

# Glavni projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine

---

**Budimir, Mirko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:123:021988>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Mirko Budimir**

**Split, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Glavni projekt konstrukcije stambeno-  
poslovne građevine**

**Diplomski rad**

**Split, 2024.**

*Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Alenu Harapinu na pomoći pri izradi rada i na savjetima u struci, svojim prijateljima Luki Šariću, Ivanu Rajčiću, Marinu Reljanoviću i Marku Galiću na podršci, posebno svojoj obitelji, koji su mi sve omogućili u životu, i svojoj zaručnici Anamariji<sup>P</sup> na bezuvjetnoj podršci, razumijevanju te beskonačnom strpljenju.*



# **Glavni projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine**

## ***Sažetak:***

U diplomskom radu je prikazan glavni projekt stambeno-poslovne građevine u Splitu. Građevina je podijeljena na dva objekta, objekt A s 5 etaža, objekt B sa 6 etaža, koje su međusobno povezane preko garažne etaže. Objekt A sastoji se od po 2 stana po etaži od prizemlja do četvrtog kata, a objekt B sastoji se od 2 poslovna prostora u razini prizemlja te po 2 stana po etaži od prvog do petog kata.

Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom. Proračun nosivih elemenata konstrukcije proveden je u računalnom programu SCIA Engineer 22.1. Prikazane su dobivene rezne sile za kritične kombinacije na temelju kojih se izvršilo dimenzioniranje konstruktivnih elemenata.

Sadržaj projekta: tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih elemenata konstrukcije te planovi pozicija.

## ***Ključne riječi:***

stambeno-poslovna građevina, glavni projekt konstrukcije, armirano-betonska konstrukcija

## **The main project of the construction of a residential-commercial building**

## ***Abstract:***

The main project of a residential-commercial building in Split is presented in this master's thesis. The building is divided into two structures: building A with 5 floors and building B with 6 floors, which are interconnected via the garage level. Building A consists of 2 apartments per floor from the ground floor to the fourth floor, while building B consists of 2 commercial spaces on the ground level and 2 apartments per floor from the first to the fifth floor.

The construction is carried out using reinforced concrete in monolithic form. The calculation of load-bearing elements was performed using the computer program SCIA Engineer 22.1. The obtained shear forces for critical load combinations were used for the design of structural elements.

The project content includes a technical description of the construction, calculation of load-bearing elements, and position plans.

## ***Keywords:***

residential-commercial building, main construction project, reinforced concrete structure

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
SMJER: **KONSTRUKCIJE**  
KANDIDAT: **Mirko Budimir**  
MATIČNI BROJ (JMBAG): **0083223207**  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema:

Glavni projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine

Opis zadatka:

Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt stambeno-poslovne zgrade. Glavni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- analiza opterećenja
- proračun elemenata konstrukcije
- grafički prilozi (planovi pozicija)

U Splitu, srpanj 2024.

Mentor:

prof. dr. sc. Alen Harapin

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite  
studija Građevinarstvo:

izv. prof. dr. sc. Ivan Balić

<b>1. Tehnički opis.....</b>	<b>4</b>
1.1. Općenito.....	4
1.2. Nosiva konstrukcija .....	4
1.3. Potresna otpornost konstrukcije.....	4
1.4. Temelji.....	4
1.5. Vertikalne nosive konstrukcije .....	5
1.6. Horizontalne nosive konstrukcije .....	5
1.7. Ostale nosive konstrukcije .....	5
1.8. Materijali.....	6
1.8.1. Beton.....	6
1.8.2. Armatura.....	8
1.9. Zaštita od požara.....	9
<b>2. Program kontrole i osiguranja kvalitete.....</b>	<b>10</b>
2.1. Betonske konstrukcije.....	10
2.1.1. Općenito.....	10
2.1.2. Popis normi i propisa za osiguranje kvalitete .....	11
2.1.2.1. Norme za projektiranje .....	11
2.1.2.2. Norme za izvođenje .....	12
2.1.3. Betonski i armiranobetonski radovi.....	13
2.1.3.1. Općenito .....	13
2.1.3.2. Materijali za beton.....	13
2.1.3.3. Kontrola betona .....	15
2.1.3.4. Transport i ugradba.....	18
2.1.3.5. Njega i zaštita .....	20
2.1.3.6. Obrada betonskih površina .....	22
2.1.3.7. Oplata .....	22
2.1.3.8. Armatura.....	24
2.2. Kvaliteta materijala, proizvoda i izrade .....	26
2.3. Fasadne metalne konstrukcije i bravarija.....	26
2.4. Način održavanja i projektirani vijek uporabe građevine .....	27
2.5. Napomene projektanta konstrukcije za izvođenje i nadzor nad građenjem.....	27
2.6. Nadzor nad građenjem.....	28
<b>3. Analiza opterećenja .....</b>	<b>29</b>
3.1. Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima.....	29
3.1.1. Stalno opterećenje (G) i dodatno stalno opterećenje ( $\Delta G$ ) .....	29
3.1.2. Promjenjivo opterećenje - korisno opterećenje (Q).....	30

3.1.3. Promjenjivo opterećenje - djelovanje snijega (S).....	31
3.1.4. Promjenjivo opterećenje - djelovanje vjetra (W).....	33
3.1.5. Opterećenje od zasipa tla - statičko djelovanje zasipa tla (Z).....	38
3.1.6. Izvanredno opterećenje – potresno opterećenje (P).....	40
3.2. Proračunski modeli.....	47
3.2.1. Podaci o proračunskom modelu – vertikalni model.....	47
3.2.2. Podaci o proračunskom modelu – horizontalni model.....	48
<b>4. Proračun elemenata konstrukcije.....</b>	<b>49</b>
4.1. Proračun AB stupova.....	49
4.1.1. Stupovi S1 ( $l = 2,6$ (m)) i S2 ( $l = 3,65$ (m)).....	50
4.1.1.1. Rezultati.....	50
4.1.1.2. Dokaz nosivosti stupa POZ S1, $b/h=50/50$ (cm), $l = 2,6$ (m).....	54
4.1.1.3. Dokaz nosivosti stupa POZ S2, $b/h=50/50$ (cm), $l = 3,65$ (m).....	90
4.2. Proračun AB zidova.....	126
4.2.1. Zid u osi A/1-4.....	128
4.2.2. Zid u osi B ( $B_1$ )/1-9.....	131
4.2.3. Zid u osi C/6-9.....	134
4.2.4. Zid u osi G/1-4.....	137
4.2.5. Zid u osi H/6-9.....	140
4.2.6. Zid u osi I/1-9.....	143
4.2.7. Zid u osi J/6-9.....	146
4.2.8. Zid u osi 1/A-I.....	149
4.2.9. Zid u osi 2/A-H.....	152
4.2.10. Zid u osi 4/A-G.....	155
4.2.11. Zid u osi 5/B-E.....	157
4.2.12. Zid u osi 6/B-J.....	159
4.2.13. Zid u osi 8/B-J.....	162
4.2.14. Zid u osi 9/B-J.....	165
4.3. Proračun AB ploča.....	168
4.3.1. Proračun ploča POZ 700.....	168
4.3.2. Proračun ploča POZ 600.....	172
4.3.3. Proračun ploča POZ 500.....	178
4.3.4. Proračun ploča POZ 400.....	184
4.3.5. Proračun ploča POZ 300.....	190
4.3.6. Proračun ploča POZ 200.....	196
4.3.7. Proračun ploča POZ 100.....	202

4.4. Proračun AB stubišta .....	208
4.4.1. Proračun stubišta ST1, $d_{\text{krak}} = 15 \text{ (cm)}$ , $d_{\text{podest}} = 20 \text{ (cm)}$ .....	210
4.4.2. Proračun stubišta ST2, $d_{\text{krak}} = 15 \text{ (cm)}$ , $d_{\text{podest}} = 20 \text{ (cm)}$ .....	212
4.4.3. Proračun stubišta ST3, $d_{\text{krak}} = 15 \text{ (cm)}$ , $d_{\text{podest}} = 20 \text{ (cm)}$ .....	214
4.5. Proračun temeljne konstrukcije.....	215
4.5.1. Proračun temeljne ploče POZ 000 .....	217
4.6. Proračun konstrukcije prema HRN EN 1998-1:2011 .....	223
4.6.1. Provjera efekata drugog reda .....	223
4.6.2. Ograničenje međukatnih pomaka .....	225
<b>5. Grafički prilozi.....</b>	<b>226</b>
5.1. Planovi pozicija.....	226

# 1. Tehnički opis

## 1.1. Općenito

Predmet ovog projekta je izgradnja stambeno-poslovne građevine u Splitu. U ovom glavnom projektu konstrukcije razrađen je koncept konstruktivnog rješenja za horizontalna i vertikalna djelovanja. U grafičkom prilogu prikazane su sve etaže sa nosivim elementima. Predmetna građevina je tlocrtnih gabarita cca 35,0 x 26,5 (m); katnosti: podrum, prizemlje, 1. kat, 2. kat, 3. kat, 4. kat, 5. kat, neprohodni krov.

## 1.2. Nosiva konstrukcija

Nosivu konstrukciju građevine čine vertikalni AB elementi (zidovi, visokostijeni nosači). Horizontalni AB elementi: ploče, grede, sve prema dimenzijama prikazanim u grafičkim priložima. Sve međukatne ploče su armiranobetonske monolitne konstrukcije debljina prema planu pozicija.

## 1.3. Potresna otpornost konstrukcije

Građevina je locirana na području s poredbenim vršnim ubrzanjem temeljnog tla  $a_{gR}$ , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnošću premašaja 10% u 50 godina a za povratno razdoblje potresa  $TNCR= 475$  godina:  $a_{gr,GSN} = 0,227$  g, te vršno ubrzanje temeljnog tla  $a_{gR}$ , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnošću premašaja 10% u 10 godina a za povratno razdoblje potresa  $TDLR= 95$  godina:  $a_{gr,GSU} = 0,119$  g.

## 1.4. Temelji

Temeljenje objekta potrebno je izvesti na naslagama matične stijene, odnosno, potrebno je u potpunosti ukloniti ostatke eventualnog razlomljenog i okršenog materijala koji je nepodesan za temelje. Nastali prostor potrebno je zapuniti "mršavim" betonom – ukoliko se radi o matičnoj stijeni. Ukoliko se temeljna ploha korektno pripremi i ukoliko se temeljenje izvede u cijelosti na matičnoj stijeni nema opasnosti od pojave slijeganja ili diferencijalnog slijeganja.

**Dopuštene pritiske na predmetnoj lokaciji potrebno je provjeriti od strane ovlaštenog geomehaničara nakon širokog iskopa. Ukoliko se utvrdi razlika u odnosu na dopuštenu nosivost, potrebno je konzultirati projektanta konstrukcije radi eventualnih intervencija na projektiranim temeljima.**

Ispod predmetne građevine predviđene je temeljna ploča, dimenzija  $d = 50$  (cm), a temeljna ploča u razini prizemlja i suterena  $d = 40$  (cm). Geometrija je prikazana u planu pozicija. Armiranje izvesti sa armaturom B500B. Beton C30/37. Temelje izvesti prema proračunu i dimenzijama danim u ovom projektu. Na ovako pripremljenom tlu, obzirom na poznavanje lokacije, projektna nosivost temeljnog tla može se koristiti do vrijednosti  $\sigma_{Rd} = 250$  (kN/m<sup>2</sup>).

**NAPOMENE:**

- **Dopuštena naprezanja potvrditi prije početka radova pregledom i upisom u građevinski dnevnik od strane ovlaštenog geomehaničara.**
- **Obavezan izlazak geomehaničara na teren za vrijeme izvođenja radova**
- **O svim eventualnim promjenama koje mogu uslijediti potrebno je obavijestiti projektanta kako bi prilagodio temelje novonastalom stanju.**
- **Obavezna izvedba drenaže oko objekta!**

**1.5. Vertikalne nosive konstrukcije**

Uspravne nosive konstrukcije čine AB zidovi. Sve zidove u dodiru s tlom i vodom izvesti od betona C30/37, dimenzija prema planu pozicija. Sve ostale AB zidove izvesti od betona C30/37. Armirati ih obostrano mrežama B500B i šipkastom armaturom B500B na krajevima zidova, a sve prema proračunu iz ovog glavnog projekta i izvedbenom projektu konstrukcije.

**1.6. Horizontalne nosive konstrukcije**

Horizontalne konstrukcije izraditi od armiranog betona debljina:

- |                      |             |
|----------------------|-------------|
| - Ploče pozicija 700 | d = 20 (cm) |
| - Ploče pozicija 600 | d = 20 (cm) |
| - Ploče pozicija 500 | d = 20 (cm) |
| - Ploče pozicija 400 | d = 20 (cm) |
| - Ploče pozicija 300 | d = 20 (cm) |
| - Ploče pozicija 200 | d = 20 (cm) |
| - Ploče pozicija 100 | d = 40 (cm) |

Sve ploče izvesti prema proračunu i priloženom planu pozicija.

AB nosače izraditi prema uputama u proračunu pojedine stavke iz glavnog projekta konstrukcije. Sve horizontalne AB elemente izraditi od betona C30/37 i armirati s B500B. Horizontalne konstrukcije je potrebno obavezno držati poduprtima 28 dana nakon betoniranja te podupirače kontinuirano voditi do temelja. Zabranjeno je opterećivati ploče pločama iznad preko podupirača.

**1.7. Ostale nosive konstrukcije**

AB krak i podeste stubišta izraditi od betona C30/37 i armirati s B500B, prema armaturnim planovima u izvedbenom projektu.

## 1.8. Materijali

### 1.8.1. Beton

Oznaka razreda	Opis okoliša	Informativni primjeri moguće pojave razreda izloženo
1 Nema rizika od korozije		
XO	Za beton bez armature ili ugrađenog metala; sve izloženosti osim onih u kojima postoji zamrzavanje/odmrzavanje, abrazija ili kemijska agresivnost. Za beton s armaturom ili ugrađenim metalom: vrlo suho.	Beton unutar zgrada s vrlo malom vlažnošću zraka.
2 Korozija uzrokovana karbonizacijom		
XC1	Suho i trajno vlažno.	Beton unutar zgrada s malom vlažnošću zraka. Beton stalno uronjen u vodu.
XC2	Vlažno, rijetko suho.	Površine betona izložene dugotrajnom kontaktu s vodom. Mnogi temelji.
XC3	Umjerenom vlažnost.	Beton unutar zgrada s umjerenom ili velikom vlažnošću zraka. Vanjski beton zaštićen od kiše.
X04	Ciklički vlažno i suho.	Površine betona izložene kontaktu s vodom koje ne pripadaju razredu izloženosti XC2.
3 Korozija uzrokovana kloridima		
XD1	Umjerenom vlažnost.	Površine betona izložene kloridima iz zraka.
XD2	Vlažno, rijetko suho.	Bazeni za plivanje. Elementi betona izloženi industrijskim vodama koje sadržavaju kloride.
XD3	Ciklički vlažno i suho.	Dijelovi mostova izloženog prskanju vode koja sadržava kloride. Pločnici – kolničke konstrukcije. Ploče javnih garaža.
4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode		
XS1	Izložen solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom.	Konstrukcije u blizini ili na obali.
XS2	Stalno uronjeno.	Dijelovi pomorskih konstrukcija.
XS3	U područjima plime i oseke i prskanja vode.	Dijelovi pomorskih konstrukcija.
5 Korozija uzrokovana zamrzavanjem i odmrzavanjem		
XF1	Umjerenom zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje.	Vertikalne površine betona izložene kiši i zamrzavanju.
XF2	Umjerenom zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje.	Vertikalne površine betona cestovnih konstrukcija izložene zamrzavanju i sredstvima za odmrzavanje.
XF3	Jako zasićenje vodom, bez sredstava za odmrzavanje.	Horizontalne površine betona izložene kiši i zamrzavanju.
XF4	Jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje.	Ceste i kolnici mostova izloženi sredstvima za odmrzavanje. Betonske površine izložene izravnom prskanju vode koja sadržava sredstva za odmrzavanje i izložene zamrzavanju. Područja plime i oseke kod pomorskih konstrukcija izloženih zamrzavanju.
6 Kemijska korozija		
XA1	Slabo kemijski agresivni okoliš prema normi EN 206-1, tablica 2.	Prirodno tlo i podzemna voda.
XA2	Umjerenom kemijski agresivni okoliš prema normi EN 206-1, tablica 2.	Prirodno tlo i podzemna voda.
XA3	Jako kemijski agresivni okoliš prema normi EN 206-1, tablica 2.	Prirodno tlo i podzemna voda.



Zaštitni sloj betona prema normi HRN EN 1992-1-1:2013:

Najmanji zaštitni sloj:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} c_{min,b} \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10 \text{ (mm)} \end{array} \right.$$

$\Delta c_{dev}$  – odstupanje, preporučena vrijednost 10 (mm)

Za siguran prijenos sila prijanjanja ta za osiguranje odgovarajuće zbijenosti betona najmanji zaštitni sloj ne treba biti manji od  $c_{min,b}$ , naveden u tablici 4.2.

Zahtjevi za prijanjanje	
Raspored šipki	Najmanji zaštitni sloj $c_{min,b}$
Razdvojene (pojedinačne)	Promjer šipke
U snopu	Istovrijedni promjer ( $\Phi_n$ ) (vidjeti točku 8.9.1)
Ako je nazivni najveći promjer zrna agregata veći od 32 (mm), $c_{min,b}$ treba povećati za 5 (mm)	

Najmanji zaštitni sloj za armaturu i prednapete natege u betonu obične težine uzimajući u obzir razrede izloženosti i razrede konstrukcije dan je vrijednošću  $c_{min,dur}$ .

Preporučeni razred konstrukcije (proračunski uporabni vijek 50 god.) jest S4.

Tablica 4.4(N) – Vrijednost najmanjeg zaštitnog sloja  $c_{min,dur}$  u odnosu na trajnost čelične armature u skladu s normom EN 10080.

Zahtjevi okoliša za $c_{min,dur}$							
Razred konstrukcije	Razred izloženosti						
	XO	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

U proračunu najmanjeg zaštitnog sloja potrebno je dodati odklon (odstupanje)  $\Delta c_{dev}$ .

Preporučena vrijednost je 10 (mm).

Za izvedbu nosive AB konstrukcije rabiti slijedeće razrede betona:

**- temeljne konstrukcije: C 30/37**

- zaštitni sloj  $c_{nom} = 50$  (mm); (razred izloženosti: XC2)

- aditiv za vodonepropusnost

**- zidovi: C 30/37**

- zaštitni sloj  $c_{nom} = 25$  (mm); (razred izloženosti: XC1)

**- stupovi: C 30/37**

- zaštitni sloj  $c_{nom} = 25$  (mm); (razred izloženosti: XC1)

**- zidovi u dodiru s tlom: C 30/37**

- zaštitni sloj  $c_{nom} = 40$  (mm); (razred izloženosti: XC4)

**Napomena: Obvezna je hidroizolacija ploha zidova u dodiru s tlom.**

**- grede: C 30/37**

- zaštitni sloj  $c_{nom} = 30$  (mm); (razred izloženosti: XC0, XC1)

**- međukatne ploče: C 30/37**

- zaštitni sloj  $c_{nom} = 25$  (mm); (razred izloženosti: XC0, XC1)

**Napomena: izvođač je dužan napraviti projekt betona, sve u skladu sa glavnim projektom i izvedbenim projektom konstrukcije.**

### 1.8.2. Armatura

Za izvedbu nosive AB konstrukcije rabiti slijedeću armaturu:

**- šipkasta armatura - rebrasta: B500B;**

**- mrežasta armatura - rebrasta: B500B**

## 1.9. Zaštita od požara

Sukladno čl. 4 st. 3 Pravilnika o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara NN 29/13, 87/15 predmetna zgrada se svrstava u zgrade podskupine 5 (ZPS 5). Zgrade podskupine 5 (ZPS 5) su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 22,00 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, a koje nisu razvrstane u podskupine ZPS 1, ZPS 2, ZPS 3 i ZPS 4, kao i zgrade koje se pretežno sastoje od podzemnih etaža, zgrade u kojima borave nepokretne i osobe smanjene pokretljivosti te osobe koje se ne mogu samostalno evakuirati (bolnice, domovi za stare i nemoćne, psihijatrijske ustanove, jaslice, vrtići i slično) te zgrade u kojima borave osobe kojima je ograničeno kretanje iz sigurnosnih razloga (kaznene ustanove i slično), i/ili imaju pojedinačne prostore u kojima se može okupiti više od 300 osoba.

Prema Prilogu 1. tablica 1. gore navedenog Pravilnika konstrukcija tj. elementi zgrade moraju zadovoljiti slijedeće zahtjeve za otpornost na požar:

	Klasa građevine (ZPS)	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
<b>1</b>	<b>Nosivi dijelovi (osim stropova i zidova na granici požarnog odjeljka)</b>						
1,1	Zadnji kat ili potkrovlje	Bez zahtjeva	R 30	R 30	R 30	R 60	Prema posebnom propisu
1,2	Suteren, prizemlje i katovi	R 30	R 30	R 60	R 60	R 90	
1,3	Podrumske (podzemne etaže)	R 60	R 60	R 90	R 90	R 90	
<b>2</b>	<b>Pregradni zidovi</b>						
2,1	Zadnji kat ili potkrovlje	Nije primjenjivo	EI 30	EI 30	EI 60	EI 60	Prema posebnom propisu
2,2	Suteren, prizemlje i katovi	Nije primjenjivo	EI 30	EI 60	EI 60	EI 90	
2,3	Podrumske (podzemne etaže)	Nije primjenjivo	EI 60	EI 90	EI 90	EI 90	
<b>3</b>	<b>Zidovi i stropovi na granici požarnog odjeljka (REI nosivi zidovi, EI pregradni zidovi)</b>						
3,1	Zidovi na granici požarnog odjeljka ili na granici parcele	REI 60 EI 60	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	Prema posebnom propisu
3,2	Ostali zidovi i stropovi na granici požarnog odjeljka	Nije primjenjivo	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	
<b>4</b>	<b>Stropovi i kosi krovovi s nagibom ne većim od 60 stupnjeva prema horizontali</b>						
4,1	Stropovi iznad zadnjeg kata	Bez zahtjeva	R 30	R 30	R 30	R 60	Prema posebnom propisu
4,2	Međustropovi iznad ostalih katova	Bez zahtjeva	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90	
4,3	Stropovi između podrumskih (podzemnih etaža)	REI 60	REI 60	REI 90	REI 90	REI 90	
<b>5</b>	<b>Balkonska ploča</b>	Bez zahtjeva	Bez zahtjeva	Bez zahtjeva	R 30 ili najmanje A2	R 30 ili najmanje A2	Prema posebnom propisu

## 2. Program kontrole i osiguranja kvalitete

### 2.1. Betonske konstrukcije

#### 2.1.1. Općenito

**Izvođač nosive armirano-betonske konstrukcije mora imati suglasnost za započinjanje obavljanja djelatnosti građenja najmanje skupinu: H.1 – izvođenje građevinskih konstrukcija (armirano betonske, metalne, drvene i zidane konstrukcije, njihova sanacija i ojačanje te antikorozijska zaštita s pripremom podloge).**

Gradnju treba provoditi tako da radovi i građevina zadovoljavaju uvjete stabilnosti, mehaničke otpornosti, trajnosti, sigurnosti od požara, sigurnosti zdravlja ljudi, zaštite od povreda, buke i vibracija. Inženjer gradilišta na izvedbi nosive konstrukcije dužan je voditi građevinski dnevnik. Radi osiguranja kakvoće građenja i građevine Izvođač mora na gradilištu imati: -lokacijsku dozvolu, građevinsku dozvolu, rješenje o postavljenju odgovornih osoba, elaborat organizacije gradilišta sa mjerama zaštite na radu i zaštite od požara, elaborat montaže konstruktivnih skela kao i voditi knjigu montaže, elaborat o postavi i osiguranju repera za iskolčenje, dokumentaciju o kakvoći radova, ugrađenih materijala i proizvoda, potvrde o sukladnosti i jamstva za ugrađenu opremu, direktive o pogonu i održavanju rezultata tekućeg ispitivanja kvalitete, te potvrde o sukladnosti o ostalim radnjama u svrhu osiguranja kakvoće. Iskolčenje se obavlja u svemu prema «planu iskolčenja» iz projekta danom u geodetskim koordinatama. Ako postoje, Izvođač prilikom početka gradnje preuzima od nadzornog inženjera obilježene geodetske oznake (reper poznatih geodetskih koordinata) za iskolčenje objekata tj. za prenošenje podataka s projekta na teren i obrnuto. Ako ne, Izvođač će se vezati na geodetske koordinate u svom aranžmanu i o tome zapisnički (u građevinski dnevnik) izvijestiti nadzornog inženjera.

Primopredaja iskolčenja objekta konstatira se zapisnikom, kojeg potpisuju nadzorni inženjer i Izvođač, te se upisuje u građevinski dnevnik.

Ako tijekom izvedbe objekta dođe do izmjene projekta, Izvođač će istu provesti i na terenu. Ove promjene se moraju provesti i na osiguranju osi i drugih točaka, te unijeti u nacrt osiguranja iskolčenja objekta. Po završetku objekta, Izvođač je dužan obnoviti poligonske točke i reperi te ih zapisnički predati Investitoru. Nadzorni inženjer i Izvoditelj će zajednički geodetski snimiti cijelu zonu na kopnu i na moru gdje će se izvoditi zemljani radovi, a Izvoditelj će načiniti odgovarajuće snimke u dvije kopije, za nadzornog inženjera i za sebe. Sve kopije moraju supotpisati nadzorni inženjer i Izvoditelj i time izraziti svoju suglasnost sa snimkama.

## 2.1.2. Popis normi i propisa za osiguranje kvalitete

Norme koje se primjenjuju za armiranobetonske konstrukcije i armaturni čelik su norme na koje upućuje TPBK 17/17.

### 2.1.2.1. Norme za projektiranje

HRN EN 1992-1-1	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
HRN EN 1992-1-1 /NA	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1992-1-2	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila - - Proračun konstrukcija na djelovanje požara
HRN EN 1992-1-2/NA	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-2: Opća pravila - - Proračun konstrukcija na djelovanje požara -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1992-2	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- 2. dio: Betonski mostovi -- Proračun i pravila razrade detalja
HRN EN 1992-2/NA	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- 2. dio: Betonski mostovi -- Proračun i pravila razrade detalja -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1992-3	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- 3. dio: Spremnici tekućina i sipkih tvari
HRN EN 1992-3/NA	Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- 3. dio: Spremnici tekućina i sipkih tvari -- Nacionalni dodatak
HRN EN 1504-9	Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija -- Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti -- 9. dio: Opća načela za uporabu proizvoda i sustava
HRN 1128	Beton – Smjernice za primjenu norme HRN EN 206-1

## 2.1.2.2. Norme za izvođenje

### Zavarivanje

HRN EN ISO 17660-1	Zavarivanje -- Zavarivanje čelika za armiranje -- 1. dio: Nosivi zavareni spojevi
HRN EN ISO 17660-2	Zavarivanje -- Zavarivanje čelika za armiranje -- 2. dio: Nenosivi zavareni spojevi

### Izvođenje, uporabljivost i održavanje

HRN EN 13670	Izvedba betonskih konstrukcija
HRN EN 13670/NA	Izvedba betonskih konstrukcija – Smjernice za primjenu norme HRN EN 13670
HRN ISO 4866	Mehaničke vibracije i udari -- Vibracije građevina -- Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine
HRN EN 446	Smjesa za injektiranje natega za prednapinjanje -- Postupci injektiranja
HRN EN 1504-10	Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija -- Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti -- 10. dio: Primjena proizvoda i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova
HRN EN 13791	Ocjena in-situ tlačne čvrstoće u konstrukcijama i predgotovljenim betonskim dijelovima
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

## 2.1.3. Betonski i armiranobetonski radovi

### 2.1.3.1. Općenito

Program kontrole i osiguranja kvalitete osnovni je uvjet za postizanje zahtijevanih svojstava betona i konstruktivnih elemenata u fazi građenja i eksploatacije. Upravljanje kvalitetom definirano je Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije (NN 17/2017).

Kontrola betona i njegovih sastojaka, te kontrola betonskih radova, treba biti pod stalnim nadzorom nadzornog inženjera.

Pri izvođenju betonske konstrukcije izvođač je dužan pridržavati se ovog projekta betonske konstrukcije, tehničkih uputa za ugradnju i uporabu građevnih proizvoda, TPGK i normi na koje TPGK upućuje.

Betoniranje pojedinih dijelova konstrukcije može početi nakon što se pregledaju: podloga, skela, oplata i armatura.

Beton se mora proizvoditi samo iz prethodno ispitanih materijala na betonari, koja treba biti funkcionalno projektirana. U betonaru trebaju u pravilu dolaziti samo oni materijali koji odgovaraju kriterijima kvalitete određeni ovim tehničkim uvjetima. Kapacitet proizvodnje, transporta i ugradbe betona trebaju biti usklađeni.

Ne smije doći do nepredviđenih prekida u izvedbi armiranobetonskih radova.

Kontrola ispitivanja, koju organizira i provodi Izvođač u laboratoriju betonare i gradilišta, obuhvaćaju prije svega.

Uzimanje uzoraka u svrhu potvrđivanja sukladnosti mora vršiti ovlaštena organizacija ili Izvođač radova u prisustvu Nadzornog inženjera. O uzimanju uzoraka mora se odmah sastaviti zapisnik s potpunim podacima.

### 2.1.3.2. Materijali za beton

#### **Sastavni materijali**

Sastavni materijali koji se upotrebljavaju za proizvodnju betona ne smiju sadržavati štetne primjese u količinama koje mogu biti opasne po svojstava trajnosti betona ili uzrokovati koroziju armature. Moraju biti pogodni za namjeravano korištenje betona. Svi sastavni materijali moraju imati odgovarajuću ispravu o sukladnosti.

#### **Cement**

Za izradu betona mogu se rabiti cementi propisani TPGK i normama na koje TPGK upućuje, koja uvjetuju sastav, svojstva i kriterije sukladnosti običnog cementa. Smiju se rabiti samo oni cementi koji imaju potvrdu sukladnosti s uvjetima odgovarajuće važeće norme, izdane po ovlaštenoj hrvatskoj instituciji.

## **Agregat**

Za izradu betona može se upotrebljavati obični i teški agregat propisani TPGK i normama na koje TPGK upućuje. Smije se rabiti samo agregat koji ima potvrdu sukladnosti s uvjetima navedenih normi, koju izdaje ovlaštena hrvatska institucija. Za sve vrijeme izvođenja betonskih radova u prostor za uskladištenje pojedinih frakcija agregata smiju se uskladištiti samo vrste agregata odabrane prema projektiranom sastavu betonske mješavine.

## **Voda za spravljanje betona**

Voda za spravljanje betona treba zadovoljavati uvjete TPGK i normama na koje TPGK upućuje. Pouzdano pitka voda (iz gradskih vodovoda) može se rabiti bez potrebe prethodne provjere uporabljivosti. Vodu koja se ne koristi za piće, a koristi se za izradu betona na osnovi provedenih ispitivanja, treba kontrolirati najmanje jednom u tri mjeseca.

## **Kemijski dodaci**

Mogu se rabiti kemijski dodaci koji zadovoljavaju uvjete norme TPGK i normama na koje TPGK upućuje. Smiju se rabiti samo oni kemijski dodaci koji imaju potvrdu sukladnosti s uvjetima navedene norme koju je izdala ovlaštena hrvatska institucija. Kemijski dodaci koji nisu uvjetovani navedenom normom mogu se rabiti samo uz odgovarajuće tehničko dopuštenje nadležnog ministarstva ili institucije koju to ministarstvo ovlasti.

## **Mineralni dodaci**

Mineralni dodaci mogu se rabiti samo ako zadovoljavaju uvjete odgovarajuće hrvatske norme ili tehničkog dopuštenja izdanog od nadležnog ministarstva ili institucije koju je to ministarstvo ovlastilo. Vrsta i dinamika kontrola, odnosno ispitivanja sastavnih materijala mora biti u skladu s TPGK i normama na koje TPGK upućuje.

## **Projektiranje betona**

Sastav betona i sastavne materijale za projektirani beton i beton zadanog sastava treba odabrati tako da zadovoljavaju svojstva uvjetovana za svježi i očvršli beton, uključivo konzistenciju, gustoću, čvrstoću, trajnost, zaštitu ugrađenog čelika od korozije, uzimajući u obzir proizvodni proces i odabrani postupak izvedbe betonskih radova koji uključuju transport, ugradnju, zbijanje, njegovanje i moguće druge tretmane ili obrade ugrađenog betona.

## **Tvornička kontrola proizvodnje betona**

Odgovornost, nadležna tijela i odnosi cjelokupnog osoblja koje upravlja, izvodi i potvrđuje radove koji se odnose na proizvodnju betona, moraju biti utvrđeni dokumentiranim sustavom kontrole proizvodnje. To se posebno odnosi na osoblje kojemu je potrebna organizacijska sloboda i autoritet za minimiziranje rizika od nezadovoljavajućeg betona i za identificiranje i izvještavanje o svakom problemu kvalitete betona. Ispitivanje uzoraka iz proizvodnje prema utvrđenom planu.



## **Svježi beton**

Konzistencija betona utvrđuje se metodama slijeganja i rasprostiranja prema normama na koje TPGK upućuje i provodi se u laboratoriju proizvođača betona. Količinu cementa, vode, agregata ili mineralnih dodataka utvrđuje se prema otpremnici betona sa proizvodnog pogona. Ni jedna pojedinačno utvrđena vrijednost vodocementnog faktora ne smije biti veća za više od 0,02 od granične vrijednosti. Količina mikro pora uvučenog zraka utvrđuje se prema normama na koje TPGK upućuje i mora zadovoljavati uvjete TPGK. Donja granica je uvjetovana vrijednost od  $-0,5\%$  do max  $1,0\%$  prema normama na koje TPGK upućuje. Posebna svojstva betona moraju ispunjavati kriterije navedene u normama na koje TPGK upućuje. Konzistencija betona mora ispunjavati kriterije navedene u normama na koje TPGK upućuje. Sukladnost ispitivanja svježeg betona se prihvaća zadovoljenjem sukcesivnih rezultata ispitivanja u skladu sa uvjetovanim graničnim vrijednostima ili graničnim razredima ili zadanim vrijednostima uključujući dozvoljene tolerancije i maksimalno dopušteno odstupanje od tražene (uvjetovane) vrijednosti.

## **Očvršli beton**

Utvrđivanje čvrstoće obavlja se na uzorcima kocaka brida 150 (mm) sukladno normama na koje TPGK upućuje. Tlačna čvrstoća betona utvrđuje se prema normama na koje TPGK upućuje. Tlačna čvrstoća utvrđena je na uzorcima ispitanim pri starosti od 28 dana. U posebnim slučajevima može se posebno uvjetovati ispitivanje pri starosti manjoj ili većoj od 28 dana. Minimalni broj uzoraka za prihvaćanje sukladnosti se određuje prema normama na koje TPGK upućuje. Pri ocjenjivanju sukladnosti razlikujemo početnu proizvodnju (dok se ne dobije minimalno 35 rezultata ispitivanja) i kontinuiranu proizvodnju (nakon dobivanja 35 rezultata ispitivanja u periodu koji ne prelazi 12 mjeseci). Uzorkovanje se vrši prema planu uzorkovanja ili nakon dodavanja kemijskog dodatka radi prilagodbe konzistencije. Rezultat ispitivanja je onaj dobiven na pojedinačnom uzorku ili prosjek rezultata kada su uzorci na isti način uzorkovani i kada se ispituju u isto vrijeme.

## **Svojstva trajnosti**

Beton se uzorkuje u skladu s normama na koje TPGK upućuje. Uzorkovanje treba provesti za svaki sastav betona kod kojeg su uvjetovana svojstva trajnosti. Za dokaz tih svojstava odgovoran je proizvođač betona. Ispitivanja svojstava trajnosti proizvođač je dužan provoditi u skladu s normama danim u TPGK. Kontrola sukladnosti svojstava trajnosti će se prihvaćati prema pojedinačnim izvještajima za pojedino svojstvo trajnosti, a prema kriterijima koje propisuje pojedina norma ili TPGK.

### **2.1.3.3. Kontrola betona**

## **Općenito**

Kontrolna ispitivanja treba provoditi prema Planu kontrole koji sačinjava Izvoditelj radova, a ovjerava Projektant i Nadzorni inženjer.

Kontrolna ispitivanja betona koju vrši Izvođač radova u laboratoriji betonare su slijedeća:

- konzistencija betona metodom određivanja slijeganja (slump)
- analiza svježeg betona koji se sastoji od određivanja V/C faktora, volumena pora, zapremine težine i granulometrijskog sastava. Analiza betona vrši se na svakih 300 (m<sup>3</sup>) betona.
- mjerenje temperature svježeg betona koje se vrši svakodnevno tri puta
- izrada i njega uzoraka za ispitivanje očvrslog betona.

Kontrola kvalitete propisana je Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije (NN 17/2017), a sastoji se od:

- kontrole proizvodnje betona i
- kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Kontrolu proizvodnje dužni su obavljati:

- proizvođač betona do vremena predaje betona izvođaču radova na gradilištu ili u prijevoznom sredstvu
- izvođač betonskih radova od vremena preuzimanja betona do završetka njegovanja ugrađenog betona.

Kontrolu suglasnosti dužna je obavljati nadzorna služba investitora, koja za to u većini slučajeva zaduži ovlaštenu organizaciju. Kontrolom suglasnosti provjerava se, da li je za neki uzorak iste vrste betona postignuta projektom propisana klasa betona ili neko drugo svojstvo.

### **Kontrola u fazi proizvodnje**

Potvrđivanje sukladnosti betona provodi se prema TPGK i normama na koje TPGK upućuje. Sustav potvrđivanja sukladnosti betona je 2+. Kontrola betona i njegovih sastojaka, te kontrola betonskih radova, treba biti pod stalnim nadzorom nadzornog inženjera. Proizvođač je u cijelosti odgovoran za građevinski proizvod. U tu svrhu obavezan je provoditi sljedeće aktivnosti:

- a) Početno ispitivanje
- b) Stalnu unutarnju kontrolu proizvodnje
- c) Ispitivanje uzoraka iz proizvodnje prema utvrđenom planu

### Početno ispitivanje

Sastav betona koji se proizvodi mora biti dokazan početnim ispitivanjem prema TPGK i normama na koje TPGK upućuje. Za početna ispitivanja projektiranog betona odgovoran je proizvođač. Početnim ispitivanjem utvrđuju se da li beton zadovoljava sva uvjetovana svojstva svježeg i očvrstlog betona. Prije upotrebe novog sastava betona ili prilikom pojave značajnije promjene u sastavnim materijalima mora se obaviti početno ispitivanje. U slučaju betona zadanog sastava i betona normiranog zadanog sastava nisu potrebna početna ispitivanja proizvođača.

### Stalna unutarnja kontrola proizvodnje

Unutarnja kontrola proizvodnje uključuje sve mjere koje su potrebne za postizanje i održavanje kvalitete betona tako da on bude u skladu sa propisanim zahtjevima. Proizvođač u tom postupku mora izvršiti sljedeće:

1. Organizirati laboratorij i organizirati stalnu tvorničku kontrolu proizvodnje,
2. Imenovati osobu odgovornu za provođenje radnji u postupku ocjenjivanja sukladnosti građevnog proizvoda,
3. Uspostaviti sustav pisanih uputa za obavljanje pojedinih radnji u postupku ocjenjivanja sukladnosti. (Priručnik, radne upute i zapise)

### **Kontrola u fazi izvođenja**

#### Svježi beton

Za beton projektiranog sastava dopremljenog iz centralne betonare (tvornice betona), odgovorna osoba obvezno određuje neposredno prije ugradnje provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava svježeg betona. Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima normi na koje TPGK upućuje i projekta betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te, kod opravdane sumnje, ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

#### Očvrstli beton

Za beton projektiranog sastava dopremljenog iz centralne betonare (tvornice betona), odgovorna osoba obvezno određuje neposredno prije ugradnje provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava očvrstlog betona. Utvrđivanje čvrstoće obavlja se na uzorcima u obliku valjka dimenzija 150/300 (mm), starih 28 dana, sukladno normama na koje TPGK upućuje. Uzima se jedan uzorak za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida ugrađivanja betona izvedu unutar 24 sata od betona istih iskazanih svojstava i od istog proizvođača. Ako je količina ugrađenog betona veća od 100 (m<sup>3</sup>) za svakih slijedećih ugrađenih 100 (m<sup>3</sup>) uzima se po jedan dodatni uzorak betona.

### Ocjenjivanje rezultata ispitivanja

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka sa gradilišta i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se prema normama na koje TPGK upućuje. Ispitivanje i dokazivanje identičnosti pokazuje da li ugrađeni beton pripada istom skupu za koji je proizvođačevom ocjenom sukladnosti utvrđeno da mu je tlačna čvrstoća sukladna karakterističnom čvrstoćom ( $f_{ck}$ ). Za slučaj nepotvrđivanja zahtijevanog razreda tlačne čvrstoće betona treba na dijelu konstrukcije u koji je ugrađen beton nedokazanog razreda tlačne čvrstoće provesti naknadno ispitivanje tlačne čvrstoće betona u konstrukciji prema normama na koje TPGK upućuje.

#### 2.1.3.4. Transport i ugradba

Trajanje manipulacije i transporta svježeg betona treba svesti na minimum i uvjetovano je na osnovu kriterija da u tom vremenu ne smije doći do bitne promjene konzistencije betona. Transportna sredstva trebaju biti takva da spriječe bilo kakvu segregaciju od mjesta spravljanja betona do mjesta ugradbe. To su betonske pumpe, automikseri i kamioni kiperi za prijevoz do 1 (km).

Beton će se prevoziti iz miješalice do oplata te ugrađivati na način kako je propisano u važećim propisima uz slijedeća ograničenja:

Beton koji se ugrađuje ručno, tokom oblaganja kamenom, deponirati što je moguće bliže oplatu na način da se izbjegne segregacija zbog rukovanja ili razlijevanja. Za beton koji se ugrađuje direktno iz miješalice visina pada ne smije biti veća od 1,5 (m), osim ukoliko se ne osigura odgovarajuća oprema koja će spriječiti segregaciju ili se veća visina izričito dozvoli.

Beton se mora ugrađivati takvim tempom koji će omogućiti odgovarajuće zbijanje.

Ne dozvoljava se ugradba betona nakon što se isti počeo stvrdnjavati, ili nakon što je bio onečišćen ili pak prije nego li je oplata potpuno dovršena i ukrućena.

Beton svake sekcije između odobrenih prekida betoniranja mora se ugraditi u jednoj kontinuiranoj operaciji, tako da se novi beton naslanja na plastični prethodni beton da bi zajedno formirali monolitnu masu. Lice spojnice se mora obraditi prema propisu.

Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,5 (m). Za veće visine vertikalnog transporta betona treba osigurati dovoljan broj vertikalnih ljevaka-kontraktora. Transportna sredstva ne smiju se oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj.

Mora se osigurati odgovarajuća zaštita svježeg betona od iznenadnih padalina, ako se očekuju jaki vjetrovi, moraju se osigurati dodatne mjere predostrožnosti radi sprječavanja nanošenja kiše i prašine, te erozije svježeg betona.

Rad na betoniranju ne smije se prekidati sve do postignuća projektiranog nivoa s izvjesnom rezervom u visini, radi skidanja gornjeg sloja betona slabije kvalitete. Treba strogo paziti na transport betonske mase od miksera do kontraktora kako ne bi došlo do segregacije agregata.

Kod veće dužine transporta mora se upotrijebiti pumpa za beton. Nadzorni inženjer može uskratiti dozvolu za početak betoniranja dok se ne uvjeri da su poduzete sve potrebne mjere za pravilnu ugradnju betona.

Definitivni plan transporta betona s popisom svih sredstava, mora Izvođač predložiti pismeno Nadzornom inženjeru na odobrenje. Prekidi u betoniranju dopušteni su samo na mjestima kako je to predviđeno u nacrtima ili izričito dopušteno od Nadzornog inženjera.

### **Zbijanje**

Sav beton treba tijekom ugradnje temeljito zbijati uronjavajućim vibratorima te pažljivo ugrađivati oko armature i ugrađenih dijelova te u uglove oplata. Sav nadmorski beton mora biti dobro i jednoliko sabijen pogodnim pervibratorima i vibratorima koji imaju minimalnu frekvenciju od 8000 ciklusa u minuti. Kod vibriranja jednog sloja betona, koji dolazi na prethodni sloj koji još nije vezao, pervibratori moraju ući u donji sloj betona za dužinu igle. Beton treba ugraditi što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji, da se izbjegne segregacija. Smije se vibrirati samo dobro ugrađen beton, a nikako se ne smije transportirati beton pomoću pervibratora. Od mjesta ugradnje do definitivnog položaja beton smije prijeći najviše 1,5 (m). Za sve vrijeme betoniranja na gradilištu treba dežurati stručno osoblje koje može otkloniti manje kvarove na postrojenju za spravljanje betona, transportnim sredstvima i sredstvima za ugradbu betona. Broj vibratora treba biti 3 komada za količinu od maksimalno 50 (m<sup>3</sup>) betona. Na raspolaganju uvijek trebaju biti najmanje 2 rezervna vibratora. Promjeri vibratora moraju biti:

- Za debljinu zida, ploče, temelja ili nosača od 20 – 50 (cm) treba promjer vibratora biti 50 (mm),
- Za debljinu od 50-150 (cm), treba promjer vibratora biti 75 (mm),
- Za debljinu >150 (cm), treba promjer vibratora biti 100 (mm),

ako nadzorni inženjer ne odredi drukčije u ovisnosti od brzine ugrađivanja, te dimenzija betonskih elemenata i armature. Vibriranje se mora vršiti sve dok se zračni mjehuri ne prestanu pojavljivati na površini, a prestati odmah nakon pojave curenja te se nikako ne smije vršiti do stupnja da u betonu prouzrokuje segregaciju. Ne dozvoljava se guranje betona vibratorima.

### **Tehnološki prekidi u betoniranju**

Prekidi betoniranja moraju se vršiti uz niže navedena ograničenja:

- Mjesta prekida betoniranja moraju se odrediti i oblikovati onako kako je naznačeno u projektu ili kako je specificirano. Mjesta i način izvedbe dodatnih prekida betoniranja može odobriti nadzorni inženjer na obrazloženi zahtjev izvoditelja.
- Prije nego li se svjež beton ugradi uz već otvrdlu betonsku površinu na spojnici nastavka betoniranja, istu treba ohrapaviti i očistiti tako da se odstrani sav mekani ili labavi materijal, slobodna voda, strana tijela, cementna kora, te ovlaži već otvrdli beton.

- Elementi koji strše kroz oplatu spojnice kao što su armatura, ubetonirani elementi, waterstop (vodonepropusne) trake, moždanici, umetci, čelični elementi, cijevi i slično moraju biti učvršćeni i zabrtvljeni u oplati spojnice.
- Bez dozvole nadzornog inženjera neće se dopustiti izrada vodilica (tzv. "koleta"), a u svakom slučaju iste će se morati izraditi istodobno sa betonom ispod njih.
- Oplata se mora usko priljubiti uz postojeći beton da se spriječi stvaranje skokova (hrbata) te curenje morta na izloženoj površini.

### **Dilatacijske spojnice**

Dilatacijske spojnice će se izvesti na mjestima i na način kako je prikazano u nacrtima. Ako se drugačije ne specificira, za tu svrhu upotrijebit će se ploče od materijala propisanog projektom koje će se postaviti u spojnicu na način da omoguće adekvatno širenje susjednih betonskih elemenata.

Nikakav metalni predmet ne smije prolaziti kroz dilatacijsku spojnicu, osim ako to nije detaljno riješeno projektom inspekcije i odobrenja.

#### **2.1.3.5. Njega i zaštita**

### **Temperatura**

Razlika u temperaturi između središnjih dijelova nosača/ploča i površine ne smije prelaziti 20°C. Temperatura betona će se, na mjestima i učestalošću koje odredi nadzorni inženjer, mjeriti tijekom cijelog trajanja radova.

### **Zaštita**

Zaštita betona od isušivanja mora biti efikasna već u prvim satima nakon ugradbe, odmah kada stanje površine betona to dozvoljava. Tijekom prve faze otvrdnjavanja beton se mora zaštititi od štetnog utjecaja sunčevog zračenja, vjetra, hladnoće, kiše ili tekuće vode. Intenzivna zaštita mora trajati najmanje 7 dana. Ukoliko se zaštita od isušivanja vrši polijevanjem, voda ne smije biti hladnija od temperature površine betona, kako ne bi došlo do ubrzavanja hlađenja i diferencijalnih termičkih stezanja betona, koja mogu izvesti stvaranje pukotina. Ukoliko se zaštita od isušivanja vrši postupkom zatvaranja betonskih površina prskanjem kemijskim sredstvima, njihovo djelovanje na beton treba provjeriti u toku prethodnih ispitivanja betona. Tijekom perioda njegovanja, beton treba zaštititi od štetnih mehaničkih utjecaja, kao što su opterećenja, jaki udari ili pretjerane vibracije. Sve gotove betonske površine treba zaštititi od oštećenja građevinskom opremom, materijalima ili postupcima kao i od posljedica njegovanja, te kiše i tekuće vode.

## **Betoniranje kod vrućeg i hladnog vremena**

Betoniranje pri vrućem vremenu mora se odvijati uz slijedeća ograničenja:

Trebaju se poduzeti mjere predostrožnosti za izbjegavanje preranog otvrdnjivanja svježe mješavine, te smanjiti gubitke vode uslijed apsorpcije i isparavanja.

Ako je temperatura zraka prilikom betoniranja između 32° i 35° C, ukoliko nadzorni inženjer ne odredi drugačije, poduzet će se slijedeće mjere:

(i) oplata će se neprestano močiti hladnom vodom, a višak vode će se ukloniti neposredno prije ugradbe betona.

(ii) armatura i oplata, ukoliko je ova metalna, trebaju se zaštititi od direktnog zračenja sunca te toplog vjetra

(iii) moraju se osigurati odgovarajući paravani da se svježe ugrađeni beton zaštiti od vjetra, dok se dovoljno ne stvrdne da bi se mogao zaštititi kako je opisano u točki (v)

(iv) prilikom ugradbe temperatura betona mora se održavati ispod 30°C :

- uporabom hladne vode za miješanje

- prskanjem krupnog agregata hladnom vodom (te s tim u vezi korigiranje dozirane vode u betonu)

- pokrivanjem posude kojom se beton prenosi do oplata, ili betoniranjem rano ujutro, ili kombinacijom ovih metoda.

(v) Beton će se miješati, prevesti i ugraditi što je moguće brže, a onda će se pokriti nepromočivom membranom najmanje 48 sati, poslije čega počinje njega vlaženjem.

(vi) Kad se membrana ukloni, isušivanje betona će se spriječiti zaštitnim premazom ili drugim odgovarajućim postupkom za njegovanje po odobrenju NI-a.

(vii) Betoniranje pri vanjskoj temperaturi većoj od 35°C vršit će se isključivo uz dozvolu NI-a.

Pri ugrađivanju betona pri hladnom vremenu, kad je temperatura zraka ispod 5°C, beton se mora zaštititi s tim da se temperatura okolnog zraka održava višom od 5°C kroz 72 sata nakon završetka betoniranja.

## **Voda za njegovanje**

Za njegovanje betona može se upotrijebiti voda koja ne djeluje štetno na vezivanje i očvršćivanje cementa u betonu.

### 2.1.3.6. Obrada betonskih površina

#### **Površine u oplati**

Sve površine koje su bile u oplati moraju, nakon skidanja iste imati obradu u skladu sa propisanom kategorijom te biti jednolike i glatke.

#### **Površine bez oplata**

Manje površine koje nisu bile oplaćene moraju se poravnati tako da im tekstura bude koliko je moguće više usklađena sa susjednim oplaćenim površinama. Sve se ostale horizontalne gornje površine - vidljive i skrivene - trebaju poravnati da se dobiju točne visine ili padovi. Višak betona mora se odstraniti ravnjačom (stazom) odmah poslije konsolidacije. Ukoliko se drugačije ne odredi, gornje vidljive površine betona trebaju se obraditi drvenom ravnjačom do jednolike teksture i bez tragova strukture drveta. Ovaj se posao mora obaviti čim se površina malo stvrdne i nestane vlažni film.

#### **Popravci betona**

Bez odobrenja nadzornog inženjera neće se dozvoliti krpanje, zapunjenje ili premazivanje cementom gnijezda ili površinskih pukotina. Ovo odobrenje neće biti potrebno za krpanje rupa koje su posljedica vađenja oplata, zatega ili rupa od uzorkovanja. Suha mješavina će se uporabiti za krpanje rupa kojima je barem jedna površinska dimenzija kraća od dubine. Težinski, mješavina se treba sastojati od 1 dijela cementa na 2,5 dijela pijeska koji prođe kroz sito 1 (mm) i koji će biti toliko suh da se iz njega neće iscijediti voda kad se stisne rukom. Površina koja se krpa mora se prije nanošenja suhe mješavine ovlažiti ili po potrebi namazati ljepljivom smolom, a onda mješavinu nakon nanošenja zbiti čeličnom šipkom i čekićem. Ostali površinski defekti mogu se popraviti isijecanjem defektnog betona u vidu lastinog repa do dubine koju odredi nadzorni inženjer i zamjenom betonom istih osobina te zaglađivanjem istog.

### 2.1.3.7. Oplata

#### **Općenito**

Ovim uvjetima propisuje se način izrade i osobine materijala, kojih se treba pridržavati kod izrade i postavljanja oplata. Oplata, kao i razna razupiranja, moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju za vrijeme izvedbe radova. Te konstrukcije moraju biti tako izvedene da osiguravaju punu sigurnost radnika i sredstava rada, kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okolice.

#### **Materijal**

Za izradu oplata koristiti daske, gredice i letve od jelove rezane građe, odnosno tesanu gradnju od četinara.



Ako se upotrebljava građa IV klase, dozvoljeno višestruko, korištenje je:

- daske 24 (mm) za oplatu - 3 puta
- daske 48 (mm) za oplatu - 5 puta
- gredice za oplatu - 5 puta
- daske 24 (mm) za podgradu - 5 puta
- gredice za podgradu - 10 puta

Kada se upotrebljava bolja kvaliteta građe od IV klase, višestrukost upotreba može se povećati za oko 25%. Rok trajnosti drvene skele koja je u korištenju na otvorenom prostoru je približno 700 dana. Sav materijal potreban za izradu skela i oplata treba pravovremeno dostaviti na gradilište, u dovoljnoj količini. Svaka oplata bilo da je drvena, od šperploče ili čelična, a koja se upotrebljava višekratno, mora se obnoviti kada po mišljenju nadzornog inženjera toliko propadne da štetno djeluje na kvalitetu površinske obrade ili kvaliteta betona ili oboje.

### **Projektiranje**

Projektiranje i izrada oplata mora biti u skladu sa normama. Oplata mora biti stabilna, otporna i dovoljno poduprta da se ne bi izvila ili popustila u bilo kojem pravcu. Oplate moraju biti tako projektirane da se mogu skidati lako i bez oštećenja konstrukcije.

### **Izrada**

Oplate moraju biti izrađene točno po mjerama označenim u crtežima projekta oplata sa svim potrebnim podupiračima. Mogu se upotrijebiti sredstva za učvršćivanje i ukrućivanje oplata jedino od potvrđenih proizvođača kao i odgovarajuće zatezne šipke (tiranti) te distanceri. Zatezne šipke moraju završavati najmanje 5 (cm) ispod površine betona. Vezači na krajevima šipki moraju biti takvi da nakon njihovog uklanjanja ostanu rupe pravilnog oblika. Paneli moraju imati ravne rubove da omoguće točno poravnavanje i priljubljivanje uz susjedne panele i sa spojnica prekida u betoniranju. Paneli se moraju pričvrstiti tako da im spojnice budu ili horizontalne ili vertikalne osim ako nije drukčije specificirano ili odobreno. Ako se stavljaju letve za zarubljivanje, iste moraju biti pravilne i točnih dimenzija da se osigura glatko i neprekinuto zarubljivanje. Unutarnje površine oplata moraju biti ravne, bilo da su horizontalne, vertikalne ili nagnute, prema tome kako je to u crtežima predviđeno. Nastavci pojedinih dasaka ne smiju izlaziti iz ravnine, tako da nakon njihovog skidanja vidljive površine betona budu ravne i s ostrim rubovima, da se osigura dobro brtvljenje i spriječi deformacija. Oplate moraju biti tako izvedene da se mogu skidati lako i bez udaranja i oštećenja konstrukcije. Za oplatu se ne smiju upotrijebiti takvi premazi koji se ne bi mogli oprati s gotovog betona, ili bi nakon pranja ostale mrlje na betonskim površinama. Oplatu za površine betonskih konstrukcija koje će ostati vidljive, potrebno je izvesti u glatkoj, blanjanjoj ili profiliranoj oplati, a prema nacrtu. Ako se u projektu traži blanjana oplata, onda treba koristiti daske istih širina, osim ako nije predviđeno drugačije, s vidljivom strukturom drveta, a slaganje dasaka prema projektu ili uputama projektanta. Oplate betona koji se ne žbukaju ne

smiju se vezati kroz beton limovima ili žicom. Kada su u betonskim konstrukcijama predviđeni otvori, ili umetci treba ih još prije betoniranja izvesti i učvrstiti u oplatu.

### **Čišćenje i obrada lica oplata**

Prije nego li se pristupi betoniranju mora se ukloniti sva nečistoća iz unutrašnjosti oplata, te površine koje dolaze u kontakt s betonom moraju biti čiste i gdje je potrebno obrađene premazom za lakše odljepljivanje. Premaz oplata ne smije biti štetan za beton, ne smije utjecati na promjenu boje vidljivog betona i ne smije štetno djelovati na materijale koji se naknadno nanose na beton.

### **Skidanje oplata**

Oplata se smije skidati tek pošto ugrađeni beton postigne odgovarajuću čvrstoću. Oplata se mora skidati bez oštećivanja ili udaranja po betonu. Pod skidanjem oplata podrazumijeva se njeno odstranjivanje sa zidova ili konstrukcija, sa svim njenim elementima, kao i slaganje i sortiranje građe na određenim mjestima.

### **Pregledi i odobrenja**

Nadzornom inženjeru se mora dati odgovarajući rok kojeg će on usuglasiti sa izvođačem na početku radova za pregled ploča, zidova, nosača itd. prije nego li armatura bude zaklonjena oplatom. Osim ako se ne odredi drugačije, Izvođač mora nadzornom inženjeru predati skice oplata i podupiranja 2 tjedna prije nego li se ista planira upotrijebiti po prvi put. U tim skicama moraju biti navedeni broj kompleta i učestalost korištenja oplata u svakom pojedinom slučaju. Nadzornom inženjeru biti omogućen pregled radi odobrenja izrađene oplata i načina njenog podupiranja. Odobrenje nadzornog inženjera neće međutim osloboditi Izvođača odgovornosti za sigurnost oplata i podupiranja.

#### **2.1.3.8. Armatura**

### **Općenito**

Izvođač treba dobiti, izravnati, isjeći, saviti i montirati svu armaturu po vrstama, količinama i kvaliteti navedenim u projektu.

### **Betonski čelik**

Betonski čelik treba udovoljavati zahtjevima važećih propisa, u skladu s TPGK i prethodno navedenim normama. Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004. 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.

### **Savijanje armature**

Armatura se mora izravnati, isjeći i saviti prema planovima armature.

## Ugradba i fiksiranje

U trenutku betoniranja armatura mora biti očišćena od labave hrđe, ulja, morta, soli, masti i svih drugih nečistoća koje bi mogle narušiti vezu između armature i betona. Hrđa se neće smatrati labavom ukoliko nakon trljanja prstom na prstu ostane samo mrlja. Broj, veličina, oblik, i pozicija svih čeličnih šipki, vilica, veza i zatega i drugih dijelova armature moraju biti u potpunosti prema nacrtima i zadržavati se u traženoj poziciji unutar oplata bez pomicanja tijekom ugradbe i vibriranja. Izvoditelj će na vlastiti trošak osigurati sve potrebne distancere, podmetače itd. koji su potrebni za zadržavanje armature u ispravnom položaju. Ti dijelovi moraju biti od takvog materijala i takve izrade da budu trajni i ne uzrokuju koroziju armature niti otpadanje betonske obloge. Mješavina za podmetače izrađene od cementa, pijeska i sitnog agregata, mora koliko je god to moguće biti sličnija okolnom betonu sa ciljem da mu se što više približi u pogledu čvrstoće, trajnosti i izgleda. Sve vilice, veze ili zatege koje povezuju šipke moraju se ugraditi na način da šipke budu pravilno ukrućene, a da unutarnja strana njihovih zakrivljenih dijelova bude zaista u kontaktu sa šipkama koje moraju pridržavati. Šipke se moraju povezati barem na svakoj drugoj točki presijecanja kvalitetnom paljenom žicom ili drugim odobrenim sredstvom za povezivanje. Žica za povezivanje zakriviti će se prema unutra. Minimalni zaštitni sloj do armature uključujući i vilice mora u svakom slučaju biti u skladu sa normama, odnosno i veći ukoliko je tako određeno projektom. Razmak armature u presjecima elemenata mora biti u skladu sa pravilnikom. Položaj šipki ne smije bočno odstupati od predviđene pozicije za više od polovine dopuštenog razmaka između šipki, niti zadirati u obložni beton, osim ako to nadzorni inženjer dozvoli radi izbjegavanja ugrađenih elemenata. Skraćivanje šipki i promjene položaja preklopa odobrava nadzorni inženjer prije montiranja armature u oplatu.

## Zavarivanje

Dozvoljeno je varenje u armiračkom pogonu uz kontrolu vara. Zavarivanje šipki armature radi nastavljanja kao i točkasto varenje na licu mjesta radi pričvršćivanja i vezivanja armature se neće dopustiti, osim ako na gradilištu nije osigurana kontrola kakvoće vara.

## Inspekcije

Svu ugrađenu armaturu nadzorni inženjer mora pregledati i odobriti prije početka betoniranja.

## Ugrađeni elementi

Svi ugrađeni elementi kao što su umetci, sidreni vijci, okviri, sidrene ploče, žljebovi, cijevi itd. moraju se postaviti točno na predviđeno mjesto i osigurati protiv pomicanja tijekom betoniranja, a projektom predviđena udubljenja u betonu moraju se zaštititi od začepeljivanja. Proizvođači čiji je rad na bilo koji način vezan za beton ili ugrađivanje dijelova u beton moraju biti obaviješteni dovoljno unaprijed, da bi mogli na vrijeme izvršiti poslove ili isporučiti materijale prije ugrađivanja betona.

## Evidencija

Izvoditelj će evidentirati sve operacije vezane za betonaru te sva ispitivanja koje bude vršio. Naročito će se pratiti količina dnevne proizvodnje, vrste betona koje se proizvedu, veličina mješavine i težine sastojaka, sadržaj vlage agregata, temperatura betona, izvori materijala sa naznakom primijenjenih pokusa na cementu i agregatima kao i mjesto ugradnje betona. Evidentirat će se općenite informacije o vremenu, dinamici ugradnje, te svi zastoji koji se dogode tijekom rada, bilo zbog kvara opreme ili drugih razloga. Izvoditelj će nadzornom inženjeru predati kopiju naprijed navedene evidencije u roku od najviše tri dana.

## 2.2. Kvaliteta materijala, proizvoda i izrade

Kvaliteta materijala, ugrađenih proizvoda i izrade mora biti u potpunosti u skladu sa projektom, normama i propisima i bit će u svakom trenutku i u svakom pogledu podložni pregledu i pismenom odobrenju nadzornog inženjera. Treba koristiti provjerene materijale, proizvode i opremu čija se kakvoća i usklađenost s normama i propisima dokazuje odgovarajućim ispravama o sukladnosti (potvrdama i/ili izjavama o sukladnosti). Treba osigurati dokaze o kvaliteti radova u skladu s normama i propisima. Nadzorni inženjer ima ovlaštenje odbaciti sve materijale, proizvode, opremu i izradu koji po njegovom mišljenju ne budu u skladu sa gornjim zahtjevima.

Tehnička svojstva građevnog proizvoda moraju biti takva da uz propisanu ugradnju sukladno namjeni građevine, uz propisano, odnosno projektom određeno održavanje podnose sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaja okoline, tako da građevina u koju je ugrađen tijekom projektiranog roka uporabe ispunjava bitne zahtjeve za građevinu. Građevni proizvod može se staviti na tržište, distribuirati i rabiti samo ako je dokazana njegova uporabljivost te ako je označen i popraćen tehničkim uputama u skladu s Zakonom o građevnim proizvodima te propisima donesenim na temelju tog Zakona.

Da bi se osigurala stalna kakvoća sastavnih materijala za proizvodnju, potrebno je kontrolirati kakvoću materijala, osigurati odgovarajuću dokumentaciju o kakvoći upotrijebljenog materijala, a za sama ispitivanja materijala i proizvoda primjenjivati metode ocjenjivanja sukladnosti propisane hrvatskim normama i važećom zakonskom regulativom.

U postupku ocjenjivanja sukladnosti građevnog proizvoda provode se radnje ispitivanja građevnog proizvoda i radnje nadzora proizvodnje građevnih proizvoda.

## 2.3. Fasadne metalne konstrukcije i bravarija

Potrebna je izrada posebnog Izvedbenog projekta fasadnih i bravarskih elemenata. U sklopu Izvedbenog projekta fasadnih i bravarskih elemenata potrebno je definirati mjerodavan Program kontrole i osiguranja kvalitete za korištene materijale, zaštitu od korozije, način spajanja i spojna sredstva, nadzor, te posebno, odstupanja i mjere za zaštitu od mogućih daljnjih diferencijalnih slijeganja. Ugradnja fasadnih elemenata i bravarije moguća je samo uz suglasnost Projektanta konstrukcije.

## 2.4. Način održavanja i projektirani vijek uporabe građevine

Redovite preglede u svrhu održavanja betonskih i čeličnih konstrukcija iz ovog projekta potrebno je provoditi svakih 5 godina.

Način obavljanja pregleda je slijedeći:

- a) vizualni pregled konstrukcija, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine progiba, te oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- b) utvrđivanja stanja antikorozivne zaštite, posebno spojeva (zavara, ploča i vijaka).

Dokumentaciju o izvršenim pregledima i drugu dokumentaciju o održavanju čelične konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Uporabni vijek predmetnih konstrukcija je najmanje 50 godina.

## 2.5. Napomene projektanta konstrukcije za izvođenje i nadzor nad građenjem

Sve elemente nosive konstrukcije izvesti monolitno. Armiranje izvesti prema armaturnim planovima. Betoniranje smije započeti tek nakon odobrenja nadzornog inženjera na izvedbi nosive konstrukcije.

Ostale napomene uz izvedbu:

- Dopuštene pritiske na predmetnoj lokaciji potrebno je provjeriti od strane ovlaštenog geomehaničara nakon širokog iskopa. Ukoliko se utvrdi razlika u odnosu na dopuštenu nosivost, potrebno je konzultirati projektanta konstrukcije radi eventualnih intervencija na projektiranim temeljima. Obavezan upis u građevinski dnevnik ovlaštenog geomehaničara nakon širokog iskopa. Obavezna izvedba drenaže i hidroizolacije oko objekta.
- Izvođač je dužan napraviti projekt betona, sve u skladu sa ovim glavnim projektom i izvedbenim projektom konstrukcije
- Posebnu pažnju obratiti da ne dođe do prekomjernog opterećivanja AB međukatnih ploča i greda u ranoj fazi očvršćenja betona.
- Obavezna izvedba drenaže oko objekta.
- Prema Pravilniku o tehničkom pregledu građevine (NN108/04) pri tehničkom pregledu je potrebno mišljenje projektanta konstrukcije o usklađenosti izvedenih radova s glavnim projektom. Stoga je potrebno u tijeku izvođenja radova ugovoriti projektantski nadzor konstrukcije.
- Monolitne AB ploče i grede držati neprekidno poduprte najmanje 28 dana nakon izvedbe. Nakon skidanja oplata, točkasto poduprijeti monolitno izvedenu ploču do postizanja tražene čvrstoće.
- Monolitne AB ploče i grede u izvedbi podupiranjem osloniti do temelja.

- Nakon betoniranja potrebno je njegovati betone očuvanjem stalnog zasićenja vodom kroz najmanje 7 dana. Po potrebi gornju plohu zaštititi od prekomjernog isparavanja.
- U slučaju izvedbe dijelova betonske konstrukcije gdje nije moguće njegovanje održavanjem vlažnosti - izvođač je dužan izraditi projekt s opisom svojstava betona i tehnologije ugradnje.
- Prekide betoniranja zidova izvesti na cca 0,5 (m) od čvora ('L', 'T' ili 'X' spoja zidova). Sve betonske plohe na mjestu prekida betoniranja prethodno namočiti vodom.
- Ne betonirati zidove u duljini većoj od 7 (m). Nakon max. 7 metara ostaviti zonu od 0,5 (m) nebetoniranu, te istu betonirati nakon najranije 48 sati.
- Najveća stranica pravokutnika - ploče betonirane bez prekida je 20 (m). Prekide betoniranja ploče utvrditi u dogovoru s izvođačem.

## 2.6. Nadzor nad građenjem

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o svojstvima ugrađenih građevnih proizvoda u odnosu na njihove bitne značajke, dokaze o sukladnosti ugrađene opreme i/ili postrojenja prema posebnom zakonu, isprave o sukladnosti određenih dijelova građevine temeljnim zahtjevima za građevinu, kao i dokaze kvalitete (rezultati ispitivanja, zapisi o provedenim procedurama kontrole kvalitete i dr.) za koje je obveza prikupljanja tijekom izvođenja građevinskih i drugih radova za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku (članak 135. Zakona o građenju 153/13, 20/17, 39/19,125/19).

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

Nadzorni inženjer dužan je odrediti provedbu kontrolnih ispitivanja određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu i/ili drugih zahtjeva, odnosno uvjeta predviđenih glavnim projektom ili izvješćem o obavljenoj kontroli projekta i obveze provjere u pogledu građevnih proizvod (članak 58. Zakona o građenju 153/13, 20/17, 39/19,125/19).

Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

Nadzorni inženjer dužan je u provedbi stručnog nadzora građenja, kada za to postoji potreba, odrediti način otklanjanja nedostataka, odnosno nepravilnosti građenja građevine (članak 58. Zakona o građenju 153/13, 20/17, 39/19,125/19).

### 3. Analiza opterećenja

#### 3.1. Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima

##### 3.1.1. Stalno opterećenje (G) i dodatno stalno opterećenje ( $\Delta G$ )

###### Vlastita težina elementa konstrukcije

Stalno opterećenje uključeno je u proračun prema slijedećem:

- Specifična težina armiranog betona od  $\gamma=25,0$  (kN/m<sup>3</sup>)

Stalno opterećenje od vlastite težine elemenata a-b konstrukcije zadaje se izravno u proračunskom modelu, sukladno dimenzijama poprečnih presjeka.

Napomena: Posebna stalna opterećenja opisana su u proračunu pojedine pozicije.

###### Stalna djelovanja po međukatnim konstrukcijama:

###### međukatne konstrukcije:

- slojevi poda i pregradni zidovi 2,30 (kN/m<sup>2</sup>)
- međukatna konstrukcija – zadana u računalnom programu
- žbuka, instalacije i ostalo 0,50 (kN/m<sup>2</sup>)

**dodatno stalno djelovanje g = 2,80 (kN/m<sup>2</sup>)**

###### međukatne konstrukcije – terase, balkoni, lođe:

- završna obrada poda 0,50 (kN/m<sup>2</sup>)
- armirani plivajući cementni estrih, d = 5,0 (cm) 1,10 (kN/m<sup>2</sup>)
- laki beton ( $\rho \leq 1000$  kg/m<sup>3</sup>) u padu, min. 3,0 (cm) 1,10 (kN/m<sup>2</sup>)
- međukatna konstrukcija – zadana u računalnom programu
- glet masa, instalacije i ostalo 0,10 (kN/m<sup>2</sup>)

**dodatno stalno djelovanje g = 2,80 (kN/m<sup>2</sup>)**

###### ravni krovovi, garaža:

- završni sloj, hidroizolacija, toplinska izolacija, folije 3,50 (kN/m<sup>2</sup>)
- međukatna konstrukcija – zadana u računalnom programu
- glet masa, instalacije i ostalo 0,50 (kN/m<sup>2</sup>)

**dodatno stalno djelovanje g = 4,00 (kN/m<sup>2</sup>)**

Napomena: zabranjeno je opterećivati međukatne konstrukcije opterećenjima većim od projektom predviđenih!

### 3.1.2. Promjenjivo opterećenje - korisno opterećenje (Q)

Minimalno korisno opterećenje za zgrade definirano je u EC1991-1-1. Ovo korisno (pokretno) opterećenje je najmanje koje se smije primijeniti na zgradama. Na zahtjev investitora ili pri procjeni projektanta smije se koristiti i veće opterećenje. Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su opterećenja u Tablici 3.1.2.1.

<b>Q: Unutrašnji prostori (blagovaonice...)</b> <b>Kategorija opterećenog prostora:</b>	$\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,3$ A ( $q_{\min} = 1,5$ (kN/m <sup>2</sup> ))	<b><math>q_k = 2,0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Q: Balkoni i ravni prohodni krov</b> <b>Kategorija opterećenog prostora</b>	$\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,3$ A ( $q_{\min} = 2,5$ (kN/m <sup>2</sup> ))	<b><math>q_k = 4,0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Q: Stubišta</b> <b>Kategorija opterećenog prostora</b>	$\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,3$ A ( $q_{\min} = 2,0$ (kN/m <sup>2</sup> ))	<b><math>q_k = 3,0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Q: Ravni neprohodni krov</b> <b>Kategorija opterećenog prostora</b>	$\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,0; \psi_2 = 0,0$ H ( $q_{\min} = 0,4$ (kN/m <sup>2</sup> ))	<b><math>q_k = 1,0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Q: Garaža</b> <b>Kategorija opterećenog prostora</b>	$\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,7; \psi_2 = 0,6$ F ( $q_{\min} = 1,5$ (kN/m <sup>2</sup> ))	<b><math>q_k = 2,5</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>

*Tablica 3.1.2.1 Razredi površina u zgradama i odgovarajuća korisno opterećenja*



### 3.1.3. Promjenjivo opterećenje - djelovanje snijega (S)

Opterećenje snijegom je Eurokodom 1991-1-3, te se za stalne i prolazne situacije definira se:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Kut nagiba krova $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8+0,8\alpha/30$	1,6	-

Tablica 3.1.3.1 Koeficijenti oblika opterećenja snijegom

$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijegom ( $\alpha = 1,5^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$ )



Slika 3.1.3.1 Karta snijega za Republiku Hrvatsku

Nadmorska visina do (m)	1. područje – priobalje i otoci (kN/m <sup>2</sup> )	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre (kN/m <sup>2</sup> )	3. područje – kontinentalna Hrvatska (kN/m <sup>2</sup> )	4. područje – gorska Hrvatska (kN/m <sup>2</sup> )
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1000	2,00	4,00	3,50	5,00
1100	3,00	5,00	4,00	5,50
1200	4,00	6,00	4,50	6,00
1300	5,00	7,00	-	7,00
1400	6,00	8,00	-	8,00
1500	-	9,00	-	9,00
1600	-	10,00	-	10,00
1700	-	11,00	-	11,00
1800	-	12,00	-	-

Tablica 3.1.3.2 Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom za pojedina područja i nadmorske visine

$s_k$  – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu (Split, nadmorska visina do 100 (m), 1. područje – priobalje i otoci) →  $s_k = 0,5$  (kN/m<sup>2</sup>)

$C_e$  - koeficijent izloženosti (1,0)

$C_t$  – toplinski koeficijent (1,0)

**Opterećenje snijegom:**

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

### 3.1.4. Promjenjivo opterećenje - djelovanje vjetra (W)

Opterećenje vjetrom (okomito na površinu) definira se izrazom:

$$\text{-pritisak vjetra na vanjske površine } \mathbf{w_e} = \mathbf{q_p} |z_e| \cdot \mathbf{c_{pe}} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{-pritisak vjetra na unutarnje površine } \mathbf{w_i} = \mathbf{q_p} |z_i| \cdot \mathbf{c_{pi}} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$\mathbf{q_p} |z_{e(i)}|$  – pritisak brzine vjetra pri udaru,

$|z_{e(i)}|$  – referentna visina za vanjski (unutarnji) pritisak,

$\mathbf{c_{pe}}$  - koeficijent pritiska za vanjski vjetar,

$\mathbf{c_{pi}}$  – koeficijent pritiska za unutarnji vjetar.

Osnovni pritisak vjetra  $\mathbf{q_b}$  određuje se po formuli:

$$\mathbf{q_b} = \frac{1}{2} \rho \cdot \mathbf{v_b}^2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$\rho$  – gustoća zraka (**1,25 (kg/m<sup>3</sup>)**),

$\mathbf{v_b}$  – osnovna brzina vjetra.

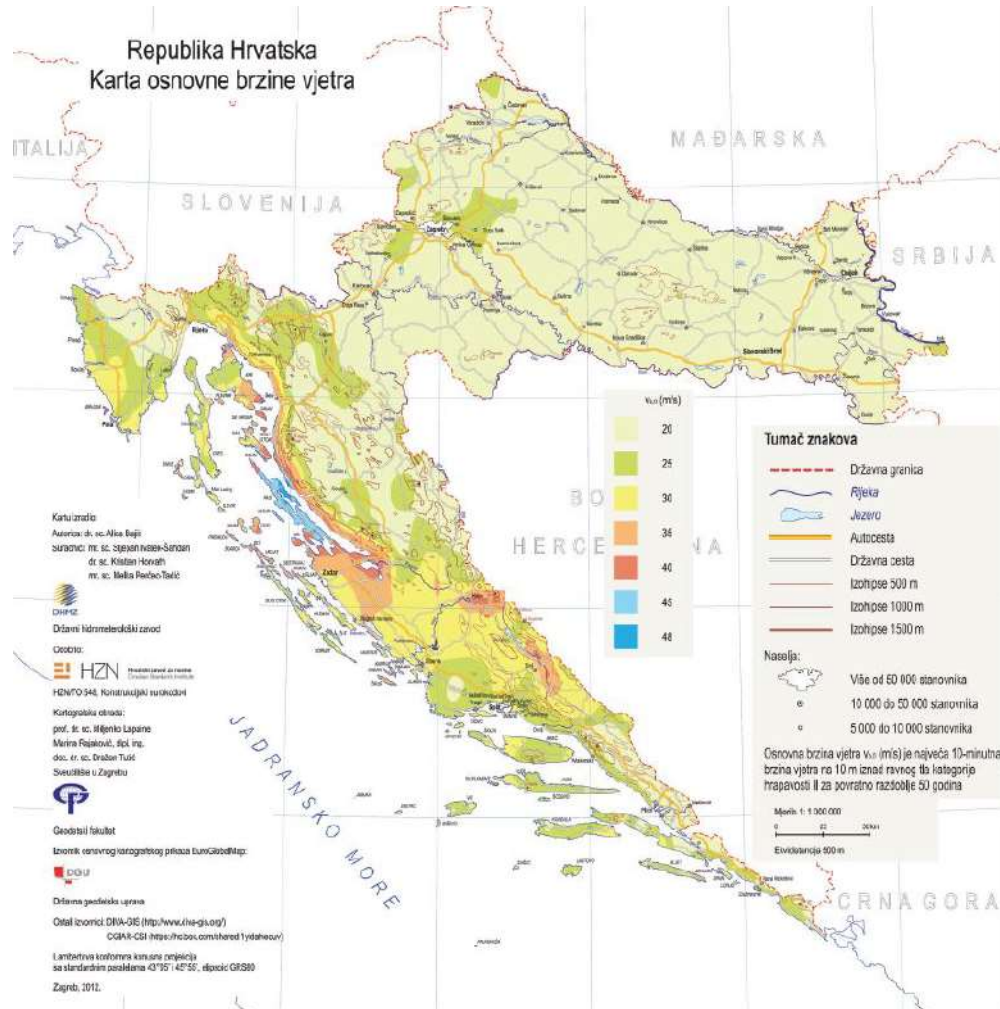
Vrijednost koeficijenata unutarnjeg pritiska:

$$+\mathbf{c_{pi}} = \mathbf{0,20};$$

$$-\mathbf{c_{pi}} = \mathbf{-0,30}$$

Osnovna brzina vjetra  $v_b$  određuje se po formuli:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \text{ (m/s)}$$



Slika 3.1.4.1 Karta osnovnih brzina vjetra za Republiku Hrvatsku

$v_{b,0}$  – fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (Split →  $v_{b,0} = 30,0 \text{ (m/s)}$ )

$c_{dir}$  – faktor smjera vjetra (1,0)

$c_{season}$  – faktor doba godine (1,0)

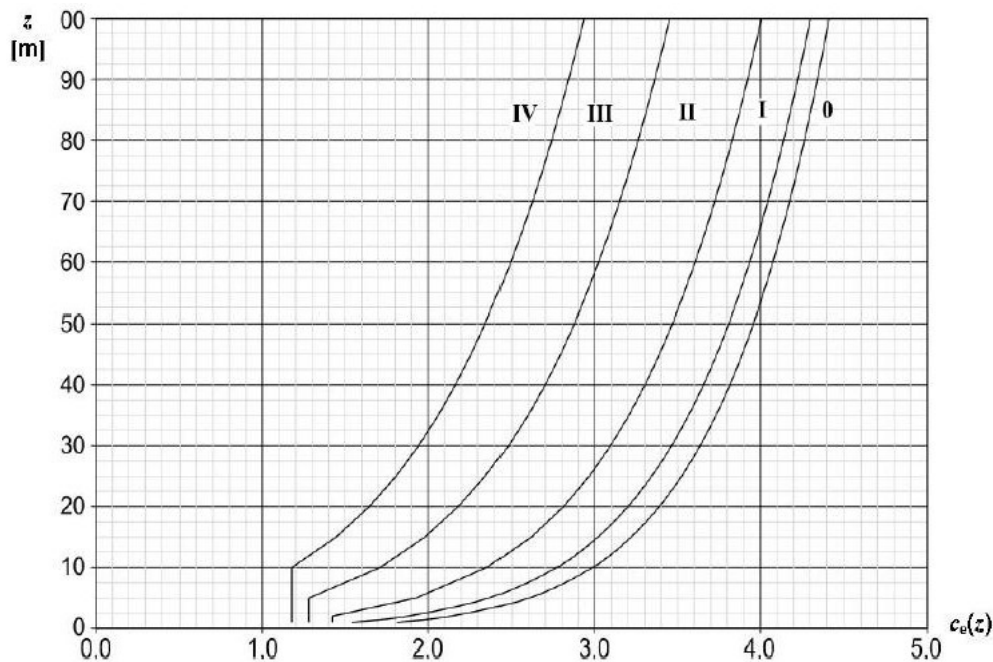
$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 30,0 = 30,0 \text{ (m/s)}$

$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30,0^2 = 0,56 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

Pritisak brzine vjetra pri udaru  $q_p(z)$  određuje se po formuli:

$$q_p(z) = c_e |z| \cdot q_b \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$c_e |z|$  – faktor izloženosti i odnosi se na pritisak te ovisi o visini iznad terena  $z$  i kategoriji terena (2. kategorija zemljišta)



Slika 3.1.4.2 Grafički prikaz faktora izloženosti  $c_e(z)$  za  $c_o=1,0$  i  $k_t=1,0$

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

Tablica 3.1.4.1 Tablica koeficijenta terena ovisno o kategoriji terena

Dimenzije zgrade:-  $b_1 = 20,0$  (m) (x smjer)-  $b_2 = 13,6$  (m) (y smjer)-  $h = 15,0$  (m)Referentna visina  $z_e$  (x smjer): $b_1 > h$  $\rightarrow z_e = h = 15,0$  (m) – (očitano)  $\rightarrow c_e|z| = 2,55$ Referentna visina  $z_e$  (y smjer): $b_2 < h \leq 2b$  $\rightarrow z_{e(0-b)} = b_2 = 13,6$  (m) – (očitano)  $\rightarrow c_e|z| = 2,50$  $\rightarrow z_{e(b-h)} = h = 15,0$  (m) – (očitano)  $\rightarrow c_e|z| = 2,55$ 

Područje	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-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	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenom terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.

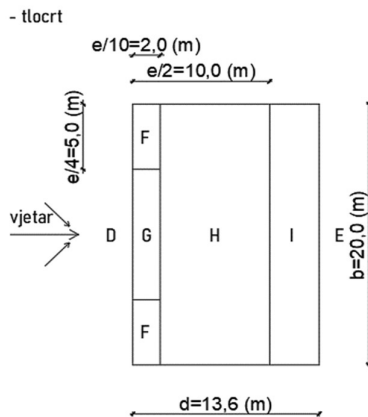
Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.

Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

Tablica 3.1.4.2 Tablica vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za vertikalne zidove

Područje	F		G		H		I	
Oštri zabati	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	
							-0,2	

Tablica 3.1.4.3 Tablica vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za područja dvostrešnog ravnog krova

**Smjer x:**

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{20,0 \text{ (m)}; 2 \times 15,0 \text{ (m)}\} = \\ = \min\{20,0 \text{ (m)}; 30,0 \text{ (m)}\} = 20,0 \text{ (m)}$$

$$e = 20,0 \text{ (m)} > d = 13,6 \text{ (m)}$$

Koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove:

$$h/d > 1,0$$

$$A: c_{pe,10} = -1,2;$$

$$B: c_{pe,10} = -0,8;$$

$$D: c_{pe,10} = +0,8;$$

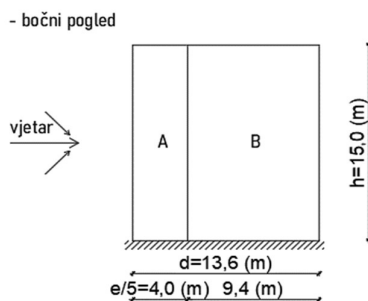
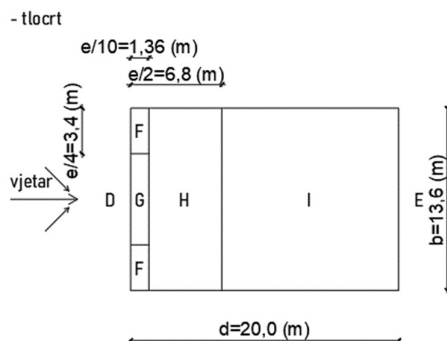
$$E: c_{pe,10} = -0,52;$$

$$F: c_{pe,10} = -1,8;$$

$$G: c_{pe,10} = -1,2;$$

$$H: c_{pe,10} = -0,7;$$

$$I: c_{pe,10} = 0,2; -0,2;$$

**Smjer y:**

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{13,6 \text{ (m)}; 2 \times 15,0 \text{ (m)}\} = \\ = \min\{13,6 \text{ (m)}; 30,0 \text{ (m)}\} = 13,6 \text{ (m)}$$

$$e = 13,6 \text{ (m)} < d = 20,0 \text{ (m)}$$

Koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove:

$$1 > h/d > 0,25$$

$$A: c_{pe,10} = -1,2;$$

$$B: c_{pe,10} = -0,8;$$

$$C: c_{pe,10} = -0,5;$$

$$D: c_{pe,10} = +0,77;$$

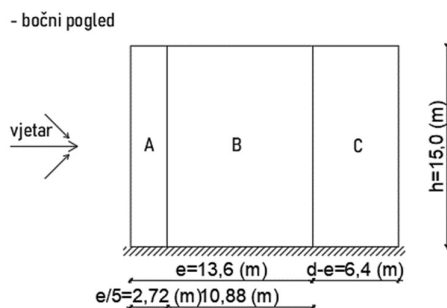
$$E: c_{pe,10} = -0,44;$$

$$F: c_{pe,10} = -1,8;$$

$$G: c_{pe,10} = -1,2;$$

$$H: c_{pe,10} = -0,7;$$

$$I: c_{pe,10} = 0,2; -0,2;$$



### 3.1.5. Opterećenje od zasipa tla - statičko djelovanje zasipa tla (Z)

Karakteristike tla na promatranjoj lokaciji:

Kut unutarnjeg trenja:

$$- \varphi_k = 35^\circ$$

Kohezija:

$$- c = 0,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Zapreminska težina:

$$- \gamma = 22,0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

Kut trenja:

$$- \delta = 20$$

Promjenjivo opterećenje na nasipu:

$$- q = 5,0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Koeficijenti bočnog pritiska:

- koeficijent aktivnog tlaka prema Rankine-u:

$$- K_A = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi_k/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 35^\circ/2) = 0,27$$

- koeficijent tlaka mirovanja prema Jaky-ju:

$$- K_0 = 1 - \sin \varphi_d = 1 - \sin(29,25^\circ) = 0,51$$

Pritisak tla na zidove se određuje pomoću parametara tla:

Specifična težina tla:

$$- \gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

Visina zasipa:

$$- h \text{ (m)}$$

Promjenjivo opterećenje na nasipu:

$$- q \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Koeficijent tlaka mirovanja:

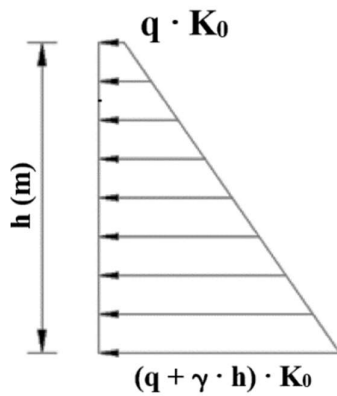
$$- K_0 = 0,51$$

Horizontalni pritisak tla na visini h:

$$- p_{zasipa} = (q + \gamma \cdot h) \cdot K_0$$



Shema opterećenja:



- za  $h = 0,0$  (m)

$$- q \cdot K_0 = 5,0 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,51 = 2,55 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- za  $h = 2,6$  (m)

$$- (q + \gamma \cdot h) \cdot K_0 = (5,0 + 22 \cdot 2,6) \cdot 0,51 = 31,72 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- za  $h = 2,85$  (m)

$$- (q + \gamma \cdot h) \cdot K_0 = (5,0 + 22 \cdot 2,85) \cdot 0,51 = 34,53 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- za  $h = 3,65$  (m)

$$- (q + \gamma \cdot h) \cdot K_0 = (5,0 + 22 \cdot 3,65) \cdot 0,51 = 43,53 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- za  $h = 6,5$  (m)

$$- (q + \gamma \cdot h) \cdot K_0 = (5,0 + 22 \cdot 6,5) \cdot 0,51 = 75,48 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

### 3.1.6. Izvanredno opterećenje – potresno opterećenje (P)



Slika 3.1.6.1 Grafički prikaz čestice sa seizmičkim podacima

Računsko ubrzanje tla:

Granično stanje nosivosti: ( $T_{NCR} = 475$  godina; 50 godina;  $P_{NCR} = 10\%$ ):

$$- a_{gr,GSN} = 0,227 \text{ g} = 2,227 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Granično stanje uporabljivosti: ( $T_{NCR} = 95$  godina; 10 godina;  $P_{NCR} = 10\%$ ):

$$- a_{gr,GSU} = 0,119 \text{ g} = 1,167 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Faktor važnosti građevine:

$$- \gamma_1 = 1,0$$

Tip temeljnog tla	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1,00	0,15	0,40	2,00
B	1,20	0,15	0,50	2,00
C	1,15	0,20	0,60	2,00
D	1,35	0,20	0,60	2,00
E	1,40	0,15	0,50	2,00

Tablica 3.1.6.1 Tablica parametara elastičnog spektra ubrzanja podloge tipa I.

Kategorija tla:

- A;

- S = 1,0;

- T<sub>B</sub> = 0,15; T<sub>C</sub> = 0,40; T<sub>D</sub> = 2,00

Računska težina:  $- W = \Sigma G + \Sigma \varphi \psi_{2i} Q_i = 1,0G + 0,3Q$

Računska sila od potresa:  $- F_b = S_d(T) \cdot W;$

$- F_x = S_{d,x}(T) \cdot W;$

$- F_y = S_{d,y}(T) \cdot W;$

Razred duktilnosti:  $- M$

Faktor ponašanja kojim se uzima u obzir kapacitet trošenja energije za svaki proračunski smjer:  $- q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$

Osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o konstrukcijskoj vrsti:  $q_0$ .

Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 $\alpha_0/\alpha_1$	4,5 $\alpha_0/\alpha_1$
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 $\alpha_0/\alpha_1$
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

Tablica 3.1.6.2 Tablica osnovnih vrijednosti faktora ponašanja o ovisna o konstrukcijskoj vrsti

-  $\alpha_0/\alpha_1 = 1,0$  (zidni sustavi sa samo dva nepovezana zida)

-  $\alpha_0/\alpha_1 = 1,1$  (drugi sustavi nepovezanih zidova)

-  $\alpha_0/\alpha_1 = 1,2$  (dvojni sustavi istovrijedni zidnim ili sustavi povezanih zidova)

Za zgrade koje nisu pravilne po visini, vrijednost  $q_0$  treba smanjiti za 20%.

$- \alpha_0/\alpha_1 = 1,1$

Faktor koji odražava prevladavajući oblik sloma konstrukcijskog sustava zidova (za oba pravca):  $k_w$ .

-  $k_w = 0,5 \leq (1 + \alpha_0)/3 \leq 1,0$

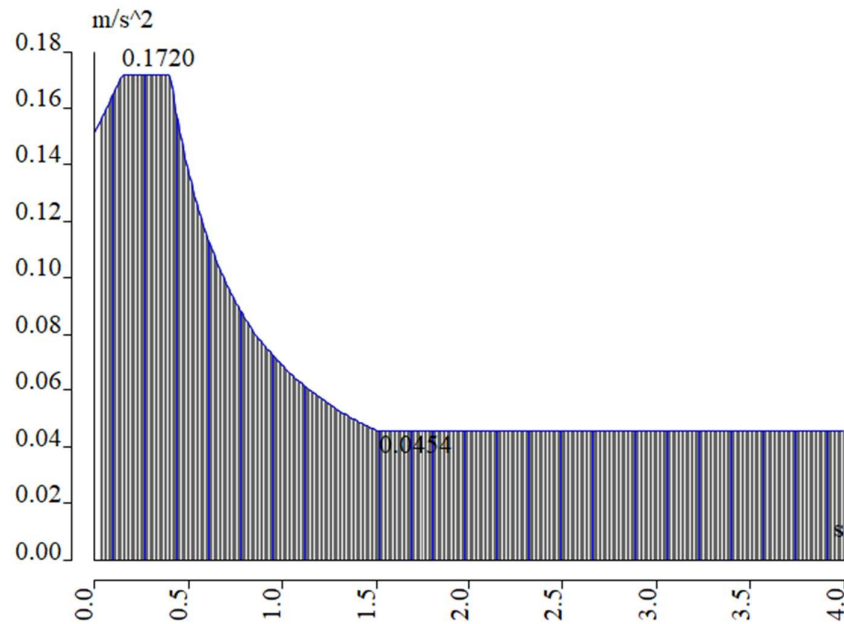
-  $\alpha_0$  - prevladavajući geometrijski omjer zidova;  $\alpha_0 = \Sigma h_{wi} / \Sigma L_{wi}$

-  $h_{wi}$  - visina zida

-  $L_{wi}$  - duljina zida

$- k_w = 1,0$

Faktor ponašanja:  $- q = q_0 \cdot k_w = 3,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 3,3$



Slika 3.1.6.2 Grafički prikaz računskog spektra odgovora za  $a_{gr,GSN} = 0,227 g = 2,227 (m/s^2)$ ;  $q = 3,3$ ; tlo A

Odgovor konstrukcije na seizmičko djelovanje analiziran je metodom modalne analize, software Scia Engineer.

Za potrebe proračuna efektivnih masa sve etaže su uzete u obzir.

Rezultati modalne analize objekta su prikazani u nastavku.

Uzeto je u obzir prvih 54 vlastitih vektora, te se aktiviralo približno 100% mase građevine u svakom horizontalnom smjeru.

Problem utjecaja ne aktivirane mase promatra se preko metode residualnog moda. Cilj ove metode je promatranje neaktivirane mase kroz dodatni mod. Dodatni mod se definira kao statičko opterećenje ekvivalentno umnošku ne aktivirane mase i pripadajućeg ubrzanja. Ubrzanje je definirano na osnovnu zadnjeg promatranog moda i pripadajućeg perioda.

**Suma masa:**

	Vrsta mase	X (kg)	Y (kg)	Z (kg)
1	Pokretna masa	7924864,27	7924864,27	7924864,27
1	Ukupna masa	7924864,27	7924864,27	7924864,27

Tablica 3.1.6.3 Tablica suma masa

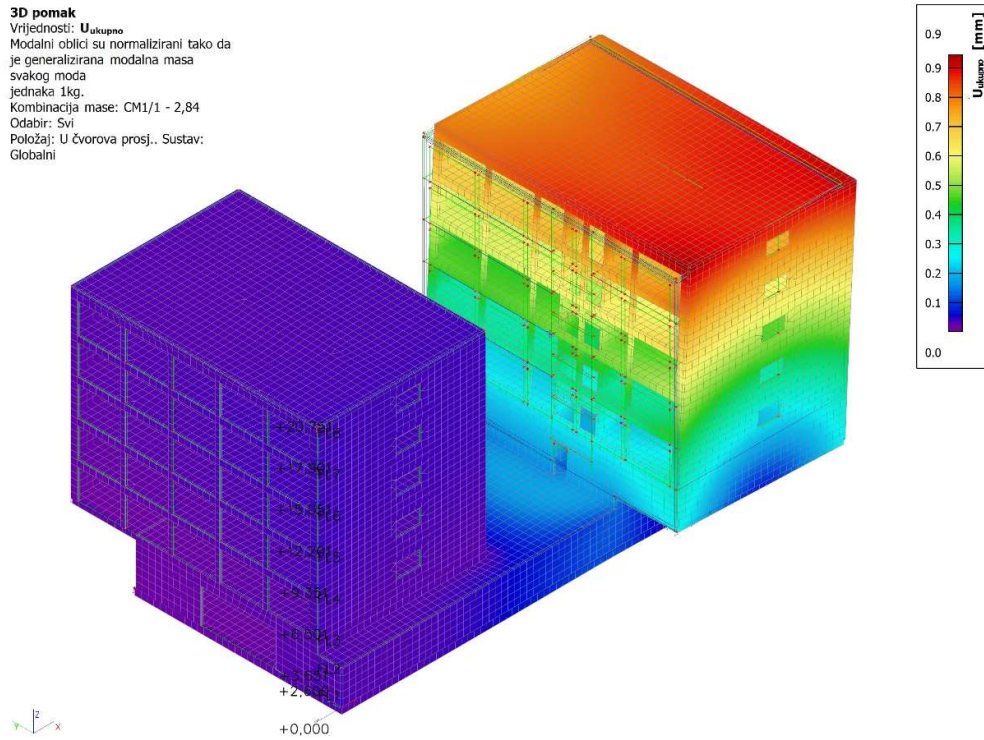
**Relativne modalne mase:**

Mod	Omega (rad/s)	Period (s)	Frekvencija (Hz)	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$	$W_{xi\_R}/W_{xtot\_R}$	$W_{yi\_R}/W_{ytot\_R}$	$W_{zi\_R}/W_{ztot\_R}$
1	17,8153	0,35	2,84	0,3270	0,0012	0,0014	0,0014	0,1404	0,0083
2	18,4607	0,34	2,94	0,0118	0,4382	0,0000	0,2691	0,0043	0,0464
3	20,7341	0,30	3,30	0,1905	0,0055	0,0010	0,0000	0,0465	0,1617
4	21,9880	0,29	3,50	0,0497	0,1284	0,0010	0,0403	0,0078	0,2178
5	38,6803	0,16	6,16	0,0016	0,0160	0,0000	0,0345	0,0000	0,1872
6	42,1637	0,15	6,71	0,0004	0,0000	0,5731	0,0184	0,1143	0,0019
7	44,1867	0,14	7,03	0,0013	0,0022	0,2305	0,0235	0,3373	0,0066
8	51,1732	0,12	8,14	0,0018	0,0082	0,0613	0,0024	0,0137	0,0277
9	53,9748	0,13	8,59	0,0151	0,0000	0,0003	0,0709	0,0818	0,0115
10	61,3477	0,12	9,76	0,0023	0,1396	0,0084	0,2127	0,0021	0,0214
11	64,9321	0,10	10,33	0,0024	0,1070	0,0000	0,1388	0,0000	0,0034
12	68,7501	0,10	10,94	0,0043	0,0089	0,0001	0,0037	0,0022	0,0200
13	69,5976	0,09	11,08	0,0021	0,0014	0,0002	0,0004	0,0011	0,0055
14	71,0172	0,09	11,30	0,0003	0,0001	0,0003	0,0000	0,0002	0,0006
15	72,2624	0,09	11,50	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0001	0,0000
16	73,2825	0,09	11,66	0,0073	0,0009	0,0007	0,0000	0,0006	0,0043
17	74,1082	0,08	11,79	0,0045	0,0002	0,0012	0,0000	0,0003	0,0008
18	75,9152	0,08	12,08	0,0054	0,0000	0,0016	0,0001	0,0007	0,0001
19	76,1065	0,08	12,11	0,0064	0,0006	0,0000	0,0001	0,0007	0,0046
20	77,2920	0,08	12,30	0,0139	0,0012	0,0006	0,0002	0,0019	0,0092
21	78,2893	0,08	12,46	0,0003	0,0005	0,0000	0,0004	0,0003	0,0044
22	79,3128	0,08	12,62	0,1223	0,0060	0,0009	0,0013	0,0481	0,0473
23	80,7337	0,08	12,85	0,0550	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197	0,0116
24	81,7294	0,08	13,01	0,0862	0,0000	0,0000	0,0003	0,0355	0,1016
25	83,0691	0,08	13,22	0,0062	0,0001	0,0001	0,0007	0,0038	0,0059
26	91,7304	0,07	14,60	0,0006	0,0001	0,0018	0,0031	0,0025	0,0062
27	93,6782	0,07	14,91	0,0037	0,0011	0,0154	0,0010	0,0059	0,0013
28	100,318	0,06	15,97	0,0132	0,0146	0,0004	0,0141	0,0344	0,0180
29	111,102	0,06	17,68	0,0014	0,0008	0,0245	0,0037	0,0021	0,0000
30	114,418	0,05	18,21	0,0000	0,0130	0,0014	0,0185	0,0136	0,0008
31	132,031	0,05	21,01	0,0004	0,0016	0,0001	0,0092	0,0011	0,0002
32	134,641	0,05	21,43	0,0003	0,0155	0,0007	0,0161	0,0000	0,0102
33	143,334	0,04	22,81	0,0054	0,0000	0,0000	0,0048	0,0151	0,0112
34	149,224	0,04	23,75	0,0232	0,0155	0,0004	0,0127	0,0124	0,0085
35	156,544	0,04	24,91	0,0051	0,0193	0,0005	0,0344	0,0000	0,0147
36	164,738	0,04	26,22	0,0016	0,0149	0,0099	0,0268	0,0116	0,0010
37	169,180	0,04	26,93	0,0009	0,0297	0,0093	0,0248	0,0024	0,0051
38	181,072	0,03	28,82	0,0012	0,0016	0,0235	0,0018	0,0005	0,0015
39	192,785	0,03	30,68	0,0010	0,0022	0,0021	0,0027	0,0120	0,0002
40	195,481	0,03	31,11	0,0003	0,0001	0,0062	0,0000	0,0142	0,0000
41	203,417	0,03	32,37	0,0001	0,0008	0,0021	0,0007	0,0001	0,0012
42	209,131	0,03	33,28	0,0000	0,0006	0,0001	0,0003	0,0001	0,0030
43	212,867	0,03	33,88	0,0127	0,0001	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000
44	224,147	0,03	35,67	0,0003	0,0010	0,0004	0,0003	0,0002	0,0014
45	232,892	0,03	37,07	0,0004	0,0001	0,0009	0,0000	0,0000	0,0001
46	248,962	0,03	39,62	0,0038	0,0001	0,0001	0,0000	0,0025	0,0000
47	253,602	0,02	40,36	0,0003	0,0000	0,0019	0,0000	0,0002	0,0001
48	263,365	0,02	41,92	0,0009	0,0001	0,0014	0,0000	0,0001	0,0000
49	278,661	0,02	44,35	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0012
50	283,401	0,02	45,10	0,0000	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0005
51	296,603	0,02	47,21	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0006
52	304,397	0,02	48,45	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
53	327,573	0,02	52,13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
54	335,180	0,02	53,35	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
			<b>Σ</b>	<b>0,9961</b>	<b>0,9994</b>	<b>0,9887</b>	<b>0,9946</b>	<b>0,9962</b>	<b>0,9967</b>

Tablica 3.1.6.4 Tablica relativnih modalnih masa

**3D pomak**Vrijednosti:  $U_{\text{ukupno}}$ 

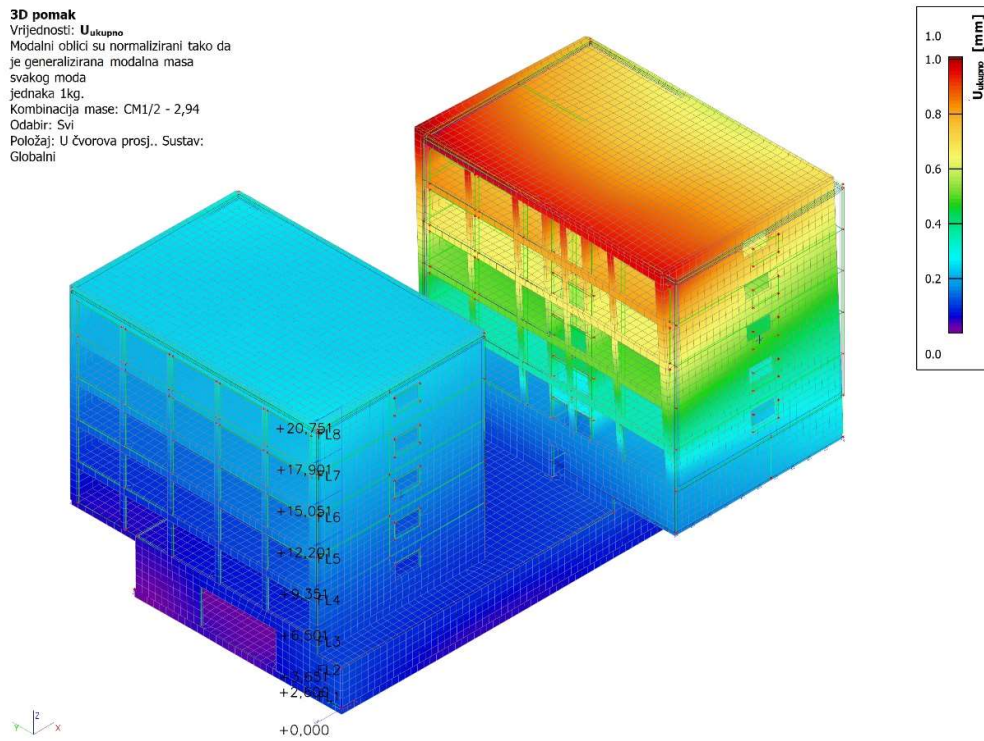
Modalni oblici su normalizirani tako da je generalizirana modalna masa svakog moda jednaka 1kg.  
 Kombinacija mase: CM1/1 - 2,84  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj.. Sustav: Globalni



Slika 3.1.6.3 Grafički prikaz prvog vlastitog vektora

**3D pomak**Vrijednosti:  $U_{\text{ukupno}}$ 

Modalni oblici su normalizirani tako da je generalizirana modalna masa svakog moda jednaka 1kg.  
 Kombinacija mase: CM1/2 - 2,94  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj.. Sustav: Globalni

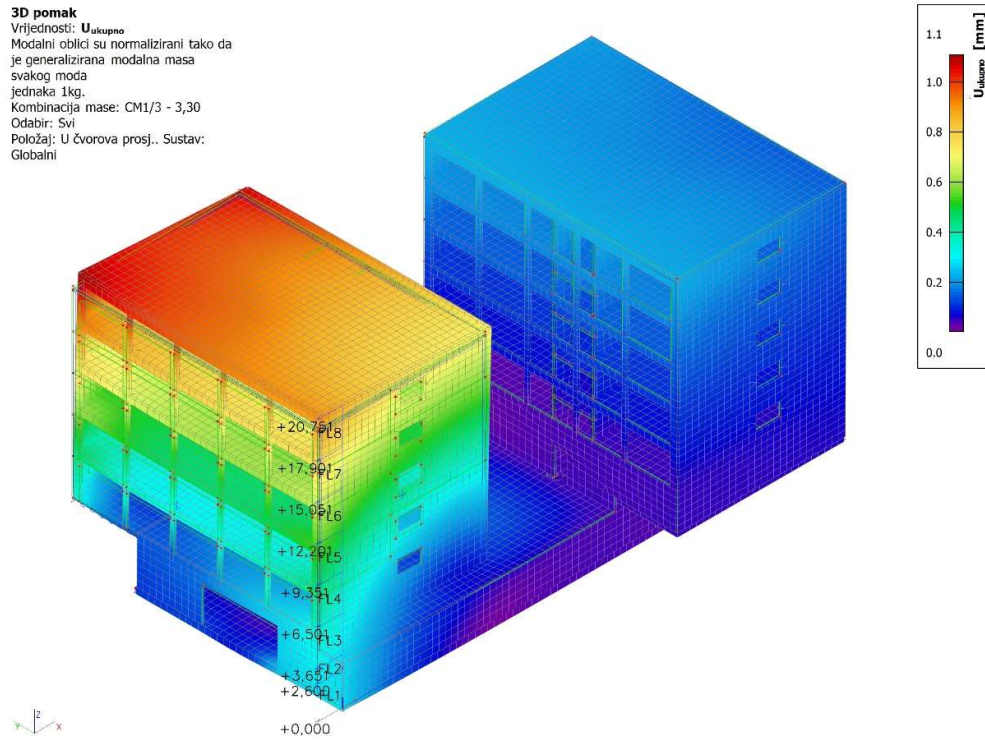


Slika 3.1.6.4 Grafički prikaz drugog vlastitog vektora



**3D pomak**Vrijednosti:  $U_{\text{ukupno}}$ 

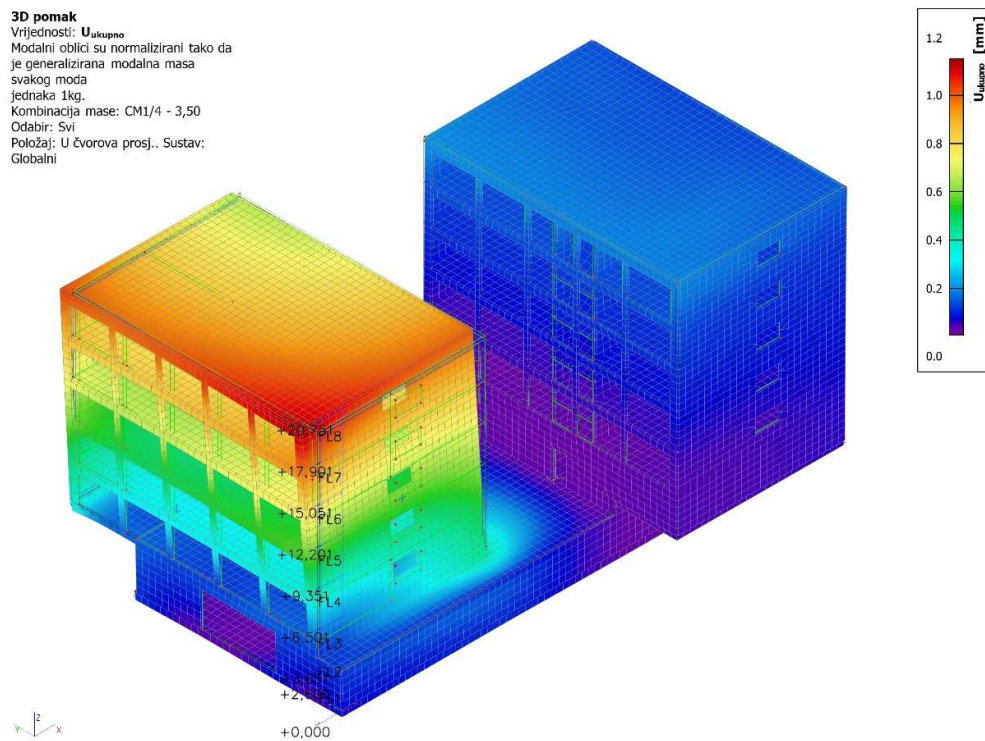
Modalni oblici su normalizirani tako da je generalizirana modalna masa svakog moda jednaka 1kg.  
 Kombinacija mase: CM1/3 - 3,30  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj.. Sustav: Globalni



Slika 3.1.6.5 Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora

**3D pomak**Vrijednosti:  $U_{\text{ukupno}}$ 

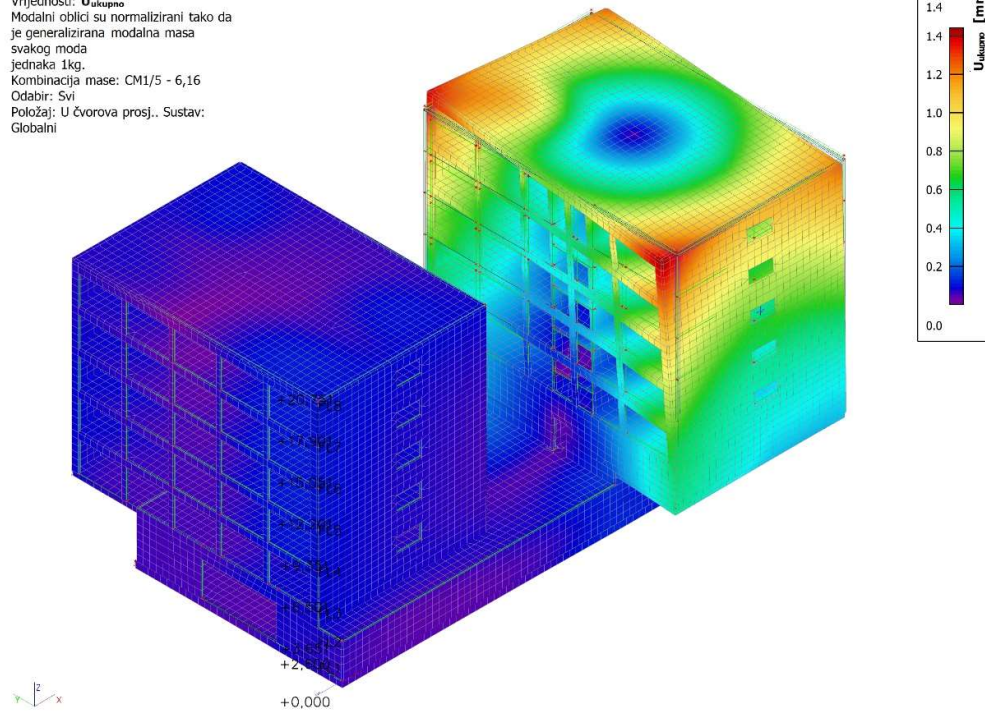
Modalni oblici su normalizirani tako da je generalizirana modalna masa svakog moda jednaka 1kg.  
 Kombinacija mase: CM1/4 - 3,50  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj.. Sustav: Globalni



Slika 3.1.6.6 Grafički prikaz četvrtog vlastitog vektora

**3D pomak**Vrijednosti:  $U_{\text{ukupno}}$ 

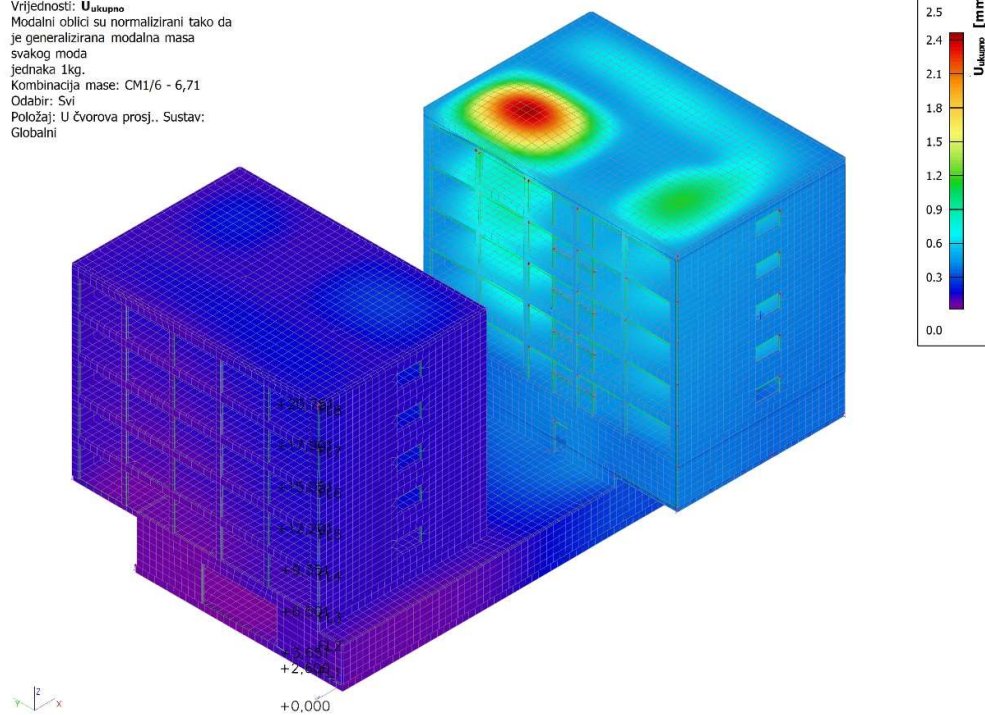
Modalni oblici su normalizirani tako da je generalizirana modalna masa svakog moda jednaka 1kg.  
 Kombinacija mase: CM1/5 - 6,16  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj., Sustav: Globalni



Slika 3.1.6.7 Grafički prikaz petog vlastitog vektora

**3D pomak**Vrijednosti:  $U_{\text{ukupno}}$ 

Modalni oblici su normalizirani tako da je generalizirana modalna masa svakog moda jednaka 1kg.  
 Kombinacija mase: CM1/6 - 6,71  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj., Sustav: Globalni



Slika 3.1.6.8 Grafički prikaz šestog vlastitog vektora



## 3.2. Proračunski modeli

### 3.2.1. Podaci o proračunskom modelu – vertikalni model

Za potrebe proračuna nosivih elemenata konstrukcije, kako horizontalnih, tako i vertikalnih, izrađen je prostorni štapno-plošni model prikazan u nastavku. Modelom su obuhvaćene sve grede, ploče i stupovi i zidovi, od temeljene konstrukcije do krovne ploče. Za proračun vertikalnih elemenata na horizontalna djelovanja provedena je dinamička analiza.

Model je opterećen svim gore opisanim opterećenjima linijski ili plošno ovisno o karakteru opterećenja.

#### Opterećenja zadana modelom su:

1. vlastita težina (G)
2. dodatno stalno opterećenje ( $G_{dod}$ )
3. korisno opterećenje ( $Q_s$ ,  $Q_k$ ,  $Q_g$ )
4. promjenjivo opterećenje snijegom (S)
5. promjenjivo opterećenje vjetrom ( $W_1$ ,  $W_2$ )
6. opterećenje zasipa tla (Z)
7. potres smjer x ( $S_x$ )
8. potres smjer y ( $S_y$ )

#### Mjerodavne kombinacije opterećenja:

Granično stanje uporabivosti:

K-GSU1	$1,0G + 1,0 G_{dod} + 1,0 Z + 0,5Q$
K-GSU2	$1,0G + 1,0 G_{dod} + 1,0 Z + 0,3Q$

Granično stanje nosivosti:

- vodeće djelovanje Q:

K-GSN1 (Q)	$1,35G + 1,35G_{dod} + 1,35Z + 1,5Q$
------------	--------------------------------------

- vodeće djelovanje  $S_x$  ( $S_y$ ):

K-GSN2 ( $S_x$ )	$1,0G + 1,0G_{dod} + 1,0Z + 0,3Q + 1,0S_x$
K-GSN3 ( $S_y$ )	$1,0G + 1,0G_{dod} + 1,0Z + 0,3Q + 1,0S_y$

Anvelopa graničnog stanja nosivosti:

ANV 1	K-GSN1, K-GSN2, K-GSN3
ANV 2	K-GSN2, K-GSN3

### 3.2.2. Podaci o proračunskom modelu – horizontalni model

Proračun horizontalnih konstrukcija – ploče i grede provodi se računalnim putem, u 3D modelu, u programskom paketu Scia Engineer.

U nastavku su prikazani ulazni podaci, podaci o opterećenjima, podaci o materijalima, te relevantni rezultati proračuna, i na kraju dimenzioniranje promatranog nosivog elementa.

#### Mjerodavna kombinacija za dimenzioniranje horizontalnih elemenata:

Granično stanje uporabivosti.

$$\text{K-GSU1} \quad 1,0G + 1,0 G_{\text{dod}} + 1,0 Z + 0,5Q$$

$$\text{K-GSU2} \quad 1,0G + 1,0 G_{\text{dod}} + 1,0 Z + 0,3Q$$

Granično stanje nosivosti:

- vodeće djelovanje Q:

$$\text{K-GSN1 (Q)} \quad 1,35G + 1,35G_{\text{dod}} + 1,35Z + 1,5Q$$

Granična vrijednost progiba ploče u polju za kratkotrajna djelovanja:  $f_{p,dop} = \frac{l_g}{250}$

#### Minimalna potrebna armatura za ploče:

- za ploču  $d = 20,0$  (cm)  $\rightarrow 0,0015 \cdot 100 \cdot 20 = 3,00$  (cm<sup>2</sup>/m')  $\rightarrow$  **odabrano minimalno Q-335**

- za ploču  $d = 40,0$  (cm)  $\rightarrow 0,0015 \cdot 100 \cdot 40 = 6,00$  (cm<sup>2</sup>/m')  $\rightarrow$  **odabrano minimalno Q-636**

- za ploču  $d = 50,0$  (cm)  $\rightarrow 0,0015 \cdot 100 \cdot 50 = 7,50$  (cm<sup>2</sup>/m')  $\rightarrow$  **odabrano minimalno Q-785**

Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armatura u polju u izvedbi će biti veća od izračunate za 20-30%. a armatura na ležajevima u skladu s izračunatom.

Na mjestima velikih koncentracija momenata u gornjoj zoni – potrebna armatura se može lokalno umanjiti za 20-30%. Ova netočnost se može javiti zbog proračunske metode računalnog programa i valja je zanemariti. Mreža konačnih elemenata za potrebe linearnog statičkog proračuna generirana je na gustoću od 0,20 (m).

U nastavku će biti prikazane redom:

Pozicije 700 – ploča iznad 5. kata

Pozicije 600 – ploče iznad 4. kata

Pozicije 500 – ploče iznad 3. kata

Pozicije 400 – ploče iznad 2. kata

Pozicije 300 – ploče iznad 1. kata

Pozicije 200 – ploče iznad prizemlja

Pozicije 100 – ploče iznad podruma

## 4. Proračun elemenata konstrukcije

### 4.1. Proračun AB stupova

Dokaz nosivosti stupova i proračun potrebne armature provodi se prema slijedećem:

**S1** Kontrolira se srednje tlačno naprezanje u stupu za nazovistalnu kombinaciju:

$$G_{SU-2} = 1,0G + \psi_{2i} \cdot Q_i = 1,0G + 0,3Q_1 \quad \sigma_{c,Sd} \leq 0,45f_{ck}$$

$$\text{za C30/37:} \quad 0,45f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,50 \text{ (MPa)}$$

**S2** Kontrolira se srednje tlačno naprezanje u stupu za seizmičku kombinaciju:

$$A_c = b \cdot h \geq N_{Ed}/(0,65 \cdot f_{cd}); \text{ (klasa M), } N_{Ed} = \text{uzdužna sila u proračunu potresne proračunske situacije}$$

$$\text{za C30/37:} \quad 0,65f_{ck} = 0,65 \cdot (30/1,5) = 13,0 \text{ (MPa)}$$

**S3** Proračunava se armatura stupa (za anvelopu graničnog stanja nosivosti):

$$N_{Ed} = \text{uzdužna sila od kombinacije graničnog stanja nosivosti}$$

Zbog povoljnog djelovanja uzdužne tlačne sile u proračunu armature uzima se  $N_{GSU-2}$

$$M_{Ed,Y} = \text{moment savijanja oko osi presjeka Y od seizmičke kombinacije}$$

$$M_{Ed,Y,S} = M_{Ed,Y} + N_{GSU-2} \cdot (d-h/2) = \text{moment s obzirom na težište vlačne armature}$$

$$M_{Ed,Y,lim} = \mu_{lim} \cdot b \cdot d_2 \cdot f_{cd} = \text{moment nosivosti; } \mu_{lim} = 0,252$$

$$A_{s1} = A_{s2} = M_{Ed,Y,S} \cdot 100 / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}); \zeta \approx 0,9$$

Identičan postupak se provodi i oko osi presjeka Z.

$$\text{Min. i max. \% armatura za stupove (ukupna): } A_{s,min,potres} = 0,010 \cdot b \cdot h; A_{s,min} = 8\emptyset 12;$$

$$A_{s,max} = 0,040 \cdot b \cdot h$$

**S4** Proračunava se poprečna armatura stupa (za anvelopu graničnog stanja nosivosti):

$$V_{Ed} = \text{poprečna sila uslijed mogućeg djelovanja momenta od kombinacije graničnog stanja nosivosti}$$

1) Računska nosivost na poprečnu silu:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varphi_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d; k = 1,0 + (200/d)^{1/2} \leq 2,0 \text{ (d - mm)}$$

$$\sigma_{cp} = N_{GSU-2}/A_c$$

$$2) \text{ Nosivost tlačnih štapova: } V_{Rd,max} = 0,5 \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z; \nu = 0,6 \cdot [1 - f_{ck}/250]$$

3) Nosivost na poprečnu silu s armaturom:

$$V_{wd} = A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot z/s_w; A_{sw} = \text{površina jedne grane vilice (} V_{wd} > V_{Ed,50\%});$$

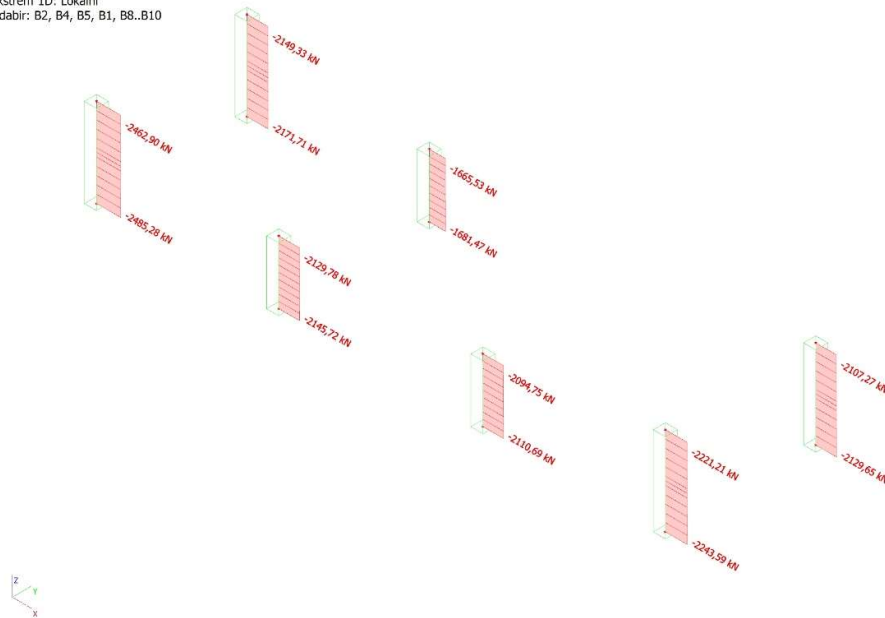
$$s_w = \text{razmak spona; } f_{yw,d} = 500/1,15 = 434,8 \text{ (MPa); } m = 2 \text{ (reznost)}$$

$$4) \text{ Ukupna nosivost na poprečnu silu: } V_{Rd} = \max(V_{Rd,c}; V_{wd})$$

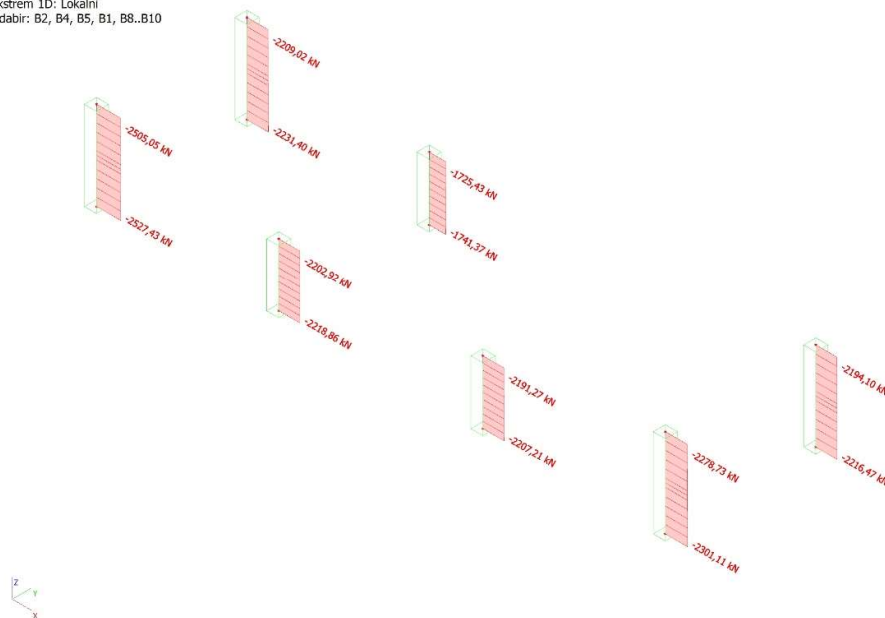
4.1.1. Stupovi S1 ( $l = 2,6$  (m)) i S2 ( $l = 3,65$  (m))

## 4.1.1.1. Rezultati

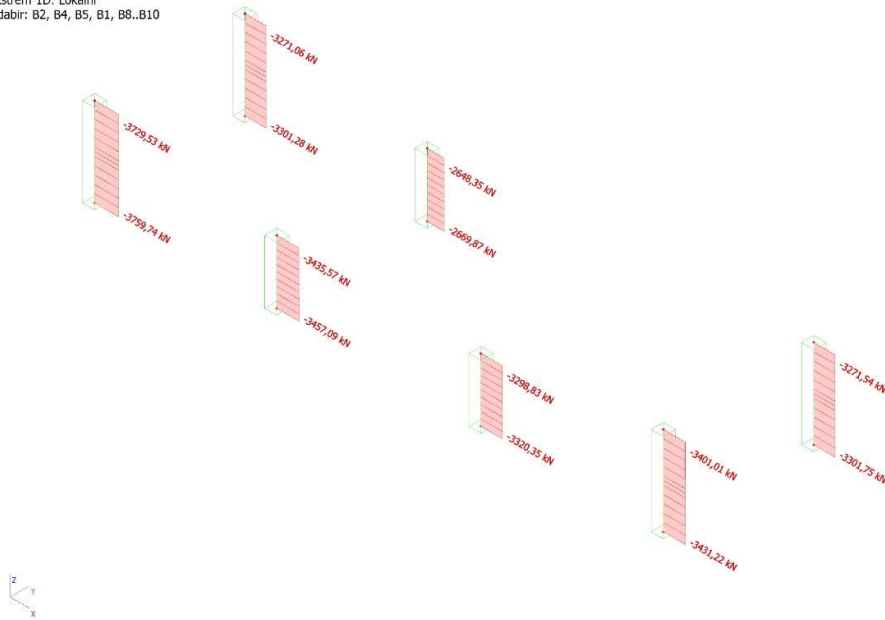
**1D rezne sile**  
 Vrijednosti: N  
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Koordinatni sustav: Glavni  
 Ekstrem 1D: Lokalni  
 Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10

Slika 4.1.1.1.1 Uzdužne sile  $N_{sd}$  (kN) za GSU2

**1D rezne sile**  
 Vrijednosti: N  
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Koordinatni sustav: Glavni  
 Ekstrem 1D: Lokalni  
 Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10

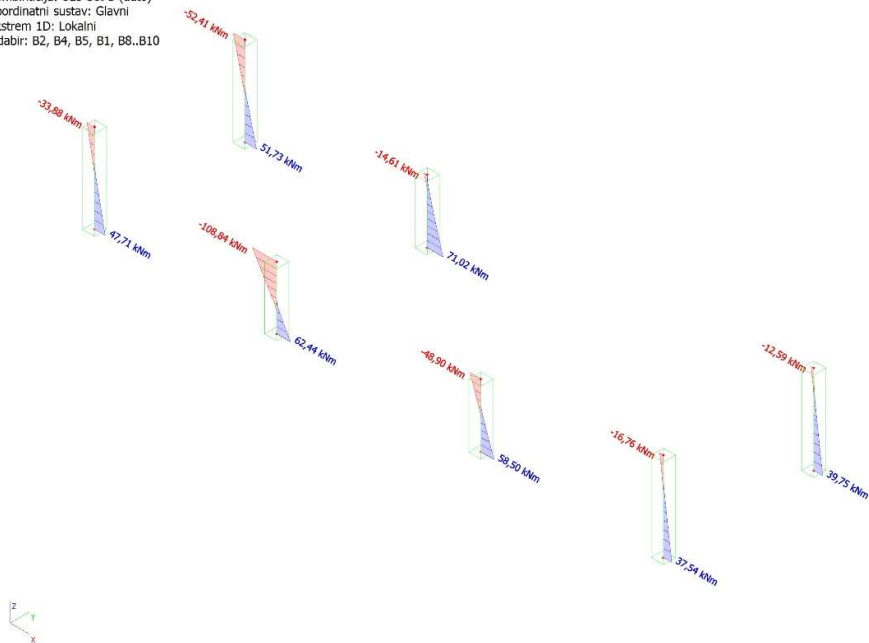
Slika 4.1.1.1.2 Uzdužne sile  $N_{sd}$  (kN) za ANV2

**1D rezne sile**  
 Vrijednosti: **N**  
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Glavni  
 Ekstrem 1D: Lokalni  
 Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10



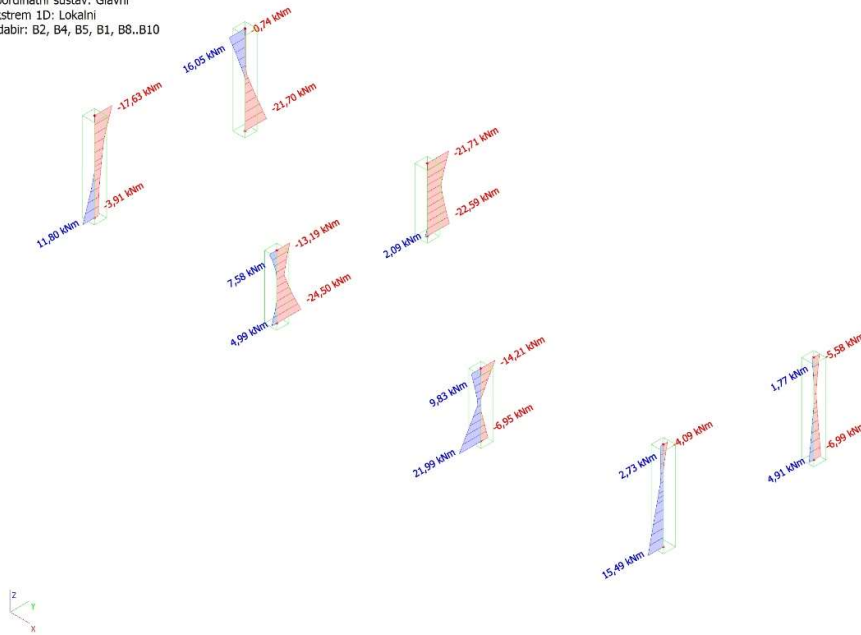
Slika 4.1.1.1.3 Uzdužne sile  $N_{s,d}$  (kN) za ANVI

**1D rezne sile**  
 Vrijednosti:  **$M_y$**   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Glavni  
 Ekstrem 1D: Lokalni  
 Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10



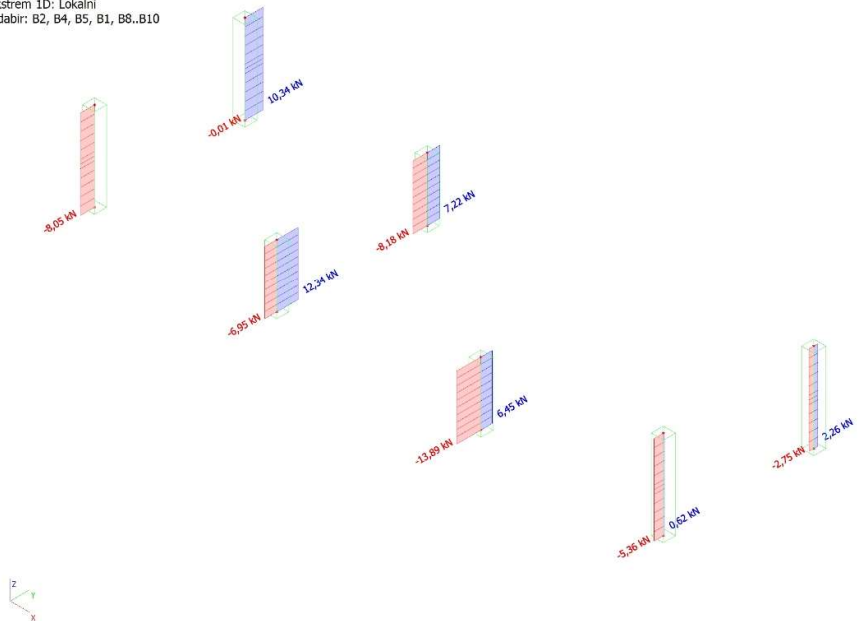
Slika 4.1.1.1.3 Uzdužne sile  $M_{s,d,y}$  (kNm) za ANVI

**1D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $M_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Glavni  
 Ekstrem 1D: Lokalni  
 Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10



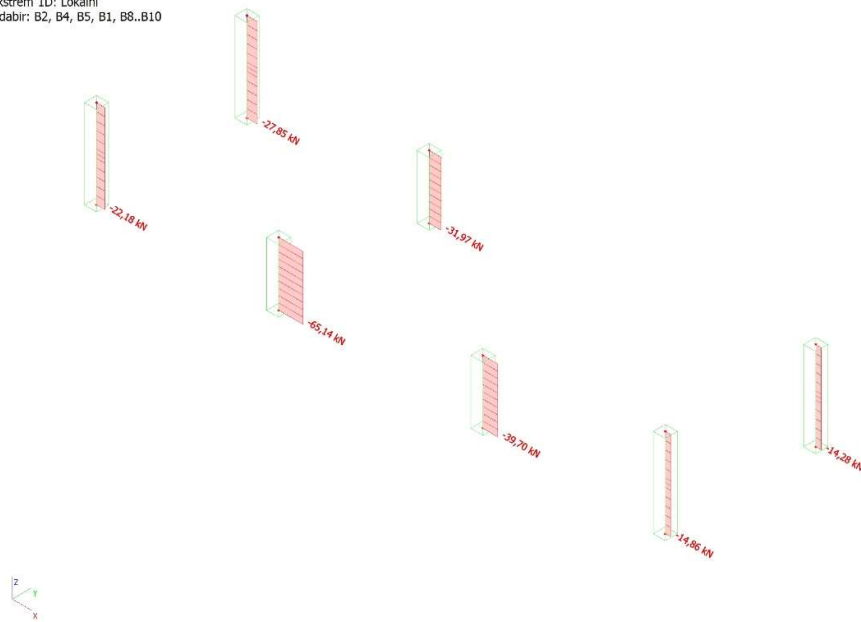
Slika 4.1.1.1.3 Uzdužne sile  $M_{sd,z}$  (kNm) za ANVI

**1D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $V_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Glavni  
 Ekstrem 1D: Lokalni  
 Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10



Slika 4.1.1.1.3 Uzdužne sile  $V_{sd,y}$  (kN) za ANVI

1D rezne sile  
Vrijednosti: V<sub>z</sub>  
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
Koordinatni sustav: Glavni  
Ekstrem 1D: Lokalni  
Odabir: B2, B4, B5, B1, B8..B10



Slika 4.1.1.1.3 Uzdužne sile  $V_{sd,z}$  (kN) za ANVI

## 4.1.1.2. Dokaz nosivosti stupa POZ S1, b/h=50/50 (cm), l = 2,6 (m)

**Vitkost (provjera)**

Vrijednosti: L

Linearni proračun

Kombinacija: ULS-Set B (auto)

Koordinatni sustav: Element

Ekstrem 1D: Globalni

Odabir: B4

<b>Stup B4</b>	<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Presjek 11 [dx = 2.6 m]

**Vitkost**

Krajnji momenti prvog reda:

$$M_{01y} = 45 \text{ kNm} \quad M_{02y} = -63.5 \text{ kNm} \quad M_{01z} = 6.42 \text{ kNm} \quad M_{02z} = -13.6 \text{ kNm}$$

Omjer mehaničke armature:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{3.22 \cdot 10^{-3} \cdot 435 \cdot 10^6}{0.25 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0.28 \quad (\$5.8.3.1(1))$$

Relativna aksijalna sila:

$$n = \frac{-N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{-1.8 \cdot 10^6}{0.25 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0.36 \quad (\$5.8.3.1(1))$$

Efektivni omjer puzanja:

$$\varphi_{ef} = \text{Coeff}_{\varphi_{eff}} \cdot \varphi = 1 \cdot 2.27 = 2.27$$

Efektivna duljina:

(\\$5.8.3.2(2))

$$l_{0y} = \beta_{yy} \cdot L_y = 1.27 \cdot 2.6 = 3.31 \text{ m}$$

$$l_{0z} = \beta_{zz} \cdot L_z = 1.25 \cdot 2.6 = 3.24 \text{ m}$$

Radijus rotacije betonskog poprečnog presjeka:

$$i_{cy} = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{5.21 \cdot 10^{-3}}{0.25}} = 144 \text{ mm}$$

$$i_{cz} = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{5.21 \cdot 10^{-3}}{0.25}} = 144 \text{ mm}$$

Vitkost:

$$\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_{cy}} = \frac{3.31}{0.144} = 22.9 \quad (5.14)$$

$$\lambda_z = \frac{l_{0z}}{i_{cz}} = \frac{3.24}{0.144} = 22.4 \quad (5.14)$$



**Granična vitkost**

Parametri za proračun granične vitkosti:

(\$5.8.3.1(1))

$$A = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot 2.27} = 0.638$$

$$B = \max(\sqrt{1 + 2 \cdot \omega}; 1.1) = \max(\sqrt{1 + 2 \cdot 0.28}; 1.1) = 1.25$$

$$r_{my} = 1$$

Bilješka: Vrijednost  $r_{m0j} = 1$  jer je element nepričvršćen oko y-osi ili vrijednost  $M_{02y}$  je nula.

$$r_{mz} = 1$$

Bilješka: Vrijednost  $r_{mz} = 1$  jer je element nerazapet oko z-osi ili vrijednost  $M_{02z}$  je nula.

$$C_y = 1.7 - r_{my} = 1.7 - 1 = 0.7$$

$$C_z = 1.7 - r_{mz} = 1.7 - 1 = 0.7$$

Granična vitkost

$$\lambda_{limy} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_y}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.638 \cdot 1.25 \cdot 0.7}{\sqrt{0.36}} = 20.1 \quad (5.13N)$$

$$\lambda_{limz} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_z}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.638 \cdot 1.25 \cdot 0.7}{\sqrt{0.36}} = 20.1 \quad (5.13N)$$

**Kriterij vitkosti**

$$\lambda_y = 22.9 > \lambda_{limy} = 20.1$$

Upozorenje: Vitkost  $\lambda_y$  su veći od  $\lambda_{limy}$ . Treba razmotriti učinak drugog reda.

$$\lambda_z = 22.4 > \lambda_{limz} = 20.1$$

Upozorenje: Vitkost  $\lambda_z$  je veća od  $\lambda_{limz}$ . Treba razmotriti učinak drugog reda.**Sažetak**

Osi	Razapeto	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$I_{0z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y $\perp$	Ne	2.6	1.27	3.31	22.9	20.1	2 red
z-z $\perp$	Ne	2.6	1.25	3.24	22.4	20.1	2 red

Studentska verzija

**Provjeri sposobnost odgovora**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: B4

<b>Stup B4</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 2 [dx = 0.52 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 2.6 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 3.31 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 3.24 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	$\rho_l = 1,287\%$ (25.3 kg/m)
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
4ø10/200	4ø10/200 (1571 mm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w = 0,314\%$ (12.3 kg/m)
	<b>Zaštitni sloj vilica:</b>	
	Vrh: 30 mm	
	Dno: 30 mm	
	Lijevo: 30 mm	
	Desno: 30 mm	

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Proračunska granica popuštanja uzdužne armature

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

**Sile**

Sadržaj kombinacije: 1.35\*G+1.35\*dG+1.50\*Qs+0.75\*S+0.90\*3DVjetar13+1.05\*Qg+1.35\*Z

Iz MKE analize:

$$N = -3453 \text{ kN} \quad M_y = 24.1 \text{ kNm} \quad M_z = -14.6 \text{ kNm}$$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -3453 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja:

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Da

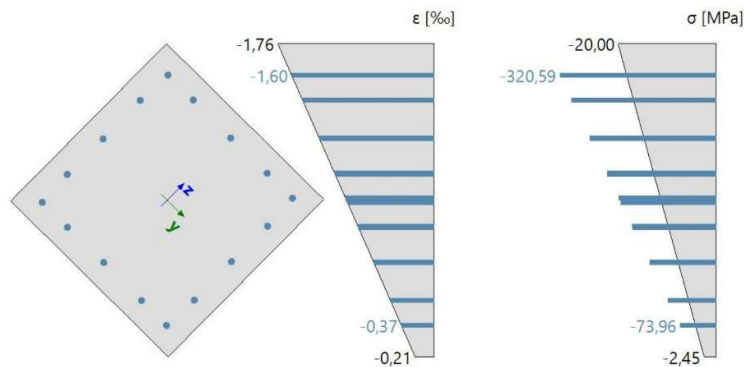
Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

$$N_{Ed} = -3453 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 121 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -119 \text{ kNm}$$

**Sažetak provjere**

Vrsta komponente	Vlakno / Šipka	$\epsilon_{extr}$ [‰]	$\sigma_{extr}$ [MPa]	Provjera deformacija [-]	Provjera naprezanje [-]	UC [-]	Limit [-]	Status
Beton	5	-0,986	-20	0,56	1,00	1,00	1	<b>U REDU</b>
Armat.	8	-1,6	-321	0,04	0,69			

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1, N2/5, N2/2, N2/3, N2/4.

**Distribucija naprezanja i deformacija****Ekstremne vrijednosti naprezanja/ deformacija u sastavnom dijelu**

Vrsta komponente	Vlakna / Šipka	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	UC [-]	Status
Beton - tlak	5	-0,985	-1,75	20	-20	1,00	<b>U REDU</b>
Beton - vlak	1	0	0	0	0	0,00	<b>U REDU</b>
Armatura - tlak	8	-1,6	-45	-321	-466	0,69	<b>U REDU</b>
Armatura - vlak	4	0	0	0	0	0,00	<b>U REDU</b>

**Plan deformacije**

Deformacija u težištu	$\epsilon_x = -0,986 \text{ ‰}$
Zakrivljenost oko (y) osi	$\epsilon_y = -1,55 \text{ ‰}$
Zakrivljenost oko (z) osi	$\epsilon_z = 1,54 \text{ ‰}$
Visina tlačne zone	$x = 707 \text{ mm}$
Uravnotežena visina tlačne zone	$x_{bal} = 425 \text{ mm}$
Granična visina tlačne zone	$x_{lim} = 51 \text{ mm}$
Nagib neutralne osi	$\alpha_{NA} = 44,7^\circ$
Visina poprečnog presjeka okomita na neutralnu os	$h = 707 \text{ mm}$
Efektivna dubina poprečnog presjeka okomita na neutralnu os	$d = 636 \text{ mm}$
Krak poprečnog presjeka okomit na neutralnu os	$z = 573 \text{ mm}$

Studentska verzija

**Osobine poprečnog presjeka**

Vrsta komponente	$t_y$ [m]	$t_z$ [m]	A [m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	$I_z$ [m <sup>4</sup> ]
Beton - tlak	0	0	0.25	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$5.21 \cdot 10^{-3}$
Beton - vlak	0	0	0	0	0
Armatura - tlak	0	0	$3.22 \cdot 10^{-3}$	$92.9 \cdot 10^{-6}$	$91.5 \cdot 10^{-6}$
Armatura - vlak	0	0	0	0	0
Cijeli beton	0	0	0.25	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$5.21 \cdot 10^{-3}$
Sve šipke armature	0	0	$3.22 \cdot 10^{-3}$	$92.9 \cdot 10^{-6}$	$91.5 \cdot 10^{-6}$

**Sile u svim komponentama presjeka**

Vrsta komponente	$N_{res}$ [kN]	$M_{res,y}$ [kNm]	$M_{res,z}$ [kNm]	$e_y$ [m]	$e_z$ [m]
Beton - tlak	-2818	92.4	-91.4	-0.032	0.033
Beton - vlak	0	0	0	0	0
Armatura - tlak	-635	28.7	-27.9	-0.044	0.045
Armatura - vlak	0	0	0	0	0
Sve u tlaku	-3453	121	-119	-0.035	0.035
Sve u vlaku	0	0	0	0	0
Sažetak	-3453	121	-119		

**Detaljni rezultati naprezanja i deformacija u betonskim vlaknima**

Vlakno	Materijal	$y_i$ [m]	$z_i$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	$\sigma / \sigma_{lim}$ [-]	Provjera
1	C30/37	0.25	-0.25	-0.21	-3.5	-2.45	-20	0.06	0.12	U REDU
2	C30/37	0.25	0	-0.6	-3.5	-6.89	-20	0.17	0.34	U REDU
3	C30/37	0.25	0.25	-0.99	-3.5	-11.3	-20	0.28	0.57	U REDU
4	C30/37	0	0.25	-1.37	-3.5	-15.7	-20	0.39	0.79	U REDU
5	C30/37	-0.25	0.25	-1.76	-3.5	-20	-20	0.5	1	U REDU
6	C30/37	-0.25	0	-1.37	-3.5	-15.7	-20	0.39	0.78	U REDU
7	C30/37	-0.25	-0.25	-0.98	-3.5	-11.2	-20	0.28	0.56	U REDU
8	C30/37	0	-0.25	-0.6	-3.5	-6.84	-20	0.17	0.34	U REDU

Studentska verzija

## Detaljni rezultati naprezanja i deformacija u armaturnim šipkama

Šipka	Materijal	$d_s$ [mm]	$y_i$ [m]	$z_i$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	$\sigma / \sigma_{lim}$ [-]	Provjera
1	B 500B	16	-0.198	-0.202	-0.98	-45	-195	-466	0.02	0.42	U REDU
2	B 500B	16	-0.118	-0.202	-0.85	-45	-171	-466	0.02	0.37	U REDU
3	B 500B	16	0.118	-0.202	-0.49	-45	-98.5	-466	0.01	0.21	U REDU
4	B 500B	16	0.198	-0.202	-0.37	-45	-74	-466	0.01	0.16	U REDU
5	B 500B	16	0.198	0.202	-1	-45	-199	-466	0.02	0.43	U REDU
6	B 500B	16	0.118	0.202	-1.12	-45	-224	-466	0.02	0.48	U REDU
7	B 500B	16	-0.118	0.202	-1.48	-45	-296	-466	0.03	0.64	U REDU
8	B 500B	16	-0.198	0.202	-1.6	-45	-321	-466	0.04	0.69	U REDU
9	B 500B	16	-0.201	$-3 \cdot 10^{-3}$	-1.29	-45	-258	-466	0.03	0.55	U REDU
10	B 500B	16	$-3 \cdot 10^{-3}$	-0.201	-0.68	-45	-136	-466	0.02	0.29	U REDU
11	B 500B	16	0.201	$3 \cdot 10^{-3}$	-0.68	-45	-137	-466	0.02	0.29	U REDU
12	B 500B	16	$3 \cdot 10^{-3}$	0.201	-1.29	-45	-259	-466	0.03	0.55	U REDU
13	B 500B	16	0.202	-0.118	-0.49	-45	-98.8	-466	0.01	0.21	U REDU
14	B 500B	16	0.202	0.118	-0.86	-45	-172	-466	0.02	0.37	U REDU
15	B 500B	16	-0.202	0.118	-1.48	-45	-296	-466	0.03	0.63	U REDU
16	B 500B	16	-0.202	-0.118	-1.11	-45	-223	-466	0.02	0.48	U REDU

## Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki

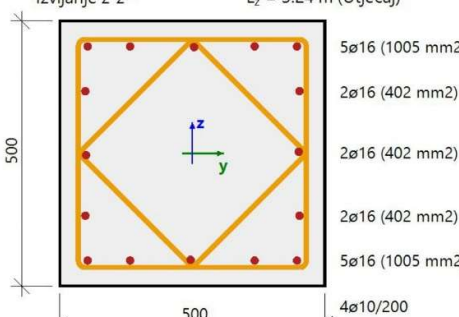
Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N2/5	Bilješka	Granica tlačne betonske deformacije određena je na temelju poglavlja 6.1 (b) i uspoređena sa srednjom tlačnom deformacijom betona	
N2/2	Bilješka	Efektivna dubina poprečnog presjeka izračunava se iz korisničkih ulaznih vrijednosti $d = \text{Coeff}_d * h$ , jer nije moguće izračunati iz ravnine ravnoteže (zatezna armatura, tlačna betonska vlakna ravnoteže se ne nalazi).	
N2/3	Bilješka	The inner lever arm of the cross-section is calculated from the user input value $z = \text{Coeff}_z * d$ , because it's not possible to calculate it from the plane of equilibrium (tensile reinforcement, compressive concrete fibre of plane of equilibrium is not found).	
N2/4	Bilješka	The part of inner lever arm of the cross-section is calculated from the equation $z + (-) = 0,5 * z$ , because it's not possible to calculate it from the plane of equilibrium (tensile reinforcement, compressive concrete fibre of plane of equilibrium is not found)	

Studentska verzija



### Provjeri dijagram interakcije kapaciteta

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: B4

Stup B4		Pravokutnik (500; 500)
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 11 [dx = 2.6 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 2.6 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 3.31 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 3.24 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5Ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2Ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2Ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16Ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2Ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	$\rho_l = 1,287\%$ (25.3 kg/m)
	2Ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	5Ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
4Ø10/200	4Ø10/200 (1571 mm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w = 0,314\%$ (12.3 kg/m)
	<b>Zaštitni sloj vilica:</b>	
	Vrh: 30 mm	
	Dno: 30 mm	
	Lijevo: 30 mm	
	Desno: 30 mm	

### Karakteristike materijala

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Proračunska granica popuštanja uzdužne armaure

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

### Sile

Iz MKE analize

$$N = -3436 \text{ kN} \quad M_y = -109 \text{ kNm} \quad M_z = -0.382 \text{ kNm}$$

Sadržaj kombinacije:

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot dG + 1.50 \cdot Q_s + 0.75 \cdot S + 0.90 \cdot 3DVjetar13 + 1.05 \cdot Qg + 1.35 \cdot Z$$

### Tlačni element

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -3436 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja:

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Da

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

$$N_{Ed} = -3436 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -189 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -119 \text{ kNm}$$

**Ulazni podaci za generiranje dijagrama interakcije**

Metoda provjere dijagrama interakcije	$N_u M_{i,j}$
Podjela vertikalnih deformacija	250
Broj vertikalnih rezova	18
Rezultantna vrijednost momenta savijanja	$M_{res} = 224 \text{ kNm}$
Kut rezultantnog momenta savijanja u odnosu na $M_y$ smjer u horizontalnoj ravnini $M_y - M_z$	$\alpha_{MyMz} = -32.2^\circ$
Kut rezultantnog momenta savijanja u odnosu na smjer $N$ je u vertikalnoj ravnini $N M_{res}$	$\alpha_{NM} = -86.3^\circ$

**Proračun otpornosti**

Otpornost u pozitivnom smjeru  $N_{Rd+} = 1153 \text{ kN}$   $M_{Rdy+} = 64 \text{ kNm}$   $M_{Rdz+} = 40 \text{ kNm}$

Otpornost u negativnom smjeru  $N_{Rd-} = -4449 \text{ kN}$   $M_{Rdy-} = -245 \text{ kNm}$   $M_{Rdz-} = -154 \text{ kNm}$

**Sažetak provjere**

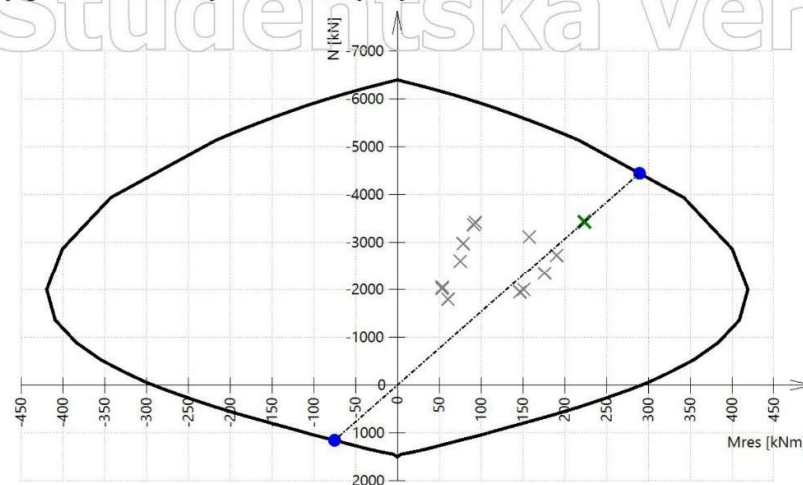
Sile:  $N_{Ed} = -3436 \text{ kN}$   $M_{Edy} = -189 \text{ kNm}$   $M_{Edz} = -119 \text{ kNm}$

Otpornost:  $N_{Rd} = -4449 \text{ kN}$   $M_{Rdy} = -245 \text{ kNm}$   $M_{Rdz} = -154 \text{ kNm}$

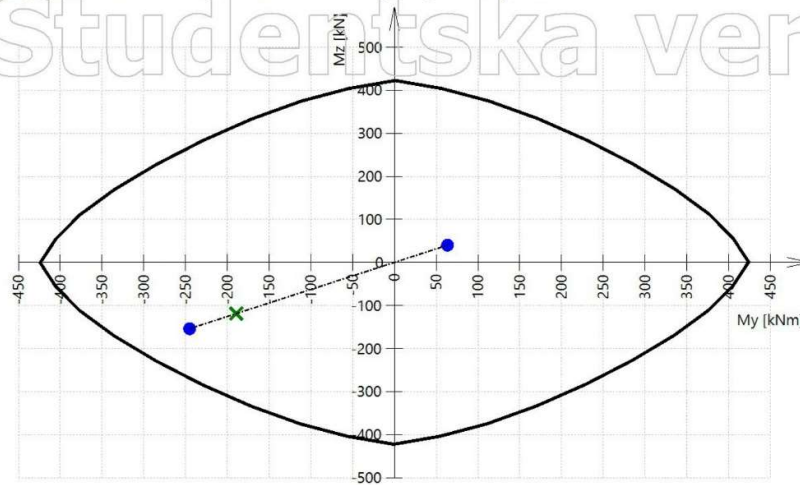
Provjera mjernih jedinica:

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-3436^2 + -189^2 + -119^2}}{\sqrt{-4449^2 + -245^2 + -154^2}} = 0.772 <= 1 \text{ U REDU}$$

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1.

**Dijagram 3D interakcije - Vertikalni presjek  $N-M_{res}$** 

Studentska verzija

Dijagram 3D interakcije - Horizontalni presjek  $M_y$ - $M_z$ 

## Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	



**Provjerite posmik + torziju (ULS)**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: B4

<b>Stup B4</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 8 [dx = 1.82 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 2.6 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 3.31 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 3.24 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	ρ <sub>l</sub> = 1,287 % (25.3 kg/m)
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
4ø10/200	4ø10/200 (1571 mm <sup>2</sup> /m)	ρ <sub>w</sub> = 0,314 % (12.3 kg/m)
		<b>Zaštitni sloj vilica:</b>
		Vrh: 30 mm
		Dno: 30 mm
		Lijevo: 30 mm
		Desno: 30 mm

**Postavke**

Metoda izračuna otpornosti na smicanje:

Standardno

Granična vrijednost kuta između smjera momenta savijanja i rezultante posmičnih sila za standardnu metodu: α<sub>VM,lim</sub> = 15 °

Ekvivalentni tankostijeni poprečni presjek:

Automatski

Kut između betonske tlačne dijagonale i osi elementa: Korisnički unos: θ<sub>inp</sub> = 40 ° => cot(θ<sub>inp</sub>) = 1.19**Sile**

Sadržaj kombinacije: 1.35\*G+1.35\*dG+1.50\*Qs+0.75\*S+0.90\*3DVjetar9+1.05\*Qg+1.35\*Z

N<sub>Ed</sub> = -3124 kN M<sub>Edy</sub> = -136 kNm M<sub>Edz</sub> = 0 kNm V<sub>Edy</sub> = 0 kN V<sub>Edz</sub> = -65.1 kN T<sub>Ed</sub> = -0.0191 kNm

Kut gradijenta deformacije ravnine

Kut rezultante posmika

α<sub>M</sub> = 90.1 °

α<sub>V</sub> = -90 °

Rezultat posmične sile

α<sub>V</sub> = α<sub>V</sub> + 180 = -90 + 180 = 90 °

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Edy}^2 + V_{Edz}^2} = \sqrt{0^2 + (-65.1)^2} = 65.1 \text{ kN}$$

Razlika između kuteva α<sub>M</sub> i α<sub>V</sub>

α<sub>MV</sub> = abs(α<sub>M</sub> - α<sub>V</sub>) = abs(90.1 - 90) = 0.0792 °

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

Proračunska vlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk005}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1.5} = 1.33 \text{ MPa} \quad (3.15, 3.16)$$

Studentska verzija

**Proračun kuta između betonske tlačne dijagonale i osi elementa**

- minimalna vrijednost:

$$\theta_{\min} = 2' 8'' \Rightarrow \cot(\theta_{\min}) = 2.5 \quad (\$6.2.3(2))$$

- maksimalna vrijednost:

$$\theta_{\max} = 45^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{\max}) = 1 \quad (\$6.2.3(2))$$

- unos/proračunska vrijednost:

$$\theta = \theta_{\text{inp}} = 40^\circ, \cot(\theta) = 1.19$$

Bilješka: Automatski proračun kuta je isključen, uzima se u obzir korisnička vrijednost.

**Provjeri otpornost na smicanje i proračunaj posmičnu otpornost****Parametri poprečnog presjeka**

Minimalna širina presjeka u vlačnom području

$$y_{bw} = 0 \text{ mm} \quad z_{bw} = 0 \text{ mm} \quad b_w = 500 \text{ mm}$$

Bilješka: Vrijednost  $b_w$  izračunava se kao najmanja širina poprečnog presjeka u vlačnom području okomito na rezultirajuću posmičnu silu.

Minimalna širina poprečnog presjeka između vlačne i tlačne tetive

$$y_{bw1} = 0 \text{ mm} \quad z_{bw1} = 0 \text{ mm} \quad b_{w1} = 500 \text{ mm}$$

Bilješka: Vrijednost  $b_{w1}$  izračunava se kao najmanja širina poprečnog presjeka između vlačne i tlačne tetive okomite na rezultantu posmične sile.

Visina poprečnog presjeka ponovno izračunata u smjeru rezultante posmične sile

$$h_1 = 500 \text{ mm}$$

Bilješka: Vrijednost  $h_1$  izračunava se kao širina poprečnog presjeka u težištu u smjeru rezultante posmične sile.

Površina poprečnog presjeka betona

$$A_c = 0.25 \text{ m}^2$$

Efektivna dubina ponovno izračunata prema smjeru rezultante posmične sile

$$d = 450 \text{ mm}$$

Krak unutarnje sile ponovno izračunat prema smjeru rezultante posmične sile

$$z = 405 \text{ mm}$$

Studentska verzija

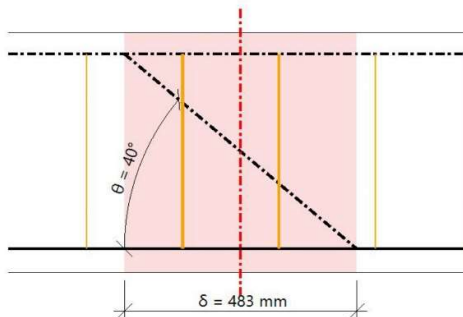
**Parametri posmične armature**

Unos parametara

Vilice na dužini projekcije posmika  $\delta = z \cdot \cot(\theta) = 483 \text{ mm}$ , interval (-241; 241)

$$z = \text{Coeff}_d \cdot \text{Coeff}_z \cdot h = 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.5 = 405 \text{ mm} \quad \delta = z \cdot \cotg(\theta) = 0.405 \cdot \cotg(40) = 483 \text{ mm}$$

ID	Zona	$x_s$ [mm]	$\varnothing_s$ [mm]	$s_s$ [mm]	$n_s$ []	$\alpha_s$ [°]	$f_{ywk}$ [MPa]
1	1	-120	10	200	4	90	500
2	1	80	10	200	4	90	500
Avg.	-	-	10	200	4	90	500



Broj spojeva vilice

$$n_s = 4$$

Promjer armature

$$\varnothing_s = 10 \text{ mm}$$

Udaljenost od središta - do središta vilica u uzdužnom smjeru

$$s_{inp} = 0.2 \text{ m}$$

Kut vilica od osi elementa

$$\alpha_s = 90^\circ$$

Karakteristična granica popuštanja

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

Ploština poprečnog presjeka od posmične armature

$$A_{sw} = n_s \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_s}{2}\right)^2 = 4 \cdot 3.14 \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Maksimalni uzdužni razmak posmičnih spojeva

$$s_l = s_{inp} = 200 \text{ mm}$$

Površina poprečnog presjeka po metru

$$A_{swm} = \frac{A_{sw}}{s_l} = \frac{314 \cdot 10^{-6}}{0.2} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Parametri uzdužne armature**

Ploština vlačne armature

$$A_{sl} = 0 \text{ mm}^2$$

Studentska verzija

**Proračun posmične otpornosti**

Proračunska posmična otpornost elementa bez posmične armature

$$\sigma_{cl,max} = -5,99 \text{ MPa} < f_{ctd} = 1,33 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Presjek pod savijanjem nije napuknuo}$$

Proračunska posmična otpornost elementa bez posmične armature prema poglavlju 12.6.3

Površina tlačnog betona za neslomljen poprečni presjek kod GSN opterećenja

$$A_{cc} = 250000 \text{ mm}^2$$

Normalno naprezanje neslomljenog poprečnog presjeka pod GSN opterećenjem

$$\sigma_{cp} = \frac{-N_{Ed}}{A_{cc}} = \frac{-3,12 \cdot 10^6}{0,25} = 12,5 \text{ MPa} \quad (12.3)$$

Granična vrijednost naprezanja uzrokovana osnom silom

$$\sigma_{clim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd} \cdot (f_{ctd} + f_{cd})} = 20 - 2 \cdot \sqrt{1,33 \cdot (1,33 + 20)} = 9,33 \text{ MPa} \quad (12.7)$$

Proračunska betonska čvrstoća u posmiku i tlaku

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd} - \left(\frac{\sigma_{cp} - \sigma_{clim}}{2}\right)^2} \quad (12.6)$$

$$= \sqrt{1,33 \cdot 10^6 + 12,5 \cdot 10^6 \cdot 1,33 \cdot 10^6 - \left(\frac{12,5 \cdot 10^6 - 9,33 \cdot 10^6}{2}\right)^2} = 3,99 \text{ MPa}$$

Koeficijent posmičnog naprezanja

$$k = 1,5 \quad (\S 12.6.3(2)N)$$

Posmično naprezanje neslomljenog poprečnog presjeka pod GSN opterećenjem

$$\tau_{cp} = \frac{k \cdot V_{Ed}}{A_{cc}} = \frac{1,5 \cdot 65138}{0,25} = 0,391 \text{ MPa} \quad (12.4)$$

Proračun posmične otpornosti elementa bez posmične armature

$V_{Rdc}$  je proračunat formulom 12.4, kada  $\tau_{cp} = f_{cvd}$

$$V_{Rdc} = \frac{f_{cvd} \cdot A_{cc}}{k} = \frac{3,99 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{1,5} = 665 \text{ kN}$$

Bilješka: Proračunska posmična otpornost elementa bez posmične armature proračunava se u skladu s odredbom 12.6.3 jer presjek nije slomljen za GSN.

Studentska verzija

Projektivana vrijednost maksimalne posmične sile koju element može podnijeti

Faktor smanjenja čvrstoće za beton napuknut u posmiku - vrijednosti  $v$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528 \quad (6.6N)$$

Faktor smanjenja čvrstoće za beton napuknut u posmiku - vrijednosti  $v_1$

$$\alpha_{cp} = \min\left(\frac{-N_{Ed}}{A_c} \cdot 0,2 \cdot f_{cd}\right) = \min\left(\frac{-3124}{0,25} \cdot 0,2 \cdot 20\right) = 4 \text{ MPa}$$

$$v_1 = 0,6 \quad (6.10.aN)$$

Coefficient taking into account state of the stress in the compression chord

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{za element bez prednaprezanja}) \quad (6.6.2.3(3)N3)$$

Projektivana vrijednost maksimalne posmične sile koju element može podnijeti

$$V_{Rdmax} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w1} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{(\cotg(\theta) + \tg(\theta))} = \frac{1 \cdot 0,5 \cdot 0,405 \cdot 0,6 \cdot 20 \cdot 10^6}{(\cotg(40) + \tg(40))} = 1197 \text{ kN} \quad (6.9)$$

Proračunska vrijednost posmičnog otpora elementa sa posmičnom armaturom

Proračunsko naprezanje posmične armature

$$A_{sw} = n_s \cdot \pi \cdot \left(\frac{\sigma_s}{2}\right)^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 314 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{swd} = \frac{V_{Ed} \cdot s_l}{A_{sw} \cdot (\cotg(\theta) + \cotg(\alpha_s) \cdot \sin(\alpha_s))} = \frac{65138 \cdot 0,2}{314 \cdot 10^{-6} \cdot (\cotg(40) + \cotg(90) \cdot \sin(90))} = 85,9 \text{ MPa}$$

Proračunska granica popuštanja posmične armature

$$f_{ywd} = 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad (\text{jer } \sigma_{swd} < 0,8 \cdot f_{yk})$$

Bilješka: Proračunska granica popuštanja posmične armature smanjena je na  $0,8 \cdot f_{yk}$  (EN 1992-1-1, točka 6.2.3 (3)), jer je proračunsko naprezanje posmične armature ispod 80% karakteristične granice naprezanja  $f_{yk}$ .

Ograničenje maksimalno dopuštene posmične armature

$$A_{sw,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_{w1} \cdot s_l}{f_{ywd} \cdot (1 + \cotg(\theta))^2 \cdot \sin(\alpha_s)} = \frac{1 \cdot 0,6 \cdot 20 \cdot 500 \cdot 200}{400 \cdot (1 + \cotg(40))^2 \cdot \sin(90)} = 1240 \text{ mm}^2 \quad (6.12)$$

$$A_{sw} = \min(A_{sw}; A_{sw,max}) = \min(314; 1240) = 314 \text{ mm}^2$$

Proračunska vrijednost posmičnog otpora elementa sa posmičnom armaturom

$$V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg(\theta) = \frac{314 \cdot 10^{-6}}{0,2} \cdot 0,405 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot \cotg(40) = 303 \text{ kN} \quad (6.8)$$

Maksimalna posmična sila u blizini oslonca (bez upotrebe faktora  $\beta$ )

$$V_{Edmax} = 0,5 \cdot b_{w1} \cdot d \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,45 \cdot 0,528 \cdot 20 \cdot 10^6 = 1188 \text{ kN} \quad (6.5)$$

Posmična otpornost elementa

$$V_{Rd} = \min(V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td}; V_{Rdmax} + V_{ccd} + V_{td}; V_{Edmax} + V_{ccd} + V_{td}) = \min(303 + 0 + 0; 1197 + 0 + 0; 1188 + 0 + 0) = 303 \text{ kN}$$

Studentska verzija

**Provjera posmika**Provjera  $V_{Rd,max}$ 

$$V_{Ed} = 65.1 \text{ kN} \leq V_{kEd,max} + V_{ccd} + V_{td} = 1197 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava za slom tlačne dijagonale ( $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} + V_{td} + V_{ccd}$ ).

Provjera  $V_{Ed,max}$ 

$$V_{Ed} = 65.1 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} + V_{ccd} + V_{td} = 1188 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava posmičnu silu u blizini oslonca ( $V_{Ed} \leq V_{Ed,max} + V_{td} + V_{ccd}$ ).

Provjera  $V_{Rd,c}$  i  $V_{Rd,s}$ 

$$V_{Ed} = 65.1 \text{ kN} < V_{Rd,s} + V_{ccd} + V_{td} = 303 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava za posmičnu armaturu ( $V_{Ed} < V_{Rd,s} + V_{ccd} + V_{td}$ ).

**Provjera**

$$UC = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{65.1 \text{ kN}}{303 \text{ kN}} = 0.215$$

**Provjeri torziju proračunaj torzijsku otpornost**

Ukupna površina poprečnog presjeka

$$A_c = 250000 \text{ mm}^2$$

Ukupna površina poprečnog presjeka

$$u_c = 2000 \text{ mm}$$

Površina uzdužne armature za torziju

$$A_{sl} = 3217 \text{ mm}^2$$

Minimalna udaljenost između armaturnih šipki unutar vijlice za torziju i ruba poprečnog presjeka

$$a_{sl} = 48 \text{ mm}$$

Efektivna debljina zida

$$t_{ef} = \max\left(\frac{A_c}{u_c}; 2 \cdot a_{sl}\right) = \max\left(\frac{250000}{2000}; 2 \cdot 48\right) = 125 \text{ mm} \quad (\$6.3.2(1))$$

Opseg područja i površina obuhvaćena središnjom linijom efektivnog poprečnog presjeka

$$u_k = 1500 \text{ mm}$$

$$A_k = 140625 \text{ mm}^2$$

Bilješka: Parametri za torziju [vrjednost  $A_k$  i  $u_k$ ] izračunavaju se automatskom metodom [Metoda = od torzijske vijlice].

Studentska verzija



**Parametri posmične/ torzijske armature**

Vilice na dužini projekcije posmika  $\delta = z \cdot \cot(\Theta) = 483 \text{ mm}$ , interval (-241; 241)

$$z = \text{Coeff} \cdot d \cdot \text{Coeff} \cdot z \cdot h = 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.5 = 405 \text{ mm} \quad \delta = z \cdot \cot(\Theta) = 0.405 \cdot \cot(40) = 483 \text{ mm}$$

ID	Zona	$x_s$ [mm]	$\sigma_s$ [mm]	$s_s$ [mm]	$n_s$	$\alpha_s$ [°]	$f_{yw}$ [MPa]
1	1	-120	10	200	2	90	500
2	1	80	10	200	2	90	500
Avg.	-	-	10	200	2	90	500

**Unos parametara**

Promjer  $\sigma_{st} = 10 \text{ mm}$

Kut vilice od osi elementa  $\alpha_{st} = 90^\circ$

Karakteristična granica popuštanja  $f_{yw} = 500 \text{ MPa}$

Ploština poprečnog presjeka od posmične armature

$$A_{swt} = \pi \cdot \left(\frac{\sigma_{st}}{2}\right)^2 = 3.14 \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

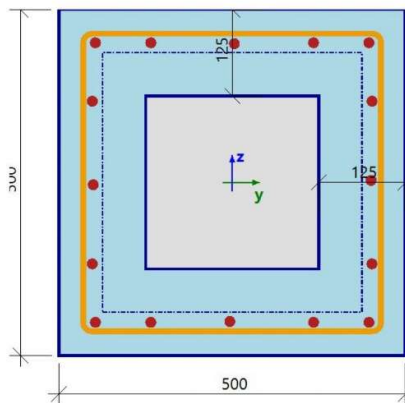
Maksimalni uzdužni razmak posmičnih spojeva  $s_{lt} = 200 \text{ mm}$

Površina posmične armature po metru

$$A_{swtm} = \frac{A_{swt}}{s_{lt}} = \frac{78.5}{200} = 393 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Proračunska granica popuštanja posmične armature

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa}$$

**Proračun torzijske otpornosti**

Proračunaj torzijskog momenta u trenutku pucanja

$$T_{Rdc} = 2 \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef} \cdot A_k = 2 \cdot 1.33 \cdot 125 \cdot 140625 = 46.9 \text{ kNm}$$

Proračunaj moment torzijske otpornosti armature

$$T_{Rds} = 2 \cdot A_k \cdot \frac{A_{swt}}{s_{lt}} \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\Theta) = 2 \cdot 140625 \cdot \frac{78.5}{200} \cdot 435 \cdot \cot(40) = 57.2 \text{ kNm}$$

**Maksimalni proračunski moment otpornosti na torziju**

Faktor smanjenja čvrstoće za beton napuknut u posmiku - vrijednosti  $v$

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528 \quad (6.6N)$$

$$v_1 = 0.6 \quad (6.10.aN)$$

Coefficient taking into account state of the stress in the compression chord

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{za element bez prednaprezanja}) \quad (6.2.3(3)N3)$$

Maksimalni proračunski moment otpornosti na torziju

$$T_{Rdmax} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{ctd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \cos(\Theta) \cdot \sin(\Theta) \\ = 2 \cdot 0.528 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 140625 \cdot 125 \cdot \cos(40) \cdot \sin(40) = 183 \text{ kNm}$$

Studentska verzija

## Moment torzijske otpornosti elementa

$$T_{Rd} = \min(T_{Rds}, T_{Rdmax}) = \min(57,2; 183) = 57,2 \text{ kNm}$$

## Dodatna sila torzije

Proračunsko dodatno naprezanje

$$\sigma_{sd} = \frac{\text{abs}(T_{Ed}) \cdot u_k \cdot \cotg(\theta)}{2 \cdot A_k \cdot A_{sI}} = \frac{\text{abs}(-0,0191) \cdot 1500 \cdot \cotg(40)}{2 \cdot 140625 \cdot 3217} = 0,0377 \text{ MPa} \quad (6,28)$$

Izračun granice popuštanja

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

Proračunska dodatna vlačna sila

$$F_{sd} = \sigma_{sd} \cdot A_{sI} = 0,0377 \cdot 3217 = 0,121 \text{ kN}$$

Maksimalna proračunska sila

$$F_{sdmax} = f_{yd} \cdot A_{sI} = 435 \cdot 3217 = 1399 \text{ kN}$$

## Provjera torzije

Provjeri  $T_{Rdmax}$ 

$$T_{Ed} = 0,0191 \text{ kNm} \leq T_{Rdmax} = 183 \text{ kNm}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava slom tlačne dijagonale ( $T_{Ed} < T_{Rd, max}$ ).Provjeri  $T_{Rdc}$  i  $T_{Rds}$ 

$$T_{Ed} = 0,0191 \text{ kNm} < T_{Rds} = 57,2 \text{ kNm}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava za posmičnu armaturu ( $T_{Ed} < T_{Rds}$ ).Provjera  $F_{sdmax}$ 

$$F_{sd} = 0,121 \text{ kN} \leq F_{sdmax} = 1399 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera dodatne vlačne sile u uzdužnoj armaturi zadovoljava.

## Provjera

$$UC = \max\left(\frac{\text{abs}(T_{Ed})}{T_{Rd}}, \frac{F_{sd}}{F_{sdmax}}\right) = \max\left(\frac{\text{abs}(-0,0191 \text{ kNm})}{57,2 \text{ kNm}}, \frac{0,121 \text{ kN}}{1399 \text{ kN}}\right) = 333 \cdot 10^{-6}$$

Provjera interakcije  $V_y + V_z + T$ Provjera interakcije  $V_y + V_z + T$  (beton)Provjeri jednadžbu  $(T_{Ed} / T_{Rdmax}) + (V_{Ed} / V_{Rdmax})$ 

$$\left(\frac{\text{abs}(T_{Ed})}{T_{Rdmax}}\right) + \left(\frac{\text{abs}(V_{Ed})}{V_{Rdmax}}\right) = \left(\frac{\text{abs}(-0,0191)}{183}\right) + \left(\frac{\text{abs}(65,1)}{1197}\right) = 0,0545 \leq 1 \quad (6,29)$$

Bilješka: Provjera interakcije  $V_y + V_z + T$  za slom tlačne dijagonale zadovoljava.

Studentska verzija



Provjeri jednadžbu  $(T_{Ed} / T_{Rdc}) + (V_{Ed} / V_{Rdc})$

$$\left( \frac{\text{abs}(T_{Ed})}{T_{Rdc}} \right) + \left( \frac{\text{abs}(V_{Ed})}{V_{Rdc}} \right) = \left( \frac{\text{abs}(-0.0191)}{46.9} \right) + \left( \frac{\text{abs}(65.1)}{665} \right) = 0.0983 \leq 1 \quad (6.31)$$

Bilješka: Provjera interakcije  $V_y + V_z + T$  za beton zadovoljava, sile smicanja i torzijski moment se prenose betonom, nije potrebna nikakva posmična armatura. Nije potrebno provjeravati posmičnu otpornost unesene posmične armature ( $V_{Rds}$ ), stoga se posmična otpornost proračunava, ali ne provjerava.

Provjera

$$UC_{int.con} = 0.0545$$

#### Provjera interakcije $V_y + V_z + T$ (posmična armatura)

Proračunsko naprezanje

$$\sigma_{swd} = \left( \frac{\text{abs}(T_{Ed})}{2 \cdot A_k} + \frac{V_{Ed}}{n_s \cdot z} \right) \cdot \left( \frac{s_{It}}{A_{swt} \cdot \cotg(\theta)} \right) = \left( \frac{\text{abs}(-0.0191)}{2 \cdot 140625} + \frac{65.1}{4 \cdot 405} \right) \cdot \left( \frac{200}{78.5 \cdot \cotg(40)} \right) = 86.1 \text{ MPa}$$

Izračun granice popuštanja

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk} = 0.8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad (\text{jer } \sigma_{swd} < 0.8 \cdot f_{ywk})$$

Bilješka: Projektirana granica popuštanja je smanjen na 0,8  $f_{ywk}$  (EN 1992-1-1, točka 6.2.3 (3)), jer projektirano naprezanje za posmičnu armaturu je ispod 80% karakteristične granice popuštanja  $f_{yk}$ .

Bilješka: Posmične sile i moment torzije prenošeni betonom, nije potrebna posmična armatura. Nije potrebno provjeravati posmičnu otpornost unesene posmične armature ( $V_{Rds}$ ), stoga se posmična otpornost proračunava, ali ne provjerava.

#### Ukupna provjera cjelovitosti interakcije

$$UC_{int} = \max(UC_{int.con}; UC_{int.shear}) = \max(0.0545; 0) = 0.0545$$

#### Ukupna vrijednost provjere jedinstva

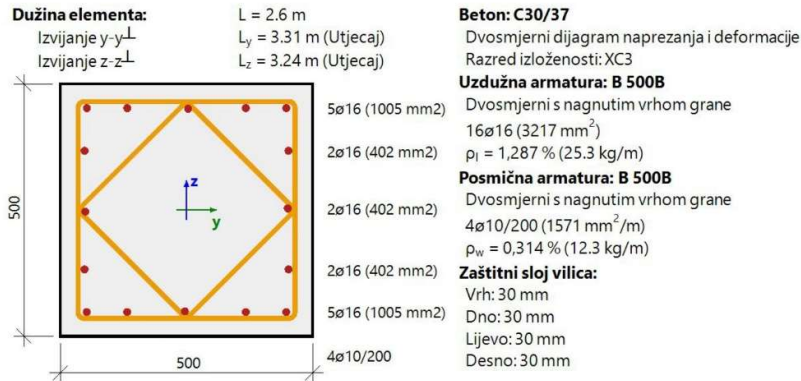
$$UC = \max(UC_{shear}; UC_{tor}; UC_{int.con}; UC_{int.shear}) = \max(0.215; 333 \cdot 10^{-6}; 0.0545; 0) = 0.215$$

Studentska verzija

**Provjeri granično naprezanje**

Vrijednosti: **UC**  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: GSU-kvazi (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: B4

<b>Stup B4</b>	<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Presjek 11 [dx = 2.6 m]

**Karakteristike materijala**

Karakteristična betonska tlačna čvrstoća  $f_{ck} = 30$  MPa  
 Karakteristična granica popuštanja uzdužne armature  $f_{yk} = 500$  MPa

Srednja vlačna čvrstoća betona  $f_{ctm} = 2.9$  MPa

Modul elastičnosti betona:  $E_c = 33$  GPa

**Sile**

Iz MKE analize

Karakteristične vrijednosti:

$$G + dG + Q_s + 0.50 \cdot S + 0.60 \cdot 3DVjetar13 + 0.70 \cdot Qg + Z$$

$$N = -2494 \text{ kN} \quad M_y = -78.6 \text{ kNm} \quad M_z = -0.142 \text{ kNm}$$

Nazovistalne vrijednosti:

$$G + dG + 0.30 \cdot Q_s + 0.00 \cdot S + 0.00 \cdot 3DVjetar13 + 0.60 \cdot Qg + Z$$

$$N_{qp} = -2130 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = -65.5 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = 0.105 \text{ kNm}$$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_M = -89.9^\circ$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -2494 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bijeska: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja

Učink drugog reda: Ne      Element se smatra izoliranim elementom: Da  
 Nesavršenosti: Ne      Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Ne  
 Karakteristične vrijednosti:  $N_{char,r} = -2494$  kN     $M_{y,char,r} = -78,6$  kNm     $M_{z,char,r} = -0,142$  kNm  
 Nazovistalne vrijednosti:  $N_{qp,r} = -2130$  kN     $M_{y,qp,r} = -65,5$  kNm     $M_{z,qp,r} = 0$  kNm  
 Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_{M,r} = -90^\circ$

### Sažetak provjere

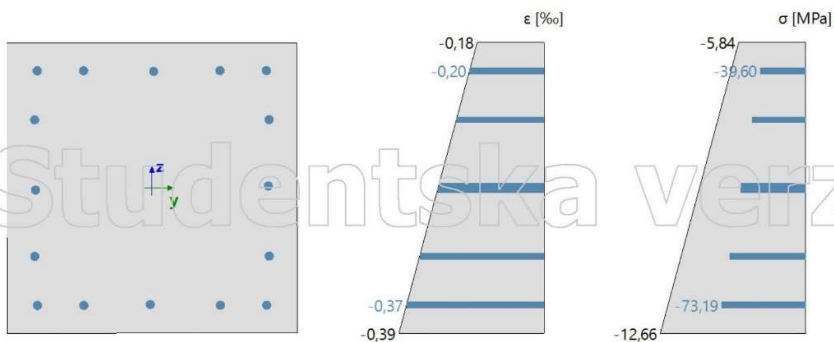
Opterećenje	E	$E_c$	UC	Status	UC	Status	UC	Status	UC	Limit	Status
	Vrsta	[MPa]	§7.2(2)	§7.2(2)	§7.2(3)	§7.2(3)	§7.2(5)	§7.2(5)	[-]	[-]	
			[-]	Karak.	[-]	Q.-P.	[-]	Karak.			
Kratko	$E_c$	32800	0,00	ISKLUŽI	0,80	U REDU	-0,10	U REDU	0,80	1	U REDU

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1, N5/2.

### Provjera pukotina u poprečnom presjeku

Opterećenje	Vrsta	$E_c$	Kombinacija	$N_{Ed}$	$M_{Edy}$	$M_{Edz}$	$\sigma_{ct}$	h	$f_{ct,eff}$	Pukotine
	modul	[MPa]		[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[mm]	[MPa]	pojavit
Kratko	$E_c$	32800	Karak.	-2494	-78,6	-0,14	-5,84	501	2,9	NE

### Raspodjela napona i naprezanja prije napuknuća (neraspuknuto stanje) - kratkotrajno opterećenje

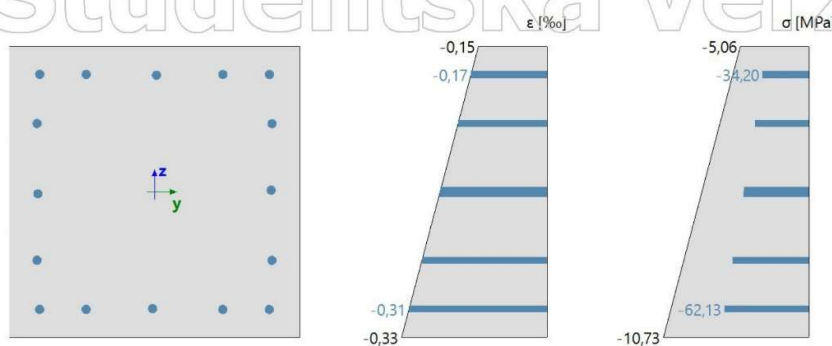


### Osobine presjeka

Opterećenje	Kombinacija	$t_y$	$t_z$	$A_i$	$I_{iy}$	$I_{iz}$	$x_i$	$\epsilon_{c,max}$	$\epsilon_{c,min}$	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,min}$
		[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m]	[‰]	[‰]	[MPa]	[MPa]
Kratko	Karak.	0	0	0,27	$5,78 \cdot 10^{-3}$	$5,77 \cdot 10^{-3}$	0,501	-0,178	-0,386	-5,84	-12,7
Kratko	Q.-P.	0	0	0,27	$5,78 \cdot 10^{-3}$	$5,77 \cdot 10^{-3}$	0,5	-0,154	-0,327	-5,06	-10,7

Studentska verzija

**Distribucija naprezanja i deformacija s betonskom vlačnom čvrstoćom  
pod nazovistalnom kombinacijom - kratkotrajno opterećenje**



**Ograničenje naprezanja u betonu**

Provjeri vrstu	Opterećenje	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$ [-]	Status
§7.2(2) Karak.	Kratko	-2494	-78.6	-0.14						ISKLUJUČI
§7.2(3) Q.-P.	Kratko	-2130	-65.5	0	0.25	-0.25	-10.7	-13.5	0.795	<b>U REDU</b>

**Ograničenje naprezanja u nenapregnutoj armaturi**

Provjeri vrstu	Opterećenje	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$ [-]	Status
§7.2(5) Karak.	Kratko	-2494	-78.6	-0.14	0.2	0.2	-39.6	400	-0.099	<b>U REDU</b>

**Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki**

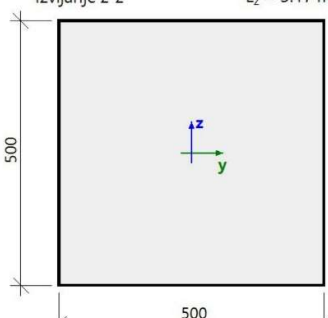
Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N5/2	Bilješka	Kontrola graničnog naprezanja nije potrebna za odabrani razred izloženosti.	Promijenite razred izloženosti XD, XS ili XF.

Studentska verzija

**Provjeri širinu pukotine (GSU)**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: GSU-kvazi (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: Svi

<b>Stup B2</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 11 [dx = 2.6 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 2.6 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 3.22 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram napreznja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 3.17 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3


**Karakteristike materijala**

Efektivna čvrstoća betona:

$$f_{ct,eff} = f_{cm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Čvrstoća u betonu, kada se pojavi pukotina:

$$\sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa}$$

Modul elastičnosti betona:

$$E_c = E_{cm} = 32.8 \text{ GPa}$$

**Sile**

Karakteristične vrijednosti

$$G + dG + 3DV_{jetar} + 10 + 0.70 \cdot Q_g + Z$$

$$N_{char} = -1422 \text{ kN} \quad M_{y,char} = -9.02 \text{ kNm} \quad M_{z,char} = -6.56 \text{ kNm}$$

Nazovistalne vrijednosti

$$G + dG + 0.00 \cdot 3DV_{jetar} + 10 + 0.60 \cdot Q_g + Z$$

$$N_{qp} = -1585 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = -7.08 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = -7.57 \text{ kNm}$$

Kut rezultantnog momenta savijanja

$$\alpha_M = -137^\circ$$

**Proračun sila pucanja (neispucali presjek)**

Maksimalno napreznje u betonu

$$\sigma_{ct} = -4.94 \text{ MPa}$$

Sile pucanja

$$N_{cr} = 835 \text{ kN} \quad M_{cr,y} = 5.29 \text{ kNm} \quad M_{cr,z} = 3.85 \text{ kNm}$$

Bilješka: Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno napreznje.

**Osobine presjeka**

Vrsta	CSS-neslomljen	Css napuknut
t <sub>iy</sub> [m]	0	0
t <sub>iz</sub> [m]	0	0
A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.25	0.25
I <sub>iy</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.21·10 <sup>-3</sup>	5.21·10 <sup>-3</sup>
I <sub>iz</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.21·10 <sup>-3</sup>	5.21·10 <sup>-3</sup>

Studentska verzija

**Provjera**

Provjera jedinica proračuna

$$UC = \frac{w}{w_{\max}} = \frac{0 \text{ mm}}{0.3 \text{ mm}} = 0$$

Provjeri širinu pukotine

$$w = 0 \text{ mm} = < w_{\max} = 0.3 \text{ mm}$$

Bilješka: Provjera širine pukotine zadovoljava, jer je širina pukotine manja od granične vrijednosti.
---

Studentska verzija

Studentska verzija



**Provjeri progib**

Vrijednosti: UC  
Linearni proračun  
Kombinacije: GSU-karakt. (auto)  
Koordinatni sustav: Element  
Ekstrem ID: Globalni  
Odabir: Svi

<b>Stup B4</b>	<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Presjek 10 [dx = 2.34 m]

**Kratkotrajnokrutosti i zakrivljenosti pod ukupnim opterećenjem****Postavke**

Dugoročni dio primijenjenog opterećenja= 0%

**Karakteristike materijala**

Karakteristična betonska tlačna čvrstoća  $f_{ck} = 30$  MPa     Karakteristična granica popuštanja uzdužne armaure  $f_{yk} = 500$  MPa

Modul elastičnosti betona:

$E_c = 33$  GPa

**Sile**

Iz MKE analize

Karakteristične vrijednosti:

$N = -1880,03$  kN      $M_y = -52,10$  kNm      $M_z = 2,72$  kNm

Nazovistalne vrijednosti:

$N_{qp} = -2035,28$  kN      $M_{y,qp} = -50,89$  kNm      $M_{z,qp} = -0,22$  kNm

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_M = -90,3^\circ$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0,1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0,25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -1880 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Ne

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

Karakteristične vrijednosti:  $N_{char,r} = 0,00$  kN      $M_{y,char,r} = 0,00$  kNm      $M_{z,char,r} = 0,00$  kNm

Nazovistalne vrijednosti:  $N_{qp,r} = 0,00$  kN      $M_{y,qp,r} = 0,00$  kNm      $M_{z,qp,r} = 0,00$  kNm

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_{M,r} = 0^\circ$

Studentska verzija

**Izračunavanje  $f_{ct, eff}$** 

Srednja vlačna čvrstoća betona

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\alpha_M = 90^\circ$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$f_{ct, eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Snaga betona, kada se pojavi pukotina

$$f_{ct, eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

**Osobine presjeka**

Vrsta komponenta	$t_y$ [m]	$t_z$ [m]	A [m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	$I_z$ [m <sup>4</sup> ]	$x_i$ [m]	$A_{st}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sc}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]
Linearni	0	0	0,25	$5,21 \cdot 10^{-3}$	$5,21 \cdot 10^{-3}$	0	-	-	-
Nenapuknut	0	0	0,27	$5,78 \cdot 10^{-3}$	$5,77 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	0
Napuknuti	0	0	0,0196	$5,67 \cdot 10^{-6}$	$5,58 \cdot 10^{-6}$	0	0	0	0

**Provjera betonskih napreznja i izračunavanje sila pucanja**

Maksimalno vlačno napreznje u betonskim vlaknima

$$\sigma_{ct} = 0 \text{ MPa}$$

Status pucanja

Bilješka: Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno napreznje.

$N_{cr}$ [kN]	$M_{y, cr}$ [kNm]	$M_{z, cr}$ [kNm]	$\sigma_{ct}$ [MPa]	$f_{ct, eff}$ [MPa]	Slomljeni dio	$\sigma_{sr}$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\beta$ [-]	$\zeta$ [-]	$E_c$ [GPa]
0	0	0	0	2,9	NE	0	0	1	0	32,8

**Distribucija napreznja i deformacije za provjeru pojave pukotine za kratkoročno load****Normalne sile i momenti savijanja su nula****Napreznja/deformacije dijagrami ne mogu se kreirati****Krutost**

Osna krutost EA

$$EA_{lin} = E_c \cdot A_c = 32,8 \cdot 0,25 = 8200 \text{ MN}$$

$$EA_I = E_c \cdot A_{cI} = 32,8 \cdot 0,27 = 8843 \text{ MN}$$

$$EA_{II} = E_c \cdot A_{cII} = 32,8 \cdot 0,0196 = 643 \text{ MN}$$

$$EA = \frac{1}{\frac{\zeta}{EA_{II}} + \frac{1-\zeta}{EA_I}} = \frac{1}{\frac{0}{643} + \frac{1-0}{8843}} = 8843 \text{ MN} \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEA} = \frac{EA}{EA_{lin}} = \frac{8843}{8200} = 1,08$$

Studentska verzija



## Krutost savijanja Ely

$$E_{y,lin} = E_c \cdot I_y = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$E_{y,I} = E_c \cdot I_{y,I} = 32.8 \cdot 5.78 \cdot 10^9 = 189 \text{ MNm}^2$$

$$E_{y,II} = E_c \cdot I_{y,II} = 32.8 \cdot 567 \cdot 10^6 = 18.6 \text{ MNm}^2$$

$$E_y = \frac{1}{\frac{\zeta}{E_{y,II}} + \frac{1-\zeta}{E_{y,I}}} = \frac{1}{\frac{0}{18.6} + \frac{1-0}{189}} = 189 \text{ MN}\cdot\text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEly} = \frac{E_y}{E_{y,lin}} = \frac{189}{171} = 1.11$$

## Krutost savijanja Elz

$$E_{z,lin} = E_c \cdot I_z = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$E_{z,I} = E_c \cdot I_{z,I} = 32.8 \cdot 5.77 \cdot 10^9 = 189 \text{ MNm}^2$$

$$E_{z,II} = E_c \cdot I_{z,II} = 32.8 \cdot 558 \cdot 10^6 = 18.3 \text{ MNm}^2$$

$$E_z = \frac{1}{\frac{\zeta}{E_{z,II}} + \frac{1-\zeta}{E_{z,I}}} = \frac{1}{\frac{0}{18.3} + \frac{1-0}{189}} = 189 \text{ MN}\cdot\text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerElz} = \frac{E_z}{E_{z,lin}} = \frac{189}{171} = 1.11$$

## Zakrivljenost

## Poprečni presjek betona

$$\frac{1}{r_{y,lin}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_c \cdot I_y} = \frac{-0}{33 \cdot 5.21 \cdot 10^9} = 0 \text{ m}^{-1}$$

## Neslomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,I}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_c \cdot I_{y,I}} = \frac{-0}{33 \cdot 5.78 \cdot 10^9} = 0 \text{ m}^{-1}$$

## Potpuno slomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,II}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_c \cdot I_{y,II}} = \frac{-0}{33 \cdot 567 \cdot 10^6} = 0 \text{ m}^{-1}$$

## Rezultanta zakrivljenosti

$$\frac{1}{r_y} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{y,II}} + (1-\zeta) \cdot \frac{1}{r_{y,I}} = 0 \cdot 0 + (1-0) \cdot 0 = 0 \text{ m}^{-1}$$

## Omjer krutosti

$$\text{omjer}_{ux} = \frac{1}{\text{OmjerEA}} = \frac{1}{1.08} = 0.927$$

$$\text{omjer}_{uy} = \frac{1}{\text{OmjerElz}} = \frac{1}{1.11} = 0.903$$

$$\text{omjer}_{uz} = \frac{1}{\text{OmjerEly}} = \frac{1}{1.11} = 0.902$$

## Objašnjenje pogrešaka / upozorenja i napomene

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N2/1	Bilješka	Normalne sile i momenti savijanja su nula [ $N_{Ed} = 0$ , $M_{Edy} = 0$ , $M_{Edz} = 0$ ].	
N8/3	Bilješka	Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.	

## Dugotrajnokrutosti i zakrivljenosti pod ukupnim opterećenjem

### Postavke

Dugoročni dio primijenjenog opterećenja = 70%

Koeficijent puzanja  $\varphi = 2.268$

### Karakteristike materijala

Karakteristična betonska tlačna čvrstoća

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Karakteristična granica popuštanja uzdužne armaure

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Modul elastičnosti betona:

$$E_c = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{32.8 \cdot 10^9}{1 + 2.27} = 10 \text{ GPa} \quad (7.20)$$

### Sile

Iz MKE analize

Karakteristične vrijednosti:

$$N = -1880,03 \text{ kN} \quad M_y = -52,10 \text{ kNm} \quad M_z = 2,72 \text{ kNm}$$

Nazovistalne vrijednosti:

$$N_{qp} = -2035,28 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = -50,89 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = -0,22 \text{ kNm}$$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_M = -90,3^\circ$

### Tlačni element

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0,1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0,25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} \leq N_{com} = -1880 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

### Ponovni proračun momenata savijanja

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Ne

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

Karakteristične vrijednosti:  $N_{char,r} = 0,00 \text{ kN}$   $M_{y,char,r} = 0,00 \text{ kNm}$   $M_{z,char,r} = 0,00 \text{ kNm}$

Nazovistalne vrijednosti:  $N_{qp,r} = 0,00 \text{ kN}$   $M_{y,qp,r} = 0,00 \text{ kNm}$   $M_{z,qp,r} = 0,00 \text{ kNm}$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_{M,r} = 0^\circ$

### Izračunavanje $f_{ct,eff}$

Srednja vlačna čvrstoća betona

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\alpha_M = 90^\circ$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Snaga betona, kada se pojavi pukotina

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

Studentska verzija

**Osobine presjeka**

Vrsta komponenta	$i_y$ [m]	$i_z$ [m]	A [m <sup>2</sup> ]	$i_y$ [m <sup>4</sup> ]	$i_z$ [m <sup>4</sup> ]	$x_i$ [m]	$A_{st}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{ec}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]
Linearni	0	0	0.25	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$5.21 \cdot 10^{-3}$	0			
Nenapuknut	0	0	0.314	$7.06 \cdot 10^{-3}$	$7.03 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	0
Napuknuti	0	0	0.0641	$1.85 \cdot 10^{-3}$	$1.82 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	0

**Provjera betonskih naprezanja i izračunavanje sila pucanja**

Maksimalno vlačno naprezanje u betonskim vlaknima

$$\sigma_{ct} = 0 \text{ MPa}$$

Status pucanja

Bilješka: Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.

$N_{cr}$ [kN]	$M_{y,cr}$ [kNm]	$M_{z,cr}$ [kNm]	$\sigma_{ct}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	Slomljeni dio	$\sigma_{sr}$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\beta$ [-]	$\zeta$ [-]	$E_c$ [GPa]
0	0	0	0	2.9	NE	0	0	0.5	0	10

**Distribucija naprezanja i deformacije za provjeru pojave pukotine za dugoročno load****Normalne sile i momenti savijanja su nula****Naprezanja/deformacije dijagrami ne mogu se kreirati****Krutost**

Osna krutost EA

$$EA_{lin} = E_c \cdot A_c = 32.8 \cdot 0.25 = 8200 \text{ MN}$$

$$EA_I = E_{c,eff} \cdot A_{c,I} = 10 \cdot 0.314 = 3153 \text{ MN}$$

$$EA_{II} = E_{c,eff} \cdot A_{c,II} = 10 \cdot 0.0641 = 643 \text{ MN}$$

$$EA = \frac{1}{\frac{\zeta}{EA_{II}} + \frac{1-\zeta}{EA_I}} = \frac{1}{\frac{0}{643} + \frac{1-0}{3153}} = 3153 \text{ MN} \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEA} = \frac{EA}{EA_{lin}} = \frac{3153}{8200} = 0.384$$

Krutost savijanja Ely

$$Ely_{lin} = E_c \cdot I_y = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$Ely_I = E_{c,eff} \cdot I_{y,I} = 10 \cdot 7.06 \cdot 10^9 = 70.9 \text{ MNm}^2$$

$$Ely_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{y,II} = 10 \cdot 1.85 \cdot 10^9 = 18.6 \text{ MNm}^2$$

$$Ely = \frac{1}{\frac{\zeta}{Ely_{II}} + \frac{1-\zeta}{Ely_I}} = \frac{1}{\frac{0}{18.6} + \frac{1-0}{70.9}} = 70.9 \text{ MNm}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEly} = \frac{Ely}{Ely_{lin}} = \frac{70.9}{171} = 0.415$$

**Krutost savijanja  $EI_z$** 

$$EI_{z,lin} = E_c \cdot I_z = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{z,I} = E_{c,eff} \cdot I_{z,I} = 10 \cdot 7.03 \cdot 10^9 = 70.6 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{z,II} = E_{c,eff} \cdot I_{z,II} = 10 \cdot 1.82 \cdot 10^9 = 18.3 \text{ MNm}^2$$

$$EI_z = \frac{1}{\frac{\zeta}{EI_{z,II}} + \frac{1-\zeta}{EI_{z,I}}} = \frac{1}{\frac{0}{18.3} + \frac{1-0}{70.6}} = 70.6 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{Omjer } EI_z = \frac{EI_z}{EI_{z,lin}} = \frac{70.6}{171} = 0.413$$

**Zakrivljenost**

Poprečni presjek betona

$$\frac{1}{r_{y,lin}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_y} = \frac{-0}{10 \cdot 5.21 \cdot 10^9} = 0 \text{ m}^{-1}$$

Neslomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,I}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_{y,I}} = \frac{-0}{10 \cdot 7.06 \cdot 10^9} = 0 \text{ m}^{-1}$$

Potpuno slomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,II}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_{y,II}} = \frac{-0}{10 \cdot 1.85 \cdot 10^9} = 0 \text{ m}^{-1}$$

Rezultanta zakrivljenosti

$$\frac{1}{r_y} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{y,II}} + (1-\zeta) \cdot \frac{1}{r_{y,I}} = 0 \cdot 0 + (1-0) \cdot 0 = 0 \text{ m}^{-1}$$

**Omjer krutosti**

$$\text{omjer}_{ux} = \frac{1}{\text{OmjerEA}} = \frac{1}{0.384} = 2.6$$

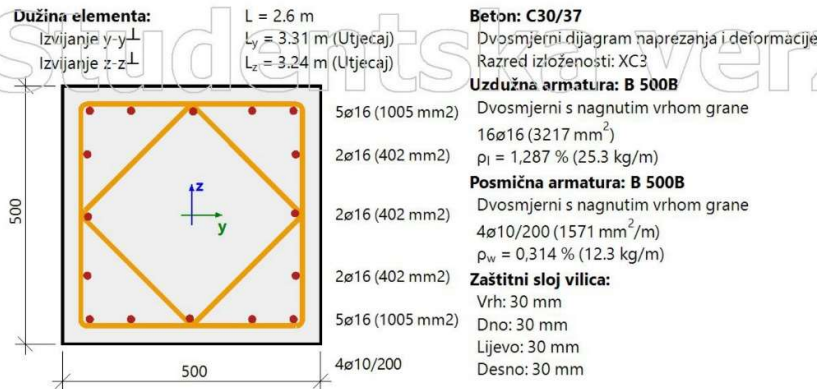
$$\text{omjer}_{uy} = \frac{1}{\text{OmjerEI}_z} = \frac{1}{0.413} = 2.42$$

$$\text{omjer}_{uz} = \frac{1}{\text{OmjerEI}_y} = \frac{1}{0.415} = 2.41$$

**Objašnjenje pogrešaka / upozorenja i napomene**

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N2/1	Bilješka	Normalne sile i momenti savijanja su nula [ $N_{Ed} = 0$ , $M_{Edy} = 0$ , $M_{Edz} = 0$ ].	-
N8/3	Bilješka	Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.	

Studentska verzija



## Omjeri

### Kratkotrajni omjer

Krutost savijanja  $Ely$

$$\text{RatioElys} = \frac{E_{l,y,s}}{E_{l,y,\text{lin}}} = \frac{189 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 1.11$$

Krutost savijanja  $Elz$

$$\text{RatioElzs} = \frac{E_{l,z,s}}{E_{l,z,\text{lin}}} = \frac{189 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 1.11$$

Omjeri

$$\text{ratio}_{uys} = \frac{1}{\text{RatioElzs}} = \frac{1}{1.11} = 0.903$$

$$\text{ratio}_{uzs} = \frac{1}{\text{RatioElys}} = \frac{1}{1.11} = 0.902$$

### Dugotrajni omjer

Krutost savijanja  $Ely$

$$\text{RatioElyl} = \frac{E_{l,y,l}}{E_{l,y,\text{lin}}} = \frac{70.9 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 0.415$$

Krutost savijanja  $Elz$

$$\text{RatioElzl} = \frac{E_{l,z,l}}{E_{l,z,\text{lin}}} = \frac{70.6 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 0.413$$

Omjeri

$$\text{ratio}_{uyl} = \frac{1}{\text{RatioElzl}} = \frac{1}{0.413} = 2.42$$

$$\text{ratio}_{uzl} = \frac{1}{\text{RatioElyl}} = \frac{1}{0.415} = 2.41$$

## Progibi

### Linearni progib

$$s_{\text{lin},y} = u_{y,s} + u_{y,l} = -0.0737 + -0.172 = -0.246 \text{ mm}$$

$$s_{\text{lin},z} = u_{z,s} + u_{z,l} = 0.288 + 0.673 = 0.961 \text{ mm}$$

**Neposredni progib**

$$\delta_{imm,y} = u_{y1} \cdot \text{ratio}_{uys} = -0.172 \cdot 0.903 = -0.155 \text{ mm}$$

$$\delta_{imm,z} = u_{z1} \cdot \text{ratio}_{uzs} = 0.673 \cdot 0.902 = 0.607 \text{ mm}$$

**Kratkotrajni progib**

$$\delta_{short,y} = u_{ys} \cdot \text{ratio}_{uys} = -0.0737 \cdot 0.903 = -0.0666 \text{ mm}$$

$$\delta_{short,z} = u_{zs} \cdot \text{ratio}_{uzs} = 0.288 \cdot 0.902 = 0.26 \text{ mm}$$

**Dugotrajni progib zbog puzanja**

$$\delta_{long,creep,y} = u_{y1} \cdot \text{ratio}_{uy1} = -0.172 \cdot 2.42 = -0.417 \text{ mm}$$

$$\delta_{long,creep,z} = u_{z1} \cdot \text{ratio}_{uz1} = 0.673 \cdot 2.41 = 1.62 \text{ mm}$$

**Progib zbog puzanja**

$$\delta_{creep,y} = u_{y1} \cdot (\text{ratio}_{uy1} - \text{ratio}_{uys}) = -0.172 \cdot (2.42 - 0.903) = -0.261 \text{ mm}$$

$$\delta_{creep,z} = u_{z1} \cdot (\text{ratio}_{uz1} - \text{ratio}_{uzs}) = 0.673 \cdot (2.41 - 0.902) = 1.02 \text{ mm}$$

**Dugotrajni progib**

$$\delta_{long,y} = \delta_{long,creep,y} - \delta_{creep,y} = -0.417 - (-0.261) = -0.155 \text{ mm}$$

$$\delta_{long,z} = \delta_{long,creep,z} - \delta_{creep,z} = 1.62 - 1.02 = 0.607 \text{ mm}$$

**Dodatni progib**

$$\delta_{add,y} = \delta_{short,y} + \delta_{long,creep,y} - \delta_{imm,y} = -0.0666 + (-0.417) - (-0.155) = -0.328 \text{ mm}$$

$$\delta_{add,z} = \delta_{short,z} + \delta_{long,creep,z} - \delta_{imm,z} = 0.26 + 1.62 - 0.607 = 1.28 \text{ mm}$$

**Ograniči dodatni progib**

$$\delta_{add,lim,y} = \frac{-l_{oy}}{\text{Lim}_{add}} = \frac{-2.6}{500} = -5.2 \text{ mm}$$

$$\delta_{add,lim,z} = \frac{l_{oz}}{\text{Lim}_{add}} = \frac{2.6}{500} = 5.2 \text{ mm}$$

**Ukupni progib**

$$\delta_{tot,y} = \delta_{short,y} + \delta_{long,creep,y} = -0.0666 + (-0.417) = -0.483 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot,z} = \delta_{short,z} + \delta_{long,creep,z} = 0.26 + 1.62 = 1.88 \text{ mm}$$

**Ograniči ukupni progib**

$$\delta_{tot,lim,y} = \frac{-l_{oy}}{\text{Lim}_{tot}} = \frac{-2.6}{250} = -10.4 \text{ mm}$$

$$\delta_{tot,lim,z} = \frac{l_{oz}}{\text{Lim}_{tot}} = \frac{2.6}{250} = 10.4 \text{ mm}$$

**Osnovne vrijednosti progiba**

Vrsta progiba	Omjer kratki [-]	Omjer dugo [-]	$\delta_{lin}$ [mm]	$\delta_{imm}$ [mm]	$\delta_{add}$ [mm]	$\delta_{short}$ [mm]	$\delta_{long}$ [mm]	$\delta_{long+creep}$ [mm]	$\delta_{creep}$ [mm]
$u_y$	0.9	2.42	-0.25	-0.16	-0.33	-0.07	-0.16	-0.42	-0.26
$u_z$	0.9	2.41	0.96	0.61	1.28	0.26	0.61	1.62	1.02

**Provjera dodatnih i ukupnih progiba**

Vrsta progiba	L [m]	$\delta_{add}$ [mm]	$\delta_{add,lim}$ [mm]	UC <sub>add</sub> [-]	$\delta_{tot}$ [mm]	$\delta_{tot,lim}$ [mm]	UC <sub>tot</sub> [-]	UC [-]	Limit [-]	Status
$u_y$	2.6	-0.33	-5.2	0.06	-0.48	-10.4	0.05	0.06	1	U REDU
$u_z$	2.6	1.28	5.2	0.25	1.88	10.4	0.18	0.25	1	U REDU

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N8/5



**Objašnjenje pogrešaka / upozorenja i napomene**

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N8/5	Bilješka	Efekti skupljanja nisu uključeni u provjeru progiba.	Koristi provjeru dugotrajnih progiba za uzimanje u obzir efekta skupljanja.

Studentska verzija

Studentska verzija

**Provjeri odredbe detalja**

Vrijednosti: **UC**  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Sels (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: Svi

<b>Stup B4</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 0 [dx = 0 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 2.6 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 3.31 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 3.24 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	$\rho_l = 1,287\%$ (25.3 kg/m)
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
4ø10/200	4ø10/200 (1571 mm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w = 3,133\%$ (12.3 kg/m)
	<b>Zaštitni sloj vilica:</b>	
	Vrh: 30 mm	
	Dno: 30 mm	
	Lijevo: 30 mm	
	Desno: 30 mm	

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.2} = 25 \text{ MPa}$$

Promjer kamena

$$d_g = 16 \text{ mm}$$

Proračunska granica popuštanja uzdužne armature

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Projektirana granica popuštanja posmične armature

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 \text{ MPa}$$

**Sile**

Sadržaj kombinacije:

G+dG+Sy-Accidental torsional moments for Sy+Z

Iz MKE analize

$$N = -1974 \text{ kN} \quad M_y = 39.6 \text{ kNm} \quad M_z = -4.85 \text{ kNm} \quad V_y = 8.48 \text{ kN} \quad V_z = -37.6 \text{ kN} \quad M_x = 0.08 \text{ kNm}$$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (25 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -625 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -1974 \text{ kN} < -625 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja:

Učinak drugog reda: Da

Nesavršenosti: Da

$$N_{Ed} = -1974 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 107 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -88.8 \text{ kNm} \quad V_{Edy} = 8.48 \text{ kN} \quad V_{Edz} = -37.6 \text{ kN} \quad M_{Edx} = 0.08 \text{ kNm}$$

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da



Kut rezultante posmika

$$\alpha_V = -77.3^\circ$$

$$\alpha_V = \alpha_V + 180 = -77.3 + 180 = 103^\circ$$

Razlika između kuteva  $\alpha_M$  i  $\alpha_V$

$$\alpha_{MV} = \text{abs}(\alpha_M - \alpha_V) = \text{abs}(130 - 103) = 27^\circ$$

### Postavke proračuna

#### Uzdužna armatura

Provjeri minimalnu udaljenost šipki 8.2(2) Da

Minimalna udaljenost šipki 20 mm

Provjeri maksimalni postotak (korisnik) Da

Maksimalna udaljenost šipki 350 mm

Provjeri maksimalnu udaljenost šipki (torzija) 9.2.3(4) Da

Maksimalan razmak šipki za torziju 350 mm

Provjeri minimalni postotak 9.5.2(2) Da

Provjeri maksimalni postotak 9.5.2(3) Da

Provjeri minimalni promjer šipke 9.5.2(1) Da

Provjeri minimalni broj šipki 9.5.2(4) Da

Minimalni broj šipki u stupu 4

#### Poprečna armatura

Provjeri minimalni promjer trna 8.3(2) Ne

Provjerite maksimalni uzdužni razmak (posmik) 9.5.3(3) Da

Provjeri minimalni promjer šipke 9.5.3(1) Da

Minimalni promjer šipke 6 mm;  $25\% \times \varnothing_{l,max}$

#### Provjera minimalnog razmaka između šipki 8.2 (2)

Minimalna dopuštena svjetla udaljenost šipki od svih šipki u poprečnom presjeku

$$s_{s-s,min} = 64 \text{ mm}$$

Minimalna dopuštena svjetla udaljenost šipki od svih šipki u poprečnom presjeku

$$s_{s-s,min,lim} = \max(k_1 \cdot \varnothing; d_g + k_2 \cdot s_{lu,min}) = \max(1 \cdot 16; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

(§8.2(2))

Provjera minimalne svjetle udaljenost između šipki

$$UC_{8.2(2)} = \frac{s_{s-s,min,lim}}{s_{s-s,min}} = \frac{21 \text{ mm}}{64 \text{ mm}} = 0.328$$

#### Provjera maksimalnog razmaka između osi šipki (korisnika)- neovisno o normi

Maksimalni razmak osi šipke

$$s_{max} = 121 \text{ mm}$$

Korisnički definirana maksimalna udaljenost između osi šipki

$$s_{lu,max,lim} = 350 \text{ mm}$$

Provjera maksimalne osne udaljenost šipki

$$UC_{max\_bar\_distance(user)} = \frac{s_{max}}{s_{lu,max,lim}} = \frac{121 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} = 0.345$$

Studentska verzija

**Provjera maksimalnog razmaka između osi šipki za torziju 9.2.3(4)**

Maksimalni razmak osi šipke

$$s_{c-tor,max} = 121 \text{ mm}$$

Maksimalna osna udaljenost temeljena na zahtjevima torzije

$$s_{c-c,max,lim} = 350 \text{ mm}$$

Provjera maksimalne osne udaljenosti šipki prema zahtjevima torzije

$$UC_{9.2.3(4)} = \frac{s_{c-tor,max}}{s_{c-c,max,lim}} = \frac{121 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} = 0.345$$

**Provjera min. površine armature za stup 9.5.2(2)**

Definirano područje uzdužne armature

$$A_s = 3217 \text{ mm}^2$$

Površina poprečnog presjeka betona

$$A_c = 250000 \text{ mm}^2$$

Izračun granice rastezanja armature

$$f_{yd} = 500 \text{ MPa}$$

Projektirana vrijednost normalne sile

$$N_{Ed} = -1974 \text{ kN}$$

Provjera cjeline za minimalnu površinu uzdužne armature

$$A_{s,min,col} = \max \left( \frac{\text{Coeff}_{As,min,col,B} \cdot \text{abs}(N_{Ed})}{f_{yd}}; \text{Coeff}_{As,min,col,A} \cdot A_c \right) \quad (9.12N)$$

$$= \max \left( \frac{0.1 \cdot \text{abs}(-1.97 \cdot 10^6)}{500 \cdot 10^6}; 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0.25 \right) = 500 \text{ mm}^2$$

Provjera minimalne površine uzdužne armature

$$UC_{9.5.2(2)} = \frac{A_{s,min,col}}{A_s} = \frac{500 \text{ mm}^2}{3217 \text{ mm}^2} = 0.155$$

**Provjera maks. površine armature stupa 9.5.2(3)**

Definirano područje uzdužne armature

$$A_s = 3217 \text{ mm}^2$$

Površina poprečnog presjeka betona

$$A_c = 250000 \text{ mm}^2$$

Maksimalna površina uzdužne armature

$$A_{s,max,col} = \text{Coeff}_{As,max,col} \cdot A_c = 0.04 \cdot 250000 = 10000 \text{ mm}^2 \quad (9.5.2(3))$$

Provjera maksimalne površine uzdužne armature

$$UC_{9.5.2(3)} = \frac{A_s}{A_{s,max,col}} = \frac{3217 \text{ mm}^2}{10000 \text{ mm}^2} = 0.322$$

**Provjera min. promjera šipke 9.5.2(1)**

Minimalni korišteni promjer uzdužne armature

$$\varnothing_{l,min} = 16 \text{ mm}$$

Minimalni dopušteni promjer uzdužne šipke

$$\varnothing_{l,min,col} = 8 \text{ mm} \quad (9.5.2(1))$$

Provjera minimalnog promjera uzdužne šipke stupa

$$UC_{9.5.2(1)} = \frac{\varnothing_{l,min,col}}{\varnothing_{l,min}} = \frac{8 \text{ mm}}{16 \text{ mm}} = 0.5$$

**Provjera min. broja šipki u stupu 9.5.2(4)**

Određeni broj uzdužnih šipki

$$n_{\text{bars}} = 16$$

Minimalni broj šipki u stupu

$$n_{\text{bars,min,col}} = 4$$

Provjera minimalnog broja uzdužnih šipki u stupu

$$UC_{9.5.2(4)} = \frac{n_{\text{bar,min,col}}}{n_{\text{bar}}} = \frac{4}{16} = 0.25$$

**Provjera maksimalnog uzdužnog razmak 9.5.3 (3)**

Korisnički definirani uzdužni razmak poprečne armature

$$s_l = 200 \text{ mm}$$

Minimalne dimenzije poprečnog presjeka

$$b_{\text{min}} = 500 \text{ mm}$$

Minimalni promjer uzdužne armature

$$\varnothing_{l,\text{min}} = 16 \text{ mm}$$

Maksimalni dopušteni uzdužni razmak poprečne armature

$$s_{\text{cl,max}} = \min(\text{Coeff}_{\text{scl,max,A}} \cdot \varnothing_{l,\text{min}}; \text{Coeff}_{\text{scl,max,B}}) = \min(20 \cdot 0.016; 0.5; 0.4) = 320 \text{ mm} \quad (\$9.5.3(3))$$

Provjera maksimalnog uzdužnog razmaka poprečne armature

$$UC_{9.5.3(3)} = \frac{s_l}{s_{\text{cl,max}}} = \frac{200 \text{ mm}}{320 \text{ mm}} = 0.625$$

**Provjera minimalnog promjera poprečne armature 9.5.3 (1)**

Promjer spone

$$\varnothing_s = 10 \text{ mm}$$

Minimalni promjer poprečne armature

$$\varnothing_{s,\text{min}} = 6 \text{ mm}$$

Maksimalni promjer uzdužne armature

$$\varnothing_{l,\text{max}} = 16 \text{ mm}$$

Minimalni dopušteni promjer poprečne armature

$$\varnothing_{s,\text{min,lim}} = \max(\varnothing_{s,\text{min}}; \text{Perc}_{\varnothing_{lc}} \cdot \varnothing_{l,\text{max}}) = \max(6; 0.25 \cdot 16) = 6 \text{ mm}$$

Provjera minimalnog promjera poprečne armature

$$UC_{9.5.3(1)} = \frac{\varnothing_{s,\text{min,lim}}}{\varnothing_s} = \frac{6 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = 0.6$$

**Maksimalna provjera jedinstva = 0.62. Provjera pojedinih odredbi je U REDU**

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1.

**Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki**

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	

Studentska verzija

## 4.1.1.3. Dokaz nosivosti stupa POZ S2, b/h=50/50 (cm), l = 3,65 (m)

**Vitkost (provjera)**

Vrijednosti: L

Linearni proračun

Kombinacija: ULS-Set B (auto)

Koordinatni sustav: Element

Ekstrem 1D: Globalni

Odabir: B8

<b>Stup B8</b>	<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Presjek 13 [dx = 3.65 m]

**Vitkost**

Krajnji momenti prvog reda:

$$M_{01y} = -19.9 \text{ kNm} \quad M_{02y} = 25.6 \text{ kNm} \quad M_{01z} = 9.68 \text{ kNm} \quad M_{02z} = -12.3 \text{ kNm}$$

Omjer mehaničke armature:

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{3.22 \cdot 10^{-3} \cdot 435 \cdot 10^6}{0.25 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0.28 \quad (\$5.8.3.1(1))$$

Relativna aksijalna sila:

$$n = \frac{-N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{-2.12 \cdot 10^6}{0.25 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0.425 \quad (\$5.8.3.1(1))$$

Efektivni omjer puzanja:

$$\varphi_{ef} = \text{Coeff}_{\varphi_{eff}} \cdot \varphi = 1 \cdot 2.27 = 2.27 \quad (\$5.8.3.2(2))$$

Efektivna duljina:

$$l_{0y} = \beta_{yy} \cdot L_y = 1.18 \cdot 3.65 = 4.29 \text{ m}$$

$$l_{0z} = \beta_{zz} \cdot L_z = 1.15 \cdot 3.65 = 4.18 \text{ m}$$

Radijus rotacije betonskog poprečnog presjeka:

$$i_{cy} = \sqrt{\frac{I_{cy}}{A_c}} = \sqrt{\frac{5.21 \cdot 10^{-3}}{0.25}} = 144 \text{ mm}$$

$$i_{cz} = \sqrt{\frac{I_{cz}}{A_c}} = \sqrt{\frac{5.21 \cdot 10^{-3}}{0.25}} = 144 \text{ mm}$$

Vitkost:

$$\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_{cy}} = \frac{4.29}{0.144} = 29.8 \quad (5.14)$$

$$\lambda_z = \frac{l_{0z}}{i_{cz}} = \frac{4.18}{0.144} = 29 \quad (5.14)$$

**Granična vitkost**

Parametri za proračun granične vitkosti:

(\$5.8.3.1(1))

$$A = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot 2.27} = 0.638$$

$$B = \max(\sqrt{1 + 2 \cdot \omega}; 1.1) = \max(\sqrt{1 + 2 \cdot 0.28}; 1.1) = 1.25$$

$$r_{my} = 1$$

Bilješka: Vrijednost  $r_{moy} = 1$  jer je element nepričvršćen oko y-osi ili vrijednost  $M_{02y}$  je nula.

$$r_{mz} = 1$$

Bilješka: Vrijednost  $r_{mz} = 1$  jer je element nerazapet oko z-osi ili vrijednost  $M_{02z}$  je nula.

$$C_y = 1.7 - r_{my} = 1.7 - 1 = 0.7$$

$$C_z = 1.7 - r_{mz} = 1.7 - 1 = 0.7$$

Granična vitkost

$$\lambda_{limy} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_y}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.638 \cdot 1.25 \cdot 0.7}{\sqrt{0.425}} = 18.5 \quad (5.13N)$$

$$\lambda_{limz} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C_z}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.638 \cdot 1.25 \cdot 0.7}{\sqrt{0.425}} = 18.5 \quad (5.13N)$$

**Kriterij vitkosti**

$$\lambda_y = 29.8 > \lambda_{limy} = 18.5$$

Upozorenje: Vitkost  $\lambda_y$  su veći od  $\lambda_{limy}$ . Treba razmotriti učinak drugog reda.

$$\lambda_z = 29 > \lambda_{limz} = 18.5$$

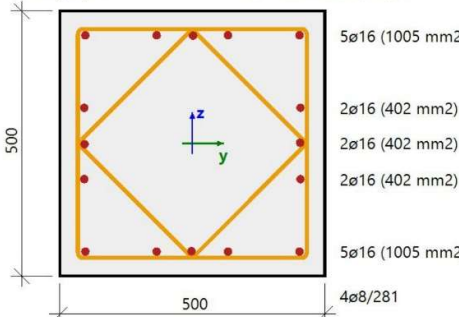
Upozorenje: Vitkost  $\lambda_z$  je veća od  $\lambda_{limz}$ . Treba razmotriti učinak drugog reda.**Sažetak**

Osi	Razapeto	$L_{z/y}$ [m]	$\beta_{zz/yy}$ [-]	$I_{0z/y}$ [m]	$\lambda_{z/y}$ [-]	$\lambda_{limz/y}$ [-]	$\lambda_{z/y} > \lambda_{limz/y}$
y-y $\perp$	Ne	3.65	1.18	4.29	29.8	18.5	2 red
z-z $\perp$	Ne	3.65	1.15	4.18	29	18.5	2 red

Studentska verzija

**Provjeri sposobnost odgovora**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: B8

<b>Stup B8</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>	
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 2 [dx = 0.664 m]	
<b>Dužina elementa:</b>	L = 3.65 m	<b>Beton: C30/37</b>	
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 4.3 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije	
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 4.18 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3	
		<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>	
			Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
			16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
			ρ <sub>l</sub> = 1,287 % (25.3 kg/m)
			<b>Posmična armatura: B 500B</b>
			Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
		4ø8/281 (716 mm <sup>2</sup> /m)	
		ρ <sub>w</sub> = 0,143 % (5.62 kg/m)	
		<b>Zaštitni sloj vilica:</b>	
		Vrh: 30 mm	
		Dno: 30 mm	
		Lijevo: 30 mm	
		Desno: 30 mm	

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Proračunska granica popuštanja uzdužne armature

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

**Sile**

Sadržaj kombinacije: 1.35\*G+1.35\*dG+1.50\*Qs+0.75\*S+0.90\*3DVjetar14+1.35\*Z

Iz MKE analize:

$$N = -3754 \text{ kN} \quad M_y = 28.5 \text{ kNm} \quad M_z = -1.51 \text{ kNm}$$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -3754 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja:

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Da

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

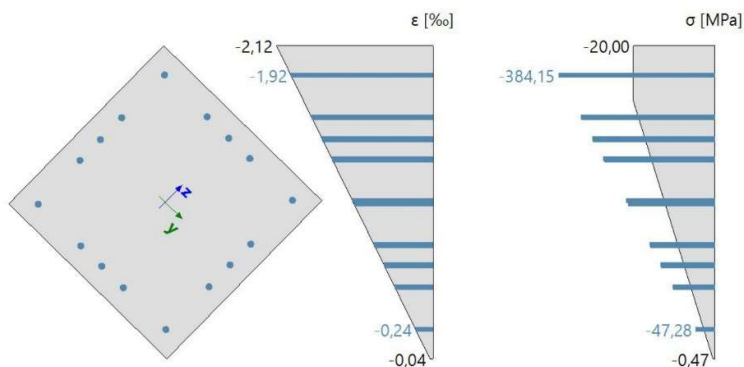
$$N_{Ed} = -3754 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 157 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -153 \text{ kNm}$$



**Sažetak provjere**

Vrsta komponente	Vlakno / Šipka	$\epsilon_{extr}$ [‰]	$\sigma_{extr}$ [MPa]	Provjera deformacija [-]	Provjera naprezanje [-]	UC [-]	Limit [-]	Status
Beton	5	-1.07	-20	0,61	1,00	1,00	1	U REDU
Armat.	8	-1.92	-384	0,04	0,82			

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1, N2/5, N2/2, N2/3, N2/4.

**Distribucija naprezanja i deformacija****Ekstremne vrijednosti naprezanja/ deformacija u sastavnom dijelu**

Vrsta komponente	Vlakna / Šipka	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	UC [-]	Status
Beton - tlak	5	-1.07	-1.75	-20	-20	1,00	U REDU
Beton - vlak	1	0	0	0	0	0,00	U REDU
Armatura - tlak	8	-1.92	-45	-384	-466	0,82	U REDU
Armatura - vlak	4	0	0	0	0	0,00	U REDU

**Plan deformacije**

Deformacija u težištu	$\epsilon_x = -1.08 \text{ ‰}$
Zakrivljenost oko (y) osi	$\epsilon_y = -2.1 \text{ ‰}$
Zakrivljenost oko (z) osi	$\epsilon_z = 2.05 \text{ ‰}$
Visina tlačne zone	$x = 707 \text{ mm}$
Uravnotežena visina tlačne zone	$x_{bal} = 425 \text{ mm}$
Granična visina tlačne zone	$x_{lim} = 51 \text{ mm}$
Nagib neutralne osi	$\alpha_{NA} = 44.4^\circ$
Visina poprečnog presjeka okomita na neutralnu os	$h = 707 \text{ mm}$
Efektivna dubina poprečnog presjeka okomita na neutralnu os	$d = 636 \text{ mm}$
Krak poprečnog presjeka okomit na neutralnu os	$z = 573 \text{ mm}$

Studentska verzija

**Osobine poprečnog presjeka**

Vrsta komponente	$t_y$ [m]	$t_z$ [m]	A [m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	$I_z$ [m <sup>4</sup> ]
Beton - tlak	0	0	0.25	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$5.21 \cdot 10^{-3}$
Beton - vlak	0	0	0	0	0
Armatura - tlak	0	0	$3.22 \cdot 10^{-3}$	$87.2 \cdot 10^{-6}$	$86.6 \cdot 10^{-6}$
Armatura - vlak	0	0	0	0	0
Cijeli beton	0	0	0.25	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$5.21 \cdot 10^{-3}$
Sve šipke armature	0	0	$3.22 \cdot 10^{-3}$	$87.2 \cdot 10^{-6}$	$86.6 \cdot 10^{-6}$

**Sile u svim komponentama presjeka**

Vrsta komponente	$N_{res}$ [kN]	$M_{res,y}$ [kNm]	$M_{res,z}$ [kNm]	$e_y$ [m]	$e_z$ [m]
Beton - tlak	-3060	120	-118	-0.038	0.039
Beton - vlak	0	0	0	0	0
Armatura - tlak	-694	36.5	-35.5	-0.051	0.053
Armatura - vlak	0	0	0	0	0
Sve u tlaku	-3754	157	-153	-0.041	0.042
Sve u vlaklu	0	0	0	0	0
Sažetak	-3754	157	-153		

**Detaljni rezultati naprezanja i deformacija u betonskim vlaknima**

Vlakno	Materijal	$y_i$ [m]	$z_i$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	$\sigma / \sigma_{lim}$ [-]	Provjera
1	C30/37	0.25	-0.25	-0.04	-3.5	-0.47	-20	0.01	0.02	U REDU
2	C30/37	0.25	0	-0.57	-3.5	-6.46	-20	0.16	0.32	U REDU
3	C30/37	0.25	0.25	-1.09	-3.5	-12.5	-20	0.31	0.62	U REDU
4	C30/37	0	0.25	-1.6	-3.5	-18.3	-20	0.46	0.92	U REDU
5	C30/37	-0.25	0.25	-2.12	-3.5	-20	-20	0.6	1	U REDU
6	C30/37	-0.25	0	-1.59	-3.5	-18.2	-20	0.45	0.91	U REDU
7	C30/37	-0.25	-0.25	-1.07	-3.5	-12.2	-20	0.31	0.61	U REDU
8	C30/37	0	-0.25	-0.55	-3.5	-6.34	-20	0.16	0.32	U REDU

Studentska verzija



### Detaljni rezultati naprezanja i deformacija u armaturnim šipkama

Šipka	Materijal	$d_s$ [mm]	$y_i$ [m]	$z_i$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\epsilon_{lim}$ [‰]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	$\sigma / \sigma_{lim}$ [-]	Provjera
1	B 500B	16	-0.202	-0.204	-1.07	-45	-213	-466	0.02	0.46	U REDU
2	B 500B	16	-0.067	-0.204	-0.79	-45	-158	-466	0.02	0.34	U REDU
3	B 500B	16	0.067	-0.204	-0.51	-45	-103	-466	0.01	0.22	U REDU
4	B 500B	16	0.202	-0.204	-0.24	-45	-47.3	-466	0.01	0.1	U REDU
5	B 500B	16	0.202	0.204	-1.09	-45	-218	-466	0.02	0.47	U REDU
6	B 500B	16	0.067	0.204	-1.37	-45	-274	-466	0.03	0.59	U REDU
7	B 500B	16	-0.067	0.204	-1.64	-45	-329	-466	0.04	0.71	U REDU
8	B 500B	16	-0.202	0.204	-1.92	-45	-384	-466	0.04	0.82	U REDU
9	B 500B	16	-0.203	$-1 \cdot 10^{-3}$	-1.49	-45	-299	-466	0.03	0.64	U REDU
10	B 500B	16	$-2 \cdot 10^{-3}$	$-0.203$	-0.66	-45	-131	-466	0.01	0.28	U REDU
11	B 500B	16	0.203	$1 \cdot 10^{-3}$	-0.66	-45	-133	-466	0.01	0.29	U REDU
12	B 500B	16	$1 \cdot 10^{-3}$	0.203	-1.5	-45	-300	-466	0.03	0.64	U REDU
13	B 500B	16	0.204	-0.067	-0.52	-45	-104	-466	0.01	0.22	U REDU
14	B 500B	16	0.204	0.067	-0.8	-45	-160	-466	0.02	0.34	U REDU
15	B 500B	16	-0.204	0.067	-1.64	-45	-328	-466	0.04	0.7	U REDU
16	B 500B	16	-0.204	-0.067	-1.36	-45	-271	-466	0.03	0.58	U REDU

### Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N2/5	Bilješka	Granica tlačne betonske deformacije određena je na temelju poglavlja 6.1 (5) i uspoređena sa srednjom tlačnom deformacijom betona	
N2/2	Bilješka	Efektivna dubina poprečnog presjeka izračunava se iz korisničkih ulaznih vrijednosti $d = \text{Coeff}_d * h$ , jer nije moguće izračunati iz ravnine ravnoteže (zatezna armatura, tlačna betonska vlakna ravnoteže se ne nalazi).	
N2/3	Bilješka	The inner lever arm of the cross-section is calculated from the user input value $z = \text{Coeff}_z * d$ , because it's not possible to calculate it from the plane of equilibrium (tensile reinforcement, compressive concrete fibre of plane of equilibrium is not found).	
N2/4	Bilješka	The part of inner lever arm of the cross-section is calculated from the equation $z + (-) = 0,5 * z$ , because it's not possible to calculate it from the plane of equilibrium (tensile reinforcement, compressive concrete fibre of plane of equilibrium is not found)	

Studentska verzija

**Provjeri dijagram interakcije kapaciteta**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem ID: Globalni  
 Odabir: B8

<b>Stup B8</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 0 [dx = 0 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 3.65 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 4.3 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 4.18 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	$\rho_l = 1,287\%$ (25.3 kg/m)
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
4ø8/281	4ø8/281 (716 mm <sup>2</sup> /m)	$\rho_w = 0,143\%$ (5.62 kg/m)
		<b>Zaštitni sloj vilica:</b>
		Vrh: 30 mm
		Dno: 30 mm
		Lijevo: 30 mm
		Desno: 30 mm

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Proračunska granica popuštanja uzdužne armaure

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

**Sile**

Iz MKE analize

$$N = -3760 \text{ kN} \quad M_y = 42.3 \text{ kNm} \quad M_z = 1.16 \text{ kNm}$$

Sadržaj kombinacije:

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot dG + 1.50 \cdot Q_s + 0.75 \cdot S + 0.90 \cdot 3DVjetar14 + 1.35 \cdot Z$$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -3760 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja:

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Da

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

$$N_{Ed} = -3760 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 164 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 153 \text{ kNm}$$

**Ulazni podaci za generiranje dijagrama interakcije**

Metoda provjere dijagrama interakcije	$N_u M_{u,r}$
Podjela vertikalnih deformacija	250
Broj vertikalnih rezova	18
Rezultantna vrijednost momenta savijanja	$M_{res} = 225 \text{ kNm}$
Kut rezultantnog momenta savijanja u odnosu na $M_y$ smjer u horizontalnoj ravnini $M_y - M_z$	$\alpha_{MyMz} = 137^\circ$
Kut rezultantnog momenta savijanja u odnosu na smjer $N$ je u vertikalnoj ravnini $N M_{res}$	$\alpha_{NM} = -86.6^\circ$

**Proračun otpornosti**

Otpornost u pozitivnom smjeru  $N_{Rd+} = 1182 \text{ kN}$   $M_{Rdy+} = 200 \text{ kNm}$   $M_{Rdz+} = 186 \text{ kNm}$

Otpornost u negativnom smjeru  $N_{Rd-} = -4567 \text{ kN}$   $M_{Rdy-} = -52 \text{ kNm}$   $M_{Rdz-} = -48 \text{ kNm}$

**Sažetak provjere**

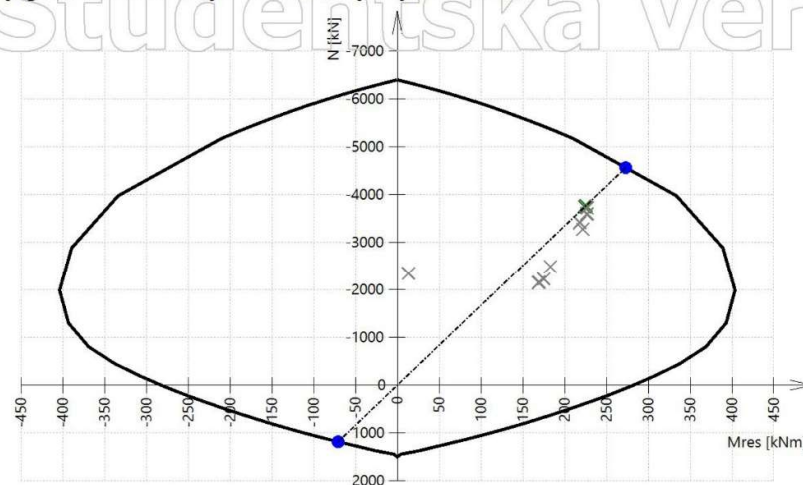
Sile:  $N_{Ed} = -3760 \text{ kN}$   $M_{Edy} = 164 \text{ kNm}$   $M_{Edz} = 153 \text{ kNm}$

Otpornost:  $N_{Rd} = -4567 \text{ kN}$   $M_{Rdy} = 200 \text{ kNm}$   $M_{Rdz} = 186 \text{ kNm}$

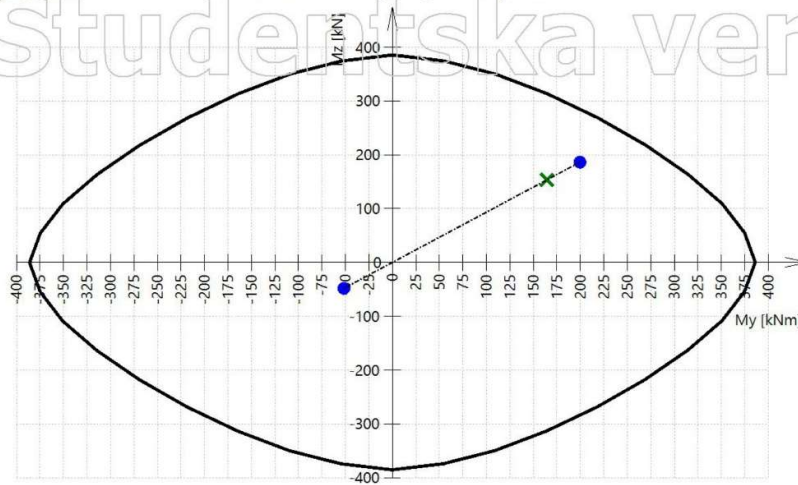
Provjera mjernih jedinica:

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-3760^2 + 164^2 + 153^2}}{\sqrt{-4567^2 + 200^2 + 186^2}} = 0.823 \leq 1 \quad \text{U REDU}$$

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1.

**Dijagram 3D interakcije - Vertikalni presjek  $N-M_{res}$** 

Studentska verzija

Dijagram 3D interakcije - Horizontalni presjek  $M_y$ - $M_z$ 

## Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	



**Provjerite posmik + torziju (ULS)**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Set B (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem ID: Globalni  
 Odabir: B8

<b>Stup B8</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 5 [dx = 1.66 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 3.65 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 4.3 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 4.18 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	$\rho_l = 1,287\%$ (25.3 kg/m)
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	4ø8/281	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	4ø8/281 (716 mm <sup>2</sup> /m)
		$\rho_w = 1,194\%$ (5.62 kg/m)
		<b>Zaštitni sloj vilica:</b>
		Vrh: 30 mm
		Dno: 30 mm
		Lijevo: 30 mm
		Desno: 30 mm

**Postavke**

Metoda izračuna otpornosti na smicanje: Standardno  
 Granična vrijednost kuta između smjera momenta savijanja i rezultante posmičnih sila za standardnu metodu:  $\alpha_{VM,lim} = 15^\circ$   
 Ekvivalentni tankostijeni poprečni presjek: Automatski  
 Kut između betonske tlačne dijagonale i osi elementa: Korisnički unos:  $\theta_{inp} = 40^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{inp}) = 1.19$

**Sile**

Sadržaj kombinacije: G+dG+1.50\*3DVjetar7+1.05\*Qg+Z

$N_{Ed} = -2135$  kN  $M_{Edy} = 118$  kNm  $M_{Edz} = -114$  kNm  $V_{Edy} = -6.02$  kN  $V_{Edz} = -12.5$  kN  $T_{Ed} = 0.194$  kNm

Kut gradijenta deformacije ravnine

$$\alpha_M = 134^\circ$$

Rezultat posmične sile

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Edy}^2 + V_{Edz}^2} = \sqrt{-6.02^2 + -12.5^2} = 13.8 \text{ kN}$$

Kut rezultante posmika

$$\alpha_V = -116^\circ$$

$$\alpha_V = \alpha_V + 180 = -116 + 180 = 64.2^\circ$$

Razlika između kuteva  $\alpha_M$  i  $\alpha_V$

$$\alpha_{MV} = \text{abs}(\alpha_M - \alpha_V) = \text{abs}(134 - 64.2) = 70^\circ$$

Bilješka: Kut između gradijenta ravnine deformacije i rezultirajućih posmičnih sila veći je od graničnog kuta Metoda koja se temelji na formuli interakcije (dvoosni posmični proračun) trebala bi se koristiti jer se za kut veći od graničnog kuta vrijednost d i z izračunata prema smjeru posmične sile brzo smanjuje

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Proračunska vlačna čvrstoća betona

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk005}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1.5} = 1.33 \text{ MPa} \quad (3.15, 3.16)$$

Studentska verzija

**Proračun kuta između betonske tlačne dijagonale i osi elementa**

- minimalna vrijednost:

$$\theta_{\min} = 21.8^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{\min}) = 2.5$$

(§6.2.3(2))

- maksimalna vrijednost:

$$\theta_{\max} = 45^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{\max}) = 1$$

(§6.2.3(2))

- unos/proračunska vrijednost:

$$\theta = \theta_{\text{inp}} = 40^\circ, \cot(\theta) = 1.19$$

Bilješka: Automatski proračun kuta je isključen, uzima se u obzir korisnička vrijednost.

**Provjeri otpornost na smicanje i proračunaj posmičnu otpornost****Parametri poprečnog presjeka**

Minimalna širina presjeka u vlačnom području

$$y_{\text{bw}} = -44.4 \text{ mm} \quad z_{\text{bw}} = -92 \text{ mm} \quad b_w = 60 \text{ mm}$$

Bilješka: Vrijednost  $b_w$  izračunava se kao najmanja širina poprečnog presjeka u vlačnom području okomito na rezultirajuću posmičnu silu.

Minimalna širina poprečnog presjeka između vlačne i tlačne tetive

$$y_{\text{bw1}} = 11.4 \text{ mm} \quad z_{\text{bw1}} = 23.6 \text{ mm} \quad b_{w1} = 555 \text{ mm}$$

Bilješka: Vrijednost  $b_{w1}$  izračunava se kao najmanja širina poprečnog presjeka između vlačne i tlačne tetive okomito na rezultantu posmične sile.

Visina poprečnog presjeka ponovno izračunata u smjeru rezultante posmične sile

$$h = 668 \text{ mm}$$

Bilješka: Vrijednost  $h$  izračunava se kao širina poprečnog presjeka u težištu u smjeru rezultante posmične sile.

Površina poprečnog presjeka betona

$$A_c = 0.25 \text{ m}^2$$

Efektivna dubina ponovno izračunata prema smjeru rezultante posmične sile

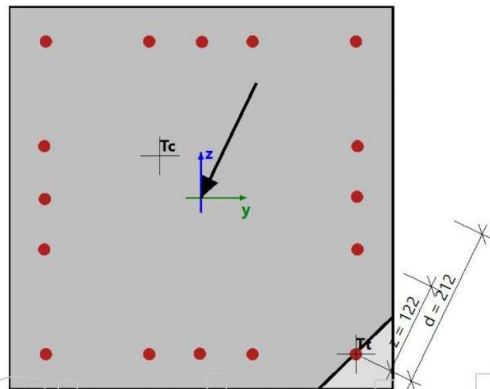
$$d = 212 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$d = \text{Coeff}_{\min} \cdot \text{Coeff}_d \cdot h = 0.5 \cdot 0.9 \cdot 668 = 300 \text{ mm}$$

Krak unutarnje sile ponovno izračunat prema smjeru rezultante posmične sile

$$z = 122 \text{ mm} < 243 \text{ mm}$$

$$z = \text{Coeff}_{\min} \cdot \text{Coeff}_d \cdot \text{Coeff}_z \cdot h = 0.45 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 668 = 243 \text{ mm}$$



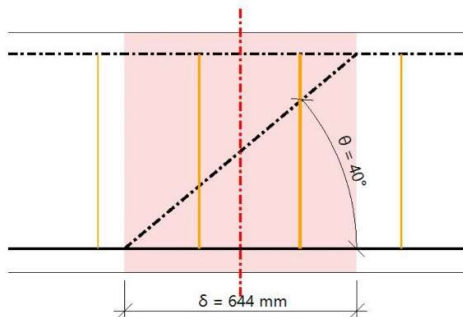
**Parametri posmične armature**

## Unos parametara

Vilice na dužini projekcije posmika  $\delta = z \cdot \cot(\theta) = 644 \text{ mm}$ , interval (-322; 322)

$$z = \text{Coeff}_d \cdot \text{Coeff}_z \cdot h = 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.67 = 541 \text{ mm} \quad \delta = z \cdot \cot(\theta) = 0.541 \cdot \cot(40) = 644 \text{ mm}$$

ID	Zona	$x_s$ [mm]	$\sigma_s$ [mm]	$s_s$ [mm]	$n_s$ []	$\alpha_s$ [°]	$f_{ywk}$ [MPa]
1	1	-115	8	281	4	90	500
2	1	166	8	281	4	90	500
Avg.	-	-	8	281	4	90	500



Broj spojeva vilice

$$n_s = 4$$

Promjer armature

$$\sigma_s = 8 \text{ mm}$$

Udaljenost od središta - do središta vilica u uzdužnom smjeru

$$s_{inp} = 0.281 \text{ m}$$

Kut vilica od osi elementa

$$\alpha_s = 90^\circ$$

Karakteristična granica popuštanja

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

Ploština poprečnog presjeka od posmične armature

$$A_{sw} = n_s \cdot \pi \cdot \left(\frac{\sigma_s}{2}\right)^2 = 4 \cdot 3.14 \cdot \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 201 \text{ mm}^2$$

Maksimalni uzdužni razmak posmičnih spojeva

$$s_l = s_{inp} = 281 \text{ mm}$$

Površina poprečnog presjeka po metru

$$A_{swm} = \frac{A_{sw}}{s_l} = \frac{201 \cdot 10^{-6}}{0.281} = 716 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**Parametri uzdužne armature**

Ploština vlačne armature

$$A_{sl} = 201 \text{ mm}^2$$

**Proračun posmične otpornosti**

Proračunska posmična otpornost elementa bez posmične armature

$$\sigma_{ct,max} = 2.59 \text{ MPa} \geq f_{ctd} = 1.33 \text{ MPa} \Rightarrow \text{presjek slomljen pri savijanju}$$

Proračun posmične otpornosti elementa bez posmične armature u skladu s poglavljem 6.2.2 (1).

Koeffcijent visine poprečnog presjeka

$$k = \min\left(1 + \left(\frac{200}{d}\right)^{\frac{1}{2}}; 2\right) = \min\left(1 + \left(\frac{200}{300}\right)^{\frac{1}{2}}; 2\right) = 1.82 \quad (\text{\S}6.2.2(1))$$

Geometrijski omjer armature

$$\rho_1 = \min\left(\frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}; 0.02\right) = \min\left(\frac{201 \cdot 10^{-6}}{0.06 \cdot 0.3}; 0.02\right) = 0.0112 \quad (\text{\S}6.2.2(1))$$

Osno naprezanje poprečnog presjeka

$$\sigma_{cp} = \min\left(\frac{-N_{Ed}}{A_c}; 0.2 \cdot f_{ctd}\right) = \min\left(\frac{-2135}{0.25}; 0.2 \cdot 20\right) = 4 \text{ MPa} \quad (\text{\S}6.2.2(1))$$

Ostali koeffcijenti

$$C_{Rdc} = 0.12 \quad v_{min} = 0.469 \text{ MPa} \quad k_1 = 0.15$$

Proračun posmične otpornosti

$$V_{Rdc} = 10^6 \cdot \left( C_{Rdc} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d \quad (6.2.a)$$

$$= 10^6 \cdot \left( 0.12 \cdot 1.82 \cdot \left( 100 \cdot 0.0112 \cdot 30 \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 4 \right) \cdot 0.06 \cdot 0.3 = 23 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmin} = 10^6 \cdot \left( v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d \quad (6.2.b)$$

$$= 10^6 \cdot (0.469 + 0.15 \cdot 4) \cdot 0.06 \cdot 0.3 = 19 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = \max(V_{Rdc}; V_{Rdmin}; 0) = \max(23469; 19267; 0) = 23 \text{ kN}$$

Bilješka: Proračunska posmična otpornost elementa bez posmične armature proračunava se u skladu s člankom 6.2.2 (1), jer je presjek napuknut pri savijanju u GSN-u ili se presjek ne optereti normalnim silama i momentima savijanja.

Projektirana vrijednost maksimalne posmične sile koju element može podnijeti

Faktor smanjenja čvrstoće za beton napuknut u posmiku - vrijednosti v

$$v = 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{30}{250} \right) = 0.528 \quad (6.6N)$$

Faktor smanjenja čvrstoće za beton napuknut u posmiku - vrijednosti v<sub>1</sub>

$$\sigma_{cp} = \min \left( \frac{-N_{Ed}}{A_c}; 0.2 \cdot f_{cd} \right) = \min \left( \frac{-2135}{0.25}; 0.2 \cdot 20 \right) = 4 \text{ MPa}$$

$$v_1 = 0.6 \quad (6.10.aN)$$

Coefficient taking into account state of the stress in the compression chord

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{za element bez prednaprezanja}) \quad (6.2.3(3)N3)$$

Projektirana vrijednost maksimalne posmične sile koju element može podnijeti

$$V_{Rdmax} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w1} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{(\cotg(\theta) + \tg(\theta))} = \frac{1 \cdot 0.555 \cdot 0.243 \cdot 0.6 \cdot 20 \cdot 10^5}{(\cotg(40) + \tg(40))} = 798 \text{ kN} \quad (6.9)$$

Proračunska vrijednost posmičnog otpora elementa sa posmičnom armaturom

Proračunsko naprezanje posmične armature

$$A_{sw} = n_s \cdot \pi \cdot \left( \frac{\phi_s}{2} \right)^2 = 4 \cdot 3.14 \cdot \left( \frac{8}{2} \right)^2 = 201 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{swd} = \frac{\frac{V_{Ed}}{z} \cdot s_l}{A_{sw} \cdot (\cotg(\theta) + \cotg(\alpha_s) \cdot \sin(\alpha_s))} = \frac{\frac{13836}{0.243} \cdot 0.28}{201 \cdot 10^{-6} \cdot (\cotg(40) + \cotg(90) \cdot \sin(90))} = 66.6 \text{ MPa}$$

Proračunska granica popuštanja posmične armature

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad (\text{jer } \sigma_{swd} < 0.8 \cdot f_{yk})$$

Bilješka: Proračunska granica popuštanja posmične armature smanjena je na 0,8 x f<sub>yk</sub> (EN 1992-1-1, točka 6.2.3 (3)), jer je proračunsko naprezanje posmične armature ispod 80% karakteristične granice naprezanja f<sub>yk</sub>.

Ograničenje maksimalno dopuštene posmične armature

$$A_{sw,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_{w1} \cdot s_l}{f_{ywd} \cdot (1 + \cotg(\theta))^2 \cdot \sin(\alpha_s)} = \frac{1 \cdot 0.6 \cdot 20 \cdot 555 \cdot 281}{400 \cdot (1 + \cotg(40))^2 \cdot \sin(90)} = 1932 \text{ mm}^2 \quad (6.12)$$

$$A_{sw} = \min(A_{sw}; A_{sw,max}) = \min(201; 1932) = 201 \text{ mm}^2$$

Proračunska vrijednost posmičnog otpora elementa sa posmičnom armaturom

$$V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg(\theta) = \frac{201 \cdot 10^{-6}}{0.28} \cdot 0.243 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot \cotg(40) = 83 \text{ kN} \quad (6.8)$$

Maksimalna posmična sila u blizini oslonca (bez upotrebe faktora β)

$$V_{Ed,max} = 0.5 \cdot b_{w1} \cdot d \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.555 \cdot 0.3 \cdot 0.528 \cdot 20 \cdot 10^6 = 881 \text{ kN} \quad (6.5)$$



## Posmična otpornost elementa

$$V_{Rd} = \min(V_{Eds} + V_{ccd} + V_{td}, V_{Rdmax} + V_{ccd} + V_{td}, V_{Edmax} + V_{ccd} + V_{td}) = \min(83.1 + 0 + 0, 798 + 0 + 0, 881 + 0 + 0) = 83.1 \text{ kN}$$

**Provjera posmika**Provjera  $V_{Rdmax}$ 

$$V_{Ed} = 13.8 \text{ kN} \leq V_{Rdmax} + V_{ccd} + V_{td} = 798 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava za slom tlačne dijagonale ( $V_{Ed} \leq V_{Rd, max} + V_{td} + V_{ccd}$ ).

Provjera  $V_{Edmax}$ 

$$V_{Ed} = 13.8 \text{ kN} \leq V_{Edmax} + V_{ccd} + V_{td} = 881 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava posmičnu silu u blizini oslonca ( $V_{Ed} \leq V_{Ed, max} + V_{td} + V_{ccd}$ ).

Provjera  $V_{Rdc}$  i  $V_{Rds}$ 

$$V_{Ed} = 13.8 \text{ kN} < V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td} = 83.1 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava za posmičnu armaturu ( $V_{Ed} < V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td}$ ).

**Provjera**

$$UC = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{13.8 \text{ kN}}{83.1 \text{ kN}} = 0.167$$

**Provjeri torziju proračunaj torzijsku otpornost**

Ukupna površina poprečnog presjeka

$$A_c = 250000 \text{ mm}^2$$

Ukupna površina poprečnog presjeka

$$u_c = 2000 \text{ mm}$$

Površina uzdužne armature za torziju

$$A_{sl} = 3217 \text{ mm}^2$$

Minimalna udaljenost između armaturnih šipki unutar vilice za torziju i ruba poprečnog presjeka

$$a_{sl} = 46 \text{ mm}$$

Efektivna debljina zida

$$t_{ef} = \max\left(\frac{A_c}{u_c}; 2 \cdot a_{sl}\right) = \max\left(\frac{250000}{2000}; 2 \cdot 46\right) = 125 \text{ mm} \quad (\$6.3.2(1))$$

Opseg područja i površina obuhvaćena središnjom linijom efektivnog poprečnog presjeka

$$u_k = 1500 \text{ mm}$$

$$A_k = 140625 \text{ mm}^2$$

Bilješka: Parametri za torziju [vrjednost  $A_k$  i  $u_k$ ] izračunavaju se automatskom metodom [Metoda = od torzijske vilice].

Studentska verzija

**Parametri posmične/ torzijske armature**

Vilice na dužini projekcije posmika  $\delta = z \cdot \cot(\Theta) = 644$  mm, interval (-322; 322)

$$z = \text{Coeff } d \cdot \text{Coeff } z \cdot h = 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.67 = 541 \text{ mm} \quad \delta = z \cdot \cot(\Theta) = 0.541 \cdot \cot(40) = 644 \text{ mm}$$

ID	Zona	$x_s$ [mm]	$\phi_s$ [mm]	$s_s$ [mm]	$n_s$	$\alpha_s$ [°]	$f_{yw}$ [MPa]
1	1	-115	8	281	2	90	500
2	1	166	8	281	2	90	500
Avg.	-	-	8	281	2	90	500

**Unos parametara**

Promjer  $\phi_{st} = 8$  mm

Kut vilice od osi elementa  $\alpha_{st} = 90^\circ$

Karakteristična granica popuštanja  $f_{yw} = 500$  MPa

Ploština poprečnog presjeka od posmične armature

$$A_{swt} = \pi \cdot \left(\frac{\phi_{st}}{2}\right)^2 = 3.14 \cdot \left(\frac{8}{2}\right)^2 = 50.3 \text{ mm}^2$$

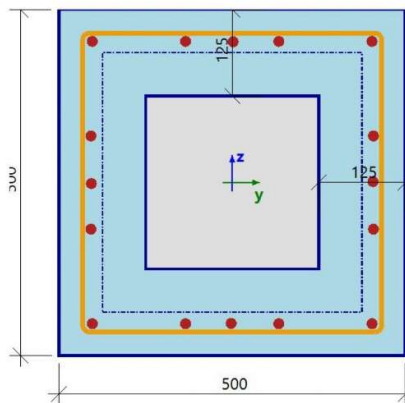
Maksimalni uzdužni razmak posmičnih spojeva  $s_{lt} = 281$  mm

Površina posmične armature po metru

$$A_{swtm} = \frac{A_{swt}}{s_{lt}} = \frac{50.3}{281} = 179 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Proračunska granica popuštanja posmične armature

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa}$$

**Proračun torzijske otpornosti**

Proračunaj torzijskog momenta u trenutku pucanja

$$T_{Rdc} = 2 \cdot f_{ctd} \cdot t_{ef} \cdot A_k = 2 \cdot 1.33 \cdot 125 \cdot 140625 = 46.9 \text{ kNm}$$

Proračunaj moment torzijske otpornosti armature

$$T_{Rds} = 2 \cdot A_k \cdot \frac{A_{swt}}{s_{lt}} \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\Theta) = 2 \cdot 140625 \cdot \frac{50.3}{281} \cdot 435 \cdot \cot(40) = 26.1 \text{ kNm}$$

**Maksimalni proračunski moment otpornosti na torziju**

Faktor smanjenja čvrstoće za beton napuknut u posmiku - vrijednosti  $v$

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528 \quad (6.6N)$$

$$v_1 = 0.6 \quad (6.10.aN)$$

Coefficient taking into account state of the stress in the compression chord

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{za element bez prednaprezanja}) \quad (6.2.3(3)N3)$$

Maksimalni proračunski moment otpornosti na torziju

$$T_{Rdmax} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{ctd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \cos(\Theta) \cdot \sin(\Theta) \\ = 2 \cdot 0.528 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 140625 \cdot 125 \cdot \cos(40) \cdot \sin(40) = 183 \text{ kNm}$$

Studentska verzija

Moment torzijske otpornosti elementa

$$T_{Rd} = \min(T_{Rds}, T_{Rdmax}) = \min(26.1; 183) = 26.1 \text{ kNm}$$

Dodatna sila torzije

Proračunsko dodatno naprezanje

$$\sigma_{sd} = \frac{\text{abs}(T_{Ed}) \cdot u_k \cdot \cotg(\theta)}{2 \cdot A_k \cdot A_{sI}} = \frac{\text{abs}(0.194) \cdot 1500 \cdot \cotg(40)}{2 \cdot 140625 \cdot 3217} = 0.383 \text{ MPa} \quad (6.28)$$

Izračun granice popuštanja

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa}$$

Proračunska dodatna vlačna sila

$$F_{sd} = \sigma_{sd} \cdot A_{sI} = 0.383 \cdot 3217 = 1.23 \text{ kN}$$

Maksimalna proračunska sila

$$F_{sdmax} = f_{yd} \cdot A_{sI} = 435 \cdot 3217 = 1399 \text{ kN}$$

### Provjera torzije

Provjeri  $T_{Rdmax}$

$$T_{Ed} = 0.194 \text{ kNm} \leq T_{Rdmax} = 183 \text{ kNm}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava slom tlačne dijagonale ( $T_{Ed} < T_{Rd, max}$ ).

Provjeri  $T_{Rdc}$  i  $T_{Rds}$

$$T_{Ed} = 0.194 \text{ kNm} < T_{Rds} = 26.1 \text{ kNm}$$

Bilješka: Provjera zadovoljava za posmičnu armaturu ( $T_{Ed} < T_{Rds}$ ).

Provjera  $F_{sdmax}$

$$F_{sd} = 1.23 \text{ kN} \leq F_{sdmax} = 1399 \text{ kN}$$

Bilješka: Provjera dodatne vlačne sile u uzdužnoj armaturi zadovoljava.

### Provjera

$$UC = \max\left(\frac{\text{abs}(T_{Ed})}{T_{Rd}}, \frac{F_{sd}}{F_{sdmax}}\right) = \max\left(\frac{\text{abs}(0.194 \text{ kNm})}{26.1 \text{ kNm}}, \frac{1.23 \text{ kN}}{1399 \text{ kN}}\right) = 7.43 \cdot 10^{-3}$$

### Provjera interakcije $V_y + V_z + T$

#### Provjera interakcije $V_y + V_z + T$ (beton)

Provjeri jednadžbu  $(T_{Ed} / T_{Rdmax}) + (V_{Ed} / V_{Rdmax})$

$$\left(\frac{\text{abs}(T_{Ed})}{T_{Rdmax}}\right) + \left(\frac{\text{abs}(V_{Ed})}{V_{Rdmax}}\right) = \left(\frac{\text{abs}(0.194)}{183}\right) + \left(\frac{\text{abs}(13.8)}{798}\right) = 0.0184 \leq 1 \quad (6.29)$$

Bilješka: Provjera interakcije  $V_y + V_z + T$  za slom tlačne dijagonale zadovoljava.

Provjeri jednadžbu  $(T_{Ed} / T_{Rdc}) + (V_{Ed} / V_{Rdc})$

$$\left( \frac{\text{abs}(T_{Ed})}{T_{Rdc}} \right) + \left( \frac{\text{abs}(V_{Ed})}{V_{Rdc}} \right) = \left( \frac{\text{abs}(0,194)}{46,9} \right) + \left( \frac{\text{abs}(13,8)}{23,5} \right) = 0,594 \leq 1 \quad (6.31)$$

Bilješka: Provjera interakcije  $V_y + V_z + T$  za beton zadovoljava, sile smicanja i torzijski moment se prenose betonom, nije potrebna nikakva posmična armatura. Nije potrebno provjeravati posmičnu otpornost unesene posmične armature ( $V_{Rds}$ ), stoga se posmična otpornost proračunava, ali ne provjerava.

Provjera

$$UC_{int.con} = 0,0184$$

#### Provjera interakcije $V_y + V_z + T$ (posmična armatura)

Proračunsko naprezanje

$$\sigma_{swd} = \left( \frac{\text{abs}(T_{Ed})}{2 \cdot A_k} + \frac{V_{Ed}}{n_s \cdot z} \right) \cdot \left( \frac{s_{It}}{A_{swt} \cdot \cotg(\theta)} \right) = \left( \frac{\text{abs}(0,194)}{2 \cdot 140625} + \frac{13,8}{4 \cdot 243} \right) \cdot \left( \frac{281}{50,3 \cdot \cotg(40)} \right) = 69,8 \text{ MPa}$$

Izračun granice popuštanja

$$f_{ywd} = 0,8 \cdot f_{ywk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad (\text{jer } \sigma_{swd} < 0,8 \cdot f_{ywk})$$

Bilješka: Projektirana granica popuštanja je smanjen na  $0,8 \cdot f_{ywk}$  (EN 1992-1-1, točka 6.2.3 (3)), jer projektirano naprezanje za posmičnu armaturu je ispod 80% karakteristične granice popuštanja  $f_{yk}$ .

Bilješka: Posmične sile i moment torzije prenošeni betonom, nije potrebna posmična armatura. Nije potrebno provjeravati posmičnu otpornost unesene posmične armature ( $V_{Rds}$ ), stoga se posmična otpornost proračunava, ali ne provjerava.

#### Ukupna provjera cjelovitosti interakcije

$$UC_{int} = \max(UC_{int.con}; UC_{int.shear}) = \max(0,0184; 0) = 0,0184$$

#### Ukupna vrijednost provjere jedinstva

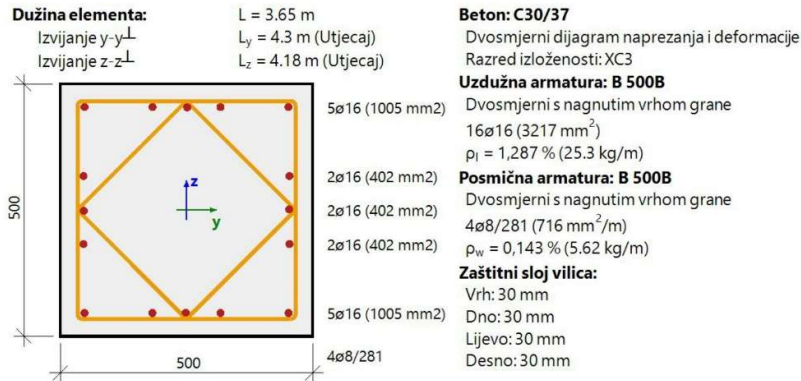
$$UC = \max(UC_{shear}; UC_{tor}; UC_{int.con}; UC_{int.shear}) = \max(0,167; 7,43 \cdot 10^{-3}; 0,0184; 0) = 0,167$$

Studentska verzija

**Provjeri granično naprezanje**

Vrijednosti: **UC**  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: GSU-kvazi (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: B8

Stup B8	Pravokutnik (500; 500)
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Presjek 0 [dx = 0 m]

**Karakteristike materijala**

Karakteristična betonska tlačna čvrstoća  $f_{ck} = 30$  MPa  
 Karakteristična granica popuštanja uzdužne armature  $f_{yk} = 500$  MPa

Srednja vlačna čvrstoća betona  $f_{ctm} = 2.9$  MPa

Modul elastičnosti betona:  
 $E_c = 33$  GPa

**Sile**

Iz MKE analize

Karakteristične vrijednosti:

$$G+dG+Q_s+0.50*S+0.60*3DVjetar8+0.70*Qg+Z$$

$$N = -2646 \text{ kN} \quad M_y = 30.2 \text{ kNm} \quad M_z = 6.44 \text{ kNm}$$

Nazovistalne vrijednosti:

$$G+dG+0.30*Q_s+0.00*S+0.00*3DVjetar8+0.60*Qg+Z$$

$$N_{qp} = -2485 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = 31.9 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = 3 \text{ kNm}$$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_M = 84.6^\circ$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -2646 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).



Ponovni proračun momenata savijanja

Učinak drugog reda: Ne  
 Nesavršenosti: Ne  
 Karakteristične vrijednosti:  $N_{char,r} = -2646$  kN  $M_{y,char,r} = 30.2$  kNm  $M_{z,char,r} = 6.44$  kNm  
 Nazovistalne vrijednosti:  $N_{qp,r} = -2485$  kN  $M_{y,qp,r} = 31.9$  kNm  $M_{z,qp,r} = 3$  kNm  
 Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_{M,r} = 84.6^\circ$

### Sažetak provjere

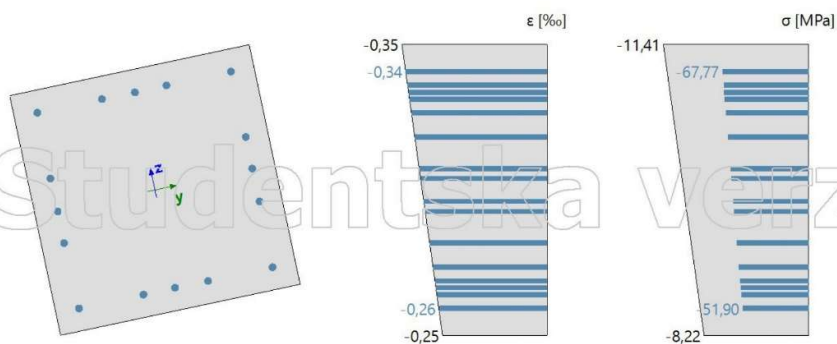
Opterećenje	E	$E_c$	UC	Status	UC	Status	UC	Status	UC	Limit	Status
	Vrsta	[MPa]	§7.2(2)	§7.2(2)	§7.2(3)	§7.2(3)	§7.2(5)	§7.2(5)	[-]	[-]	
			[-]	Karak.	[-]	Q.-P.	[-]	Karak.			
Kratko	$E_c$	32800	0,00	ISKLUŽI	0,80	U REDU	-0,13	U REDU	0,80	1	U REDU

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1, N5/2.

### Provjera pukotina u poprečnom presjeku

Opterećenje	Vrsta	$E_c$	Kombinacija.	$N_{Ed}$	$M_{Edy}$	$M_{Edz}$	$\sigma_{ct}$	h	$f_{ct,eff}$	Pukotine
	modul	[MPa]		[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[mm]	[MPa]	pojavit
Kratko	$E_c$	32800	Karak.	-2646	30.2	6.44	-8.22	593	2.9	NE

### Raspodjela napona i naprezanja prije napuknuća (neraspuknuto stanje) - kratkotrajno opterećenje

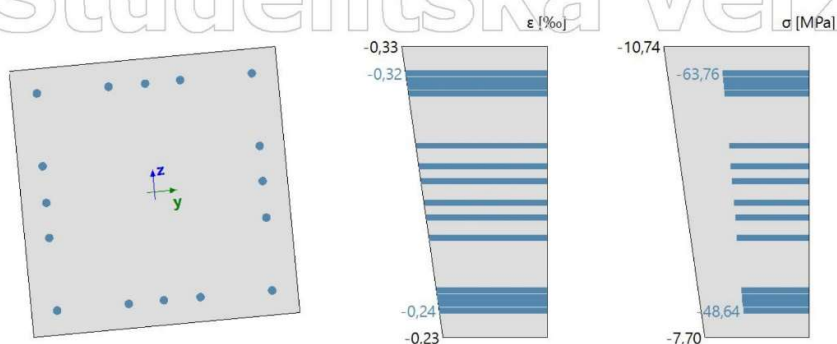


### Osobine presjeka

Opterećenje	Kombinacija.	$t_y$	$t_z$	$A_i$	$I_{iy}$	$I_{iz}$	$x_i$	$\epsilon_{c,max}$	$\epsilon_{c,min}$	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,min}$
		[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m]	[‰]	[‰]	[MPa]	[MPa]
Kratko	Karak.	0	0	0.27	$5.74 \cdot 10^{-3}$	$5.74 \cdot 10^{-3}$	0.593	-0.25	-0.348	-8.22	-11.4
Kratko	Q.-P.	0	0	0.27	$5.74 \cdot 10^{-3}$	$5.74 \cdot 10^{-3}$	0.544	-0.235	-0.327	-7.7	-10.7

Studentska verzija

### Distribucija naprezanja i deformacija s betonskom vlačnom čvrstoćom pod nazovistalnom kombinacijom - kratkotrajno opterećenje



#### Ograničenje naprezanja u betonu

Provjeri vrstu	Opterećenje	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$ [-]	Status
§7.2(2) Karak.	Kratko	-2646	30,2	6,44						ISKLUJUĆI
§7.2(3) Q.-P.	Kratko	-2485	31,9	3	0,25	0,25	-10,7	-13,5	0,795	U REDU

#### Ograničenje naprezanja u nenapregnutoj armaturi

Provjeri vrstu	Opterećenje	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\sigma_s$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$ [-]	Status
§7.2(5) Karak.	Kratko	-2646	30,2	6,44	-0,2	-0,2	-51,9	400	-0,13	U REDU

#### Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki

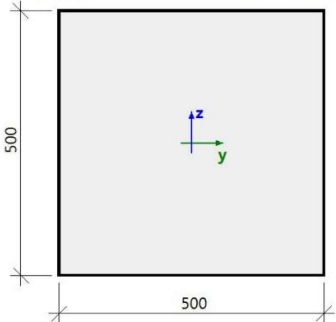
Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N5/2	Bilješka	Kontrola graničnog naprezanja nije potrebna za odabrani razred izloženosti.	Promijenite razred izloženosti XD, XS ili XF.

Studentska verzija

**Provjeri širinu pukotine (GSU)**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: GSU-kvazi (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: Svi

<b>Stup B2</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 11 [dx = 2.6 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 2.6 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 3.22 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 3.17 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3


**Karakteristike materijala**

Efektivna čvrstoća betona:

$$f_{ct,eff} = f_{cm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Čvrstoća u betonu, kada se pojavi pukotina:

$$\sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa}$$

Modul elastičnosti betona:

$$E_c = E_{cm} = 32.8 \text{ GPa}$$

**Sile**

Karakteristične vrijednosti

$$G + dG + 3DV_{jetar} + 10 + 0.70 \cdot Q_g + Z$$

$$N_{char} = -1422 \text{ kN} \quad M_{y,char} = -9.02 \text{ kNm} \quad M_{z,char} = -6.56 \text{ kNm}$$

Nazovistalne vrijednosti

$$G + dG + 0.00 \cdot 3DV_{jetar} + 10 + 0.60 \cdot Q_g + Z$$

$$N_{qp} = -1585 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = -7.08 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = -7.57 \text{ kNm}$$

Kut rezultantnog momenta savijanja

$$\alpha_M = -137^\circ$$

**Proračun sila pucanja (neispucali presjek)**

Maksimalno naprezanje u betonu

$$\sigma_{ct} = -4.94 \text{ MPa}$$

Sile pucanja

$$N_{cr} = 835 \text{ kN} \quad M_{cr,y} = 5.29 \text{ kNm} \quad M_{cr,z} = 3.85 \text{ kNm}$$

Bilješka: Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.

**Osobine presjeka**

Vrsta	CSS-neslomljen	Css napuknut
t <sub>iy</sub> [m]	0	0
t <sub>iz</sub> [m]	0	0
A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.25	0.25
I <sub>iy</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.21·10 <sup>-3</sup>	5.21·10 <sup>-3</sup>
I <sub>iz</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.21·10 <sup>-3</sup>	5.21·10 <sup>-3</sup>

Studentska verzija



**Provjera**

Provjera jedinica proračuna

$$UC = \frac{w}{w_{\max}} = \frac{0 \text{ mm}}{0.3 \text{ mm}} = 0$$

Provjeri širinu pukotine

$$w = 0 \text{ mm} = < w_{\max} = 0.3 \text{ mm}$$

Bilješka: Provjera širine pukotine zadovoljava, jer je širina pukotine manja od granične vrijednosti.
---

Studentska verzija

Studentska verzija

**Provjeri progib**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: GSU-karakt. (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: Svi

<b>Stup B8</b>	<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Presjek 13 [dx = 3.65 m]

**Kratkotrajnokrutosti i zakrivljenosti pod ukupnim opterećenjem****Postavke**

Dugoročni dio primijenjenog opterećenja= 0%

**Karakteristike materijala**

Karakteristična betonska tlačna čvrstoća     Karakteristična granica popuštanja uzdužne armaure  
 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$       $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti betona:

$E_c = 33 \text{ GPa}$

**Sile**

Iz MKE analize

Karakteristične vrijednosti:

$G+dG+0.70*Qs+0.50*S+3DVjetar10+0.70*Qg+Z$

$N = -2622,24 \text{ kN}$       $M_y = -24,55 \text{ kNm}$       $M_z = -9,70 \text{ kNm}$

Nazovistalne vrijednosti:

$G+dG+0.30*Qs+0.00*S+0.00*3DVjetar10+0.60*Qg+Z$

$N_{qp} = -2462,79 \text{ kN}$       $M_{y,qp} = -23,79 \text{ kNm}$       $M_{z,qp} = -9,82 \text{ kNm}$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_M = -112^\circ$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -2622 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Ne

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

Karakteristične vrijednosti:  $N_{char,r} = -2622,24 \text{ kN}$       $M_{y,char,r} = -24,55 \text{ kNm}$       $M_{z,char,r} = -9,70 \text{ kNm}$

Nazovistalne vrijednosti:  $N_{qp,r} = -2462,79 \text{ kN}$       $M_{y,qp,r} = -23,79 \text{ kNm}$       $M_{z,qp,r} = -9,82 \text{ kNm}$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_{M,r} = -112^\circ$

Studentska verzija

**Izračunavanje  $f_{ct, eff}$** 

Srednja vlačna čvrstoća betona

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\alpha_M = 68,4^\circ$$

$$h = 0,649 \text{ m}$$

$$f_{ct, eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Snaga betona, kada se pojavi pukotina

$$f_{ct, eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

**Osobine presjeka**

Vrsta komponenta	$t_y$ [m]	$t_z$ [m]	A [m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	$I_z$ [m <sup>4</sup> ]	$x_i$ [m]	$A_{st}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sc}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]
Linearni	0	0	0,25	$5,21 \cdot 10^{-3}$	$5,21 \cdot 10^{-3}$	0,653	-	-	-
Nenapuknut	0	0	0,27	$5,74 \cdot 10^{-3}$	$5,74 \cdot 10^{-3}$	0,65	0	$3,22 \cdot 10^{-3}$	$3,22 \cdot 10^{-3}$
Napuknuti	0	0	0,27	$5,74 \cdot 10^{-3}$	$5,74 \cdot 10^{-3}$	0,653	0	$3,22 \cdot 10^{-3}$	$3,22 \cdot 10^{-3}$

**Provjera betonskih napreznja i izračunavanje sila pucanja**

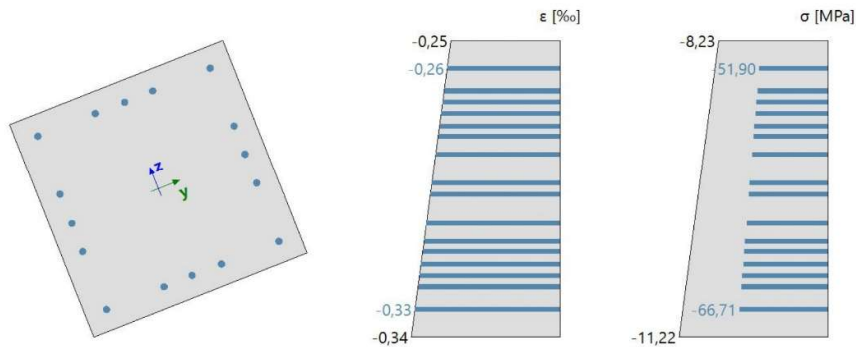
Maksimalno vlačno napreznje u betonskim vlaknima

$$\sigma_{ct} = -8,23 \text{ MPa}$$

Status pucanja

Bilješka: Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno napreznje.

$N_{cr}$ [kN]	$M_{y, cr}$ [kNm]	$M_{z, cr}$ [kNm]	$\sigma_{ct}$ [MPa]	$f_{ct, eff}$ [MPa]	Slomljeni dio	$\sigma_{sr}$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\beta$ [-]	$\zeta$ [-]	$E_c$ [GPa]
0	0	0	-8,23	2,9	NE	0	0	1	0	32,8

**Distribucija napreznja i deformacije za provjeru pojave pukotine zakratkoročno load**

Studentska verzija

**Krutost**

Osnovna krutost EA

$$EA_{lin} = E_c \cdot A_c = 32.8 \cdot 0.25 = 8200 \text{ MN}$$

$$EA_I = E_c \cdot A_{c,I} = 32.8 \cdot 0.27 = 8843 \text{ MN}$$

$$EA_{II} = E_c \cdot A_{c,II} = 32.8 \cdot 0.27 = 8843 \text{ MN}$$

$$EA = \frac{1}{\frac{\zeta}{EA_{II}} + \frac{1-\zeta}{EA_I}} = \frac{1}{\frac{0}{8843} + \frac{1-0}{8843}} = 8843 \text{ MN} \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEA} = \frac{EA}{EA_{lin}} = \frac{8843}{8200} = 1.08$$

Krutost savijanja Ely

$$Ely_{lin} = E_c \cdot I_y = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$Ely_I = E_c \cdot I_{y,I} = 32.8 \cdot 5.74 \cdot 10^9 = 188 \text{ MNm}^2$$

$$Ely_{II} = E_c \cdot I_{y,II} = 32.8 \cdot 5.74 \cdot 10^9 = 188 \text{ MNm}^2$$

$$Ely = \frac{1}{\frac{\zeta}{Ely_{II}} + \frac{1-\zeta}{Ely_I}} = \frac{1}{\frac{0}{188} + \frac{1-0}{188}} = 188 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEly} = \frac{Ely}{Ely_{lin}} = \frac{188}{171} = 1.1$$

Krutost savijanja Elz

$$Elz_{lin} = E_c \cdot I_z = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$Elz_I = E_c \cdot I_{z,I} = 32.8 \cdot 5.74 \cdot 10^9 = 188 \text{ MNm}^2$$

$$Elz_{II} = E_c \cdot I_{z,II} = 32.8 \cdot 5.74 \cdot 10^9 = 188 \text{ MNm}^2$$

$$Elz = \frac{1}{\frac{\zeta}{Elz_{II}} + \frac{1-\zeta}{Elz_I}} = \frac{1}{\frac{0}{188} + \frac{1-0}{188}} = 188 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerElz} = \frac{Elz}{Elz_{lin}} = \frac{188}{171} = 1.1$$

**Zakrivljenost**

Poprečni presjek betona

$$\frac{1}{r_{y,lin}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_c \cdot I_y} = \frac{-23.8}{33 \cdot 5.21 \cdot 10^9} = 139 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{z,lin}} = \frac{-M_{z,qp}}{E_c \cdot I_z} = \frac{-9823}{33 \cdot 10^9 \cdot 5.21 \cdot 10^{-3}} = 57.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{lin}} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_y}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_z}\right)^2} = \sqrt{(139 \cdot 10^{-6})^2 + (57.5 \cdot 10^{-6})^2} = 151 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

Neslomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,I}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_c \cdot I_{y,I}} = \frac{-23.8}{33 \cdot 5.74 \cdot 10^9} = 126 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{z,I}} = \frac{-M_{z,qp} + N_{qp} \cdot t_{y,I}}{E_c \cdot I_{z,I}} = \frac{-9823 - 2.46 \cdot 10^6 \cdot 446 \cdot 10^{-9}}{33 \cdot 10^9 \cdot 5.74 \cdot 10^{-3}} = 52.2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_I} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_{y,I}}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_{z,I}}\right)^2} = \sqrt{(126 \cdot 10^{-6})^2 + (52.2 \cdot 10^{-6})^2} = 137 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

Potpuno slomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,I}} = \frac{M_{y,qp}}{E_c \cdot I_{y,II}} = \frac{-23,8}{33 \cdot 5,74 \cdot 10^9} = 126 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{z,II}} = \frac{M_{z,qp}}{E_c \cdot I_{z,II}} = \frac{-9823}{33 \cdot 10^9 \cdot 5,74 \cdot 10^{-3}} = 52,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{fl}} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_{y,II}}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_{z,II}}\right)^2} = \sqrt{(126 \cdot 10^{-6})^2 + (52,2 \cdot 10^{-6})^2} = 137 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

Rezultanta zakrivljenosti

$$\frac{1}{r_y} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{y,II}} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{y,I}} = 0 \cdot 126 \cdot 10^{-6} + (1 - 0) \cdot 126 \cdot 10^{-6} = 126 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_z} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{z,II}} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{z,I}} = 0 \cdot 52,2 \cdot 10^{-6} + (1 - 0) \cdot 52,2 \cdot 10^{-6} = 52,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_y}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_z}\right)^2} = \sqrt{(126 \cdot 10^{-6})^2 + (52,2 \cdot 10^{-6})^2} = 137 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

Omjer krutosti

$$\text{omjer}_{ux} = \frac{1}{\text{OmjerEA}} = \frac{1}{1,08} = 0,927$$

$$\text{omjer}_{uy} = \frac{1}{\text{OmjerElz}} = \frac{1}{1,1} = 0,908$$

$$\text{omjer}_{uz} = \frac{1}{\text{OmjerEly}} = \frac{1}{1,1} = 0,907$$

Objašnjenje pogrešaka / upozorenja i napomene

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N8/3	Bilješka	Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.	

Dugotrajnokrutosti i zakrivljenosti pod ukupnim opterećenjem

Postavke

Dugoročni dio primijenjenog opterećenja = 70%

Koefficient puzanja  $\varphi = 2,268$ 

Karakteristike materijala

Karakteristična betonska tlačna čvrstoća

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Karakteristična granica popuštanja uzdužne armaure

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Modul elastičnosti betona:

$$E_c = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{32,8 \cdot 10^9}{1 + 2,27} = 10 \text{ GPa} \quad (7,20)$$

Studentska verzija

**Sile**

Iz MKE analize

Karakteristične vrijednosti:

$$G+dG+0.70 \cdot Q_s+0.50 \cdot S+3DVjetar10+0.70 \cdot Q_g+Z$$

$$N = -2622,24 \text{ kN} \quad M_y = -24,55 \text{ kNm} \quad M_z = -9,70 \text{ kNm}$$

Nazovistalne vrijednosti:

$$G+dG+0.30 \cdot Q_s+0.00 \cdot S+0.00 \cdot 3DVjetar10+0.60 \cdot Q_g+Z$$

$$N_{qp} = -2462,79 \text{ kN} \quad M_{y,qp} = -23,79 \text{ kNm} \quad M_{z,qp} = -9,82 \text{ kNm}$$

Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_M = -112^\circ$ **Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0,1 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0,25) = -500 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -2622 \text{ kN} < -500 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja

Učinak drugog reda: Da

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Nesavršenosti: Ne

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

Karakteristične vrijednosti:  $N_{char,r} = -2622,24 \text{ kN}$   $M_{y,char,r} = -24,55 \text{ kNm}$   $M_{z,char,r} = -9,70 \text{ kNm}$ Nazovistalne vrijednosti:  $N_{qp,r} = -2462,79 \text{ kN}$   $M_{y,qp,r} = -23,79 \text{ kNm}$   $M_{z,qp,r} = -9,82 \text{ kNm}$ Kut rezultante momenta savijanja:  $\alpha_{M,r} = -112^\circ$ **Izračunavanje  $f_{ct,eff}$** 

Srednja vlačna čvrstoća betona

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\alpha_M = 68,4^\circ$$

$$h = 0,649 \text{ m}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Snaga betona, kada se pojavi pukotina

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

**Osobine presjeka**

Vrsta komponenta	$t_y$ [m]	$t_z$ [m]	$A$ [m <sup>2</sup> ]	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	$I_z$ [m <sup>4</sup> ]	$x_i$ [m]	$A_{st}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sc}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]
Linearni	0	0	0.25	$5,21 \cdot 10^{-3}$	$5,21 \cdot 10^{-3}$	0.653	-	-	-
Nenapuknut	0	0	0.314	$6,95 \cdot 10^{-3}$	$6,93 \cdot 10^{-3}$	0.65	0	$3,22 \cdot 10^{-3}$	$3,22 \cdot 10^{-3}$
Napuknuti	0	0	0.314	$6,95 \cdot 10^{-3}$	$6,93 \cdot 10^{-3}$	0.653	0	$3,22 \cdot 10^{-3}$	$3,22 \cdot 10^{-3}$

Studentska verzija



**Provjera betonskih naprezanja i izračunavanje sila pucanja**

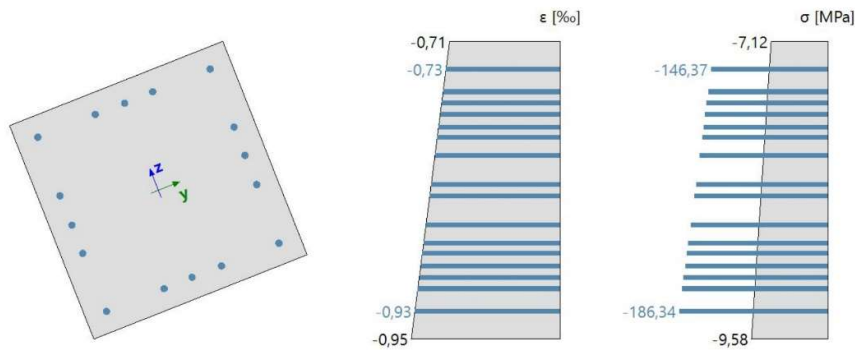
Maksimalno vlačno naprezanje u betonskim vlaknima

$$\sigma_{ct} = -7.12 \text{ MPa}$$

Status pucanja

Bilješka: Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.

$N_{cr}$ [kN]	$M_{y,cr}$ [kNm]	$M_{z,cr}$ [kNm]	$\sigma_{ct}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	Slomljeni dio	$\sigma_{sr}$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$\beta$ [-]	$\zeta$ [-]	$E_c$ [GPa]
0	0	0	-7.12	2.9	NE	0	0	0.5	0	10

**Distribucija naprezanja i deformacije za provjeru pojave pukotine zadugoročno load****Krutost**

Ozna krutost EA

$$EA_{lin} = E_c \cdot A_c = 32.8 \cdot 0.25 = 8200 \text{ MN}$$

$$EA_y = E_{c,eff} \cdot A_{c,I} = 10 \cdot 0.314 = 3153 \text{ MN}$$

$$EA_{II} = E_{c,eff} \cdot A_{c,II} = 10 \cdot 0.314 = 3153 \text{ MN}$$

$$EA = \frac{1}{\frac{\zeta}{EA_{II}} + \frac{1-\zeta}{EA_I}} = \frac{1}{\frac{0}{3153} + \frac{1-0}{3153}} = 3153 \text{ MN} \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEA} = \frac{EA}{EA_{lin}} = \frac{3153}{8200} = 0.384$$

Krutost savijanja Ely

$$Ely_{lin} = E_c \cdot I_y = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$Ely_{I} = E_{c,eff} \cdot I_{y,I} = 10 \cdot 6.95 \cdot 10^9 = 69.7 \text{ MNm}^2$$

$$Ely_{II} = E_{c,eff} \cdot I_{y,II} = 10 \cdot 6.95 \cdot 10^9 = 69.7 \text{ MNm}^2$$

$$Ely = \frac{1}{\frac{\zeta}{Ely_{II}} + \frac{1-\zeta}{Ely_{I}}} = \frac{1}{\frac{0}{69.7} + \frac{1-0}{69.7}} = 69.7 \text{ MN}\cdot\text{m}^2 \quad (7.18)$$

$$\text{OmjerEly} = \frac{Ely}{Ely_{lin}} = \frac{69.7}{171} = 0.408$$

Studentska verzija

Krutost savijanja  $EI_z$ 

$$EI_{z,lin} = E_c \cdot I_z = 32.8 \cdot 5.21 \cdot 10^9 = 171 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{z,I} = E_{c,eff} \cdot I_{z,I} = 10 \cdot 6.93 \cdot 10^9 = 69.6 \text{ MNm}^2$$

$$EI_{z,II} = E_{c,eff} \cdot I_{z,II} = 10 \cdot 6.93 \cdot 10^9 = 69.6 \text{ MNm}^2$$

$$EI_z = \frac{1}{\frac{\zeta}{EI_{z,II}} + \frac{1-\zeta}{EI_{z,I}}} = \frac{1}{\frac{0}{69.6} + \frac{1-0}{69.6}} = 69.6 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

(7.18)

$$\text{Omjer } EI_z = \frac{EI_z}{EI_{z,lin}} = \frac{69.6}{171} = 0.407$$

## Zakrivljenost

## Poprečni presjek betona

$$\frac{1}{r_{y,lin}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_y} = \frac{-23.8}{10 \cdot 5.21 \cdot 10^9} = 455 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{z,lin}} = \frac{-M_{z,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_z} = \frac{-9823}{10 \cdot 10^9 \cdot 5.21 \cdot 10^{-3}} = 188 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{lin}} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_y}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_z}\right)^2} = \sqrt{(455 \cdot 10^{-6})^2 + (188 \cdot 10^{-6})^2} = 492 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

## Neslomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,I}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_{y,I}} = \frac{-23.8}{10 \cdot 6.95 \cdot 10^9} = 341 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{z,I}} = \frac{-M_{z,qp} + N_{qp} \cdot t_{y,I}}{E_{c,eff} \cdot I_{z,I}} = \frac{-9823 - 2.46 \cdot 10^6 \cdot -1.25 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^9 \cdot 6.93 \cdot 10^{-3}} = 141 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_I} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_{y,I}}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_{z,I}}\right)^2} = \sqrt{(341 \cdot 10^{-6})^2 + (141 \cdot 10^{-6})^2} = 369 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

## Potpuno slomljeni poprečni presjek

$$\frac{1}{r_{y,II}} = \frac{-M_{y,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_{y,II}} = \frac{-23.8}{10 \cdot 6.95 \cdot 10^9} = 341 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{z,II}} = \frac{-M_{z,qp}}{E_{c,eff} \cdot I_{z,II}} = \frac{-9823}{10 \cdot 10^9 \cdot 6.93 \cdot 10^{-3}} = 141 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_{y,II}}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_{z,II}}\right)^2} = \sqrt{(341 \cdot 10^{-6})^2 + (141 \cdot 10^{-6})^2} = 369 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

## Rezultanta zakrivljenosti

$$\frac{1}{r_y} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{y,II}} + (1-\zeta) \cdot \frac{1}{r_{y,I}} = 0 \cdot 341 \cdot 10^{-6} + (1-0) \cdot 341 \cdot 10^{-6} = 341 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r_z} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{z,II}} + (1-\zeta) \cdot \frac{1}{r_{z,I}} = 0 \cdot 141 \cdot 10^{-6} + (1-0) \cdot 141 \cdot 10^{-6} = 141 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_y}\right)^2 + \left(\frac{1}{r_z}\right)^2} = \sqrt{(341 \cdot 10^{-6})^2 + (141 \cdot 10^{-6})^2} = 369 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$



**Omjer krutosti**

$$\text{omjer}_{ux} = \frac{1}{\text{OmjerEA}} = \frac{1}{0.384} = 2.6$$

$$\text{omjer}_{uy} = \frac{1}{\text{OmjerElz}} = \frac{1}{0.407} = 2.45$$

$$\text{omjer}_{uz} = \frac{1}{\text{OmjerEly}} = \frac{1}{0.408} = 2.45$$

**Objašnjenje pogrešaka / upozorenja i napomene**

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	
N8/3	Bilješka	Pukotina se ne pojavljuje, jer postoji samo tlačno naprezanje.	

**Dužina elementa:**

L = 3.65 m

Izvijanje y-y

L<sub>y</sub> = 4.3 m (Utjecaj)

Izvijanje z-z

L<sub>z</sub> = 4.18 m (Utjecaj)**Beton: C30/37**

Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije

Razred izloženosti: XC3

**Uzdužna armatura: B 500B**

Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane

16ø16 (3217 mm<sup>2</sup>)ρ<sub>l</sub> = 1,287 % (25.3 kg/m)**Posmična armatura: B 500B**

Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane

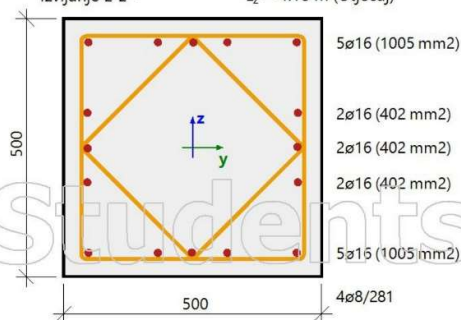
4ø8/281 (716 mm<sup>2</sup>/m)ρ<sub>w</sub> = 0,143 % (5.62 kg/m)**Zaštitni sloj vilica:**

Vrh: 30 mm

Dno: 30 mm

Lijevo: 30 mm

Desno: 30 mm

**Omjeri****Kratkotrajni omjer**

Krutost savijanja Ely

$$\text{RatioElys} = \frac{E_{l,ys}}{E_{l,lin}} = \frac{188 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 1.1$$

Krutost savijanja Elz

$$\text{RatioElzs} = \frac{E_{l,zs}}{E_{l,lin}} = \frac{188 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 1.1$$

Omjeri

$$\text{ratio}_{uys} = \frac{1}{\text{RatioElzs}} = \frac{1}{1.1} = 0.908$$

$$\text{ratio}_{uzs} = \frac{1}{\text{RatioElys}} = \frac{1}{1.1} = 0.907$$

Studentska verzija

**Dugotrajni omjer**

Krutost savijanja Ely

$$\text{RatioElyl} = \frac{E_{y,l}}{E_{y,\text{lin}}} = \frac{69.7 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 0.408$$

Krutost savijanja Elz

$$\text{RatioElz} = \frac{E_{z,l}}{E_{z,\text{lin}}} = \frac{69.6 \cdot 10^6}{171 \cdot 10^6} = 0.407$$

Omjeri

$$\text{ratio}_{uy,l} = \frac{1}{\text{RatioElz}} = \frac{1}{0.407} = 2.45$$

$$\text{ratio}_{uz,l} = \frac{1}{\text{RatioElyl}} = \frac{1}{0.408} = 2.45$$

**Progibi****Linearni progib**

$$\delta_{\text{lin},y} = u_{ys} + u_{yl} = -0.0419 + -0.0978 = -0.14 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{lin},z} = u_{zs} + u_{zl} = 0.446 + 1.04 = 1.49 \text{ mm}$$

**Neposredni progib**

$$\delta_{\text{imm},y} = u_{yl} \cdot \text{ratio}_{uys} = -0.0978 \cdot 0.908 = -0.0888 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{imm},z} = u_{zl} \cdot \text{ratio}_{uzs} = 1.04 \cdot 0.907 = 0.944 \text{ mm}$$

**Kratkotrajni progib**

$$\delta_{\text{short},y} = u_{ys} \cdot \text{ratio}_{uys} = -0.0419 \cdot 0.908 = -0.0381 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{short},z} = u_{zs} \cdot \text{ratio}_{uzs} = 0.446 \cdot 0.907 = 0.405 \text{ mm}$$

**Dugotrajni progib zbog puzanja**

$$\delta_{\text{long,creep},y} = u_{yl} \cdot \text{ratio}_{uy,l} = -0.0978 \cdot 2.45 = -0.24 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{long,creep},z} = u_{zl} \cdot \text{ratio}_{uz,l} = 1.04 \cdot 2.45 = 2.55 \text{ mm}$$

**Progib zbog puzanja**

$$\delta_{\text{creep},y} = u_{yl} \cdot (\text{ratio}_{uy,l} - \text{ratio}_{uys}) = -0.0978 \cdot (2.45 - 0.908) = -0.151 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{creep},z} = u_{zl} \cdot (\text{ratio}_{uz,l} - \text{ratio}_{uzs}) = 1.04 \cdot (2.45 - 0.907) = 1.61 \text{ mm}$$

**Dugotrajni progib**

$$\delta_{\text{long},y} = \delta_{\text{long,creep},y} - \delta_{\text{creep},y} = -0.24 - -0.151 = -0.0888 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{long},z} = \delta_{\text{long,creep},z} - \delta_{\text{creep},z} = 2.55 - 1.61 = 0.944 \text{ mm}$$

**Dodatni progib**

$$\delta_{\text{add},y} = \delta_{\text{short},y} + \delta_{\text{long,creep},y} - \delta_{\text{imm},y} = -0.0381 + -0.24 - -0.0888 = -0.189 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{add},z} = \delta_{\text{short},z} + \delta_{\text{long,creep},z} - \delta_{\text{imm},z} = 0.405 + 2.55 - 0.944 = 2.01 \text{ mm}$$

**Ograniči dodatni progib**

$$\delta_{\text{add,lim},y} = \frac{-l_{oy}}{\text{Lim}_{\text{add}}} = \frac{-3.65}{500} = -7.3 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{add,lim},z} = \frac{l_{oz}}{\text{Lim}_{\text{add}}} = \frac{3.65}{500} = 7.3 \text{ mm}$$

**Ukupni progib**

$$\delta_{\text{tot},y} = \delta_{\text{short},y} + \delta_{\text{long,creep},y} = -0.0381 + -0.24 = -0.278 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{tot},z} = \delta_{\text{short},z} + \delta_{\text{long,creep},z} = 0.405 + 2.55 = 2.95 \text{ mm}$$

**Ograniči ukupni progib**

$$\delta_{\text{tot,lim,y}} = \frac{I_{\text{cy}}}{\text{Lim}_{\text{tot}}} = \frac{-3.65}{250} = -14.6 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{tot,lim,z}} = \frac{I_{\text{oz}}}{\text{Lim}_{\text{tot}}} = \frac{3.65}{250} = 14.6 \text{ mm}$$

**Osnovne vrijednosti progiba**

Vrsta progiba	Omjer kratki [-]	Omjer dugo [-]	$\delta_{\text{lin}}$ [mm]	$\delta_{\text{imm}}$ [mm]	$\delta_{\text{add}}$ [mm]	$\delta_{\text{short}}$ [mm]	$\delta_{\text{long}}$ [mm]	$\delta_{\text{long+creep}}$ [mm]	$\delta_{\text{creep}}$ [mm]
$u_y$	0.91	2.45	-0.14	-0.09	-0.19	-0.04	-0.09	-0.24	-0.15
$u_z$	0.91	2.45	1.49	0.94	2.01	0.4	0.94	2.55	1.61

**Provjera dodatnih i ukupnih progiba**

Vrsta progiba	L [m]	$\delta_{\text{add}}$ [mm]	$\delta_{\text{add,lim}}$ [mm]	$UC_{\text{add}}$ [-]	$\delta_{\text{tot}}$ [mm]	$\delta_{\text{tot,lim}}$ [mm]	$UC_{\text{tot}}$ [-]	UC [-]	Limit [-]	Status
$u_y$	3.65	-0.19	-7.3	0.03	-0.28	-14.6	0.02	0.03	1	<b>U REDU</b>
$u_z$	3.65	2.01	7.3	0.28	2.95	14.6	0.2	0.28	1	<b>U REDU</b>

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N8/5

**Objašnjenje pogrešaka / upozorenja i napomene**

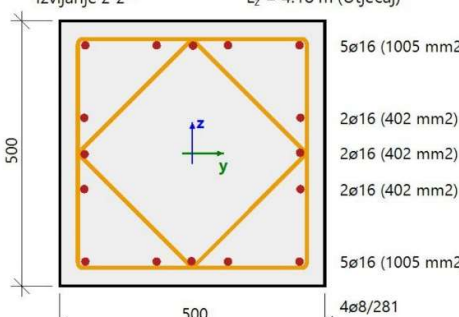
Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N8/5	Bilješka	Efekti skupljanja nisu uključeni u provjeru progiba.	Koristi provjeru dugotrajnih progiba za uzimanje u obzir efekta skupljanja.

Studentska verzija

Studentska verzija

**Provjeri odredbe detalja**

Vrijednosti: UC  
 Linearni proračun  
 Kombinacije: ULS-Sels (auto)  
 Koordinatni sustav: Element  
 Ekstrem 1D: Globalni  
 Odabir: Svi

<b>Stup B8</b>		<b>Pravokutnik (500; 500)</b>
EN 1992-1-1:2004/A1:2014		Presjek 5 [dx = 1.66 m]
<b>Dužina elementa:</b>	L = 3.65 m	<b>Beton: C30/37</b>
Izvijanje y-y $\perp$	L <sub>y</sub> = 4.3 m (Utjecaj)	Dvosmjerni dijagram naprezanja i deformacije
Izvijanje z-z $\perp$	L <sub>z</sub> = 4.18 m (Utjecaj)	Razred izloženosti: XC3
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Uzdužna armatura: B 500B</b>
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	16ø16 (3217 mm <sup>2</sup> )
	2ø16 (402 mm <sup>2</sup> )	$\rho_l = 1,287\%$ (25.3 kg/m)
	5ø16 (1005 mm <sup>2</sup> )	<b>Posmična armatura: B 500B</b>
	4ø8/281	Dvosmjerni s nagnutim vrhom grane
		4ø8/281 (716 mm <sup>2</sup> /m)
		$\rho_w = 0,755\%$ (5.62 kg/m)
		<b>Zaštitni sloj vilica:</b>
		Vrh: 30 mm
		Dno: 30 mm
		Lijevo: 30 mm
		Desno: 30 mm

**Karakteristike materijala**

Proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.2} = 25 \text{ MPa}$$

Promjer kamena

$$d_g = 16 \text{ mm}$$

Proračunska granica popuštanja uzdužne armature

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Projektirana granica popuštanja posmične armature

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 \text{ MPa}$$

**Sile**

Sadržaj kombinacije:

$$G + dG + 0.60 \cdot Q_g + S_x - \text{Accidental torsional moments for } S_x + Z$$

Iz MKE analize

$$N = -2341 \text{ kN} \quad M_y = 7.29 \text{ kNm} \quad M_z = -2.2 \text{ kNm} \quad V_y = -2.76 \text{ kN} \quad V_z = -14.8 \text{ kN} \quad M_x = 0.36 \text{ kNm}$$

**Tlačni element**

Ograniči osnu silu kako bi element bio smatran tlačnim:

$$N_{com} = -\text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (25 \cdot 10^6 \cdot 0.25) = -625 \text{ kN}$$

Provjeri stanje:

$$N_{Ed} < N_{com} = -2341 \text{ kN} < -625 \text{ kN} \dots \text{ tlačni element}$$

Bilješka: Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).

Ponovni proračun momenata savijanja:

Učinak drugog reda: Da

Nesavršenosti: Da

$$N_{Ed} = -2341 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 144 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -140 \text{ kNm} \quad V_{Edy} = -2.76 \text{ kN} \quad V_{Edz} = -14.8 \text{ kN} \quad M_{Edx} = 0.36 \text{ kNm}$$

Element se smatra izoliranim elementom: Da

Koristi za izračunavanje ekvivalentnih momenata: Da

Kut rezultante posmika

$$\alpha_V = -101^\circ$$

$$\alpha_V = \alpha_V + 180 = -101 + 180 = 79.4^\circ$$

Razlika između kuteva  $\alpha_M$  i  $\alpha_V$

$$\alpha_{MV} = \text{abs}(\alpha_M - \alpha_V) = \text{abs}(134 - 79.4) = 54.7^\circ$$

### Postavke proračuna

#### Uzdužna armatura

Provjeri minimalnu udaljenost šipki 8.2(2) Da

Minimalna udaljenost šipki 20 mm

Provjeri maksimalni postotak (korisnik) Da

Maksimalna udaljenost šipki 350 mm

Provjeri maksimalnu udaljenost šipki (torzija) 9.2.3(4) Da

Maksimalan razmak šipki za torziju 350 mm

Provjeri minimalni postotak 9.5.2(2) Da

Provjeri maksimalni postotak 9.5.2(3) Da

Provjeri minimalni promjer šipke 9.5.2(1) Da

Provjeri minimalni broj šipki 9.5.2(4) Da

Minimalni broj šipki u stupu 4

#### Poprečna armatura

Provjeri minimalni promjer trna 8.3(2) Ne

Provjerite maksimalni uzdužni razmak (posmik) 9.5.3(3) Da

Provjeri minimalni promjer šipke 9.5.3(1) Da

Minimalni promjer šipke 6 mm;  $25\% \times \varnothing_{l,max}$

#### Provjera minimalnog razmaka između šipki 8.2 (2)

Minimalna dopuštena svjetla udaljenost šipki od svih šipki u poprečnom presjeku

$$s_{s-s,min} = 49.8 \text{ mm}$$

Minimalna dopuštena svjetla udaljenost šipki od svih šipki u poprečnom presjeku

$$s_{s-s,min,lim} = \max(k_1 \cdot \varnothing; d_g + k_2 \cdot s_{lu,min}) = \max(1 \cdot 16; 16 + 5 \cdot 20) = 21 \text{ mm}$$

(§8.2(2))

Provjera minimalne svjetle udaljenost između šipki

$$UC_{8.2(2)} = \frac{s_{s-s,min,lim}}{s_{s-s,min}} = \frac{21 \text{ mm}}{49.8 \text{ mm}} = 0.421$$

#### Provjera maksimalnog razmaka između osi šipki (korisnika)- neovisno o normi

Maksimalni razmak osi šipke

$$s_{max} = 137 \text{ mm}$$

Korisnički definirana maksimalna udaljenost između osi šipki

$$s_{lu,max,lim} = 350 \text{ mm}$$

Provjera maksimalne osne udaljenost šipki

$$UC_{max\_bar\_distance(user)} = \frac{s_{max}}{s_{lu,max,lim}} = \frac{137 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} = 0.391$$

Studentska verzija



**Provjera maksimalnog razmaka između osi šipki za torziju 9.2.3(4)**

Maksimalni razmak osi šipke

$$s_{c-tor,max} = 137 \text{ mm}$$

Maksimalna osna udaljenost temeljena na zahtjevima torzije

$$s_{c-c,max,lim} = 350 \text{ mm}$$

Provjera maksimalne osne udaljenosti šipki prema zahtjevima torzije

$$UC_{9.2.3(4)} = \frac{s_{c-tor,max}}{s_{c-c,max,lim}} = \frac{137 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} = 0.391$$

**Provjera min. površine armature za stup 9.5.2(2)**

Definirano područje uzdužne armature

$$A_s = 3217 \text{ mm}^2$$

Površina poprečnog presjeka betona

$$A_c = 250000 \text{ mm}^2$$

Izračun granice rastezanja armature

$$f_{yd} = 500 \text{ MPa}$$

Projektirana vrijednost normalne sile

$$N_{Ed} = -2341 \text{ kN}$$

Provjera cjeline za minimalnu površinu uzdužne armature

$$A_{s,min,col} = \max \left( \frac{\text{Coeff}_{As,min,col,B} \cdot \text{abs}(N_{Ed})}{f_{yd}}; \text{Coeff}_{As,min,col,A} \cdot A_c \right) \quad (9.12N)$$

$$= \max \left( \frac{0.1 \cdot \text{abs}(-2.34 \cdot 10^6)}{500 \cdot 10^6}; 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0.25 \right) = 500 \text{ mm}^2$$

Provjera minimalne površine uzdužne armature

$$UC_{9.5.2(2)} = \frac{A_{s,min,col}}{A_s} = \frac{500 \text{ mm}^2}{3217 \text{ mm}^2} = 0.155$$

**Provjera maks. površine armature stupa 9.5.2(3)**

Definirano područje uzdužne armature

$$A_s = 3217 \text{ mm}^2$$

Površina poprečnog presjeka betona

$$A_c = 250000 \text{ mm}^2$$

Maksimalna površina uzdužne armature

$$A_{s,max,col} = \text{Coeff}_{As,max,col} \cdot A_c = 0.04 \cdot 250000 = 10000 \text{ mm}^2 \quad (9.5.2(3))$$

Provjera maksimalne površine uzdužne armature

$$UC_{9.5.2(3)} = \frac{A_s}{A_{s,max,col}} = \frac{3217 \text{ mm}^2}{10000 \text{ mm}^2} = 0.322$$

**Provjera min. promjera šipke 9.5.2(1)**

Minimalni korišteni promjer uzdužne armature

$$\varnothing_{l,min} = 16 \text{ mm}$$

Minimalni dopušteni promjer uzdužne šipke

$$\varnothing_{l,min,col} = 8 \text{ mm} \quad (9.5.2(1))$$

Provjera minimalnog promjera uzdužne šipke stupa

$$UC_{9.5.2(1)} = \frac{\varnothing_{l,min,col}}{\varnothing_{l,min}} = \frac{8 \text{ mm}}{16 \text{ mm}} = 0.5$$

**Provjera min. broja šipki u stupu 9.5.2(4)**

Određeni broj uzdužnih šipki

$$n_{\text{bars}} = 16$$

Minimalni broj šipki u stupu

$$n_{\text{bars,min,col}} = 4$$

Provjera minimalnog broja uzdužnih šipki u stupu

$$UC_{9.5.2(4)} = \frac{n_{\text{bar,min,col}}}{n_{\text{bar}}} = \frac{4}{16} = 0.25$$

**Provjera maksimalnog uzdužnog razmak 9.5.3 (3)**

Korisnički definirani uzdužni razmak poprečne armature

$$s_l = 281 \text{ mm}$$

Minimalne dimenzije poprečnog presjeka

$$b_{\text{min}} = 500 \text{ mm}$$

Minimalni promjer uzdužne armature

$$\varnothing_{l,\text{min}} = 16 \text{ mm}$$

Maksimalni dopušteni uzdužni razmak poprečne armature

$$s_{cl,\text{max}} = \min(\text{Coeff}_{scl,\text{max,A}} \cdot \varnothing_{l,\text{min}}; \text{Coeff}_{scl,\text{max,B}}) = \min(20 \cdot 0.016; 0.5; 0.4) = 320 \text{ mm} \quad (\$9.5.3(3))$$

Provjera maksimalnog uzdužnog razmaka poprečne armature

$$UC_{9.5.3(3)} = \frac{s_l}{s_{cl,\text{max}}} = \frac{281 \text{ mm}}{320 \text{ mm}} = 0.877$$

**Provjera minimalnog promjera poprečne armature 9.5.3 (1)**

Promjer spone

$$\varnothing_s = 8 \text{ mm}$$

Minimalni promjer poprečne armature

$$\varnothing_{s,\text{min}} = 6 \text{ mm}$$

Maksimalni promjer uzdužne armature

$$\varnothing_{l,\text{max}} = 16 \text{ mm}$$

Minimalni dopušteni promjer poprečne armature

$$\varnothing_{s,\text{min,lim}} = \max(\varnothing_{s,\text{min}}; \text{Perc}\varnothing_{lc} \cdot \varnothing_{l,\text{max}}) = \max(6; 0.25 \cdot 16) = 6 \text{ mm}$$

Provjera minimalnog promjera poprečne armature

$$UC_{9.5.3(1)} = \frac{\varnothing_{s,\text{min,lim}}}{\varnothing_s} = \frac{6 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 0.75$$

**Maksimalna provjera jedinstva = 0.88. Provjera pojedinih odredbi je U REDU**

Popis pogrešaka / upozorenja / napomena: N2/1.

**Objašnjenje pogrešaka, upozorenja i bilješki**

Indeks	Vrsta	Opis	Rješenje
N2/1	Bilješka	Ekscentričnost prvog i drugog reda treba uzeti u obzir, jer se element smatra tlačnim elementom (predstavlja značajnu normalnu silu).	

Studentska verzija

## 4.2. Proračun AB zidova

Dokaz nosivosti zidova i proračun potrebne armature provodi se prema slijedećem:

**C1** Kontroliraju se tlačna naprezanja u zidu za nazovistalnu kombinaciju

$$GSU-2 = 1,0G + \psi_{2i} \cdot Q_i$$

$$\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,50 \text{ (MPa)}$$

**C2** Kontroliraju se tlačna naprezanja u zidu za anvelopu ANV 2 (potres)

$$\sigma_d = N_{Ed}/A_{cfd} \leq 0,40 \text{ (klasa DCM). or } \sigma_{c,Rd} \leq 0,40 \cdot f_{cd}$$

$N_{Ed}$  = uzdužna sila u proračunu potresne proračunske situacije

$$C30/37: \sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 \cdot (30/1.5) = 8,00 \text{ (MPa)}$$

**C3** Prikazuju se uzdužne sile u smjerovima X i Y:

C3x:  $n_{Ed,x}$  = računске vlačne sile u smjeru X za anvelopu ANV 1 (kN/m) u zidu

C3y:  $n_{Ed,y}$  = računске vlačne sile u smjeru Y za anvelopu ANV 1 (kN/m) u zidu

**C4** Proračunava se potrebna armatura:

Potrebna površina se određuje prema slijedećem:

$$A_{s,x} = (n_{Ed,x} / f_{yd}) \text{ (cm}^2\text{/m)} - \text{horizontalna armatura}$$

$$A_{s,y} = (n_{Ed,y} / f_{yd}) \text{ (cm}^2\text{/m)} - \text{vertikalna armatura}$$

$f_{yd}$  = računska čvrstoća čelika ( $\gamma = 1,15$ )

**C5** Poprečne sile u zidovima su provjerene za seizmičku kombinaciju:

Proračunska posmična otpornost zida bez posmične armature

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varphi_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \text{ (} f_{ck} \text{ u MPa)}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2,0 \text{ (} d \text{ u mm)}$$

$$\sigma_I = A_{sI}/(b_w \cdot d) \leq 0,02$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c \quad k_1 = 0,15$$

Proračunska posmična otpornost zida s posmičnom armaturom (mreže):

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot z/s_w;$$

$A_{sw}$  = površina poprečnog presjeka posmične armature

$s_w$  = razmak posmične armature (razmak šipki u mreži);

$m = 2$  (reznost - obostrano armiranje)

$$f_{yw,d} = 500/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$



Minimalna armatura za zidove koji se savojno deformiraju:

- Kritično područje:  
 $\min \{2L_w, h_s\} \geq h_{cr} \geq \max \{L_w, h_w/6\}$ . ( $L_w$  = duljina zida,  $h_w$  = ukupna visina zida,  $h_s$  = svjetla katna visina)
- Minimalno armiranje:
  - na krajevima zida:  
 vertikalno:  $\rho_{\min} = 0,5\%$  od površine  $A = L_c \cdot b_w$  ( $L_c = \max \{0,15 L_w; 1,5 b_w\}$ )  
 spone: min  $\emptyset 6$ ; max. razmak:  $\min \{8d_{bL}, b_o/2, 175 \text{ (mm)}\}$  ( $d_{bL}$  = promjer vert. šipki;  $b_o$  = širina jezgre)
  - ostali dio zida:  
 vertikalno:  $\rho_{\min} = 0,2\%$   
 horizontalno:  $\rho_{\min} = 0,2\%$   
 spone: min  $4\emptyset 6/m^2$

Minimalna armatura za zidove koji posmično deformiraju:

- Lagano armirani zidovi  $L_w \geq \min \{4 \text{ (m)}, 2/3h_w\}$
- Najmanji omjer poprečne armature  $\rho_{w,\min}$  velikih slabo armiranih betonskih zidova:  
 $\rho_{w,\min} = 0,15 \cdot (f_{ct,m}/f_{yd})$   
 $C 30/37$  ( $f_{ct,m}=2,9 \text{ (MPa)}$ );  $B 500B$  ( $f_y = 500 \text{ (MPa)}$ );  
 $\rho_{w,\min} = 0,15 \cdot (2,9/435) = 0,0010$   
 $b = 20 \text{ (cm)}$ ;  $A_{s,\min} = 0,002 \cdot 20 \cdot 100/2 = 2,00 \text{ (cm}^2/\text{m)}$  - obostrano

Prikazani rezultati:

- glavna tlačna naprezanja za GSU2 (C1)
- glavna tlačna naprezanja za seizmičku anvelopu ANV 2 (C2) (vlačna naprezanja za visokostijene nosače)
- osnovne vlačne sile za anvelopu graničnog stanja nosivosti ANV 1 (C3)
- potrebna armatura u X i Y smjeru za anvelopu gran. stanja nosivosti ANV 1 (C4)

Napomena uz rezultate na zidovima:

- Zidovi su modelirani plošnim elementima na kojima se naprezanja prikazuju donjoj i gornjoj plohi (gledajući prema lokalnim osima zida, ovdje se prikazuju naprezanja na nepovoljnije opterećenoj plohi.)
- U određenim dijelovima zida (na spoju zidova, na mjestu vezivanja sa štapnim elementima., na mjestu spriječenih pomaka) javljaju se numeričke pogreške, pa će se te veličine po potrebi odgovarajuće reducirati.

Napomena uz armiranje:

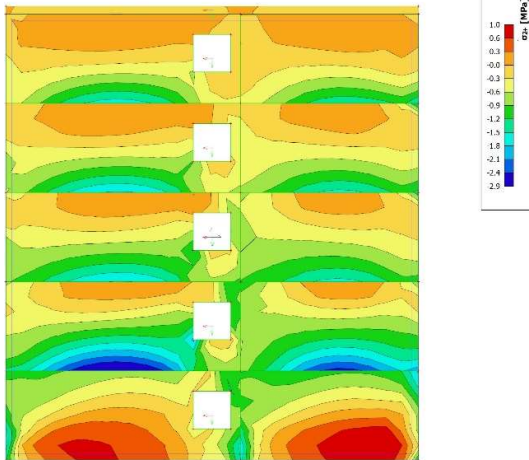
- Na križanju svih zidova (ako nije posebno naznačeno) ugraditi U vilice najmanje:  $\emptyset 8/20$  (za zid  $d = 20 \text{ (cm)}$ ). Vilice sidriti u najmanjoj duljini 1,5 debljine zida.

Zidovi čiji rezultati nisu prikazani:

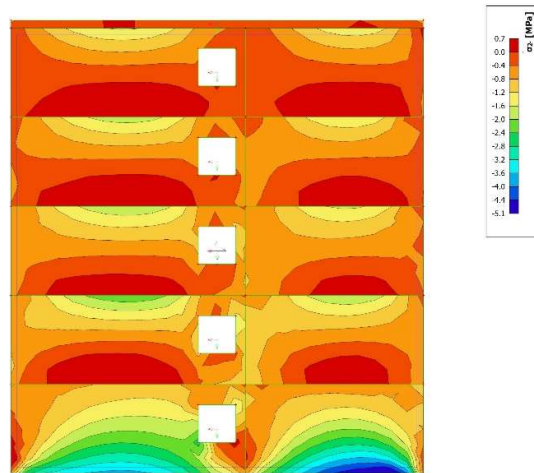
- zidove armirati obostrano Q283
- na krajevima:  $4\emptyset 14 + U\emptyset 10/20 \text{ (cm)}$
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom:  $4\emptyset 14 + U\emptyset 10/20 \text{ (cm)}$
- u nadvojima:  $3\emptyset 14$  donja zona +  $3\emptyset 14$  gornja zona + vilice  $\emptyset 10/20 \text{ (cm)}$

### 4.2.1. Zid u osi A/1-4

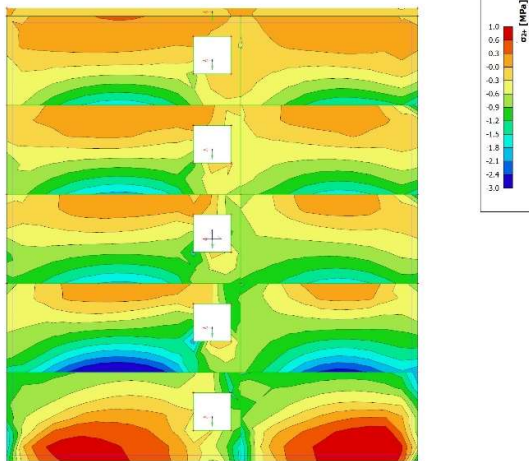
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



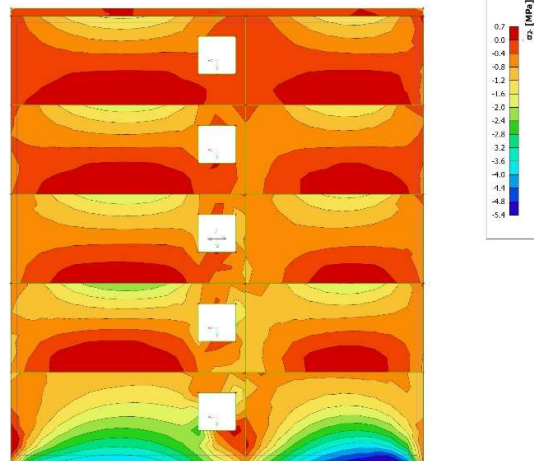
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



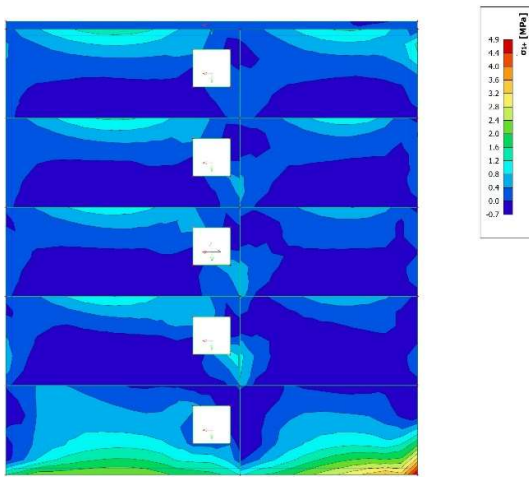
C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



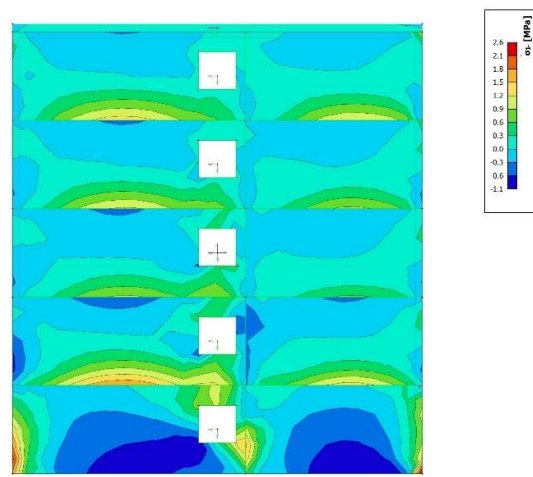
C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



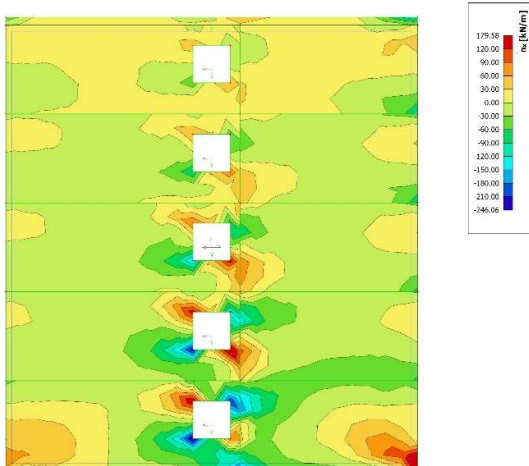
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{x,sd}$  (MPa)



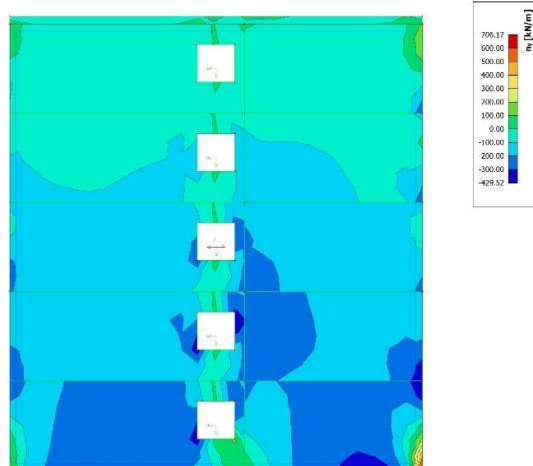
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{y,sd}$  (MPa)



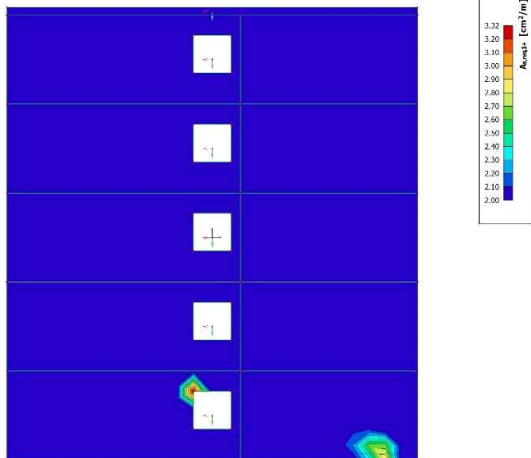
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)



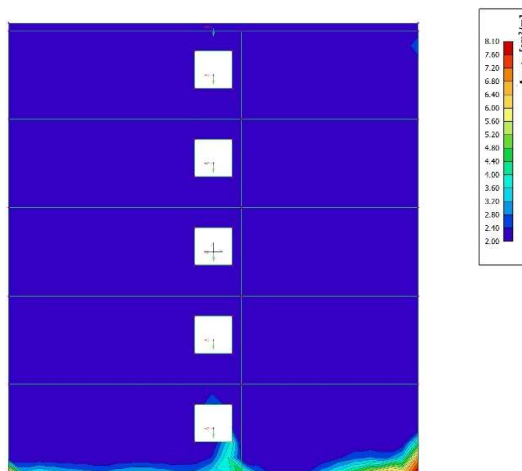
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



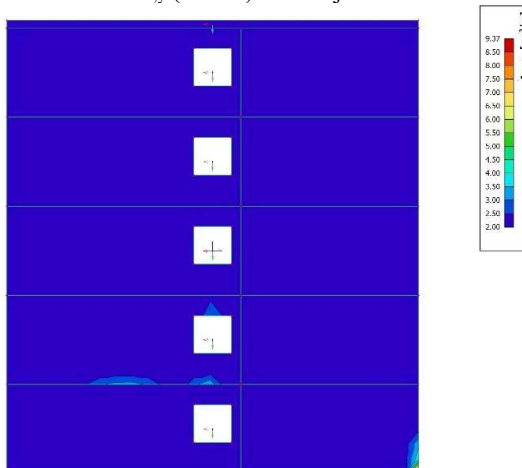
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

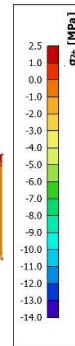
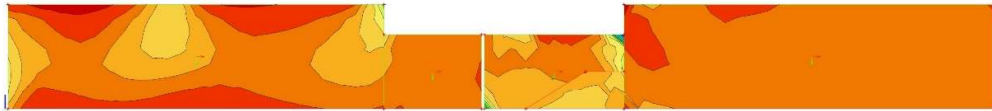


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

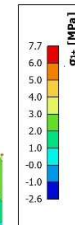
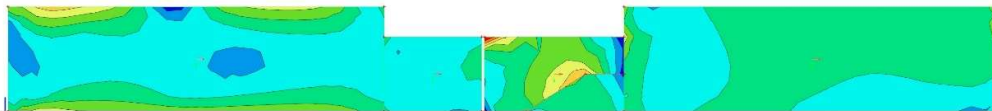
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- parapetni zid u gornjoj zoni armirati s 5 Ø14 + vilice UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

4.2.2. Zid u osi B (B<sub>1</sub>)/1-9C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)

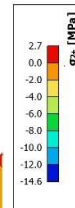
**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)

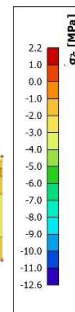
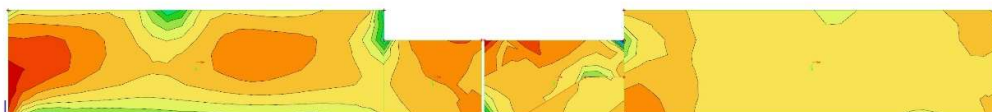
**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_1$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

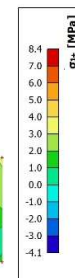
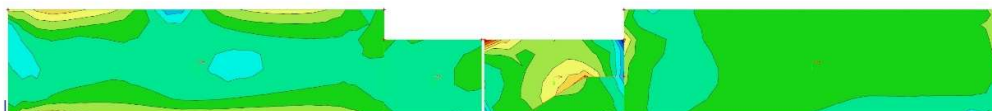
**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Sels (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Sels (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

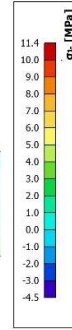
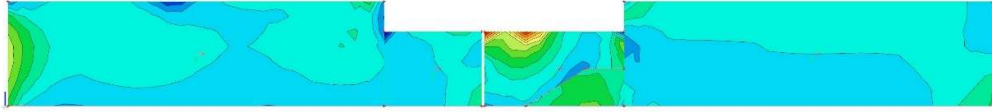
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_1$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Sels (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



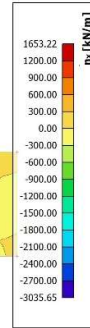
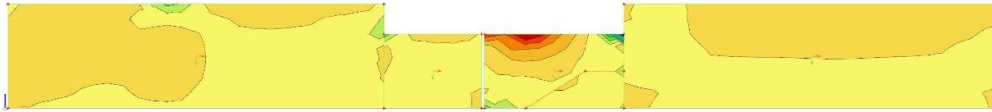
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{y,sd}$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_s$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



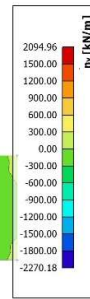
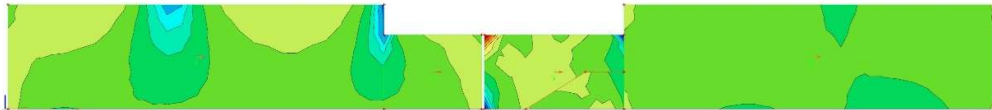
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  $n_{Ed,x}$  (kN/m)

**2D unutarnje sile u betonu (proračun)**  
 Vrijednosti:  $n_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



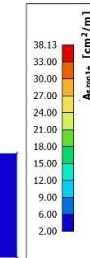
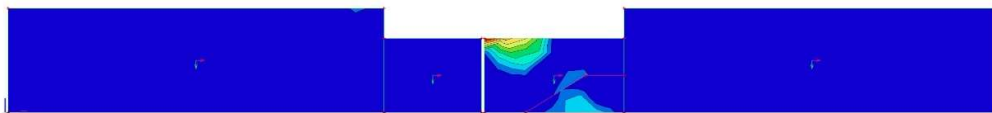
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  $n_{Ed,y}$  (kN/m)

**2D unutarnje sile u betonu (proračun)**  
 Vrijednosti:  $n_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



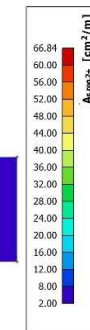
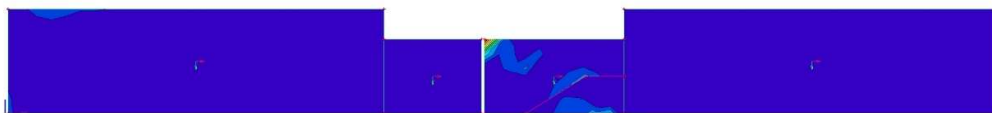
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana

**Proračun 2D armature**  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana

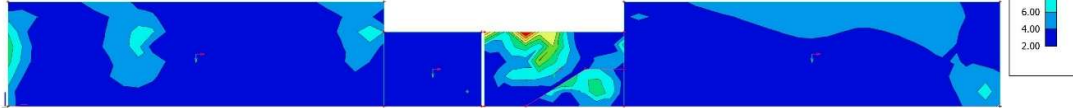
**Proračun 2D armature**  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



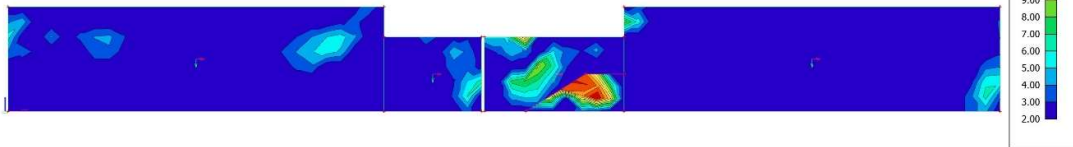


C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,1}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

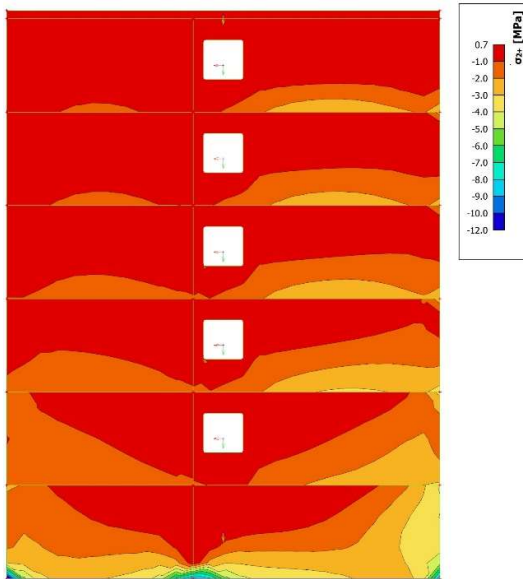
- zid B - obostrano Q503, zid B<sub>1</sub> - obostrano Q785
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

Napomena:

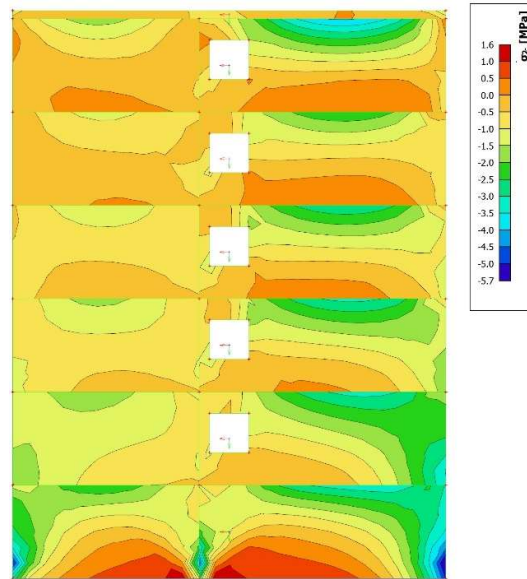
- lokalna prekoračenja tlačnih naprezanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

### 4.2.3. Zid u osi C/6-9

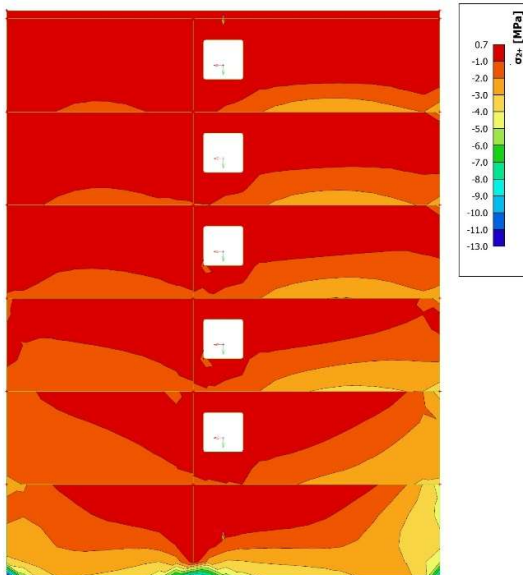
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



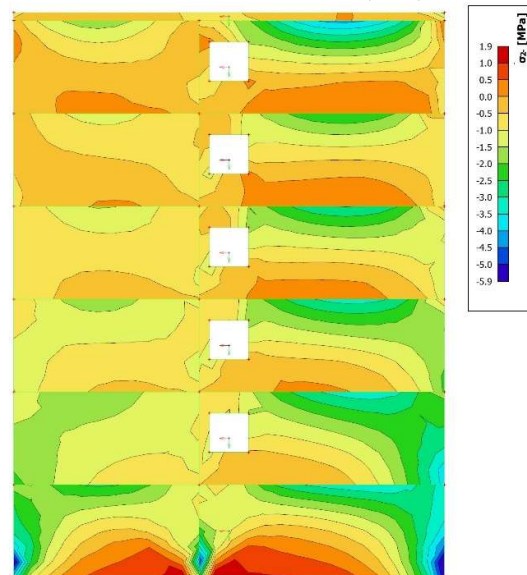
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

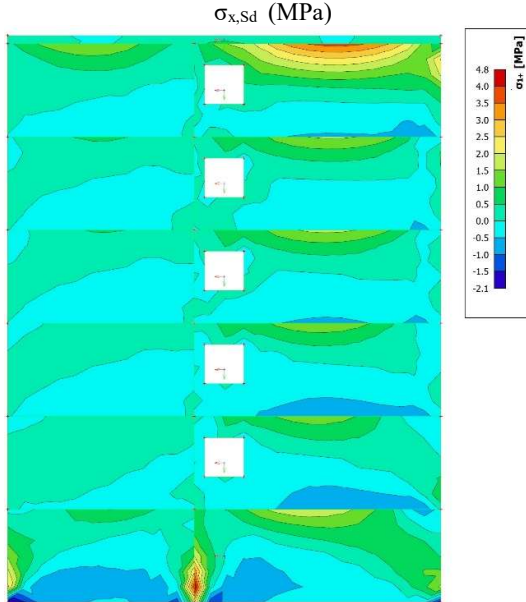


Napomena:

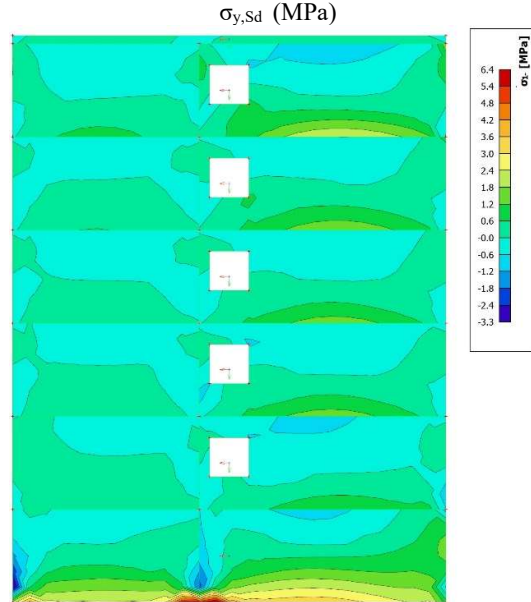
- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje



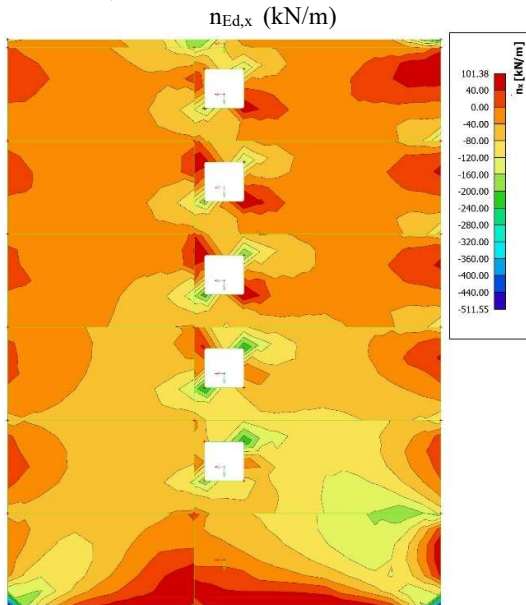
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



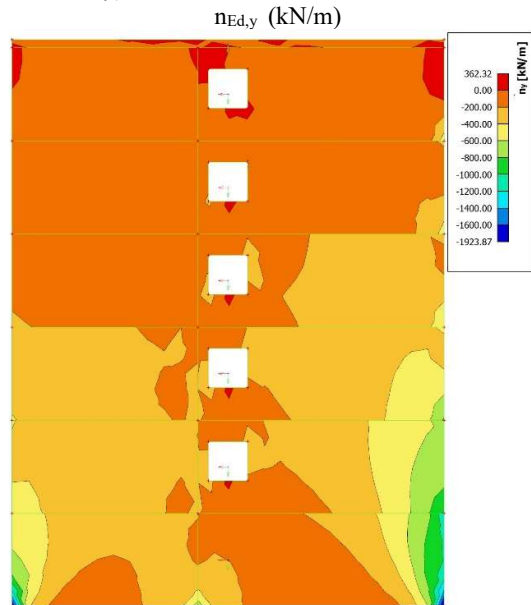
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



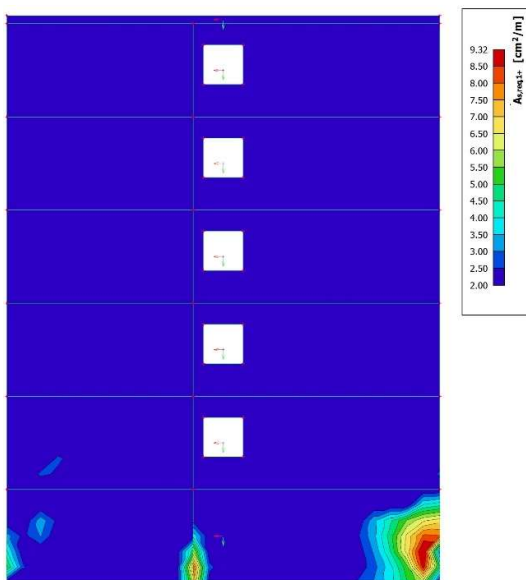
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



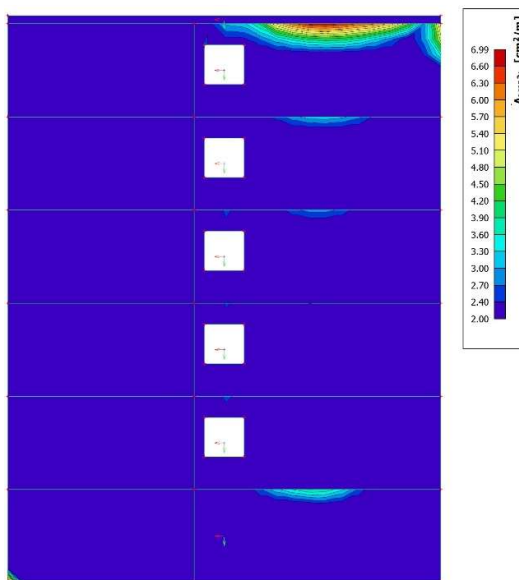
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



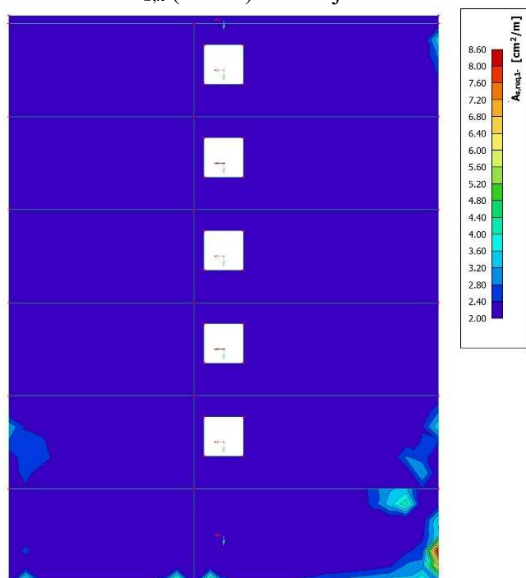
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



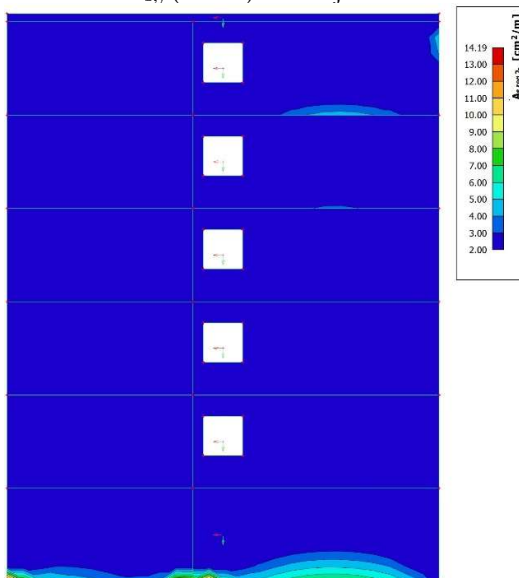
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

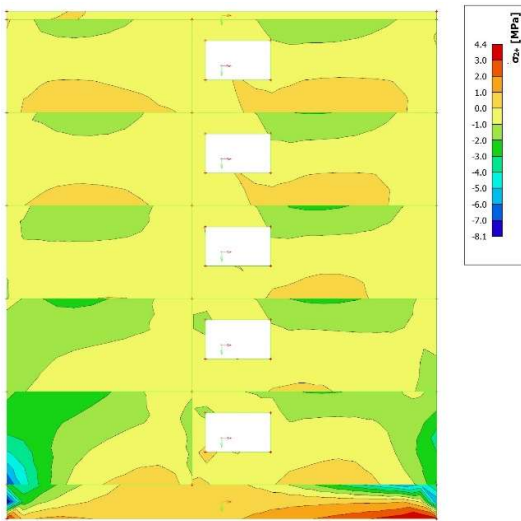


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

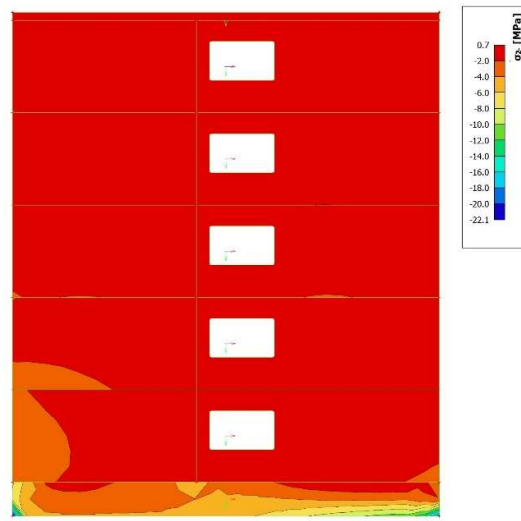
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- parapetni zid u gornjoj zoni armirati s 5 Ø14 + vilice UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

#### 4.2.4. Zid u osi G/1-4

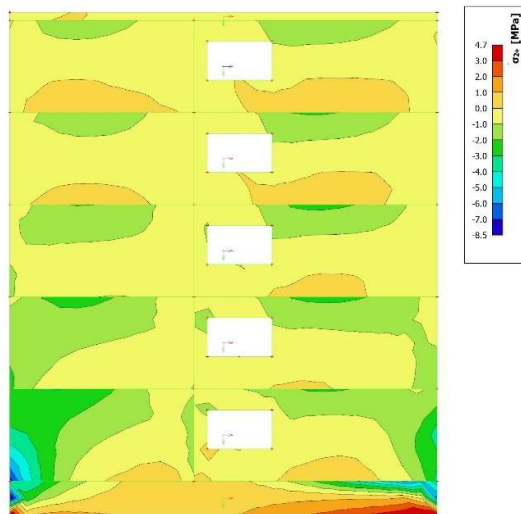
C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



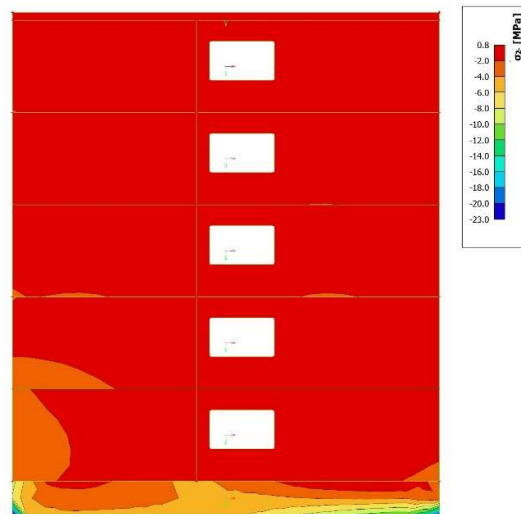
C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



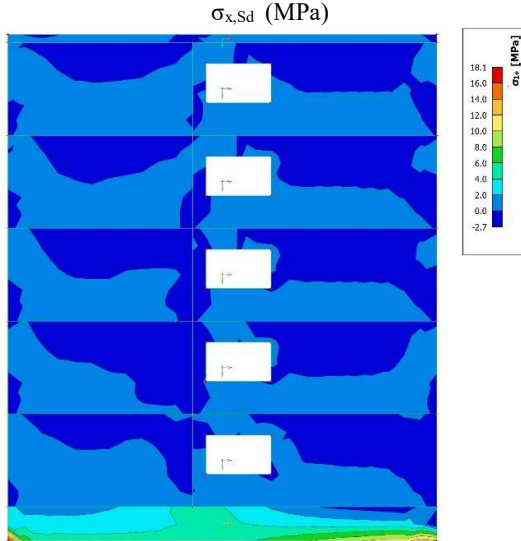
C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



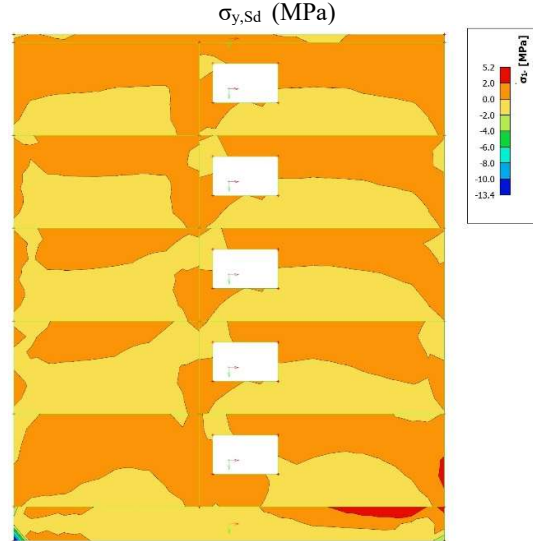
Napomena:

- lokalna prekoračenja tlačnih naprezanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

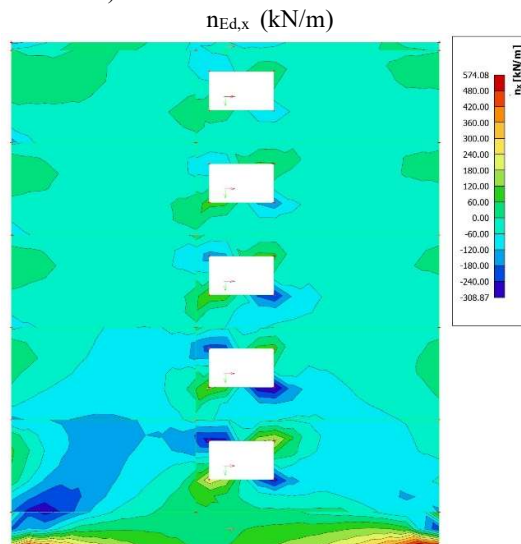
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



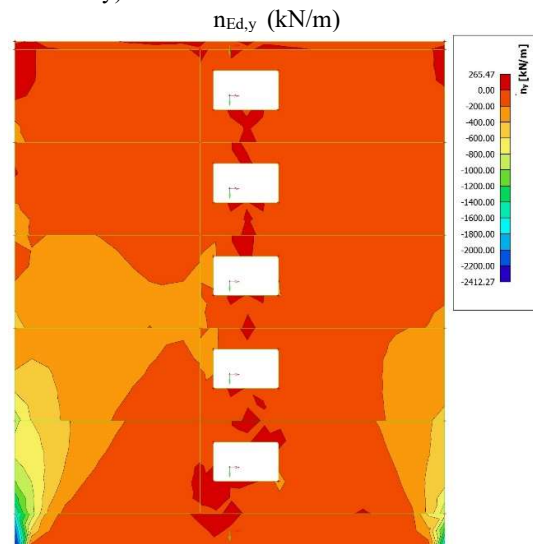
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



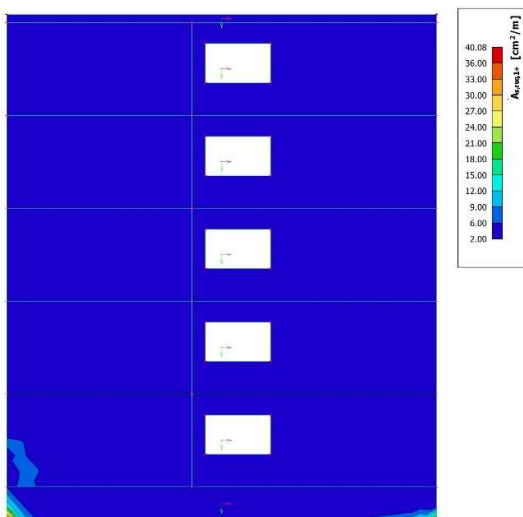
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



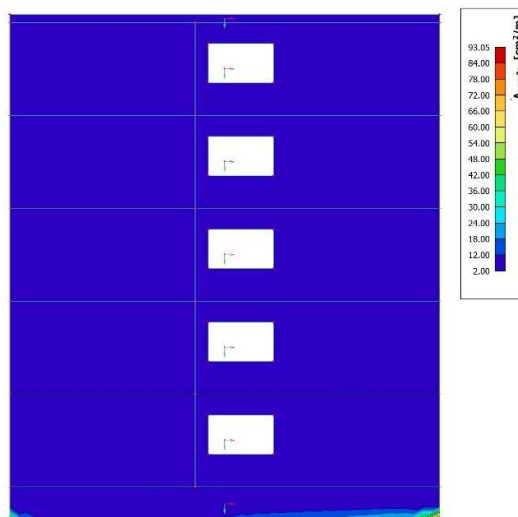
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



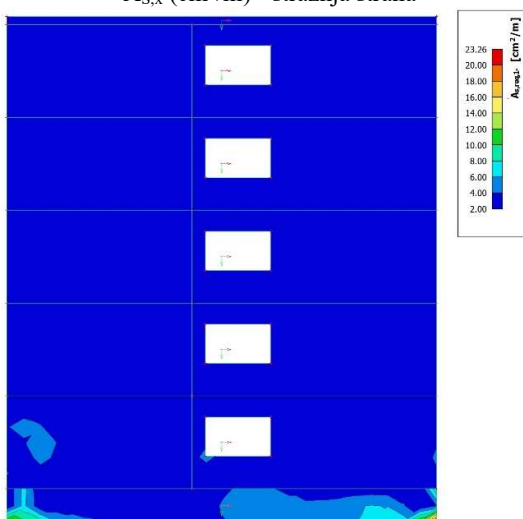
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



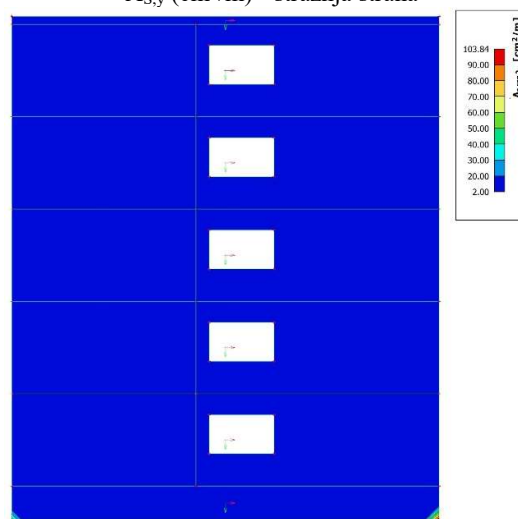
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

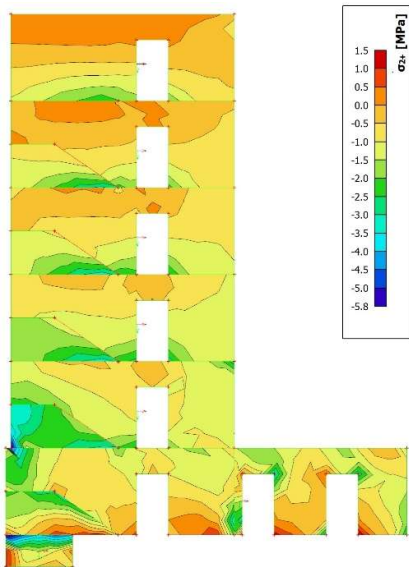


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

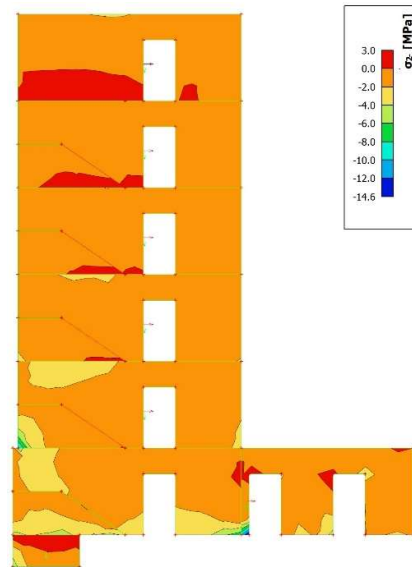
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- parapetni zid u gornjoj zoni armirati s 5 Ø14 + vilice UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

### 4.2.5. Zid u osi H/6-9

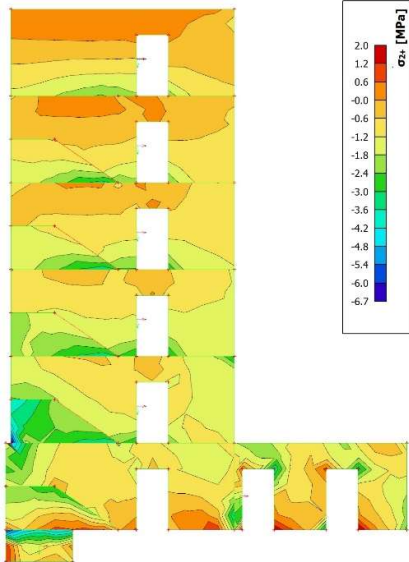
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



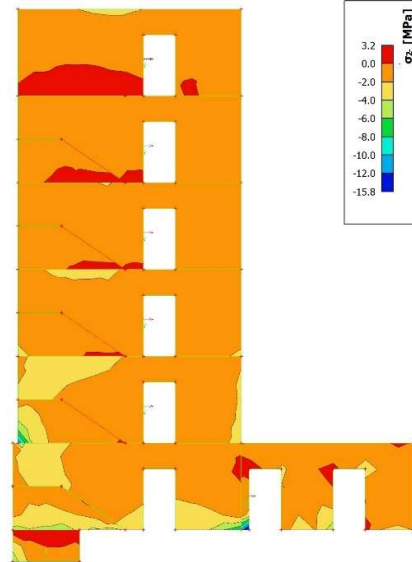
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

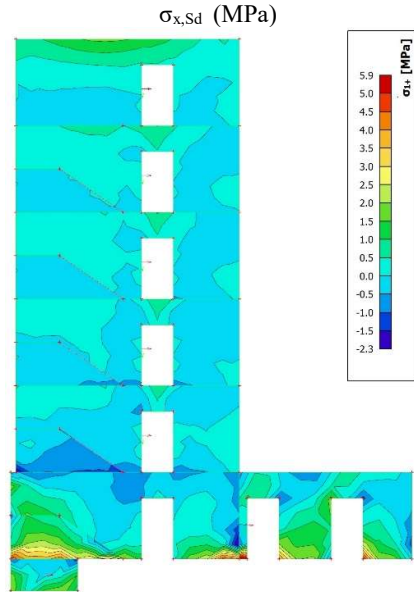


Napomena:

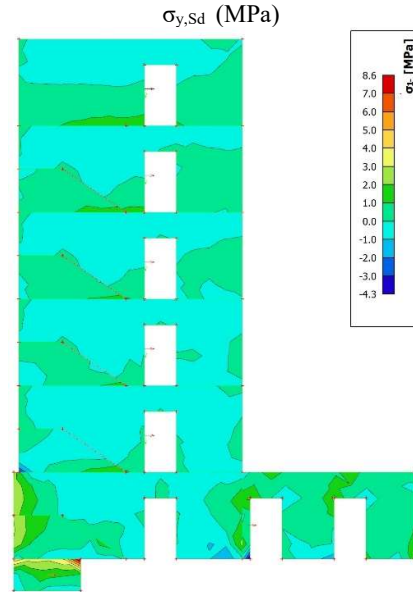
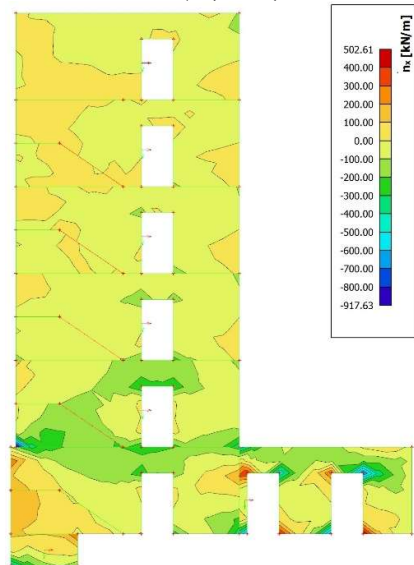
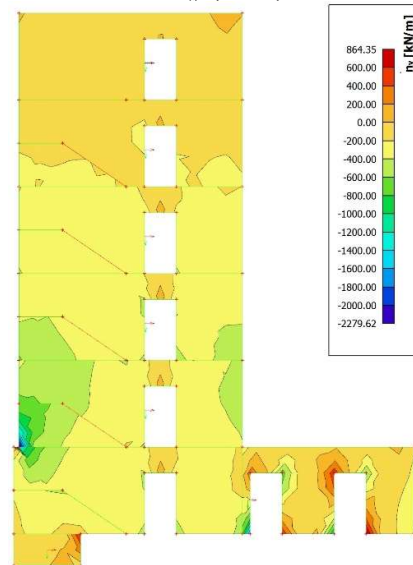
- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje



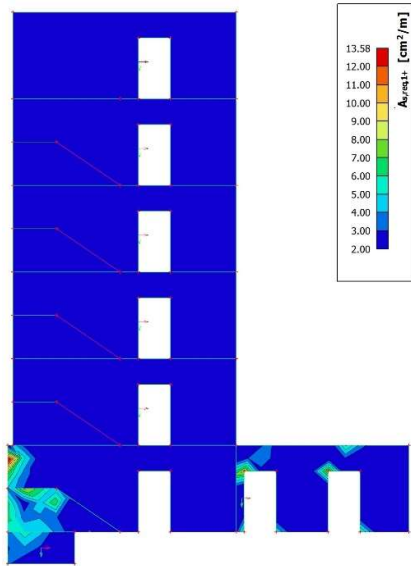
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



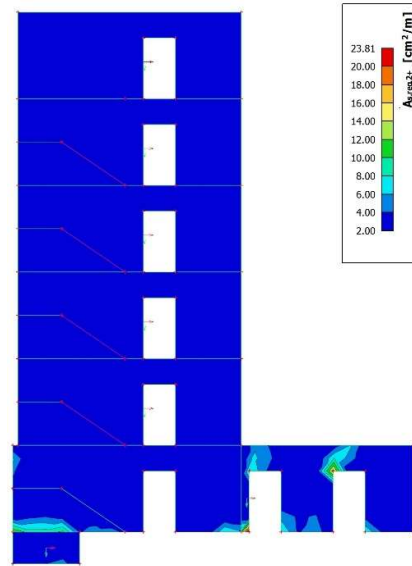
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:

C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)

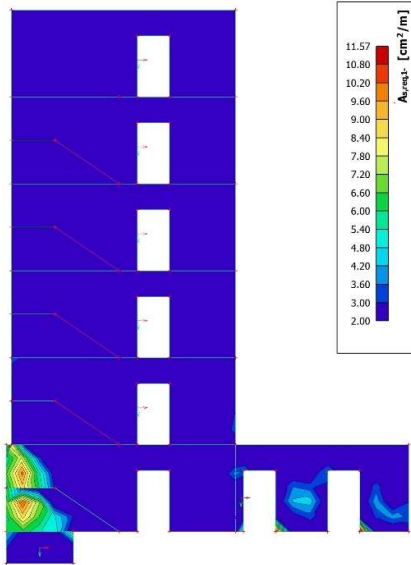
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



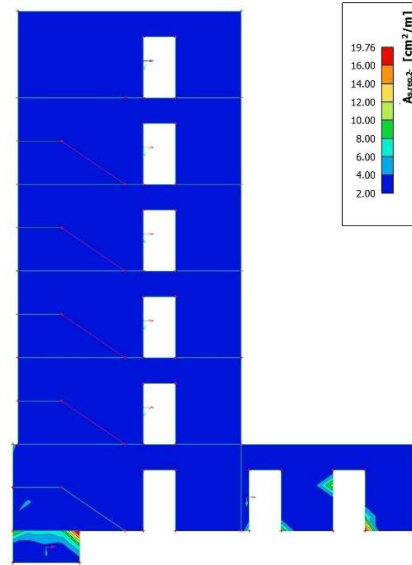
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

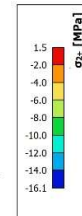
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm



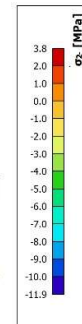
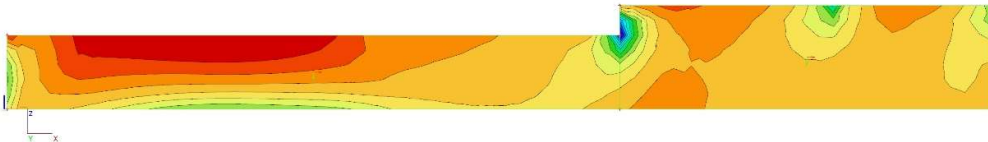
## 4.2.6. Zid u osi I/1-9

C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)

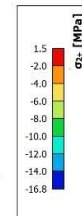
**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)

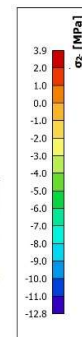
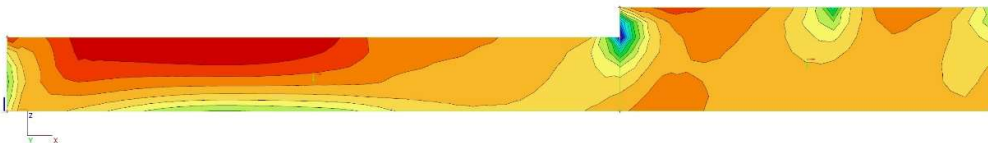
**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_2$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



**Napomena:**

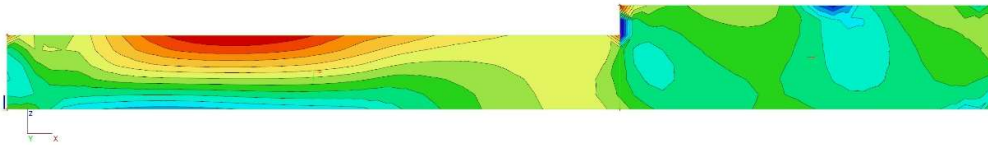
- lokalna prekoračenja tlačnih naprezanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  $\sigma_{y,Sd}$  (MPa)

**2D naprezanje**  
 Vrijednosti:  $\sigma_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  $n_{Ed,x}$  (kN/m)

**2D unutarnje sile u betonu (proračun)**  
 Vrijednosti:  $n_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

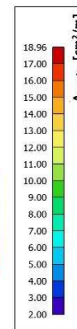
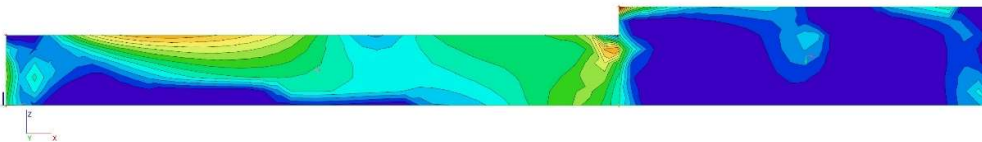
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  $n_{Ed,y}$  (kN/m)

**2D unutarnje sile u betonu (proračun)**  
 Vrijednosti:  $n_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

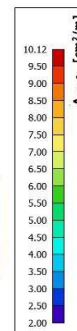


C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  $A_{S,x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) - prednja strana

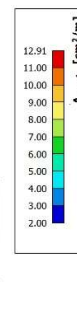
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  $A_{S,y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) - prednja strana

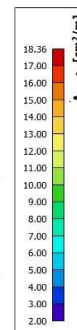
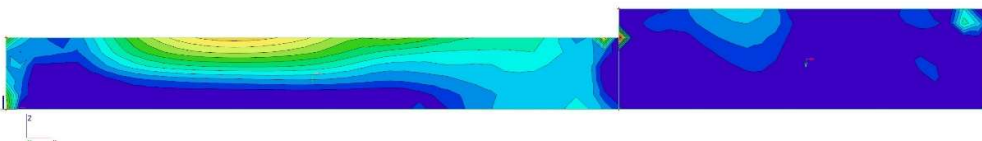
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  $A_{S,x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) - stražnja strana

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  $A_{S,y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) - stražnja strana

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,req,2-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

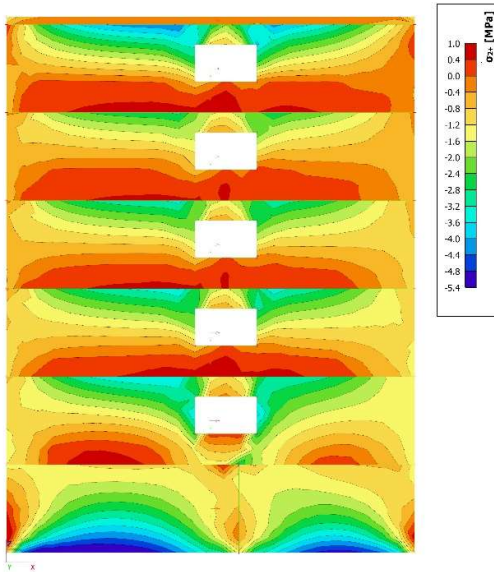


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

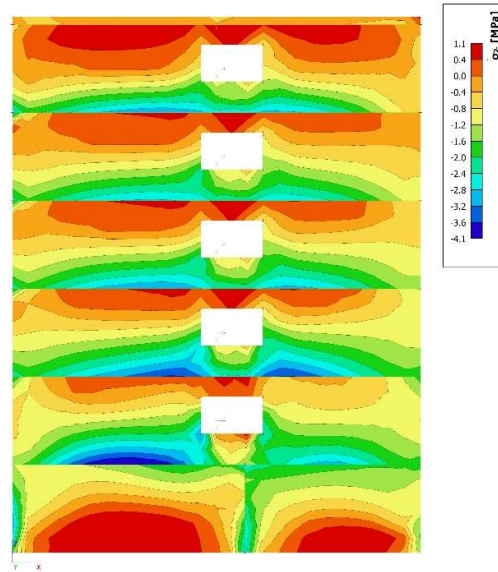
- zid I od 1-6 - obostrano Q785, zid I od 6-9 - obostrano Q283
- na krajevima:  $4\text{Ø}14 + \text{UØ}10/20$  (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom:  $4\text{Ø}14 + \text{UØ}10/20$  (cm)
- na spoju s temeljima armirati s  $\text{Ø}14/20$  cm

### 4.2.7. Zid u osi J/6-9

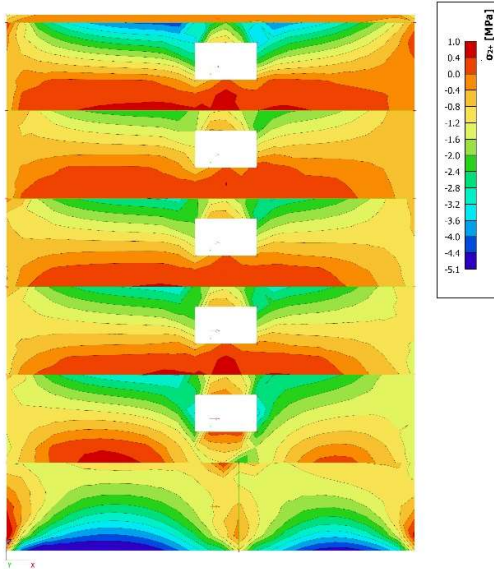
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



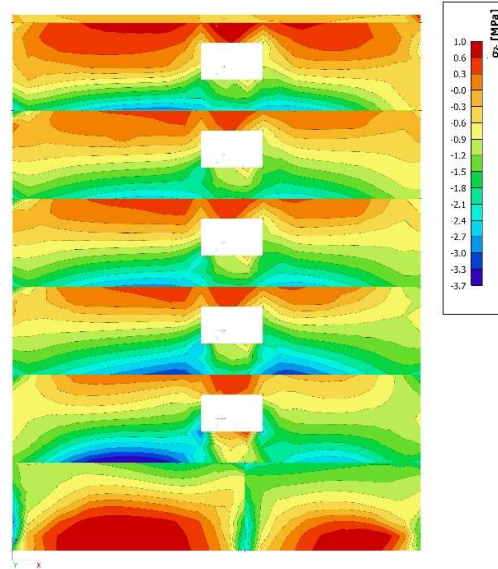
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

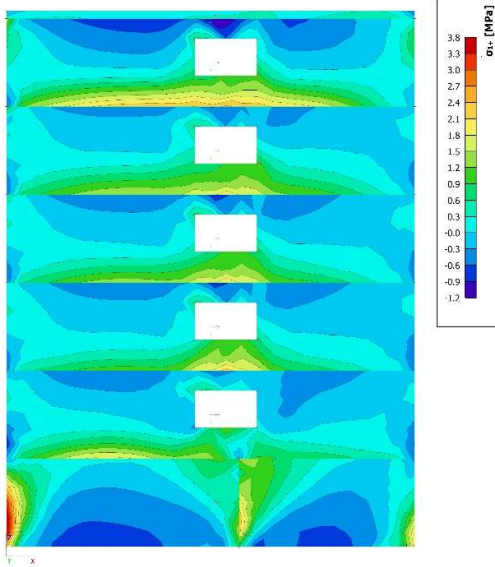


Napomena:

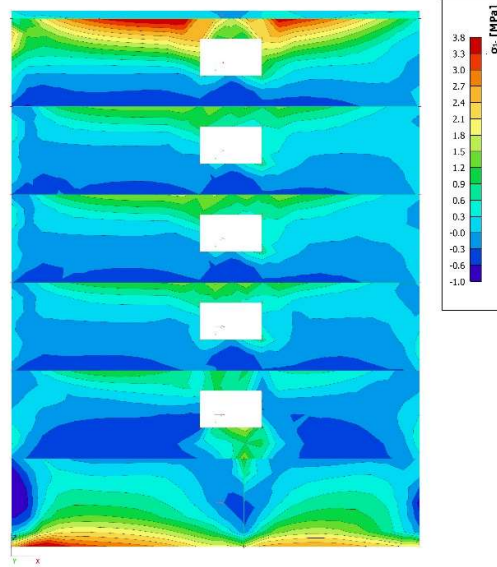
- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje



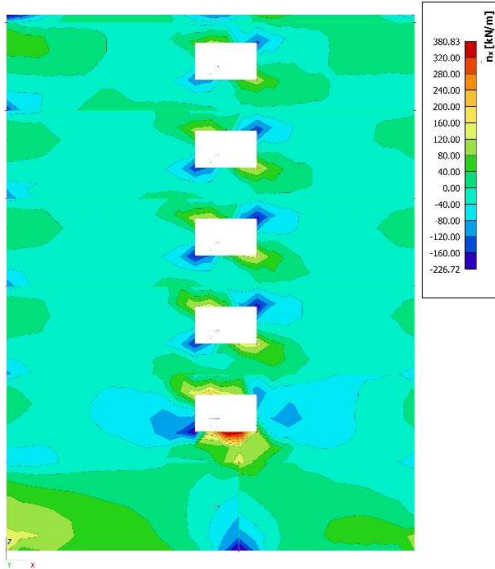
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)



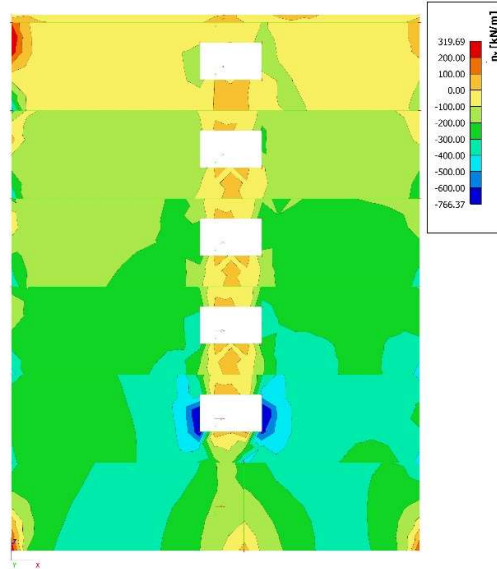
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{y,Sd}$  (MPa)



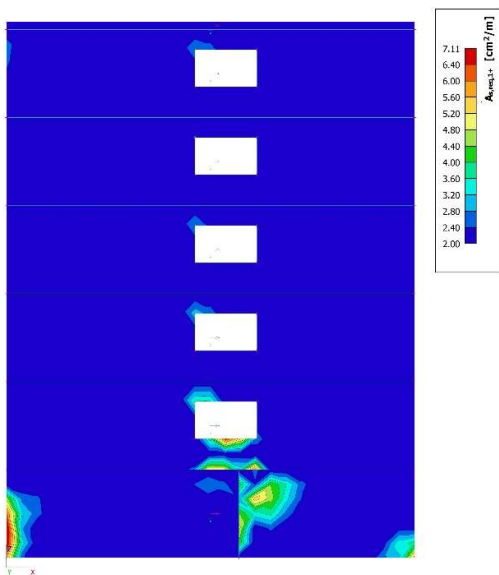
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)



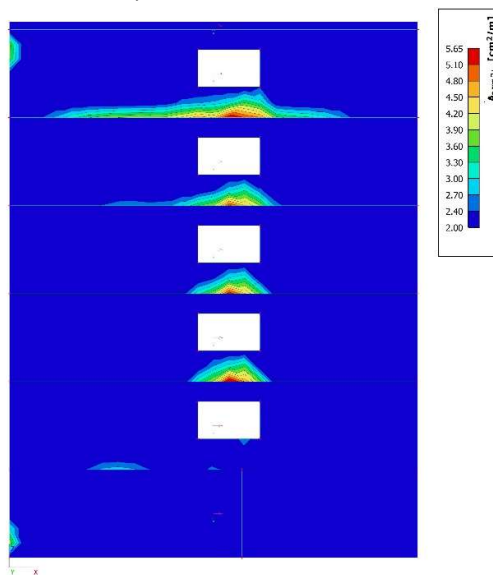
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)



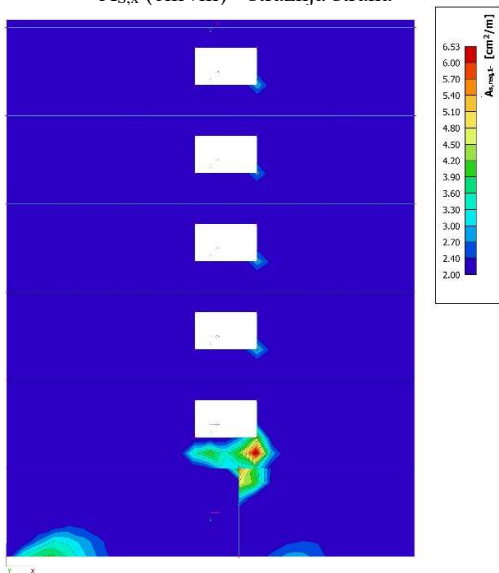
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



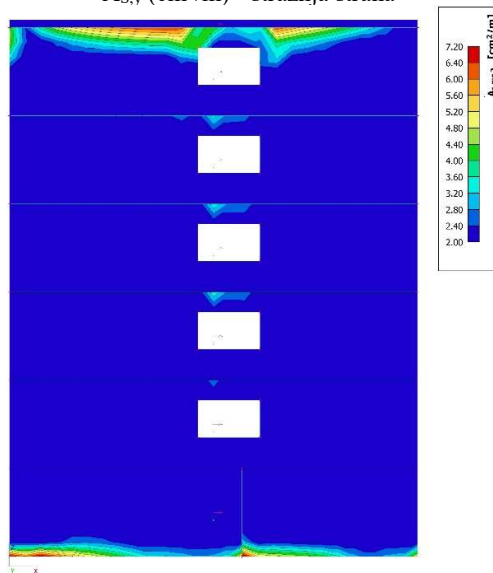
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

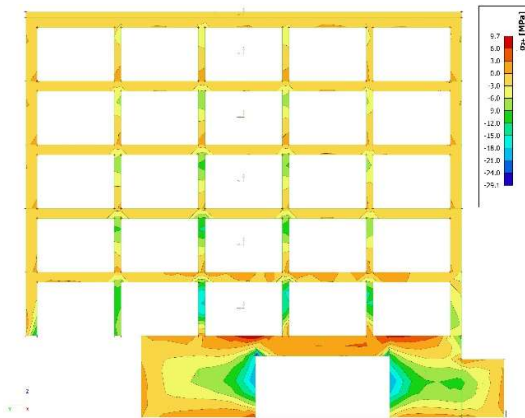


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

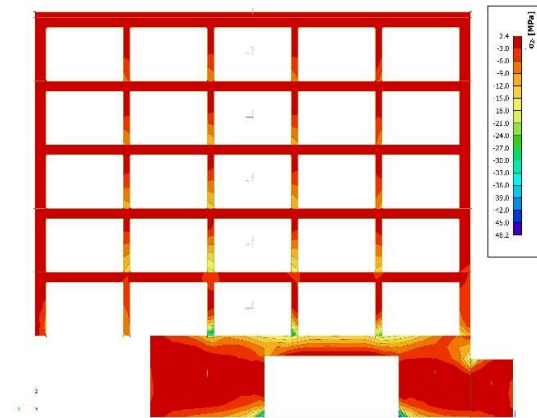
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- parapetni zid u gornjoj zoni armirati s 5 Ø14 + vilice UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

#### 4.2.8. Zid u osi 1/A-I

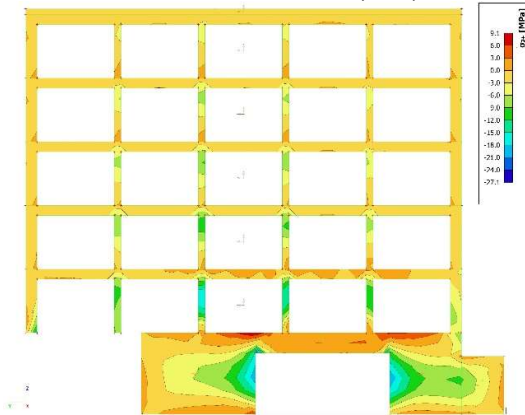
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50 \text{ (MPa)}$



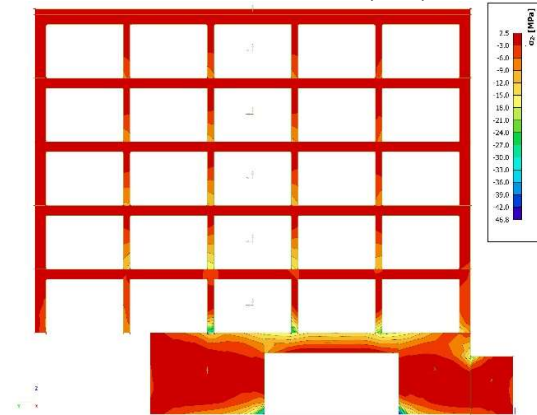
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50 \text{ (MPa)}$



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00 \text{ (MPa)}$



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00 \text{ (MPa)}$

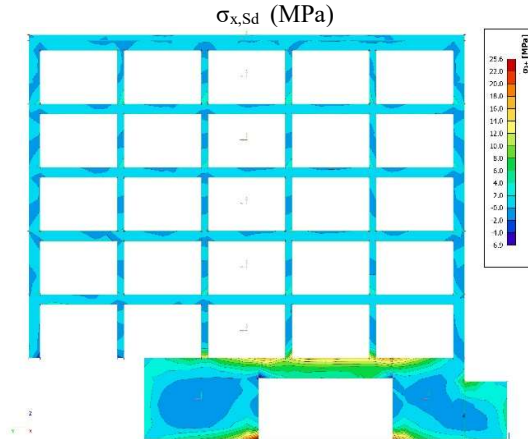


Napomena:

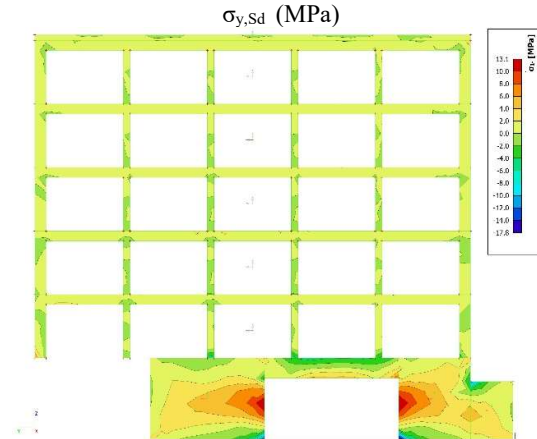
- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje



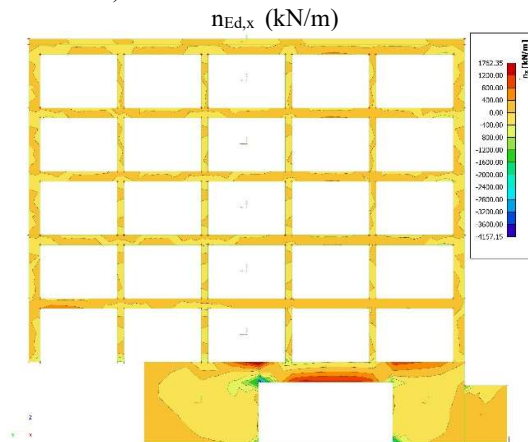
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



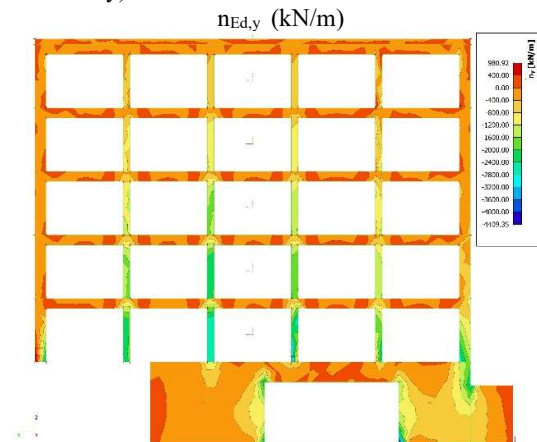
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



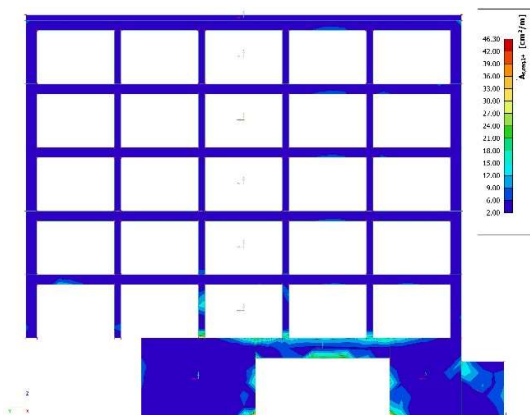
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



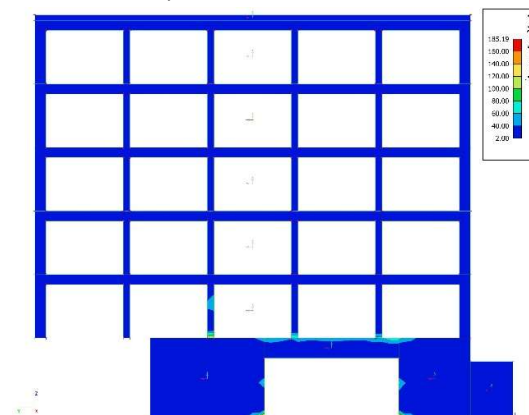
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



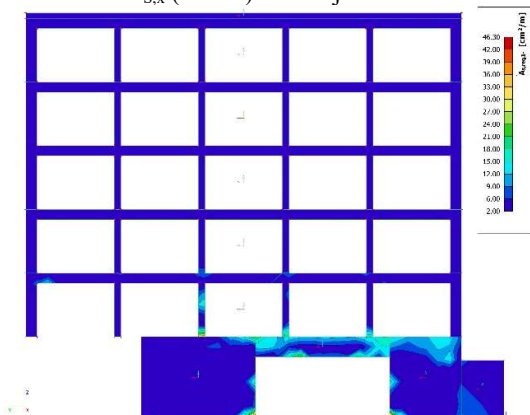
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



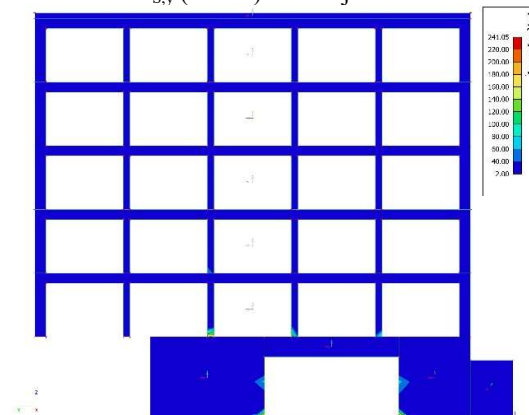
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

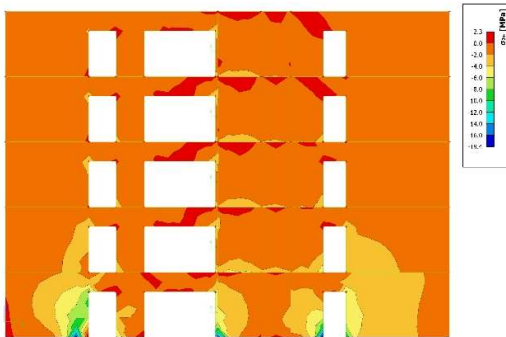


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

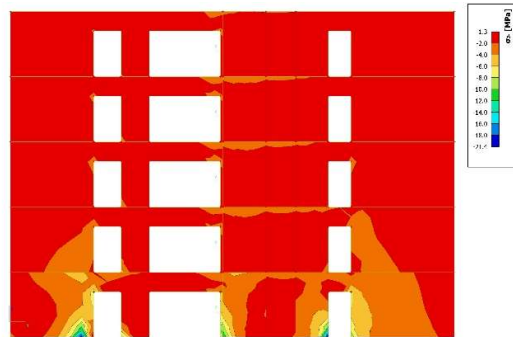
- obostrano Q283, zidove podruma obostrano Q785
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- VN podruma: 8Ø22 d. zona + 8Ø22 g. zona + četverrezne vilice Ø12/10 (cm)
- parapetni zid u gornjoj zoni armirati s 5 Ø14 + vilice UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

#### 4.2.9. Zid u osi 2/A-H

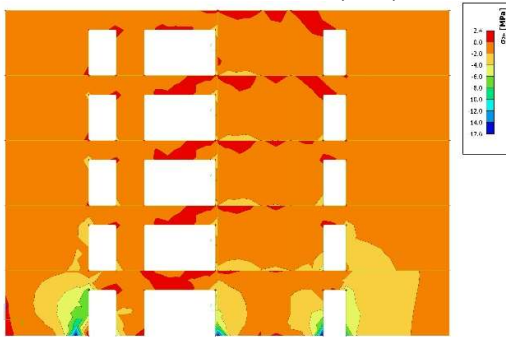
C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



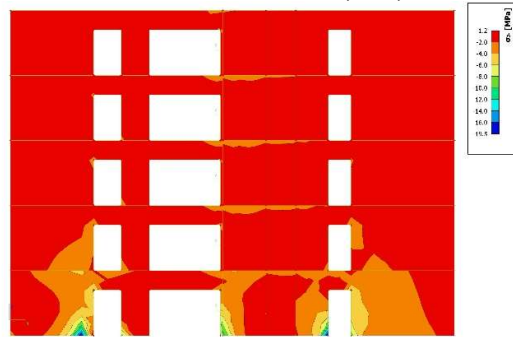
C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



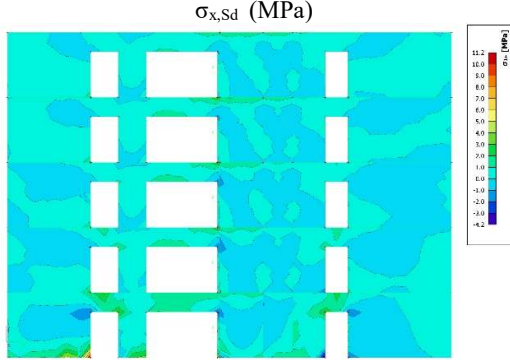
C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



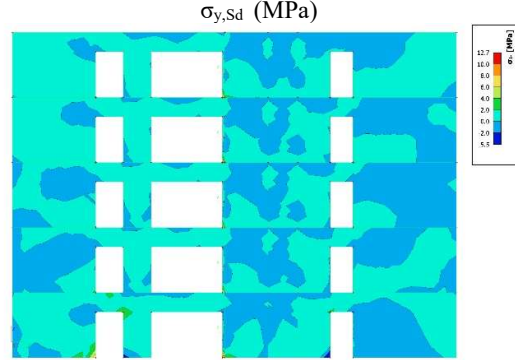
Napomena:

- lokalna prekoračenja tlačnih naprezanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

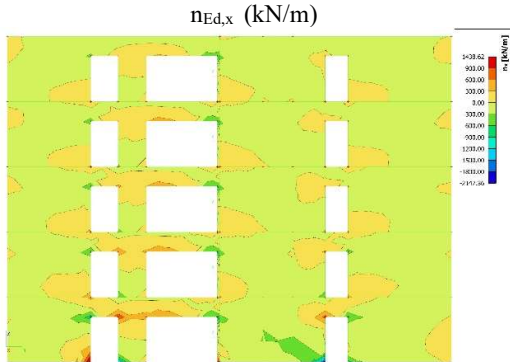
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



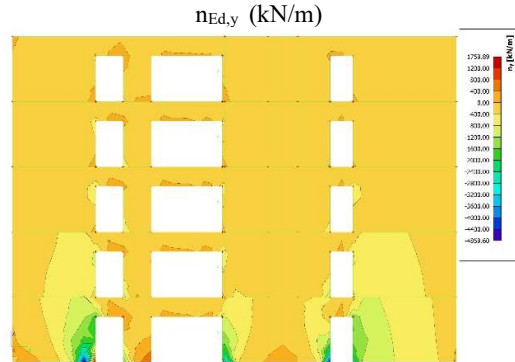
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



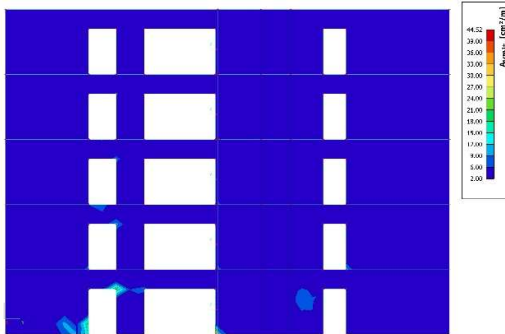
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



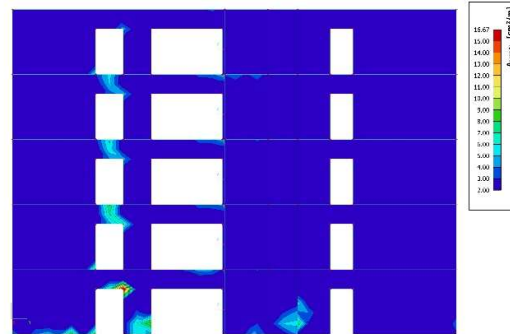
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



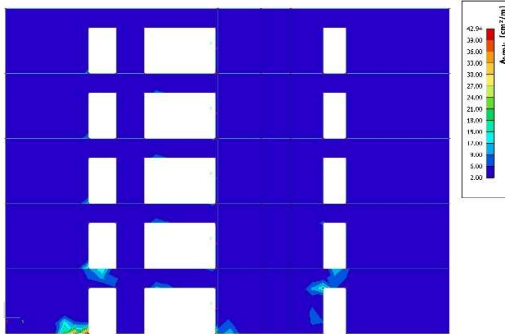
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



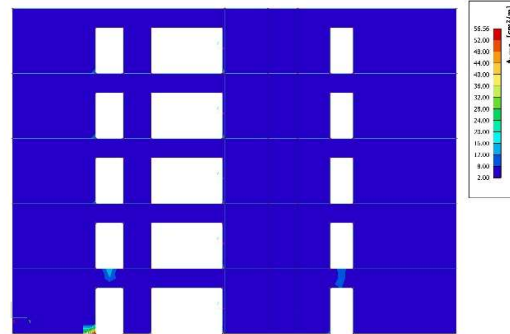
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

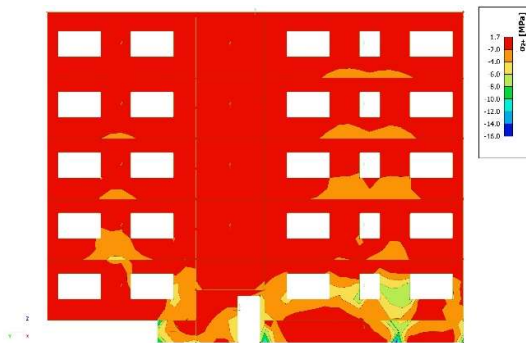


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

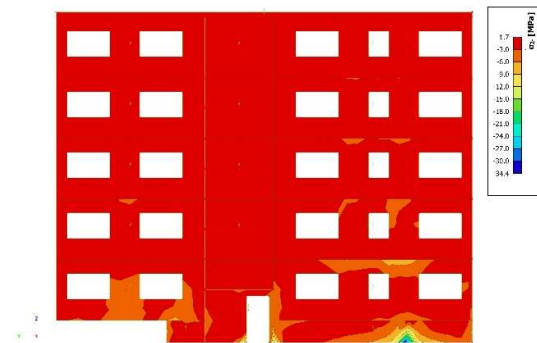
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

## 4.2.10. Zid u osi 4/A-G

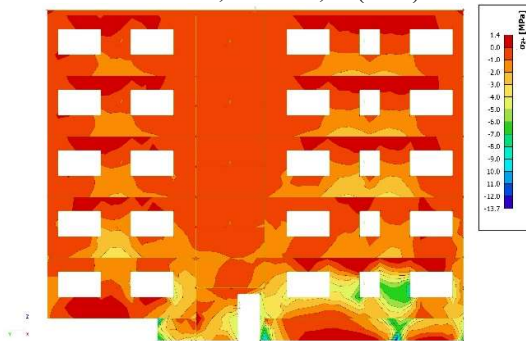
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



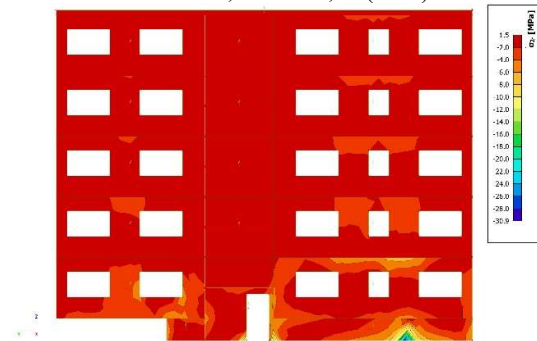
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



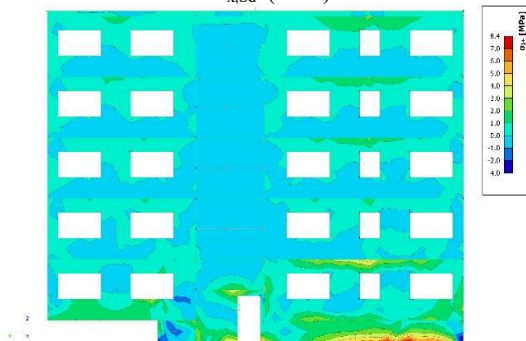
C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



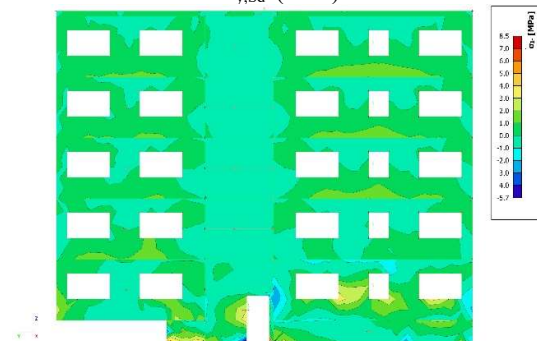
C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



C2) Vlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)



C2) Vlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{y,Sd}$  (MPa)

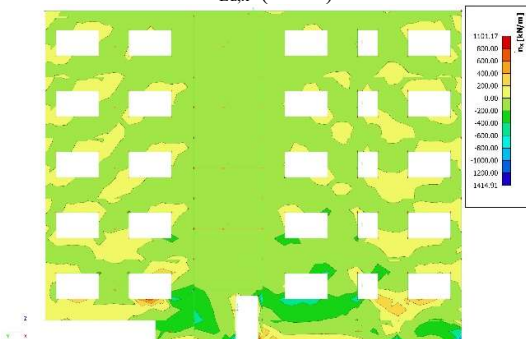


Napomena:

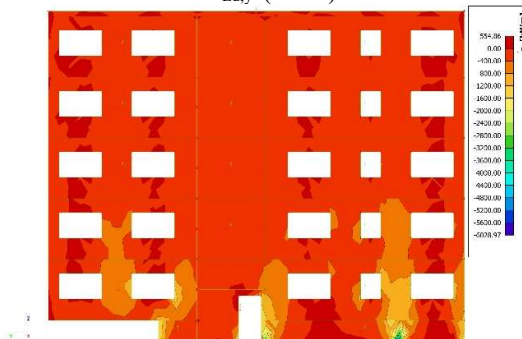
- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje



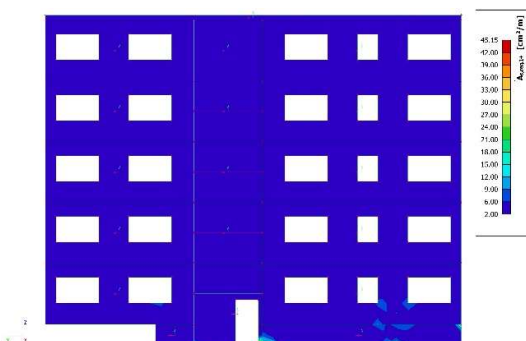
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)



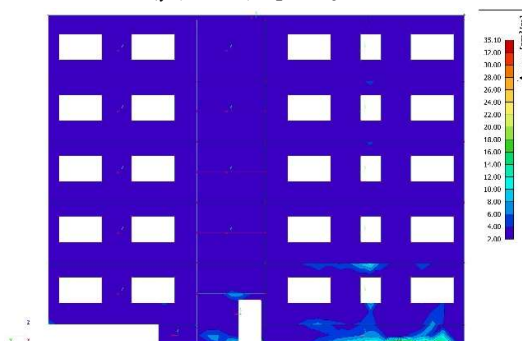
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)



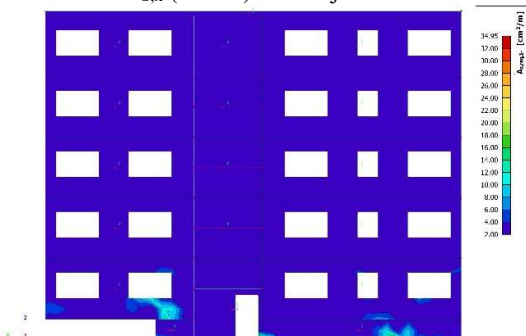
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



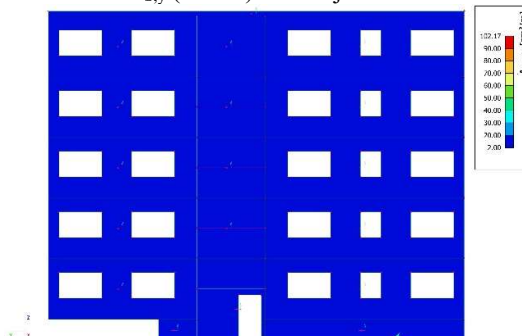
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

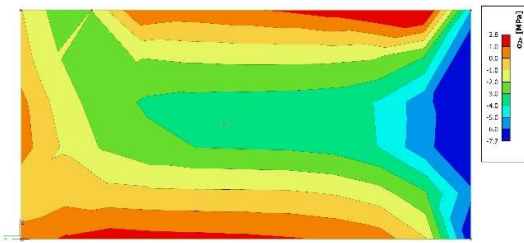
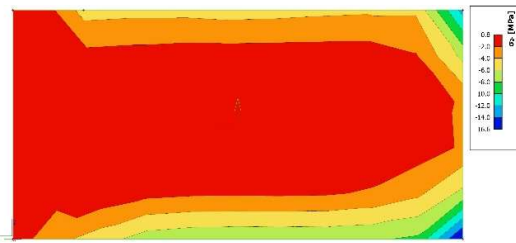
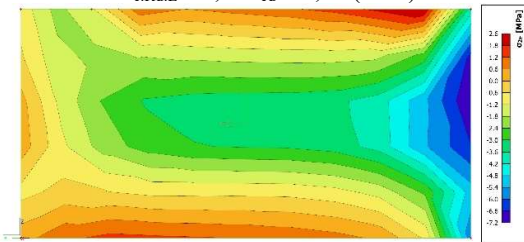
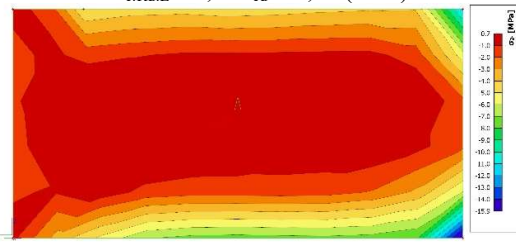
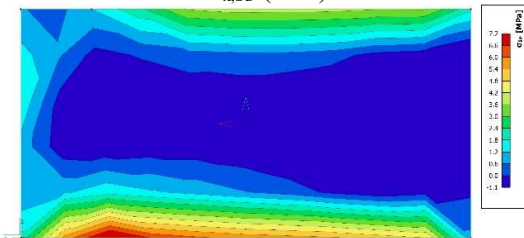
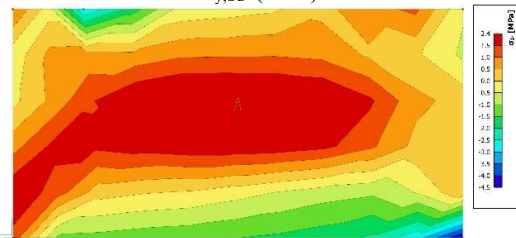
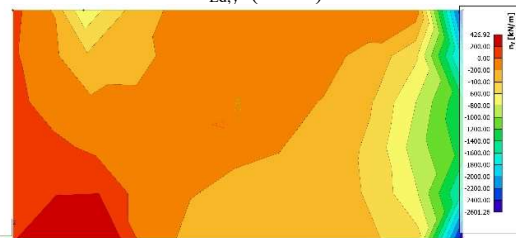


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- VN prizemlja: 8Ø22 d. zona + 8Ø16 g. zona + četverorezne vilice Ø12/10 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm



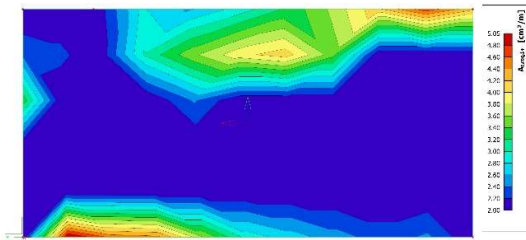
## 4.2.11. Zid u osi 5/B-E

C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)C1) Tlačna naprezanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)C2) Tlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{y,Sd}$  (MPa)C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)

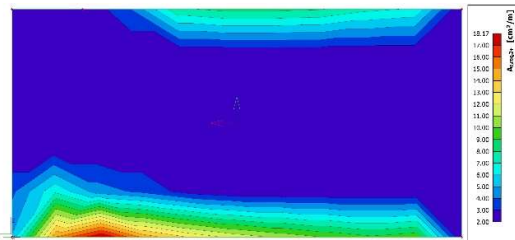
Napomena:

- lokalna prekoračenja tlačnih naprezanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

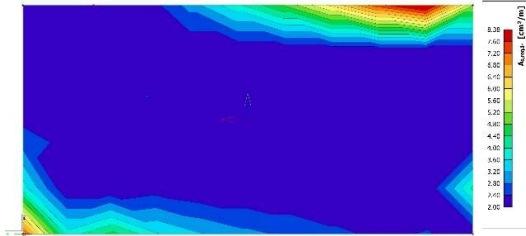
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



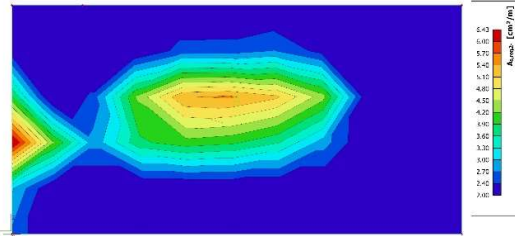
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{S,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{S,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

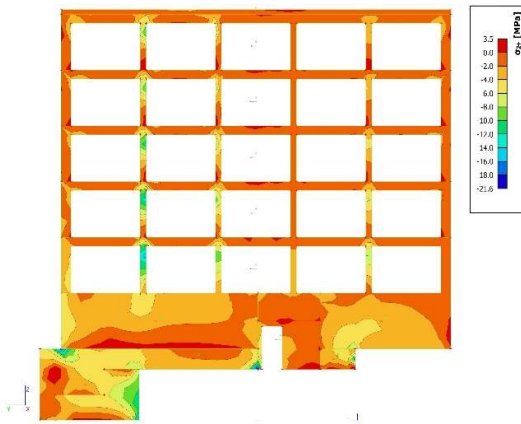


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

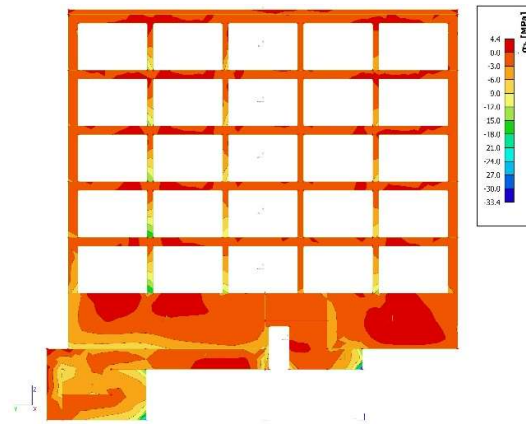
- obostrano Q503
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

## 4.2.12. Zid u osi 6/B-J

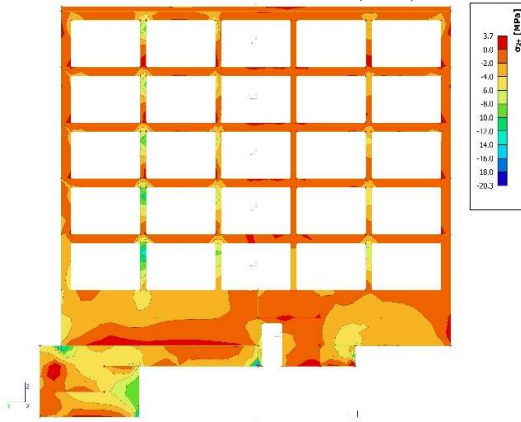
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



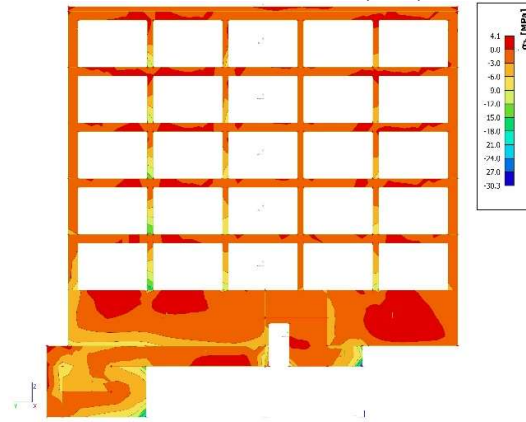
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



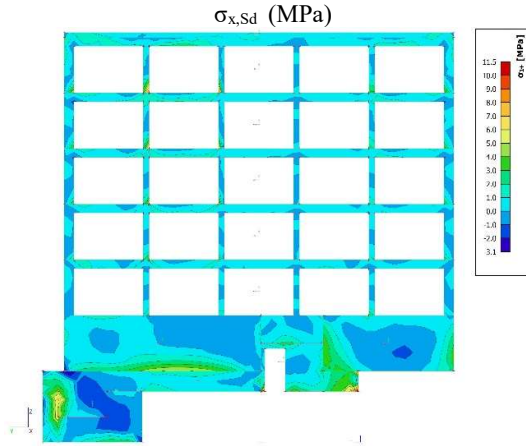
C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



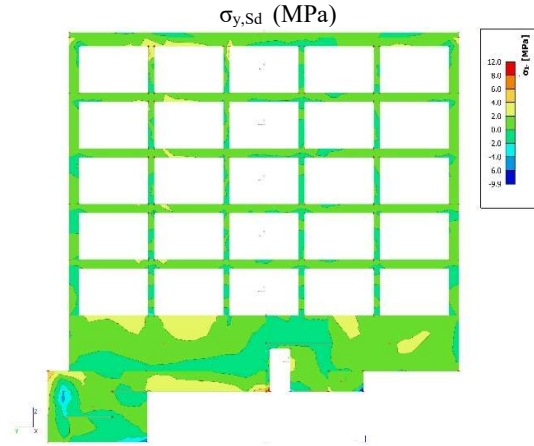
Napomena:

- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

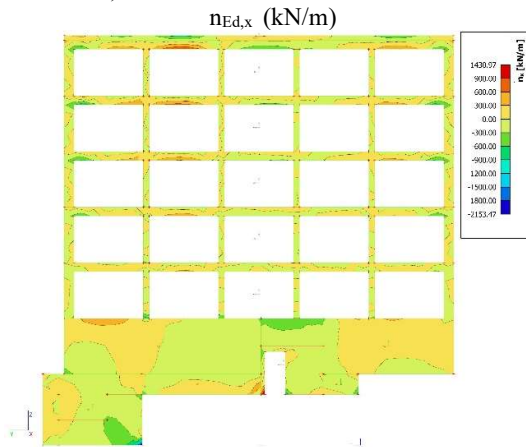
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



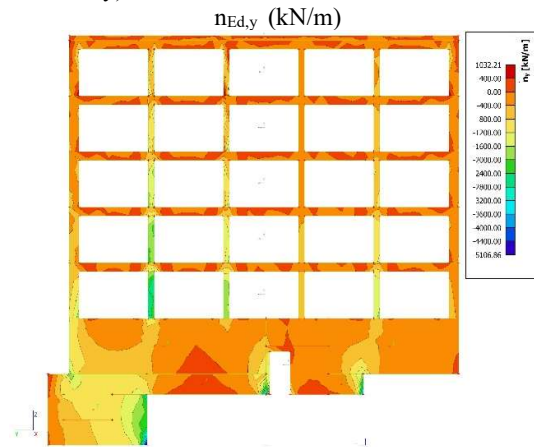
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:



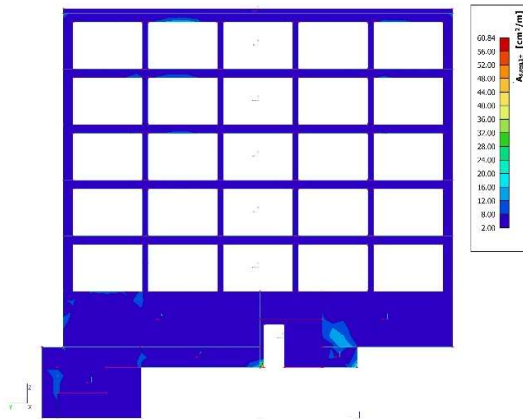
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



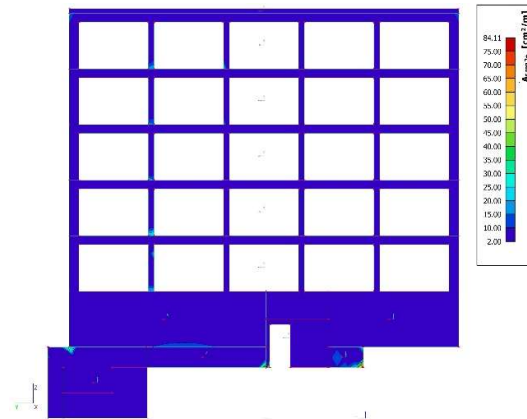
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:



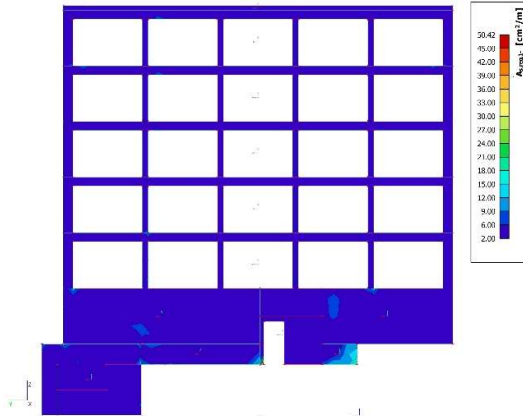
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



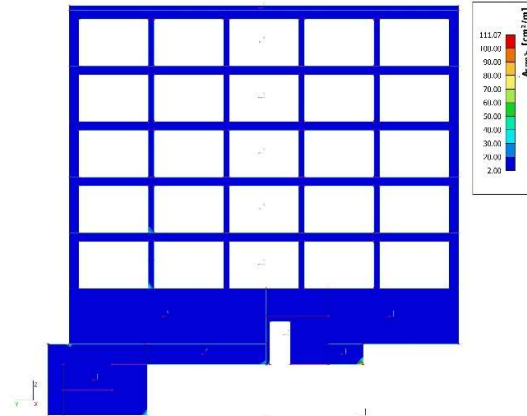
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

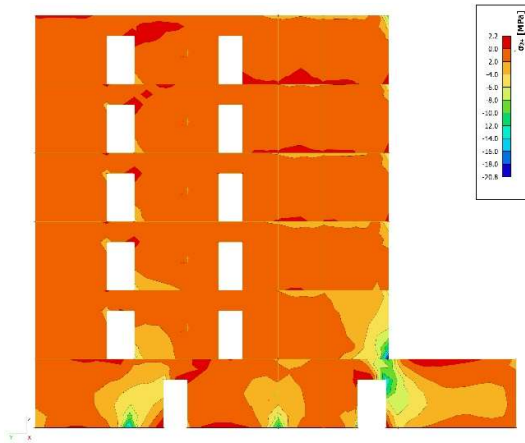


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

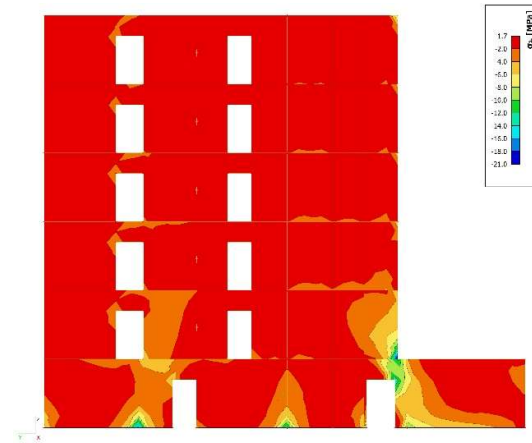
- obostrano Q283, zidove podruma obostrano Q785
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- VN prizemlja: 8Ø16 d. zona + 8Ø16 g. zona + četverorezne vilice Ø12/10 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

## 4.2.13. Zid u osi 8/B-J

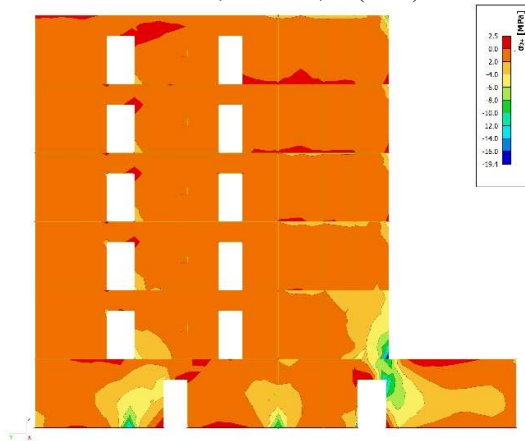
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



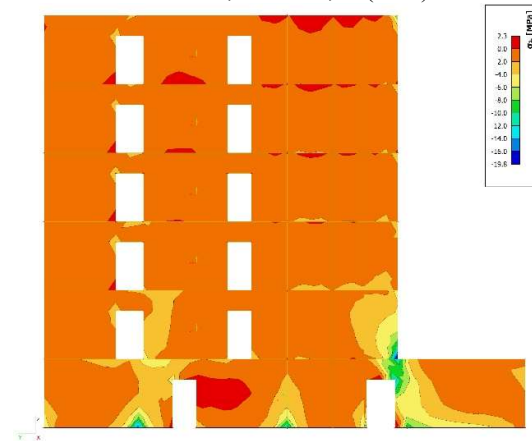
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c.GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c.Rd.E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)

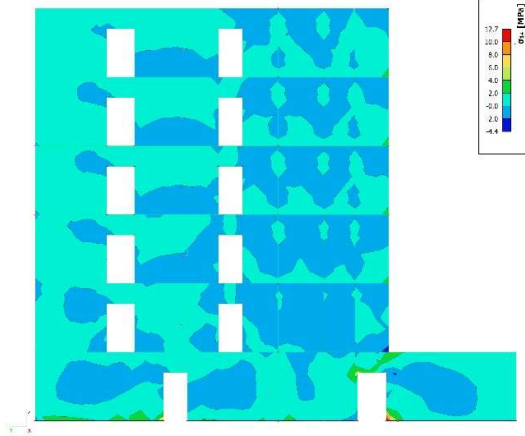


Napomena:

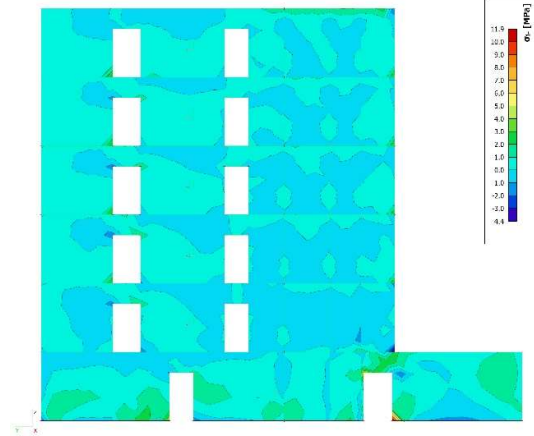
- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje



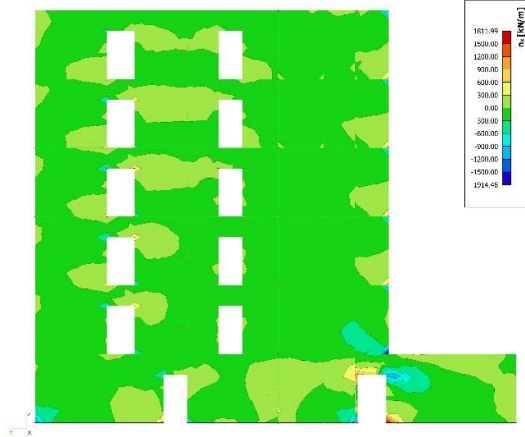
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:

 $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)

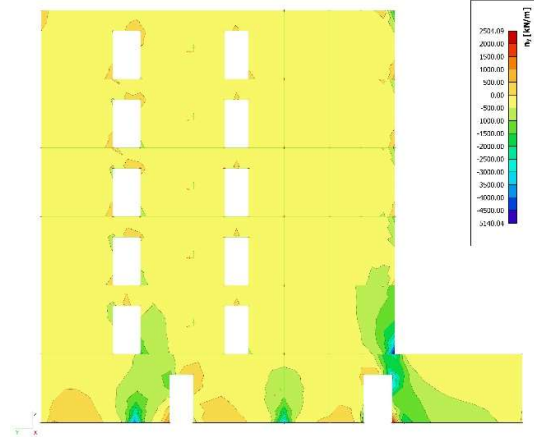
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:

 $\sigma_{y,Sd}$  (MPa)

C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:

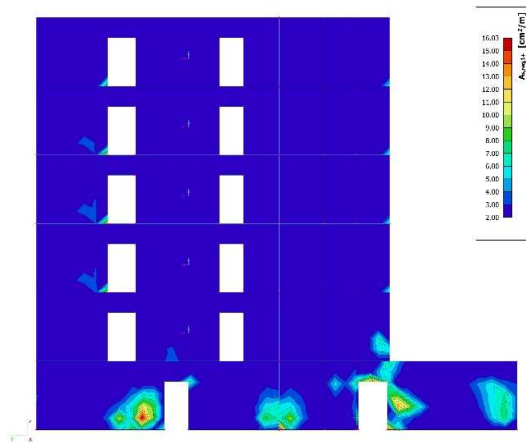
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)

C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:

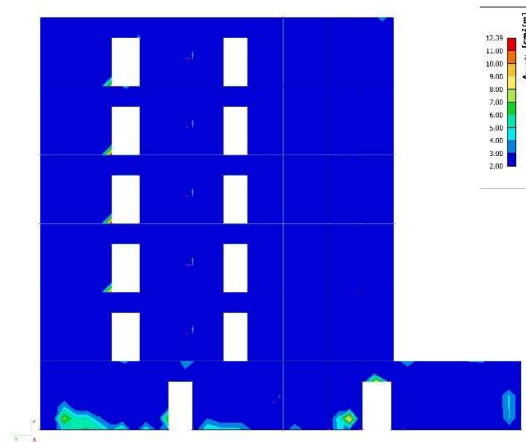
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)



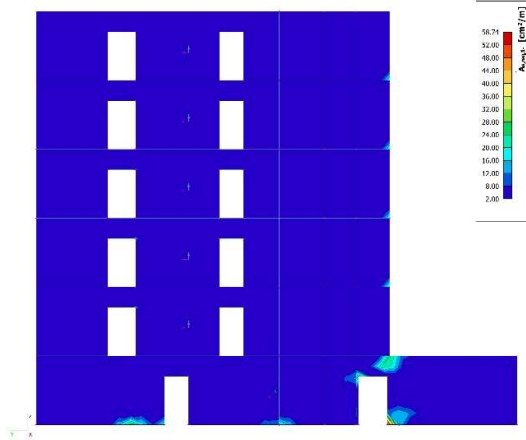
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



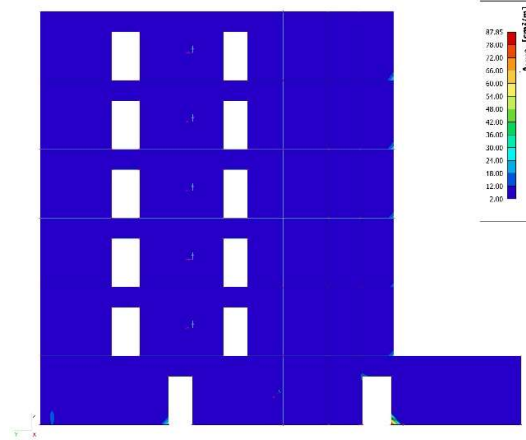
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana

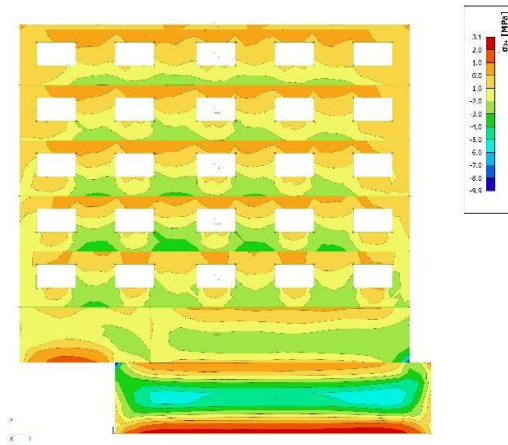


Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

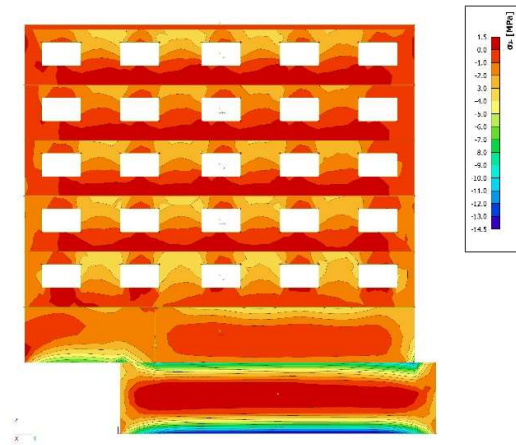
- obostrano Q283
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

## 4.2.14. Zid u osi 9/B-J

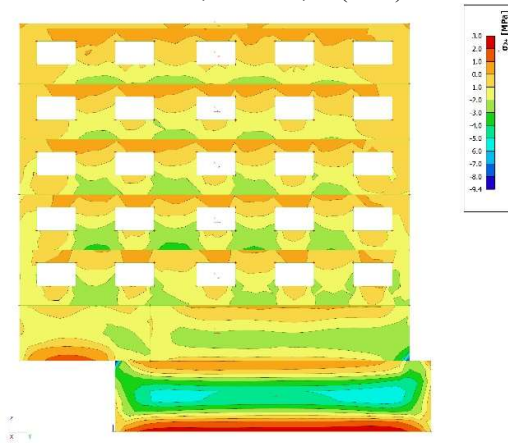
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



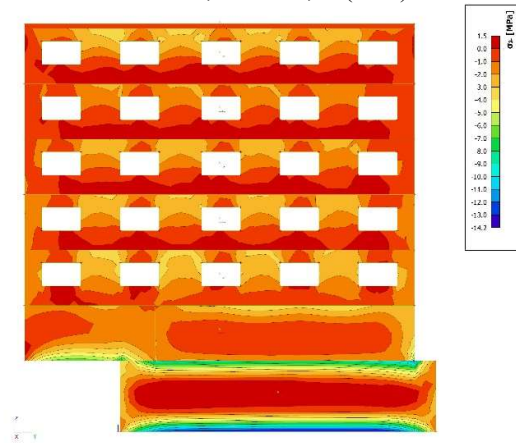
C1) Tlačna naprežanja u zidu za GSU-2:  
 $\sigma_{c,GSU2} \leq 0,45 f_{ck} = 13,50$  (MPa)



C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



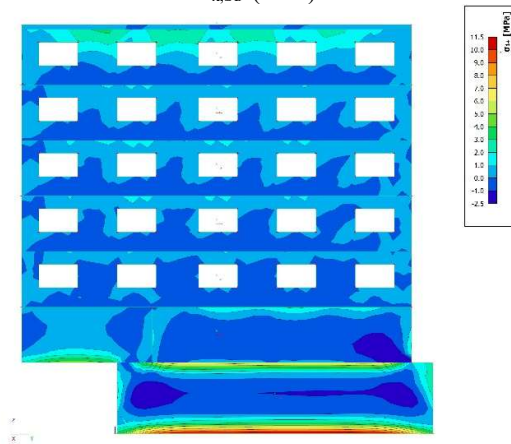
C2) Tlačna naprežanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0,40 f_{cd} = 8,00$  (MPa)



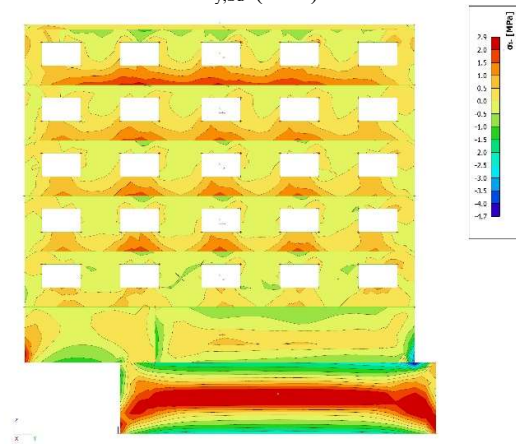
Napomena:

- lokalna prekoračenja tlačnih naprežanja su posljedica karakteristika modela te ih se zanemaruje

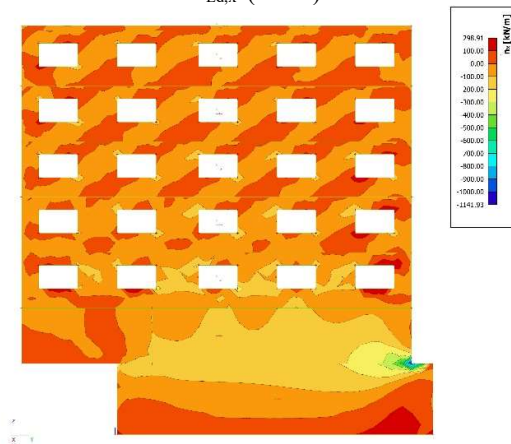
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{x,Sd}$  (MPa)



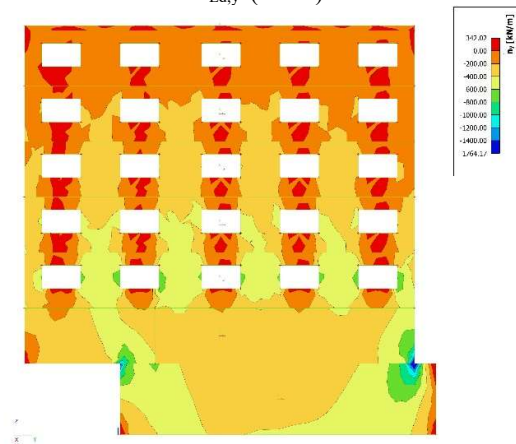
C2) Vlačna naprezanja u zidu za ANV 2:  
 $\sigma_{y,Sd}$  (MPa)



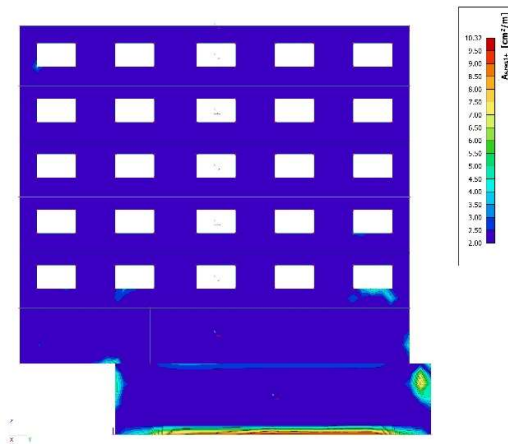
C3x) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,x}$  (kN/m)



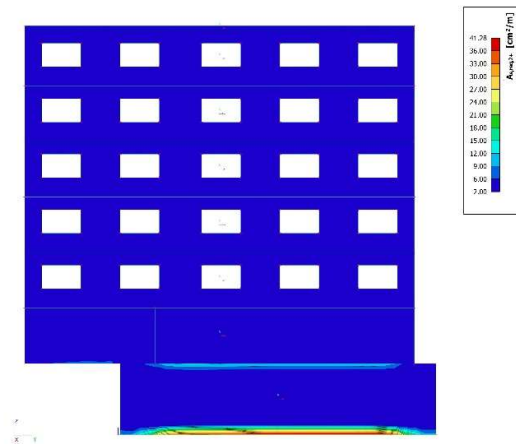
C3y) Proračunske vlačne sile za ANV 1:  
 $n_{Ed,y}$  (kN/m)



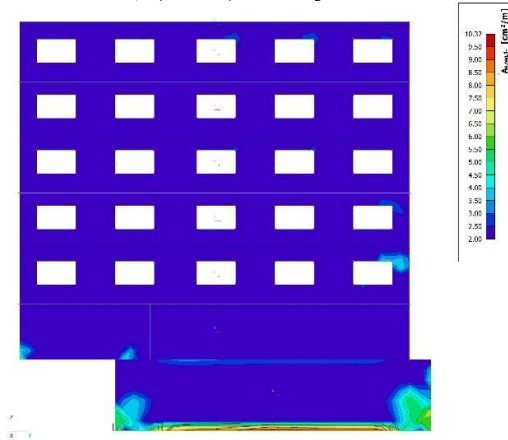
C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



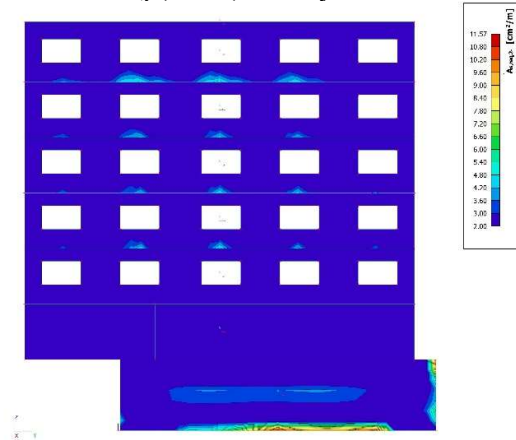
C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - prednja strana



C4x) Proračunska armatura x za ANV 1:  
 $A_{s,x}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



C4y) Proračunska armatura y za ANV 1:  
 $A_{s,y}$  (cm<sup>2</sup>/m) - stražnja strana



Zid armirati prema izvedbenom projektu, a prema gore prikazanim potrebnim površinama:

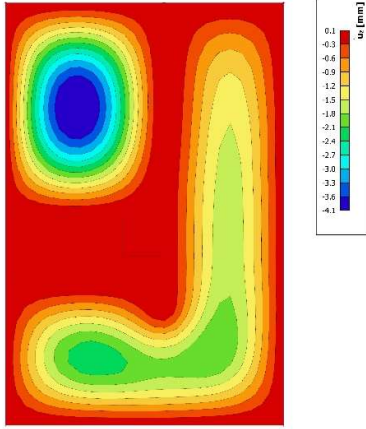
- obostrano Q283, zidove podruma obostrano Q785
- na krajevima: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- na spoju s poprečnim zidovima i međukatnom pločom: 4Ø14 + UØ10/20 (cm)
- u nadvojima: 3Ø14 donja zona + 3Ø14 gornja zona + vilice Ø10/20 (cm)
- na spoju s temeljima armirati s Ø14/20 cm

### 4.3. Proračun AB ploča

#### 4.3.1. Proračun ploča POZ 700

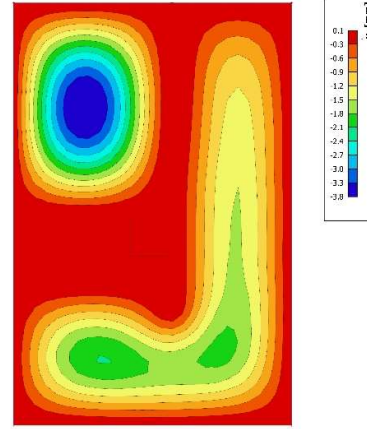
Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{max,d} \leq L/1000$ )

2D pomak  
Vrijednosti:  $u_z$   
Linearni proračun  
Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odabir: Sv  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



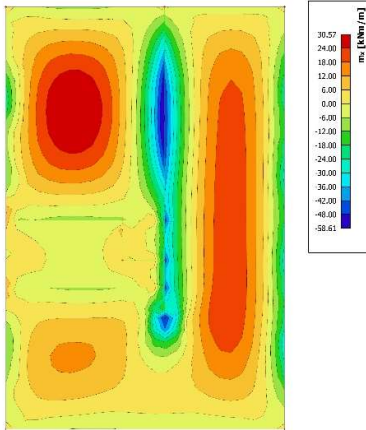
Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{max,d} \leq L/1250$ )

2D pomak  
Vrijednosti:  $u_z$   
Linearni proračun  
Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odabir: Sv  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



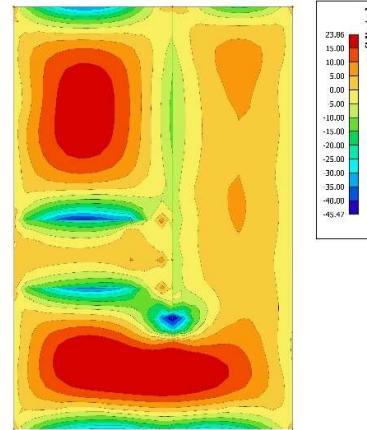
Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
Vrijednosti:  $m_x$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odabir: Sv  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



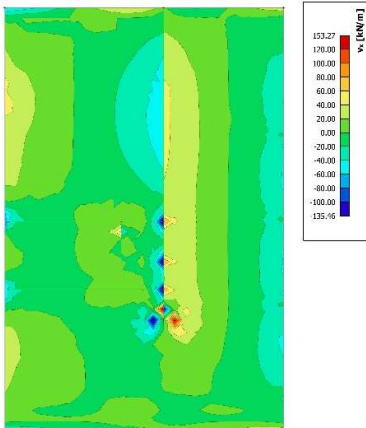
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
Vrijednosti:  $m_y$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odabir: Sv  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



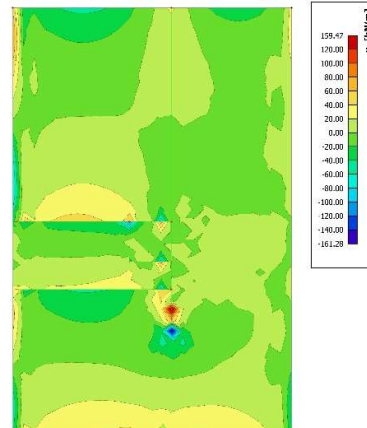
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
Vrijednosti:  $v_x$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odabir: Sv  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
Vrijednosti:  $v_y$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odabir: Sv  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = 52,67 \text{ (kN/m)}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = 9,21 \text{ (kN/m)}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

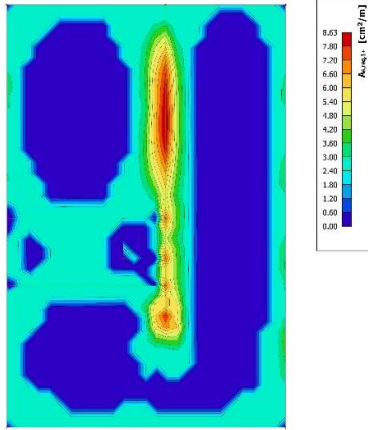
Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$



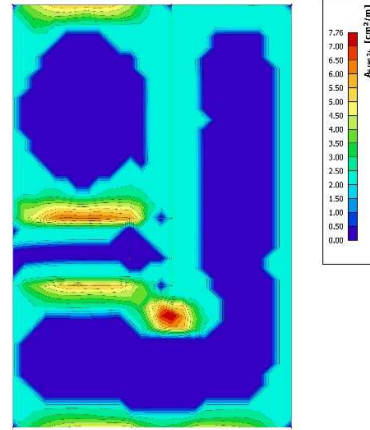
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odbir: Svi  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



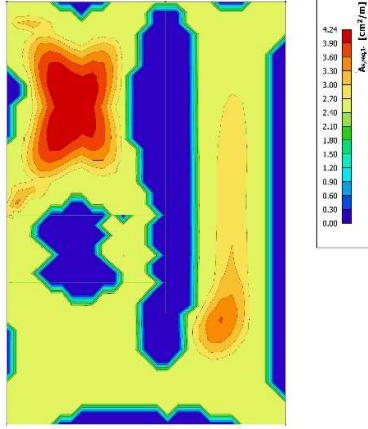
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odbir: Svi  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



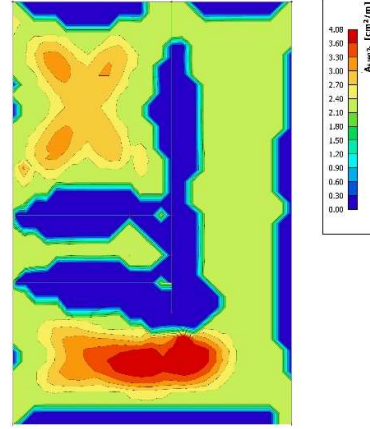
Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odbir: Svi  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



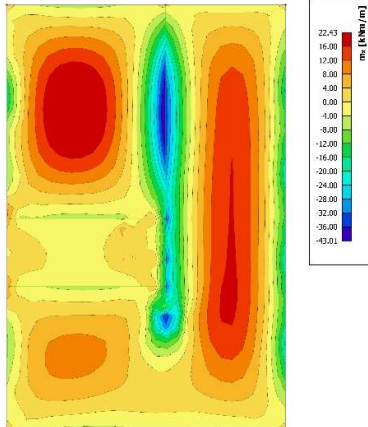
Proračun armature.  $A_{s,res,2-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
Vrijednosti:  $A_{s,res,2-}$   
Linearni proračun  
Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odbir: Svi  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



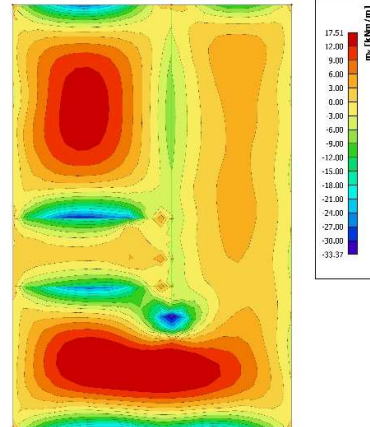
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
Vrijednosti:  $m_x$   
Linearni proračun  
Kombinacija: GSU-karak. (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odbir: Svi  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
Vrijednosti:  $m_y$   
Linearni proračun  
Kombinacija: GSU-karak. (auto)  
Ekstrem: Globalni  
Odbir: Svi  
Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
Sustav: Element mreže LCS





Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 5,03$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0067$
$M_{Ed} = 22,43$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 2,93 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 278,29$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000491 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000835$	
$\emptyset = 8,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 211,96$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,178$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

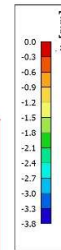
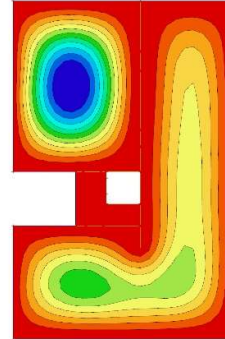
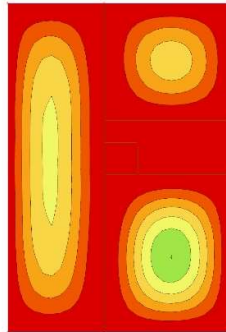
Proračun širine pukotina na ležaju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 43,01$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 3,57 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 346,58$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001144 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001040$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,196$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

### 4.3.2. Proračun ploča POZ 600

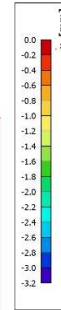
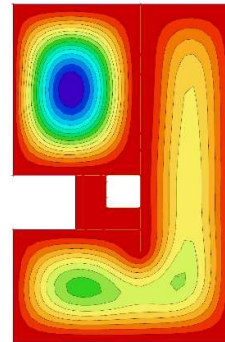
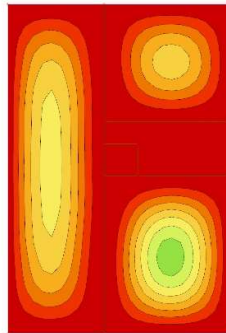
Progibi ploča.  $U_z$  (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )

**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



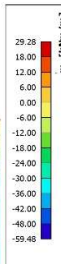
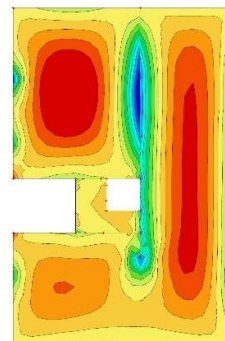
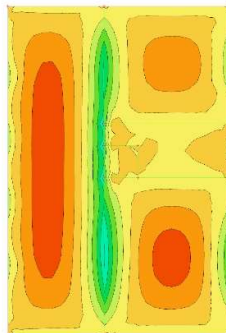
Progibi ploča.  $U_z$  (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



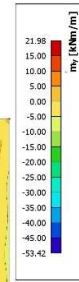
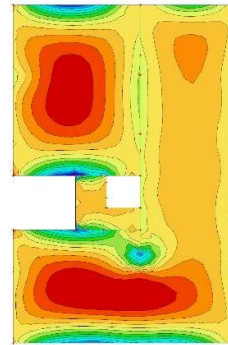
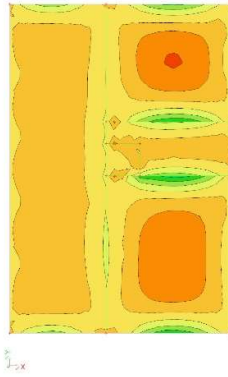
Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



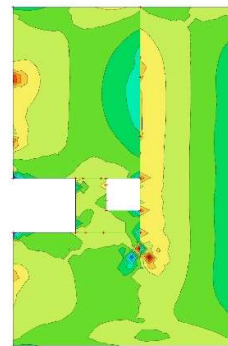
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



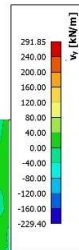
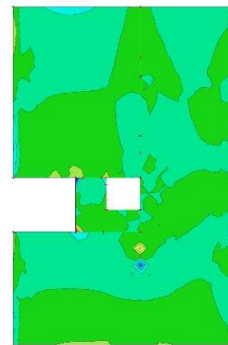
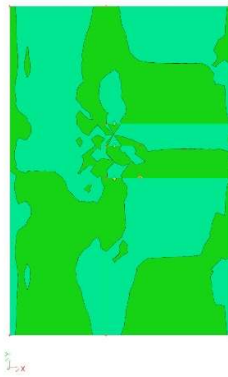
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{52,67 \text{ (kN/m)}}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{9,21 \text{ (kN/m)}}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

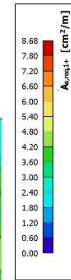
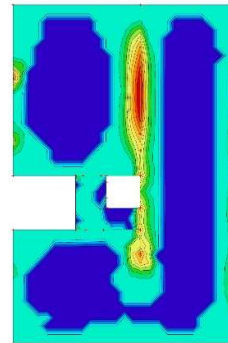
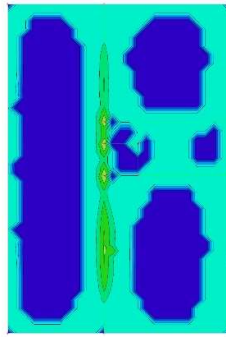
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

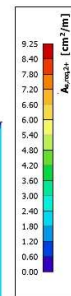
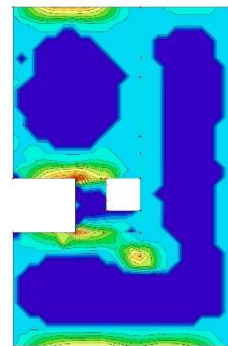
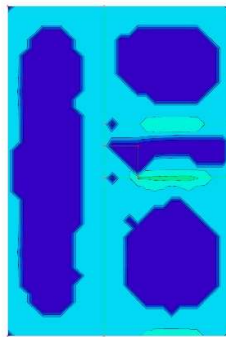
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



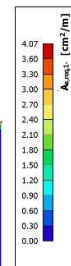
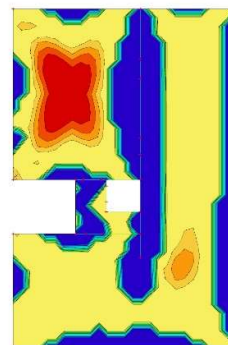
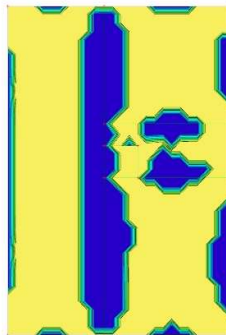
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



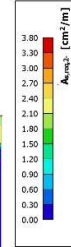
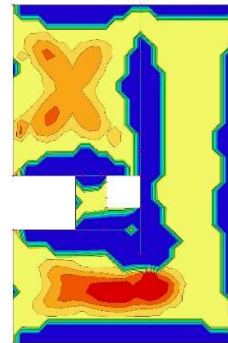
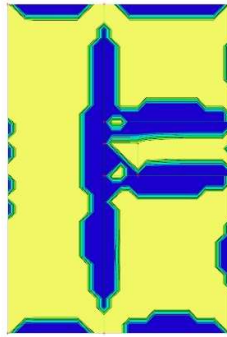
Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



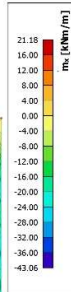
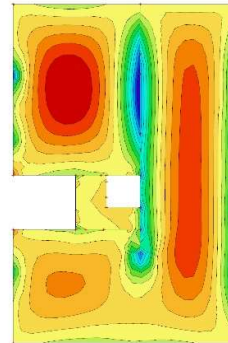
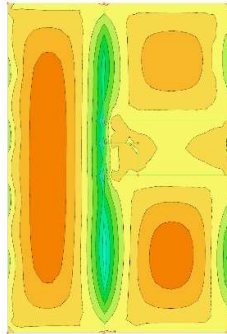
Proračun armature.  $A_{s,res,2}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



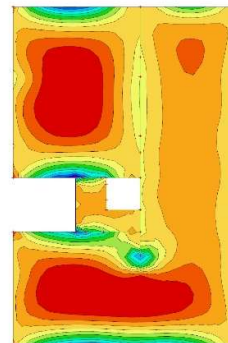
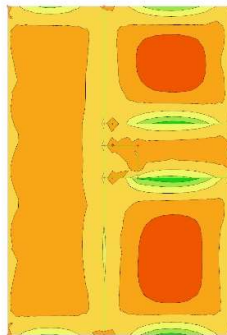
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 5,03$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_c = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0067$
$M_{Ed} = 21,18$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 2,93 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 262,78$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000414 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000788$	
$\emptyset = 8,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 211,96$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,167$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

Proračun širine pukotina na ležaju:

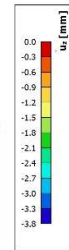
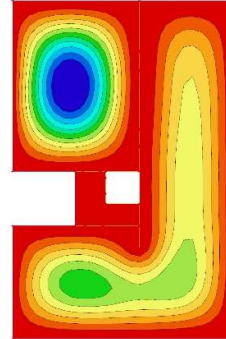
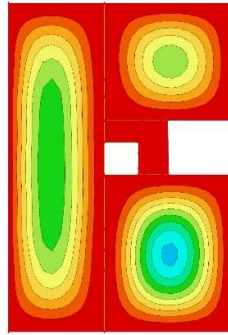
<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_c = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 43,06$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 3,57 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 346,99$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001146 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001041$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,197$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	



## 4.3.3. Proračun ploča POZ 500

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )

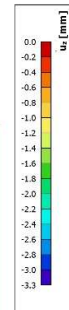
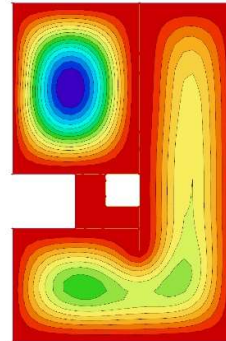
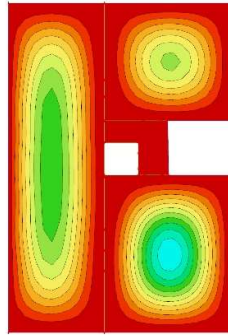
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
z

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

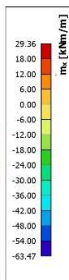
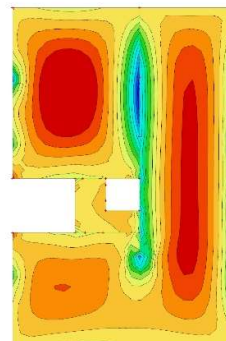
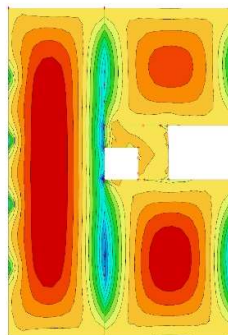
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
z

Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

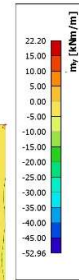
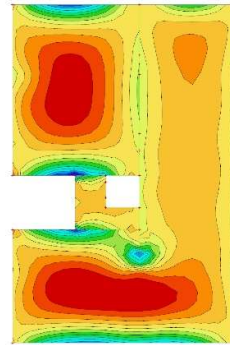
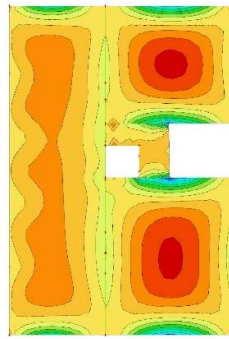
**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
z

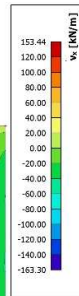
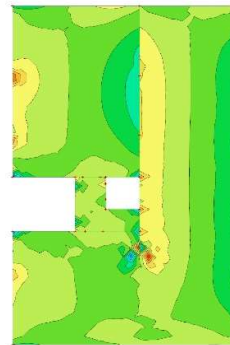
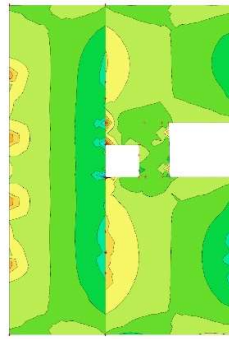
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



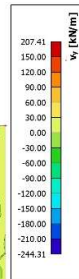
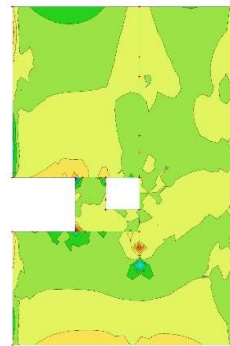
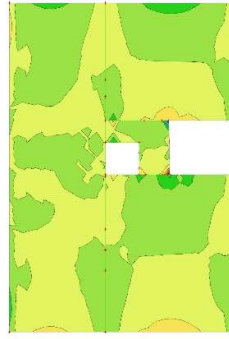
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C\ 30/37; f_{ck} = 30,0\ (\text{MPa}); f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00\ (\text{MPa})$$

Armatura:

$$B\ 500B; f_{yk} = 500,0\ (\text{MPa}); f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8\ (\text{MPa})$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90\ (\text{kNm/m})$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55\ (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24\ (\text{cm}^2/\text{m})$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83\ (\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{52,67\ (kN/m)}$$

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

$$\nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{9,21\ (kN/m)}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

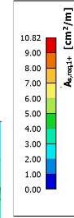
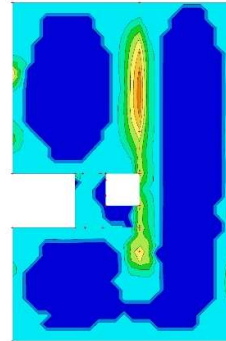
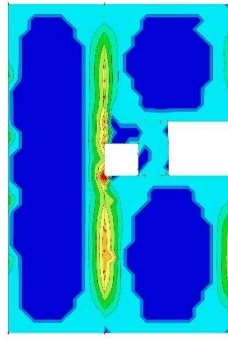
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

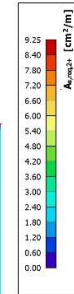
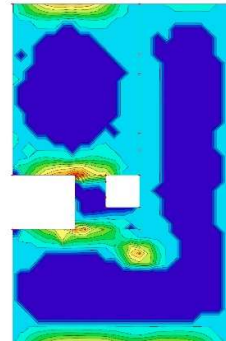
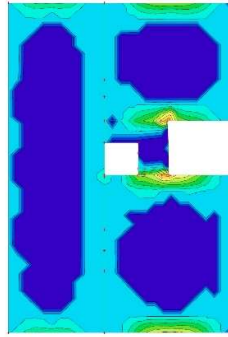
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



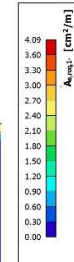
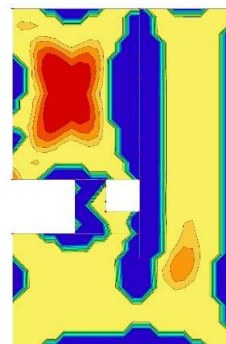
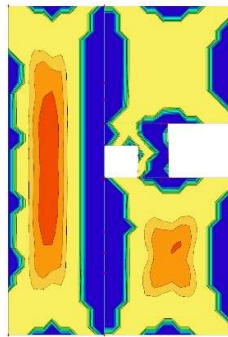
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



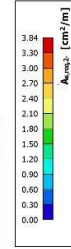
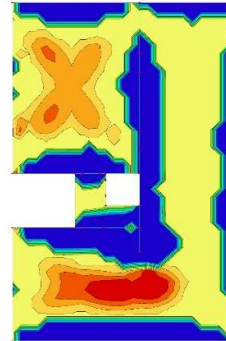
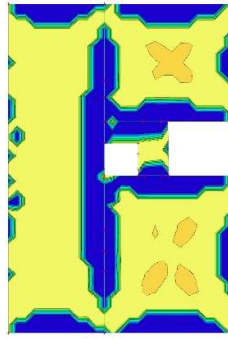
Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



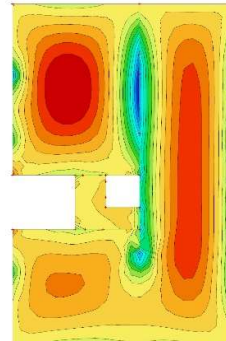
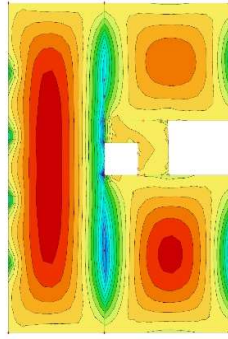
Proračun armature.  $A_{s,res,2}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



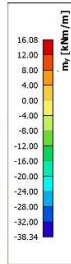
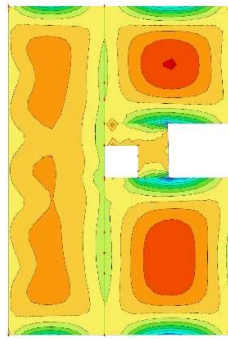
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 5,03$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0067$
$M_{Ed} = 21,26$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 2,93 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 263,77$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000419 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000791$	
$\emptyset = 8,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 211,96$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,168$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

Proračun širine pukotina na ležaju:

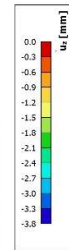
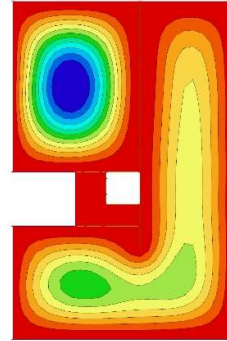
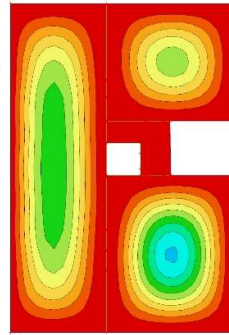
<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 45,94$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 3,57 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 370,19$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001262 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001111$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,217$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	



## 4.3.4. Proračun ploča POZ 400

Progibi ploča.  $U_z$  (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )

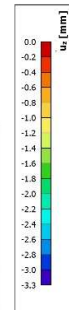
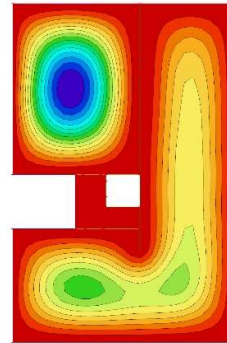
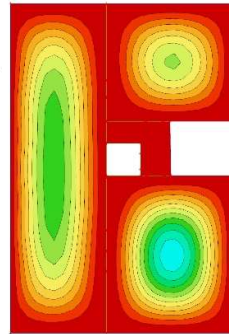
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
z

Progibi ploča.  $U_z$  (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

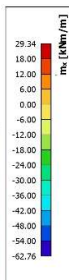
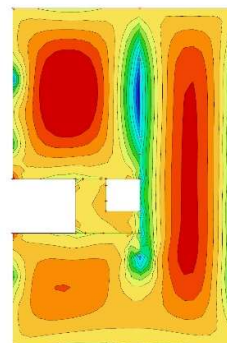
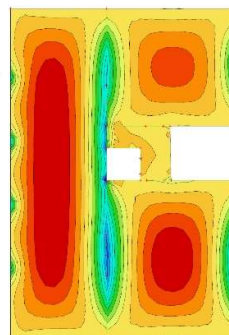
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
z

Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

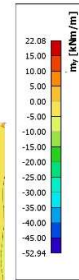
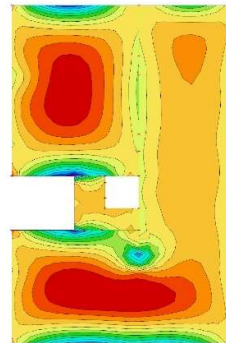
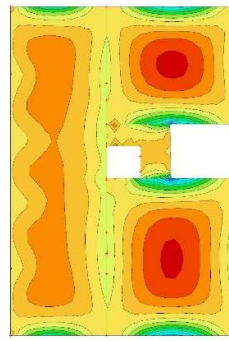


x  
z



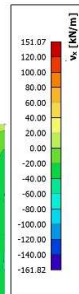
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



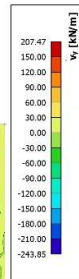
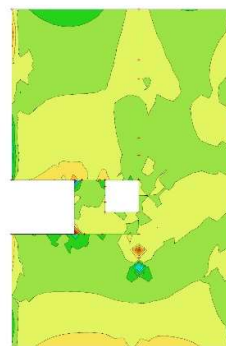
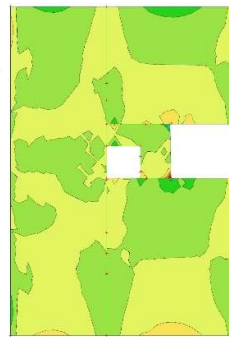
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{52,67 \text{ (kN/m)}}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{9,21 \text{ (kN/m)}}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

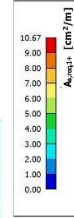
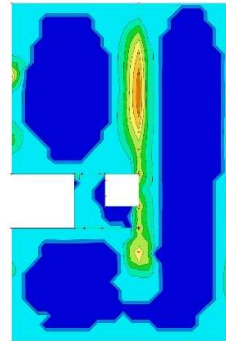
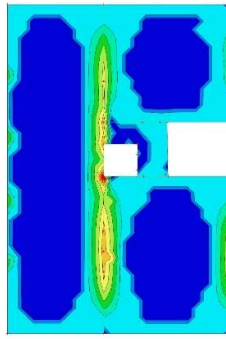
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

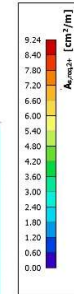
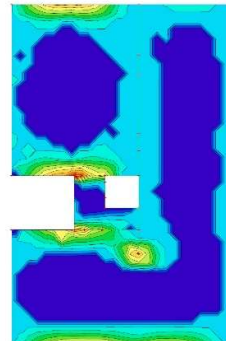
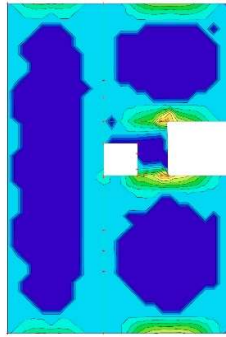
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



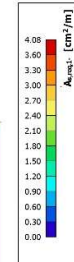
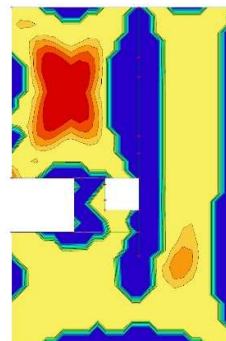
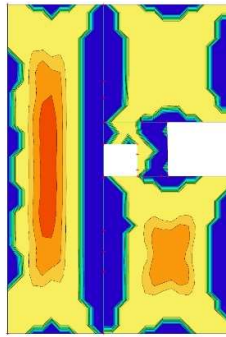
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



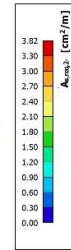
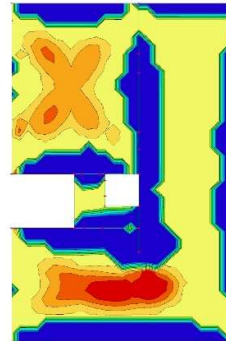
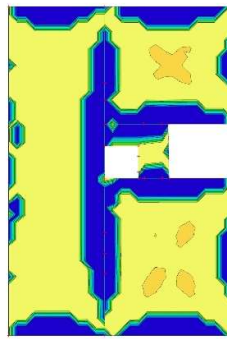
Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



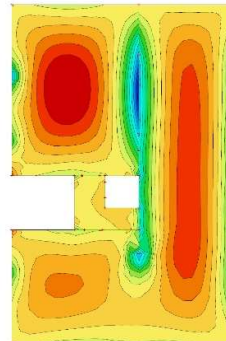
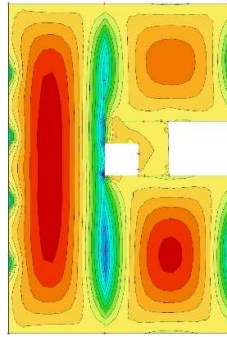
Proračun armature.  $A_{s,res,2}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



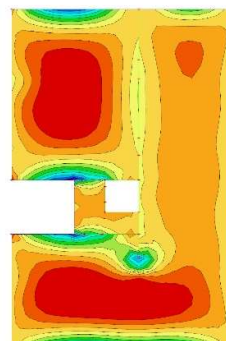
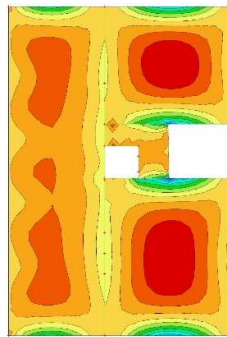
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 5,03$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_c = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0067$
$M_{Ed} = 21,24$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 2,93 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 263,53$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000418 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000791$	
$\emptyset = 8,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 211,96$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,168$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

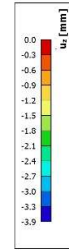
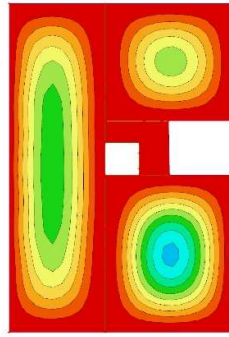
Proračun širine pukotina na ležaju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_c = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 45,45$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 3,57 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 366,24$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001242 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001099$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,213$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

## 4.3.5. Proračun ploča POZ 300

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )

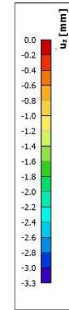
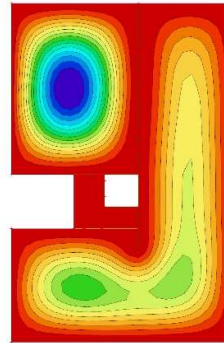
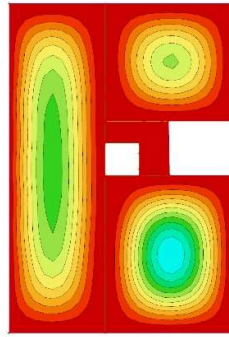
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

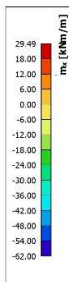
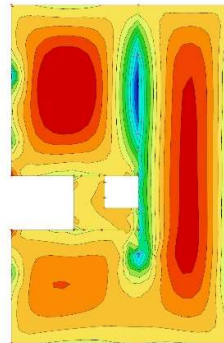
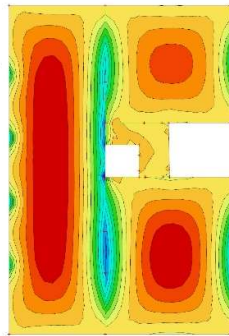
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

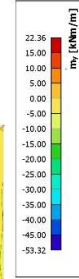
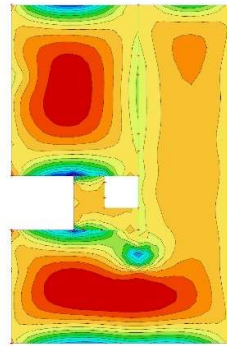
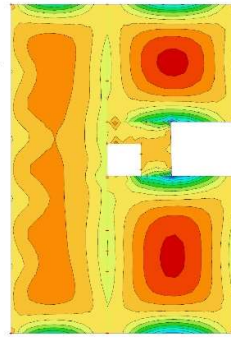


x  
y



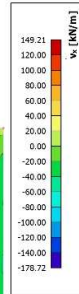
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



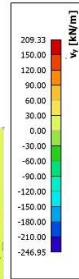
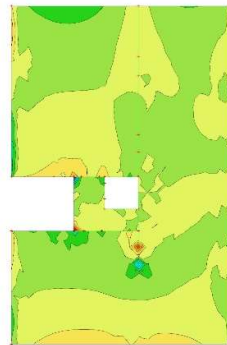
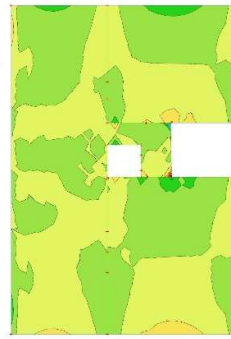
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS





**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = 52,67 \text{ (kN/m)}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = 9,21 \text{ (kN/m)}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

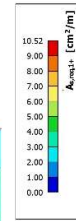
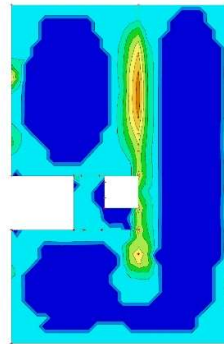
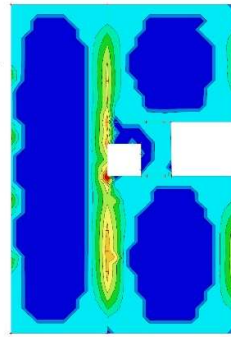
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

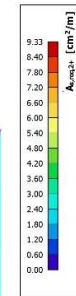
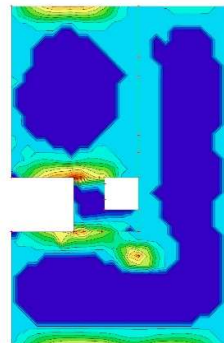
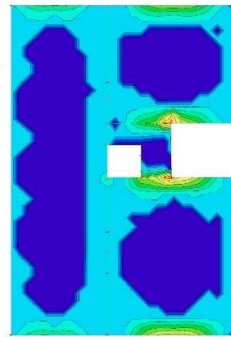
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



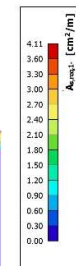
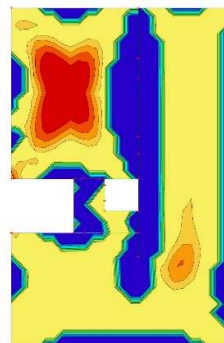
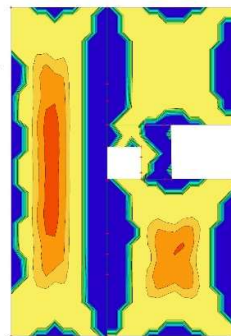
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



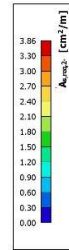
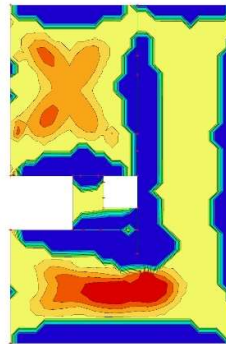
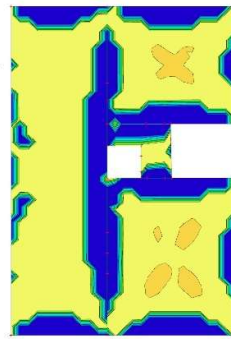
Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



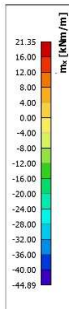
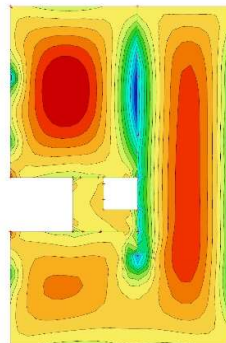
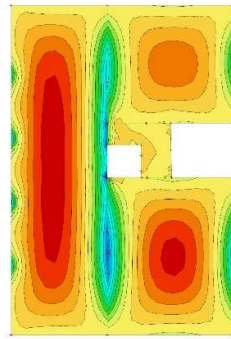
Proračun armature.  $A_{s,res,2}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



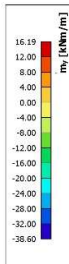
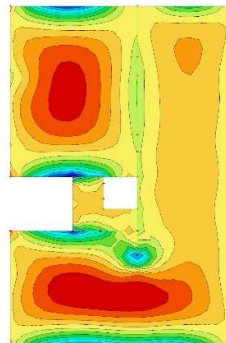
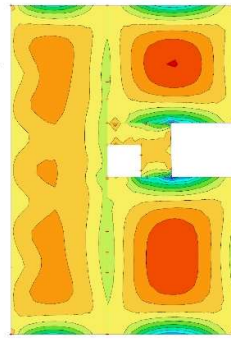
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 5,03$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_c = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0067$
$M_{Ed} = 21,35$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 2,93 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 264,89$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000424 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000795$	
$\emptyset = 8,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 211,96$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,168$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

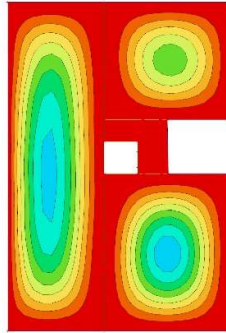
Proračun širine pukotina na ležaju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_c = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 44,89$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 3,57 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 361,73$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001219 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001085$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,209$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

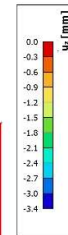
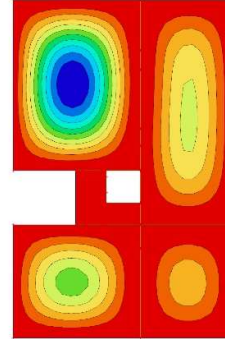
## 4.3.6. Proračun ploča POZ 200

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )

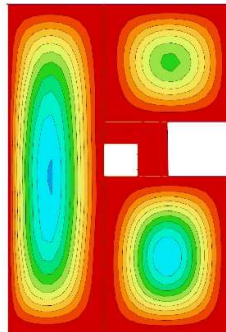
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



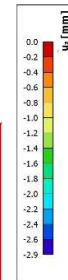
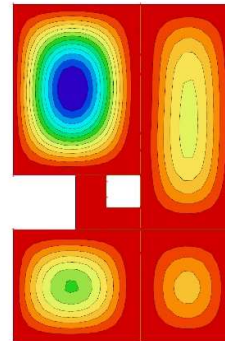
Lx

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

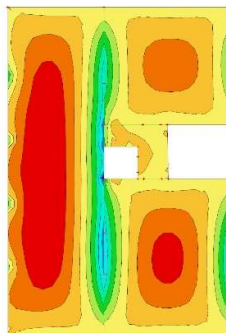
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



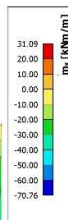
Lx

Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

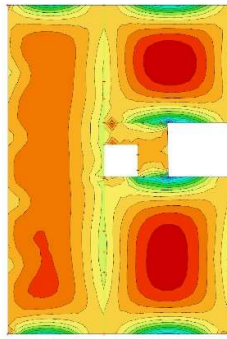


Lx



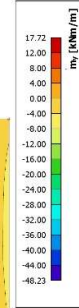
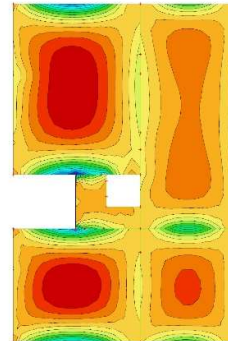
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



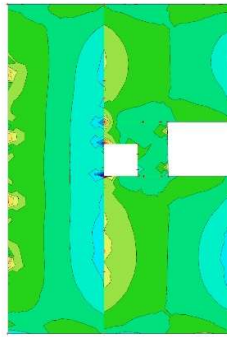
Lx

x  
y



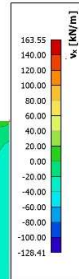
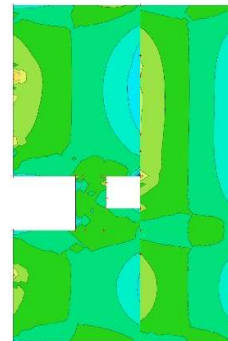
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Lx

x  
y



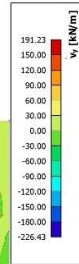
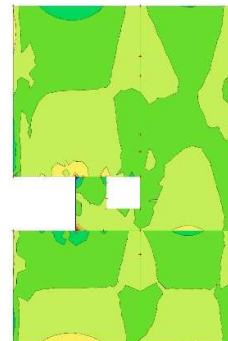
Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Lx

x  
y



**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{52,67 \text{ (kN/m)}}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{9,21 \text{ (kN/m)}}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

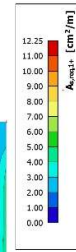
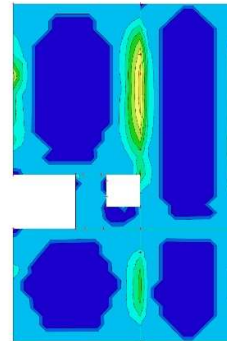
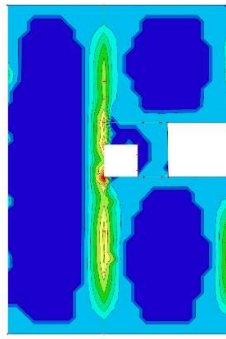
Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$



Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

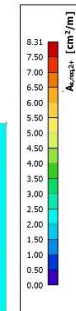
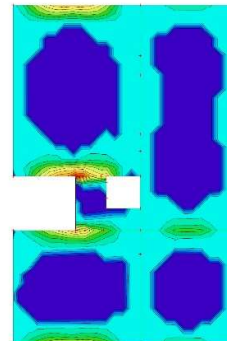
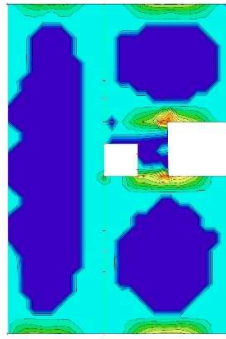
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

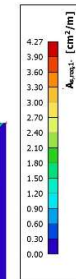
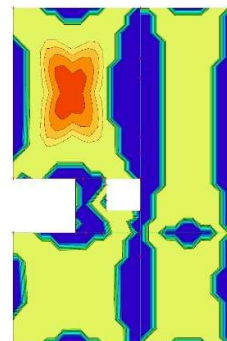
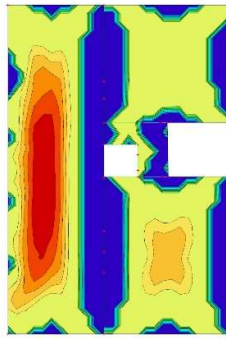
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

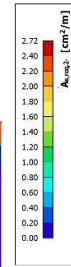
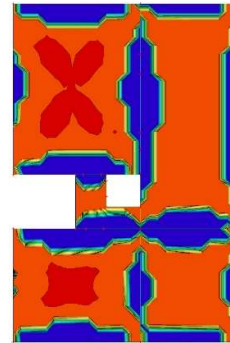
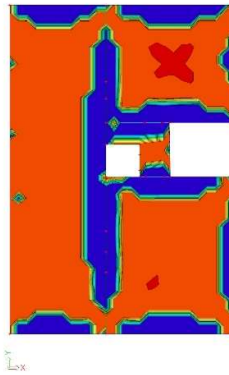
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

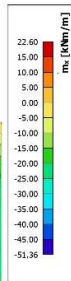
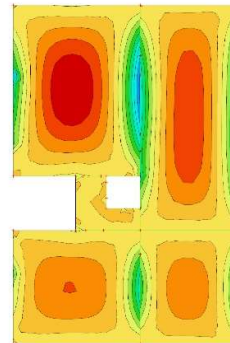
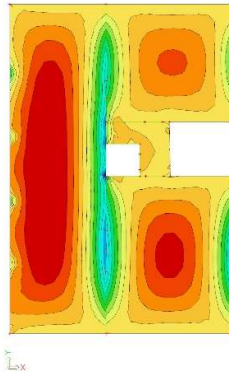
Proračun armature.  $A_{s,res,2}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



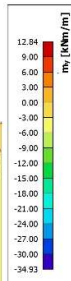
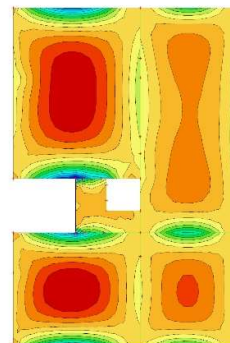
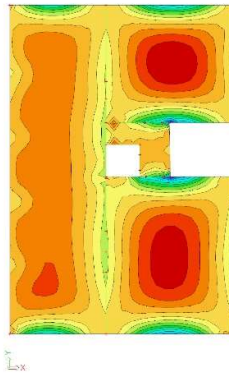
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvorna prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 5,03$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0067$
$M_{Ed} = 22,60$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 2,93 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 280,40$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000502 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000841$	
$\emptyset = 8,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 211,96$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,178$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

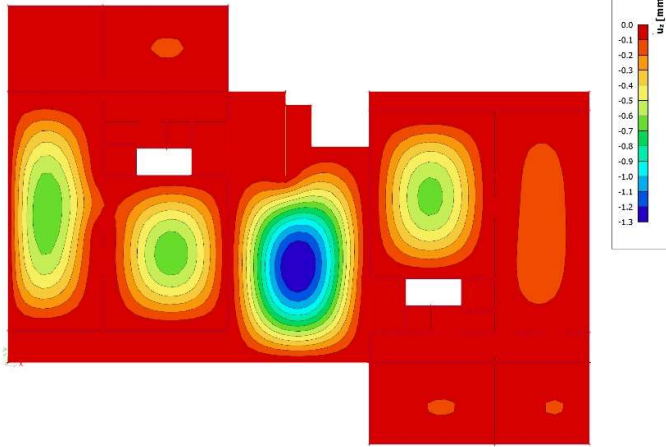
Proračun širine pukotina na ležaju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 51,36$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 3,57 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 413,87$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,00148 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001242$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,254$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

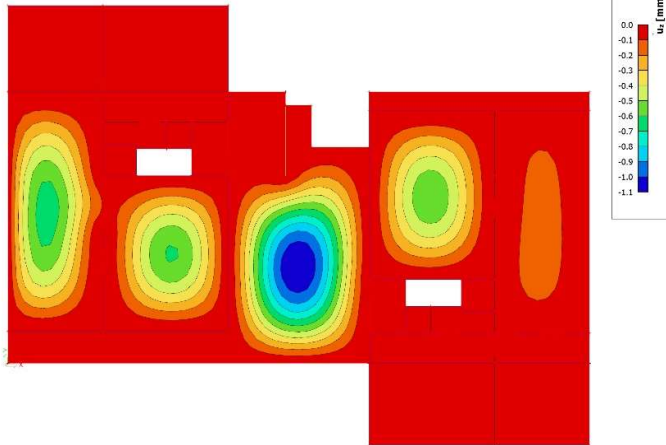
## 4.3.7. Proračun ploča POZ 100

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )

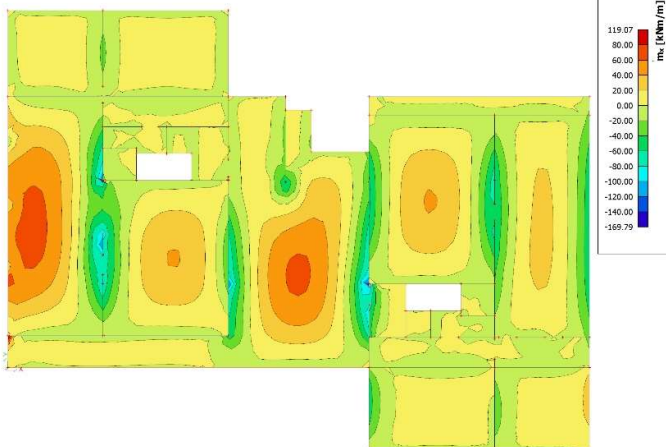
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

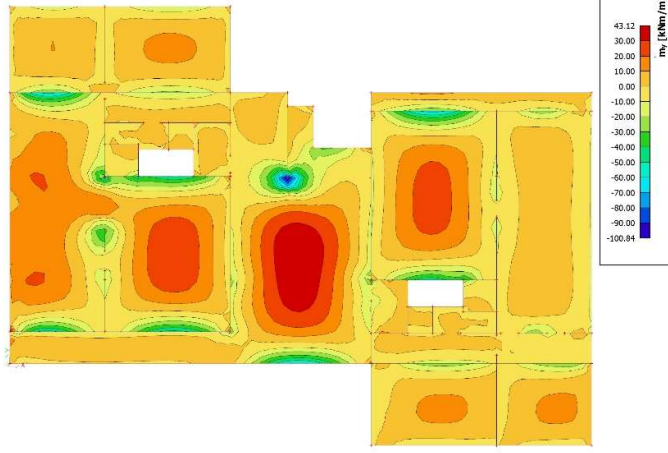
Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



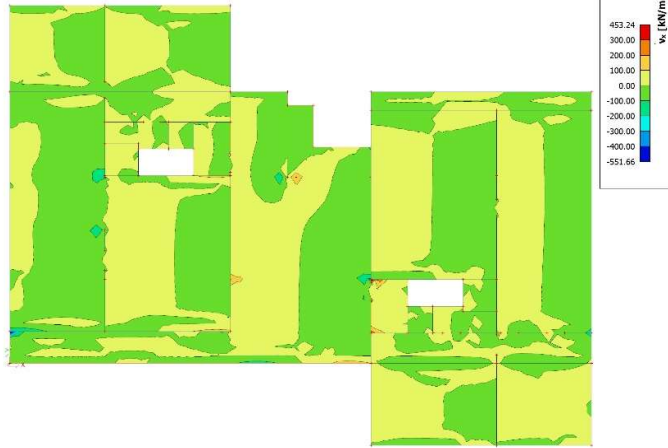
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



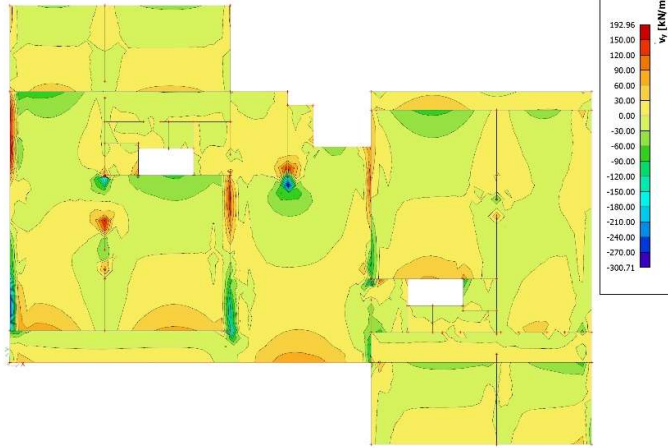
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U žvorova prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



**Dimenzioniranje ploče h = 40 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 410,70 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 5,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 52,76 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,015 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 1,74 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,74$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 7,85 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0021$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{1426,85 \text{ (kN/m)}}$$

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

$$\nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,440$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{16,28 \text{ (kN/m)}}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

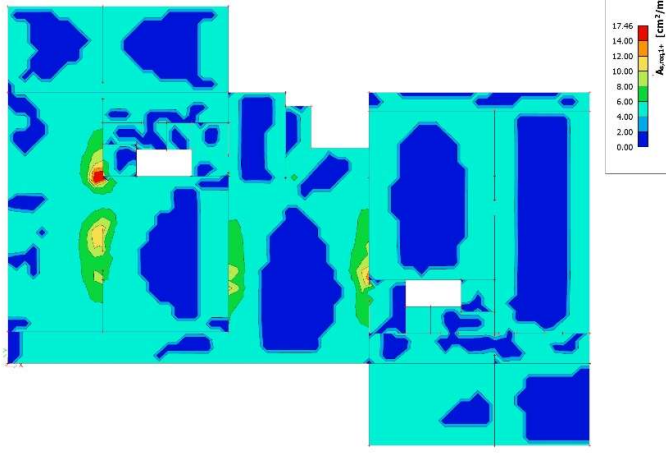
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) – GSN

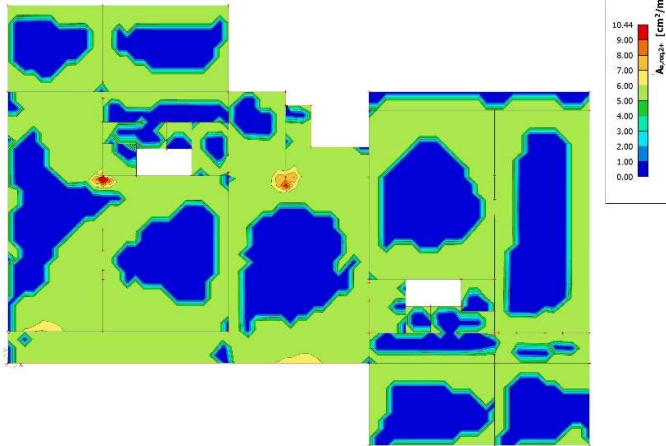
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



x  
y

Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

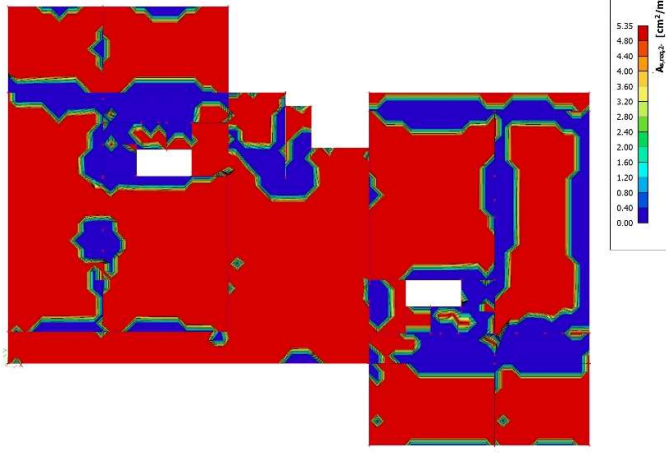


x  
y



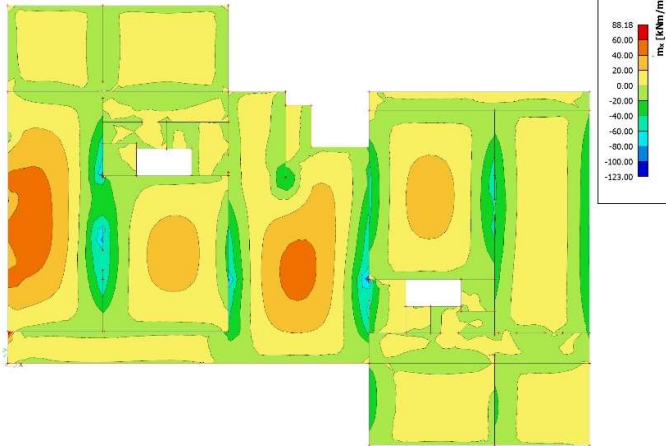
Proračun armature.  $A_{s,res,2}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set: B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



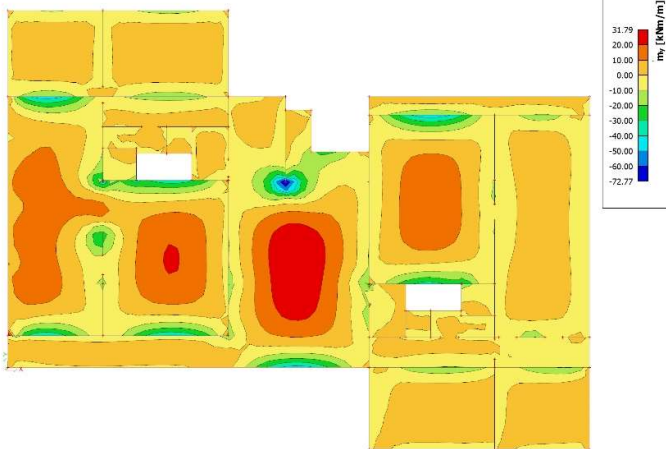
Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

2D rezne sile  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karakt. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U izvornu prosj, na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 40,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 37,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 88,18$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 5,48 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 319,35$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001007 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000958$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,172$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

Proračun širine pukotina na ležaju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 20,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 3,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 17,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 123,00$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 5,48 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 445,46$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001638 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,001336$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,281$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

#### 4.4. Proračun AB stubišta

##### Dimenzioniranje ploče h = 15 (cm):

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 45,79 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 1,80 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 17,11 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,05 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{120}} = 2,30 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0024$$

$$V_{Rd,c} = 55,61 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = 65,04 \text{ (kN/m)}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

**Dimenzioniranje ploče h = 20 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 91,90 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 2,55 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 24,24 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,15 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,00$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 2,83 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{52,67 \text{ (kN/m)}}$$

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

$$\nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{9,21 \text{ (kN/m)}}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

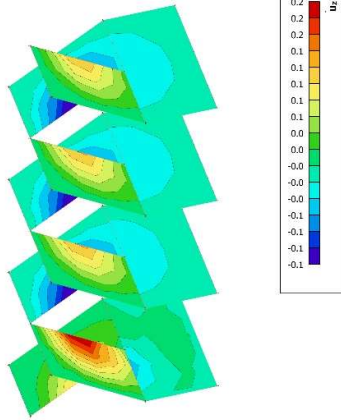
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

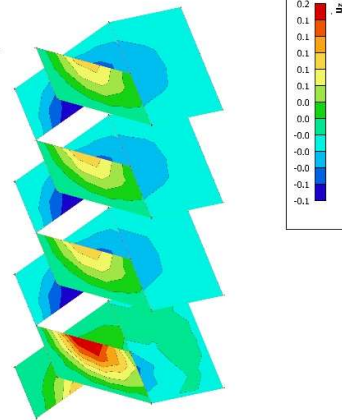
$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$

4.4.1. Proračun stubišta ST1,  $d_{\text{krak}} = 15 \text{ (cm)}$ ,  $d_{\text{podest}} = 20 \text{ (cm)}$ Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\text{max,d}} \leq L/1000$ )

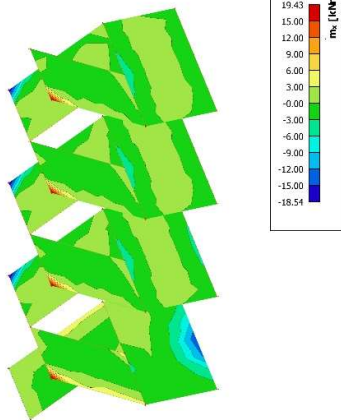
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-karak. (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\text{max,d}} \leq L/1250$ )

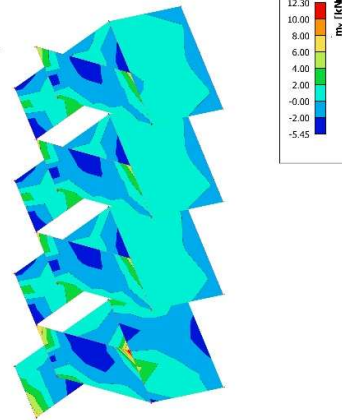
**2D pomak**  
 Vrijednosti:  $u_z$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: GSU-kvazi (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Momenti savijanja  $M_{\text{sd},X}$  (kNm/m) – GSN

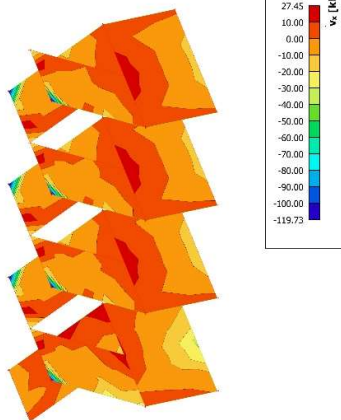
**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Momenti savijanja  $M_{\text{sd},Y}$  (kNm/m) – GSN

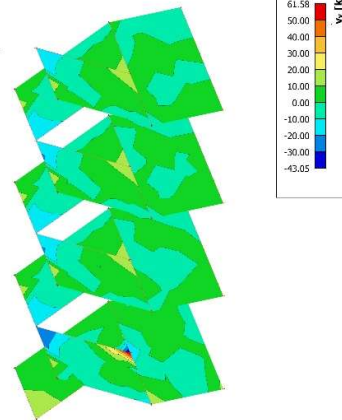
**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $m_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Poprečne sile  $V_{\text{sd},X}$  (kN/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $v_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

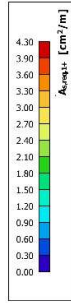
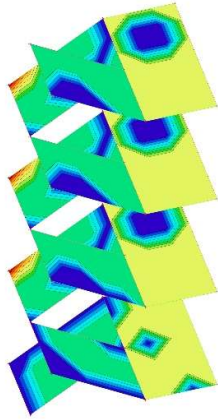
Poprečne sile  $V_{\text{sd},Y}$  (kN/m) – GSN

**2D rezne sile**  
 Vrijednosti:  $v_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

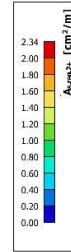
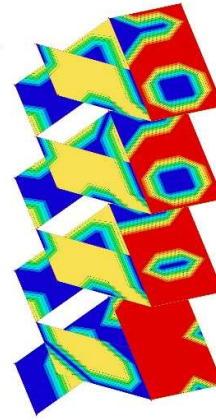


Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

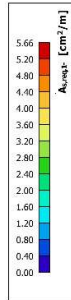
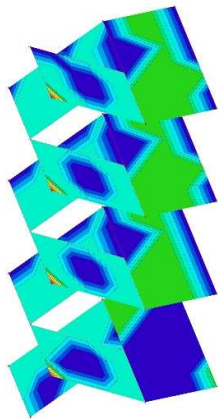
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

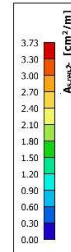
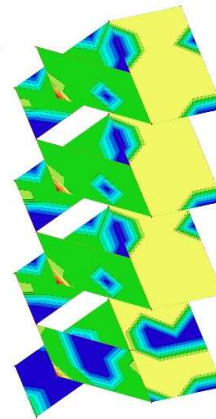
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Proračun armature.  $A_{s,res,2-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

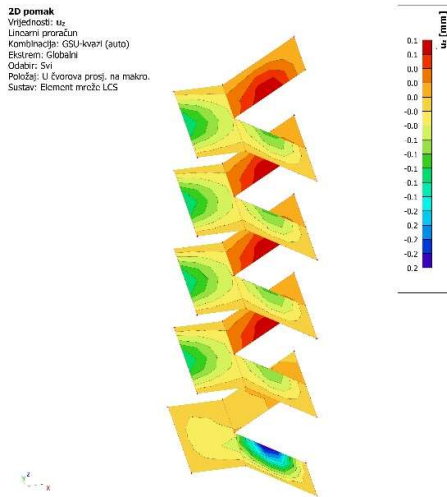
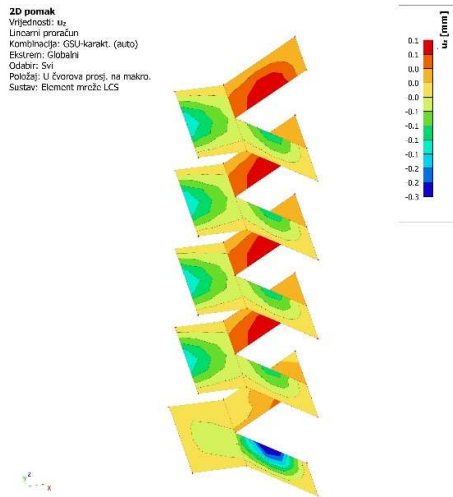
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS



### 4.4.2. Proračun stubišta ST2, $d_{krak} = 15$ (cm), $d_{podest} = 20$ (cm)

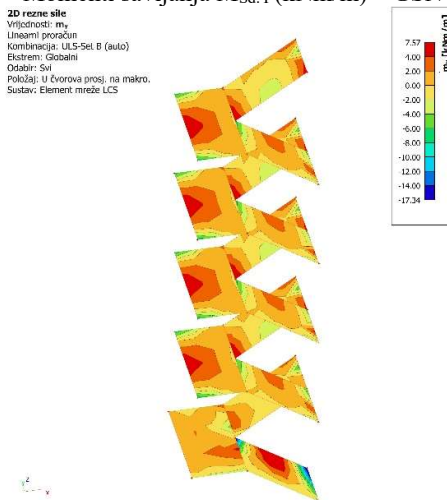
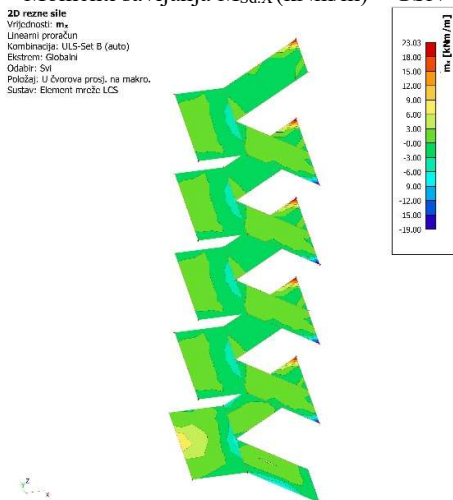
Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{max,d} \leq L/1000$ )

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{max,d} \leq L/1250$ )



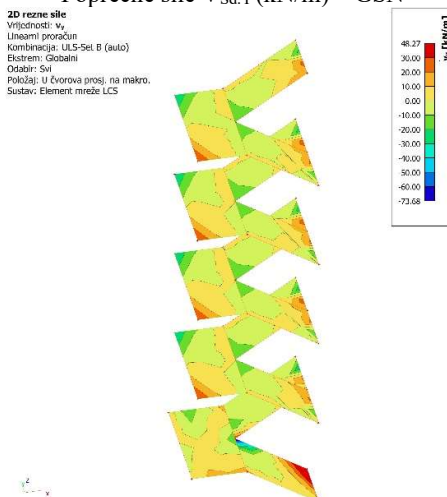
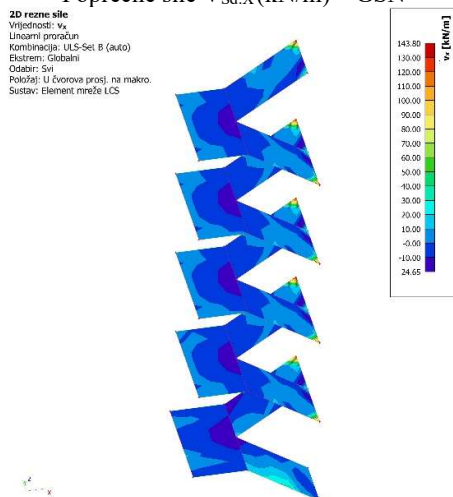
Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN

Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN



Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN

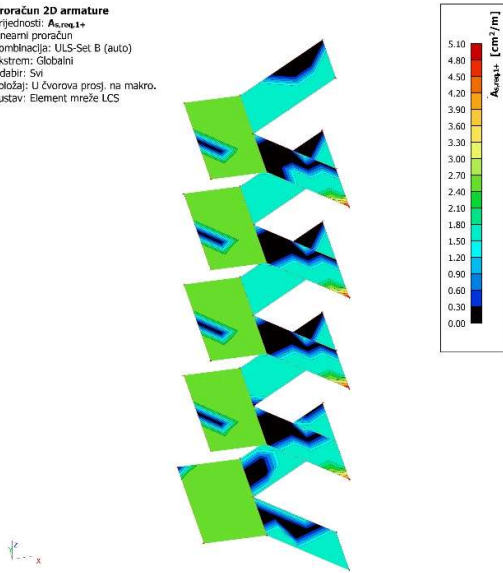
Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN



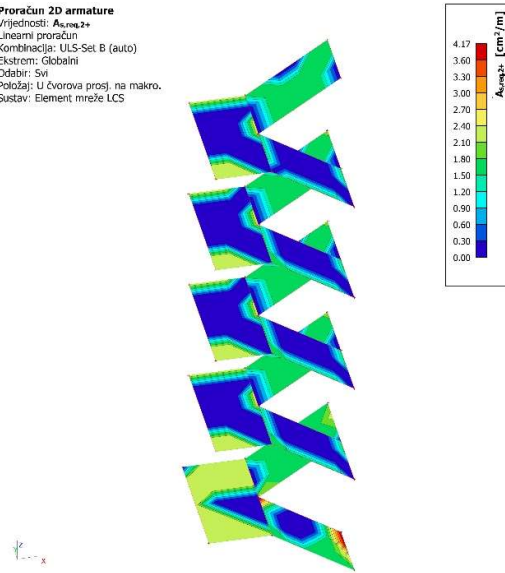


Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

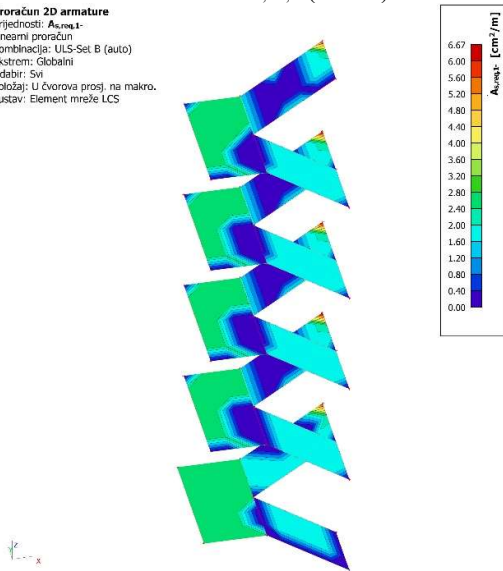
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

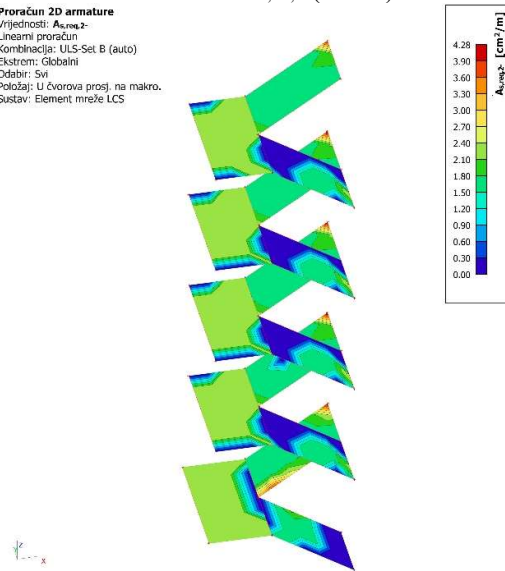
Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2+}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,1-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

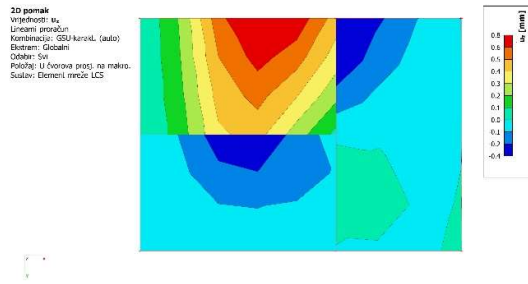
Proračun armature.  $A_{s,res,2-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

Proračun 2D armature  
 Vrijednosti:  $A_{s,res,2-}$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Set B (auto)  
 Ekstrem: Globalni  
 Odabir: Svi  
 Položaj: U čvorova prosj. na makro.  
 Sustav: Element mreže LCS

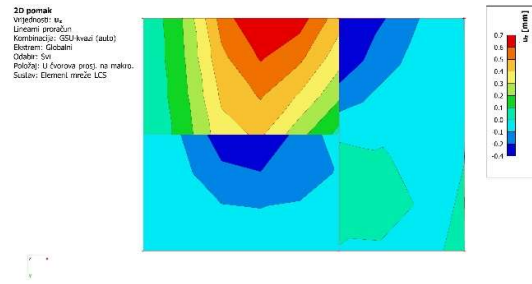


### 4.4.3. Proračun stubišta ST3, $d_{krak} = 15$ (cm), $d_{podest} = 20$ (cm)

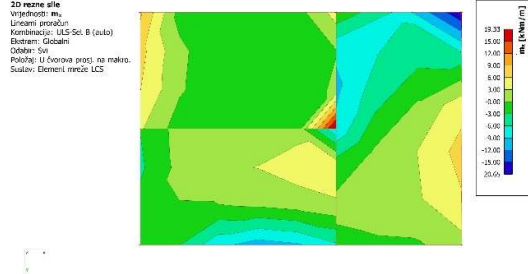
Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{max,d} \leq L/1000$ )



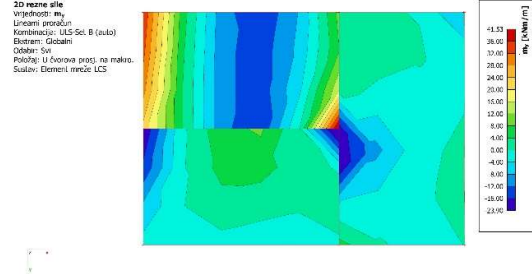
Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{max,d} \leq L/1250$ )



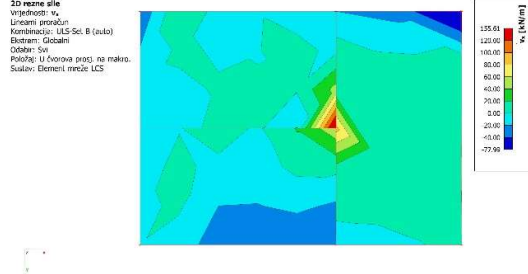
Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN



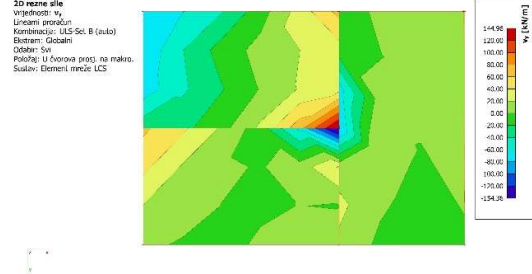
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN



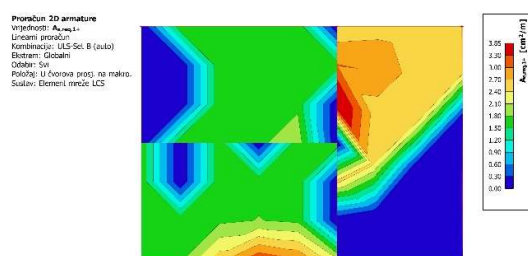
Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN



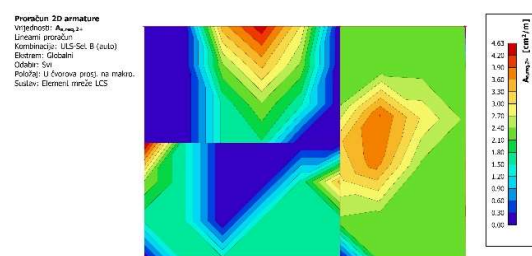
Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN



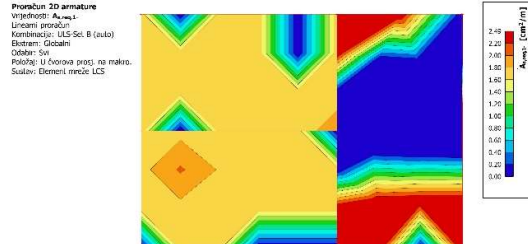
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



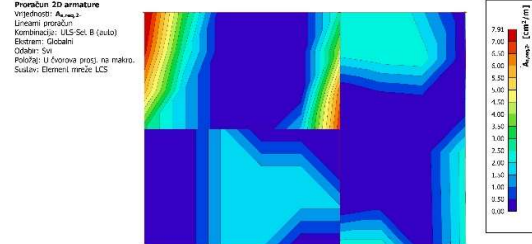
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



Proračun armature.  $A_{s,res,2-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



## 4.5. Proračun temeljne konstrukcije

Temeljenje objekta potrebno je izvesti na naslagama matične stijene, odnosno, potrebno je u potpunosti ukloniti ostatke eventualnog razlomljenog i okršenog materijala koji je nepodesan za temelje. Nastali prostor potrebno je zapuniti “mršavim” betonom – ukoliko se radi o matičnoj stijeni. Ukoliko se temeljna ploha korektno pripremi i ukoliko se temeljenje izvede u cijelosti na matičnoj stijeni nema opasnosti od pojave slijeganja ili diferencijalnog slijeganja.

Dopuštene pritiske na predmetnoj lokaciji potrebno je provjeriti od strane ovlaštenog geomehaničara nakon širokog iskopa. Ukoliko se utvrdi razlika u odnosu na dopuštenu nosivost, potrebno je konzultirati projektanta konstrukcije radi eventualnih intervencija na projektiranim temeljima.

Ispod predmetne građevine predviđena je temeljna ploča, dimenzija  $d = 50$  (cm). Geometrija je prikazana u planu pozicija. Armiranje izvesti sa armaturom B500B. Beton C30/37.

Temelje izvesti prema proračunu i dimenzijama danim u ovom projektu.

Na ovako pripremljenom tlu, obzirom na poznavanje lokacije, projektna nosivost temeljnog tla može se koristiti do vrijednosti  $\sigma_{Rd} = 250$  kN/m<sup>2</sup>.

### NAPOMENE:

- dopuštena naprezanja potvrditi prije početka radova pregledom i upisom u građevinski dnevnik od strane ovlaštenog geomehaničara.
- obavezan izlazak geomehaničara na teren za vrijeme izvođenja radova
- o svim eventualnim promjenama koje mogu uslijediti potrebno je obavijestiti projektanta kako bi prilagodio temelje novonastalom stanju.
- obavezna izvedba drenaže oko objekta!

U ovom proračunskom modelu geometrija, opterećenja i sva ostala svojstva u svemu su jednaka vertikalnom modelu s tim da se umjesto ležajeva sa spriječenim pomacima zadaju ploče na elastičnoj podlozi.

Dokaz nosivosti i stabilnosti se vrši sukladno HRN EN 1997-1:2012.

Proračunske vrijednosti geotehničkih parametara ( $X_d$ ) moraju biti izvedene iz karakterističnih vrijednosti s pomoću sljedeće jednadžbe:

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

Parcijalni koeficijenti za provjeru konstrukcijskog sustava (STR) i geotehničkog (GEO) graničnog stanja:

- parcijalni koeficijenti za djelovanja ( $\gamma_F$ ) ili učinke djelovanja ( $\gamma_E$ )

Djelovanje		Simbol	Skupina	
			A1	A2
Stalno	nepovoljno	$\gamma_{G;sup}$	1,35	1,0
	povoljno	$\gamma_{G;inf}$	1,0	1,0
Promjenjivo	nepovoljno	$\gamma_Q$	1,5	1,3
	povoljno	$\gamma_Q$	0,0	0,0

- parcijalni koeficijenti za parametre tla za proračunski slučaj ( $\gamma_M$ )

Parametri tla	Simbol	Skupina	
		M1	M2
Kut unutarnjeg trenja <sup>a</sup>	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_c$	1,0	1,25
Nedrenirana posmična čvrstoća	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Jednoosna tlačna čvrstoća	$\gamma_{qu}$	1,0	1,4
Gustoća težine	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

<sup>a</sup> S ovim se parcijalnim koeficijentom dijeli  $\tan\phi'$ .

Prema HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 točka 2.1.11 Proračunski pristupi.

U Republici Hrvatskoj upotrebljava se proračunski pristup 3 koji kaže:

Mora se provjeriti neće li granično stanje loma ili prekomjernog deformiranja nastupiti sa sljedećom kombinacijom skupina parcijalnih koeficijenata:

Kombinacija: (A1\* ili A2+)“+“M2“+“R3

\* - za konstrukcijska djelovanja

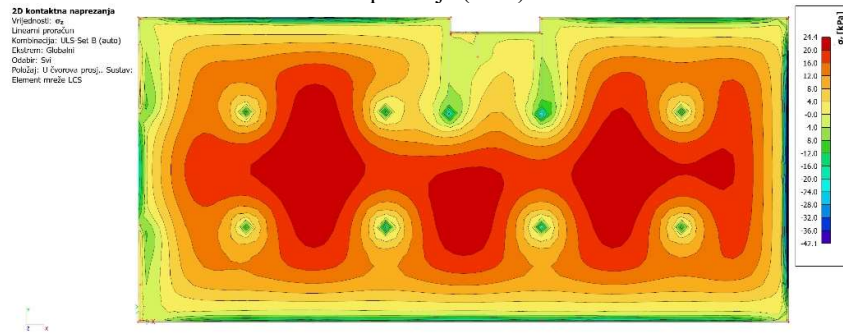
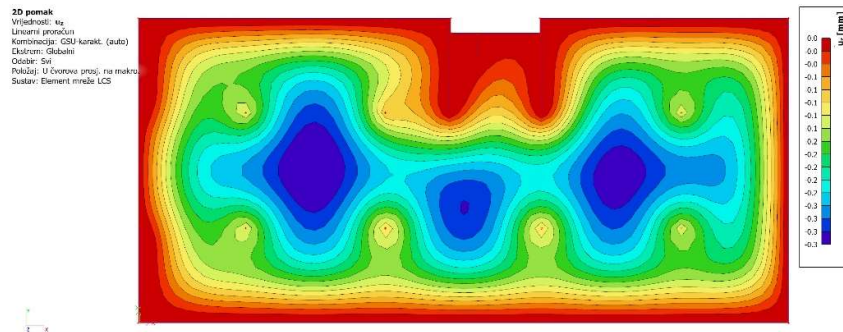
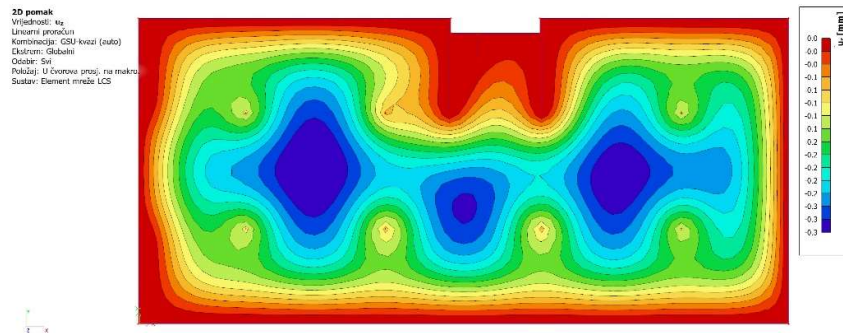
+ - za geotehnička djelovanja

Projektna nosivost tla može se koristiti do vrijednosti:  $\sigma_{Rd} = 250$  (kN/m<sup>2</sup>)

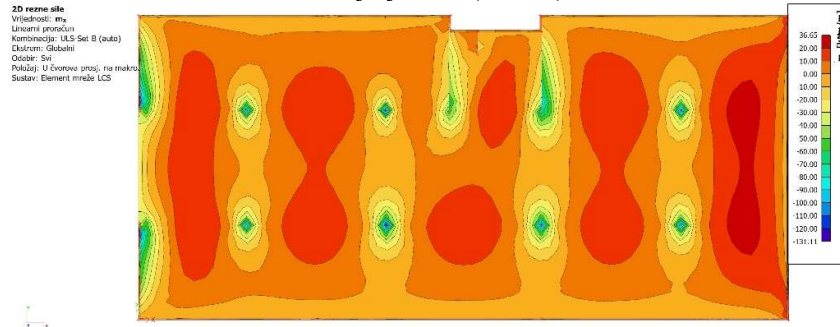
Koeficijent stišljivost tla korišten  $k_z = 50$  (MN/m<sup>3</sup>)

## 4.5.1. Proračun temeljne ploče POZ 000

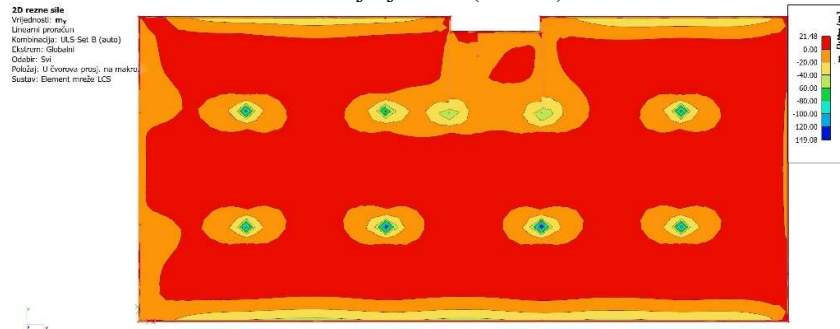
Kontaktne naprezanja (MPa) - GSN-1:

Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 1 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1000$ )Progibi ploča. Uz (mm) – GSU – 2 ( $\delta_{\max,d} \leq L/1250$ )

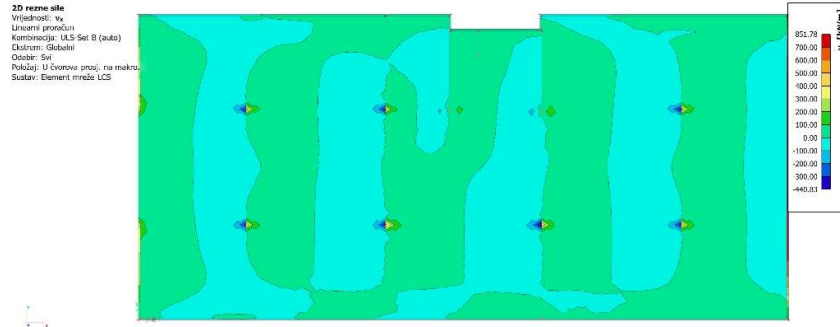
Momenti savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSN



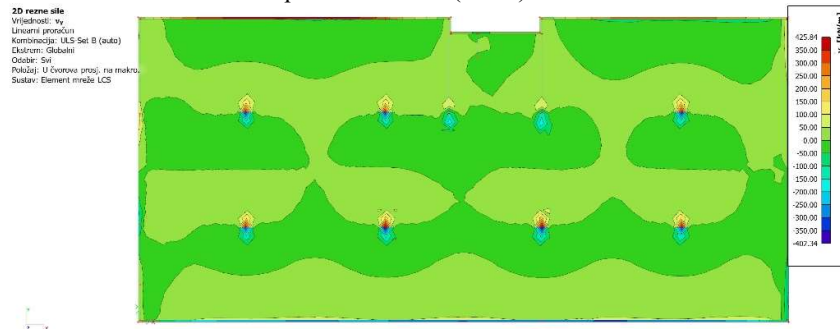
Momenti savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSN



Poprečne sile  $V_{sd,x}$  (kN/m) – GSN



Poprečne sile  $V_{sd,y}$  (kN/m) – GSN



**Dimenzioniranje ploče h = 50 (cm):**

Beton:

$$C 30/37; f_{ck} = 30,0 \text{ (MPa)}; f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30,0/1,5 = 20,00 \text{ (MPa)}$$

Armatura:

$$B 500B; f_{yk} = 500,0 \text{ (MPa)}; f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ (MPa)}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 643,95 \text{ (kNm/m)}$$

Minimalna i maksimalna površina vlačne armature:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 6,75 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd}/f_{yd}) = 64,17 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

Za proračun armature ploče usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,057 \cdot M_{Sd}$$

**Napomena:**

- Prethodni izraz vrijedi za moment  $M_{Sd}$  u (kNm) i armaturu  $A_{s1,s2}$  (cm<sup>2</sup>).
- Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem 15% i povećati u polju 25%.

Proračunska otpornost na posmik bez posmične armature:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,74 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_{s1} = 7,85 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{b \cdot d} = 0,0017$$

$$V_{Rd,c} = \mathbf{156,30 \text{ (kN/m)}}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,410$$

$$V_{Rd,c,min} = \mathbf{185,60 \text{ (kN/m)}}$$

Dopušteni progib s uključenjem materijalne nelinearnosti (za kratkotrajno djelovanje):

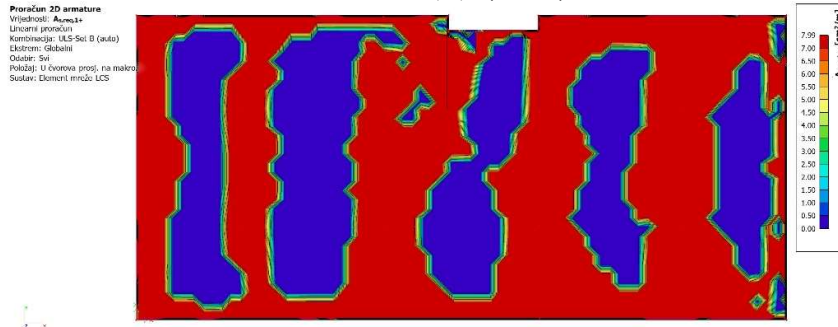
$$\text{- GSU-1 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1000$$

Dopušteni progib s uključenjem puzanja (za dugotrajno djelovanje):

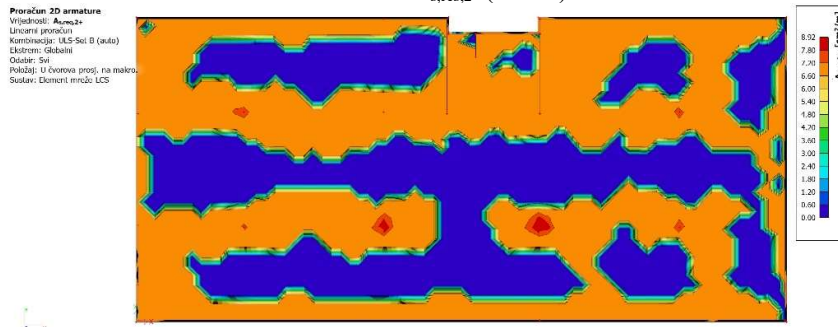
$$\text{- GSU-2 bez nadvišenja: } \delta_{max,RA\check{c}} \leq L/1250$$



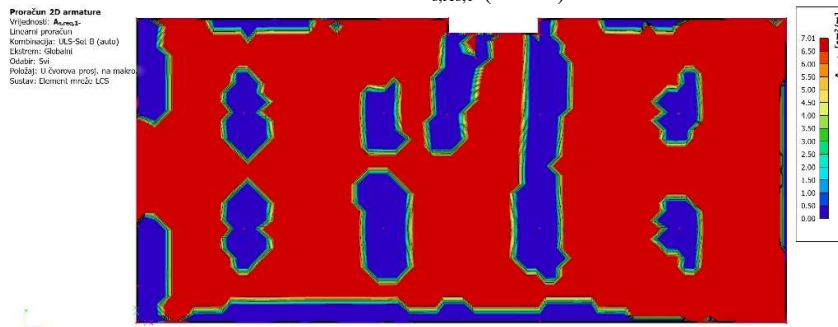
Proračun armature.  $A_{s,res,1+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



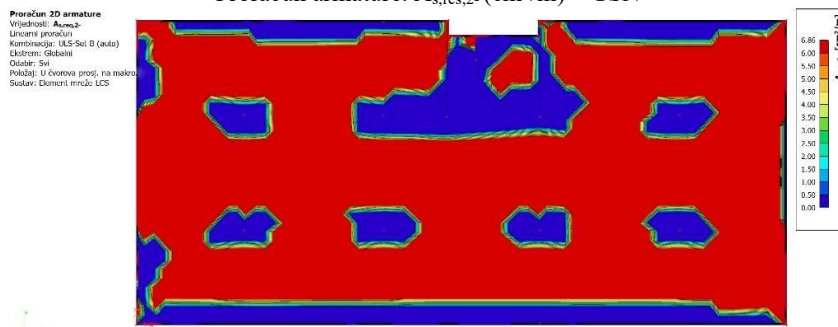
Proračun armature.  $A_{s,res,2+}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN

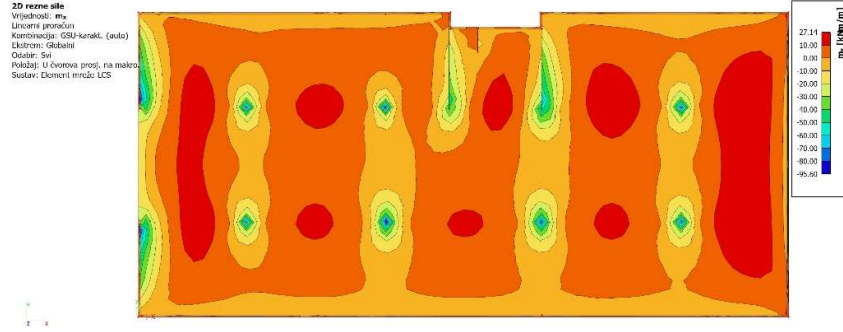
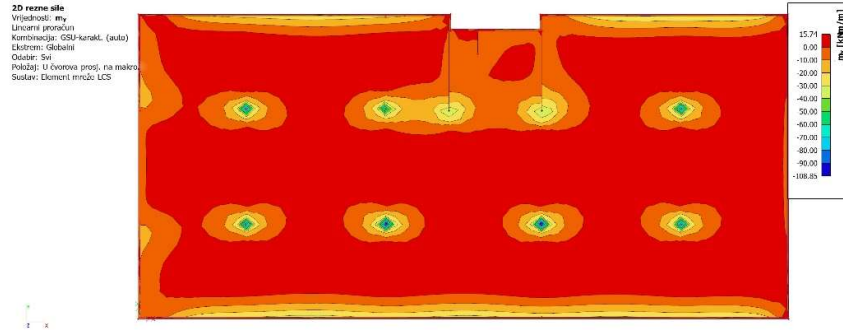


Proračun armature.  $A_{s,res,1-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



Proračun armature.  $A_{s,res,2-}$  (cm<sup>2</sup>/m) – GSN



Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,x}$  (kNm/m) – GSU1Provjera pukotina. Mjerodavni moment savijanja  $M_{sd,y}$  (kNm/m) – GSU1

Proračun širine pukotina u polju:

<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 50,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 5,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 45,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 27,14$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 6,09 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 80,46$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -0,00019 < 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000241$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,041$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

Proračun širine pukotina na ležaju:

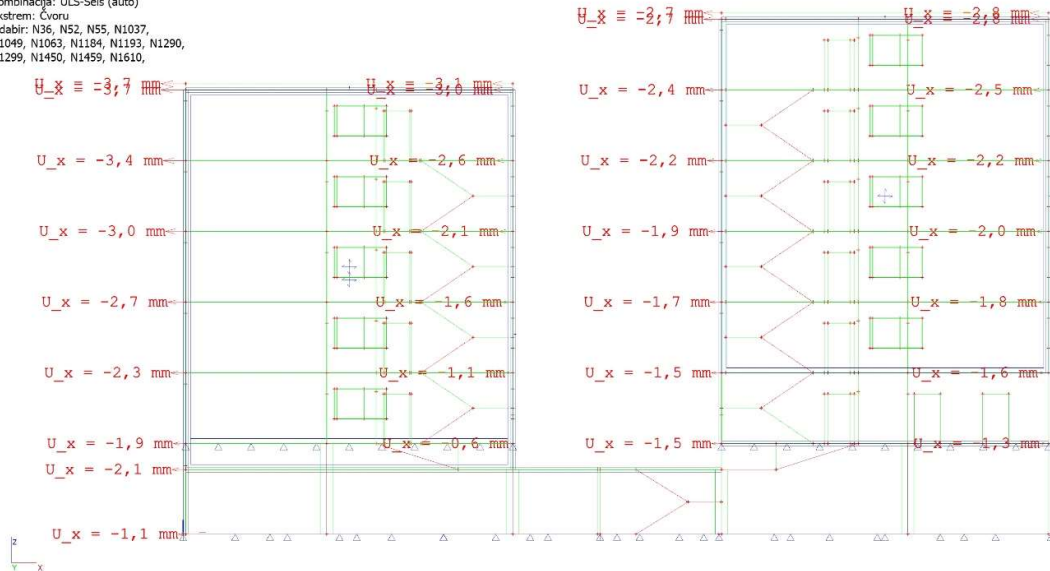
<b>- geometrijske karakteristike:</b>	<b>- beton:</b>	<b>- armatura:</b>
b = 100,0 (cm)	C30/37	B500B
h = 50,0 (cm)	$f_{ck} = 30,0$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_s = 200,00$ (GN/m <sup>2</sup> )
$d_1 = d_2 = 5,0$ (cm)	$f_{ctm} = 2,90$ (MN/m <sup>2</sup> )	$A_{s1} = 7,85$ (cm <sup>2</sup> )
d = 45,0 (cm)	$E_c = 33,00$ (GN/m <sup>2</sup> )	
<b>- opterećenje:</b>	$\alpha_e = E_s / E_c = 6,06$	$\rho_{p,eff} = 0,0105$
$M_{Ed} = 108,85$ (kNm)	$k_t = 0,40$	x = 6,09 (cm)
<b>- naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:</b>		$\sigma_s = 322,68$ (MN/m <sup>2</sup> )
<b>- proračun srednje deformacije armature:</b>	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,001024 > 0,6 \cdot \sigma_s \cdot E_s = 0,000968$	
$\emptyset = 10,00$ (mm)	c = 2,70 (cm)	$k_1 = 0,80$ $k_2 = 0,50$ $k_3 = 3,4$ $k_4 = 0,425$
<b>- srednji razmak pukotina:</b>	$S_{r,max} = 171,60$ (mm)	
<b>- karakteristična širina pukotine:</b>	$w_k = S_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,176$ (mm) < $w_g = 0,30$ (mm)	

## 4.6. Proračun konstrukcije prema HRN EN 1998-1:2011

### 4.6.1. Provjera efekata drugog reda

#### Premještanje čvorova

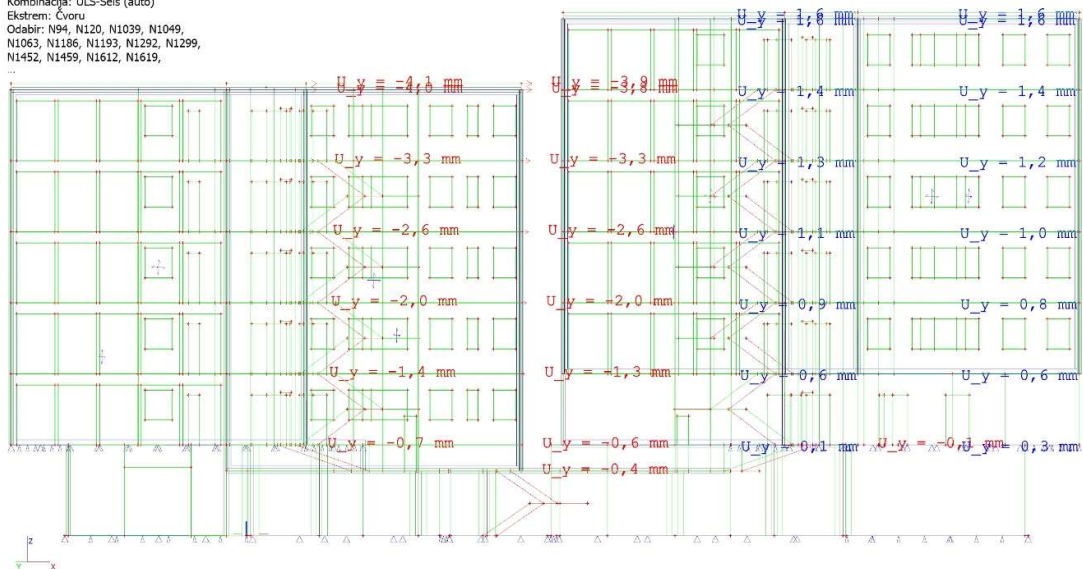
Vrijednosti:  $U_x$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Čvoru  
 Odabir: N36, N52, N55, N1037,  
 N1049, N1063, N1184, N1193, N1290,  
 N1299, N1450, N1459, N1610,  
 ...



Slika 4.6.1 Prikaz pomaka konstrukcije (mm) u smjeru x od seizmičke kombinacije u smjeru x

#### Premještanje čvorova

Vrijednosti:  $U_y$   
 Linearni proračun  
 Kombinacija: ULS-Seis (auto)  
 Ekstrem: Čvoru  
 Odabir: N94, N120, N1039, N1049,  
 N1063, N1186, N1193, N1292, N1299,  
 N1452, N1459, N1612, N1619,  
 ...



Slika 4.6.2 Prikaz pomaka konstrukcije (mm) u smjeru y od seizmičke kombinacije u smjeru y

Efekti drugog reda se ne uzimaju u obzir ako vrijedi:

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} \cdot d_r}{V_{\text{tot}} \cdot h} \leq 0,10$$

Gdje je:

$\Theta$  – koeficijent osjetljivosti na međukatni pomak

$P_{\text{tot}}$  – ukupno gravitacijsko opterećenje uzeto u potresnoj kombinaciji

$d_r$  – međukatni pomak (razlika pomaka  $d_s$  na vrhu i dnu kata)

$V_{\text{tot}}$  – ukupna potresna poprečna sila kata

$h$  – visina kata

$d_r = d_{er} \cdot q$  ( $q = 3,3$ )

$v = 0,5$  - faktor smanjenja za razrede važnosti zgrade I i II

Pomak x:

etaža (i)	$d_e$ (mm)	$d_{er}$ (mm)	$d_r$ (mm)	v	$d_r \cdot v$	$P_{\text{tot}}$ (kN)	$V_{\text{tot}}$ (kN)	h (mm)	$\Theta$
6	3,7	-	-	0,5	-	-	-	-	-
5	3,4	0,3	1,00		0,50	4934,71	93,78	2850	0,019
4	3,0	0,4	1,32		0,66	7951,91	124,13	2850	0,030
3	2,7	0,3	1,00		0,50	10970,68	152,92	2850	0,025
2	2,3	0,4	1,32		0,66	13979,44	183,75	2850	0,035
1	2,1	0,2	0,66		0,33	16811,61	1041,15	2850	0,004
-	1,1	1,0	3,30		1,65	9257,48	1323,27	3650	0,006

$\Theta < 0,1$ , utjecaje pomaka na povećanje unutrašnjih sila možemo zanemariti.

Pomak y:

etaža (i)	$d_e$ (mm)	$d_{er}$ (mm)	$d_r$ (mm)	v	$d_r \cdot v$	$P_{\text{tot}}$ (kN)	$V_{\text{tot}}$ (kN)	h (mm)	$\Theta$
6	4,1	-	-	0,5	-	-	-	-	-
5	3,3	1,2	3,96		1,98	4934,71	90,20	2850	0,076
4	2,6	0,7	2,31		1,66	7951,91	135,01	2850	0,048
3	2,0	0,6	1,98		0,99	10970,68	173,15	2850	0,044
2	1,4	0,6	1,98		0,99	13979,44	214,50	2850	0,045
1	0,7	0,7	2,31		1,66	16811,61	178,82	2850	0,076
-	0,0	0,7	2,31		1,66	9257,48	903,87	3650	0,006

$\Theta < 0,1$ , utjecaje pomaka na povećanje unutrašnjih sila možemo zanemariti.

#### 4.6.2. Ograničenje međukatnih pomaka

- za zgrade koje imaju nekonstrukcijske elemente od krhkih materijala pričvršćene za konstrukciju:

$$d_r \cdot v \leq 0,005 \cdot h$$

Pomak x:

<b><math>d_r \cdot v</math> (mm)</b>	<b><math>0,005 \cdot h</math> (mm)</b>
-	-
0,50	14,25
0,66	14,25
0,50	14,25
0,66	14,25
0,33	14,25
1,65	18,25

Pomak y:

<b><math>d_r \cdot v</math> (mm)</b>	<b><math>0,005 \cdot h</math> (mm)</b>
-	-
1,98	14,25
1,66	14,25
0,99	14,25
0,99	14,25
1,66	14,25
1,66	18,25

- uvjeti zadovoljeni.

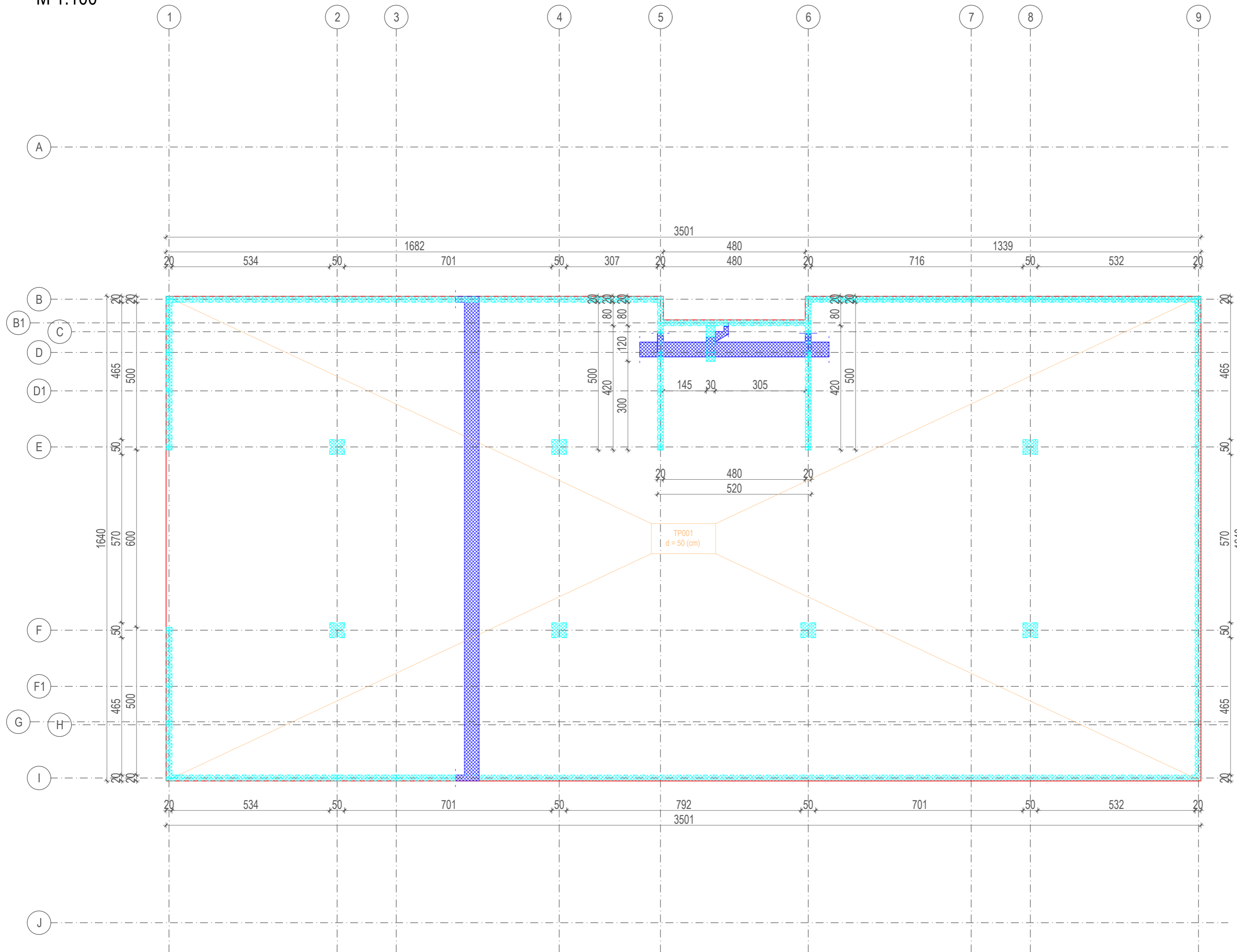
## 5. Grafički prilozi

### 5.1. Planovi pozicija

- Tlocrt temelja - Plan pozicija 000
- Tlocrt prizemlja - Plan pozicija 100
- Tlocrt prvog kata - Plan pozicija 200
- Tlocrt drugog kata - Plan pozicija 300
- Tlocrt trećeg kata - Plan pozicija 400
- Tlocrt četvrtog kata - Plan pozicija 500
- Tlocrt petog kata - Plan pozicija 600
- Tlocrt krova - Plan pozicija 700



Tlocrt temelja - Plan pozicija 000  
M 1:100



**Legenda:**  
 AB temeljna ploča  
 AB elementi iznad ploče  
 Prevaljeni presjek  
 Oznaka pozicije

**Napomene:**  
 Debljina ploče pozicije TP001 - d = 50 (cm)

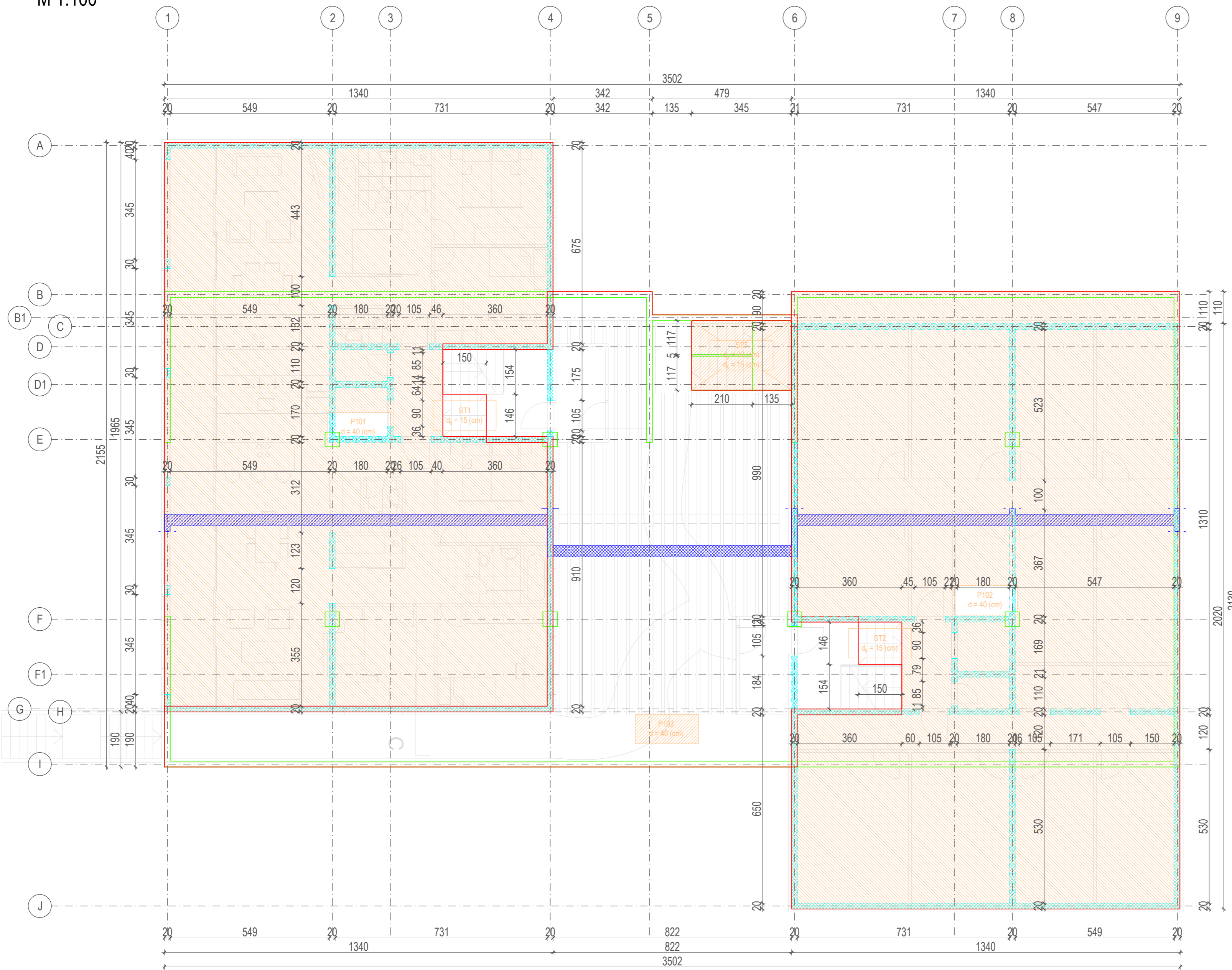
Razredi tlačne čvrstoće betona:  
 AB temeljna ploča - C30/37  
 AB elemente u kontaktu s tlom i vodom - C30/37  
 Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

Čelik za armiranje:  
 Svi elementi - B500B

Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
 Sve horizontalne elemente drži poduprtima do potpunog očvršćenja  
 ploče pozicije 700, minimalno 28 dana

<b>UCA</b>			Diplomski rad		
Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije 21000 Split, Matice hrvatske 15			Program: Projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine		
			Student: Mirko Budimir	Mentor: Alen Harapin	
			Sadržaj: Tlocrt temelja - Plan pozicija 000		
			Datum: srpanj 2024.	Mjerilo: 1:100	Prilog: 1

Tlocrt prizemlja - Plan pozicija 100  
M 1:100



- Napomene:**
- Debljina ploče pozicije P101 - d = 40 (cm)
  - Debljina ploče pozicije P102 - d = 40 (cm)
  - Debljina ploče pozicije P103 - d = 40 (cm)
  - Stubište ST1 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)
  - Stubište ST2 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)
  - Stubište ST3 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)

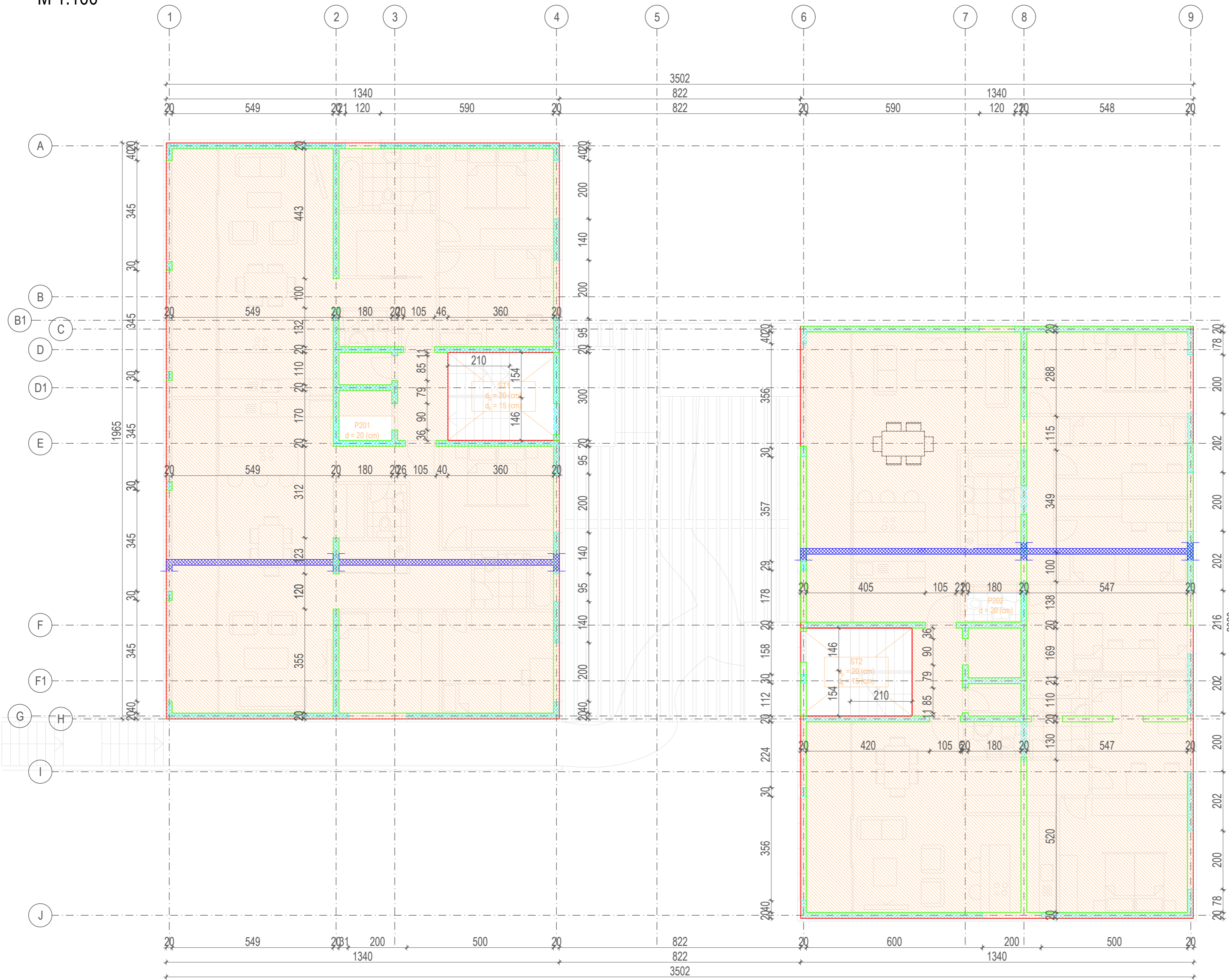
- Razredi tlačne čvrstoće betona:**
- AB međukatna konstrukcija - C30/37
  - AB stupovi - C30/37
  - AB nosači - C30/37
  - AB zidovi - C30/37
  - AB elementi u kontaktu s tlom i vodom - C30/37
  - Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

- Čelik za armiranje:**
- Svi elementi - B500B

Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente držazi poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana



Tlocrt prvog kata - Plan pozicija 200  
M 1:100



- Legenda:**
- AB međukatna konstrukcija
  - AB elementi iznad ploče
  - Prevaljeni presjek
  - AB elementi ispod ploče
  - Oznaka pozicije

- Napomene:**
- Debljina ploče pozicije P201 - d = 20 (cm)
  - Debljina ploče pozicije P202 - d = 20 (cm)
  - Stubište ST1 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)
  - Stubište ST2 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)

- Razredi tlačne čvrstoće betona:**
- AB međukatna konstrukcija - C30/37
  - AB stupovi - C30/37
  - AB nosači - C30/37
  - AB zidovi - C30/37
  - AB elemente u kontaktu s tlom i vodom - C30/37
  - Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

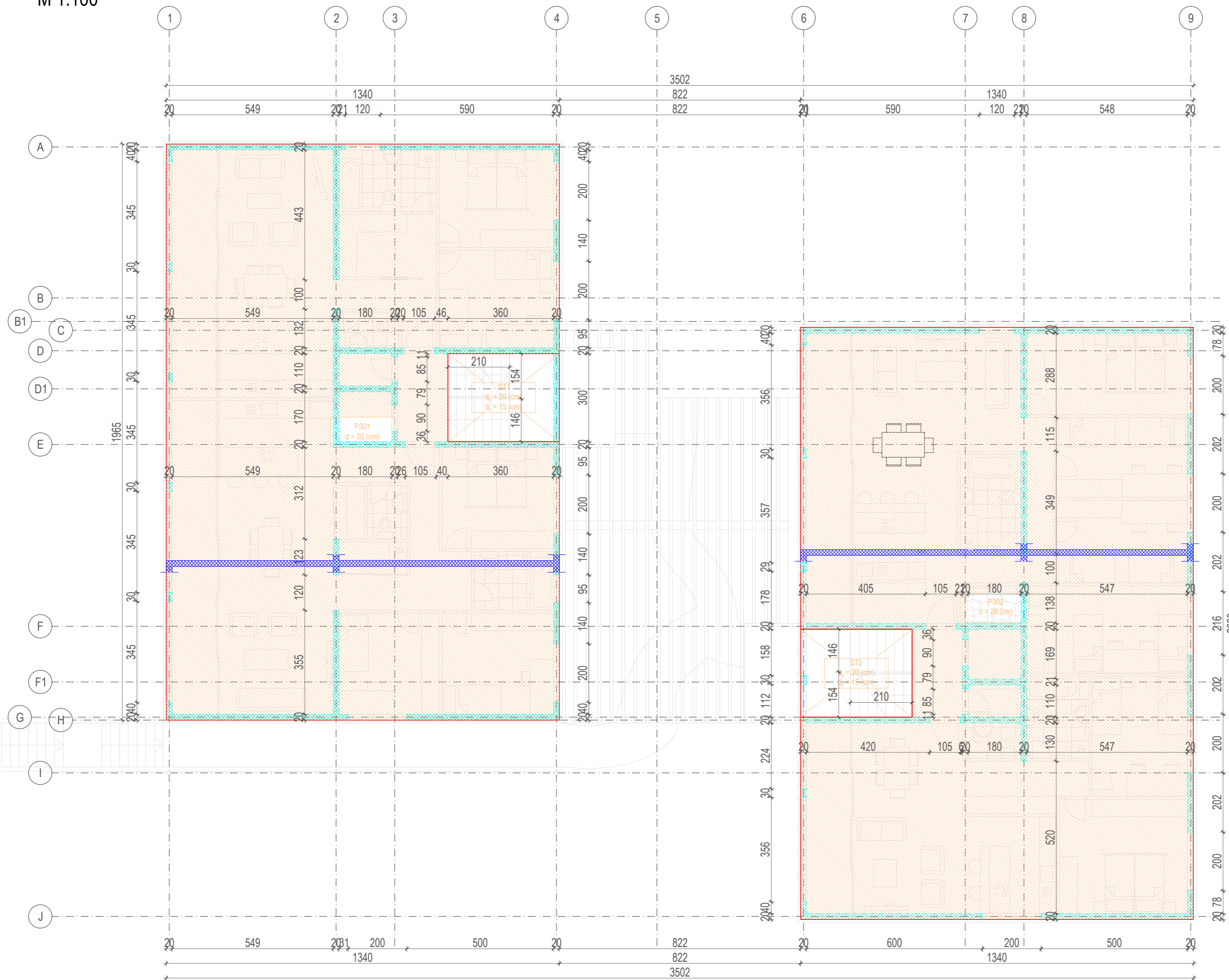
- Čelik za armiranje:**
- Svi elementi - B500B

- Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente držazi poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije 21000 Split, Matice hrvatske 15		
Diplomski rad		
Program:	Projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine	
Student:	Mirko Budimir	Mentor: Alen Harapin
Sadržaj:	Tlocrt prvog kata - Plan pozicija 200	
Datum: srpanj 2024.	Mjerilo: 1:100	Prilog: 3



Tlocrt drugog kata - Plan pozicija 300  
M 1:100



- Legenda:**
- AB međukatna konstrukcija
  - AB elementi iznad ploče
  - Prevaljeni presjek
  - Oznaka pozicije

- Napomene:**
- Debljina ploče pozicije P301 -  $d = 20$  (cm)
  - Debljina ploče pozicije P302 -  $d = 20$  (cm)
  - Stubište ST1 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)
  - Stubište ST2 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)

- Razredi tlačne čvrstoće betona:**
- AB međukatna konstrukcija - C30/37
  - AB stupovi - C30/37
  - AB nosači - C30/37
  - AB zidovi - C30/37
  - AB elemente u kontaktu s tlom i vodom - C30/37
  - Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

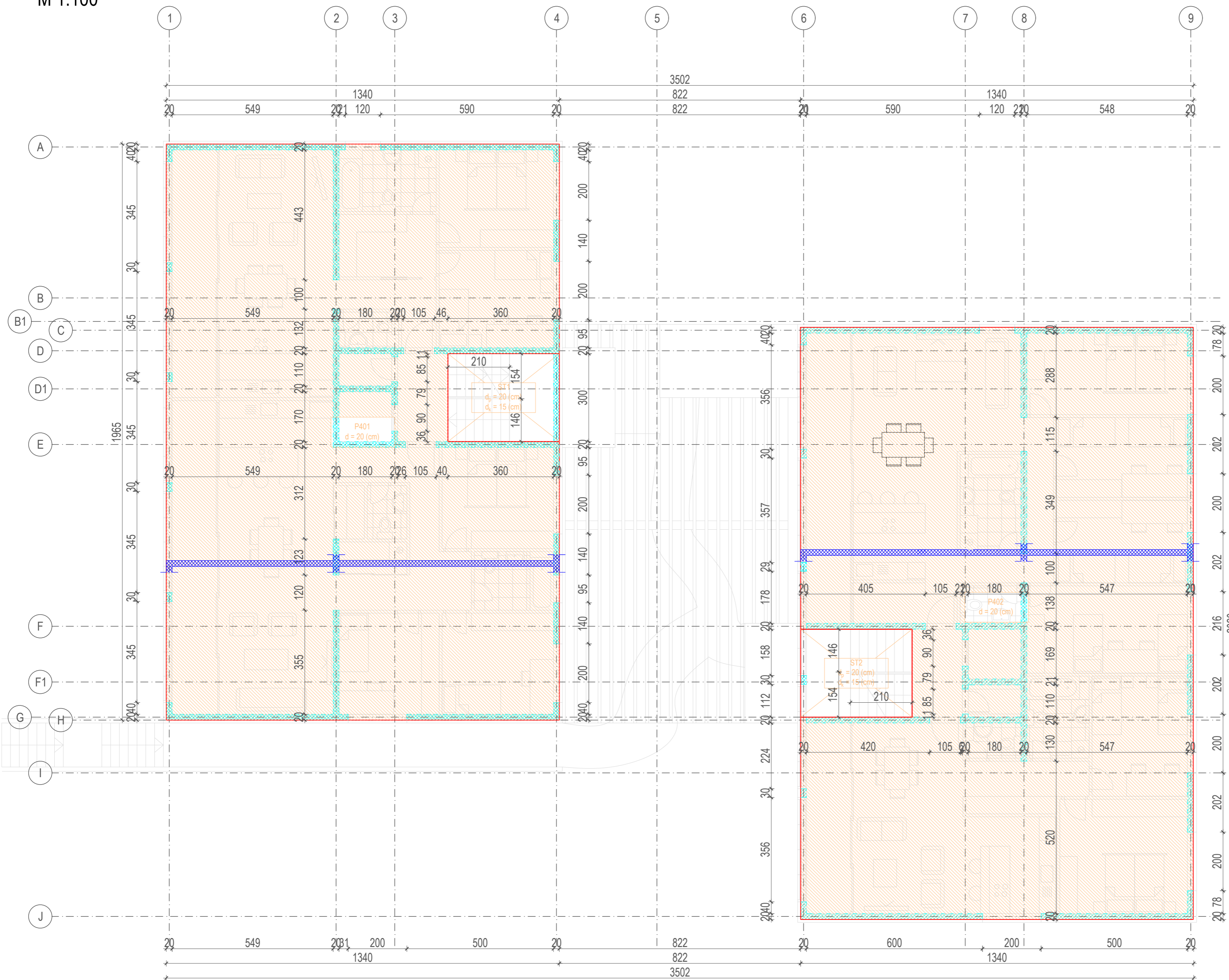
- Čelik za armiranje:**
- Svi elementi - B500B

- Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente držazi poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana

<p>Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije 21000 Split, Matice hrvatske 15</p>		Diplomski rad	
		Program: Projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine	Mentor: Alen Harapin
Student: Mirko Budimir	Sadržaj: Tlocrt drugog kata - Plan pozicija 300		
Datum: srpanj 2024.	Mjerilo: 1:100	Prilog: 4	



Tlocrt trećeg kata - Plan pozicija 400  
M 1:100



- Legenda:**
- AB međukatna konstrukcija
  - AB elementi iznad ploče
  - Prevaljeni presjek
  - Oznaka pozicije

- Napomene:**
- Debljina ploče pozicije P401 - d = 20 (cm)
  - Debljina ploče pozicije P402 - d = 20 (cm)
  - Stubište ST1 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)
  - Stubište ST2 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)

- Razredi tlačne čvrstoće betona:**
- AB međukatna konstrukcija - C30/37
  - AB stupovi - C30/37
  - AB nosači - C30/37
  - AB zidovi - C30/37
  - AB elemente u kontaktu s tlom i vodom - C30/37
  - Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

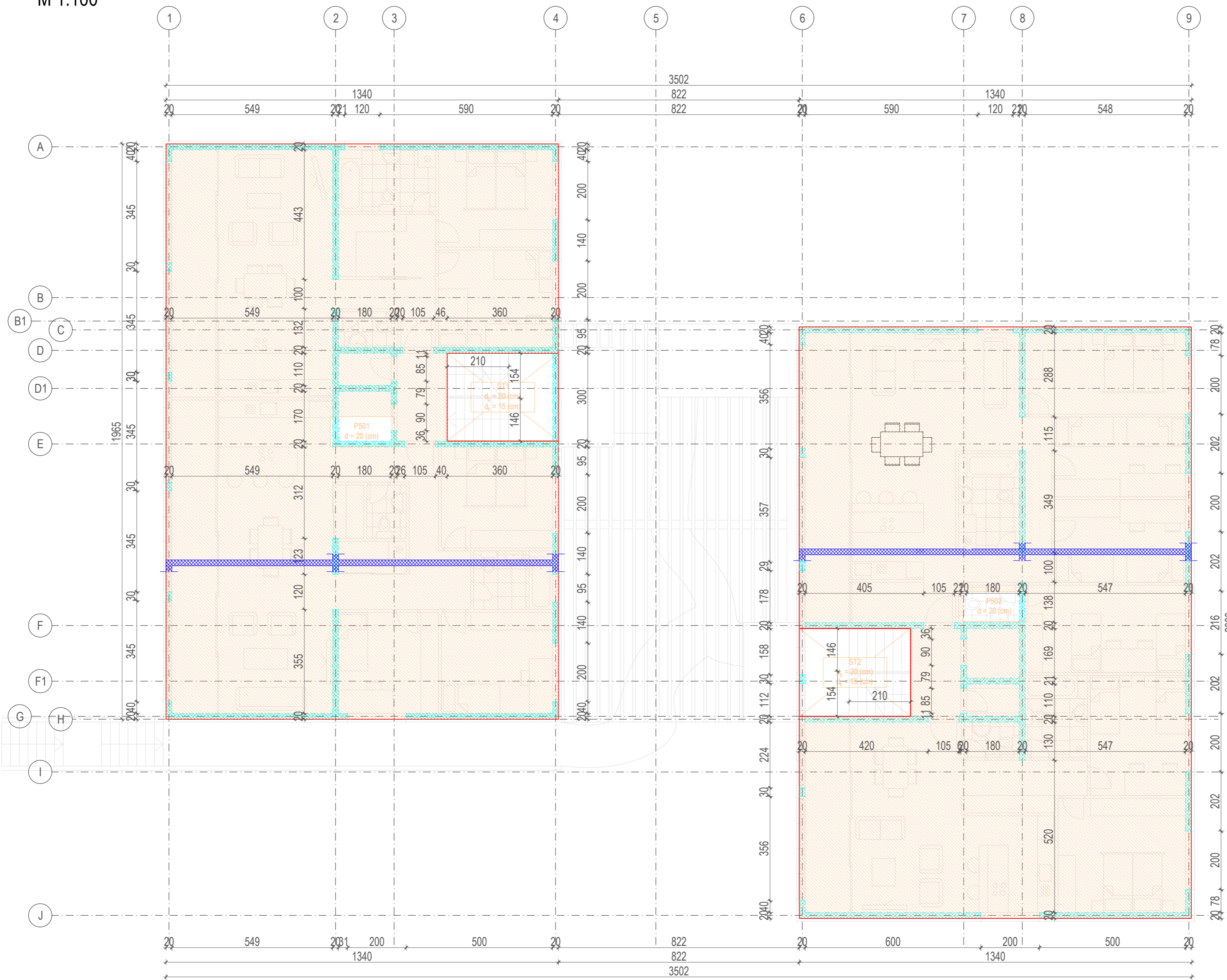
- Čelik za armiranje:**
- Svi elementi - B500B

Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente držazi poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana

<b>CA</b>			Diplomski rad		
Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije 21000 Split, Matice hrvatske 15			Program: Projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine		
Student: Mirko Budimir		Mentor: Alen Harapin			
Sadržaj: Tlocrt trećeg kata - Plan pozicija 400					
Datum: srpanj 2024.	Mjerilo: 1:100	Prilog: 5			



Tlocrt četvrtog kata - Plan pozicija 500  
M 1:100



- Legenda:**
- AB međukatna konstrukcija
  - AB elementi iznad ploče
  - Prevaljeni presjek
  - Oznaka pozicije

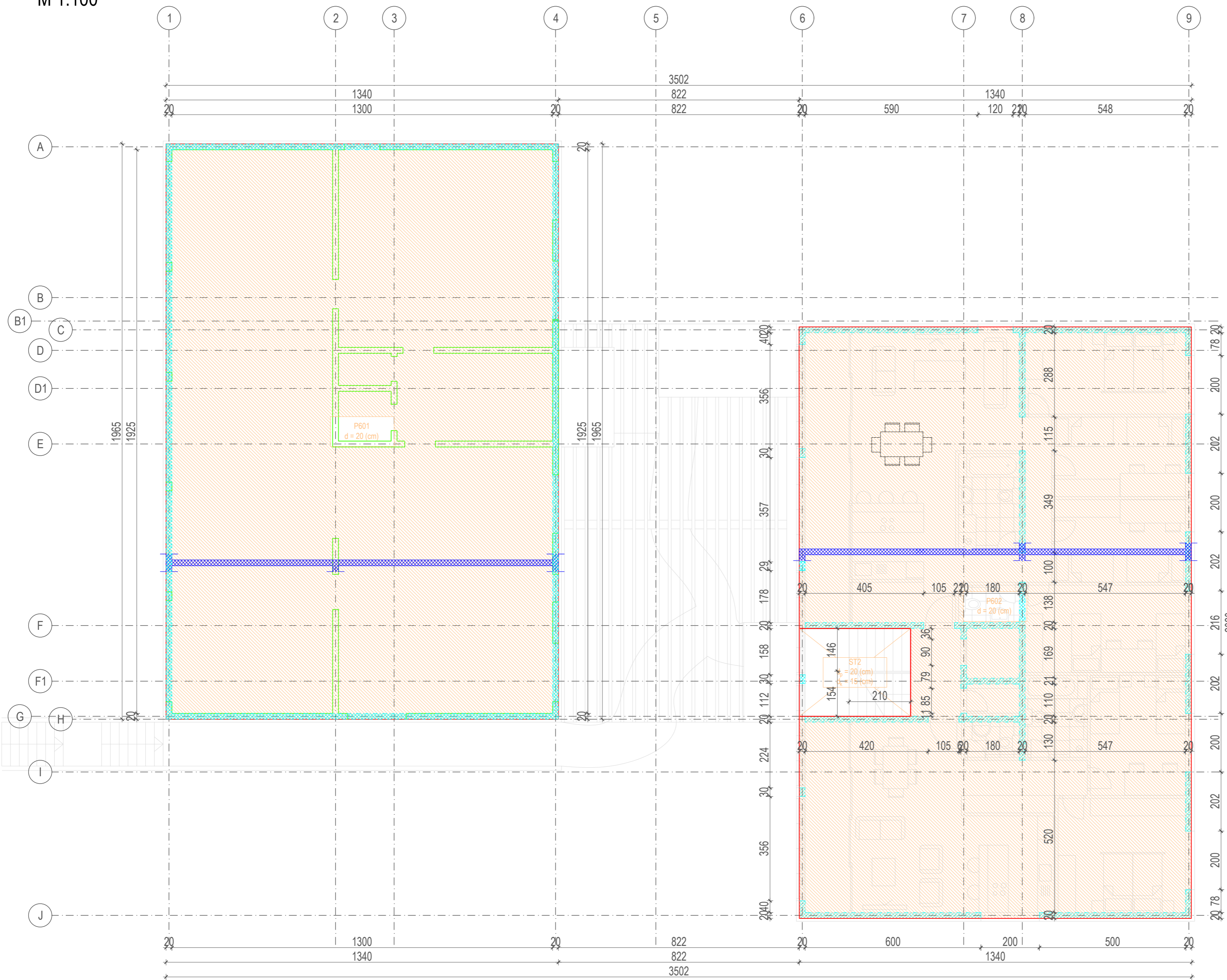
- Napomene:**
- Debljina ploče pozicije P501 -  $d = 20$  (cm)
  - Debljina ploče pozicije P502 -  $d = 20$  (cm)
  - Stubište ST1 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)
  - Stubište ST2 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)

- Razredi tlačne čvrstoće betona:**
- AB međukatna konstrukcija - C30/37
  - AB stupovi - C30/37
  - AB nosači - C30/37
  - AB zidovi - C30/37
  - AB elemente u kontaktu s tlom i vodom - C30/37
  - Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

- Čelik za armiranje:**
- Svi elementi - B500B

- Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente držazi poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana

Tlocrt petog kata - Plan pozicija 600  
M 1:100



- Legenda:**
- AB međukatna konstrukcija
  - AB elementi iznad ploče
  - Prevaljeni presjek
  - AB elementi ispod ploče
  - Oznaka pozicije

- Napomene:**
- Debljina ploče pozicije P601 -  $d = 20$  (cm)
  - Debljina ploče pozicije P602 -  $d = 20$  (cm)
  - Stubište ST2 -  $d_{\text{podest}} = 20$  (cm);  $d_{\text{krak}} = 15$  (cm)

- Razredi tlačne čvrstoće betona:**
- AB međukatna konstrukcija - C30/37
  - AB stupovi - C30/37
  - AB nosači - C30/37
  - AB zidovi - C30/37
  - AB elementi u kontaktu s tlom i vodom - C30/37
  - Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

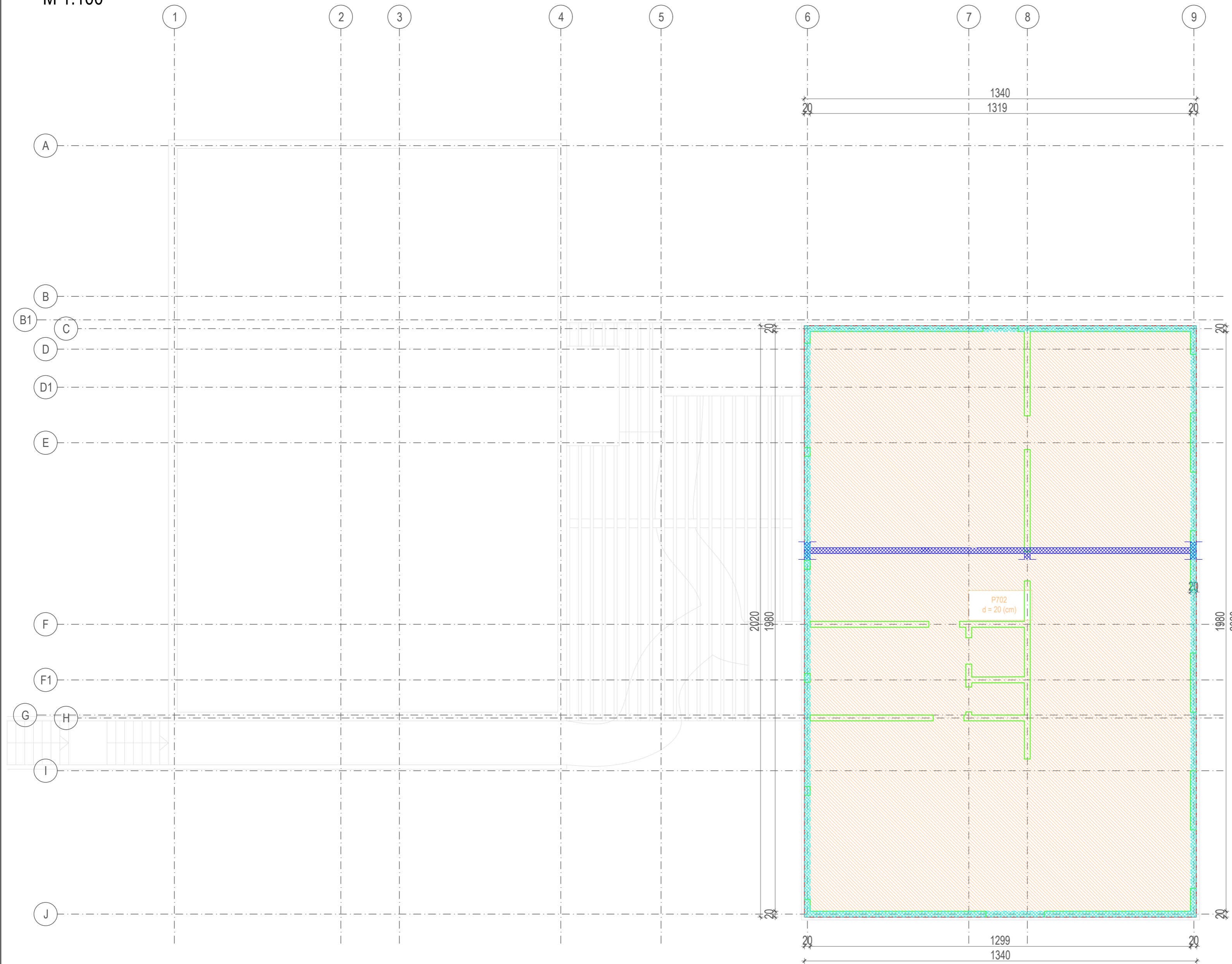
- Čelik za armiranje:**
- Svi elementi - B500B

- Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente držazi poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana

<b>UCA</b>		
Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije 21000 Split, Matice hrvatske 15		
Diplomski rad		
Program: Projekt konstrukcije stambeno-poslovne građevine		
Student:	Mirko Budimir	Mentor: Alen Harapin
Sadržaj: Tlocrt petog kata - Plan pozicija 600		
Datum: srpanj 2024.	Mjerilo: 1:100	Prilog: 7



Tlocrt krova - Plan pozicija 700  
M 1:100



- Legenda:**
- AB međukatna konstrukcija
  - AB elementi iznad ploče
  - Prevaljeni presjek
  - AB elementi ispod ploče
  - Oznaka pozicije

**Napomene:**  
Debljina ploče pozicije P702 - d = 20 (cm)

Razredi tlačne čvrstoće betona:  
AB međukatna konstrukcija - C30/37  
AB stupovi - C30/37  
AB nosači - C30/37  
AB zidovi - C30/37  
AB elemente u kontaktu s tlom i vodom - C30/37  
Obavezna je hidroizolacija u kontaktu s tlom kao i drenaža zasipa

Čelik za armiranje:  
Svi elementi - B500B

Ne opterećivati ploče opterećenjima većim od projektom predviđenih  
Sve horizontalne elemente drži poduprtima do potpunog očvršćenja  
ploče pozicije 700, minimalno 28 dana