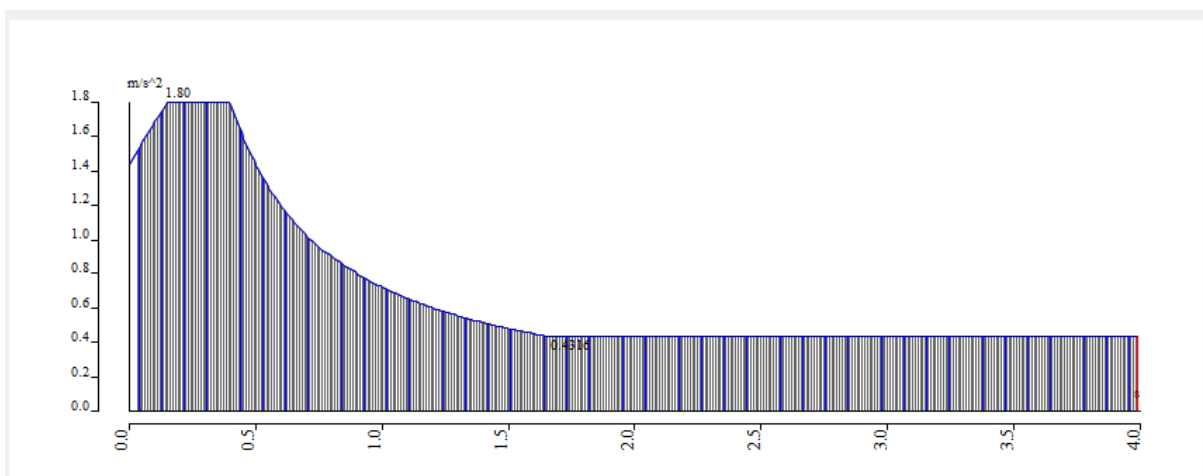
Slika 8.20 Određivanje osnovnog faktora ponašanja

$$q = q_0 \cdot k_w = 3,0 \cdot 1,0 = 3,0$$

Ulazni podaci za proračun:

Code parameters	
coeff accel. ag	0,220
ag - design acceleration [...]	2,158
q - behaviour factor	3,000
beta	0,200
S, Tb, Tc, Td manually?	No
Subsoil type	A
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1,000
Tb	0,150
Tc	0,400
Td	2,000

Slika 8.21 Ulazni podaci za proračun

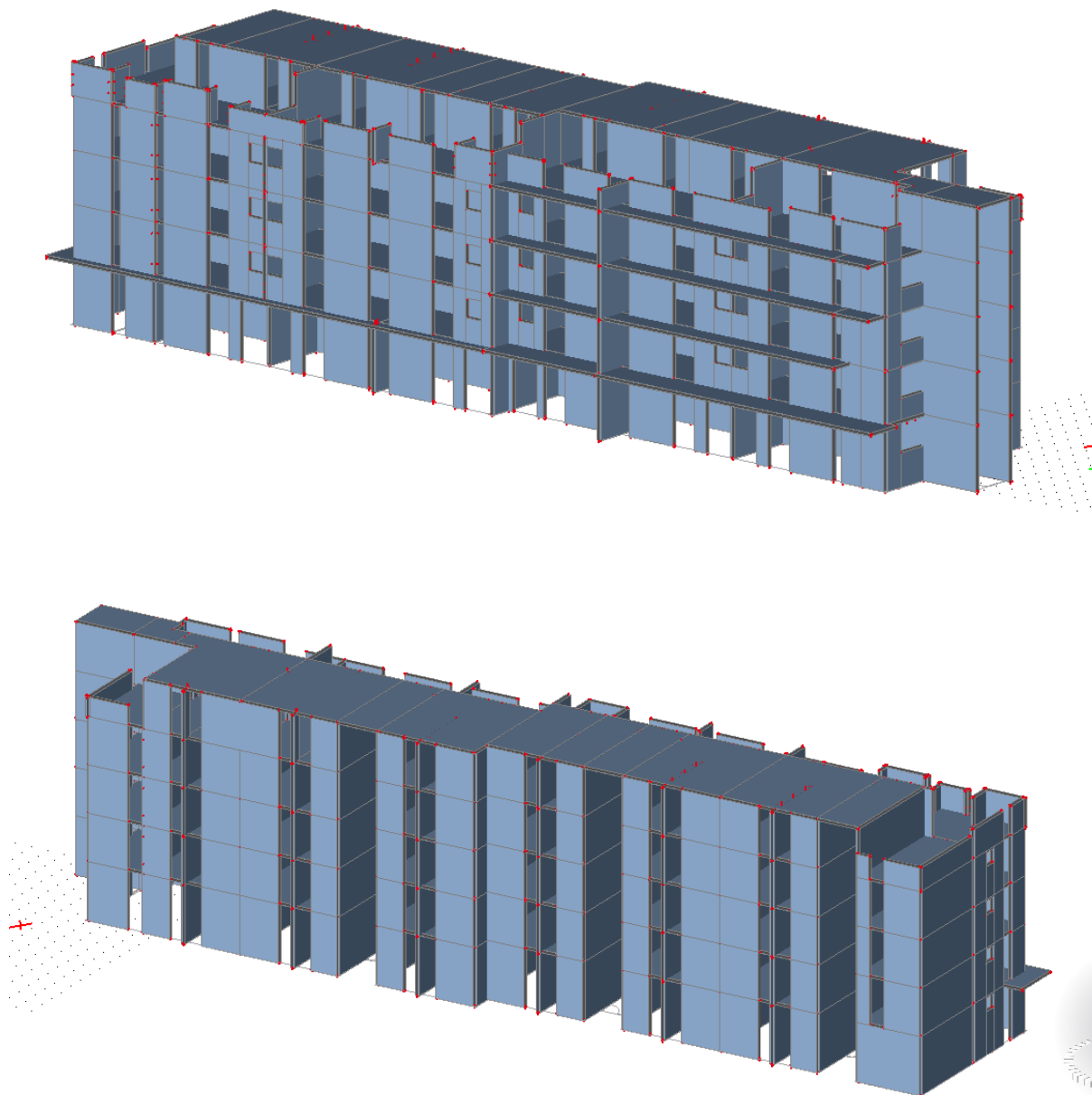


Slika 8.22 Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

## 9. NUMERIČKI MODEL

### 9.1 Numerički model općenito

Za proračun ovog rada napravljen je 3D model konstrukcije koji se sastoji od 2D plošnih elemenata (ploča i zidova). Numerički model izrađen je u računalnom programu Scia Engineer 19.0.



Slika 9.1 Prikaz 3D modela konstrukcije

- Međukatne konstrukcije su pune AB ploče debljine 18 cm. Modelirane su kao 2D plošni elementi i opterećene okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup> - dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem te snijegom.

- Zidovi su armirano betonski zidovi debljine od 25 cm. Modelirani su kao 2D plošni elementi i opterećeni okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup> vjetrovnim opterećenjem u dva smjera.

Svi betonski dijelovi izgrađeni su od betona C30/37, izuzev temelja C25/30, armirani armaturom B500B.

## 9.2 Kombinacije opterećenja

Za gore navedene dijelove konstrukcije i nanesena opterećenja provedena je dinamička i statička analiza. Dinamička analiza podrazumijeva višemodalnu spektralnu analizu sa rezultatima vlastitih oblika koji su međusobno kombinirani SRSS metodom. Temeljem statičke analize provedeno je dimenzioniranje konstruktivnih elemenata (GSN kombinacije) te kontrola graničnog stanja uporabljivosti (GSU kombinacije).

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI:

(\* U kombinacijama za maksimalne sile u polju pokretno opterećenje je uvećano za 20%)

UOBIČAJENA KOMBINACIJA	
<i>GSN1</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k$
<i>GSN2</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k$
<i>GSN3</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (1,2 \cdot Q_k + W_x + S)$
<i>GSN4</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (Q_k + W_x + S)$
<i>GSN5</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (1,2 \cdot Q_k + W_y + S)$
<i>GSN6</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot (Q_k + W_y + S)$
<i>GSN7</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_x + 1,5S)$
<i>GSN8</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_x + 1,5S)$
<i>GSN9</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_y + 1,5S)$
<i>GSN10</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6 \cdot (1,5W_y + 1,5S)$
<i>GSN11</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN12</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN13</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN14</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
<i>GSN15</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
<i>GSN16</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
<i>GSN17</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
<i>GSN18</i>	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$



SEIZMIČKA KOMBINACIJA	
<i>GSN19</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,5 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_x$
<i>GSN20</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,5 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_y$

GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI:

UOBIČAJENA KOMBINACIJA	
<i>GSU1</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 \cdot Q_k$
<i>GSU2</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 Q_k + 1,0 W_x + 1,0 S$
<i>GSU3</i>	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 Q_k + 1,0 W_y + 1,0 S$

### 9.3 Rezultati dinamičke analize

Prikaz aktivacije mase pri potresnom djelovanju:

#### Calculation protocol

##### Solution of Free vibration

Number of 2D elements	6964
Number of 1D elements	5
Number of mesh nodes	6597
Number of equations	39582
Combination of mass groups	MC1 CM1
Number of frequencies	36
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard using improved reduced system (IRS)
Start of calculation	04.09.2020 15:55
End of calculation	04.09.2020 15:55

##### Sum of masses

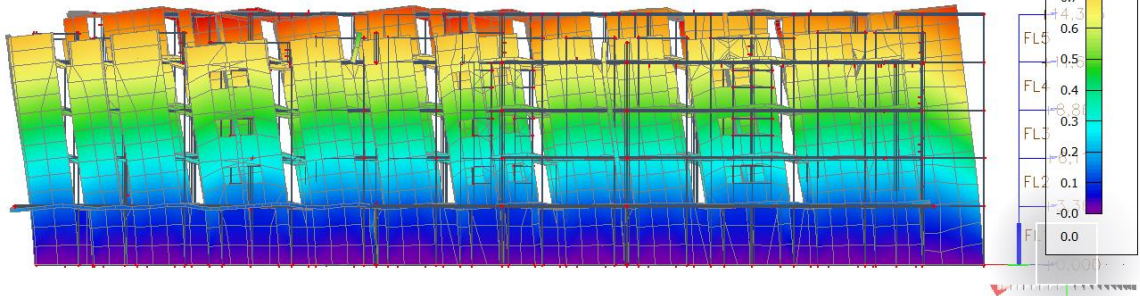
	Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1	Moving mass	3882918,0	3882918,0	3882918,0
1	Total mass	3974994,8	3974994,8	3974994,8

##### Relative modal masses

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{x1}/W_{xtot}$	$W_{y1}/W_{ytot}$	$W_{z1}/W_{ztot}$	$N_{x1_R}/W_{xtot_F}$	$W_{y1_R}/W_{ytot_F}$	$N_{z1_R}/W_{ztot_F}$
1	64.4045	0,10	10,25	0,6859	0,0037	0,0000	0,0011	0,0195	0,0159
2	73.1195	0,09	11,64	0,0199	0,2036	0,0003	0,0543	0,0000	0,4545
3	87.5328	0,07	13,93	0,0003	0,4894	0,0003	0,1669	0,0000	0,1957
4	109.346	0,06	17,40	0,0001	0,0006	0,0158	0,0032	0,0165	0,0003
5	123.524	0,05	19,66	0,0000	0,0008	0,0080	0,0069	0,0089	0,0003
6	137.654	0,05	21,91	0,0006	0,0136	0,0001	0,0361	0,0001	0,0499
7	176.284	0,04	28,06	0,0005	0,0259	0,0017	0,0574	0,0008	0,0196
8	186.12	0,03	29,62	0,1494	0,0001	0,0000	0,0003	0,0197	0,0001
9	196.914	0,03	31,34	0,0004	0,0025	0,0052	0,0005	0,0139	0,0359
10	201.078	0,03	32,00	0,0000	0,0004	0,0542	0,0128	0,0002	0,0000
11	210.981	0,03	33,58	0,0000	0,0040	0,1587	0,0396	0,0131	0,0013
12	215.849	0,03	34,35	0,0000	0,0014	0,0455	0,0154	0,0349	0,0002
13	228.013	0,03	36,29	0,0002	0,0000	0,0130	0,0042	0,2084	0,0000
14	238.446	0,03	37,95	0,0001	0,0002	0,0590	0,0054	0,2478	0,0000
15	244.992	0,03	38,99	0,0001	0,0000	0,0086	0,0052	0,0418	0,0000
16	251.974	0,02	40,10	0,0001	0,0000	0,0209	0,0138	0,0007	0,0005
17	255.939	0,02	40,73	0,0003	0,0023	0,1331	0,0529	0,0524	0,0001
18	261.344	0,02	41,59	0,0006	0,0002	0,0003	0,0180	0,0088	0,0047
19	268.779	0,02	42,78	0,0047	0,0024	0,1427	0,0058	0,0005	0,0070
20	276.45	0,02	44,00	0,0344	0,0110	0,0459	0,0459	0,0120	0,0005
21	281.149	0,02	44,75	0,0227	0,0267	0,0178	0,0642	0,0005	0,0057
22	307.922	0,02	49,01	0,0001	0,0000	0,0098	0,0003	0,0003	0,0001
23	313.812	0,02	49,94	0,0000	0,0961	0,0039	0,1013	0,0002	0,0328
24	323.627	0,02	51,51	0,0000	0,0024	0,0006	0,0007	0,0012	0,0000
25	345.697	0,02	55,02	0,0000	0,0004	0,0102	0,0014	0,0003	0,0009
26	393.605	0,02	62,64	0,0370	0,0001	0,0000	0,0001	0,0048	0,0001
27	432.677	0,01	68,86	0,0000	0,0042	0,0001	0,0076	0,0008	0,0067
28	481.455	0,01	76,63	0,0000	0,0270	0,0001	0,0364	0,0000	0,0159
29	492.596	0,01	78,40	0,0109	0,0001	0,0000	0,0002	0,0026	0,0000
30	599.889	0,01	95,48	0,0000	0,0096	0,0004	0,0172	0,0002	0,0033
31	634.383	0,01	100,97	0,0000	0,0002	0,0000	0,0003	0,0001	0,0001
32	671.931	0,01	106,94	0,0051	0,0000	0,0000	0,0001	0,0011	0,0000
33	784.717	0,01	124,89	0,0000	0,0028	0,0000	0,0066	0,0001	0,0018
34	1208.18	0,01	192,29	0,0000	0,0006	0,0678	0,0579	0,0479	0,0068
35	1302.78	0,00	207,34	0,0000	0,0003	0,0212	0,0115	0,2308	0,0009
36	1483.41	0,00	236,09	0,0000	0,0006	0,1533	0,0188	0,0005	0,0044
				0,9733	0,9334	0,9986	0,8701	0,9914	0,8660

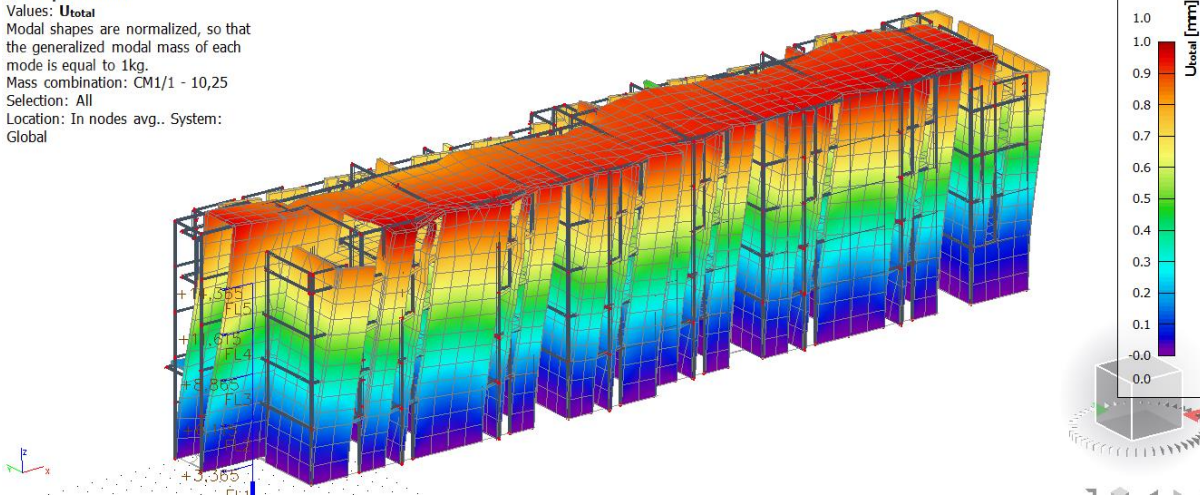
**3D displacement**

Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/1 - 10,25  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



**3D displacement**

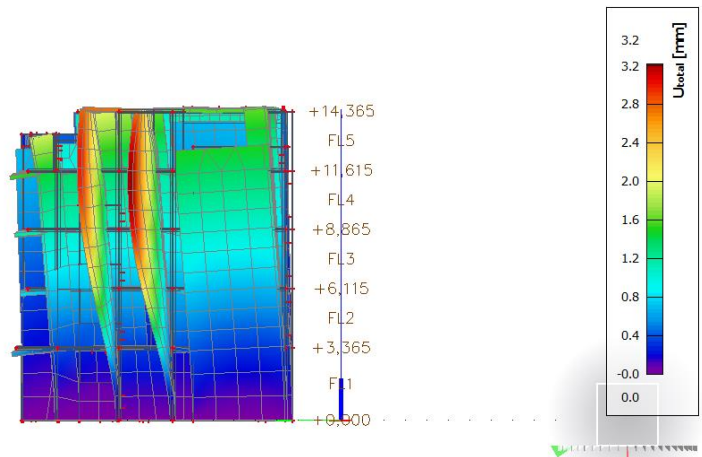
Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/1 - 10,25  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 9.2 1.mod translacija u smjeru globalne osi x

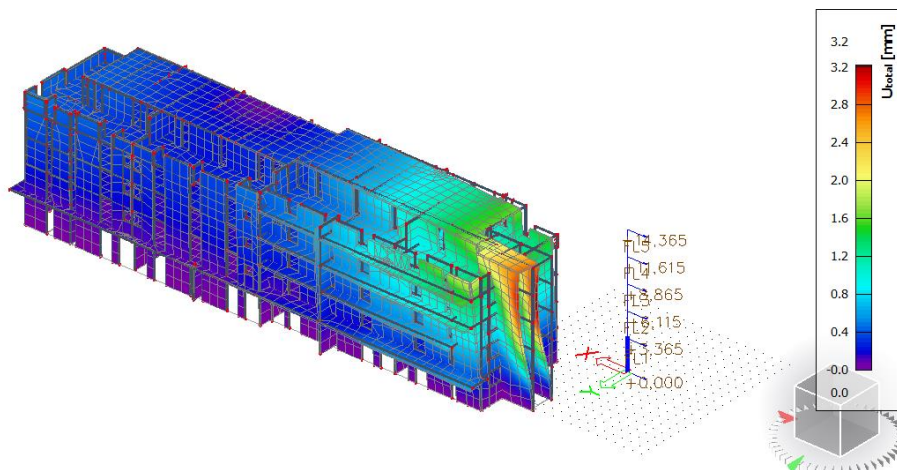
**3D displacement**

Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/2 - 11,64  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



**3D displacement**

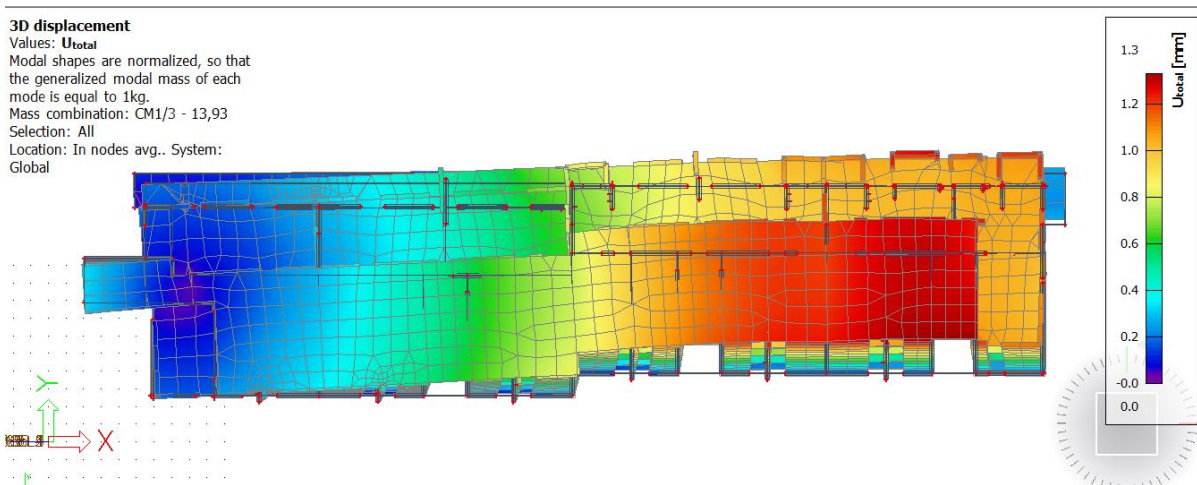
Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/2 - 11,64  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 9.3 2. mod translacija u smjeru globalne osi y

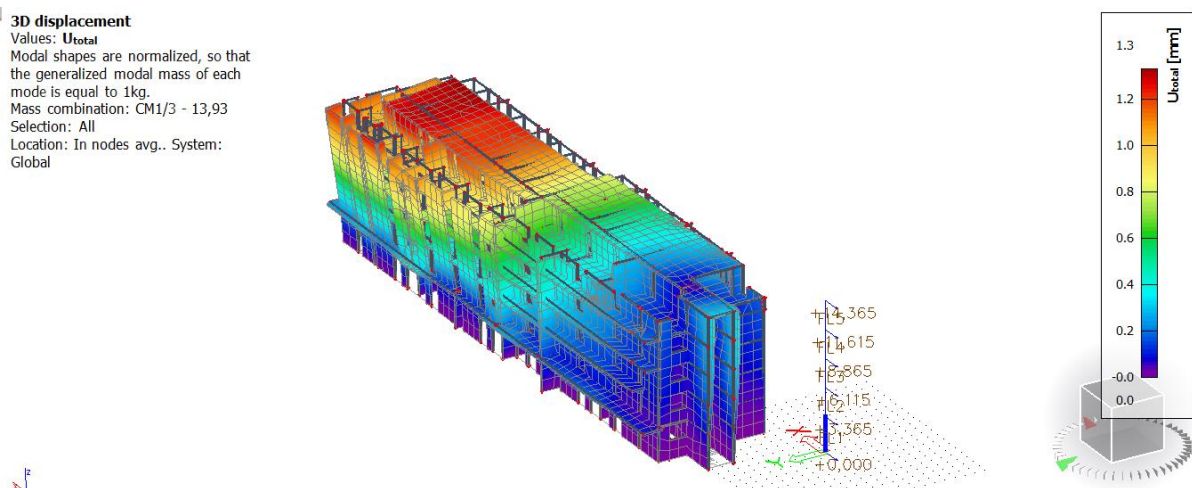
**3D displacement**

Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/3 - 13,93  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



**3D displacement**

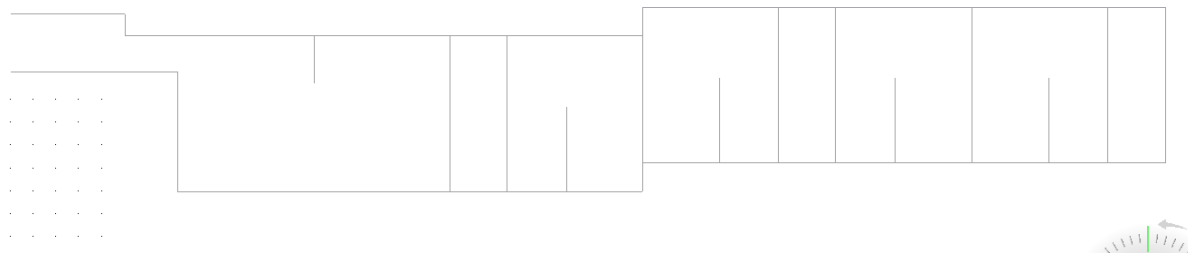
Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/3 - 13,93  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



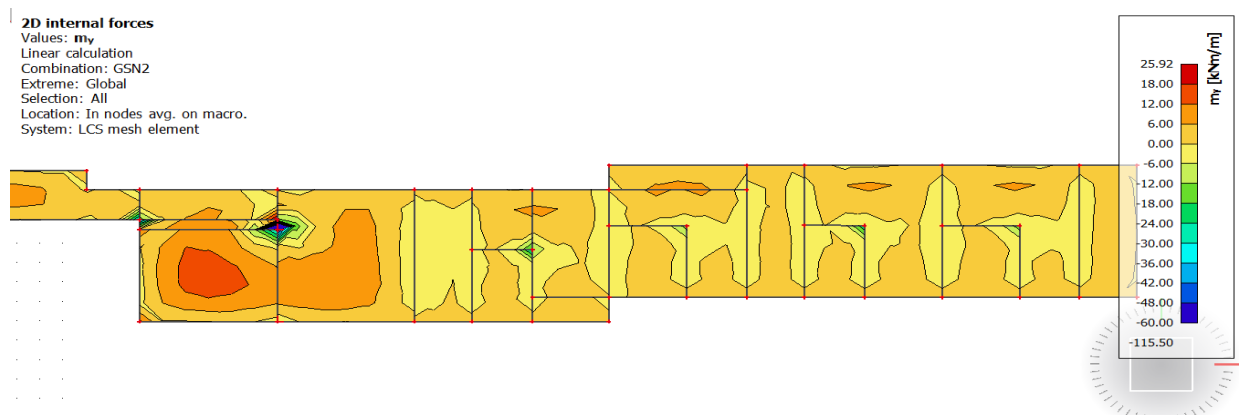
Slika 9.4 3.mod translacija u smjeru globalne osi z

## 10. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

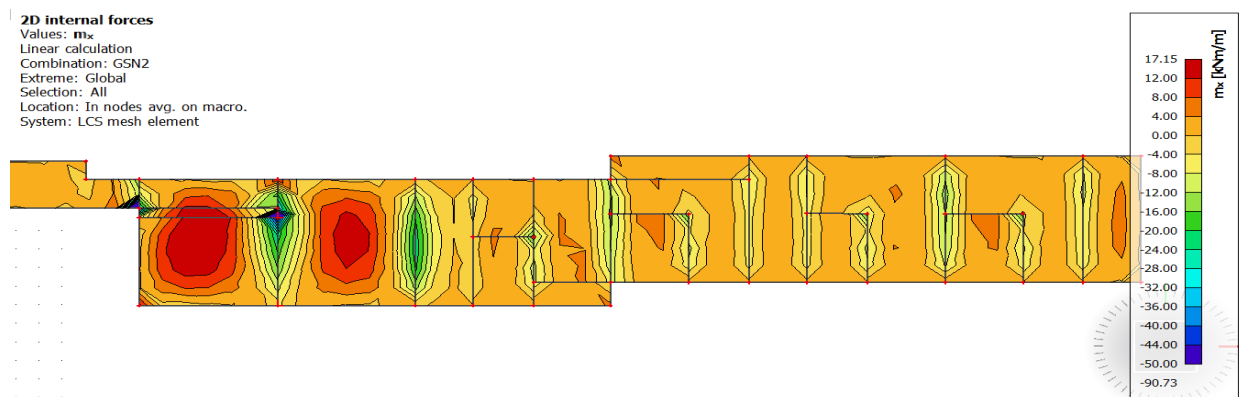
### 10.1 Proračun ploče poz 500 (nadgrade)



Za dobivanje maksimalnog momenta u polju korištena je kombinacija GSN (1,35G \* 1,35dG \* 1,5\*1,2\*q). Korisno opterećenje uvećano je za 20 %.

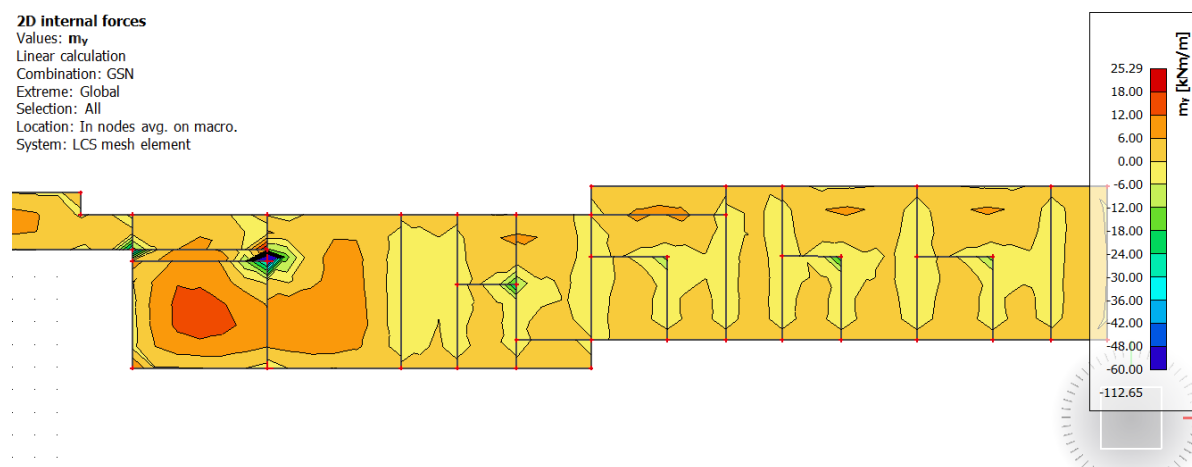


Slika 10.1 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )

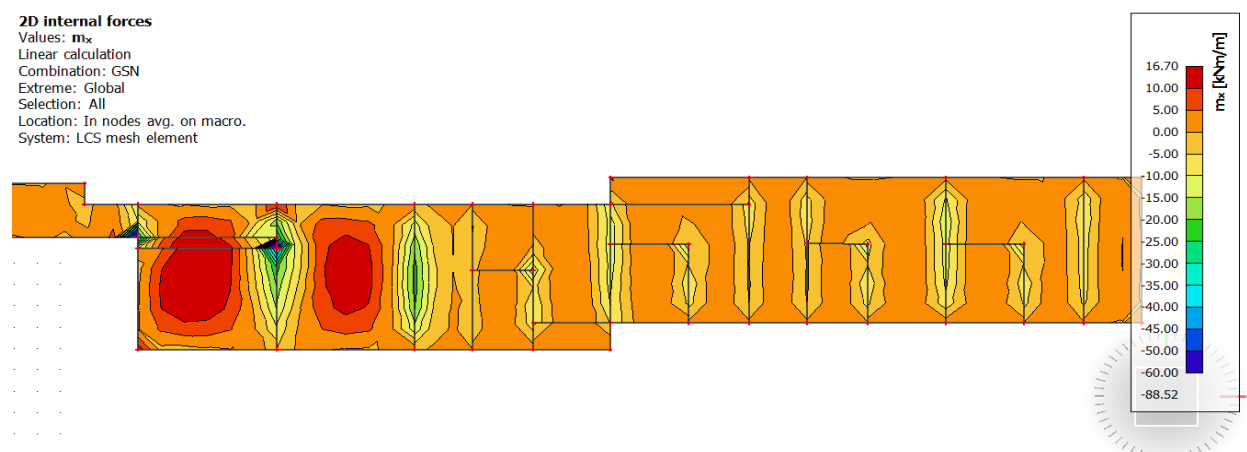


Slika 10.2 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )

Za dobivanje maksimalnog momenta na ležaju korištena je kombinacija GSN (1,35G \* 1,35dG \* 1,5\*q).

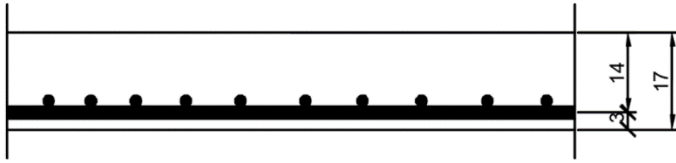


Slika 10.3 Prikaz momenaza savijanja (GSN, $m_y$ )



Slika 10.4 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )

### 10.1.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.5 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20\ MPa; \quad f_{cd} = 2,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$B\ 500\ B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78\ MPa; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$b = 100\ cm, \quad h = 17\ cm, \quad d = 14\ cm$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 17 = 1,7\ cm^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 17 = 34\ cm^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[ $cm^2/m'$ ]	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	335	3,35	62,33	18,36	0,20
R/Q	-	385	3,85	62,33	21,10	0,23
R/Q	-	424	4,24	62,33	23,24	0,25
R/Q	-	503	5,03	62,33	27,57	0,30
R	-	524	5,24	62,33	28,72	0,31
R/Q	-	636	6,36	62,33	34,86	0,37
R/Q	-	785	7,85	62,33	43,03	0,46

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed} = 25,92kNm$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{25,92 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,066$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,92 \cdot 100}{0,947 \cdot 14 \cdot 43,48} = 4,49cm^2$$

Odabrana armatura: **Q-503** ( $A_s = 5,03 cm^2$ )

Napomena:

Moment iznosa  $M_{ed} = 25.92 kNm$  pojavljuje se samo na rijetkim mjestima ploče (crvene zone na slikama). Stoga, proračun ostatka poz500 nastavljamo sa iznosom momenta  $M_{ed} = 15 kNm$ (narančaste zone na slikama) .

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{15 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,038$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,2\text{‰}, \quad \zeta = 0,962, \quad \xi = 0,107$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15 \cdot 100}{0,962 \cdot 14 \cdot 43,48} = 2,56cm^2$$



Odabrana armatura: **Q-257** ( $A_s = 2,57 \text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) :

$$M_{Ed, \min} = 30 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{30 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,077$$

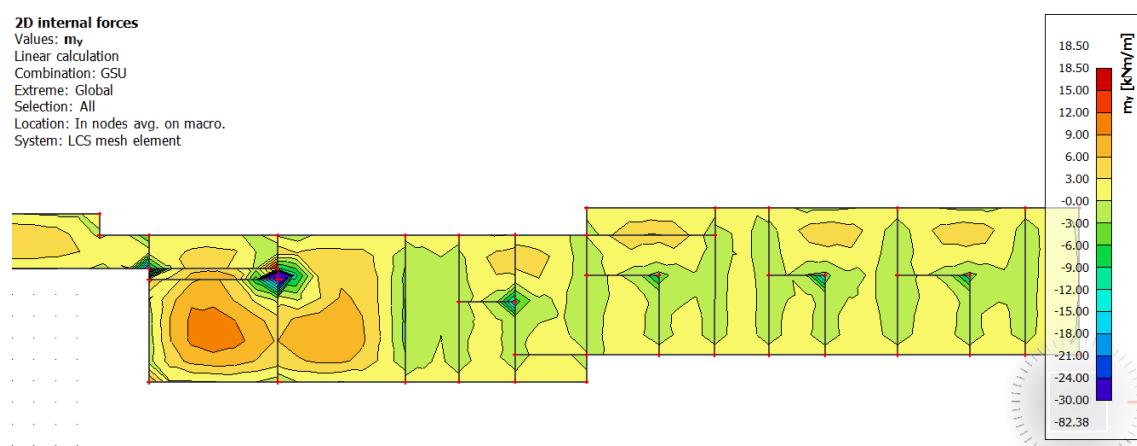
$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,8\text{‰}, \quad \zeta = 0,944, \quad \xi = 0,153$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30 \cdot 100}{0,944 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,22 \text{ cm}^2$$

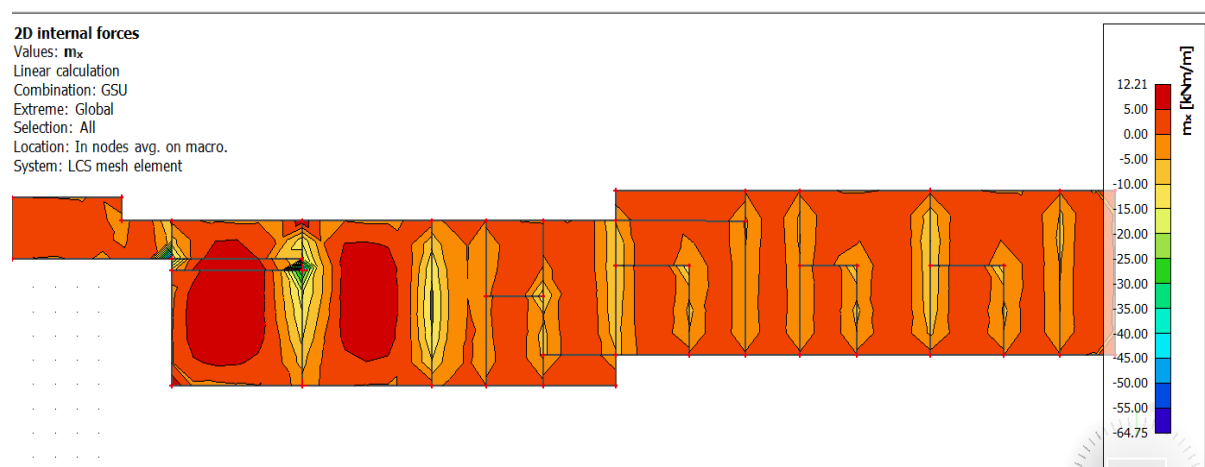
Odabrana armatura: **R-636** ( $A_s = 6.36 \text{ cm}^2$ )

### 10.1.2 Kontrola pukotina

Pri kontroli pukotina koristimo kombinaciju GSU ; 1,0\*G + 1,0\*dG + 1,0\*Q



Slika 10.6 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_y$ )



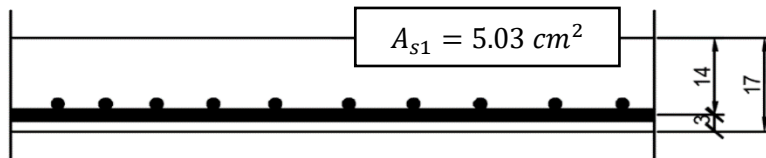
Slika 10.7 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q503 ( $A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q636  $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{5.03}{100 \cdot \left(\frac{17-2.63}{3}\right)} = 0.0105$$

*Srednji razmak pukotina:*

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

$$Q503 - \phi = 8 \text{ mm}$$

*Zaštitni sloj: c = 25 mm*

*Rebrasta armatura: k<sub>1</sub> = 0.8*

*Savijanje: k<sub>2</sub> = 0.5*

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 12,00 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 5.03}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 14}{6.061 \cdot 5.03}} \right) = 2.63 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1200}{\left( 14 - \frac{2.63}{3} \right) \cdot 5.03} = 18.18 \text{ kN/cm}^2 = 181.8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{181.8 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.0105} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.0105)}{200000} = 0.00032 \leq 0.00054$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00054$$

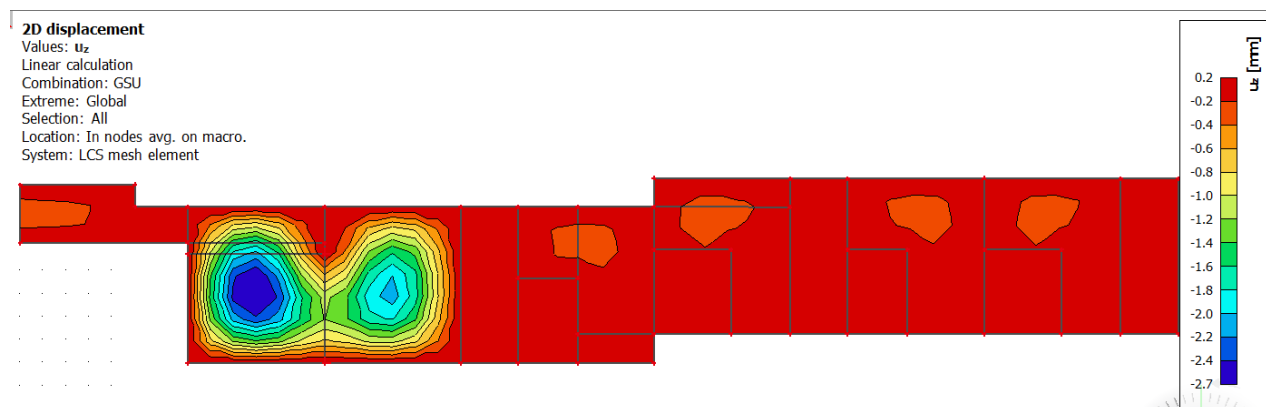
$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{8}{0.0136} = 185 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 185 \cdot 0.00054 = 0.10 \text{ mm} \approx 0.3 \text{ mm}$$

*Provjera na pukotine zadovoljava*

### 10.1.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.8 Prikaz progiba ploče za kombinaciju GSU

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granična vrijednost progiba ploče u polju: } f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{600}{250} = 2.40 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.27 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajani progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 17 = 1700 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 17) = 234 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1700}{234} = 14.53 \text{ cm} = 145.3 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{145.3}} = 1.38 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 145.3 + 250 = 572.48$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1+t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1+28^{0.2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

*Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja*

*Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja*

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.38 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.835$$

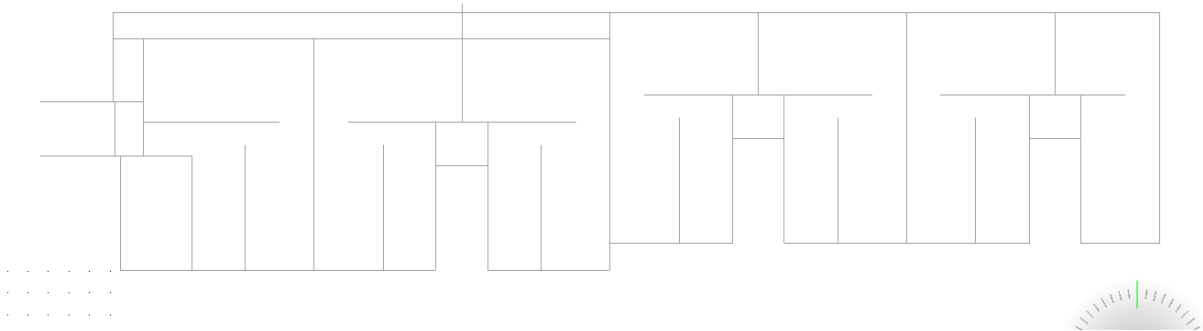
$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{5.03} = 0.85$$

$$f_d = 1.835 \cdot 0.85 \cdot 0.27 = 0.421 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.27 + 0.421 = 0.691 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2.41 \text{ cm}$$

*Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progib*

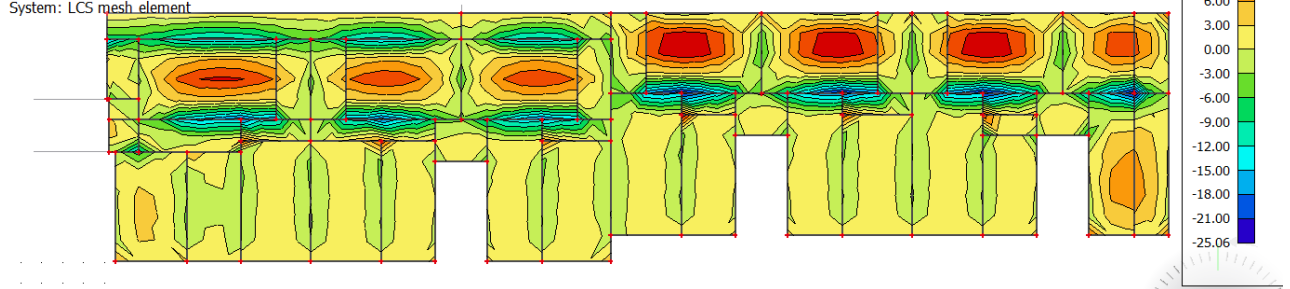
## 10.2 Proračun ploče poz 400



Za dobivanje maksimalnog momenta u polju korištena je kombinacija GSN ( $1,35G * 1,35dG * 1,5 * 1,2 * q$ ). Korisno opterećenje uvećano je za 20 %.

### 2D internal forces

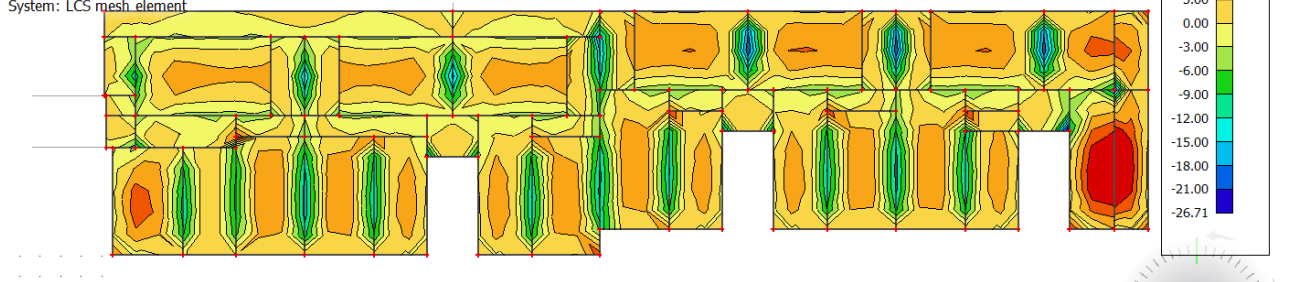
Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 10.9 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )

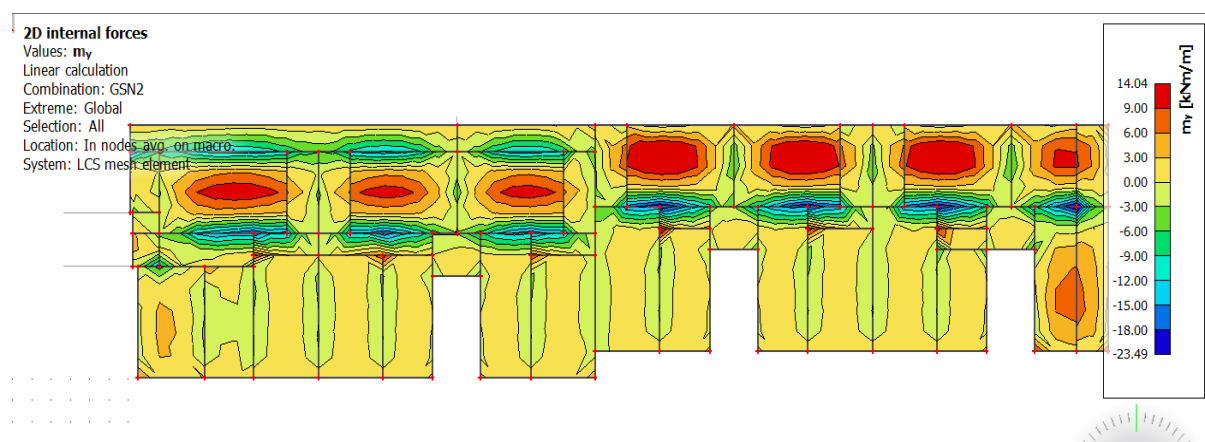
### 2D internal forces

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

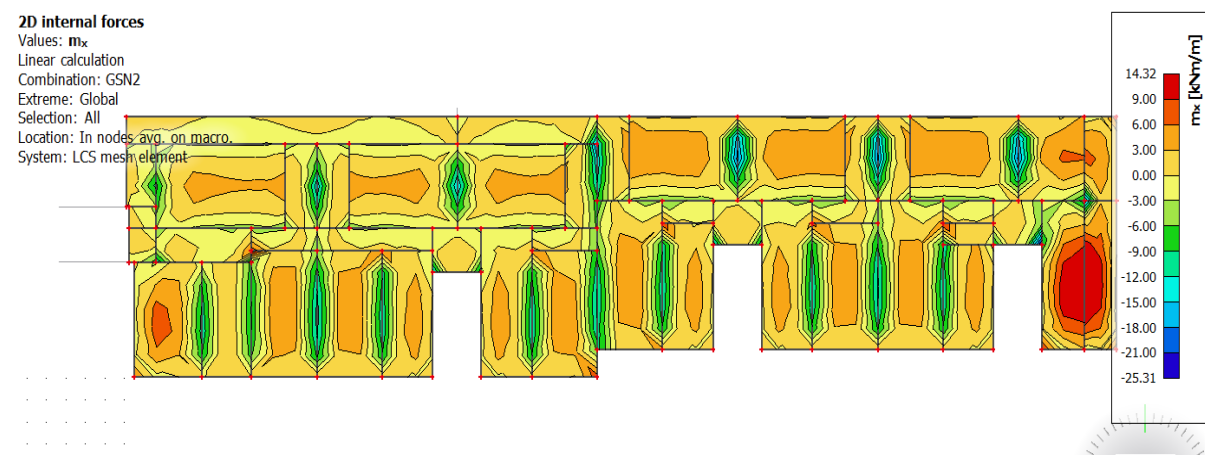


Slika 10.10 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )

Za dobivanje maksimalnog momenta na ležaju korištena je kombinacija GSN (1,35G \* 1,35dG \* 1,5\*q).



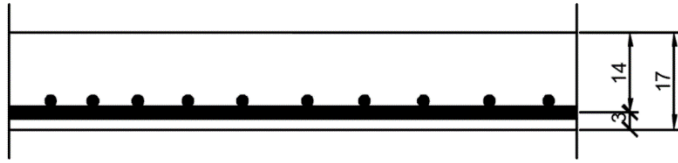
Slika 10.11 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )



Slika 10.12 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )



### 10.2.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.13 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20\ MPa; \quad f_{cd} = 2,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$B\ 500\ B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78\ MPa; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$b = 100\ cm, \quad h = 17\ cm, \quad d = 14\ cm$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 17 = 1,7\ cm^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 17 = 34\ cm^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	335	3,35	62,33	18,36	0,20
R/Q	-	385	3,85	62,33	21,10	0,23
R/Q	-	424	4,24	62,33	23,24	0,25
R/Q	-	503	5,03	62,33	27,57	0,30
R	-	524	5,24	62,33	28,72	0,31
R/Q	-	636	6,36	62,33	34,86	0,37
R/Q	-	785	7,85	62,33	43,03	0,46

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed} = 15,16 \text{ kNm}$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{15,16 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,0387$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,2\text{‰}, \quad \zeta = 0,962, \quad \xi = 0,044$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15,16 \cdot 100}{0,962 \cdot 14 \cdot 43,48} = 2,58 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q-283** ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) -> negativni moment savijanja:

$$M_{Ed,min} = 25,31 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{25,31 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,066$$

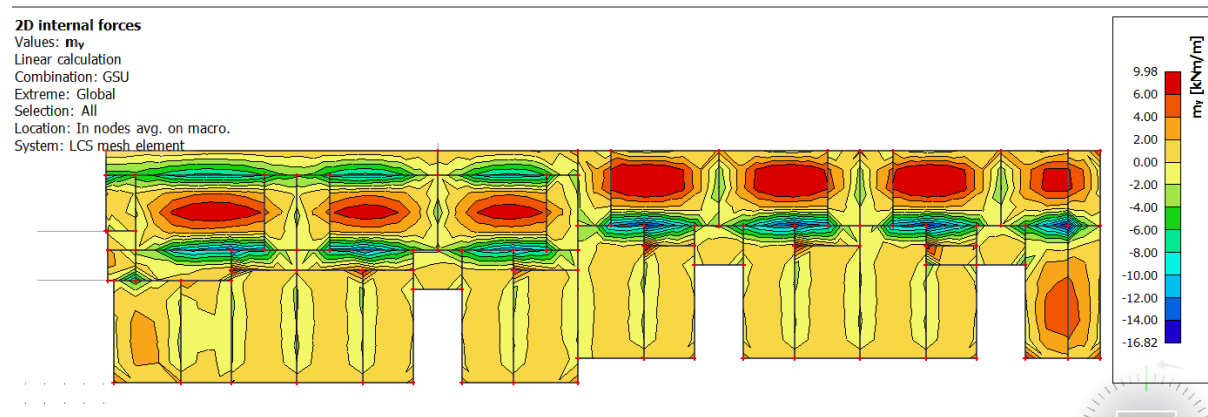
$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,7\text{‰}, \quad \zeta = 0,947, \quad \xi = 0,145$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,31 \cdot 100}{0,947 \cdot 14 \cdot 43,48} = 4,63 \text{ cm}^2$$

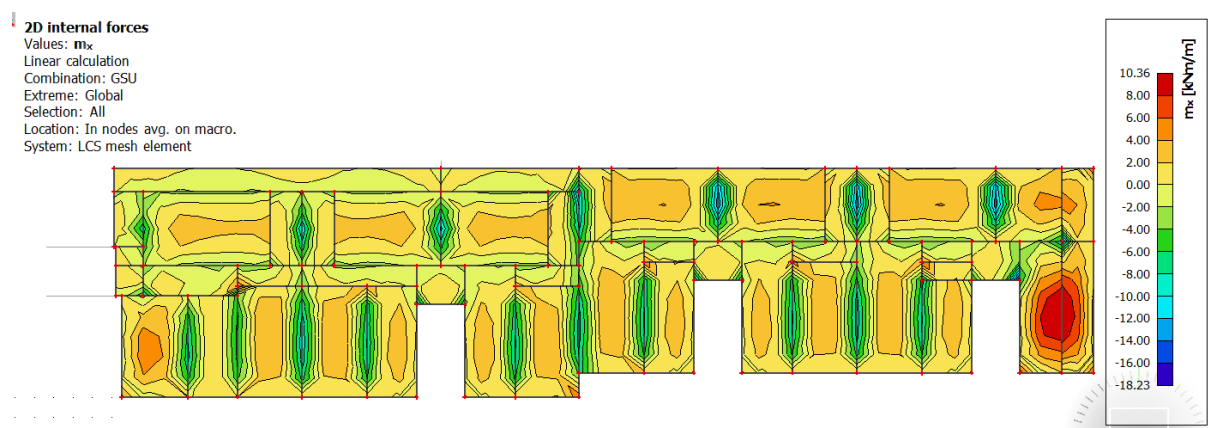
Odabrana armatura: **R-503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

## 10.2.2 Kontrola pukotina

Pri kontroli pukotina koristimo kombinaciju GSU ;  $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot dG + 1,0 \cdot Q$



Slika 10.14 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_y$ )



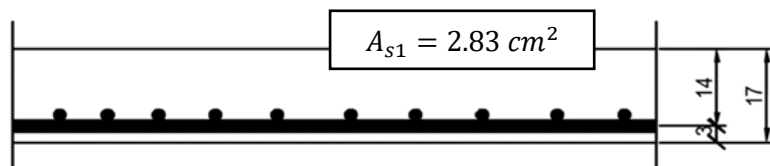
Slika 10.15 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q283 ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q283  $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{2.83}{100 \cdot \left(\frac{17-2.02}{3}\right)} = 0.00567$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q283 - \phi = 6 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 10,36 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 14}{6.061 \cdot 2.83}} \right) = 2.02 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1036}{\left( 14 - \frac{2.02}{3} \right) \cdot 2.83} = 27.71 \text{ kN/cm}^2 = 277.1 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{277.1 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.00567} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.00567)}{200000} = 0.000327 \geq 0.00083$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00083$$

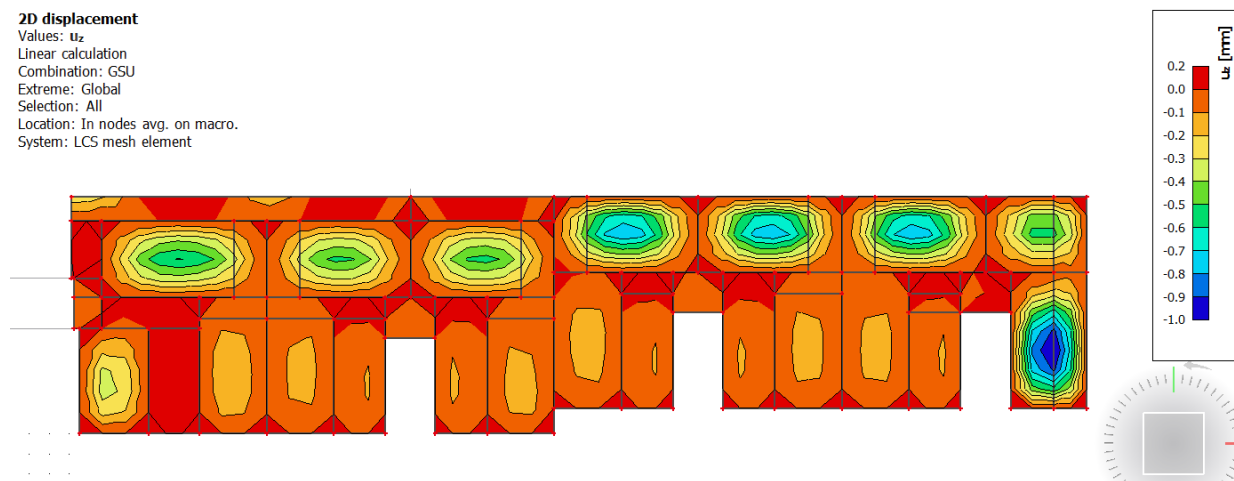
$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.00567} = 264,90 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 264,90 \cdot 0.00083 = 0.219 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

### 10.2.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.16 Prikaz progiba ploče za kombinaciju GSU

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granična vrijednost progiba ploče u polju: } f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{383}{250} = 1.53 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.10 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajani progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 17 = 1700 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 17) = 234 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1700}{234} = 14.53 \text{ cm} = 145.3 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{145.3}} = 1.38 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 145.3 + 250 = 572.48$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1+t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1+28^{0.2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

*Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja*

*Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja*

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.38 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.835$$

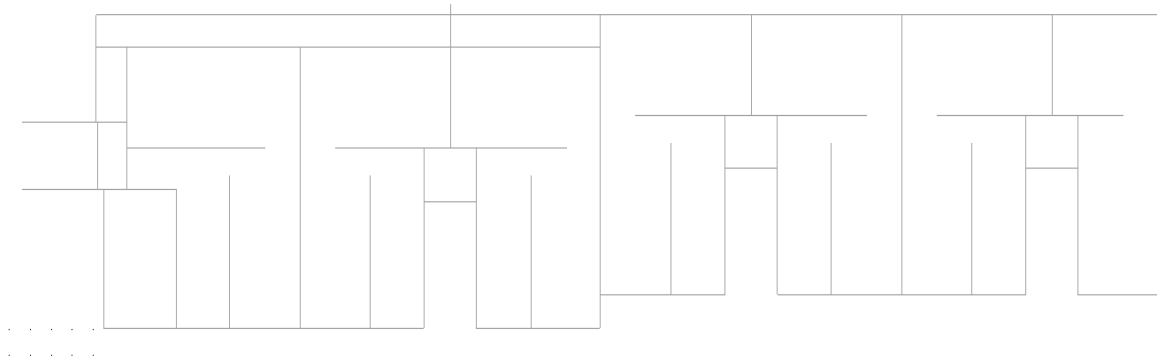
$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{2.83} = 0.85$$

$$f_d = 1.835 \cdot 0.85 \cdot 0.1 = 0.156 \text{ cm}$$

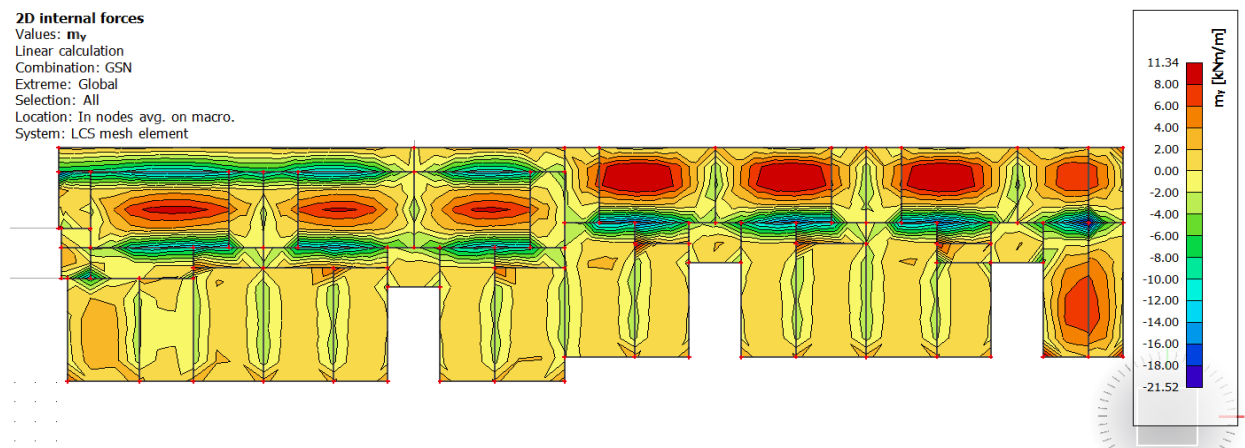
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.10 + 0.156 = 0.256 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.53 \text{ cm}$$

*Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progib*

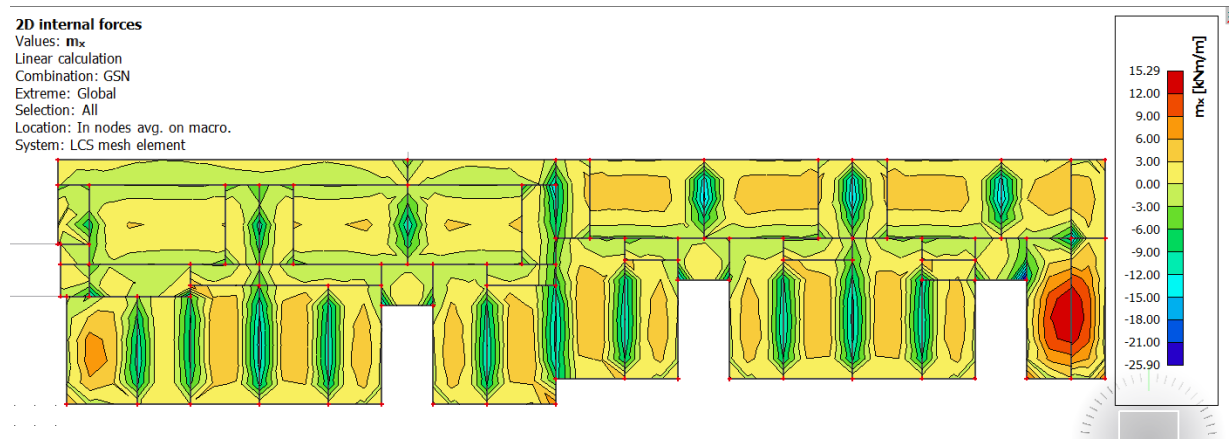
### 10.3 Proračun ploče poz 300 i 200 (međukatne konstrukcije)



Za dobivanje maksimalnog momenta u polju korištena je kombinacija GSN (1,35G \* 1,35dG \* 1,5\*1,2\*q). Korisno opterećenje uvećano je za 20 %.



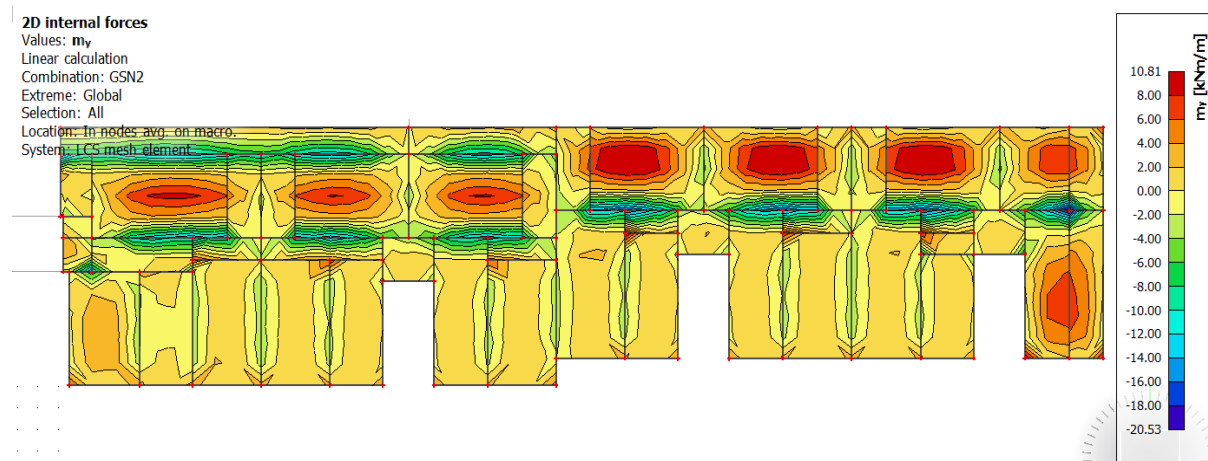
Slika 10.17 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )



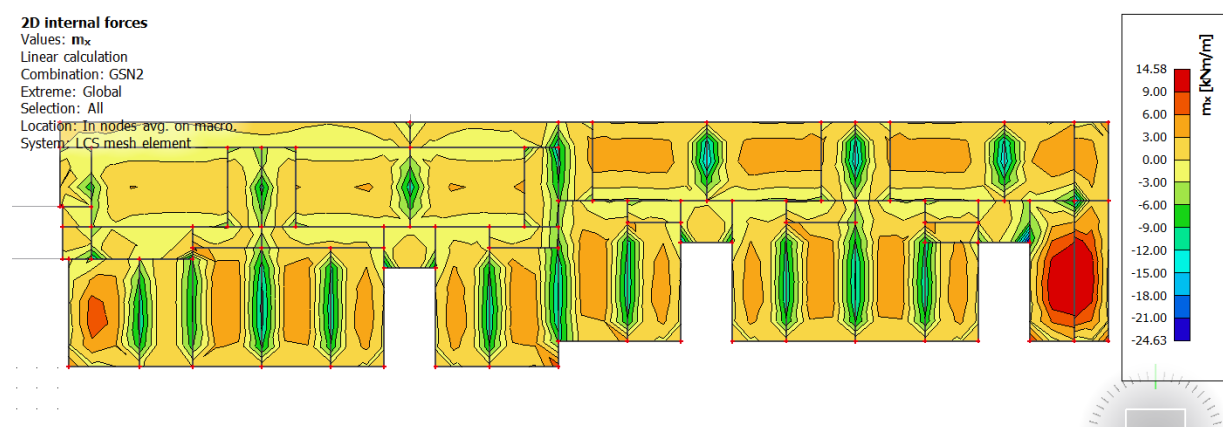
Slika 10.18 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )



Za dobivanje maksimalnog momenta na ležaju korištena je kombinacija GSN (1,35G \* 1,35dG \* 1,5q)

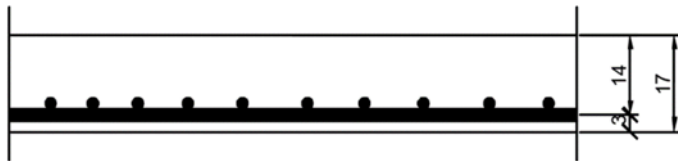


Slika 10.19 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )



Slika 10.20 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )

### 10.3.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.21 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20\ MPa; \quad f_{cd} = 2,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$B\ 500\ B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78\ MPa; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$b = 100\ cm, \quad h = 17\ cm, \quad d = 14\ cm$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 17 = 1,7\ cm^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 17 = 34\ cm^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	335	3,35	62,33	18,36	0,20
R/Q	-	385	3,85	62,33	21,10	0,23
R/Q	-	424	4,24	62,33	23,24	0,25
R/Q	-	503	5,03	62,33	27,57	0,30
R	-	524	5,24	62,33	28,72	0,31
R/Q	-	636	6,36	62,33	34,86	0,37
R/Q	-	785	7,85	62,33	43,03	0,46

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed} = 15.29\text{kNm}$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{15.29 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,039$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1.2\text{‰}, \quad \zeta = 0,962, \quad \xi = 0,0107$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15,29 \cdot 100}{0,962 \cdot 14 \cdot 43,48} = 2.61\text{cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q-283** ( $A_s = 2,83\text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) -> negativni moment savijanja:

$$M_{Ed,min} = 24,63\text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{24,63 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,063$$

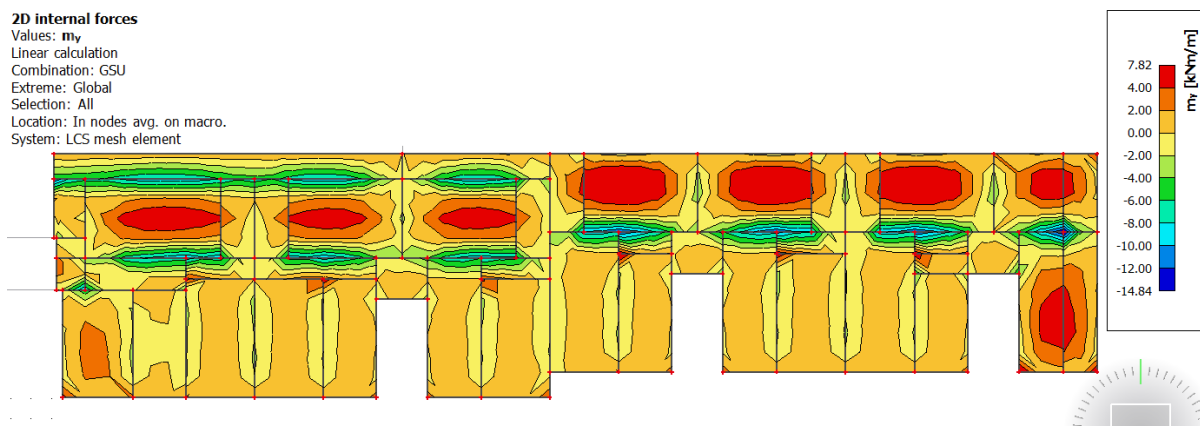
$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,7\text{‰}, \quad \zeta = 0,947, \quad \xi = 0,145$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{24,63 \cdot 100}{0,947 \cdot 14 \cdot 43,48} = 4,49\text{cm}^2$$

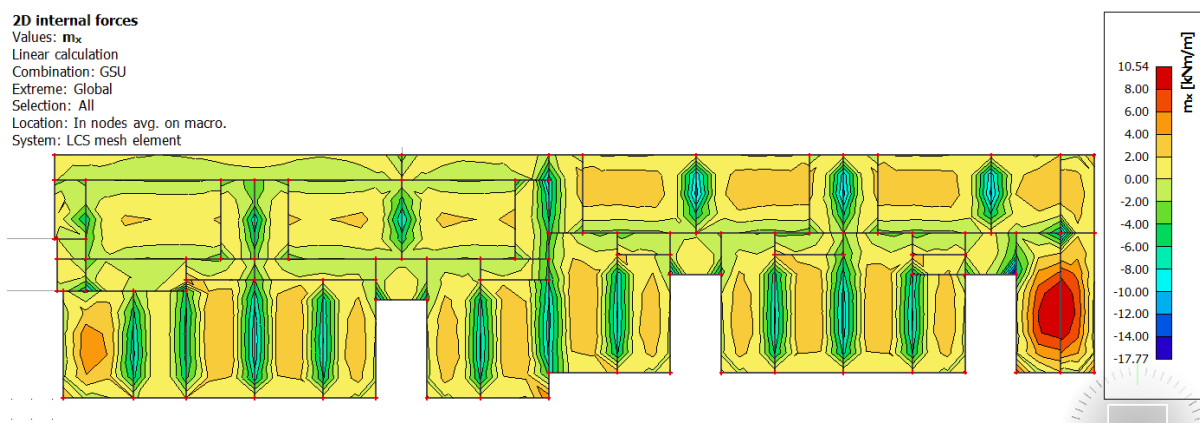
Odabrana armatura: **R-503** ( $A_s = 5.03\text{ cm}^2$ )

### 10.3.2 Kontrola pukotina

Pri kontroli pukotina koristimo kombinaciju GSU ; 1,0\*G + 1,0\*dG + 1,0\*Q



Slika 10.22 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_y$ )



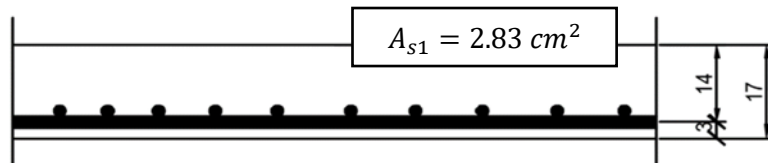
Slika 10.23 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q283 ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q283  $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{2.83}{100 \cdot \left(\frac{17-2.02}{3}\right)} = 0.00567$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$Q283 - \phi = 6 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$M_{Ed} = 10,54 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 14}{6.061 \cdot 2.83}} \right) = 2.02 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1054}{\left(14 - \frac{2.02}{3}\right) \cdot 2.83} = 27.94 \text{ kN/cm}^2 = 279.4 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{279.4 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.00567} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.00567)}{200000} = 0.000338 \geq 0.00084$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00084$$

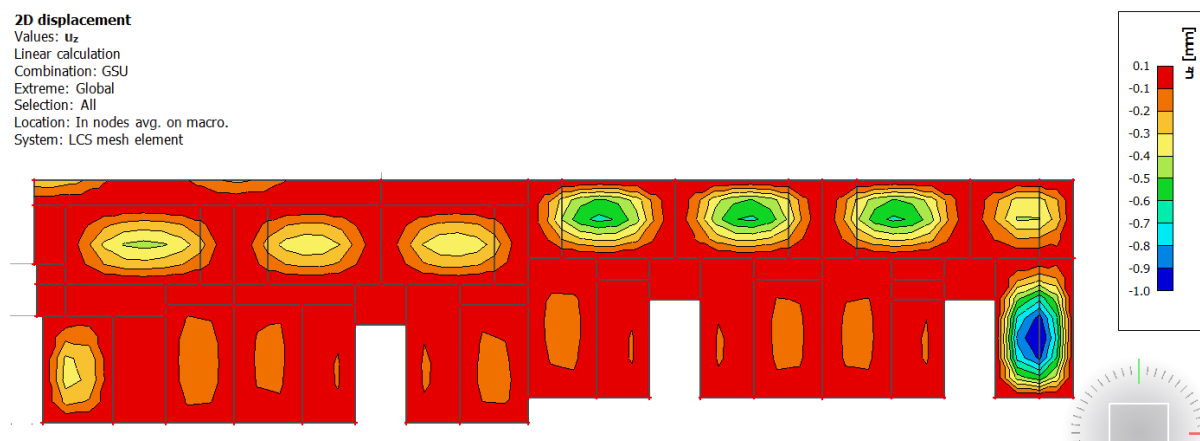
$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.00567} = 264,90 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 264,90 \cdot 0.00084 = 0.221 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

### 10.3.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.24 Prikaz progiba ploče za kombinaciju GSU

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granična vrijednost progiba ploče u polju: } f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{383}{250} = 1.53 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.10 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajani progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 17 = 1700 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 17) = 234 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1700}{234} = 14.53 \text{ cm} = 145.3 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{145.3}} = 1.38 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 145.3 + 250 = 572.48$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1+t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1+28^{0.2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

*Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja*

*Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja*

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.38 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.835$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{2.83} = 0.85$$

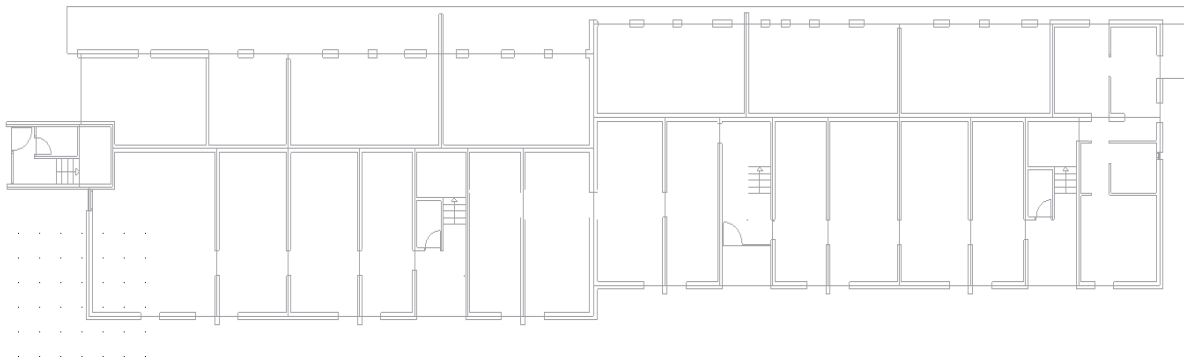
$$f_d = 1.835 \cdot 0.85 \cdot 0.1 = 0.156 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.10 + 0.156 = 0.256 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.53 \text{ cm}$$

*Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progib*



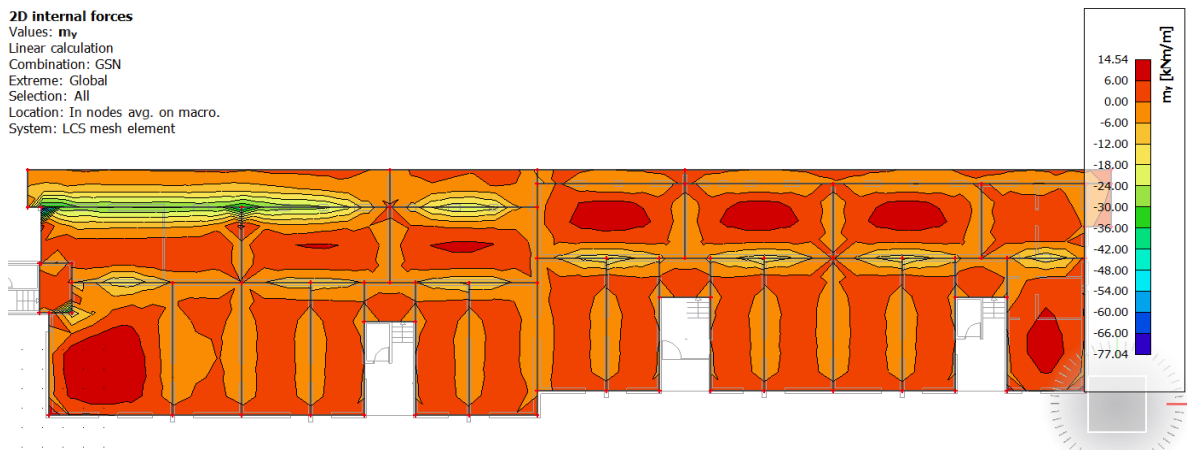
### 10.4 Proračun ploče poz 100 (prizemlje)



Za dobivanje maksimalnog momenta u polju korištena je kombinacija GSN (1,35G \* 1,35dG \* 1,5\*1,2\*q). Korisno opterećenje uvećano je za 20 %.

#### 2D internal forces

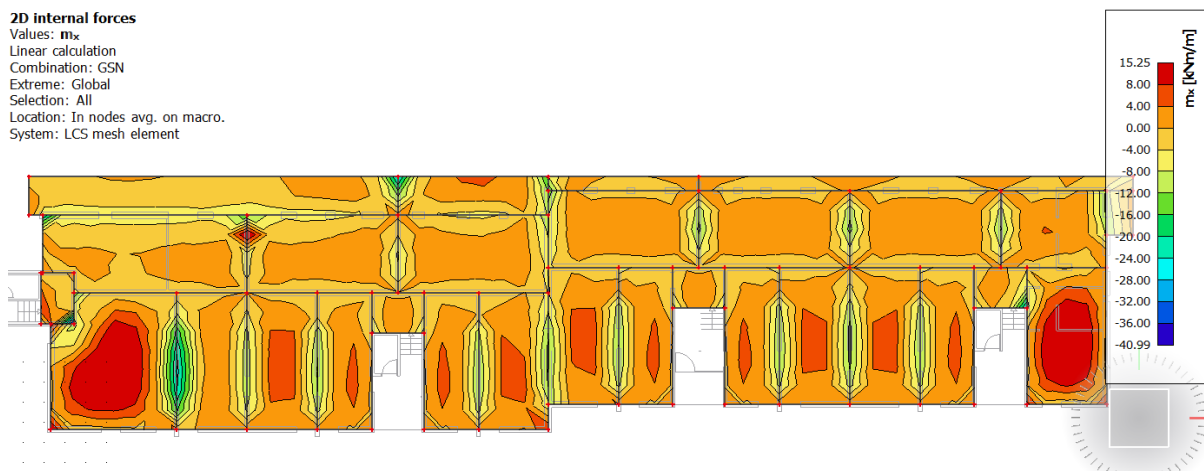
Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 10.25 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )

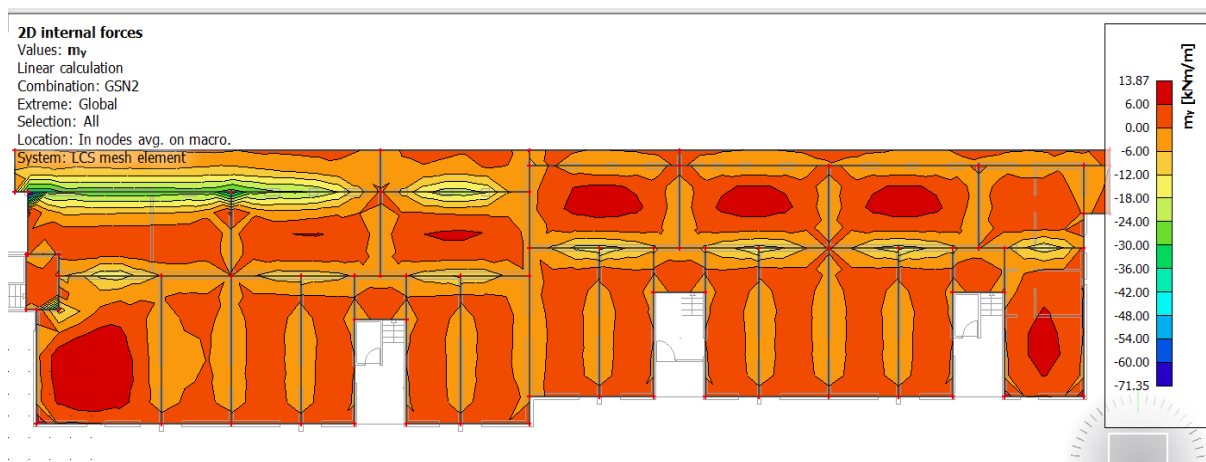
#### 2D internal forces

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

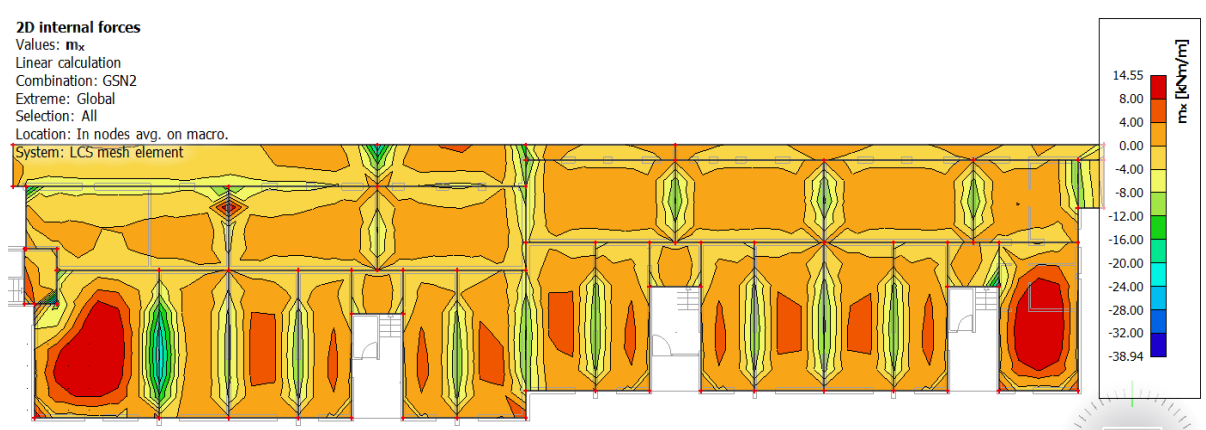


Slika 10.26 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )

Za dobivanje maksimalnog momenta na ležaju korištena je kombinacija GSN ( $1,35G + 1,35dG + 1,5q$ ).

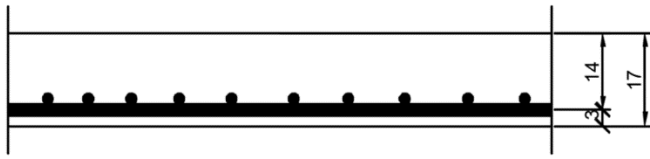


Slika 10.27 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_y$ )



Slika 10.28 Prikaz momenata savijanja (GSN, $m_x$ )

### 10.4.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.29 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20\ MPa; \quad f_{cd} = 2,0 \frac{kN}{cm^2}$$

$$B\ 500\ B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78\ MPa; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$b = 100\ cm, \quad h = 17\ cm, \quad d = 14\ cm$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 17 = 1,7\ cm^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 17 = 34\ cm^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	335	3,35	62,33	18,36	0,20
R/Q	-	385	3,85	62,33	21,10	0,23
R/Q	-	424	4,24	62,33	23,24	0,25
R/Q	-	503	5,03	62,33	27,57	0,30
R	-	524	5,24	62,33	28,72	0,31
R/Q	-	636	6,36	62,33	34,86	0,37
R/Q	-	785	7,85	62,33	43,03	0,46

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed} = 15.25\text{kNm}$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{15.25 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,039$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1.1\text{‰}, \quad \zeta = 0,962, \quad \xi = 0,099$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15.25 \cdot 100}{0,962 \cdot 14 \cdot 43,48} = 2.60\text{cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q-283** ( $A_s = 2,83\text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) -> negativni moment savijanja

$$M_{Ed} = 30,00\text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{30,00 \cdot 100}{100 \cdot 14^2 \cdot 2,0} = 0,077$$

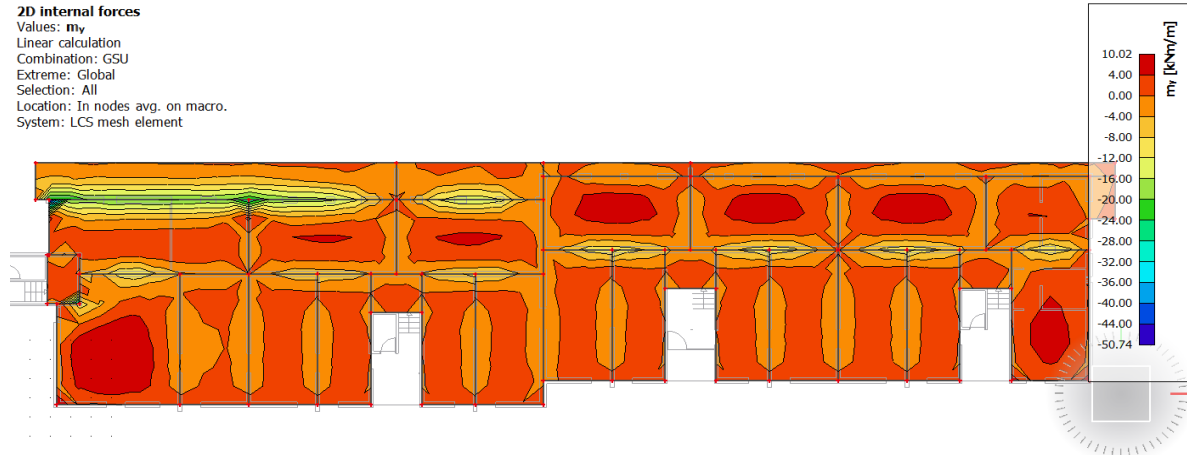
$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,8\text{‰}, \quad \zeta = 0,944, \quad \xi = 0,153$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30,00 \cdot 100}{0,944 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,22\text{cm}^2$$

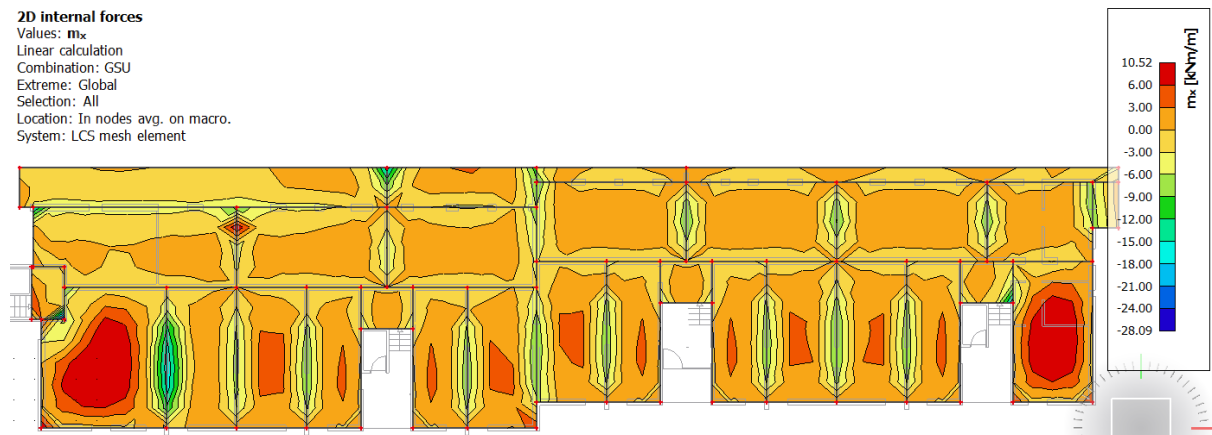
Odabrana armatura: **R-524** ( $A_s = 5.24\text{ cm}^2$ )

## 10.4.2 Kontrola pukotina

Pri kontroli pukotina koristimo kombinaciju GSU ; 1,0\*G + 1,0\*dG + 1,0\*Q



Slika 10.30 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_y$ )



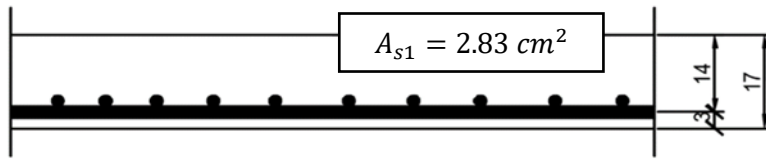
Slika 10.31 Prikaz momenata savijanja (GSU, $m_x$ )

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju: Q283 ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$

Armatura B500B – Q283  $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{2.83}{100 \cdot \left(\frac{17-2.02}{3}\right)} = 0.00567$$

Srednji razmak pukotina:

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

Q283 –  $\phi = 6 \text{ mm}$

Zaštitni sloj:  $c = 25 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$M_{Ed} = 10,52 \text{ kNm}$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 14}{6.061 \cdot 2.83}} \right) = 2.02 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1052}{\left(14 - \frac{2.02}{3}\right) \cdot 2.83} = 27.91 \text{ kN/cm}^2 = 279.1 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{279.1 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.00567} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.00567)}{200000} = 0.000336 \geq 0.00084$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00084$$

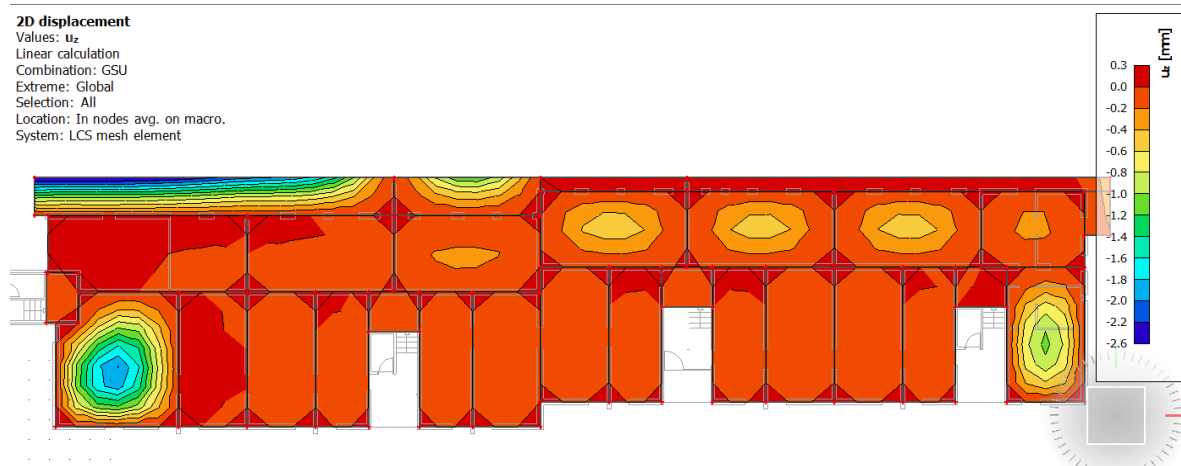
$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.00567} = 264,90 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 264,90 \cdot 0.00084 = 0.221 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

### 10.4.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.32 Prikaz progiba ploče za kombinaciju GSU

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granična vrijednost progiba ploče u polju: } f_{p,dop} = \frac{l}{150} = \frac{193}{150} = 1.28 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = 0.26 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajani progib ploče: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 17 = 1700 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (100 + 17) = 234 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1700}{234} = 14.53 \text{ cm} = 145.3 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$RH = 80\% \rightarrow$  vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{145.3}} = 1.38 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 145.3 + 250 = 572.48$$



$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1+t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1+28^{0.2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

*Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja*

*Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja*

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.38 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.835$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{0}{5.03} = 0.85$$

$$f_d = 1.835 \cdot 0.85 \cdot 0.26 = 0.406 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.26 + 0.406 = 0.665 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.28 \text{ cm}$$

*Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progib*

## 11. PRORAČUN GREDE POZ 500

### 11.1 Dimenzioniranje grede poz 501

#### 11.1.1 Dimenzioniranje grede poz 501 na savijanje prema GSN

##### 1D internal forces

Values:  $M_y$

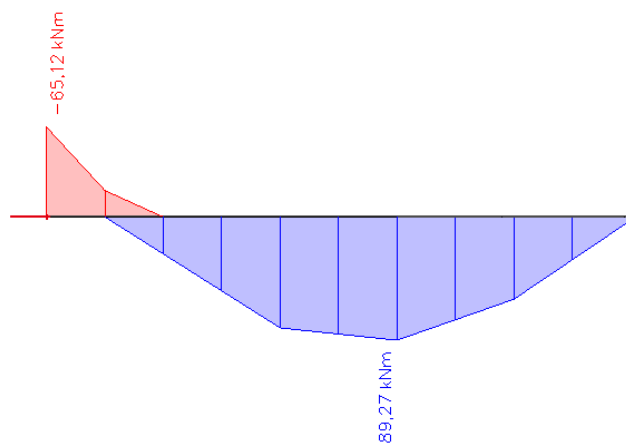
Linear calculation

Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 11.1 Maksimalni momenti savijanja  $M_y$

##### 1D internal forces

Values:  $V_z$

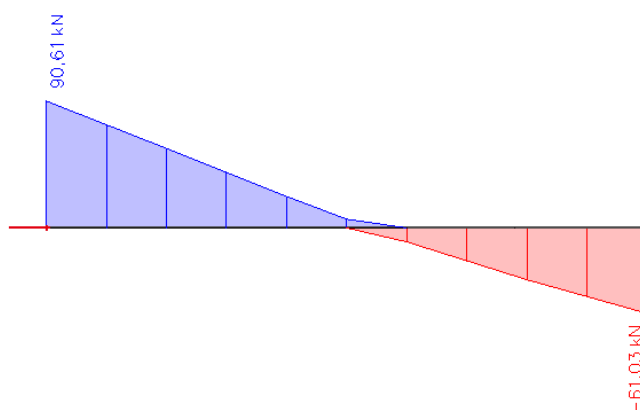
Linear calculation

Combination: GSN2

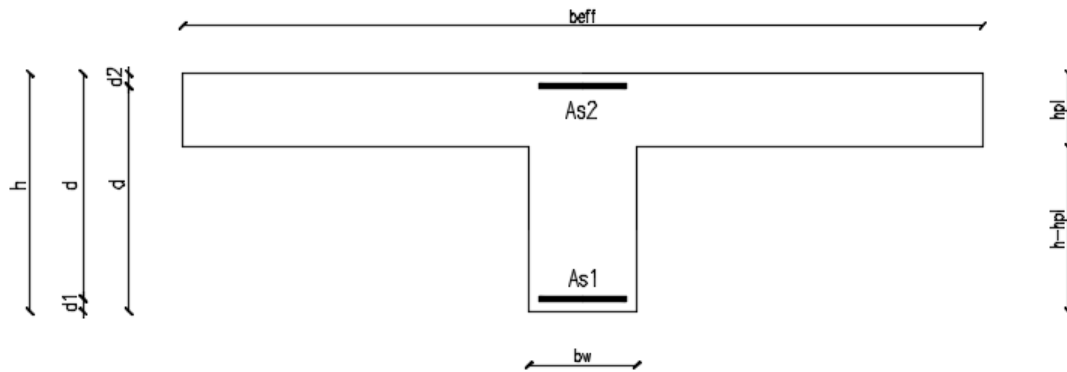
Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 11.2 Maksimalne poprečne sile  $V_z$



$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h = 55 \text{ cm}$$

$$h_p = 17 \text{ cm}$$

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 50 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,85 \cdot 475}{5} = 105,75 \text{ cm}$$

$$C 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$B 500B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0.159; \quad \zeta = 0.892; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3.5/10$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim}^* \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 25 \cdot 50^2 \cdot 2 = 198.75 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$A_{s1,min} = 0.1\% \cdot b \cdot h = 0.001 \cdot 25 \cdot 55 = 1.375 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2.0\% \cdot b \cdot h = 0.02 \cdot 25 \cdot 55 = 27.5 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu :

Šipke	Povšina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
4Ø12	4.52	198.75	96.42	0.33
4Ø14	6.16	198.75	131.40	0.45
4Ø16	8.04	198.75	171.50	0.58
2Ø10	1.57	198.75	33.49	0.11
2Ø12	2.26	198.75	48.21	0.16
2Ø14	3.08	198.75	65.70	0.22

Proračun uzdužne armature u polju :

$$M_{Ed} = 89.27 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{89.27 \cdot 100}{105.75 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0,017$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.065 \quad \zeta = 0.977$$

$$x = \xi \cdot d = 0.065 \cdot 50 = 3.25 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{8927}{0.977 \cdot 50 \cdot 43.48} = 4.20 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **4Ø12** ( $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$ )

Proračun uzdužne armature nad ležajem :

$$M_{Ed} = 65.12 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6512}{25 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0.052$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.4 \text{ ‰} \quad \xi = 0.123 \quad \zeta = 0.956$$

$$x = \xi \cdot d = 0.123 \cdot 50 = 6.15 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6512}{0.956 \cdot 50 \cdot 43.48} = 3.13 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **4Ø10** ( $A_{s2} = 3.14 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu:

$$V_{Ed} = 90.61 \text{ kN}$$

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

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1,63 \leq 2$$

$$b_w = 25 \text{ cm} \quad d = 50 \text{ cm}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4\emptyset 12 + 2\emptyset 10 + 4\emptyset 10}{25 \cdot 55} = \frac{9,23}{25 \cdot 55} = 0,0067$$

$$k_1 = 0,15$$

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

$$90,61 \text{ kN} \geq V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,63 \cdot (100 \cdot 0,011 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 250 \cdot 500 \\ = 78,42 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq [\nu_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\nu_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,63^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,398$$

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

$$V_{Rd,c} \geq [0,398 + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \cdot 500$$

$$V_{Rd,c} \geq 49750,0 \text{ N} = 49,75 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 250 \cdot 500 \cdot 20,0 = 660,0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 90,61 \text{ kN} \leq V_{Rd,max}$$

$$\nu = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528 \geq 0,5$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{90,61}{660,0} \approx 0,137 \rightarrow V_{Ed} = 0,137 \cdot V_{Rd,max}$$

$$S_{max} = \min (0,55 \cdot d ; 30 \text{ cm}) = \min(27,5 ; 30) \rightarrow S_{max} = 27,50 \text{ cm}$$

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

Potrebna računska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 27,5 \cdot 25}{2} = 0,378 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/25** (0,79 cm<sup>2</sup>/m')

Armatura: B 500B  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot \text{ctg} \theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{25} \cdot (0,9 \cdot 50) \cdot 434,8 \cdot 2 \cdot 1 = 123,65 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

### 11.1.2 Dimenzioniranje graničnog stanja uporabljivosti grede pozicije 501

#### 1D internal forces

Values:  $M_y$

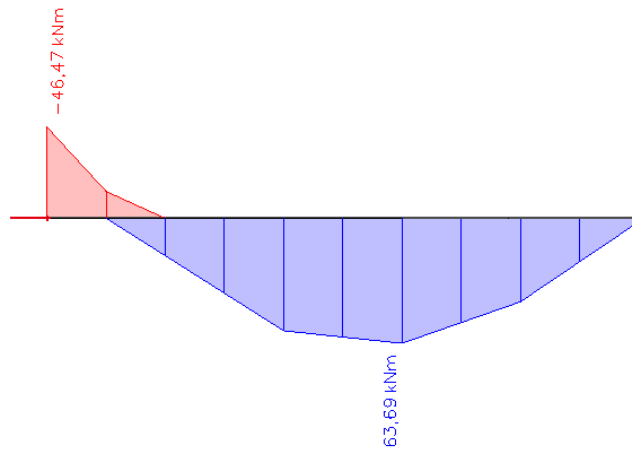
Linear calculation

Combination: GSU

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



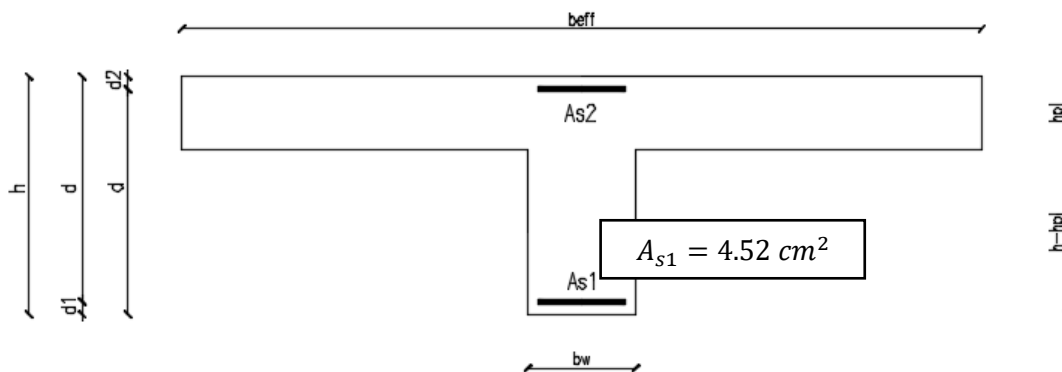
Slika 11.3 Rezultati momenata savijanja  $M_y$  za GSU

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$

Proračunska vrijednost širine pukotine prema (EC-2):

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

Odabrana armatura u polju:  $4\emptyset 12$  ( $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Prognoza širine pukotina:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s}$$

Beton C30/37  $f_{ct,eff} = 29 \text{ MPa}$

Armatura B500B – 4Ø12  $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Modul elastičnosti betona  $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti čelika  $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Dugotrajno opterećenje  $k_t = 0.4$

$$\text{Odnos modula elastičnosti } \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6.061$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot \left(\frac{h-x}{3}\right)} = \frac{4.52}{25 \cdot \left(\frac{55-9.42}{3}\right)} = 0.012$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$4\emptyset 12 - \emptyset = 12 \text{ mm}$$

Zaštitni sloj:  $c = 40 \text{ mm}$

Rebrasta armatura:  $k_1 = 0.8$

Savijanje:  $k_2 = 0.5$

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$M_{Ed} = 63,69 \text{ kNm}$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.061 \cdot 4.52}{25} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 50}{6.061 \cdot 4.52}} \right) = 9.42 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{6369}{\left(50 - \frac{9.42}{3}\right) \cdot 4.52} = 30.07 \text{ kN/cm}^2 = 300.7 \text{ MPa}$$



$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{300.7 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.012} \cdot (1 + 6.061 \cdot 0.012)}{200000} = 0.000985 \geq 0.000902$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000985$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 40 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{12}{0.012} = 306 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 306 \cdot 0.000985 = 0.298 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Provjera na pukotine zadovoljava

Provjera progiba :

---

**1D deformations**

Values:  $u_z$

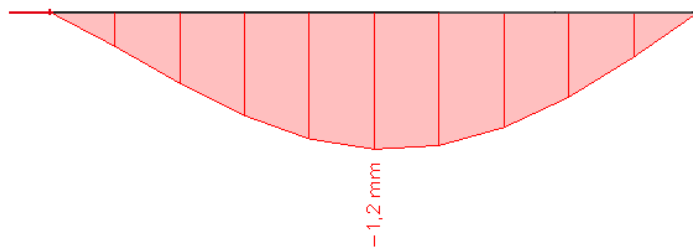
Linear calculation

Combination: GSU

Coordinate system: Global

Extreme 1D: Global

Selection: All




---

Slika 10.4 Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

$$\text{Granični progib za polje: } v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{475}{250} = 1.90 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib grede u polju (očitano iz modela): } f_k = 0.12 \text{ cm}$$

$$\text{Dugotrajni progib grede: } f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$$

$$\text{Ukupni progib: } f_{uk} = f_k + f_d$$

$$A_c = b \cdot h = 25 \cdot 55 = 1375 \text{ cm}^2$$

$$u_c = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (25 + 55) = 160 \text{ cm}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 1375}{160} = 17.19 \text{ cm} = 171.9 \text{ mm} \quad \text{srednji polumjer konstrukcijskog elementa}$$

$$RH = 80\% \rightarrow \text{vlažnost zraka}$$

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - \frac{80}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{171.9}} = 1.36 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 30 + 8 = 38 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 30/37}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{38}} = 2.725 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

$$\text{koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera } \leq 1500$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot 80)^{18}] \cdot 171.9 + 250 = 631.52$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha = 0 \rightarrow$  nema utjecaja  
 Utjecaj temperature: za  $T = 20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1.40 \cdot 2.725 \cdot 0.488 = 1.862$$

$$K_r = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0.85 - 0.45 \cdot \frac{3.14}{4.52} = 0.537$$

$$f_d = 1.862 \cdot 0.537 \cdot 0.12 = 0.119 \text{ cm}$$

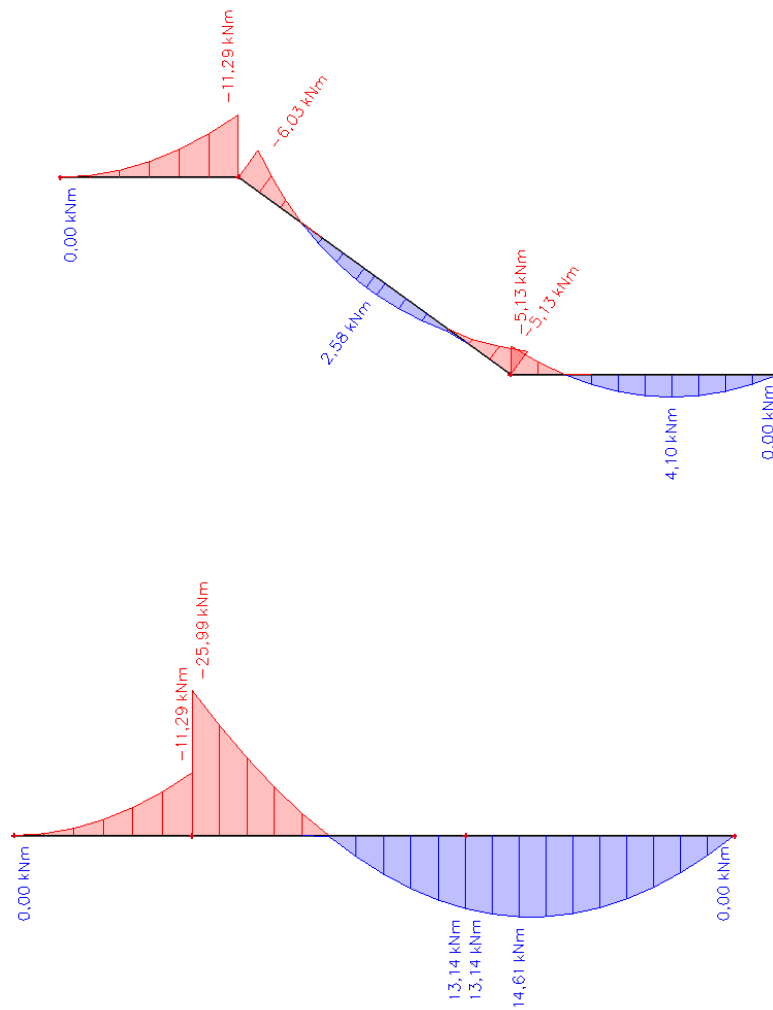
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0.12 + 0.119 = 0.24 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1.90 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije grede i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

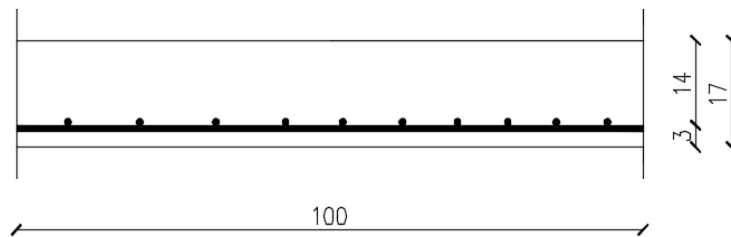
## 12. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

Proračun stubišta će se provesti neovisno o 3D modelu, te će biti prikazan stvarni i zamjnjujući sustav sa pripadajućim rezultatima.

Stubište je računato po kombinaciji GSN ( $1,35G + 1,35dG + 1,8q$ ).



Slika 12.1 Prikaz momenata na stubištu

Proračun u polju :

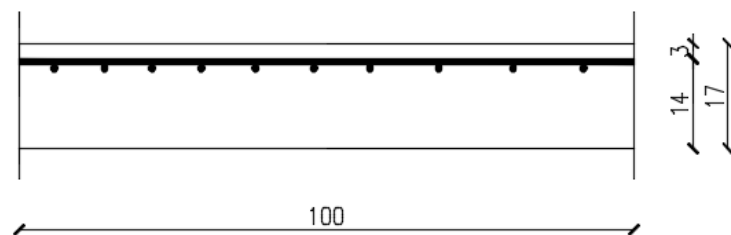
$$M_{Ed} = 14,61 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1461}{100 \cdot 14^2 \cdot 2} = 0.037$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1.1 \text{ ‰}$  ;  $\zeta = 0.965$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1461}{0.965 \cdot 14 \cdot 43.48} = 2.48 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: **Q283** ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun na ležaju (spoj podesta i stubišta):

$$M_{Ed} = 25.99 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2599}{100 \cdot 14^2 \cdot 2} = 0.066$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$  ;  $\varepsilon_{c2} = 1.7 \text{ ‰}$  ;  $\zeta = 0.947$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2599}{0.947 \cdot 14 \cdot 43.48} = 4.50 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

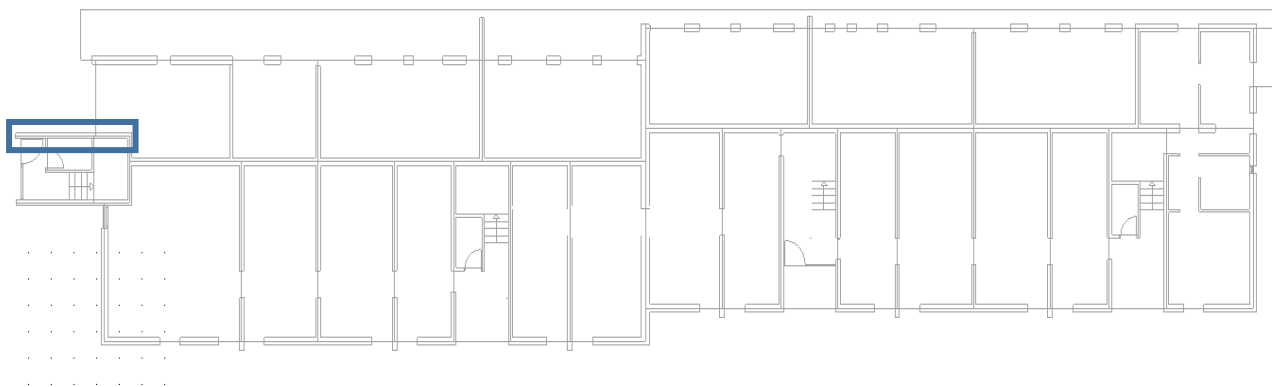
ODABRANA ARMATURA: **R503** ( $A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 13. PRORAČUN ZIDOVA

Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa). Proračun je proveden za karakteristična zida, jedan u smjeru X drugi u smjeru Y. Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 25 cm od betona C30/37, armirani sa B500B te debljine zaštitnog sloja od 2 cm.

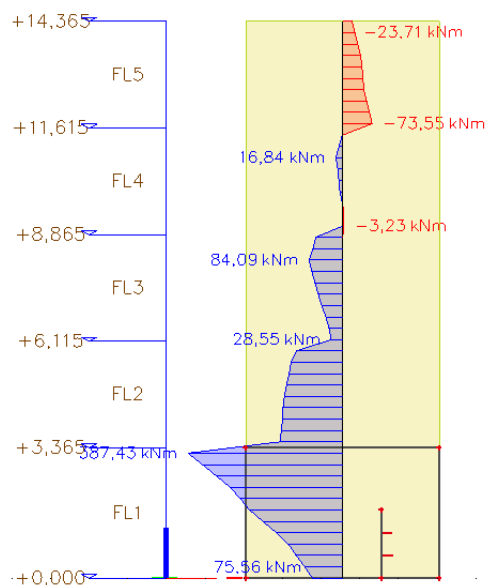
Prikazani su rezultati za seizmičku kombinaciju jer davaju puno veće rezne sile od uobičajenih kombinacija. Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem naprazanja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu.

### 13.1 Proračun zida u smjeru X

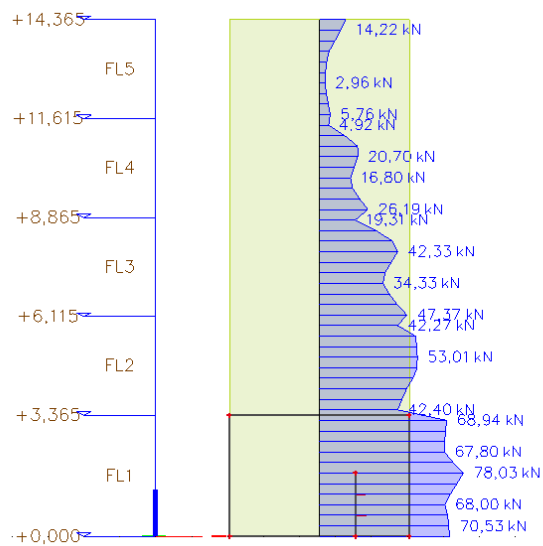


Slika 13.1 Položaj proračunatog zida u smjeru X

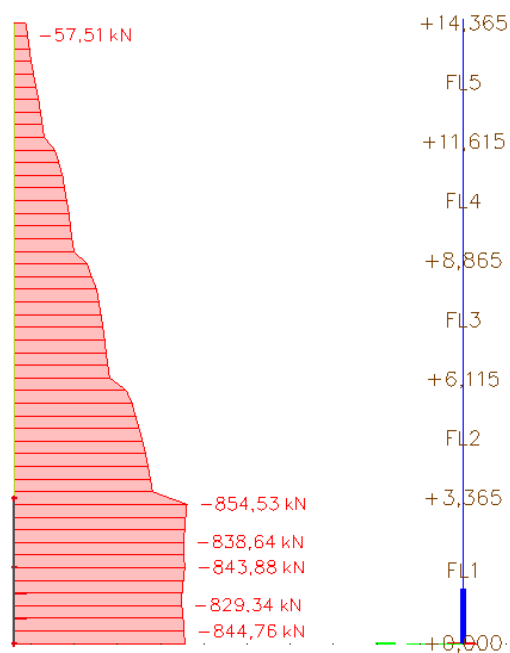
### 13.1.1 Uobičajena kombinacija



Slika 13.2 Moment savijanja M



Slika 13.3 Poprečna sila V



Slika 13.4 Uzdužna sila N

Ograničenje normalizirane uzdužne sile :

Ned (kN)	844,76
Debljina zida b (cm)	25
Duljina zida l (cm)	500
$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	2.0

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{844.76}{25 \cdot 1436.5 \cdot 2} = 0.012 < 0.4$$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile za DCM zadovoljava.

Geometrijska ograničenja za klasu duktilnosti DCM :

Svijetla visina kata  $h_s = 3.33$  m ( svijetla visina prizemlja je 3.33m, svijetle visine ostalih katova su 2,58m)

Debljina hrpta  $b_{w0} \geq \max(0.15 \text{ m} ; h_s / 20)$

$$b_{w0} \geq \max(0.15 \text{ m} ; 3.33 \text{ m} / 20) \rightarrow b_{w0} \geq 0.16 \text{ m}$$

Proračun zida na savijanje

Provjera vitkosti zida:

visina zida $h_w$ (cm)	1436,5
duljina zida $l_w$ (cm)	500

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1436.5}{500} = 2.87 > 2$$

Zid je vitak, stoga je potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnici momenata savijanja.

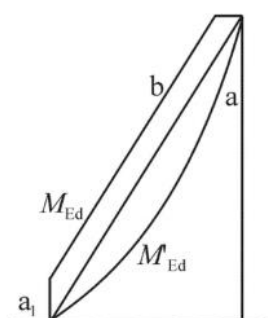
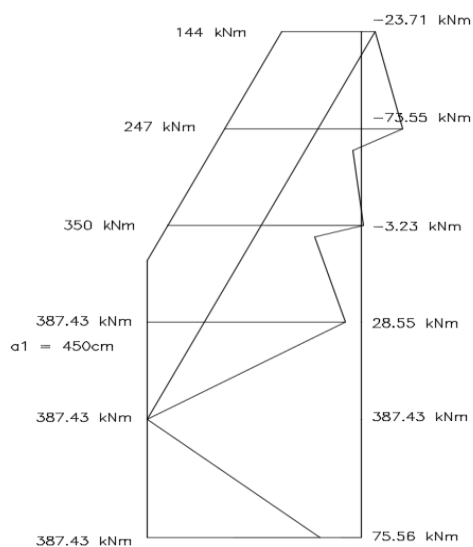
Ovojnica momenata savijanja

$a_1 = d \cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

DCM  $\rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5$ , odabrano  $\cot\theta = 1$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 500 = 450 \text{ cm}$$

$$a_1 = 450 \cdot 1 = 450$$

**Legenda:**

- a momentni dijagram prema proračunu
- b proračunska ovojnica
- $a_1$  „vlačni pomak“

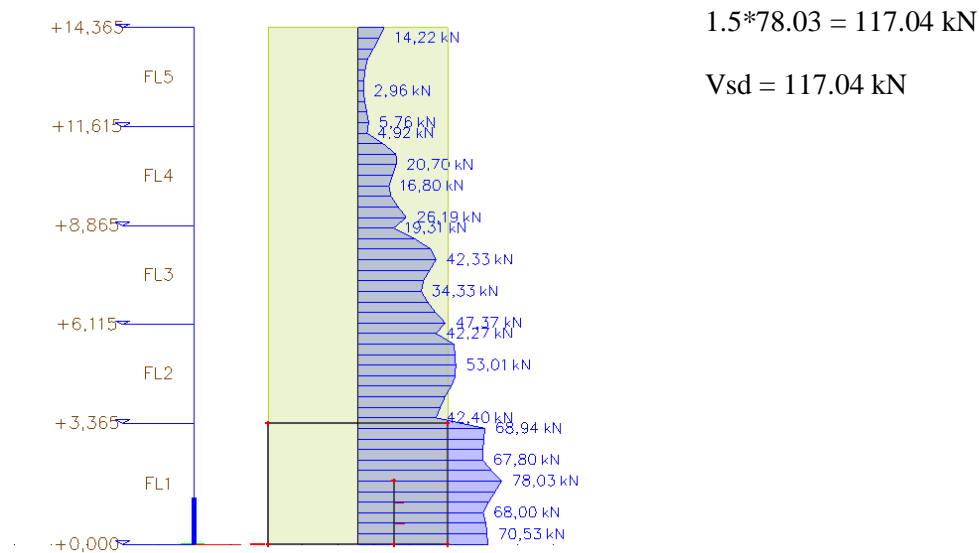
Slika 13.5 Ovojnica momenata savijanja



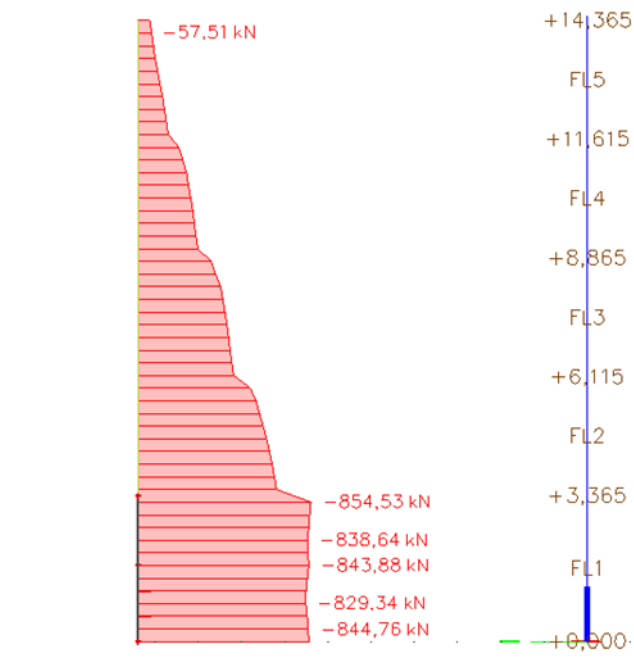
Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon=1.5$ .



Uzdužne sile



Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 387.43 \text{ kNm}$$

$$H_s = 3.33 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 854.53 \text{ kN}$$

$$L_w = 500 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 117.04 \text{ kN}$$

$$H_w = 14.365 \text{ m}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d = 497 \text{ cm}$$

$$d = 497 \text{ cm} \quad (d_1=3\text{cm})$$

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature

Najmanja vrijednost  $b_{w0}$  ovijenog rubnog elementa :

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{75 ; 37.5\} = 37.5 \text{ cm}$$

-pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3 cm i vilice  $\phi 10\text{mm}$

$$b_o = 250 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 10/2 = 180 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} - \text{omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida}$$

$A_{sv}$  – ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}},$$

odabrano **Q – 335 (obostrano)**

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{670}{250 \cdot 1000} = 0.00268$$

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} - \text{mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$f_{yd,v}$ -proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0.00268 \cdot \frac{434.8}{20} = 0.058$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 387.43 + 854.53 \cdot \left(4.97 - \frac{3.33}{2}\right) = 3211.65 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot 0.25 \cdot 4.97^2 \cdot 20000 = 19637.21 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3211.65 \cdot 100}{25 \cdot 497^2 \cdot 2.0} = 0.026$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0.9\text{‰}; \xi = 0.083; \zeta = 0.971$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{3211.65 \cdot 100}{0.971 \cdot 497 \cdot 43.48} - \frac{854.53}{43.48} = -4.35 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 25 \cdot 497 = 18.64 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **14 Ø14** ( $A_s = 21.55 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM ( kao u EC2 s  $z = 0.8l_w$ )

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

$\alpha_{cw} = 1 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$tg\theta = 1 -$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{wo} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot (0.8 \cdot 500) \cdot 0.528 \cdot 2.0}{1 + 1} = 5280 kN$$

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{q} + 0.1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)}\right)^2}{M_{Ed}}} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2.4$

$$V_{Ed} = 2.4 \cdot 117.04 = 280.90 kN$$

$$V_{Rd,max} = 5280 kN > V_{Ed} = 280.90 kN$$

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

-postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{387.43}{117.04 \cdot 5.0} = 0.66$$

Za  $\alpha_s < 2$  horizontalna armatura računa se iz izraza:

$$V_{Ed} \leq b_{wo} \cdot (0.8l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$\rho_h$  – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{(0.8l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} = \frac{117.04}{0.8 \cdot 500 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.00027$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \cdot 0.00027) = \max(0.001; 0.00008)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot S_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{wo} \cdot S_h = 0.001 \cdot 25 \cdot 100 = 2.5 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-166** ( $A_{s,odabrano} = 3.32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$  (obostrano))

Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!

Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

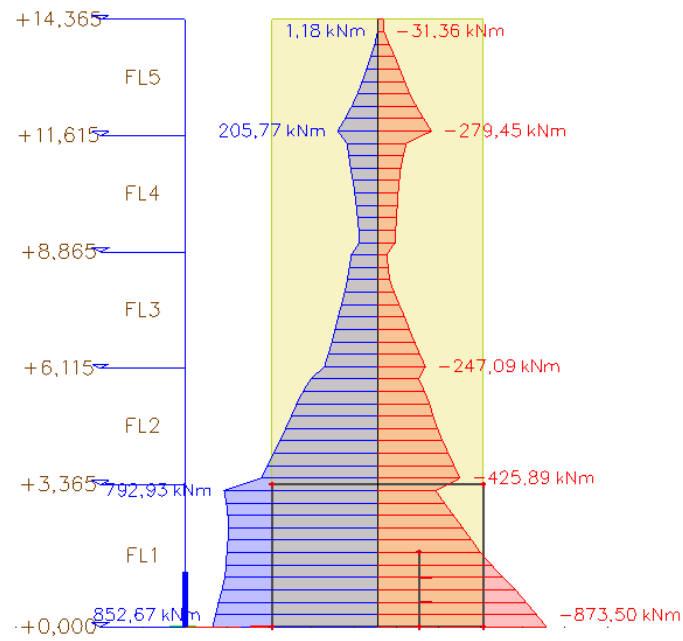
$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \\ 0.5 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \end{cases}$	u kritičnoj zoni
	van kritične zone

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 500 = 6210 \text{ kN} \\ 0.5 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 500 = 7762.5 \text{ kN} \end{cases}$$

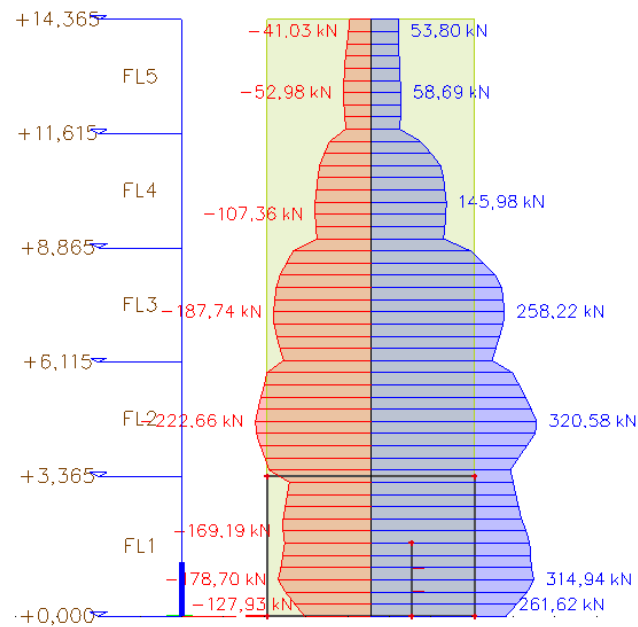
$$V_{Ed} = 117.04 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(6210; 7762.5) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

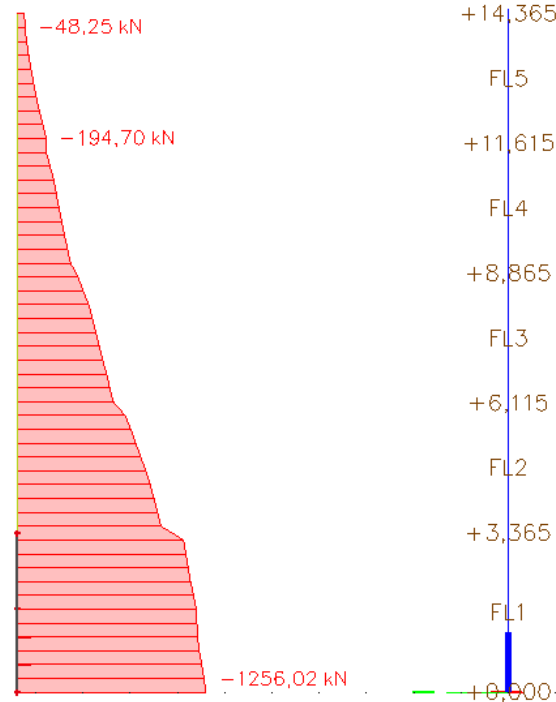
### 13.1.2 Seizmička kombinacija



Slika 13.6 Moment savijanja M



Slika 13.7 Poprečna sila V



Slika 13.8 Uzdužna sila N

**Proračun zida na savijanje**

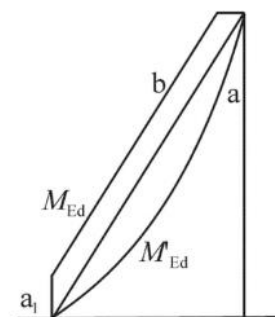
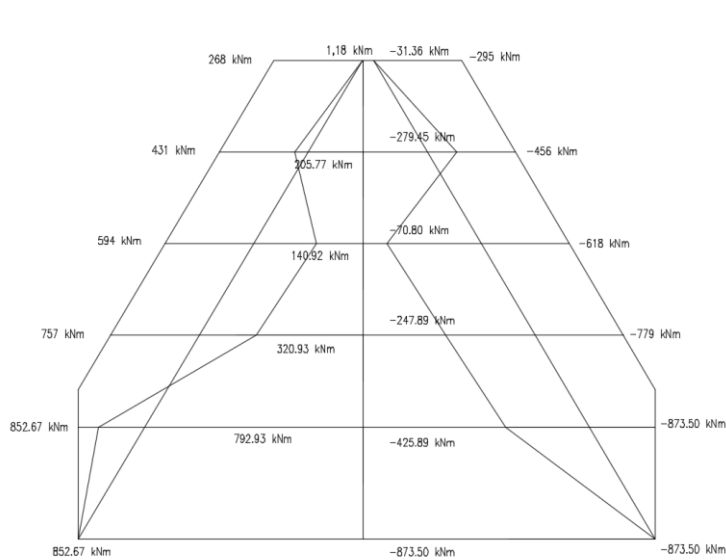
Ovojnica momenata savijanja

$a_1 = d \cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

DCM  $\rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5$ , odabrano  $\cot\theta = 1$

$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 500 = 450 \text{ cm}$

$a_1 = 450 \cdot 1 = 450$



**Legenda:**

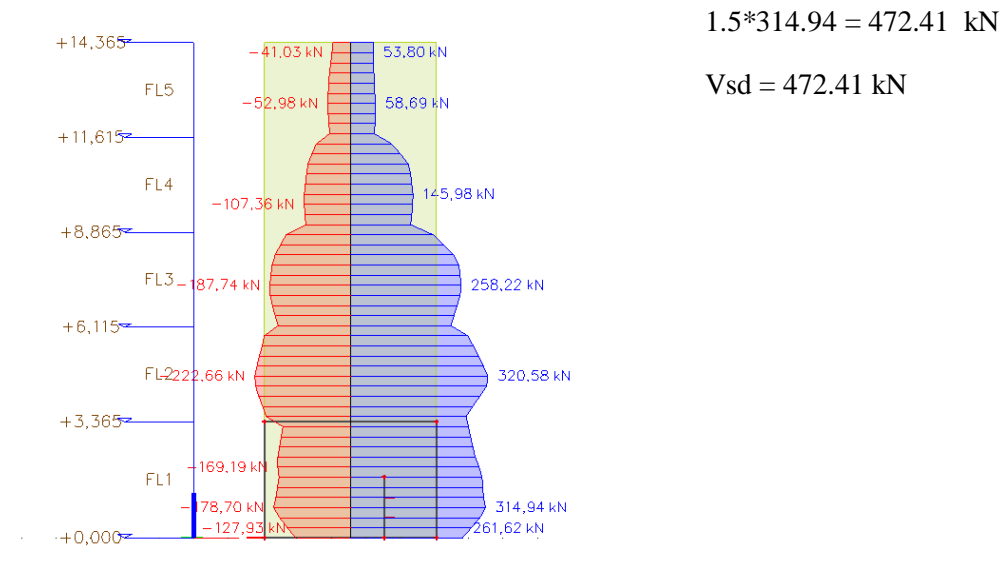
- a momentni dijagram prema proračunu
- b proračunska ovojnica
- a<sub>1</sub> „vlačni pomak“

Slika 13.5 Ovojnica momenata savijanja

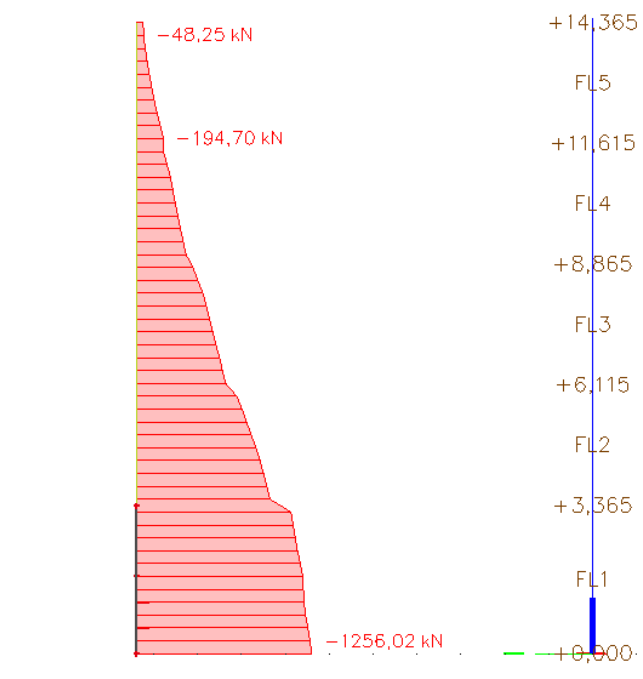
### Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon=1.5$ .



### Uzdužne sile





Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 873.50 \text{ kNm}$$

$$H_s = 3.33 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 1256.02 \text{ kN}$$

$$L_w = 500 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 472.41 \text{ kN}$$

$$H_w = 14.365 \text{ m}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d = 500 \text{ cm}$$

$$d = 497 \text{ cm} \quad (d_1=3\text{cm})$$

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature

Najmanja vrijednost  $b_{w0}$  ovijenog rubnog elementa :

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{75 ; 37.5\} = 37.5 \text{ cm}$$

-pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3 cm i vilice  $\phi 10$ mm

$$b_o = 250 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 10/2 = 180 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} - \text{omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida}$$

$A_{sv}$  – ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}},$$

odabrano **Q – 335** (obostrano)

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{670}{250 \cdot 1000} = 0.00268$$

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} - \text{mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$f_{yd,v}$ -proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0.00268 \cdot \frac{434.8}{20} = 0.058$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 873.50 + 1256.02 \cdot \left(4.97 - \frac{3.33}{2}\right) = 5024.64 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot 0.25 \cdot 4.97^2 \cdot 20000 = 19637.21 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5024.64 \cdot 100}{25 \cdot 497^2 \cdot 2.0} = 0.041$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1.2\text{‰}; \xi = 0.107; \zeta = 0.962$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{5024.64 \cdot 100}{0.962 \cdot 497 \cdot 43.48} - \frac{1256.02}{43.48} = -4.71 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 25 \cdot 497 = 18.64 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **14 Ø14** ( $A_s = 21.55 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s  $z = 0.8l_w$ )

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

$\alpha_{cw} = 1 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$tg\theta = 1 -$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{wo} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot (0.8 \cdot 500) \cdot 0.528 \cdot 2.0}{1 + 1} = 5280 kN$$

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{q} + 0.1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)}\right)^2}{M_{Ed}}} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od  $q$  zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2.4$

$$V_{Ed} = 2.4 \cdot 472.41 = 1133.78 kN$$

$$V_{Rd,max} = 5280 kN > V_{Ed} = 1133.78 kN$$

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

-postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{873.50}{472.41 \cdot 5.0} = 0.40$$

Za  $\alpha_s < 2$  horizontalna armatura računa se iz izraza:

$$V_{Ed} \leq b_{wo} \cdot (0.8l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$\rho_h$  – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{(0.8l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} = \frac{472.41}{0.8 \cdot 500 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.0011$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \cdot 0.0011) = \max(0.001; 0.00028)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot S_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{wo} \cdot S_h = 0.001 \cdot 25 \cdot 100 = 2.5 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-166** ( $A_{s,odabrano} = 3.32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$  (obostrano))

Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!

Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \\ 0.5 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \end{cases}$	u kritičnoj zoni
	van kritične zone

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 500 = 6210 \text{ kN} \\ 0.5 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 500 = 7762.5 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 472.41 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(6210; 7762.5) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

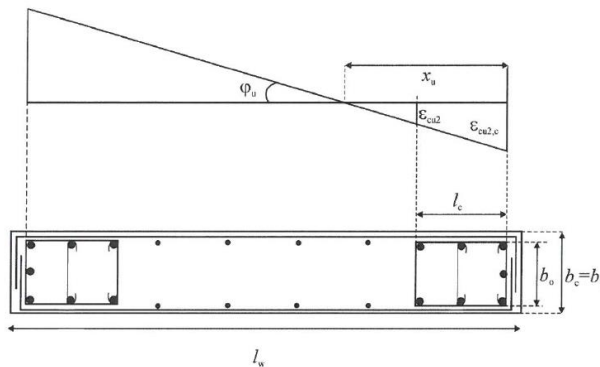
Detaljiranje lokalne duktilnosti

Pretpostavljene vrijednosti:

Debljina zaštitnog sloja: 3 cm

Promjer vilice:  $\Phi$  1 cm

$b_0$	širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)
$b_c$	bruto širina ovijene jezgre
$x_u$	visina neutralne osi
$\epsilon_{cu2}$	granična deformacija neovijenog betona
$\epsilon_{cu2,c}$	granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0.0035
$\alpha$	faktor učinkovitosti ovijanja
$\omega_{wd}$	mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



$$b_0 = b_c - 2 \cdot d_{zs} - 2 \cdot \varphi/2 = 18 \text{ cm}$$

$$b_c = 25 \text{ cm}$$

Omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida :

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{6.70}{25 \cdot 100} = 0.00268$$

pri čemu je :

Asv - ukupna površina vertikalne armature u hrptu zida

Mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom :

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.00268 \cdot 434.80}{20} = 0.058$$

pri čemu je :

 $f_{yd,v}$ -proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_o - 1)T_c/T_1, T_1 < T_c \quad T_1 = 0.40; T_c = 0.40$$

$$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_o - 1) \frac{T_c}{T_1} = 1 + 2(3.0 - 1) \frac{0.40}{0.40} = 5.0$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{434.8}{200000} = 0.002174$$

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

$$\alpha\omega_{vd} \geq 30 \cdot 5.0 \cdot (0.0188 + 0.058) \cdot 0.002174 \cdot \frac{250}{180} = 0.035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.00268 + 0.1 \cdot 0.058 = 0.0085$$

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

$$x_u = (0.0188 + 0.058) \cdot \frac{500 \cdot 250}{180} = 53.33 \text{ cm}$$

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

$$h_0 = 53.33 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0085}\right) = 31.37 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15l_w; 1.5b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$l_c \geq \{0.75; 0.375; 0.3127\}$$

$$\text{odabrano } l_c = 90 \text{ cm}$$

$$\text{odabrana armatura: } \mathbf{14\emptyset 14} \quad (A_s = 21.55 \text{ cm}^2)$$

$$b_c = 25 \text{ cm} \quad h_0 = 31.37 \text{ cm}$$

$$\text{odabrana armatura: } A_{\text{odabir}} = 21.55 \text{ cm}^2$$

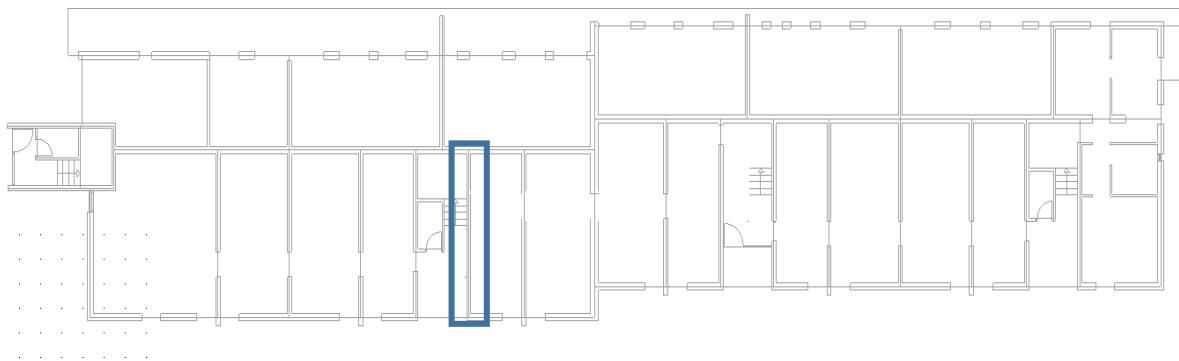
$$A_{s,\min} = \frac{0.5}{100} \cdot b_c \cdot h_0 = \frac{0.5}{100} \cdot 25 \cdot 31.37 = 3.92 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = \frac{4}{100} \cdot b_c \cdot h_0 = \frac{4}{100} \cdot 25 \cdot 31.37 = 31.37 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\min} < A_{\text{odabrano}} < A_{s,\max}$$

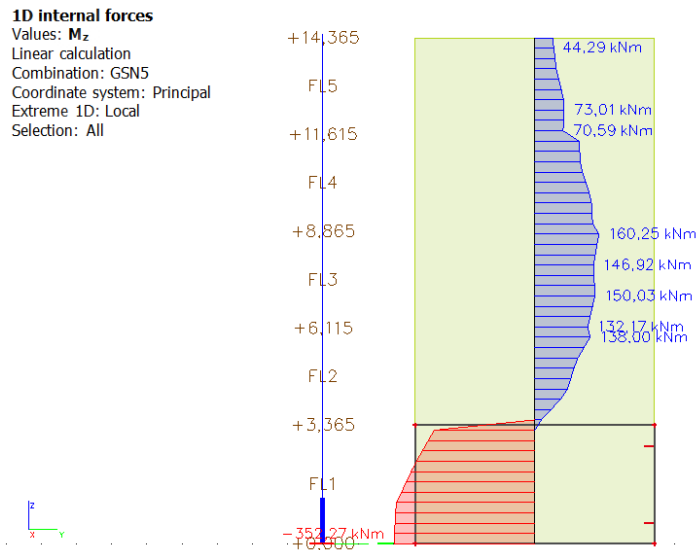
$$3.92 \text{ cm}^2 < 21.55 \text{ cm}^2 < 31.37 \text{ cm}^2$$

### 13.2 Prorčun zida u Y smjeru

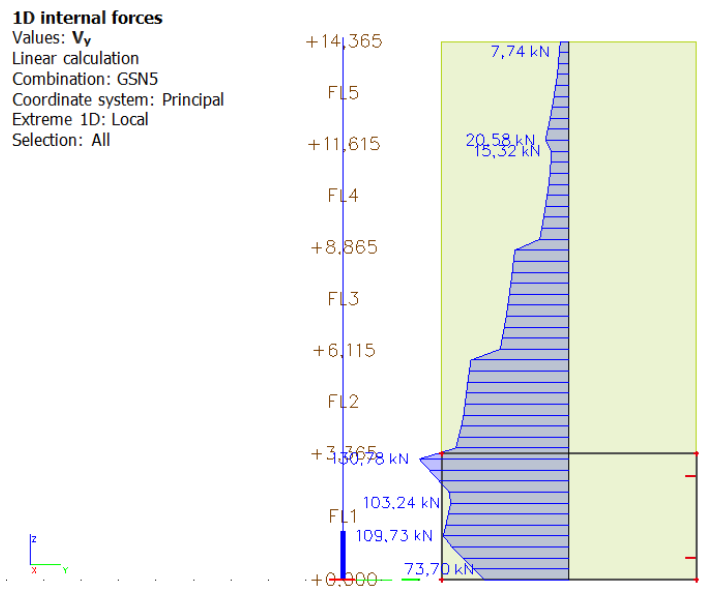


Slika 13.6 Položaj proračunatog zida u smjeru Y

### 13.2.1 Uobičajena kombinacija

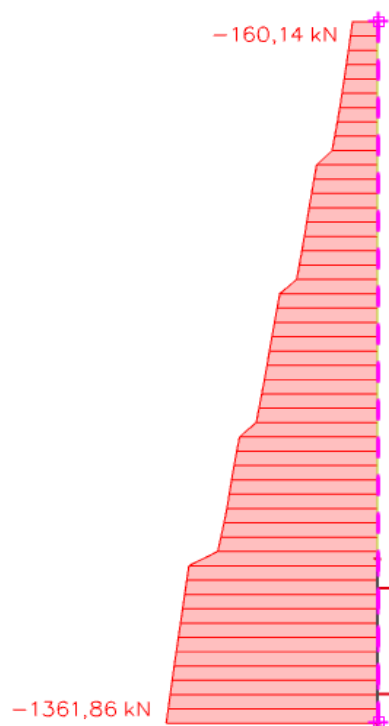


Slika 13.7 Moment savijanja M



Slika 13.8 Poprečna sila V





Slika 13.9 Uzdužna sila N

Ograničenje normalizirane uzdužne sile :

N <sub>Ed</sub> (kN)	1361.86
Debljina zida b (cm)	25
Duljina zida l (cm)	680
f <sub>cd</sub> (kN/cm <sup>2</sup> )	2.0

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{1361.86}{25 \cdot 1436.5 \cdot 2} = 0.020 < 0.4$$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile za DCM zadovoljava.

Geometrijska ograničenja za klasu duktilnosti DCM :

Svijetla visina kata  $h_s = 3.33$  m (svijetla visina prizemlja je 3.33m, svijetle visine ostalih katova su 2,58m)

Debljina hrpta  $b_{w0} \geq \max(0.15 \text{ m} ; h_s / 20)$

$$b_{w0} \geq \max(0.15 \text{ m} ; 3.33 \text{ m} / 20) \rightarrow b_{w0} \geq 0.16 \text{ m}$$

Proračun zida na savijanje

Provjera vitkosti zida:

visina zida $h_w$ (cm)	1436,5
duljina zida $l_w$ (cm)	680

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{1436.5}{680} = 2.11 > 2$$

Zid je vitak, stoga je potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnici momenata savijanja.

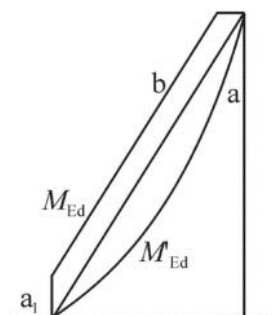
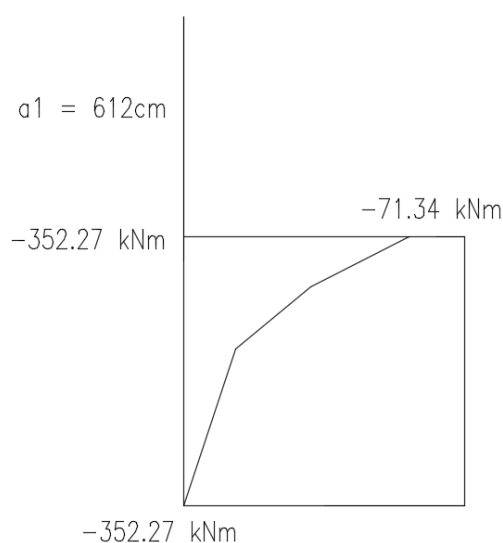
Ovojnica momenata savijanja

$a_1 = d \cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

DCM  $\rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5$ , odabrano  $\cot\theta = 1$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 680 = 612 \text{ cm}$$

$$a_1 = 450 \cdot 1 = 612$$

**Legenda:**

- a momentni dijagram prema proračunu
- b proračunska ovojnica
- $a_1$  „vlačni pomak“

Slika 13.10 Ovojnica momenata savijanja

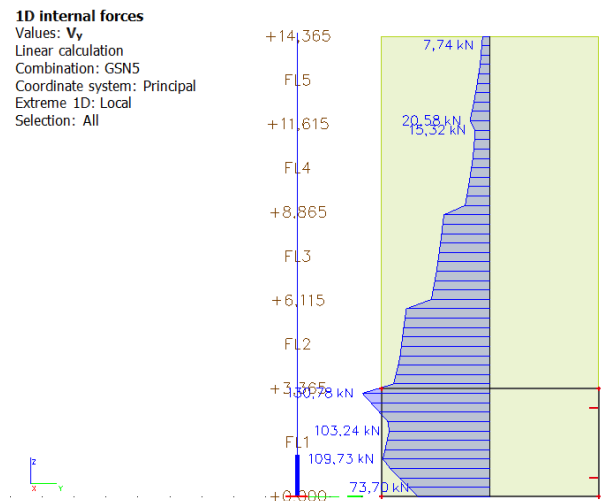
Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \epsilon \cdot V'_{Ed}$

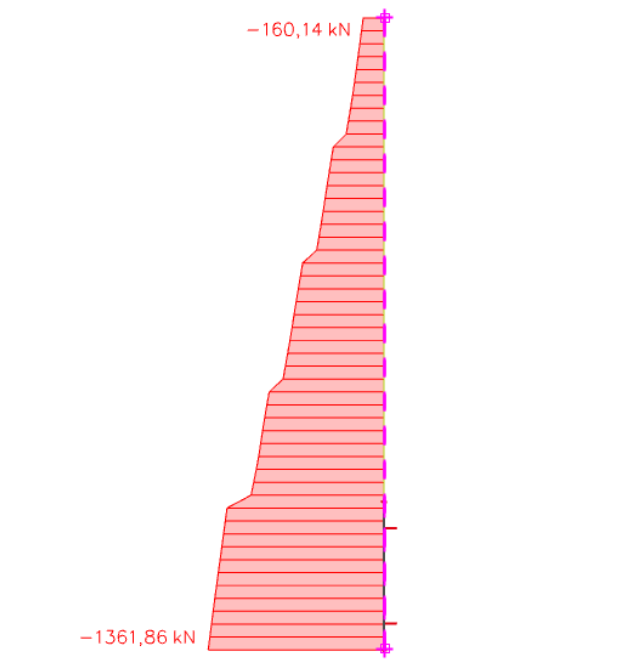
gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\epsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\epsilon=1.5$ .

$$1.5 \cdot 130.78 = 196.17 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 196.17 \text{ kN}$$



Uzdužne sile



Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 352.27 \text{ kNm}$$

$$H_s = 3.33 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 1361.86 \text{ kN}$$

$$L_w = 680 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 196.17 \text{ kN}$$

$$H_w = 14.365 \text{ m}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d = 677 \text{ cm}$$

$$d = 677 \text{ cm} \quad (d_1=3\text{cm})$$

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature

Najmanja vrijednost  $b_{w0}$  ovijenog rubnog elementa :

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{102 ; 37.5\} = 37.5 \text{ cm}$$

-pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3 cm i vilice  $\phi 10$ mm

$$b_o = 250 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 10/2 = 180 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} - \text{omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida}$$

$A_{sv}$  – ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}},$$

odabrano **Q – 335** (obostrano)

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{670}{250 \cdot 1000} = 0.00268$$

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} - \text{mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$f_{yd,v}$ -proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0.00268 \cdot \frac{434.8}{20} = 0.058$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 352.27 + 1361.86 \cdot \left(6.77 - \frac{3.33}{2}\right) = 7304.57 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot 0.25 \cdot 6.77^2 \cdot 20000 = 36437.16 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7304.57 \cdot 100}{25 \cdot 677^2 \cdot 2.0} = 0.032$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1.1\text{‰}; \xi = 0.099; \zeta = 0.965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{7304.57 \cdot 100}{0.965 \cdot 677 \cdot 43.48} - \frac{1361.86}{43.48} = -5.60 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 25 \cdot 677 = 25.39 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **14 Ø16** ( $A_s = 28.15 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM ( kao u EC2 s

$$z = 0.8l_w)$$

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

$$\alpha_{cw} = 1 \rightarrow \text{za konstrukcije koje nisu prednapete}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$$tg\theta = 1 - \text{nagib tlačnih štapova prema vertikali}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{wo} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot (0.8 \cdot 680) \cdot 0.528 \cdot 2.0}{1 + 1} = 7180.8kN$$

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{q} + 0.1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)}\right)^2}{M_{Ed}}} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2.4$

$$V_{Ed} = 2.4 \cdot 196.17 = 470.81 kN$$

$$V_{Rd,max} = 7180.8 kN > V_{Ed} = 470.81 kN$$

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

-postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{352.27}{196.17 \cdot 6.8} = 0.26$$

Za  $\alpha_s < 2$  horizontalna armatura računa se iz izraza:

$$V_{Ed} \leq b_{wo} \cdot (0.8l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$\rho_h$  – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{(0.8l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} = \frac{196.17}{0.8 \cdot 680 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.00033$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \cdot 0.00033) = \max(0.001; 0.00008)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot S_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{wo} \cdot S_h = 0.001 \cdot 25 \cdot 100 = 2.5 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-166** ( $A_{s,odabrano} = 3.32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$  (obostrano))

Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!

Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

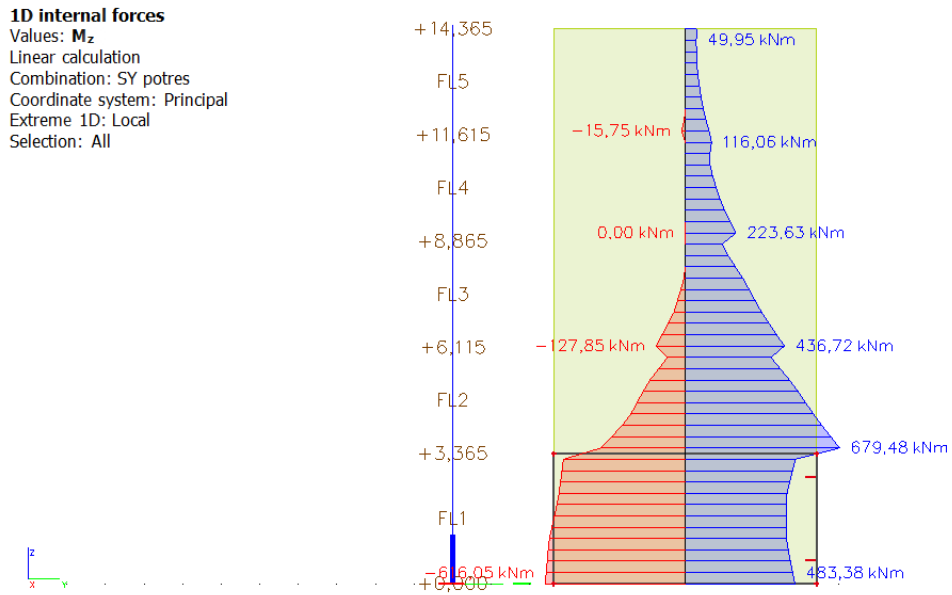
$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \\ 0.5 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \end{cases}$	u kritičnoj zoni
	van kritične zone

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 680 = 8445.6 \text{ kN} \\ 0.5 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 680 = 10557 \text{ kN} \end{cases}$$

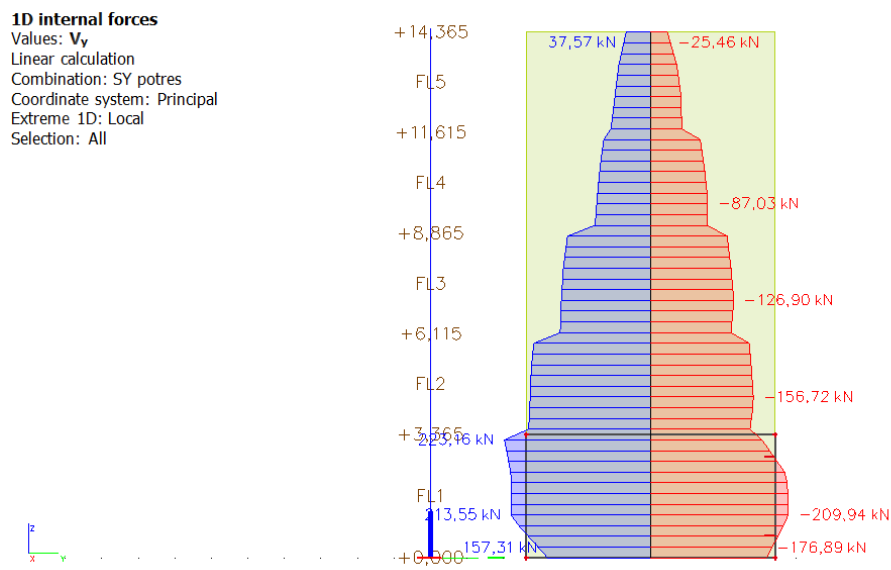
$$V_{Ed} = 196.17 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(8445.6; 10557) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

### 13.2.2 Seizmička kombinacija



Slika 13.11 Moment savijanja M



Slika 13.12 Poprečna sila V



**1D internal forces**Values: **N**

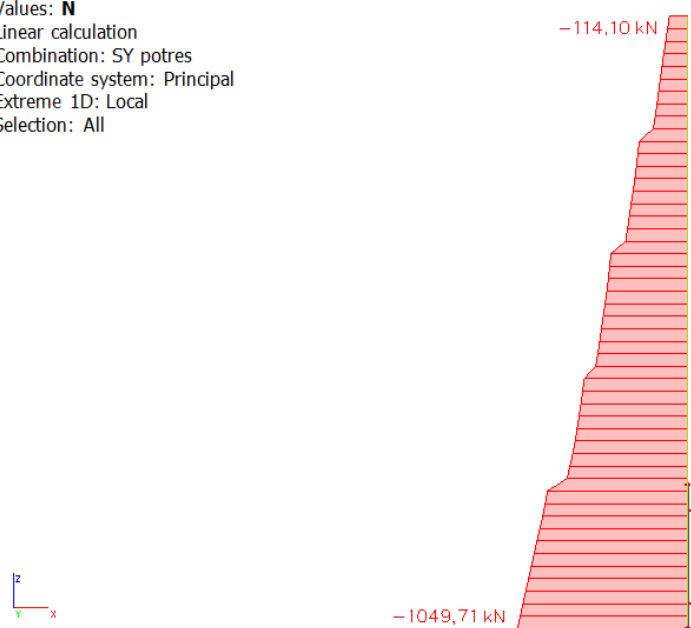
Linear calculation

Combination: SY potres

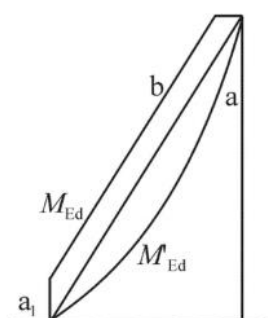
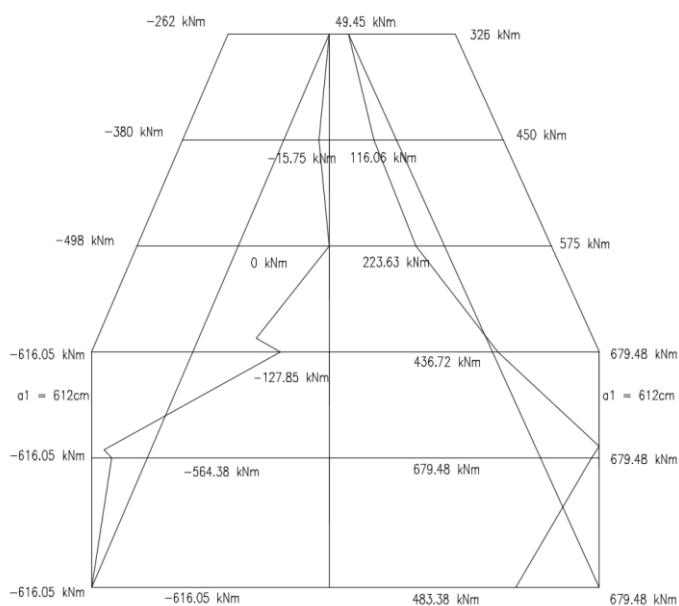
Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Local

Selection: All



Slika 13.13 Uzdužna sila N

**Proračun zida na savijanje****Ovojnica momenata savijanja**
 $a_1 = d \cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile
DCM  $\rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2,5$ , odabrano  $\cot\theta = 1$  $d = 0,9 \cdot l_w = 0,9 \cdot 680 = 612$  cm $a_1 = 612 \cdot 1 = 612$ **Legenda:**

a momentni dijagram prema proračunu

b proračunska ovojnica

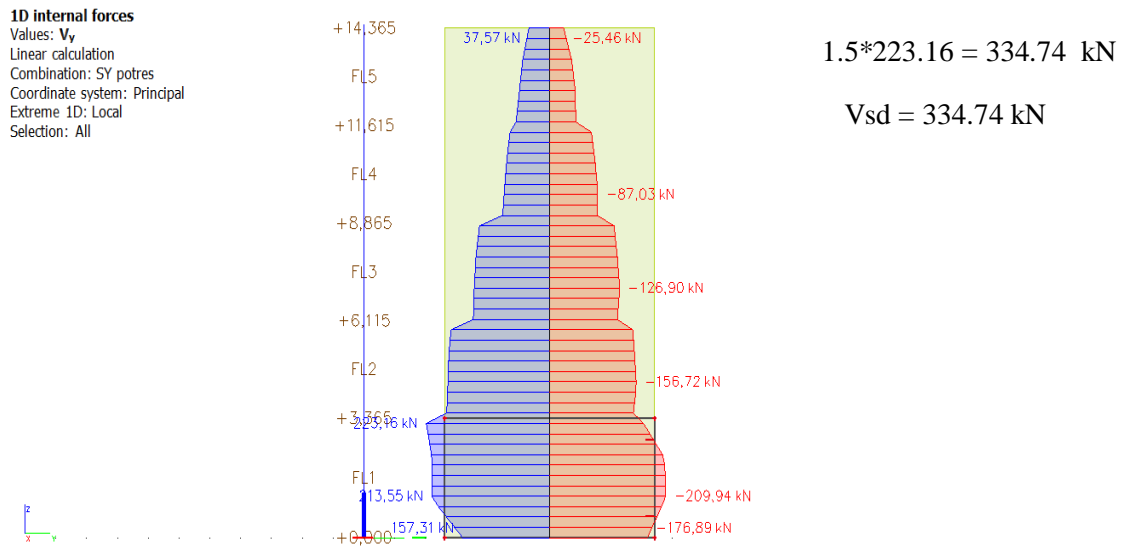
 $a_1$  „vlačni pomak“

Slika 13.5 Ovojnica momenata savijanja

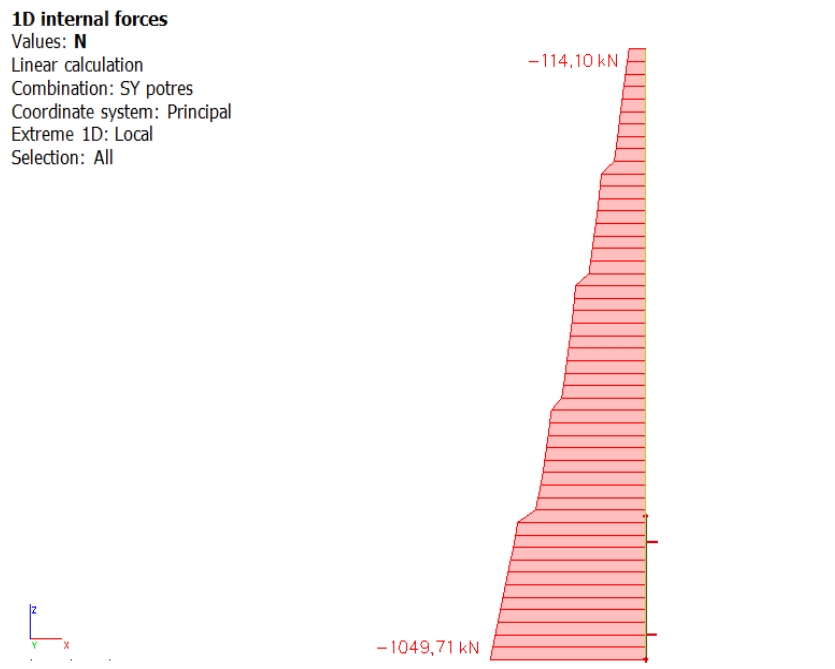
Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \epsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\epsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\epsilon=1.5$ .



Uzdužne sile



Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 679.48 \text{ kNm}$$

$$H_s = 3.33 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 1049.71 \text{ kN}$$

$$L_w = 680 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} = 334.74 \text{ kN}$$

$$H_w = 14.365 \text{ m}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d = 677 \text{ cm}$$

$$d = 677 \text{ cm} \quad (d_1=3\text{cm})$$

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature

Najmanja vrijednost  $b_{w0}$  ovijenog rubnog elementa :

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{102 ; 37.5\} = 37.5 \text{ cm}$$

-pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3 cm i vilice  $\phi 10$ mm

$$b_o = 250 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 10/2 = 180 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} - \text{omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida}$$

$A_{sv}$  – ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0.002A_c = 0.002 \cdot 25 \cdot 100 = 5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}},$$

odabrano **Q – 335** (obostrano)

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{670}{250 \cdot 1000} = 0.00268$$

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} - \text{mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$f_{yd,v}$ -proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_{vd} = \frac{\rho_v f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0.00268 \cdot \frac{434.8}{20} = 0.058$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 679.48 + 1049.71 \cdot \left(6.77 - \frac{3.33}{2}\right) = 6038.25 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot 0.25 \cdot 6.77^2 \cdot 20000 = 36437.16 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6038.25 \cdot 100}{25 \cdot 6.77^2 \cdot 2.0} = 0.026$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0.9\text{‰}; \xi = 0.083; \zeta = 0.971$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{6038.25 \cdot 100}{0.971 \cdot 6.77 \cdot 43.48} - \frac{1049.71}{43.48} = -2.84 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 25 \cdot 6.77 = 25.39 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **14 Ø16** ( $A_s = 28.15 \text{ cm}^2$ )

Dimenzioniranje na poprečnu silu

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM ( kao u EC2 s

$$z = 0.8l_w)$$

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

$$\alpha_{cw} = 1 \rightarrow \text{za konstrukcije koje nisu prednapete}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$$tg\theta = 1 - \text{nagib tlačnih štapova prema vertikali}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{wo} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1 \cdot 25 \cdot (0.8 \cdot 680) \cdot 0.528 \cdot 2.0}{1 + 1} = 7180.8kN$$

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{q} + 0.1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)}\right)^2}{M_{Ed}}} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2.4$

$$V_{Ed} = 2.4 \cdot 334.74 = 803.38 kN$$

$$V_{Rd,max} = 7180.8 kN > V_{Ed} = 803.38 kN$$

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

-postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{679.48}{334.74 \cdot 6.8} = 0.29$$

Za  $\alpha_s < 2$  horizontalna armatura računa se iz izraza:

$$V_{Ed} \leq b_{wo} \cdot (0.8l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$\rho_h$  – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{(0.8l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} = \frac{334,74}{0.8 \cdot 680 \cdot 43.48 \cdot 25 \cdot 1} = 0.00057$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \cdot 0.00057) = \max(0.001; 0.00014)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot S_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{wo} \cdot S_h = 0.001 \cdot 25 \cdot 100 = 2.5 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-166** ( $A_{s,odabrano} = 3.32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$  (obostrano))

Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!

Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \\ 0.5 \cdot (0.7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z \end{cases}$	u kritičnoj zoni
	van kritične zone

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0.4 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 680 = 8445.6 \text{ kN} \\ 0.5 \cdot (0.7 - 2.0/200) \cdot 2.0 \cdot 25 \cdot 0.9 \cdot 680 = 10557 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 334.74 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(8445.6; 10557) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

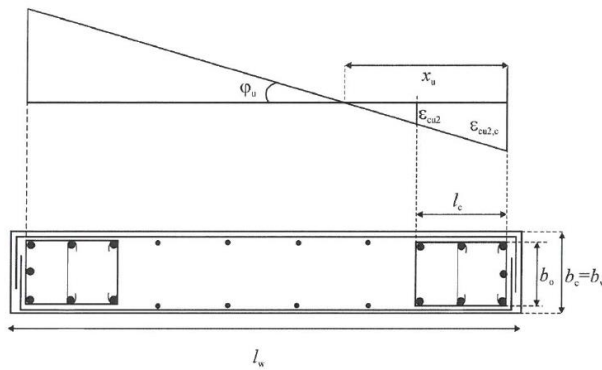
Detaljiranje lokalne duktilnosti

Pretpostavljene vrijednosti:

Debljina zaštitnog sloja: 3 cm

Promjer vilice:  $\Phi$  1 cm

$b_0$	širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)
$b_c$	bruto širina ovijene jezgre
$x_u$	visina neutralne osi
$\epsilon_{cu2}$	granična deformacija neovijenog betona
$\epsilon_{cu2,c}$	granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0.0035
$\alpha$	faktor učinkovitosti ovijanja
$\omega_{wd}$	mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



$$b_0 = b_c - 2 \cdot d_{zs} - 2 \cdot \varphi/2 = 18 \text{ cm}$$

$$b_c = 25 \text{ cm}$$

Omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida :

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{6.70}{25 \cdot 100} = 0.00268$$

pri čemu je :

Asv - ukupna površina vertikalne armature u hrptu zida

Mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom :

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.00268 \cdot 434.80}{20} = 0.058$$

pri čemu je :

 $f_{yd,v}$ -proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_o - 1)T_c/T_1, T_1 < T_c \quad T_1 = 0.40; T_c = 0.40$$

$$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_o - 1) \frac{T_c}{T_1} = 1 + 2(3.0 - 1) \frac{0.40}{0.40} = 5.0$$

$$\varepsilon_{sy,d} = \frac{434.8}{200000} = 0.002174$$

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

$$\alpha\omega_{vd} \geq 30 \cdot 5.0 \cdot (0.0098 + 0.058) \cdot 0.002174 \cdot \frac{250}{180} = 0.031$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.00268 + 0.1 \cdot 0.058 = 0.0085$$

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

$$x_u = (0.0098 + 0.058) \cdot \frac{680 \cdot 250}{180} = 64.03 \text{ cm}$$

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

$$h_o = 64.03 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0085}\right) = 37.66 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15l_w; 1.5b_w; \text{duljina } h_o \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$l_c \geq \{1.02; 0.375; 0.3766\}$$

$$\text{odabrano } l_c = 120 \text{ cm}$$

$$\text{odabrana armatura: } \mathbf{14\emptyset 16} \quad (A_s = 28.15 \text{ cm}^2)$$

$$b_c = 25 \text{ cm} \quad h_o = 37.66 \text{ cm}$$

$$\text{odabrana armatura: } A_{odabir} = 28.15 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{0.5}{100} \cdot b_c \cdot h_o = \frac{0.5}{100} \cdot 25 \cdot 37.66 = 4.71 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot b_c \cdot h_o = \frac{4}{100} \cdot 25 \cdot 37.66 = 37.66 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{odabrano} < A_{s,max}$$

$$4.71 \text{ cm}^2 < 28.15 \text{ cm}^2 < 37.66 \text{ cm}^2$$

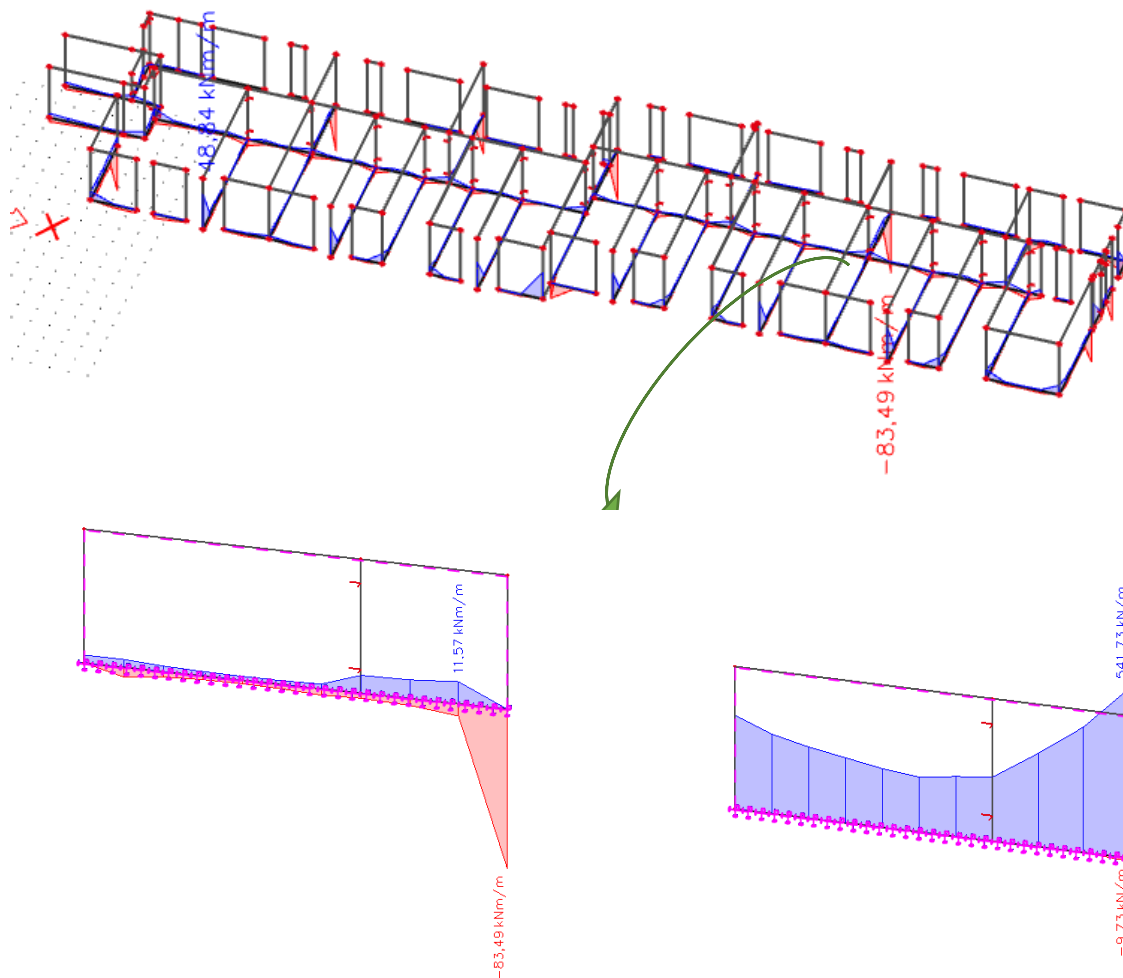


## 14. PRORAČUN TEMELJA

Temelji se izvode kao trakasti temelji ispod zidova . Sve temeljne trake izvedene su od betona C25/30 te armirane armaturom B500B. Na slici je prikazan raspored temelja. Radi jednostavnosti izvedbe a i ujednačenosti reakcija ispod zidova i temelja sve su temeljne trake istih dimenzija te jednako armirane. Proračun je proveden na način da su iz prostornog modela za kritične uobičajene kombinacije dobivene maksimalne rezne sile na ležajevima ispod zidova. Potom je provedena kontrola naprezanja koje mora zadovoljiti uvjet  $\sigma < \sigma_{dop} = 0.5MPa$ .

### 14.1 I. Kombinacija Mmax + Npripadno

Rezne sile



Slike 14.1 Mx max + N pripadno

### 14.1.1 Dimenzioniranje temelja za komb I.

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = B \cdot 10.45 \cdot 0.40 \cdot 25 = B \cdot 104.5$

$$N = 541.73 + B \cdot 104.5$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = B \cdot 10.45$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot 10.45^2}{6}$$

$$\sigma_1 = \frac{541.73 + B \cdot 104.5}{B \cdot 10.45} + \frac{83.49}{\frac{B \cdot 10.45^2}{6}} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

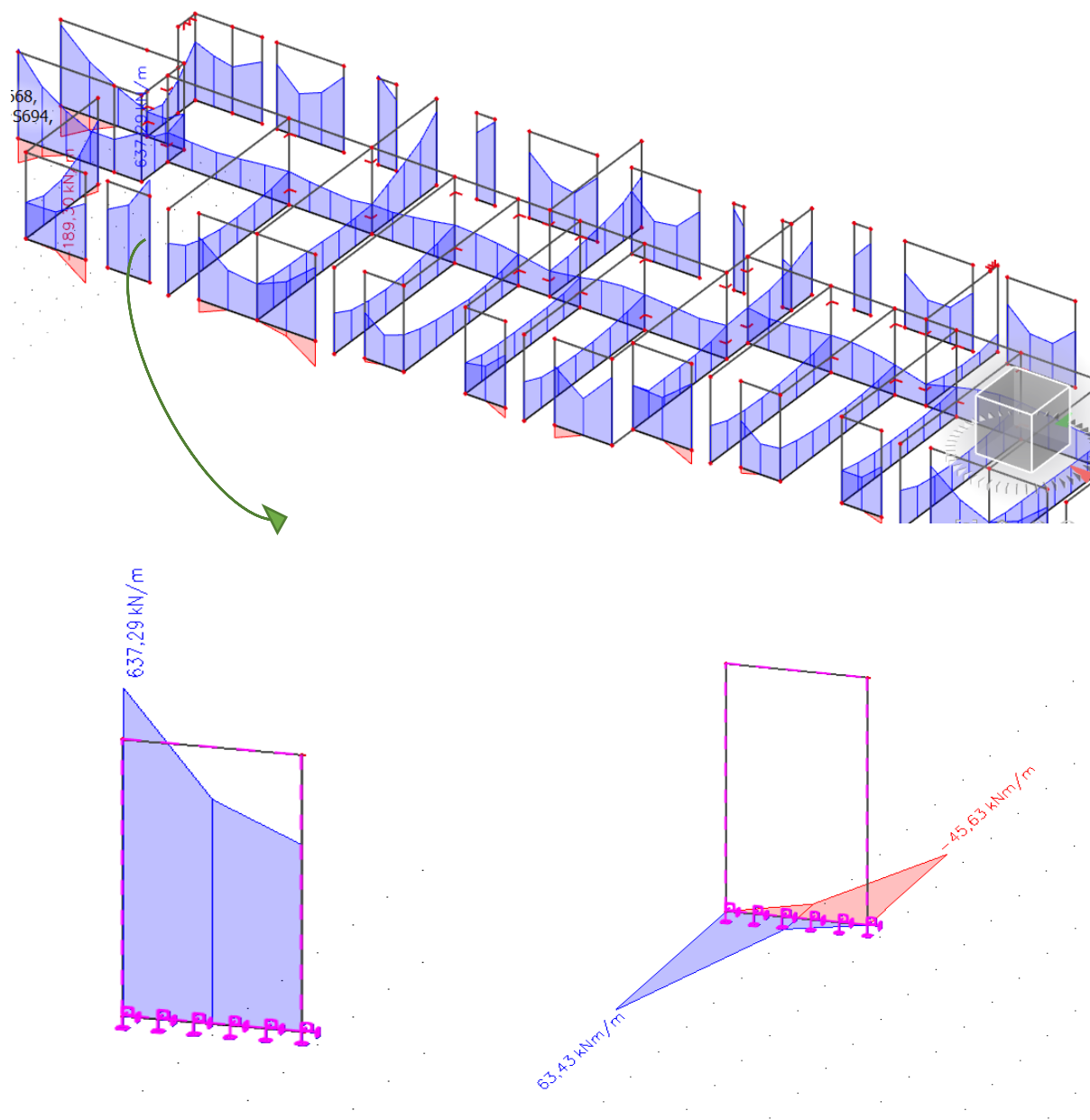
$$\frac{541.73 \cdot 10.45 + B \cdot 104.5}{B \cdot 10.45} + \frac{6 \cdot 83.49}{B \cdot 10.45^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 1.20m$$

$$\frac{541.73 \cdot 10.45 + B \cdot 104.5}{B \cdot 10.45} - \frac{6 \cdot 83.49}{B \cdot 10.45^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 1.10m$$

## 14.2 II.kombinacija Nmax + M pripadno



Slike 14.2 N max + My pripadno

### 14.2.2 Dimenzioniranje temelja za komb II.

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = B \cdot 10.45 \cdot 0.40 \cdot 25 = B \cdot 104.5$

$$N = 637.29 + B \cdot 104.5$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = B \cdot 10.45$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot 10.45^2}{6}$$

$$\sigma_1 = \frac{637.29 + B \cdot 104.5}{B \cdot 10.45} + \frac{63.43}{\frac{B \cdot 10.45^2}{6}} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{637.29 \cdot 10.45 + B \cdot 104.5}{B \cdot 10.45} + \frac{6 \cdot 63.43}{B \cdot 10.45^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 1.40m$$

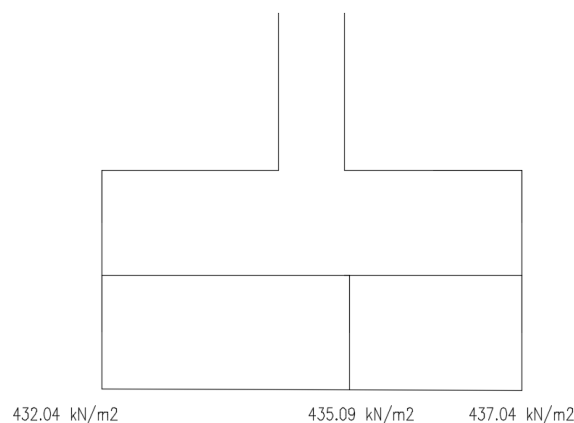
$$\frac{637.29 \cdot 10.45 + B \cdot 104.5}{B \cdot 10.45} - \frac{6 \cdot 63.43}{B \cdot 10.45^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 1.40m$$

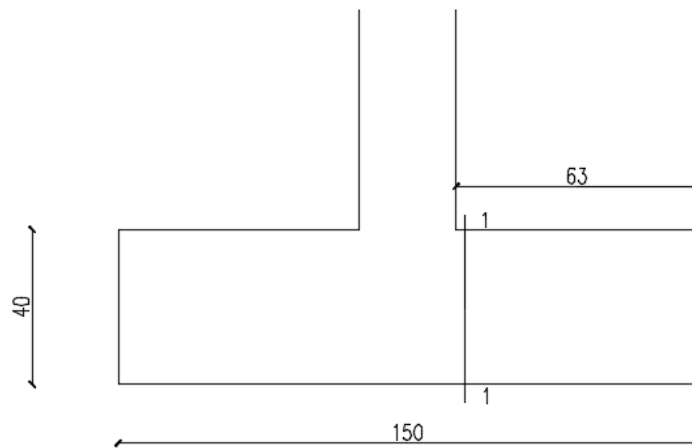
**Odabrana širina temelja  $B=150 \text{ cm}$**

$$\sigma_1 = \frac{6659.68 + 156.75}{15.68} + \frac{380.58}{163.80} = 437.04 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{6659.68 + 156.75}{15.68} - \frac{380.58}{163.80} = 432.40 < 500 \frac{kN}{m^2}$$



Slika 14.3 Prikaz naprežanja



Slika 14.4 Odabrane dimenzije temelja

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{2b'^2}{6} = 435.09 \cdot \frac{0.63^2}{2} + (437.04 - 435.09) \cdot \frac{0.63^2}{3} = 86.60 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 86.60 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8660}{150 \cdot 37^2 \cdot 1.33} = 0.032$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.10\% \quad \zeta = 0.965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{8660}{0.965 \cdot 37 \cdot 43.48} = 5.59 \text{ cm}^2$$

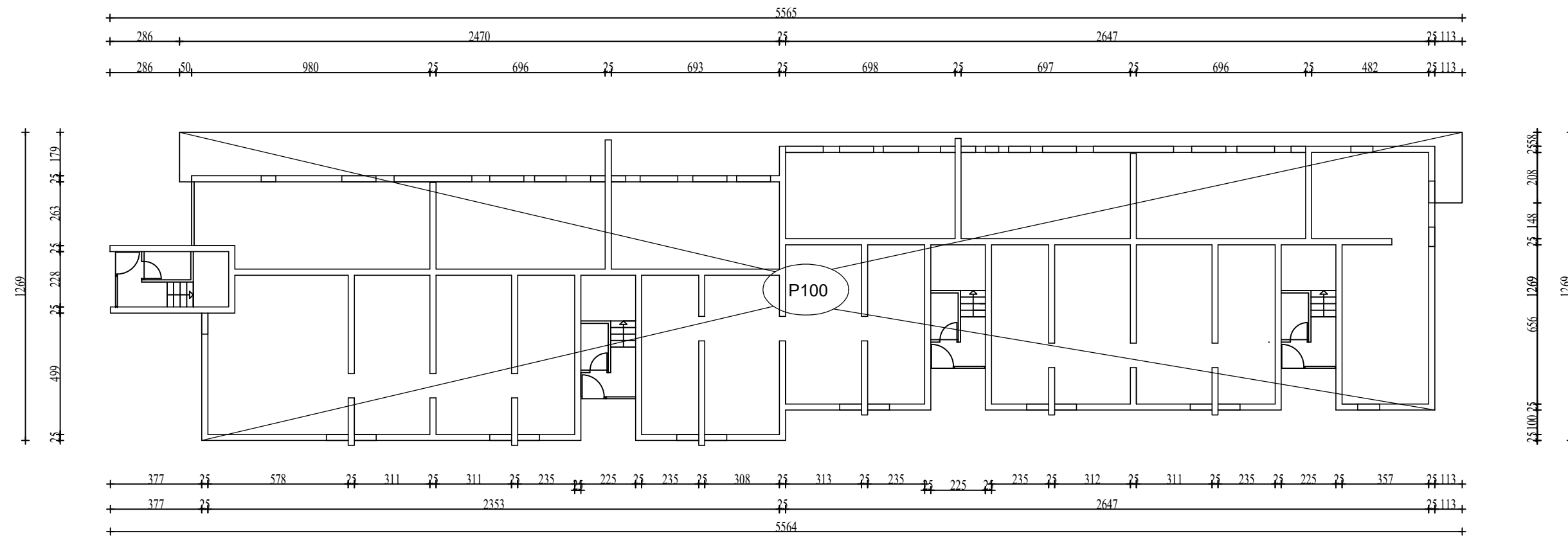
$$A_{min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.15 \cdot 150 \cdot \frac{37}{100} = 8.32 \text{ cm}^2$$


Odabrana armatura: **8Ø12**  $A_s = 9.05 \text{ cm}^2$

## 15. GRAFIČKI PRILOZI

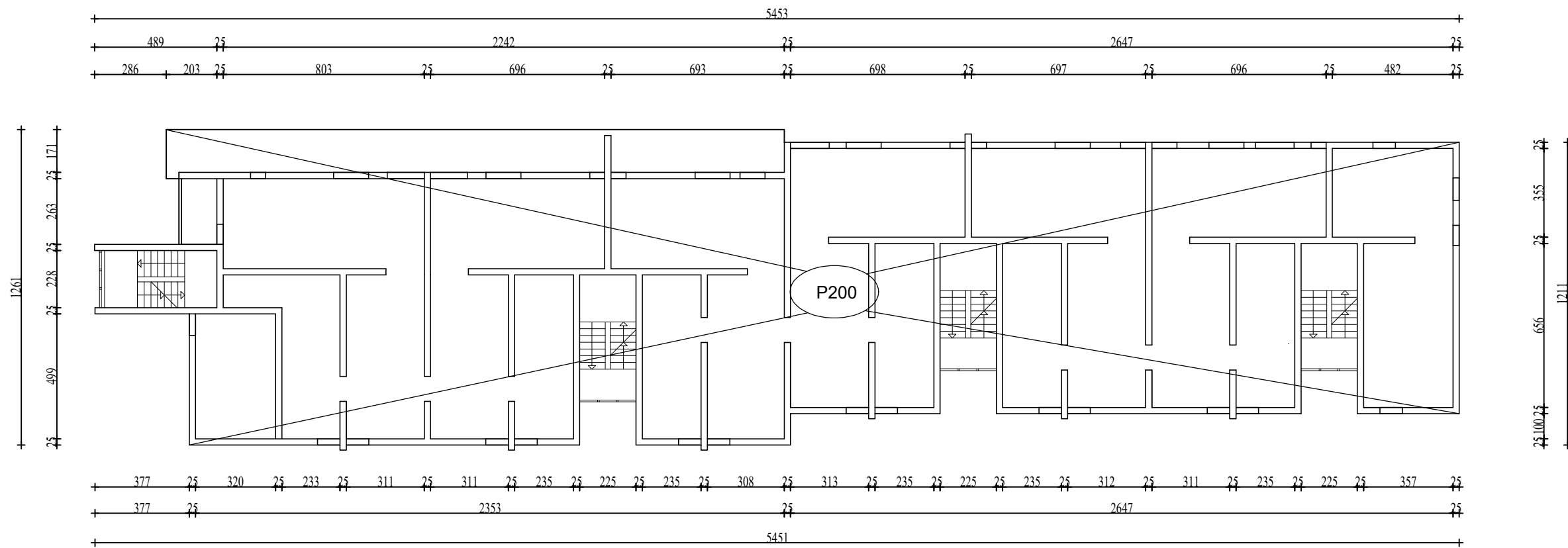
1. PLAN POZICIJA 100 PRIZEMLJE	M 1:200
2. PLAN POZICIJA 200 PRVI KAT	M 1:200
3. PLAN POZICIJA 300 DRUGI KAT	M 1:200
4. PLAN POZICIJA 400 TREĆI KAT	M 1:200
5. PLAN POZICIJA 500 NADGRAĐE	M 1:200
6. ARMATURA PLOČE POZ 100 (DONJA ZONA)	M 1:200
7. ARMATURA PLOČE POZ 100 (GORNJA ZONA)	M 1:200
8. ARMATURA PLOČE POZ 200 (DONJA ZONA)	M 1:200
9. ARMATURA PLOČE POZ 200 (GORNJA ZONA)	M 1:200
10. ARMATURA PLOČE POZ 300 (DONJA ZONA)	M 1:200
11. ARMATURA PLOČE POZ 300 (GORNJA ZONA)	M 1:200
12. ARMATURA PLOČE POZ 400 (DONJA ZONA)	M 1:200
13. ARMATURA PLOČE POZ 400 (GORNJA ZONA)	M 1:200
14. ARMATURA PLOČE POZ 500 (DONJA ZONA)	M 1:200
15. ARMATURA PLOČE POZ 500 (GORNJA ZONA)	M 1:200
16. ARMATURA GREDE POZ500	M 1:200
17. ARMATURA STUBIŠTA	M 1:20
18. PLAN POZICIJA I ARMATURA ZIDOVA	M 1:200
19. PLAN POZICIJA TEMELJA	M 1:200
20. ARMATURA TEMELJA	M 1:20


# TLOCRT PRIZEMLJA PLAN POZICIJA 100 M 1:200



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu</b>	DATUM: <b>Rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Tomislav Kokeza</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt prizemlja 1 - plan pozicija 100</b>	BROJ PRILOGA: <b>1</b>

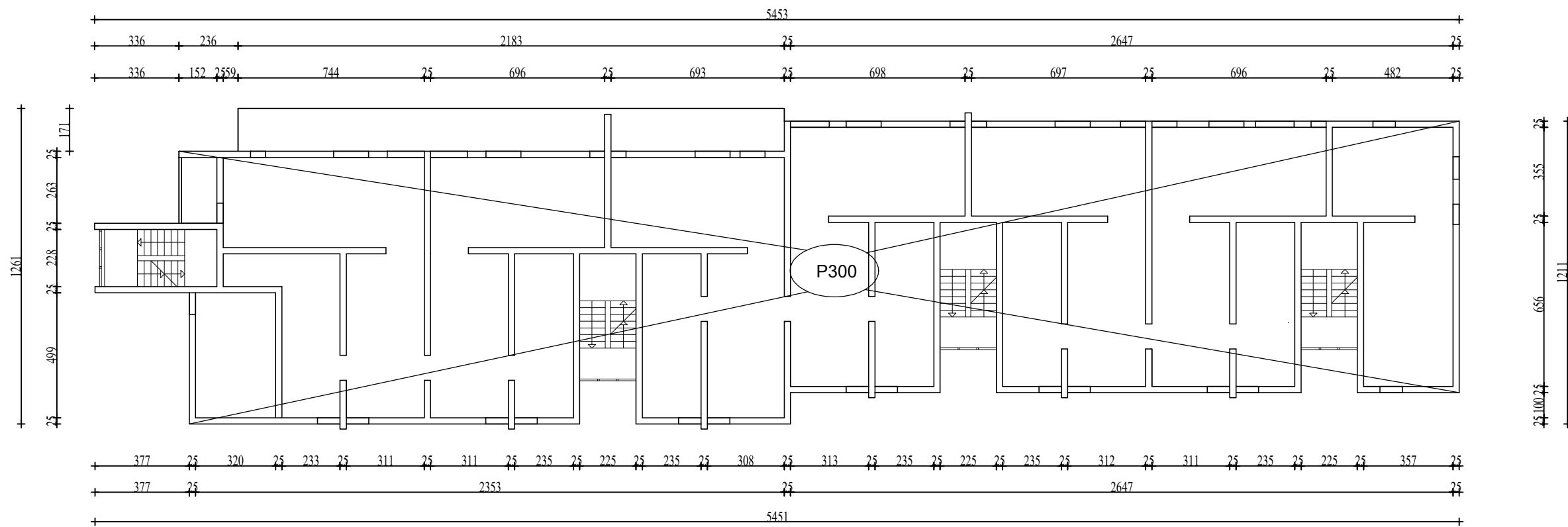
# TLOCRT PRVOG KATA PLAN POZICIJA 200 M 1:200




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu</b>	DATUM: <b>Rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Tomislav Kokeza</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt prvog kata - plan pozicija 200</b>	BROJ PRILOGA: <b>2</b>

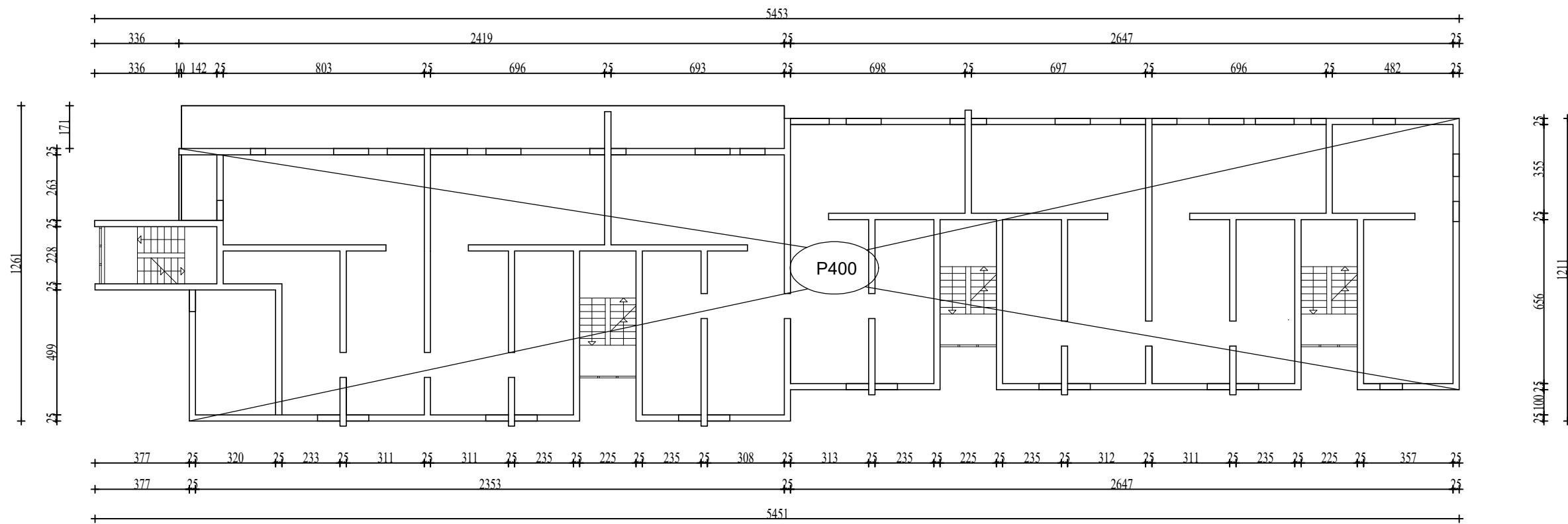



# TLOCRT DRUGOG KATA PLAN POZICIJA 300 M 1:200



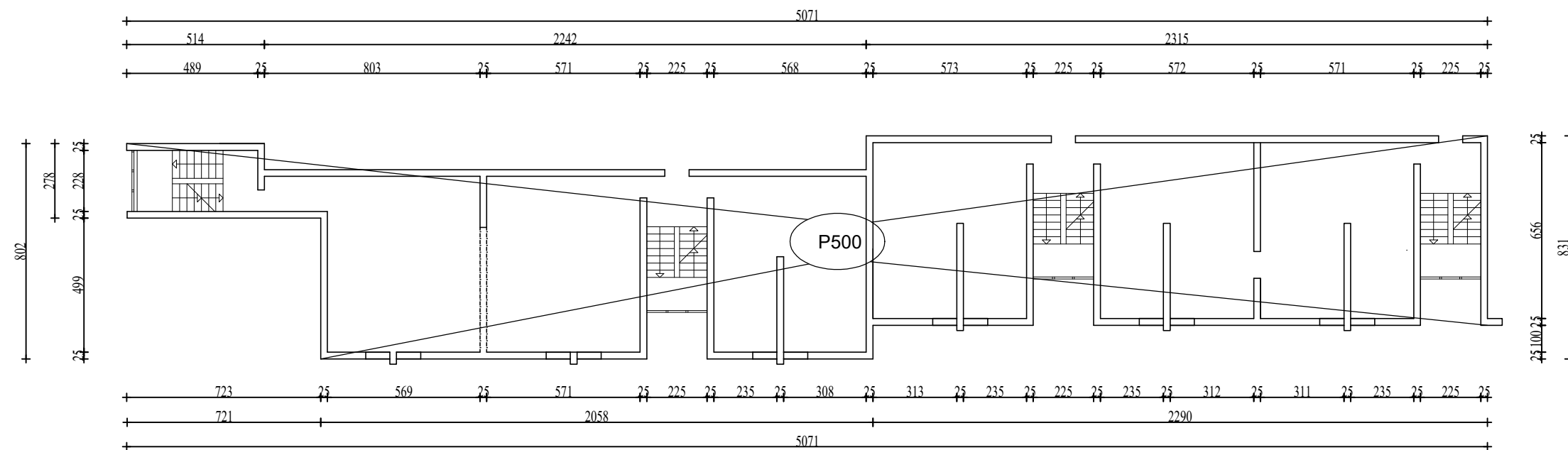
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Tlocrt drugog kata - plan pozicija 300	BROJ PRILOGA: 3


# TLOCRT TREĆEG KATA PLAN POZICIJA 400 M 1:200



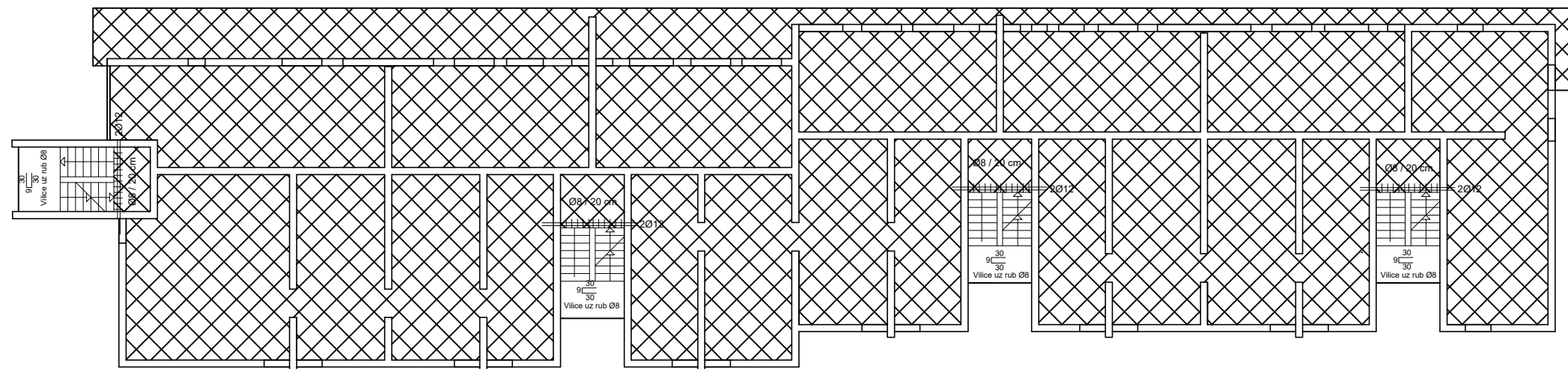
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Tlocrt trećeg kata - plan pozicija 400	BROJ PRILOGA: 4

# TLOCRT NADGRAĐA PLAN POZICIJA 500 M 1:200



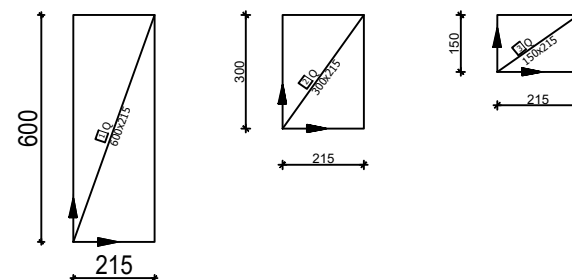
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu</b>	DATUM: <b>Rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Tomislav Kokeza</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt nadgrađa - plan pozicija 500</b>	BROJ PRILOGA: <b>5</b>

# ARMATURA PLOČE POZ100 DONJA ZONA M 1:200



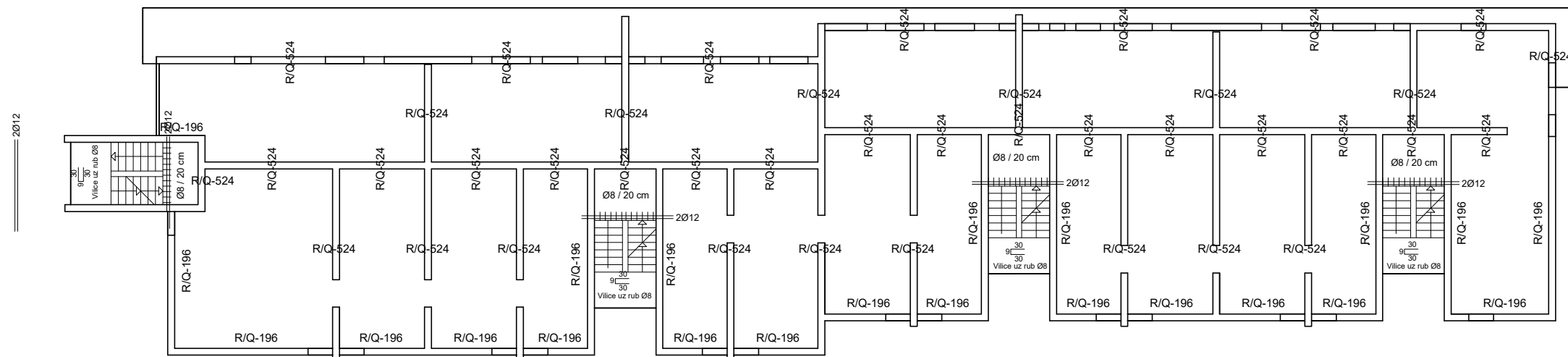
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



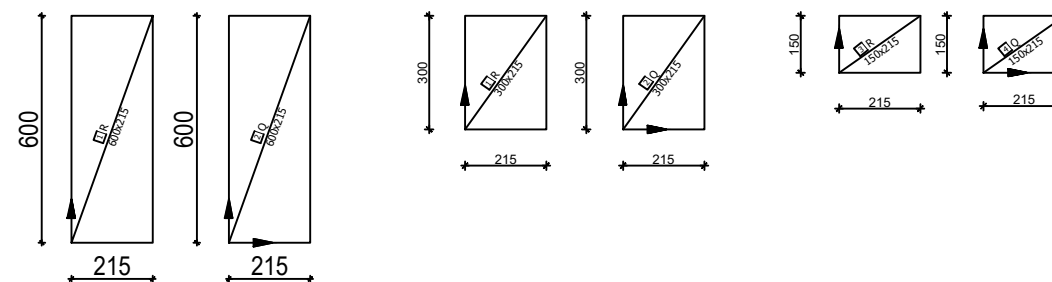
<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz100 donja zona	BROJ PRILOGA: 6

# ARMATURA PLOČE POZ100 GORNJA ZONA M 1:200



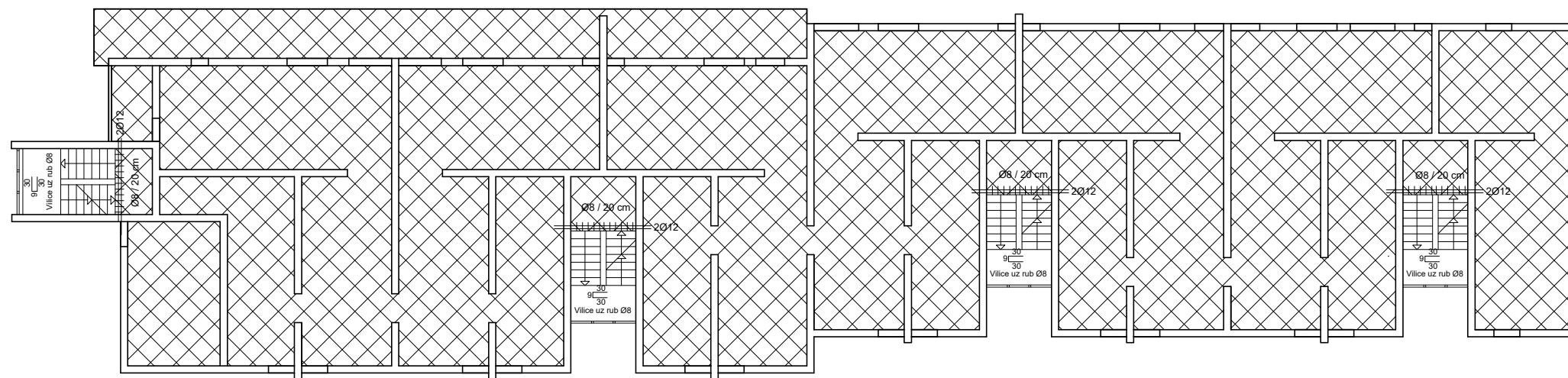
- Napomene:
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-196, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-196

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz100 gornja zona	BROJ PRILOGA: 7

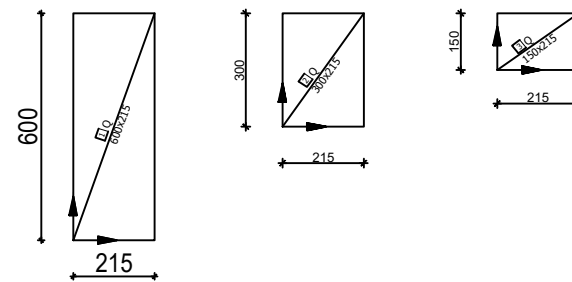
# ARMATURA PLOČE POZ 200 DONJA ZONA M 1:200




 **Q-283**

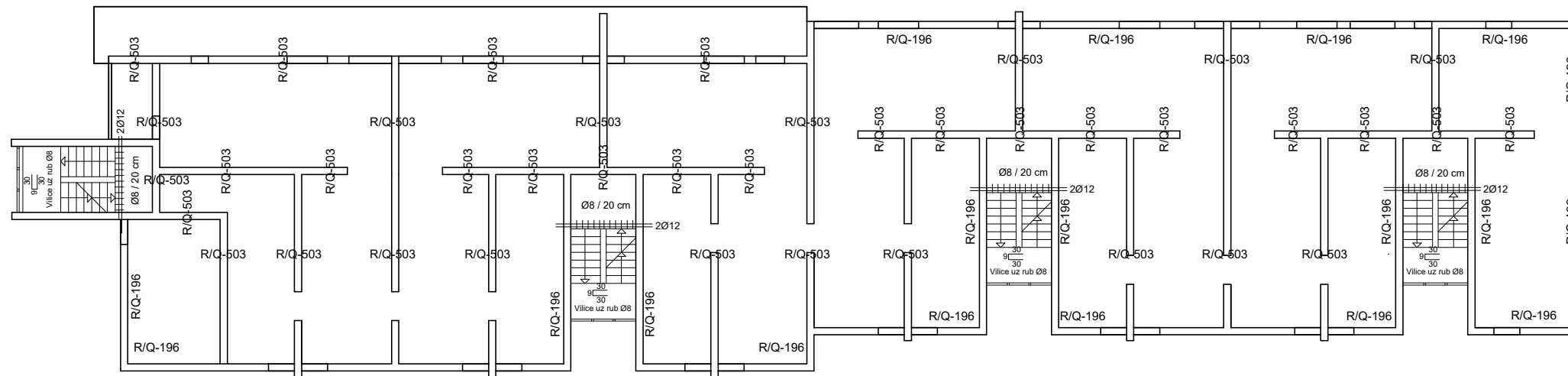
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



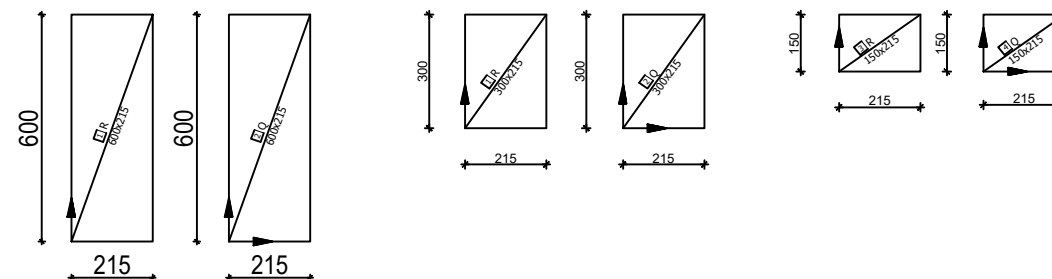
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz200 donja zona	BROJ PRILOGA: 8

# ARMATURA PLOČE POZ 200 GORNJA ZONA M 1:200



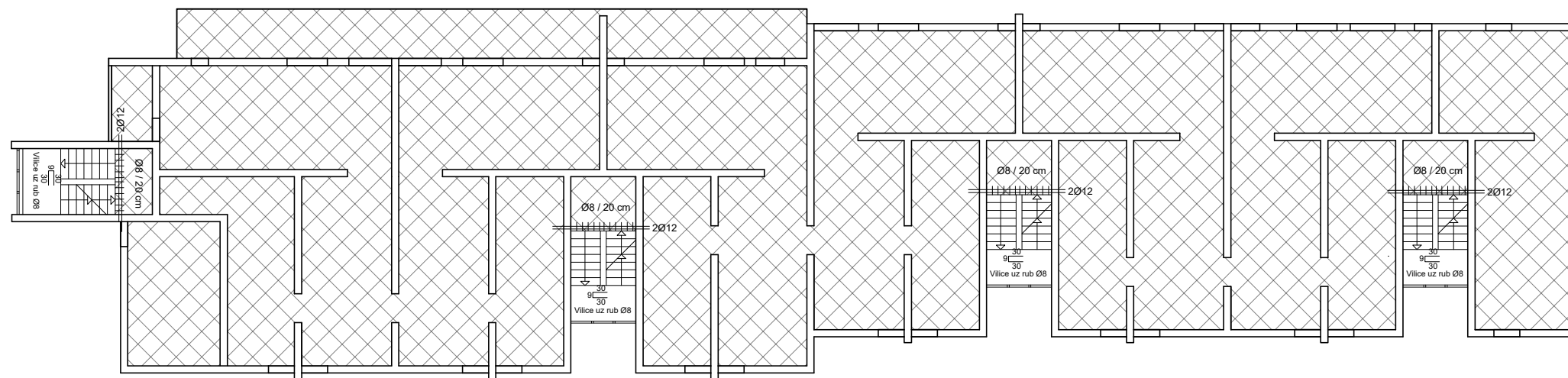
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-196, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-196

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE U SPLITU,                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE                  I GEODEZIJE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz200 gornja zona	BROJ PRILOGA: 9

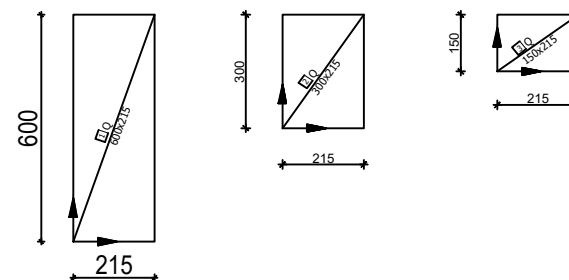
# ARMATURA PLOČE POZ300 DONJA ZONA M 1:200




 **Q-283**

Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

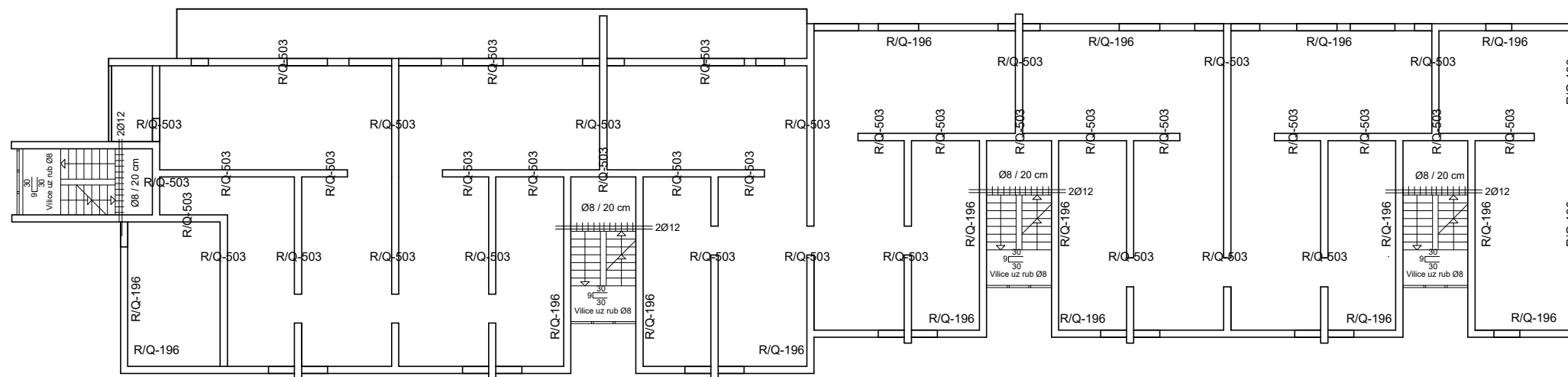
Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz300 donja zona	BROJ PRILOGA: <b>10</b>

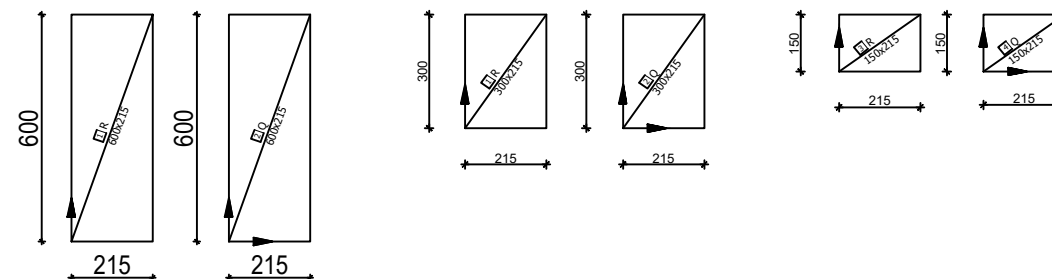


# ARMATURA PLOČE POZ 300 GORNJA ZONA M 1:200



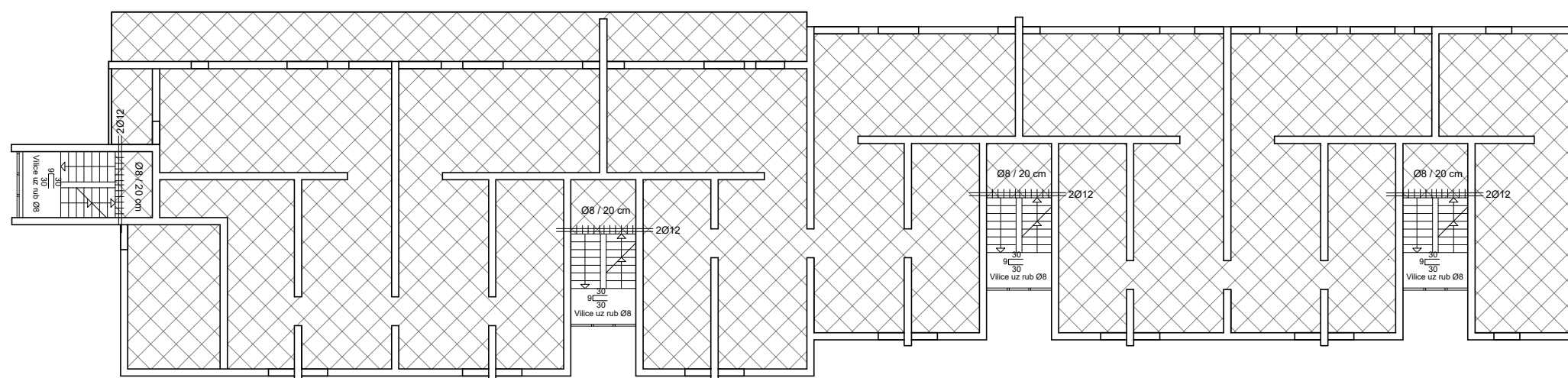
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-196, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-196

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



<p>SVELIČIŠTE U SPLITU,                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE                  I GEODEZIJE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz300 gornja zona	BROJ PRILOGA: 11

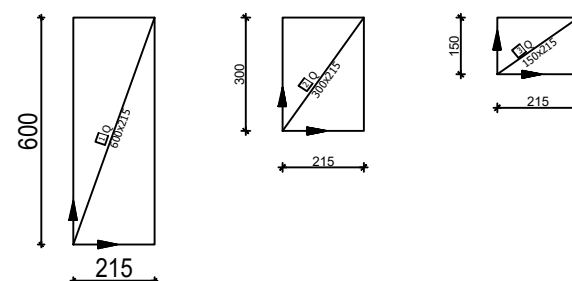
# ARMATURA PLOČE POZ400 DONJA ZONA M 1:200




 **Q-283**

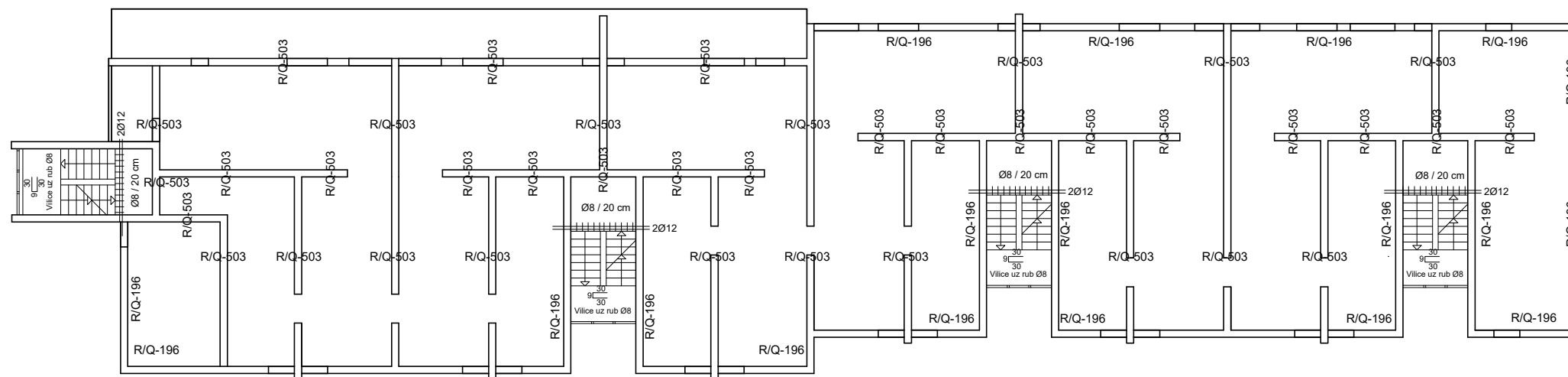
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



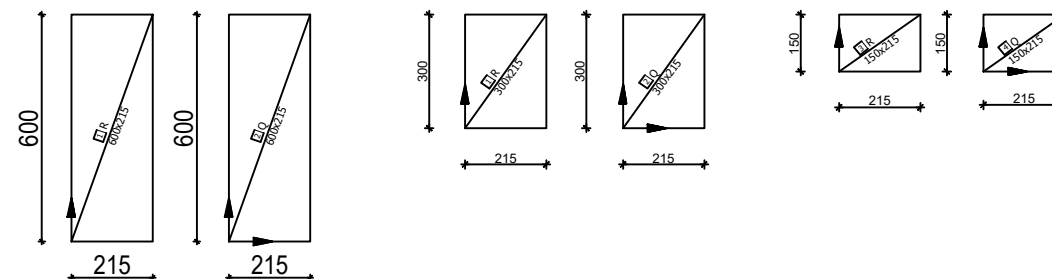
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz400 donja zona	BROJ PRILOGA: <b>12</b>

# ARMATURA PLOČE POZ 400 GORNJA ZONA M 1:200



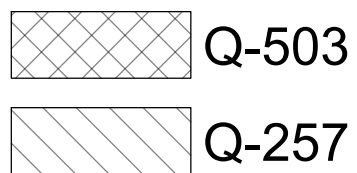
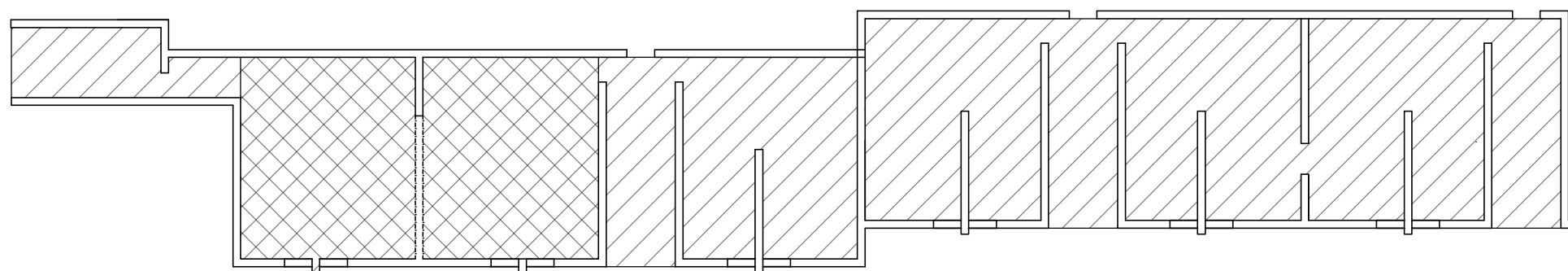
- Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm  
 -Na rubovima ploča postavljati mreže R-196, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-196

Beton: C 30/37  
 Armatura: B 500B



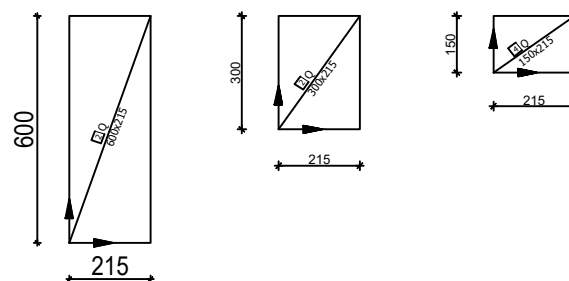
<p>SVELIČIŠTE U SPLITU,                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE                  I GEODEZIJE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz400 gornja zona	BROJ PRILOGA: 13

# ARMATURA PLOČE POZ500 DONJA ZONA M 1:200



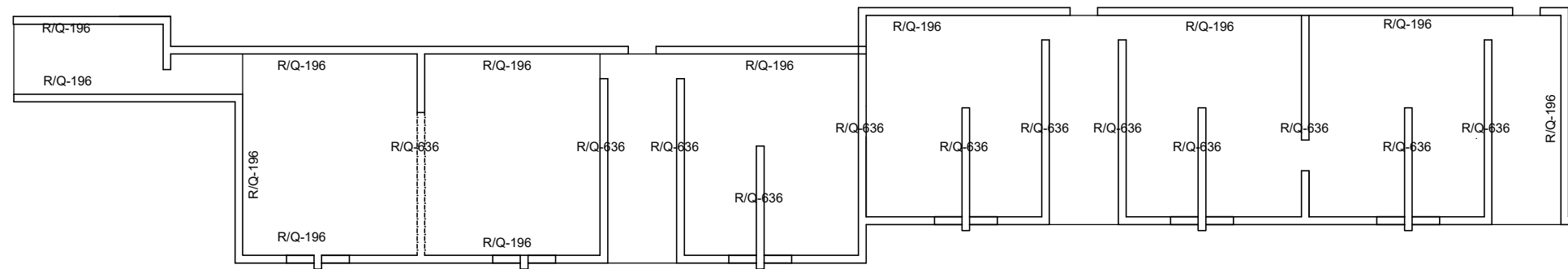
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B



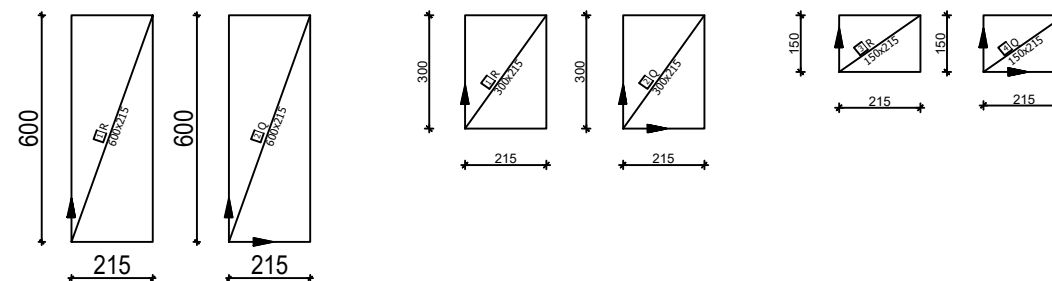
<p>SVELIČIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz500 donja zona	BROJ PRILOGA: 14


# ARMATURA PLOČE POZ500 GORNJA ZONA M 1:200



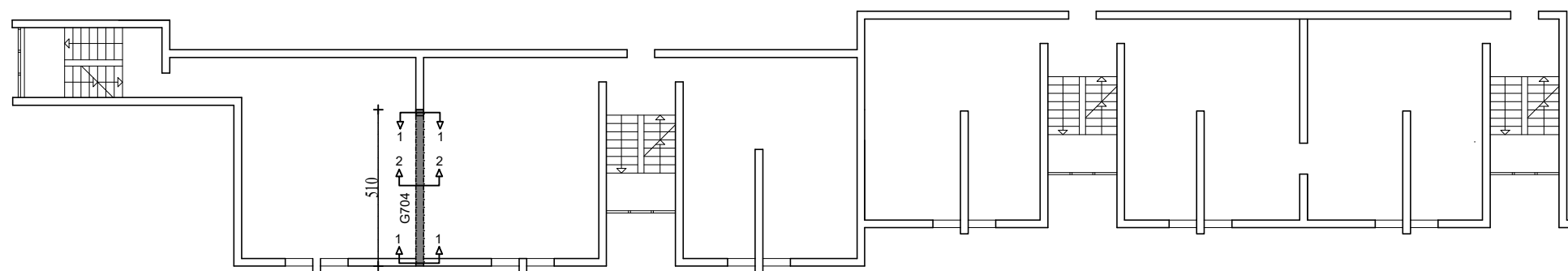
- Napomene:
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-196, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-196

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

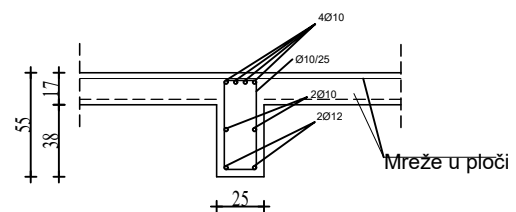


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz500 gornja zona	BROJ PRILOGA: 15

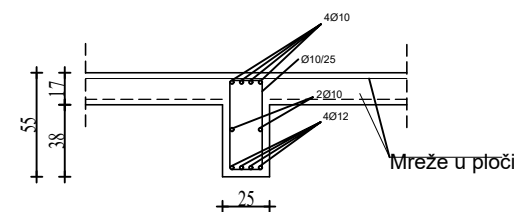
# ARMATURA GREDE POZ500




GREDA POZ G500  
PRESJEK 1-1  
M 1:20



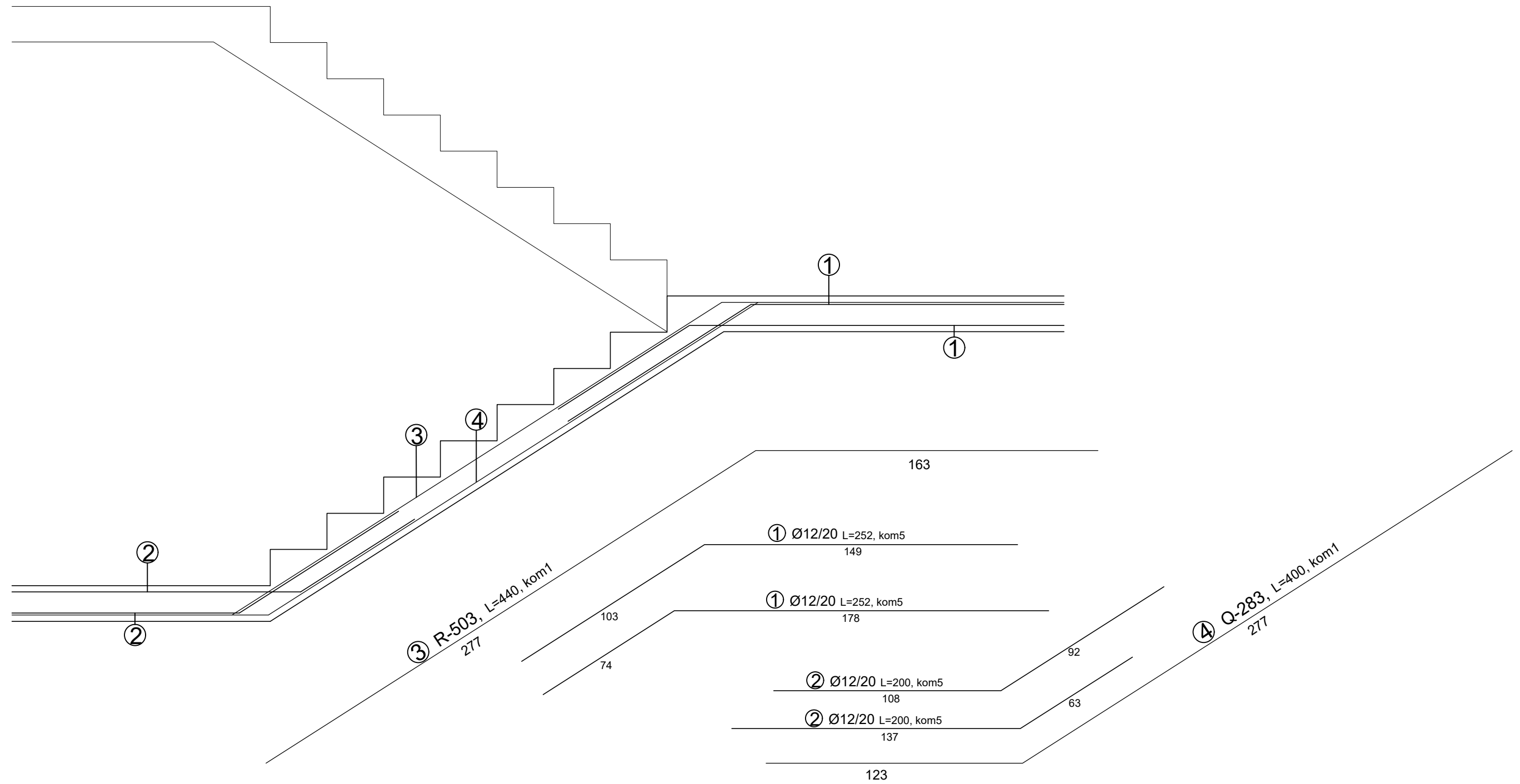
GREDA POZ G500  
PRESJEK 2-2  
M 1:20




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura greda pozicije 500	BROJ PRILOGA: 16

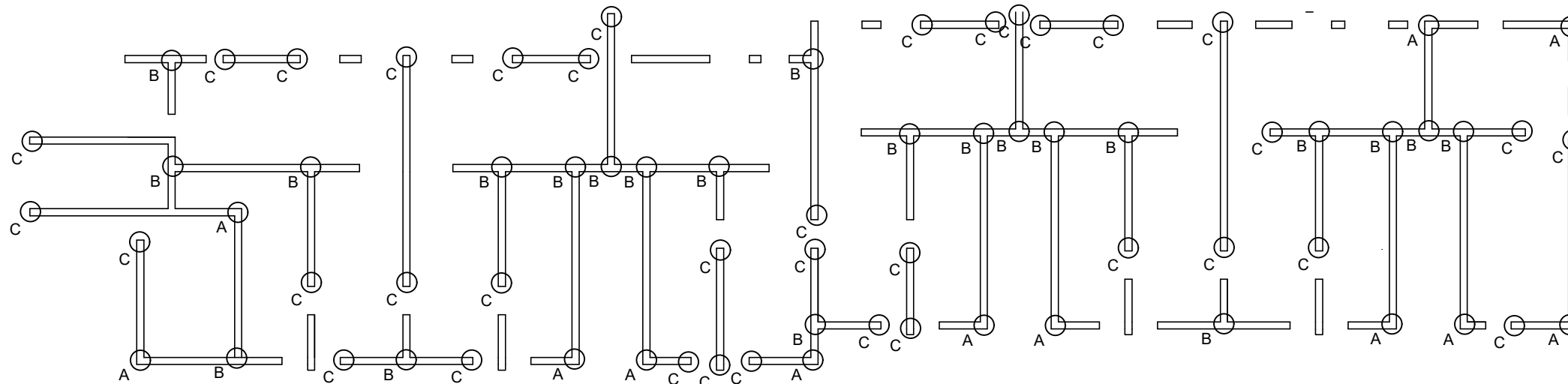
# ARMATURA STUBIŠTA

## M 1:20

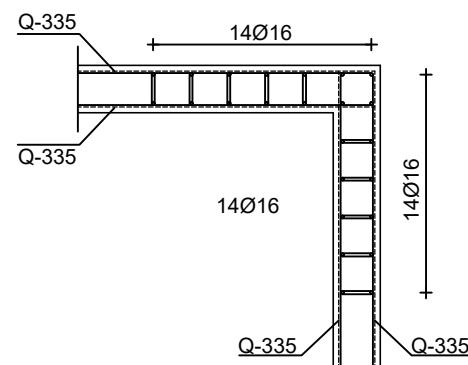


 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura stubišta	BROJ PRILOGA: 17

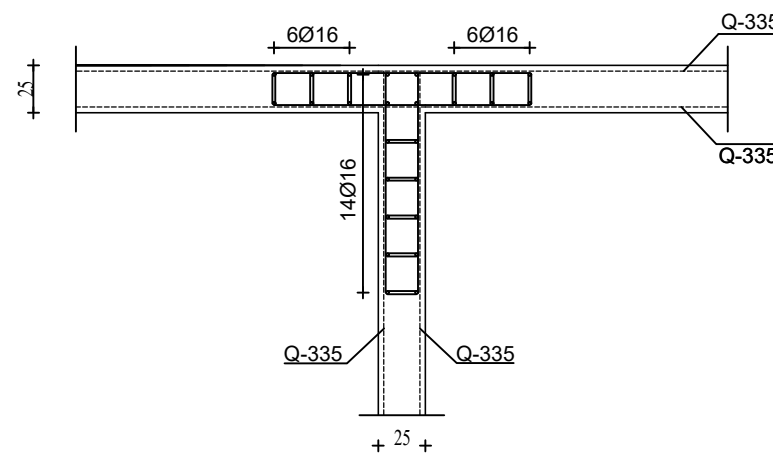
# PLAN POZICIJA I ARMATURA ZIDOVA M 1:200



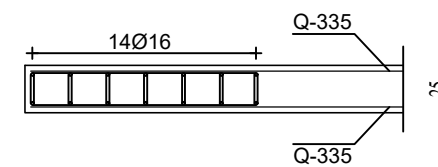
Detalj A  
M 1:20



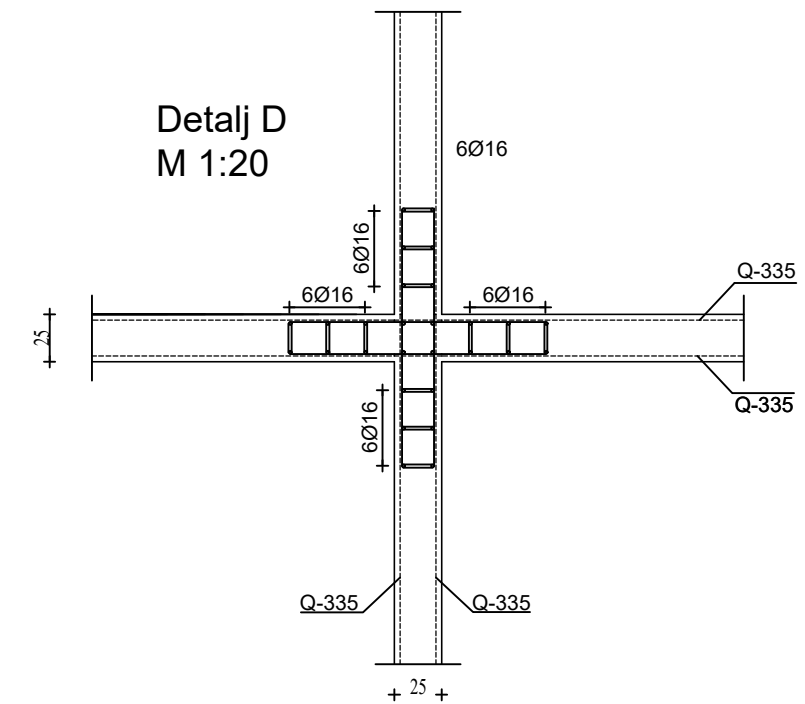
Detalj B  
M 1:20



Detalj C  
M 1:20



Detalj D  
M 1:20



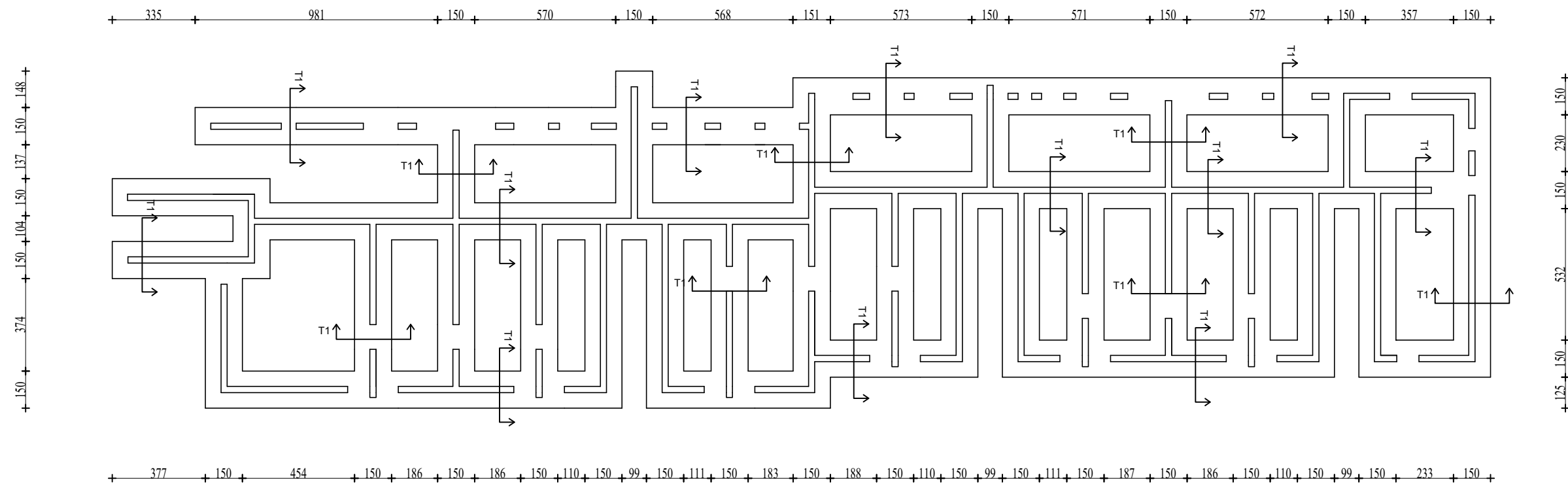
Napomene: U prilogu je prikazan tlocrt 1. kata


Detalj D pojavljuje se u prizemlju jer su zidovi u smjeru x spojeni cijelom dužinom.

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora u Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Plan pozicija i armatura zidova	BROJ PRILOGA: 18

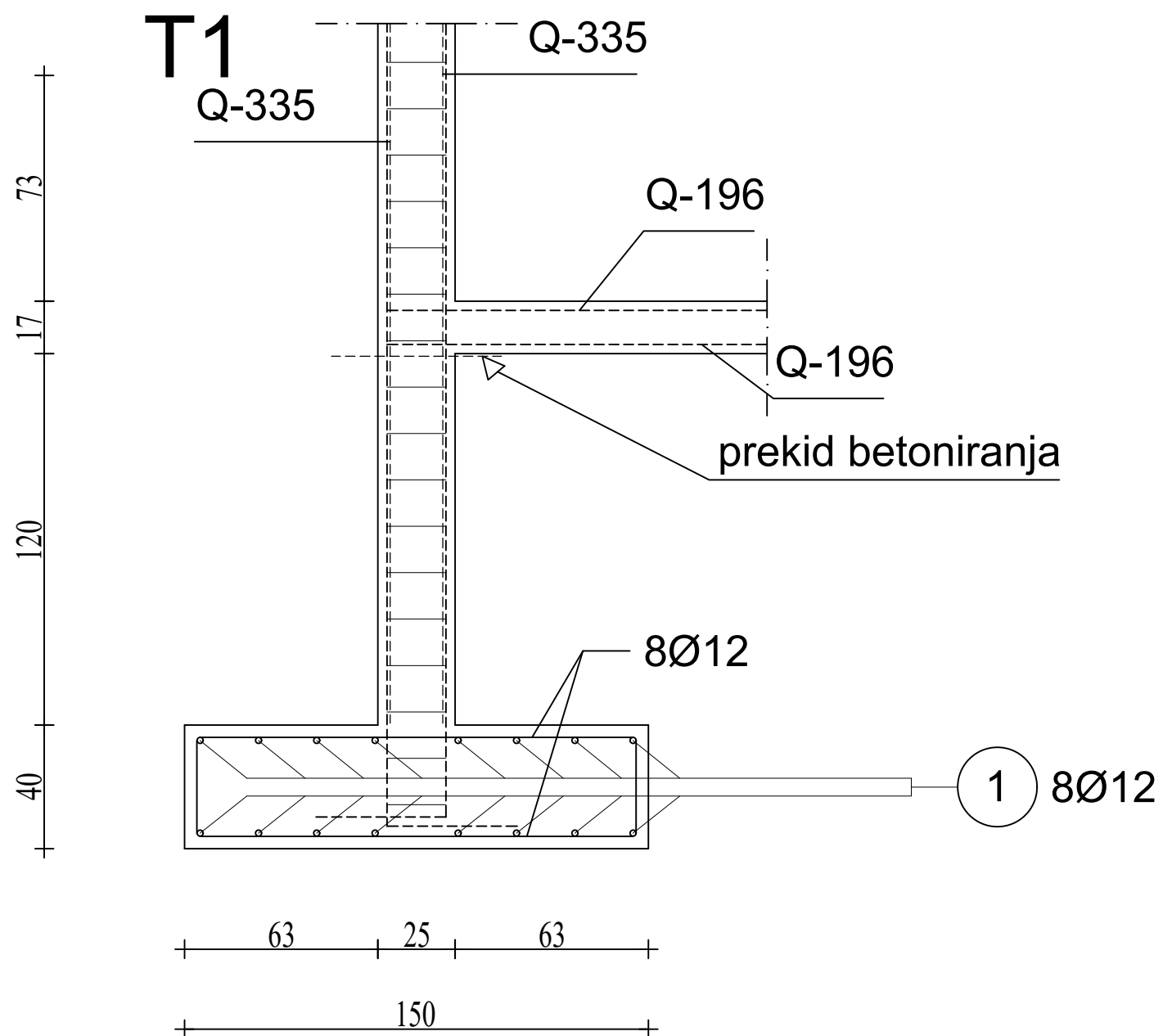



# PLAN POZICIJA TEMELJA M 1:200



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:250
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora Omišu</b>	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomisav Kokeza
	SADRŽAJ: Plan pozicija temelja	BROJ PRILOGA: <b>19</b>

ARMATURA TEMELJA  
PRESJEK T1  
M 1:20



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Ulici Vladimira Nazora Omišu	DATUM: Rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Tomislav Kokeza
	SADRŽAJ: Armatura temelja - presjek T1	BROJ PRILOGA: 20