

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Podržaj, M., 2015. Zasnova pet etažne poslovne stavbe s poudarkom na potresnem odpornem projektiranju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Sinur, F.): 50 str.

Datum arhiviranja: 07-10-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Podržaj, M., 2015. Zasnova pet etažne poslovne stavbe s poudarkom na potresnem odpornem projektiranju. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Sinur, F.): 50 pp.

Archiving Date: 07-10-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**MATJAŽ PODRŽAJ**

**ZASNOVA PET ETAŽNE POSLOVNE STAVBE S  
POUDARKOM NA POTRESNEM ODPORNEM  
PROJEKTIRANJU**

Diplomska naloga št.: 217/B-GR

**DESIGN OF FIVE STORY OFFICE BUILDING WITH  
EMPHASISE ON SEISMIC DESIGN**

Graduation thesis No.: 217/B-GR

**Mentor:**

doc. dr. Franc Sinur

Ljubljana, 24. 09. 2015

## **IZJAVE O PREGLEDU NALOGE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

### **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Matjaž Podržaj izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: » ZASNOVA PET  
ETAŽNE POSLOVNE STAVBE S POUDARKOM NA POTRESNO ODPORNEM  
PROJEKTIRANJU«

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 24.9.2015

## **BIBLIOGRAFSKA-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>624.014.2:624.042.7(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Matjaž Podržaj</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Franc Sinur</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Zasnova pet etažne poslovne stavbe s poudarkom na potresno odpornem projektiranju</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga-univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>50 str., 16 pregl., 17 slik, 14 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>jeplene konstrukcije, statična analiza, potresna odpornost</b>

### **Izveček**

V diplomski nalogi je obravnavana statična analiza in dimenzioniranje pet-etažne poslovne stavbe s poudarkom na preverjanju potresne odpornosti. Nosilno konstrukcijo predstavljajo v prečni smeri štirje momentni okvirji dolžine 30,0 m in višine 18,8 m. V vzdolžni smeri horizontalno stabilnost zagotavljajo centrična povezja. Medetažna konstrukcija je izvedena kot sovprežna plošča, ki leži na sekundarnih nosilcih. Sekundarni nosilci so členkasto priključeni na prečke in stebre momentnega okvirja.

Analiza konstrukcije je bila izvedena po elastični analizi drugega reda z upoštevanjem začetnih globalnih nepopolnosti. Vsi vplivi na konstrukcijo so določeni skladno s slovenskimi standardi SIST EN 1991.

Poudarek pri zasnovi stavbe je na potresni odpornosti. Potresna obremenitev je obravnavana po metodi horizontalnih sil. Objekt je načrtovan po pravilih za konstrukcije z visoko stopnjo duktilnosti (DCH).

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

<b>UDC:</b>	<b>624.014.2:624.042.7(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Matjaž Podržaj</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Franc Sinur, PhD</b>
<b>Title:</b>	<b>Seismic design of five-story office building with emphasis on seismic design</b>
<b>Document type:</b>	<b>diplomska naloga-univerzitetni študij</b>
<b>Notes:</b>	<b>50 p., 16 tab., 17 fig., 14 ann.</b>
<b>Key words:</b>	<b>steel buildings, static analysis, seismic design</b>

**Abstract**

This graduation thesis deals with the static analysis and design of five story office building with focus on seismic resistance. The main structure consist of four moment resisting frames with 10 m span between the columns, with overall length and width of 30,0 m and height of 18,8 m. The longitudinal stiffes is provided through moment resisting frames in one direction and concentric bracings in the other direction. Floors are designed as composite slabs that are supported by secondary beams which are connected to primary beams and columns of moment frames.

The second order analysis with initial global imperfections was performed to determine internal forces in the structural elements. Analysis were made using SCIA Engineer software. All loads were determined according to Slovenian standard SIST EN 1991.

Seismic analysis was made using simplified horizontal forces method. The structure is designed according to rules for high ductility class.

## **ZAHVALA**

Za pomoč, usmerjanje in vspodbudo pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Francu Sinurju.

**KAZALO VSEBINE**

ZAHVALA	- 5 -
KAZALO VSEBINE	- 6 -
KAZALO TABEL	- 9 -
KAZALO SLIK	- 10 -
1 UVOD	- 1 -
2 TEHNIČNO POROČILO	- 2 -
2.1 Zasnova	- 2 -
2.2 Material	- 4 -
2.3 Obtežba	- 4 -
2.4 Konstrukcijski elementi	- 4 -
2.4.1 Stebri	- 4 -
2.4.2 Primarni nosilci	- 4 -
2.4.3 Sekundarni nosilci	- 4 -
2.4.4 Centrično povezje	- 4 -
2.4.5 Spoji	- 5 -
3 OBTEŽBE	- 6 -
3.1 Lastna in stalna obtežba	- 6 -
3.1.2 Etaže	- 6 -
3.1.3 Streha	- 6 -
3.1.4 Fasada	- 6 -
3.2 Koristna obtežba	- 7 -
3.2.1 Etaže	- 7 -
3.2.2 Streha	- 7 -
3.3 Obtežba snega	- 7 -
3.4 Obtežba vetra	- 9 -
4 POTRESNA OBTEŽBA	- 12 -
4.1 Masa za potresno analizo	- 12 -
4.2 Spekter pospeškov	- 13 -
4.2.1 Nihajni čas v smeri momentnega okvirja	- 14 -
4.2.2 Nihajni čas v smeri okvirja z centričnimi povezji	- 14 -
4.3 Račun potresnih sil	- 14 -
4.3.1 Okvir s centričnim povezjem	- 14 -
4.3.2 Okvir z momentnim okvirjem	- 14 -
4.4 Razdelitev potresnih sil po etažah	- 14 -
4.4.1 Okvir s centričnim povezjem	- 14 -



4.4.2 Okvir z momentnim okvirjem	- 15 -
4.5 Vpliv torzije	- 16 -
4.5.1 Zunanji okvir	- 16 -
4.5.2 Notranji okvir	- 16 -
4.5.3 Potresne sile z upoštevanom naključno torzijo	- 17 -
4.6 Vpliv teorije drugega reda	- 17 -
4.6.1 Momentni okvir	- 18 -
4.6.2 Okvir s centričnimi povezji	- 18 -
4.7 Kriterij za doseganje ustreznega porušnega mehanizma	- 19 -
4.7.1 Momentni okvir	- 19 -
4.7.2 Okvir s centričnimi povezji	- 19 -
5 STATIČNA ANALIZA – OBTEŽNE KOMBINACIJE	- 20 -
5.1 Obtežbe	- 20 -
5.2 Obtežne kombinacije za mejno stanje nosilnosti	- 20 -
5.3 Obtežne kombinacije za mejno stanje uporabnosti	- 22 -
6 RAČUNSKI MODEL	- 23 -
6.1 Momentni okvir	- 23 -
6.1.1 Začetne globalne nepopolnosti	- 23 -
6.2 Okvir s centričnimi povezji	- 23 -
6.2.1 Začetne globalne nepopolnosti	- 24 -
6.3 Statična analiza	- 24 -
7 DIMENZIONIRANJE	- 25 -
7.1 Sekundarni nosilec	- 25 -
7.1.1 Obtežba	- 25 -
7.1.2 Sovprežna plošča	- 25 -
7.1.3 Obremenitev prereza	- 25 -
7.1.4 Odpornost prereza	- 26 -
7.1.5 Izračun čepov	- 26 -
7.1.6 Montažno stanje	- 27 -
7.2 Primarni nosilec	- 27 -
7.2.1 Mejno stanje nosilnosti	- 27 -
7.2.2 Potresna obtežba	- 28 -
7.3 Centrična povezja	- 29 -
7.3.1 Prva etaža	- 29 -
7.3.2 Druga etaža	- 30 -

---

7.3.3 Tretja etaža	- 30 -
7.3.4 Četrta etaža	- 31 -
7.3.5 Peta etaža	- 31 -
7.4 Steber	- 32 -
7.4.1 Mejno stanje nosilnosti	- 32 -
7.4.2 Potresna obtežba	- 33 -
8 RAČUN SPOJEV	- 36 -
8.1 Momentni spoj med prečko in stebrom	- 36 -
8.1.1 Geometrijske karakteristike	- 36 -
8.1.2 Zasnova	- 36 -
8.1.3 Obremenitev	- 37 -
8.1.4 Ojačitveno rebro	- 37 -
8.1.5 Vijaki	- 38 -
8.1.6 Čelna pločevina	- 38 -
8.1.7 Kontrola natezne nosilnosti vijaka	- 39 -
8.1.8 Kontrola strižne nosilnosti vijaka	- 39 -
8.1.9 Kontrola preboja pločevine	- 39 -
8.1.10 Nosilnost na bočni pritisk	- 40 -
8.1.11 Kontrola tlačne nosilnosti	- 40 -
8.2 Členkasti spoj med sekundarnim nosilcem in prečko	- 42 -
8.2.1 Obtežba	- 42 -
8.2.2 Geometrijske karakteristike	- 42 -
8.2.3 Vezna pločevina	- 43 -
8.2.4 Zvari	- 44 -
8.2.5 Prerez skozi luknje vijakov	- 44 -
9 POMIKI	- 46 -
10 ZAKLJUČEK	- 48 -
VIRI	- 49 -
SEZNAM PRILOG	- 50 -

## **KAZALO TABEL**

Preglednica 1: Lastna teža	- 12 -
Preglednica 2: Stalna obtežba	- 13 -
Preglednica 3: Koristna obtežba	- 13 -
Preglednica 4: Masa za potresno analizo	- 13 -
Preglednica 5: Tip tal C	- 14 -
Preglednica 6: Izračun vertikalnih tež po etažah - centrična povezja	- 15 -
Preglednica 7: Razdelitev potresnih sil po etažah - centrična povezja	- 15 -
Preglednica 8: Izračun vertikalnih tež po etažah - momentni okvir	- 16 -
Preglednica 9: Razdelitev potresnih sil po etažah - momentni okvir	- 16 -
Preglednica 10: Potresne sile z upoštevanom naključno torzijo – momentni okvir	- 17 -
Preglednica 11: Potresne sile z upoštevanom naključno torzijo – centrična povezja	- 17 -
Preglednica 12: Vpliv teorije drugega reda - momentni okvir	- 18 -
Preglednica 13: Vpliv teorije drugega reda - centrična povezja	- 18 -
Preglednica 14: Odpornost sekundarnega nosilca	- 26 -
Preglednica 15: Vrednosti notranjih statičnih količin - prečka	- 27 -
Preglednica 16: Vrednosti notranjih statičnih količin - steber	- 32 -

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Momentni okvir	- 2 -
Slika 2: Okvir s centričnimi povezji	- 3 -
Slika 3: Tloris	- 3 -
Slika 4: Cone za določanje obtežbe s snegom	- 7 -
Slika 5: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra	- 9 -
Slika 6: Elastični spekter odziva	- 13 -
Slika 7: Razporeditev koristne obtežbe preko vseh polj	- 21 -
Slika 8: Razporeditev koristne obtežbe preko levih in srednjih polj	- 21 -
Slika 9: Razporeditev koristne obtežbe v obliki šahovnice	- 22 -
Slika 10: Diagram notranjih statičnih količin stebra ob vpetju	- 32 -
Slika 11: Zasnova momentnega spoja	- 36 -
Slika 12: Ojačitveno rebro	- 37 -
Slika 13: Sodelujoči del stebra	- 40 -
Slika 14: Zasnova členkastega spoja	- 42 -
Slika 15: Vezna pločevina	- 43 -
Slika 16: Relativni vertikalni pomiki prečk	- 46 -
Slika 17: Horizontalni pomiki stebrov	- 47 -

## **1 UVOD**

Diplomska naloga obravnava statično analizo in dimenzioniranje pet etažne poslovne stavbe, ki se nahaja v industrijski coni BTC v Ljubljani.

Objekt je kvadratne tlorisne oblike dimenzij 30,0 x 30,0 m. Višina objekta znaša 18,8 m. Razdalje med posameznimi stebri so v prečni in vzdolžni smeri 10,0 m. Višina pritličja znaša 4,0 m, vse ostale etaže so višine 3,7 m.

Nosilno konstrukcijo predstavljajo v prečni smeri momentni okvirji, ki so med seboj oddaljeni 10,0 m. V vzdolžni smeri horizontalno stabilnost predstavljajo centrična povezja. Izvedli smo globalno statično analizo za oba okvirja. Na podlagi izračunanih notranjih statičnih količin smo dimenzionirali nosilne elemente objekta. Pri dimenzioniranju smo upoštevali začetne globalne nepopolnosti konstrukcije.

Ker se objekt nahaja na potresno aktivnem območju je pri statični analizi upoštevana tudi potresna obtežba. V prečni smeri potresno obtežbo prevzemajo momentni okvirji, v vzdolžni pa jo prevzemajo diagonale centričnega povezja. Potresna obtežba je izračunana po metodi vodoravnih sil. Pri dimenzioniranju je bilo vnaprej predvideno tvorjenje plastičnih členkov v primarnih nosilcih in diagonalah centričnega povezja.

Obravan postopek dimenzioniranja upošteva kontrolo nosilnosti in stabilnosti, ki je uporabljena tako pri momentnem okvirju kot pri okvirju s centričnimi povezji. Prikazan je tudi postopek dimenzioniranja stikov ter določitev dimenzij elementov.

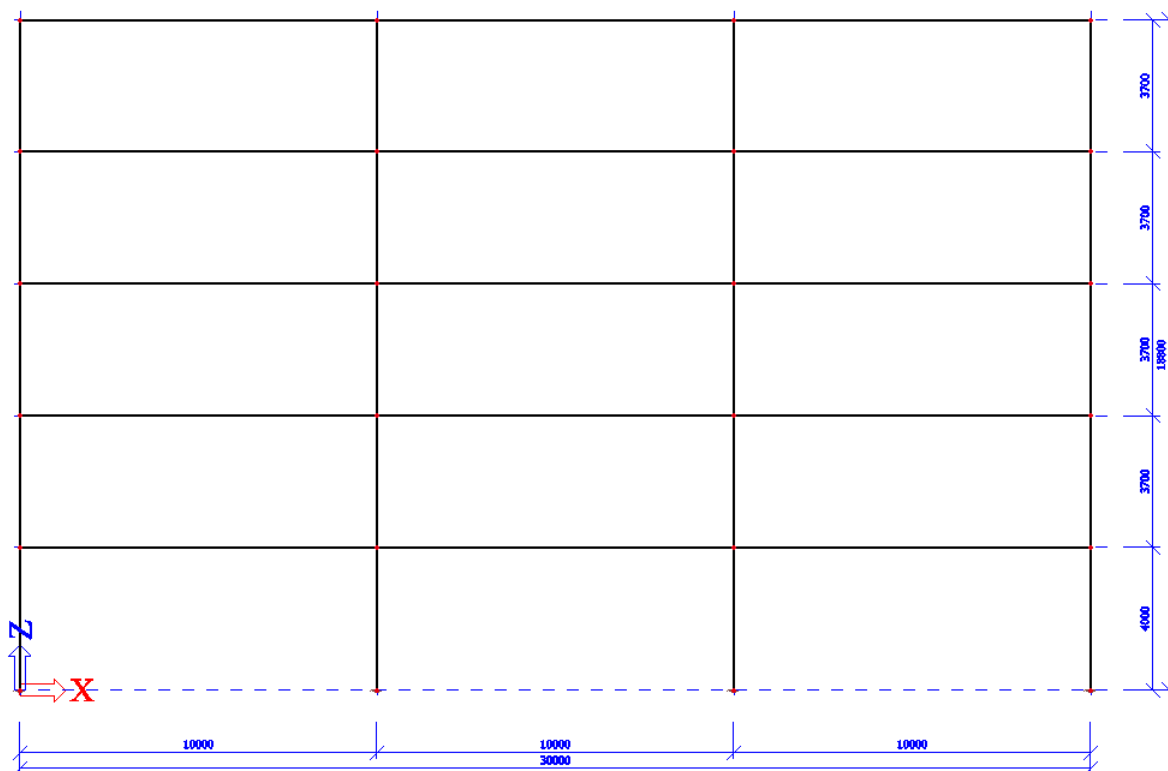
Konstrukcija je projektirana v skladu z Evrokod standardi. Računski model je modeliran v programu SCIA Engineer, s katerim je bila izvedena statična analiza.

## 2 TEHNIČNO POROČILO

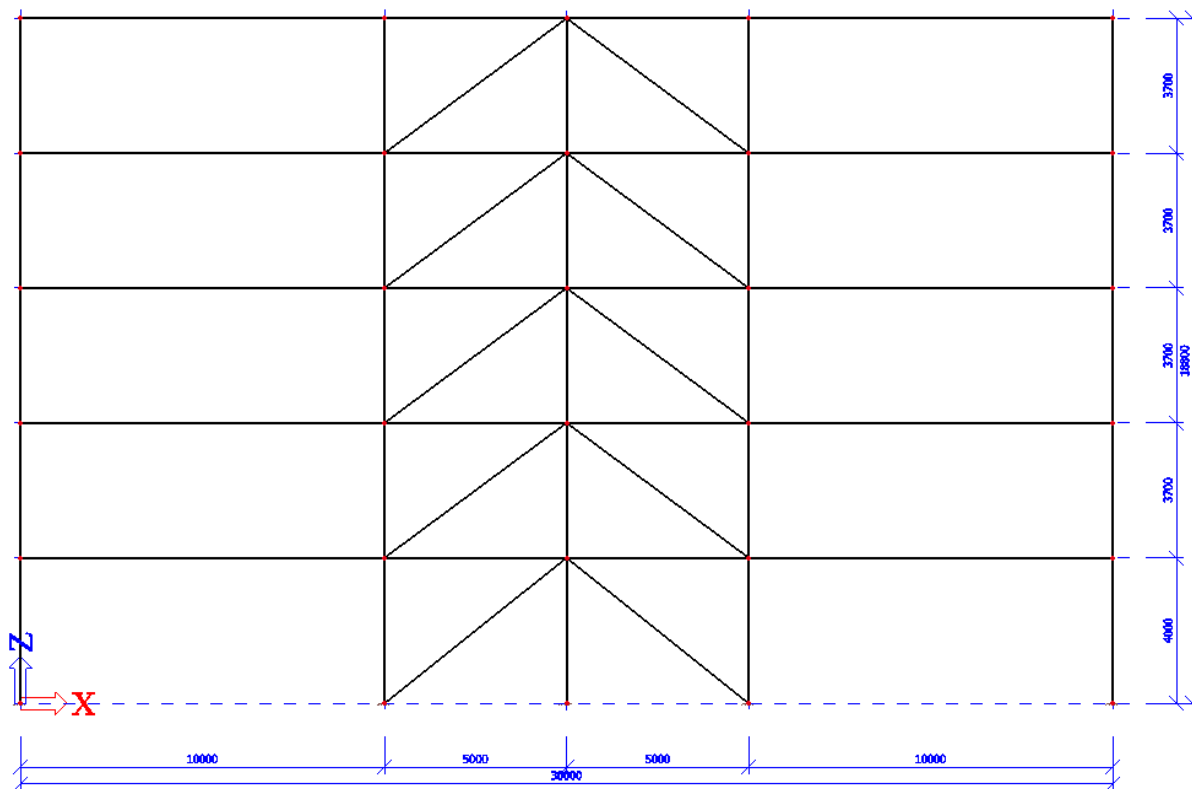
### 2.1 Zasnova

Predvidena je pet etažna poslovna stavba. Nahaja se v industrijski coni BTC – Ljubljana na nadmorski višini 290 m. Primarni konstrukcijski material predstavlja jeklo. Objekt je pet etažen in ni podkleten. Zunanje tlorisne dimenzije so 30 m x 30 m. Skupna višina objekta znaša 18,8 m. Višina prve etaže je 4,0 m, vse ostale etaže so višine 3,7 m. Predvidena je ravna betonska streha, ki ni pohodna. Razpon primarnih in sekundarnih nosilcev je 10,0 m. Fasadna konstrukcija je steklena ter je preko kovinske podkonstrukcije pritrjena na sekundarne in primarne nosilce. Obtežba fasada je predpostavljena na 1 kN/m<sup>2</sup>. Nosilnost je v prečni smeri zagotovljena z momentnimi okvirji, ki so med seboj oddaljeni 10,0 m. V vzdolžni smeri je nosilnost zagotovljena s centričnimi povezji, ki se nahajajo med drugo in četrto osjo vzdolžnega okvirja.

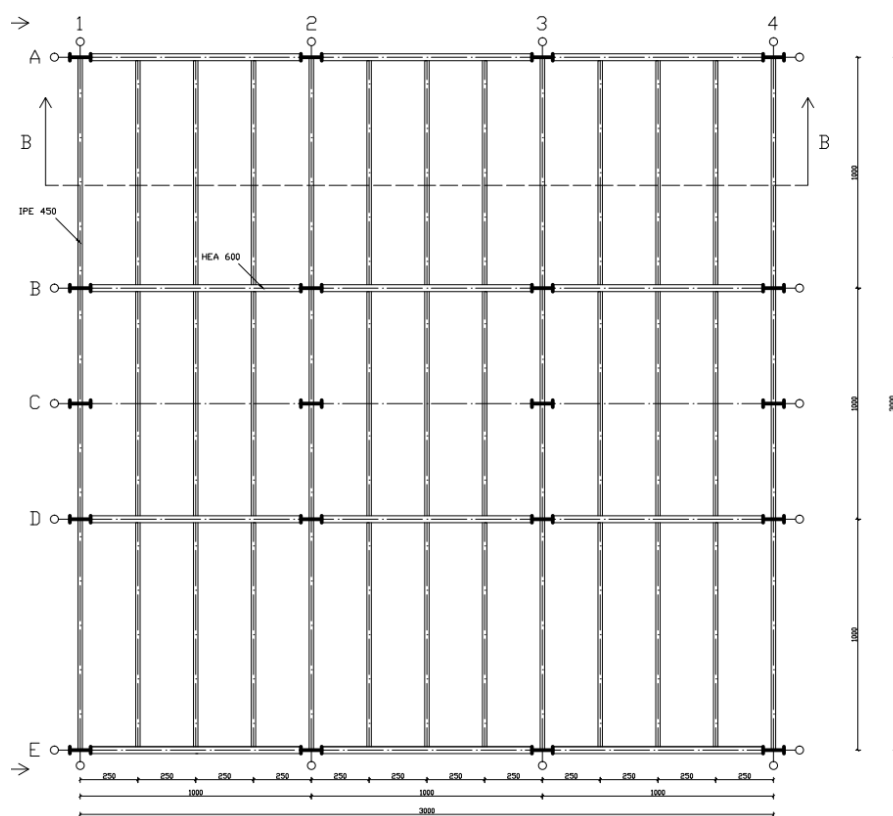
Medetažna konstrukcija je sestavljena iz spuščenega montažnega stropa, ki je pritrjen na primarne in sekundarne nosilce. Sovprežna plošča debeline 13 cm je postavljena prečno preko sekundarnih nosilcev. Na plošči je izveden cementni estrih in finalna talna obloga.



Slika 1: Momentni okvir



Slika 2: Okvir s centričnimi povezji



Slika 3: Tloris

## **2.2 Material**

Vsi nosilci in stebri so kvalitete jekla S235 JR. Uporabljeni vijaki pri spojih so kvalitete 8.8 in 10.9. Za sovprežno ploščo je uporabljen beton C30/37. Armaturne palice v sovprežni plošči so kvalitete S500.

## **2.3 Obtežba**

Pri obtežbah je zajet vpliv lastne teže nosilnih elementov, medetažne konstrukcije in fasade.

Obravnavana je tudi spremenljiva obtežba, ki velja za pisarne in vzdrževanje strešne konstrukcije ter obtežba zaradi predelnih sten. Na strani zunanjih vplivov je, glede na območje v katerem se objekt nahaja, obravnavan vpliv vetra in vpliv snega. Podrobneje je obravnavan še vpliv potresne obtežbe.

## **2.4 Konstrukcijski elementi**

### **2.4.1 Stebri**

Vsi stebri so visoki 18,8 m in so toga vpeti v temelje. Stebri so dimenzije HEB 900 in kvalitete jekla S235 JR. Stebri so bočno podprti v prečni in vzdolžni smeri na stiku s primarnimi in sekundarnimi nosilci. Orientirani so tako, da je odpornostni moment stebra večji v prečni smeri (Slika 3).

### **2.4.2 Primarni nosilci**

Primarni nosilci so dolgi 10,0 m in so toga vpeti v stebre. Primarni nosilci so dimenzij HEA 600 in kvalitete jekla S235 JR. Bočno so podprti na mestu stika s sekundarnimi nosilci.

### **2.4.3 Sekundarni nosilci**

Vsi sekundarni nosilci so členkasto vpeti v primarne nosilce in stebre. Sekundarni nosilci so prečnega prereza IPE 330 in kvalitete jekla S235 JR. Sekundarni nosilci so s čepi sovprežno povezani z betonsko ploščo, ki jo podpirajo.

### **2.4.4 Centrično povezje**

Centrična povezja so sestavljena iz kotnikov. Kotniki so v 1. etaži dolgi 6,40 m v vseh ostalih etažah pa 5,45 m. Največji uporabljen kotnik je dimenzij 150/150/18 mm.



#### **2.4.5 Spoji**

Primarni nosilec je na steber pritrjen z momentnim spojem. Uporabljena je čelna pločevina kvalitete S275 JR in vijaki M36 10.9. Čelna pločevina je na prečko varjena s polnonosilnim zvarom, na steber pa je pritrjena z vijaki M36 10.9.

Sekundarni nosilec je s členkastim spojem pritrjen na prečko. Uporabljena je vezna pločevina kvalitete S275 JR in vijaki M20 8.8. Vezna pločevina je na prečke privarjena s polnonosilnim zvarom, sekundarni nosilec pa je na vezno pločevino pritrjen s tremi vijaki M20 8.8.

### 3 OBTEŽBE

#### 3.1 Lastna in stalna obtežba

Lastna in stalna obtežba je izračunana glede na dejanske teže vgrajenih materialov.

##### 3.1.2 Etaže

Parquet (debeline 2 cm):	0,14 kN/m <sup>2</sup>
Cementni estrih (debeline 5 cm):	1,25 kN/m <sup>2</sup>
Kamena volna (debeline 5 cm):	0,06 kN/m <sup>2</sup>
Sovprežna plošča:	
Beton (debeline 13 cm):	2,50 kN/m <sup>2</sup>
Pločevina:	0,14 kN/m <sup>2</sup>
Inštalacije:	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Sekundarni jekleni nosilec IPE 330:	0,20 kN/m <sup>2</sup>
<b>SKUPAJ:</b>	<b>4,49 kN/m<sup>2</sup></b>

##### 3.1.3 Streha

Hidroizolacija:	0,14 kN/m <sup>2</sup>
Naklonski estrih (debeline 5 cm):	1,25 kN/m <sup>2</sup>
Kamena volna (debeline 35 cm):	0,42 kN/m <sup>2</sup>
Sovprežna plošča:	
Beton (debeline 10 cm):	2,5 kN/m <sup>2</sup>
Pločevina:	0,14 kN/m <sup>2</sup>
Inštalacije:	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Sekundarni jekleni nosilec IPE 330:	0,20 kN/m <sup>2</sup>
<b>SKUPAJ:</b>	<b>4,85 kN/m<sup>2</sup></b>

##### 3.1.4 Fasada

Teža fasade je predpostavljena na vrednost 1 kN/m<sup>2</sup> v kateri je zajeta teža steklene fasade, zunanjih senčil ter fasadne podkonstrukcije, ki je pritrjena na primarne nosilce v zunanjih momentnih okvirjih in na sekundarne nosilce v zunanjih okvirjih s centričnimi povezji.

### 3.2 Koristna obtežba

Koristna obtežba je določena v skladu s standardom SIST EN 1991-1-1/2004.

#### 3.2.1 Etaže

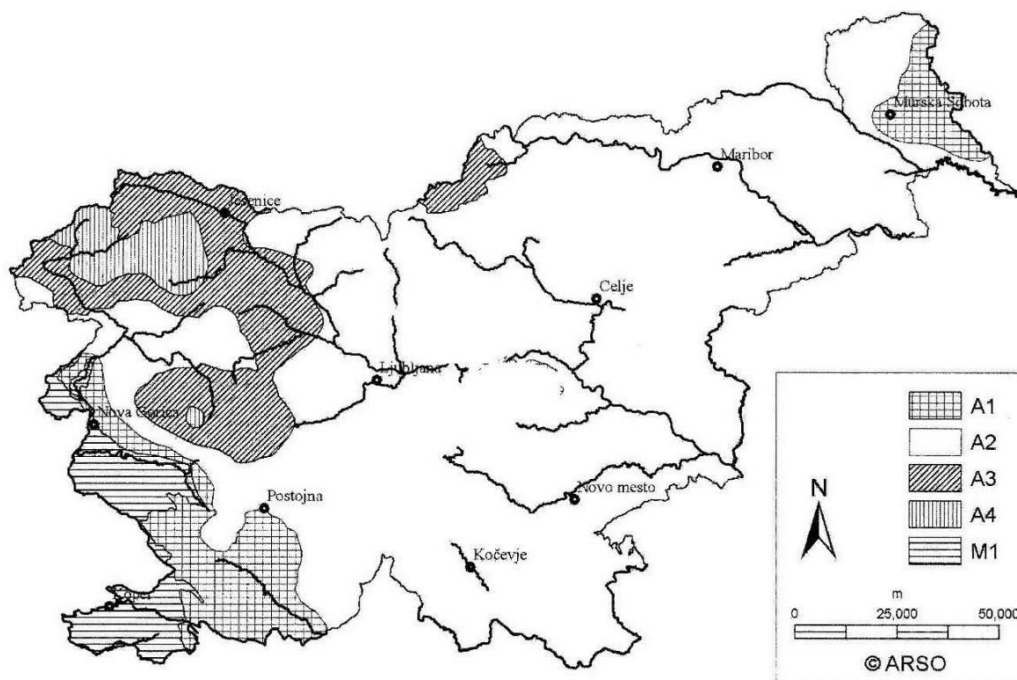
Pisarne:	3,0 kN/m <sup>2</sup>
Predelne stene:	0,8 kN/m <sup>2</sup>
<b>SKUPAJ:</b>	<b>3,8 kN/m<sup>2</sup></b>

#### 3.2.2 Streha

Vzdrževanje:	0,4 kN/m <sup>2</sup>
--------------	-----------------------

### 3.3 Obtežba snega

Objekt je predviden v Ljubljana, ki leži v coni A2 na nadmorski višini 290 m. Ker nadmorska višina ne presega 1500 m, snega pri potresni obtežni kombinaciji ne upoštevamo. Obtežbo snega določimo skladno s standardom SIST-EN 1991-1-3.



Slika 4: Cone za določanje obtežbe s snegom

Karakteristična obtežba snega na tleh za cono A2:

$$s_k = 1,293 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A}{728} \right)^2 \right]$$

$$s_k = 1,293 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{290 \text{ m}}{728} \right)^2 \right]$$

$$s_k = 1,498 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$s_k$  – karakteristična obtežba snega na tleh

A - nadmorska višina

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

$$s = \mu_1 \cdot s_k$$

$$s = 0,8 \cdot 1,498 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$s = 1,198 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

s – obtežba snega

$\mu_1$  – oblikovni koeficient odvisen od naklona strehe, za ravne strehe se privzame vrednost 0,8

$C_e$  – koeficient izpostavljenosti

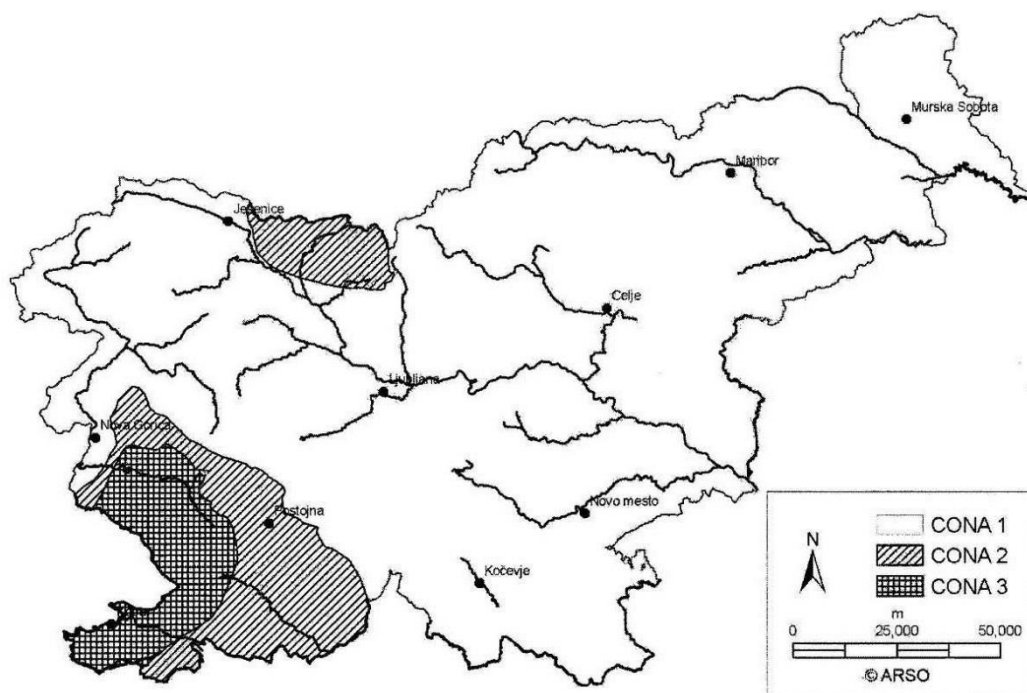
$C_t$  – toplotni koeficient

Za koeficient izpostavljenosti predpostavimo priporočeno vrednost 1,0, saj ni pričakovano odnašanje in nanašanje snega zaradi vetra. Zmanjšanje obtežbe zaradi toplotne prevodnosti strehe ni predvideno, saj je toplotna prevodnost strehe manjša od  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , zato za toplotni koeficient  $C_t$  predpostavimo priporočeno vrednost 1,0.

### 3.4 Obtežba vetra

Obtežbo vetra določimo skladno s standardom SIST EN 1991-1-4.

Objekt je predviden v vetrni coni 1.



Slika 5: Temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra

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

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$v_b$  – osnovna hitrost vetra

$c_{dir}$  – smerni faktor

$c_{season}$  – faktor letnega časa

Za vrednosti  $c_{dir}$  in  $c_{season}$  privzamemo priporočene vrednosti za stalne konstrukcije 1,0. Vpliv nadmorske višine je v Sloveniji upoštevan v temeljni vrednosti osnovne hitrosti vetra  $v_{b,0}$ .

$$v_{b,0} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Srednja hitrost vetra  $v_m$  :

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

Osnovni tlak vetra  $q_b$  :

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$q_b = 250 \text{ Pa}$$

$\rho$  – gostota zraka (privzamemo priporočeno vrednost  $1,25 \text{ kg/m}^3$  )

Največji tlak pri sunku vetra:

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

$$q_p(z) = 1,6 \cdot 250 \text{ Pa}$$

$$q_p(z) = 400 \text{ Pa}$$

$C_e(z)$  – faktor izpostavljenosti (1,6)

Za vrednost turbolentnega faktorja predpostavimo 1,0 in za faktor hribovitosti 1,0 (raven teren).

Predpostavljena je kategorija terena IV.

Ker je višina stavbe manjša od dolžin posameznih stranic, je tlak  $q_p(z)$  konstanten po celotni višini konstrukcije.

Tlak vetra  $w_e$ :

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$c_{pe}$  – koeficient zunanje tlaka

$z_e$  – referenčna višina na zunanji tlak

Tlaki vetra so zaradi kvadratnega tlorisa objekta v obeh smereh enaki.

$$e = \min(b, 2h) = b = 30 \text{ m}$$

Površine stavbe so večje od  $10\text{m}^2$ , zato za vrednost  $c_{pe}$  privzamemo vrednost  $c_{pe,10}$ .

### **Stene:**

Cona A:

$$w_e = -1,2 \cdot 400 \text{ Pa} = -480 \text{ Pa}$$

Cona B:

$$w_e = -0,8 \cdot 400 \text{ Pa} = -320 \text{ Pa}$$

Cona D:

$$w_e = 0,75 \cdot 400 \text{ Pa} = 300 \text{ Pa}$$

Cona E:

$$w_e = -0,4 \cdot 400 \text{ Pa} = -160 \text{ Pa}$$

### **Streha**

Cona F:

$$w_e = -0,4 \cdot 400 \text{ Pa} = -160 \text{ Pa}$$

Cona G:

$$w_e = -1,8 \cdot 400 \text{ Pa} = -720 \text{ Pa}$$

Cona H:

$$w_e = -1,2 \cdot 400 \text{ Pa} = -480 \text{ Pa}$$

Cona I:

$$w_e = \pm 0,2 \cdot 400 \text{ Pa} = \pm 80 \text{ Pa}$$

#### 4 POTRESNA OBTEŽBA

Pri potresnem projektiranju uporabljamo metodo z nadomestnimi horizontalnimi silami. Konstrukcijo analiziramo ločeno v prečni in vzdolžni smeri.

Ker predpostavimo visoko stopnjo duktilnosti (DCH), morajo biti prerezi v prvem razredu kompaktnosti.

Konstrukcija bo sposobna sipati energijo, kar pomeni, da se bo obnašala neelastično. Neelastično obnašanje se pojavi v obliki plastičnih členkov. Sipanje energije bo v momentnem okvirju potekalo v prečakah, medtem ko v okvirju s centričnimi povezji v natezno obremenjenih diagonalah.

V momentnem okvirju privzamemo vrednost faktorja obnašanja  $q=6,5$  ter v okvirju s centričnimi povezji faktor  $q=4$ .

Predvidena lokacija konstrukcije je industrijska cona BTC Ljubljana. Predpostavimo tip tal C.

##### 4.1 Masa za potresno analizo

Maso za potresno analizo izračunamo po enačbi:

$$M = \sum G_{k,j} + \sum \Psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kjer je:

$G_{k,j}$  – lastna in stalna obtežba

$Q_{k,i}$  – koristna obtežba

$$\Psi_{E,i} = \varphi \cdot \Psi_{2,i}$$

$\varphi = 1,0$  – streha

$\varphi = 0,5$  – vse ostale etaže

$$\Psi_{2,i} = 0,3$$

Lastna teža				
	G (kg/m)	L (m)	št.	Masa skupaj (kg)
Primarni nosilci	199	10	12	23880
Stebri	291	4	20	23280
Sekundarni nosilci	49,1	10	39	19149

Preglednica 1: Lastna teža



Stalna obtežba				
	Obtežba (kN/m <sup>2</sup> )	Površina (m <sup>2</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Masa skupaj (kg)
Etaže	4,49	900	9,81	396422,1
Streha	4,85	900	9,81	428206,5
Fasada	1	480	9,81	47088,0

Preglednica 2: Stalna obtežba

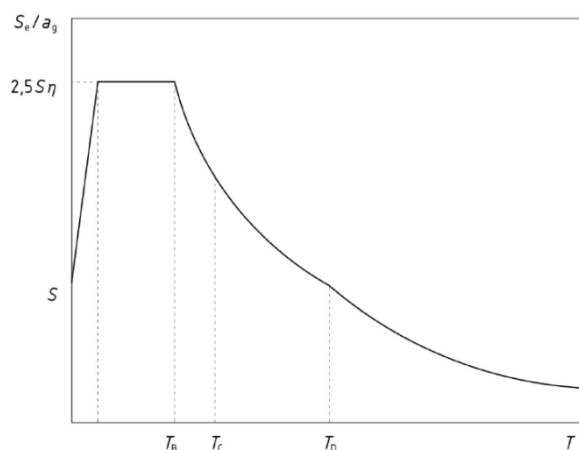
Koristna obtežba				
	Obtežba (kN/m <sup>2</sup> )	Površina (m <sup>2</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	Masa skupaj (kg)
Koristna obtežba	3,8	900	9,81	335502

Preglednica 3: Koristna obtežba

Masa za potresno analizo po etažah		
	kg	kN
1. etaža	560144,40	5495,02
2. etaža	554866,80	5443,24
3. etaža	554866,80	5443,24
4. etaža	554866,80	5443,24
5. etaža	536325,90	5261,36

Preglednica 4: Masa za potresno analizo

## 4.2 Spekter pospeškov



Slika 6: Elastični spekter odziva

Tip tal C (Ljubljana BTC)	
ag	0,225 g
S	1,15 s
Tb	0,2 s
Tc	0,6 s
Td	2,0 s

Preglednica 5: Tip tal C

#### 4.2.1 Nihajni čas v smeri momentnega okvirja

$$T_{1,x} = c_t \cdot h^{3/4} = 0,085 \cdot 18,8^{3/4} = 0,77 \text{ s}$$

Za momentne okvirje je vrednost faktorja  $c_t = 0,085$ .

#### 4.2.2 Nihajni čas v smeri okvirja z centričnimi povezji

$$T_{1,y} = c_t \cdot h^{3/4} = 0,050 \cdot 18,8^{3/4} = 0,45 \text{ s}$$

Za vse ostale okvirje privzamemo vrednost faktorja  $c_t = 0,050$ .

#### 4.3 Račun potresnih sil

Konstrukcija se ob potresni obremenitvi obnaša izrazito nelinearno, zato potresne sile reduciramo s faktorjem obnašanja  $q$ .

##### 4.3.1 Okvir s centričnim povezjem

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,225g \cdot 1,15 \cdot \frac{2,5}{4,0} = 0,14$$

$$F_b = S_d(T) \cdot m \cdot \lambda = 0,14 \cdot g \cdot m \cdot 0,85 = 3223,25 \text{ kN}$$

##### 4.3.2 Okvir z momentnim okvirjem

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_c}{T_x} = 0,225g \cdot 1,15 \cdot \frac{2,5}{6,5} \cdot \frac{0,6}{0,77} = 0,08$$

$$F_b = S_d(T) \cdot m \cdot \lambda = 0,08 \cdot g \cdot m \cdot 0,85 = 1841,85 \text{ kN}$$

#### 4.4 Razdelitev potresnih sil po etažah

##### 4.4.1 Okvir s centričnim povezjem

$$F_{b,y} = \frac{F_{b,y,cel}}{n} = \frac{3223,25}{4} = 805,81 \text{ kN}$$

$n$  – število okvirjev s centričnimi povezji

$$F_{i,y} = F_{b,y} \cdot \frac{z_i \cdot F_{M,1,y}}{\sum z_i \cdot F_{M,i,y}}$$

$$F_{M,i,y} = \frac{F_{i,etaže}}{n}$$

$F_{M,i,y}$	kN
1. etaža	1373,75
2. etaža	1360,81
3. etaža	1360,81
4. etaža	1360,81
5. etaža	1315,34

Preglednica 6: Izračun vertikalnih tež po etažah - centrična povezja

$$\begin{aligned} \sum z_i \cdot F_{M,i,x} &= 1373,75 \cdot 4,0 + 1360,81 \cdot 7,7 + 1360,81 \cdot 11,4 + 1360,81 \cdot 15,1 + 1315,34 \cdot 18,8 \\ &= 76763,13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$F_{i,y}$	kN
1. etaža	57,68
2. etaža	109,99
3. etaža	162,86
4. etaža	215,71
5. etaža	259,58

Preglednica 7: Razdelitev potresnih sil po etažah - centrična povezja

#### 4.4.2 Okvir z momentnim okvirjem

$$F_{b,x} = \frac{F_{b,x,cel}}{n} = \frac{1841,85}{4} = 460,46 \text{ kN}$$

n – število momentnih okvirjev

$$F_{i,x} = F_{b,x} \cdot \frac{z_i \cdot F_{M,1,x}}{\sum z_i \cdot F_{M,i,x}}$$

$$F_{M,i,x} = \frac{F_{i,etaže}}{n}$$

$F_{M,i,x}$	kN
1. etaža	1373,75
2. etaža	1360,81
3. etaža	1360,81
4. etaža	1360,81
5. etaža	1315,34

Preglednica 8: Izračun vertikalnih tež po etažah - momentni okvir

$$\sum z_i \cdot F_{M,i,x} = 1373,75 \cdot 4,0 + 1360,81 \cdot 7,7 + 1360,81 \cdot 11,4 + 1360,81 \cdot 15,1 + 1315,34 \cdot 18,8$$

$$= 76763,13 \text{ kNm}$$

$F_{i,x}$	kN
1. etaža	32,96
2. etaža	62,85
3. etaža	93,06
4. etaža	123,26
5. etaža	148,33

Preglednica 9: Razdelitev potresnih sil po etažah - momentni okvir

#### 4.5 Vpliv torzije

Ker imamo v tlorisu simetrično stavbo, je vpliv torzije na okvirje enak v prečni in vzdolžni smeri.

##### 4.5.1 Zunanji okvir

$$\delta = 1 + 1,2 \cdot \frac{y_E}{L_E} = 1 + 1,2 \cdot \frac{15,00}{30,00} = 1,60$$

##### 4.5.2 Notranji okvir

Pri izbiri notranjega okvirja smo pozorni, da izberemo tistega z največjo vrednostjo faktorja  $\delta$ . To pomeni, da izberemo okvir, ki je najbližje zunanjemu.

$$\delta = 1 + 1,2 \cdot \frac{y_E}{L_E} = 1 + 1,2 \cdot \frac{5,00}{30,00} = 1,20$$

### 4.5.3 Potresne sile z upoštevanom naključno torzijo

	kN
1. etaža	39,55
2. etaža	75,42
3. etaža	111,67
4. etaža	147,91
5. etaža	178,00

Preglednica 10: Potresne sile z upoštevanom naključno torzijo – momentni okvir

	kN
1. etaža	69,22
2. etaža	131,99
3. etaža	195,43
4. etaža	258,85
5. etaža	311,49

Preglednica 11: Potresne sile z upoštevanom naključno torzijo – centrična povezja

### 4.6 Vpliv teorije drugega reda

S pomočjo rezultatov dobljenih z linearno elastično analizo okvirja preverimo ali je potrebno upoštevati vpliv teorije drugega reda. V kolikor vrednost faktorja  $\vartheta^i$  preseže vrednost 0,10, je potrebno upoštevati vpliv teorije drugega reda. Njen vpliv upoštevamo z izvedbo nelinearne geometrijske analize z upoštevanjem začetnih geometrijskih nepopolnosti ali s povečanjem notranjih statičnih količin, ki jih povzročajo vodoravne obremenitve. Povečamo jih s faktorjem  $k_\delta$ .

$$\vartheta^i = \frac{P_{\text{tot},i} \cdot d_{r,i}}{V_{\text{tot},i} \cdot h_i}$$

$$k_\delta = \frac{1}{1 - \vartheta}$$

#### 4.6.1 Momentni okvir

Vpliv teorije drugega reda momentni okvir						
Etaža	P tot	V tot	w	dr	h	ϑ
1	7128,03	552,55	0,0037	0,024	4	0,077
2	7080,18	513,01	0,0059	0,038	3,7	0,14
3	5224,11	437,59	0,0061	0,04	3,7	0,13
4	3368,04	325,91	0,0048	0,031	3,7	0,087
5	1511,98	178	0,0034	0,022	3,7	0,051

Preglednica 12: Vpliv teorije drugega reda - momentni okvir

Pri momentnem okvirju se izkaže, da je potrebno upoštevati vpliv teorije drugega reda, saj velja:

$$\vartheta_{\max} = 0,14 \geq 0,10$$

$$k_{\delta} = \frac{1}{1 - \vartheta} = \frac{1}{1 - 0,14} = 1,16$$

#### 4.6.2 Okvir s centričnimi povezji

Vpliv teorije drugega reda okvir s centričnim povezjem						
Etaža	P tot	V tot	w	dr	h	ϑ
1	3077,78	69,22	0,01	0,04	4	0,044
2	2561,3	131,99	0,012	0,048	3,7	0,025
3	2265,53	195,43	0,014	0,056	3,7	0,017
4	1306,25	258,85	0,014	0,056	3,7	0,007
5	627,67	311,49	0,012	0,048	3,7	0,003

Preglednica 13: Vpliv teorije drugega reda - centrična povezja

Pri okvirju s centričnimi povezji se izkaže, da pri nadaljnjih izračunih ni potrebno upoštevati teorije drugega reda:

$$\vartheta_{\max} = 0,04 \leq 0,10$$

## 4.7 Kriterij za doseganje ustreznega porušnega mehanizma

### 4.7.1 Momentni okvir

Za doseganje globalnega porušnega mehanizma je potrebno zagotoviti, da je upogibna nosilnost stebra vsaj 30 odstotkov večja kot tista v prečki. S tem zagotavljamo, da steber ostane v elastičnem stanju, v prečki pa se razvije plastični členek.

$$\sum M_{pl,Rd}^s \geq 1,30 \cdot \sum M_{pl,Rd}^p$$

### 4.7.2 Okvir s centričnimi povezji

Pri centričnih povezjih je potrebno zagotoviti, da se izkoriščenosti povezji med seboj ne razlikuje za več kot 25 procentov. S pogojem enakomerne izkoriščenosti diagonal po višini konstrukcije zagotavljamo ustrezno globalno duktilnost konstrukcije.

$$\frac{\Omega_{\max}}{\Omega_{\min}} \leq 1,25$$

## 5 STATIČNA ANALIZA – OBTEŽNE KOMBINACIJE

### 5.1 Obtežbe

Obtežbe, ki vplivajo na obravnavano konstrukcijo delimo na stalne in spremenljive. Spremenljive obtežbe so koristna obtežba ter obtežbe zaradi vpliva vetra in snega. Pri koristni obtežbi lahko njen vpliv razporejamo po različnih poljih okvirja tako, da dobimo največje notranje količine.

### 5.2 Obtežne kombinacije za mejno stanje nosilnosti

Splošna kombinacija vplivov:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Pri mejnemu stanju nosilnosti za faktor  $\Psi_0$  privzamemo naslednje priporočene vrednosti:

Koristna obtežba (pisarne) (Q):  $\Psi_0=0,7$

Sneg (S):  $\Psi_0=0,5$

Veter (W):  $\Psi_0=0,6$

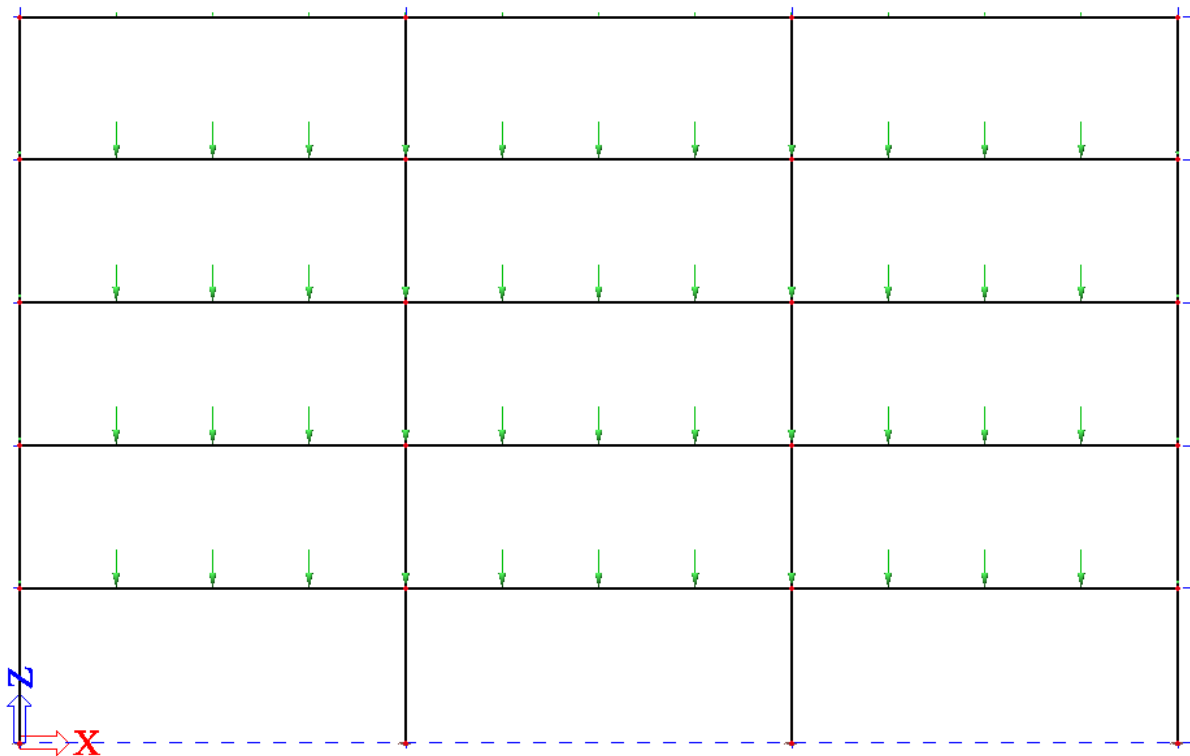
Obtežne kombinacije:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,6 \cdot W$$

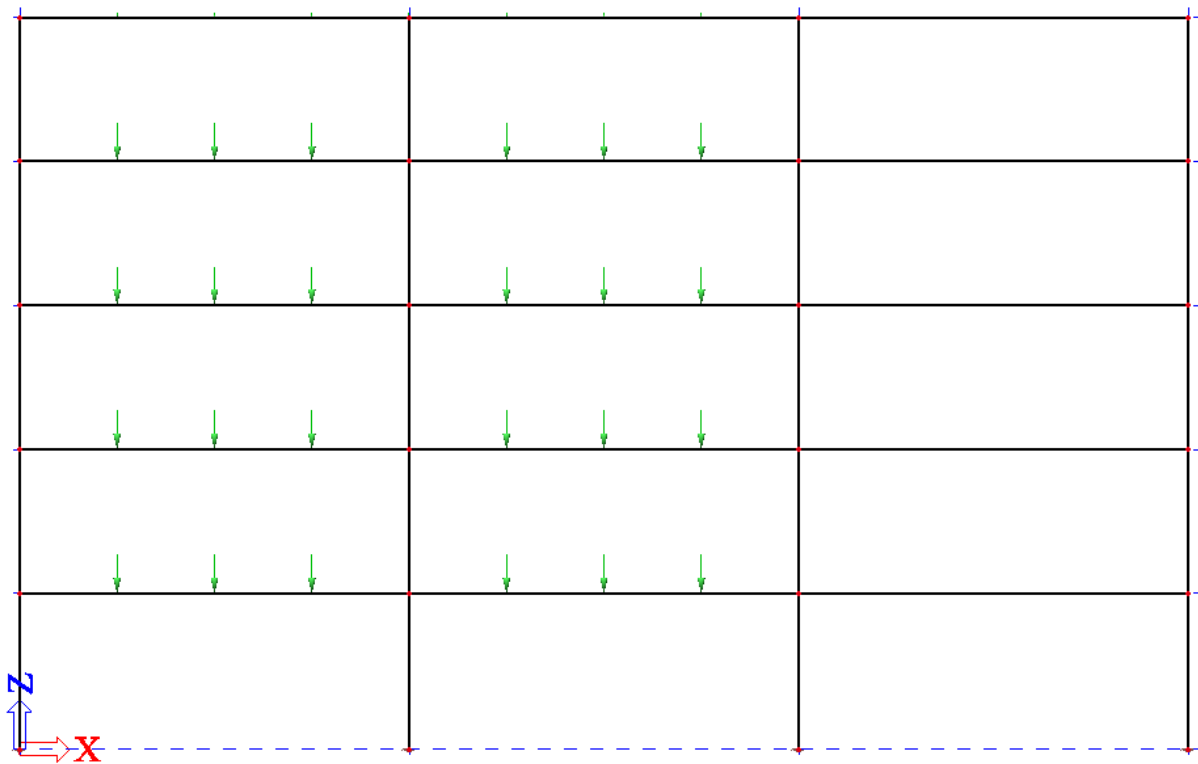
$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,6 \cdot W$$

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W + 1,5 \cdot 0,7 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,5 \cdot S$$

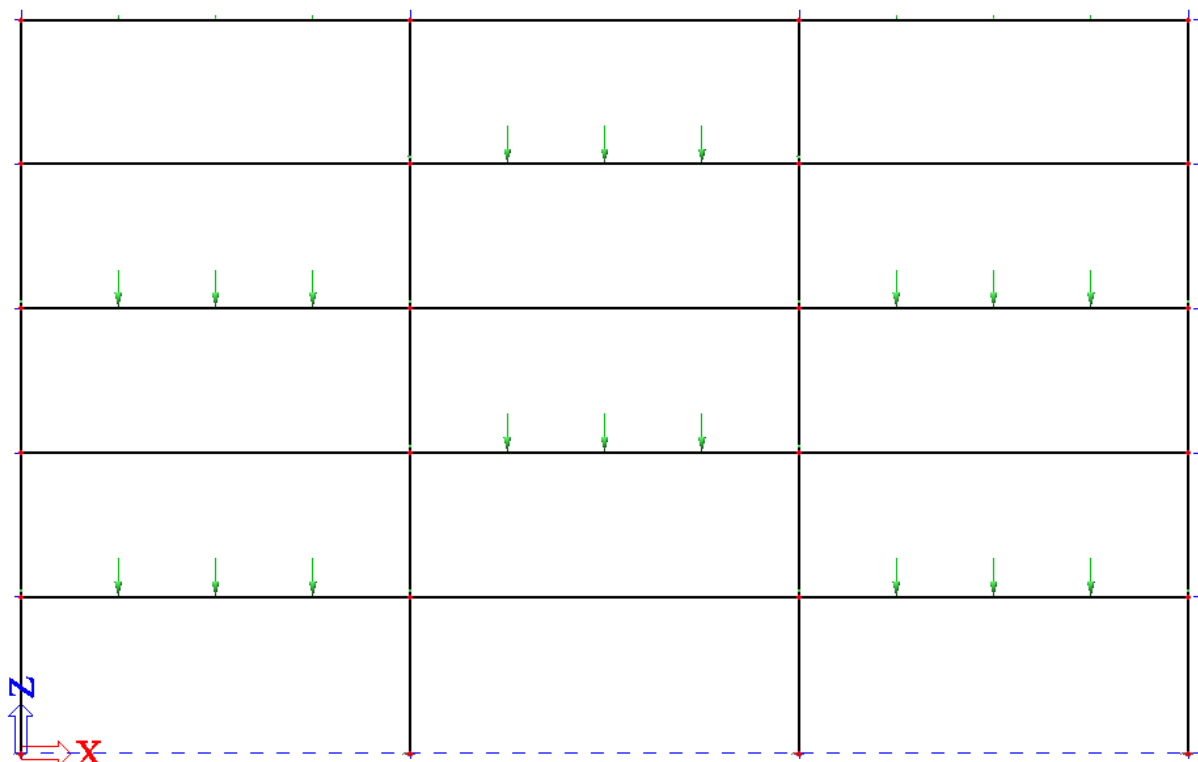




Slika 7: Razporeditev koristne obtežbe preko vseh polj



Slika 8: Razporeditev koristne obtežbe preko levih in srednjih polj



Slika 9: Razporeditev koristne obtežbe v obliki šahovnice

### 5.3 Obtežne kombinacije za mejno stanje uporabnosti

Splošna kombinacija vplivov (pogosta kombinacija vplivov) :

$$\sum G_{k,j} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Pri mejnemu stanju uporabnosti za faktor  $\Psi_2$  privzamemo naslednje priporočene vrednosti:

Koristna obtežba (pisarne) (Q):  $\Psi_2=0,3$

Sneg (S):  $\Psi_2=0,0$

Veter (W):  $\Psi_2=0,0$

Obtežne kombinacije:

$$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot Q$$

$$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S + 1,0 \cdot 0,3 \cdot Q$$

$$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot W + 1,0 \cdot 0,3 \cdot Q$$

## 6 RAČUNSKI MODEL

### 6.1 Momentni okvir

Celoten objekt je sestavljen iz štirih momentnih okvirjev. Računski model predstavlja drugi momentni okvir po vrsti. Vsi pomiki in zasuki so v podporah preprečeni.

#### 6.1.1 Začetne globalne nepopolnosti

$$\varphi = \varphi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 0,46$$

Za vrednost faktorja  $\alpha_h$  mora biti izpolnjen še naslednji pogoj:

$$0,67 \leq \alpha_h \leq 1,00$$

Za faktor  $\alpha_h$  privzamemo:

$$\alpha_h = 0,67$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0,79$$

$m$  – število nosilnih okvirjev v dani smeri

$$m = 4$$

$$\varphi_x = \varphi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 2,6 \text{ mm/m}$$

### 6.2 Okvir s centričnimi povezji

Celoten objekt je sestavljen iz štirih okvirjev s centričnimi povezji. Računski model predstavlja drugi okvir po vrsti. Vsi pomiki v podporah so preprečeni. Horizontalna nosilnost je v tej smeri zagotovljena s sistemom nateznih diagonal.

### 6.2.1 Začetne globalne nepopolnosti

$$\varphi = \varphi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 0,46$$

Za vrednost faktorja  $\alpha_h$  mora biti izpolnjen še naslednji pogoj:

$$0,67 \leq \alpha_h \leq 1,00$$

Za faktor  $\alpha_h$  privzamemo:

$$\alpha_h = 0,67$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0,79$$

m – število nosilnih okvirjev v dani smeri

$$m = 4$$

$$\varphi_y = \varphi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 2,6 \text{ mm/m}$$

### 6.3 Statična analiza

Statično analizo smo naredili z računalniškim programom SCIA Engineer, v katerem smo upoštevali začetne globalne nepopolnosti z nelinearno geometrijsko analizo.

Analizo smo ločeno naredili za momentni okvir ter za okvir s centričnimi povezji.

## 7 DIMENZIONIRANJE

S pomočjo računalniškega programa SCIA Engineer smo izračunali notranje statične količine konstrukcije. Na podlagi le teh smo dimenzionirali nosilne elemente konstrukcije.

### 7.1 Sekundarni nosilec

Sekundarni nosilec je povezan z betonsko ploščo, katera nalega nanj, zato ga obravnavamo kot sovprežni nosilec. Nosilec dolžine 10,0 m je členkasto vpet v primarne nosilce, le ti pa so vpeti v stebre.

#### 7.1.1 Obtežba

Obtežbo je potrebno pretvoriti na tekoči meter s pomočjo vplivne širine. Razdalje med sekundarnimi nosilci so 2,5 m.

$$g = 4,49 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 3,80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Ed} = (1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q) \cdot B_{eff} = 1,35 \cdot 11,23 + 1,50 \cdot 9,50 = 29,41 \text{ kN/m}$$

#### 7.1.2 Sovprežna plošča

Pločevina sovprežne plošče je dobavljena s strani angleškega proizvajalca, ki v svoji tehnični dokumentaciji podaja dopustne premostitvene razpone.

$$h_c = 13 \text{ cm}$$

S500

C30/37

$$f_{ck} = 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

#### 7.1.3 Obremenitev prereza

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l^2}{8} = \frac{29,41 \cdot 10^2}{8} = 367,63 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l}{2} = 147,05 \text{ kN}$$

**7.1.4 Odpornost prereza**

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot \frac{23,5}{1,0} = 62,60 \cdot \frac{23,50}{1,00} = 1471,1 \text{ kN}$$

$$x_{pl} = \frac{62,6 \cdot 23,5 \cdot 1,5}{250 \cdot 0,85 \cdot 2,5 \cdot 1,0} = 4,15 \text{ cm}$$

$$r = \frac{h}{2} + h_c - \frac{x_{pl}}{2} = 16,50 + 13 - \frac{4,15}{2} = 27,43 \text{ cm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot r = 1471,10 \cdot 27,43 = 403,50 \text{ kNm}$$

Preverimo še strižno odpornost:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 335,80 \text{ kN}$$

Sekundarni nosilec			
Obremenitev (kN)		Odpornost (kN)	Izkoriščenost prereza (%)
Moment	367,63	403,5	91,11
Strig	147,05	335,8	43,79

Preglednica 14: Odpornost sekundarnega nosilca

S tem, ko je odpornostni moment večji od projektnega, je zagotovljena nosilnost prereza sekundarnega nosilca. Kontrola bočne zvrnitve ni potrebna, saj je sekundarni nosilec preko čepov polno povezan z betonsko ploščo in tako bočno podprt.

**7.1.5 Izračun čepov**

$$e = \frac{L/2}{n+1} = \frac{500}{21} = 24,81 \text{ cm}$$

$$n = \frac{N_{pl,a}}{P_{Rd}} = \frac{1471,10}{73,70} = 20 \text{ čepov}$$

$$P_{Rd} = \min(P_{Rd,1}, P_{Rd,2}) = 73,70 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,1} = \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2}{\gamma_v \cdot 4} = 81,70 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}}{\gamma_v} = 73,70 \text{ kN}$$

### 7.1.6 Montažno stanje

$$M_{Ed} \leq M_{el,Rd} = W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 713,00 \cdot \frac{23,50}{1,00} = 16755,50 \text{ kNcm}$$

$$M_{Ed} = \frac{g_{l.t.} \cdot l^2}{8} = 9265,63 \text{ kNcm}$$

Le v času gradnje, ko sekundarni IPE nosilec ni povezan z betonsko ploščo, je potrebno te ustrezno bočno podpirati.

## 7.2 Primarni nosilec

### 7.2.1 Mejno stanje nosilnosti

	N(kN)	V <sub>z</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNm)
Prečka	93,38	470,84	-961,5
Prečka	88,77	-479,33	-1003,2

Preglednica 15: Vrednosti notranjih statičnih količin - prečka

Začetno dimenzijo določimo na podlagi momentne obremenitve, saj je le ta prevladujoča.

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{y,ed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1,0$$

$$W_y \geq \frac{M_{y,ed}}{f_y} = \frac{1003,20 \cdot 100}{23,50} = 4268,94 \text{ cm}^3$$

Izberemo vroče valjani profil HEA 600.

### Kontrola nosilnosti prereza

$$\frac{93,38}{226 \cdot 23,50} + \frac{1003,20 \cdot 100}{23,50 \cdot 4790} = 0,909 \leq 1,00$$

### Kontrola M-V interakcije

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 960,60 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 479,33 \text{ kN}$$

$$479,33 \text{ kN} \leq \frac{960,60 \text{ kN}}{2} = 480,30 \text{ kN}$$

**Kontrola bočne zvrnitve**

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{Ed} = 1003,20 \text{ kNcm} \leq M_{Rd} = 2659,69 \text{ kNcm}$$

**7.2.2 Potresna obtežba**

Pri potresni obtežbi, ki za dimenzioniranje prečk ni merodajna, je potrebno preveriti ali prečka zadostuje naslednjim pogojem pri potresni obtežni kombinaciji  $G + \Psi_2 \cdot Q + A_d$

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} \leq 0,15 \cdot N_{pl,Rd}$$

**Obremenitev** (Priloga B1, B2, B3)

$$M_{Ed} = 682,36 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 267,24 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 301,16 \text{ kN}$$

**Odpornost prereza**

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 4790 \text{ cm}^3 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 1125,7 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{59 \text{ cm} \cdot 1,2 \text{ cm} \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 960,6 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl,Rd} = 226 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 5311,0 \text{ kN}$$



### Preverjanje upogibne odpornosti

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$

$$682,36 \text{ kNm} \leq 1125,7 \text{ kNm}$$

### Preverjanje strižne odpornosti in M-V interakcije

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$$

$$267,24 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot 960,6 \text{ kN} = 480,3 \text{ kN}$$

### Preverjanje odpornosti na osno silo

$$N_{Ed} \leq 0,15 \cdot N_{pl,Rd}$$

$$301,16 \leq 0,15 \cdot 5311 \text{ kN} = 796,65 \text{ kN}$$

### 7.3 Centrična povezja

Pri centričnih povezjih smo upoštevali zgolj natezne diagonale. Za dimenzioniranje sta bila poleg nosilnosti prereza pomembna še dva kriterija:

- Relativna vitkost, ki z naslednjimi omejitvami omejuje utrujanje diagonal in možnost pretrga.

$$\lambda \leq 2,0$$

- Faktor dodatne nosilnosti ne sme biti večji za več kot 25 procentov od najmanjšega. S tem zagotavljamo enakomerno izkoriščenost diagonal po višini.

$$\frac{\Omega_{\max}}{\Omega_{\min}} \leq 1,25, \quad \Omega_i = \frac{N_{pl,Rd,i}}{N_{Ed,i}}$$

#### 7.3.1 Prva etaža

Izberemo kotnik 150/150/18

$$A = 51,0 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 4,54 \text{ cm}$$

$$N_{Ed} = 1114,46 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 51,0 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 1198,5 \text{ kN}$$

$$\Omega = \frac{N_{pl,Rd}}{N_{Ed}} = \frac{1198,5 \text{ kN}}{1114,46 \text{ kN}} = 1,07$$

$$l_u = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{5^2 + 4^2} = 6,40 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_u}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{640 \text{ cm}}{4,54 \text{ cm} \cdot 93,9} = 1,50$$

### 7.3.2 Druga etaža

Izberemo kotnik 150/150/18

$$A = 51,0 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 4,54 \text{ cm}$$

$$N_{Ed} = 1140,84 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 51,0 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 1198,5 \text{ kN}$$

$$\Omega = \frac{N_{pl,Rd}}{N_{Ed}} = \frac{1198,5 \text{ kN}}{1140,84 \text{ kN}} = 1,06$$

$$l_u = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{5^2 + 3,7^2} = 6,22 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_u}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{622 \text{ cm}}{4,54 \text{ cm} \cdot 93,9} = 1,46$$

### 7.3.3 Tretja etaža

Izberemo kotnik 150/150/14

$$A = 40,3 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 4,58 \text{ cm}$$

$$N_{Ed} = 940,28 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 40,3 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 947,05 \text{ kN}$$

$$\Omega = \frac{N_{pl,Rd}}{N_{Ed}} = \frac{947,05 \text{ kN}}{940,28 \text{ kN}} = 1,00$$

$$l_u = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{5^2 + 3,7^2} = 6,22 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_u}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{622 \text{ cm}}{4,58 \text{ cm} \cdot 93,9} = 1,45$$

### 7.3.4 Četrta etaža

Izberemo kotnik 130/130/13

$$A = 30,0 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 3,97 \text{ cm}$$

$$N_{Ed} = 704,90 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 30,0 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 705,0 \text{ kN}$$

$$\Omega = \frac{N_{pl,Rd}}{N_{Ed}} = \frac{705,0 \text{ kN}}{704,90 \text{ kN}} = 1,06$$

$$l_u = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{5^2 + 3,7^2} = 6,22 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_u}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{622 \text{ cm}}{3,97 \text{ cm} \cdot 93,9} = 1,67$$

### 7.3.5 Peta etaža

Izberemo kotnik 100/100/10

$$A = 21,2 \text{ cm}^2$$

$$i_z = 3,34 \text{ cm}$$

$$N_{Ed} = 402,38 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 21,2 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 498,20 \text{ kN}$$

$$\Omega = \frac{N_{pl,Rd}}{N_{Ed}} = \frac{498,20 \text{ kN}}{402,38 \text{ kN}} = 1,24$$

$$l_u = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{5^2 + 3,7^2} = 6,22 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_u}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{622 \text{ cm}}{3,34 \text{ cm} \cdot 93,9} = 1,98$$

$$\frac{\Omega_{\max}}{\Omega_{\min}} = 1,24 \leq 1,25$$

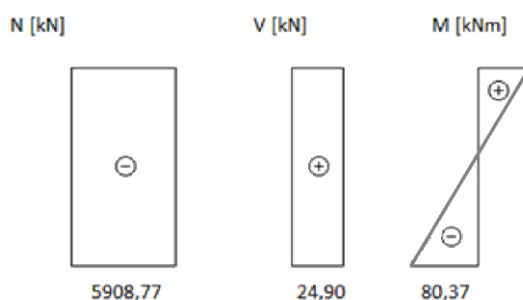
## 7.4 Steber

### 7.4.1 Mejno stanje nosilnosti

	N (kN)	V <sub>z</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNm)
Steber	-5908,77	24,9	-80,37

Preglednica 16: Vrednosti notranjih statičnih količin - steber

Pri dimenzioniranju stebrov je potrebno upoštevati, da morajo biti vsaj 30 procentov močnejši od prečk. S tem pri momentnemu okvirju zagotovimo sipanje energije in tvorjenje plastičnega členka v prečki in ne v stebru.



Slika 10: Diagram notranjih statičnih količin stebra ob vpetju

### Nosilnost prereza (HEB 900)

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,ed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1,0$$

$$\frac{5908,77}{371,00 \cdot 23,50} + \frac{80,37 \cdot 100}{23,50 \cdot 10980,00} = 0,71 \leq 1,00$$

### Kontrola uklona

$$N_{Ed} \leq N_{B,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 5908,77 \text{ kN}$$

$$N_{B,Rd} = 0,952 \cdot 371,00 \cdot 23,50 = 8300,01 \text{ kN}$$

### Kontrola bočne zvrnitve

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,95 \cdot 10980,00 \cdot \frac{23,50}{1,00} = 2451,29 \text{ kNm}$$

### Interakcija uklona in bočne zvrnitve

$$k_{yy} = 0,92$$

$$k_{zy} = 0,71$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A_i \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1,00$$

$$0,76 \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A_i \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1,00$$

$$0,74 \leq 1,00$$

### Pogoj globalne duktilnosti

$$\sum M_{pl,Rd}^s \geq 1,30 \cdot \sum M_{pl,Rd}^p$$

$$M_{pl,Rd}^s = W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2580,30 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd}^p = W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1125,65 \text{ kNm}$$

#### 7.4.2 Potresna obtežba

Pri potresni obtežbi moramo zaradi različnih potresnih sil v momentnem okvirju in okvirju s centričnimi povezji preveriti steber za dve obtežni kombinaciji, ki sta odvisni od smeri delovanja potresnih sil.

##### 7.4.2.1 Prevladujoči potres v smeri X

$$M_{Ed} = M_{G+Q,x} + 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{okvir} \cdot M_{Ex} = 620,61 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = V_{G+Q,x} + 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{okvir} \cdot V_{Ex} = 217,17 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N_{G+Q,x} + 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{okvir} \cdot N_{Ex} + 0,3 \cdot 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{povezja} \cdot N_{Ey}$$

$$N_{Ed} = 2857,39 \text{ kN} + 0,30 \cdot 2588,3 \text{ kN} = 3633,88 \text{ kN}$$

$$\gamma_{OV} = 1,25$$

$$\Omega_{okvir} = \Omega_{prečka} = \frac{M_{pl,Rd,i}}{M_{Ed,i}} = \frac{1125,7}{682,36} = 1,65$$

**Kontrola odpornosti prereza**

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{y,ed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1,0$$

$$\frac{3633,88}{371,00 \cdot 23,50} + \frac{620,61 \cdot 100}{23,50 \cdot 10980,00} = 0,66 \leq 1,00$$

**Kontrola uklona**

$$N_{Ed} \leq N_{B,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 3633,88 \text{ kN}$$

$$N_{B,Rd} = 0,952 \cdot 371,00 \cdot 23,50 = 8300,01 \text{ kN}$$

**Kontrola bočne zvrnitve**

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,95 \cdot 10980,00 \cdot \frac{23,50}{1,00} = 2451,29 \text{ kNm}$$

**Interakcija uklona in bočne zvrnitve**

$$k_{yy} = 0,75$$

$$k_{zy} = 0,58$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A_i \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1,00$$

$$0,79 \leq 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A_i \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1,00$$

$$0,74 \leq 1,00$$

**7.4.2.2 Prevladujoči potres v smeri Y**

$$M_{Ed} = M_{G+Q,y} + 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{povezja} \cdot M_{Ey} = 143,97 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = V_{G+Q,y} + 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{povezja} \cdot V_{Ey} = 217,17 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N_{G+Q,y} + 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{povezja} \cdot N_{Ey} + 0,3 \cdot 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot \Omega_{okvir} \cdot N_{Ex}$$

$$N_{Ed} = 4922,27 \text{ kN} + 0,3 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,24 \cdot 151,97 \text{ kN} = 5000,23 \text{ kN}$$

$$\gamma_{OV} = 1,25$$

$$\Omega_{\text{povezja}} = \frac{N_{\text{pl,Rd},i}}{N_{\text{Ed},i}} = \frac{498,20 \text{ kN}}{402,03 \text{ kN}} = 1,24$$

### Kontrola odpornosti prereza

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{y,\text{ed}}}{W_y \cdot f_y} \leq 1,0$$

$$\frac{5000,23}{371,00 \cdot 23,50} + \frac{143,97 \cdot 100}{23,50 \cdot 10980,00} = 0,62 \leq 1,00$$

### Kontrola uklona

$$N_{\text{Ed}} \leq N_{\text{B,Rd}} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{\text{Ed}} = 5000,23 \text{ kN}$$

$$N_{\text{B,Rd}} = 0,952 \cdot 371,00 \cdot 23,50 = 8300,01 \text{ kN}$$

### Kontrola bočne zvrnitve

$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{pl,Rd}} = \chi_{\text{LT}} \cdot W_{\text{pl,y}} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,95 \cdot 10980,00 \cdot \frac{23,50}{1,00} = 2451,29 \text{ kNm}$$

### Interakcija uklona in bočne zvrnitve

$$k_{yy} = 0,81$$

$$k_{zy} = 0,68$$

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_y \cdot A_i \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,\text{Ed}} + e_{N,y} \cdot N_{\text{Ed}}}{\chi_{\text{LT}} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,\text{Ed}} + e_{N,z} \cdot N_{\text{Ed}}}{W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1,00$$

$$0,68 \leq 1,00$$

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_z \cdot A_i \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,\text{Ed}} + e_{N,y} \cdot N_{\text{Ed}}}{\chi_{\text{LT}} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,\text{Ed}} + e_{N,z} \cdot N_{\text{Ed}}}{W_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1,00$$

$$0,65 \leq 1,00$$

## 8 RAČUN SPOJEV

### 8.1 Momentni spoj med prečko in stebrom

V momentnih okvirjih so vsi spoji polno nosilni. Pri globalni analizi smo upoštevali, da so spoji togi.

Plastični členek se tvori v prečki.

#### 8.1.1 Geometrijske karakteristike

##### Steber HEB 900 S235 JR

$$h = 90,0 \text{ cm}$$

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

$$t_f = 3,5 \text{ cm}$$

$$t_w = 1,85 \text{ cm}$$

##### Prečka HEA 600 S235 JR

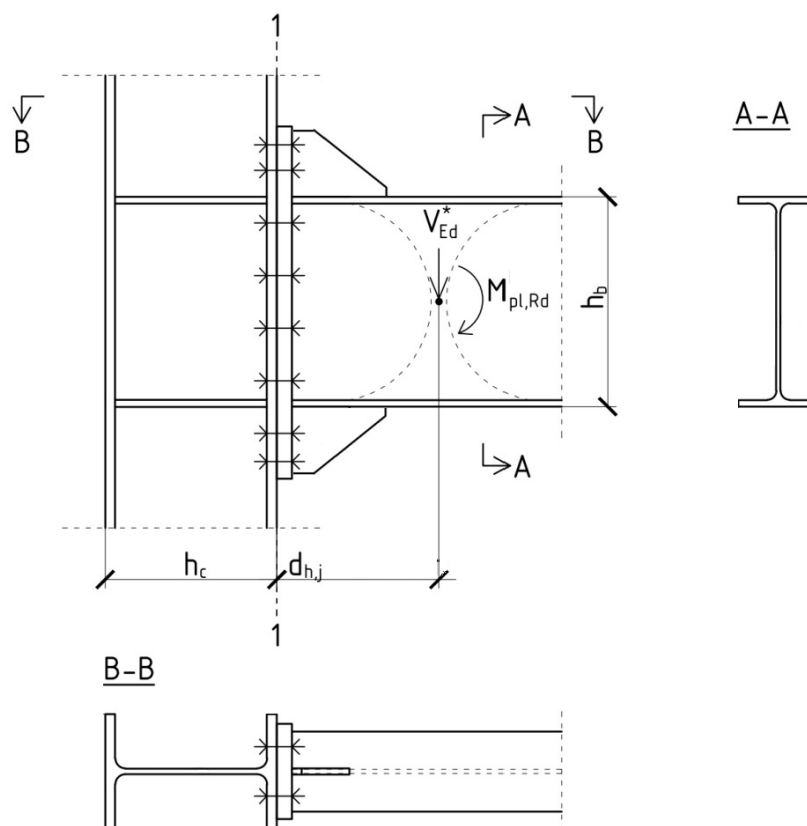
$$h = 59,0 \text{ cm}$$

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

$$t_f = 2,5 \text{ cm}$$

$$t_w = 1,3 \text{ cm}$$

#### 8.1.2 Zasnova



Slika 11: Zasnova momentnega spoja



### 8.1.3 Obremenitev

$$M_{Ed} = 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot (M_{pl,Rd}^p + V_{Ed}^* \cdot d_{h,j})$$

$$V_{Ed}^* = V_{Ed,G} + V_{Ed,E} = 181,43 \text{ kN} + 251,45 \text{ kN} = 432,88 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,E} = \frac{2 \cdot M_{pl,Rd}^p}{L} = \frac{2 \cdot 1257,25 \text{ kNm}}{10,0 \text{ m}} = 251,45 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd}^p = W_{pl}^p \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}} = 5350 \text{ cm}^3 \cdot \frac{23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,0} = 1257,25 \text{ kNm}$$

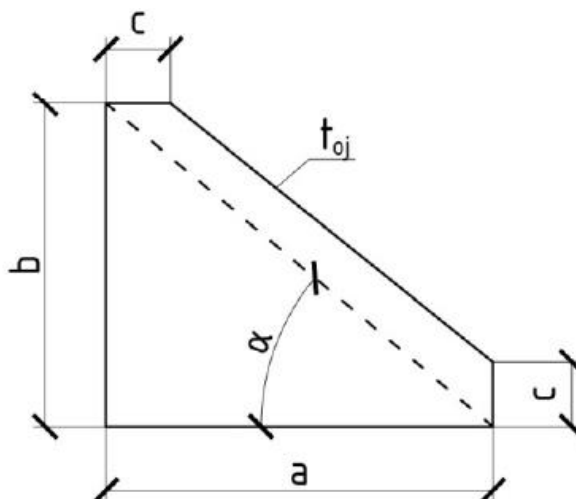
$$V_{Ed,G} = 173,0 \text{ kN} + 8,33 \text{ kN} = 181,43 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot (M_{pl,Rd}^p + V_{Ed}^* \cdot d_{h,j}) = 1,1 \cdot 1,25 \cdot (1257,25 \text{ kNm} + 432,88 \text{ kN} \cdot 0,595 \text{ m})$$

$$M_{Ed} = 2082,87 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1,1 \cdot \gamma_{OV} \cdot V_{Ed}^* = 181,43 + 1,1 \cdot 1,25 \cdot 251,45 \text{ kN} = 527,17 \text{ kN}$$

### 8.1.4 Ojačitveno rebro



Slika 12: Ojačitveno rebro

$$\alpha = 30^\circ \sim 40^\circ \rightarrow \alpha = 40^\circ$$

$$c = 2,5 \text{ cm}$$

$$t_{oj} \geq t_{w,s} = 1,85 \text{ cm} \rightarrow t_{oj} = 2,0 \text{ cm}$$

$$b = 25,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{b}{\text{tg}(\alpha)} = \frac{25,0 \text{ cm}}{\text{tg} 40^\circ} = 30,0 \text{ cm}$$

Predvidena lokacija plastičnega členka v prečki:

$$d_{h,j} = \frac{h_p}{2} + a = \frac{59,0 \text{ cm}}{2} + 30,0 \text{ cm} = 59,5 \text{ cm}$$

### 8.1.5 Vijaki

Izberemo vijake M36 10.9.

$$f_{ub} = 100 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$A_s = 8,17 \text{ cm}^2$$

$$d = 36 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 3 \text{ mm} = 36 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$$

### 8.1.6 Čelna pločevina

$$e_1 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 39 \text{ mm} = 78 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 100 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 39 \text{ mm} = 117 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 140 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 39 \text{ mm} = 58,5 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 70 \text{ mm}$$

$$p_2 = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 39 \text{ mm} = 117 \text{ mm} \rightarrow p_2 = 160 \text{ mm}$$

$$b_{\check{c}p} = 2 \cdot e_2 + p_2 = 2 \cdot 70 \text{ mm} + 160 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

$$h_{\check{c}p} = 7 \cdot p_1 + 2 \cdot e_1 = 7 \cdot 140 \text{ mm} + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 1180 \text{ mm}$$

$$t_{\check{c}p} = 40 \text{ mm} \geq d = 36 \text{ mm}$$

Predpostavimo, da je čelna pločevina dovolj toga, da ne pride do deformacij, ki bi bile posledica upogibnega momenta.

$$r_1 = e_1 + p_1 - \frac{t_f}{2} - 155 \text{ mm} = 100 \text{ mm} + 140 \text{ mm} - \frac{35 \text{ mm}}{2} - 155 \text{ mm} = 67,5 \text{ mm}$$

$$r_2 = r_1 + p_1 = 67,5 \text{ mm} + 140 \text{ mm} = 207,5 \text{ mm}$$

$$r_3 = r_2 + p_1 = 207,5 \text{ mm} + 140 \text{ mm} = 347,5 \text{ mm}$$

$$r_4 = r_3 + p_1 = 347,5 \text{ mm} + 140 \text{ mm} = 487,5 \text{ mm}$$

$$r_5 = r_4 + p_1 = 487,5 \text{ mm} + 140 \text{ mm} = 627,5 \text{ mm}$$

$$r_6 = r_5 + p_1 = 627,5 \text{ mm} + 140 \text{ mm} = 767,5 \text{ mm}$$

$$F_{\max} = \frac{r_{\max} \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = F_6 = 1214,7 \text{ kN}$$

$$\sum r_i^2 = 67,5^2 + 207,5^2 + 347,5^2 + 487,5^2 + 627,5^2 + 767,5^2 = 1388837,5 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = \frac{r_1 \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = \frac{67,5 \text{ mm} \cdot 2082870 \text{ kNmm}}{1388837,5 \text{ mm}^2} = 101,23 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{r_2 \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = \frac{207,5 \text{ mm} \cdot 2082870 \text{ kNmm}}{1388837,5 \text{ mm}^2} = 311,19 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{r_3 \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = \frac{347,5 \text{ mm} \cdot 2082870 \text{ kNmm}}{1388837,5 \text{ mm}^2} = 521,15 \text{ kN}$$

$$F_4 = \frac{r_4 \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = \frac{487,5 \text{ mm} \cdot 2082870 \text{ kNmm}}{1388837,5 \text{ mm}^2} = 731,11 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{r_5 \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = \frac{627,5 \text{ mm} \cdot 2082870 \text{ kNmm}}{1388837,5 \text{ mm}^2} = 941,08 \text{ kN}$$

$$F_6 = \frac{r_6 \cdot M_{Ed}}{\sum r_i^2} = \frac{767,5 \text{ mm} \cdot 2082870 \text{ kNmm}}{1388837,5 \text{ mm}^2} = 1151,04 \text{ kN}$$

### 8.1.7 Kontrola natezne nosilnosti vijaka

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{F_{\max}}{n} = \frac{1151,04 \text{ kN}}{2} = 575,52 \text{ kN}$$

n – število vrst vijakov

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{MB}} = \frac{0,9 \cdot 8,17 \text{ cm}^2 \cdot 100 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,25} = 588,24 \text{ kN}$$

### 8.1.8 Kontrola strižne nosilnosti vijaka

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{m} = \frac{527,17 \text{ kN}}{14} = 37,66 \text{ kN}$$

m – število vseh vijakov

Interkacija strižne in natezne nosilnosti

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,40 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,40 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{37,66 \text{ kN}}{277,6 \text{ kN}} + \frac{575,52 \text{ kN}}{1,40 \cdot 588,24 \text{ kN}} = 0,83$$

### 8.1.9 Kontrola preboja pločevine

$$F_{t,Rd} \leq B_{p,Rd}$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0,60 \cdot \pi \cdot d_m \cdot f_u \cdot t}{\gamma_{MB}} = \frac{0,60 \cdot \pi \cdot 6,26 \text{ cm} \cdot 43,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 3,5 \text{ cm}}{1,25} = 1420,7 \text{ kN}$$

$$t = \min\{t_s; t_{\check{c}p}\} = \{3,5 \text{ cm}; 4,0 \text{ cm}\} = 3,5 \text{ cm}$$

**8.1.10 Nosilnost na bočni pritisk**

$$F_{v,Rd} \leq F_{b,Rd}$$

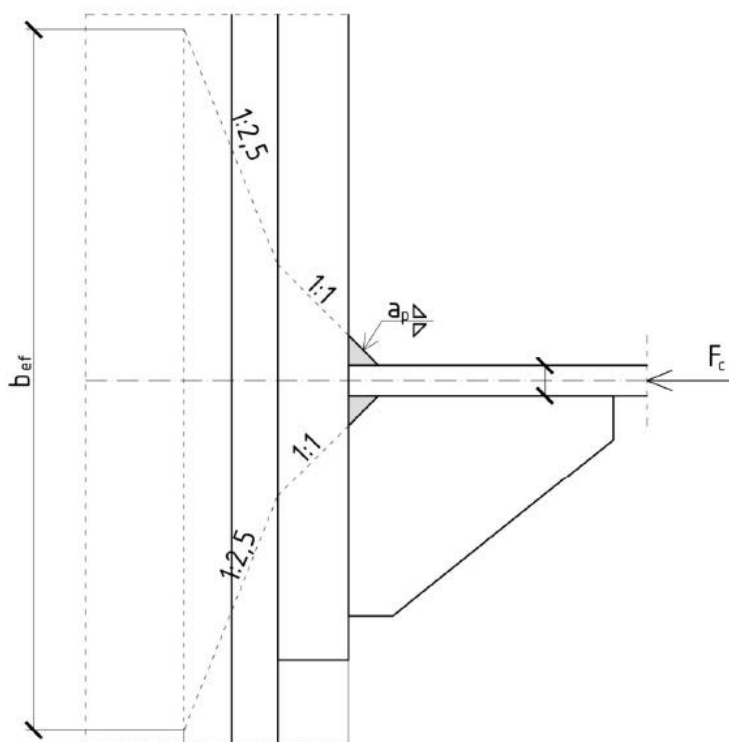
$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{MB}} = \frac{2,5 \cdot 0,85 \cdot 43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 3,6 \text{ cm} \cdot 3,5 \text{ cm}}{1,25} = 921,1 \text{ kN}$$

$$\alpha = \begin{cases} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{100 \text{ mm}}{3 \cdot 39 \text{ mm}} = 0,85 \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{140 \text{ mm}}{3 \cdot 39 \text{ mm}} - 0,25 = 0,95 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{100 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 2,33 \end{cases}$$

$$\alpha = 0,85$$

**Debelina pasnice stebra:**

$$t_f = 35 \text{ mm} \geq 0,5 \cdot t_{\check{c}p} = 0,5 \cdot 40 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

**8.1.11 Kontrola tlačne nosilnosti**

Slika 13: Sodelujoči del stebra

$$F_c = \sum F_i = 101,23 \text{ kN} + 311,19 \text{ kN} + 521,15 \text{ kN} + 731,11 \text{ kN} + 941,08 \text{ kN} + 1151,04 \text{ kN}$$

$$F_c = 3756,80 \text{ kN}$$

Del stojine, ki prevzame tlačno silo  $F_c$ .

$$b_{ef} = t_f + 2 \cdot t_{\check{c}p} + 5 \cdot K + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p = 25 \text{ mm} + 2 \cdot 40 \text{ mm} + 5 \cdot 65 \text{ mm} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 17,5 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = 479,5 \text{ mm}$$

$$K = t_p + r = 35 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 65 \text{ mm}$$

$$a_p = 0,7 \cdot t_f = 0,7 \cdot 25 \text{ mm} = 17,5 \text{ mm}$$

**Ojačitev stojine stebra HEB 900:**

$$V_{Ed} = F_c = 3756,80 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 188,5 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 2992,8 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$A_v = 371,0 \text{ cm}^2 - 2 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 3,5 \text{ cm} + (1,85 \text{ cm} + 2 \cdot 3,0 \text{ cm}) \cdot 3,5 \text{ cm}$$

$$A_v = 188,45 \text{ cm}^2$$

$V_{Ed} \geq V_{pl,Rd} \rightarrow$  potrebna ojačitev

$$b_{p,o} = \frac{b_s - t_{ws}}{2} = \frac{30,0 \text{ cm} - 1,85 \text{ cm}}{2} = 14,08 \text{ cm}$$

$$\frac{b_{p,o}}{t_{p,o}} \leq 14 \cdot \varepsilon \rightarrow t_{p,o} \geq \frac{b_{p,o}}{14 \cdot \varepsilon} = \frac{14,08 \text{ cm}}{14 \cdot 0,92} = 1,10 \text{ cm}$$

$$F_c \leq [(b_s - t_{ws}) \cdot t_{p,o} + b_{ef} \cdot t_{ws}] \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \rightarrow t_{p,o} \geq \frac{[F_c \cdot \frac{\gamma_{M0}}{f_y} - b_{ef} \cdot t_{ws}]}{b_s - t_{ws}}$$

$$t_{p,o} \geq \frac{3756,80 \text{ kN} \cdot \frac{1,0}{27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} - 48,0 \text{ cm} \cdot 1,85 \text{ cm}}{30,0 \text{ cm} - 1,85 \text{ cm}} = 1,70 \text{ cm}$$

$$\Delta V_{Ed} \leq t_{p,o} \cdot b_{p,o} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

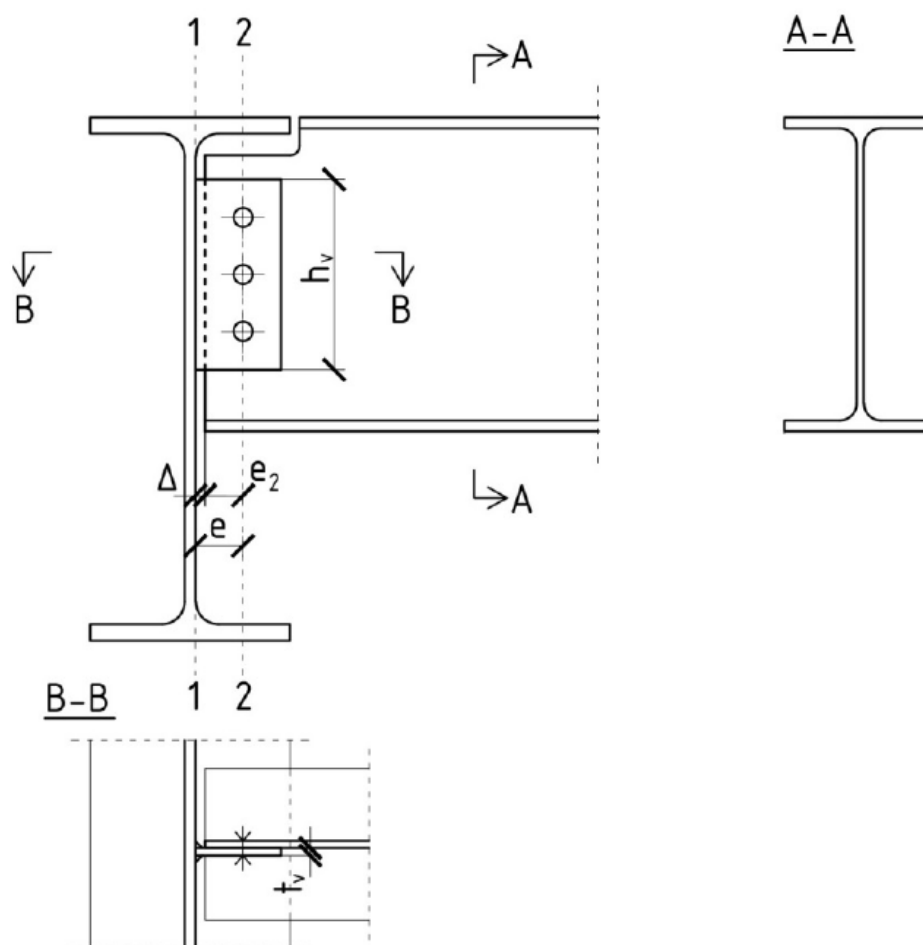
Za debelino ojačitve glede na zgornje pogoje izberemo:

$$t_{p,o} = 17 \text{ mm}$$

Vsi kotni zvari med vsemi ojačitvami in nosilcem so debeline  $a = 3 \text{ mm}$ .

## 8.2 Členkasti spoj med sekundarnim nosilcem in prečko

Stik izvedemo s pomočjo vezne pločevine, ki je privarjena na prečko.



Slika 14: Zasnova členkastega spoja

### 8.2.1 Obtežba

$$V_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot L}{2} = \frac{29,65 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 10,0 \text{ m}}{2} = 148,25 \text{ kN}$$

$$q_{Ed} = 1,35 \cdot 4,49 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,5 \text{ m} + 1,50 \cdot 3,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,5 \text{ m} = 29,65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### 8.2.2 Geometrijske karakteristike

Prečka HEA 600 S235 JR

Sekundarni nosilec IPE 450 S235 JR

Izberemo vijake M20 8.8.

$$f_{ub} = 80 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$A_s = 2,45 \text{ cm}^2$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 2 \text{ mm} = 20 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

### 8.2.3 Vezna pločevina

$$e_1 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 22 \text{ mm} = 44 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 45 \text{ mm}$$

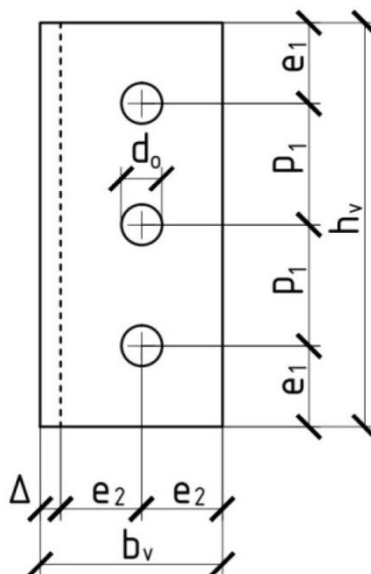
$$p_1 = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 22 \text{ mm} = 66 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 140 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 22 \text{ mm} = 44 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 45 \text{ mm}$$

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

$$b_{vp} = 2 \cdot e_2 + \Delta = 2 \cdot 45 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$h_{vp} = 6 \cdot p_1 + 2 \cdot e_1 = 5 \cdot 140 \text{ mm} + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 1040 \text{ mm}$$



Slika 15: Vezna pločevina

#### 8.2.3.1 Obremenitev

$$V_{Ed} = 148,25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 148,25 \text{ kN} \cdot 5,50 \text{ cm} = 815,40 \text{ kNcm}$$

$$e = \Delta + e_2 = 1,0 \text{ cm} + 4,50 \text{ cm} = 5,50 \text{ cm}$$

#### 8.2.3.2 Debelina vezne pločevine

$$M_{Ed} \leq W_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{h_v^2 \cdot t_v}{6} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \rightarrow t_v = \frac{6 \cdot \gamma_{M0} \cdot M_{Ed}}{h_v^2 \cdot f_y} \geq \frac{6 \cdot 1,10 \cdot 815,40 \text{ kNcm}}{23,0^2 \text{ cm}^2 \cdot 27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}$$

$$t_v \geq 0,34 \text{ cm}$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \geq V_{Ed}$$

$$A_v = h_v \cdot t_v$$

$$t_v \geq \frac{V_{Ed} \cdot \sqrt{3}}{h_v \cdot f_y} = \frac{148,25 \text{ kN} \cdot \sqrt{3}}{23,0 \text{ cm} \cdot 27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,41 \text{ cm}$$

Za debelino vezne pločevine izberemo:

$$t_v = 0,80 \text{ cm}$$

### 8.2.4 Zvari

Določitev dimenzij kotnih zvarov med vezno pločevino in prečko.

$$a_{\min} = 3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,70 \cdot t_v = 0,7 \cdot 8 \text{ mm} = 5,6 \text{ mm}$$

Izberemo:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l_{zv} = h_v - 2 \cdot a = 230 \text{ mm} - 2 \cdot 4 \text{ mm} = 222 \text{ mm}$$

#### 8.2.4.1 Obremenitev zvara

Zadostiti moramo dvema pogojema:

$$v_{II} \leq f_{vw,Rd}$$

$$n \leq f_{vw,Rd}$$

1. pogoj:

$$v_{II} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l_{zv}} = \frac{148,25 \text{ kN}}{2 \cdot 0,4 \text{ cm} \cdot 22,2 \text{ cm}} = 8,35 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{vw,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} = \frac{43,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1,25} = 23,37 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$v_{II} \leq f_{vw,Rd} \rightarrow \text{1. pogoj je zadoščeno}$$

2. pogoj:

$$n = \frac{M_{Ed}}{W_{zv}} = \frac{815,40 \text{ kNcm}}{65,70 \text{ cm}^3} = 12,41 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$W_{zv} = \frac{2 \cdot l_{zv} \cdot a}{6} = \frac{2 \cdot 22,2 \text{ cm} \cdot 0,4 \text{ cm}}{6} = 65,7 \text{ cm}^3$$

### 8.2.5 Prerez skozi luknje vijakov

#### 8.2.5.1 Obremenitev

$$V_{Ed} = 148,25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 815,40 \text{ kNcm}$$

$$F_m = \frac{M_{Ed}}{2 \cdot p_1} = \frac{815,40 \text{ kNcm}}{2 \cdot 7,0 \text{ cm}} = 58,24 \text{ kN}$$

$$F_v = \frac{V_{Ed}}{3} = \frac{148,25 \text{ kN}}{3} = 49,42 \text{ kN}$$

Najbolj obremenejeni vijak:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$



$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_m^2 + F_V^2} = \sqrt{58,24^2 + 49,42^2} \text{ kN} = 76,38 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,10 \text{ kN}$$

### 8.2.5.2 Nosilnost na bočni pritisk

$$F_{v,Rd} \leq F_{b,Rd}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{MB}} = \frac{2,5 \cdot 0,68 \cdot 43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 2,0 \text{ cm} \cdot 0,8 \text{ cm}}{1,25} = 93,57 \text{ kN}$$

$$\alpha = \begin{cases} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{45 \text{ mm}}{3 \cdot 22 \text{ mm}} = 0,68 \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{70 \text{ mm}}{3 \cdot 22 \text{ mm}} - 0,25 = 0,81 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{80 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 1,86 \end{cases}$$

$$\alpha = 0,68$$

### 8.2.5.3 Strižni pretrg

$$a_1 = a_2 = a_3 = 45 \text{ mm}$$

$$l_v = 2 \cdot p_1 = 2 \cdot 70 \text{ mm} = 140 \text{ mm}$$

$$l_1 = a_1 = 4,5 \text{ cm}$$

$$l_2 = (a_2 - k \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} = (4,5 \text{ cm} - 0,5 \cdot 2,2 \text{ cm}) \cdot \frac{43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 25,6 \text{ cm}$$

$$l_3 = l_v + a_1 + a_3 = 140 \text{ mm} + 45 \text{ mm} + 45 \text{ mm} = 23,0 \text{ cm}$$

$$l_{v,eff} = l_v + l_1 + l_2 = 14,0 \text{ cm} + 4,5 \text{ cm} + 5,32 \text{ cm} = 23,82 \text{ cm} \leq l_3 = 23,0 \text{ cm}$$

$$l_{v,eff} = 23,0 \text{ cm}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Ef,Rd}$$

$$V_{Ed} = 148,25 \text{ kN}$$

$$V_{Ef,Rd} = A_{v,eff} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}} = 18,4 \text{ cm}^2 \cdot \frac{27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 292,14 \text{ kN}$$

$$A_{v,eff} = l_{v,eff} \cdot t_v = 23,0 \text{ cm} \cdot 0,8 \text{ cm} = 18,4 \text{ cm}^2$$

## 9 POMIKI

Za preverjanje mejnega stanja uporabnosti kontroliramo pomike konstrukcije pri pogosti obtežni kombinaciji.

- Kontrola vertikalnih pomikov (prečke)

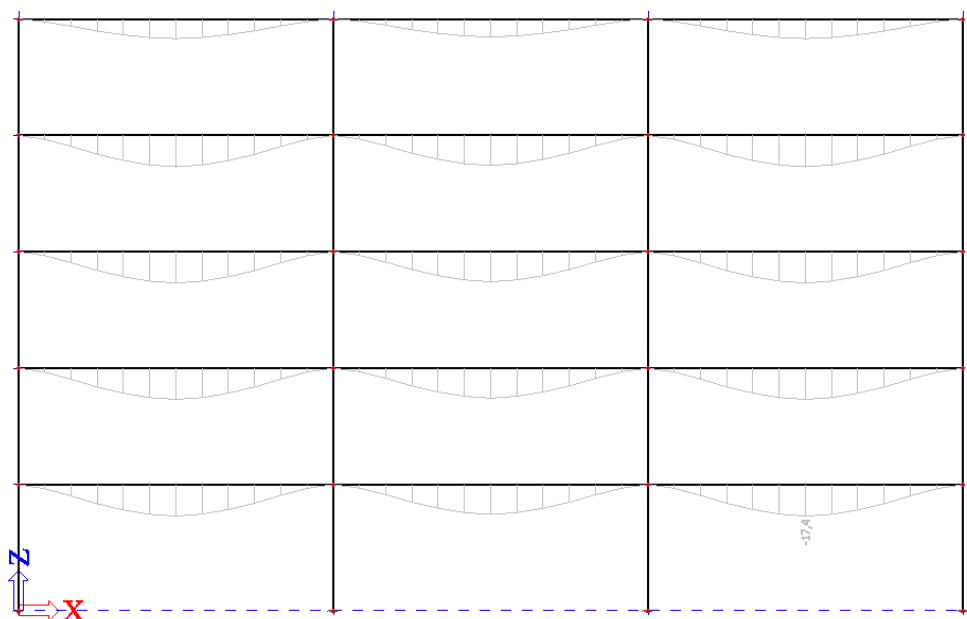
$$w = 1,74 \text{ cm}$$

$$w_{\max} = \frac{l}{250} = \frac{10,0 \text{ m}}{250} = 0,04 \text{ m} = 4,0 \text{ cm}$$

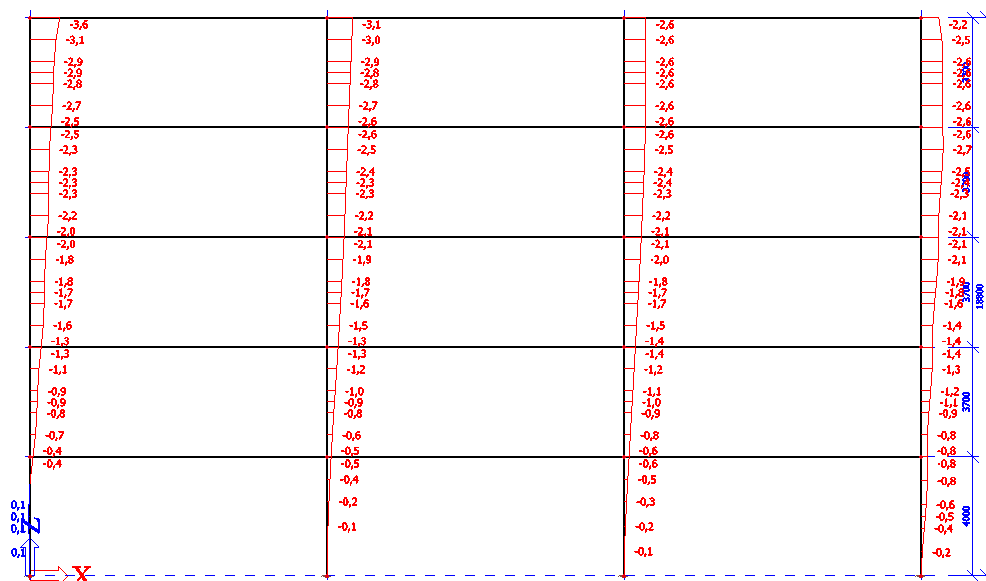
- Kontrola horizontalnih pomikov (stebri)

$$u = 3,6 \text{ cm}$$

$$u_{\max} = \frac{H}{500} = \frac{18,8 \text{ m}}{500} = 0,038 \text{ m} = 3,8 \text{ cm}$$



Slika 16: Relativni vertikalni pomiki prečk



Slika 17: Horizontalni pomiki stebrov

## 10 ZAKLJUČEK

Med pisanjem diplomske naloge sem se seznanil s projektiranjem jeklenih konstrukcij. Za razliko od betonskih konstrukcij, so jeklene konstrukcije lažje in ponavadi cenejše. Gradnja je v večini primerov montažna in s tem hitrejša.

Večji del projektiranja je temeljil na uporabi standardov. Začel sem tako, da sem izdelal idejni koncept stavbe, ki je obsegal osnovne dimenzije, namen in lokacijo objekta. Na podlagi idejnega koncepta sem lahko izračunal vplive na konstrukcijo. Določil sem obtežne kombinacije za mejno stanje nosilnosti in mejno stanje uporabosti, sledilo je določitev nosilnih elementov. V programu SCIA Engineer sem modeliral oba računski okvirja in izvedel statične analize. Na podlagi dobljenih rezultatov sem določil dimenzije nosilnih elementov. Na koncu sem preveril še odpornost konstrukcije pri potresni obtežni kombinaciji. Zaradi velikih razponov, se je v večini primerov za merodajno obtežno kombinacijo izkazalo mejno stanje nosilnosti. V diplomski nalogi je prikazano tudi dimenzioniranje značilnih spojev.

Kljub temu da sem tekom pisanja diplomske naloge pridobil ogromno znanja, le ta ne bi nastala brez izkušenj, ki sem jih pridobil tekom študija.

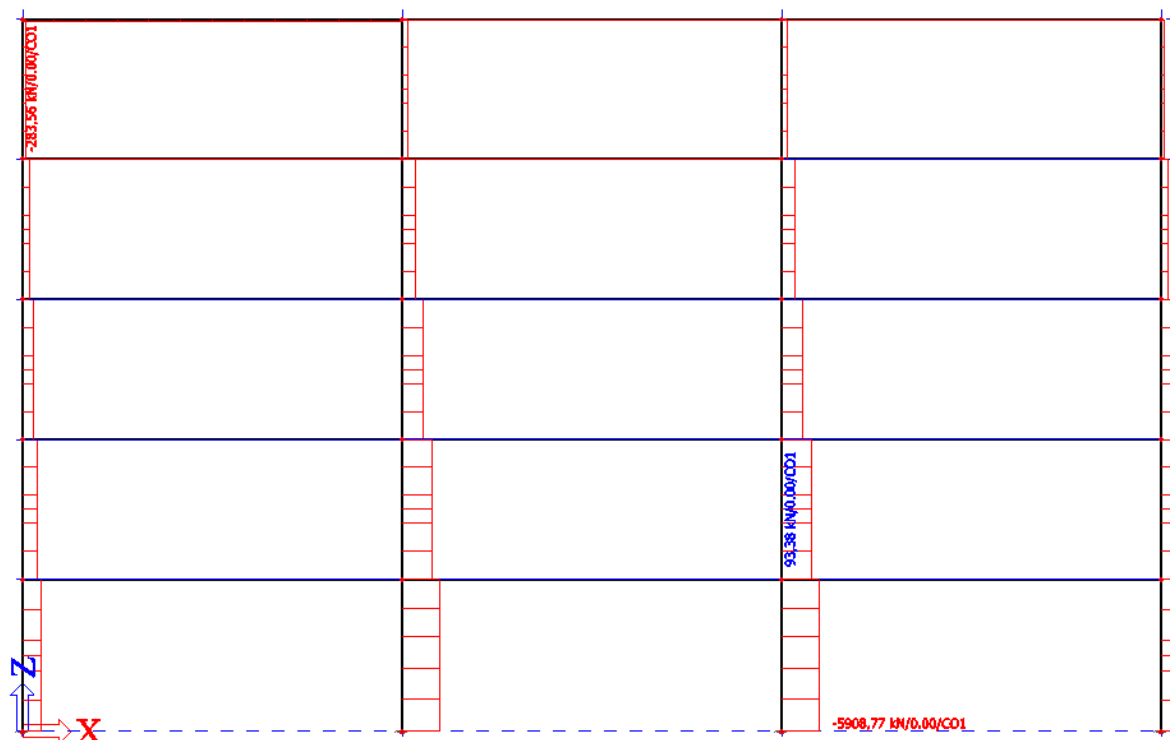
## VIRI

- [1] Beg, D., Pogačnik, A. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije.
- [2] SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb.
- [3] SIST EN 1991-1-3:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3 del: Splošni vplivi – Obtežba snega.
- [4] SIST EN 1991-1-4:2005. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4 del: Splošni vplivi – Obtežba vetra.
- [5] SIST EN 1993-1-1:2005. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe.
- [6] SIST EN 1993-1-8:2005. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-8. del: Projektiranje spojev.
- [7] SIST EN 1994-1-1:2005. Evrokod 4: Projektiranje sovprežnih konstrukcij iz jekla in betona – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe.
- [8] SIST EN 1998-1:2005. Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1.del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe.
- [9] Pohlin, B. 2015. Projekt štiri etažne poslovne stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Jeklene konstrukcije

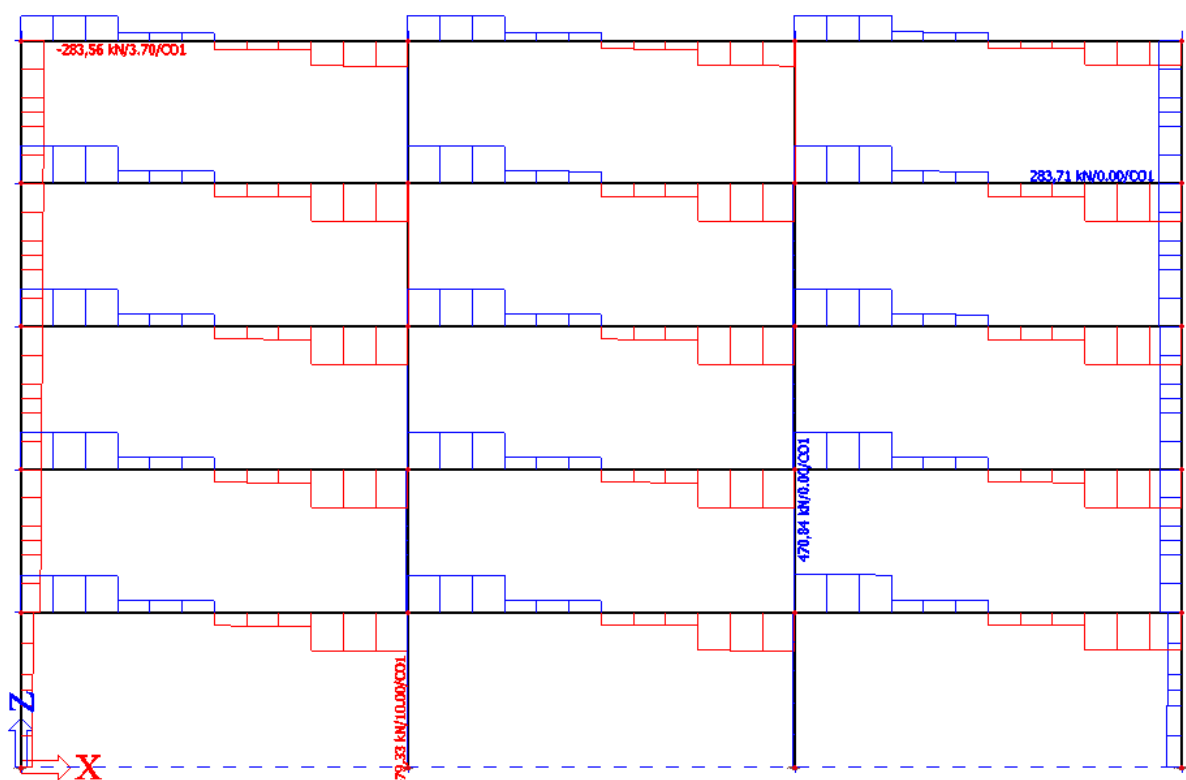
**SEZNAM PRILOG**

- A.1 MSN Osna sila – momentni okvir
- A.2 MSN Prečna sila – momentni okvir
- A.3 MSN Momenti – momentni okvir
- B.1 Osna sila pri potresni obtežni kombinaciji – momentni okvir
- B.2 Prečna sila pri potresni obtežni kombinaciji – momentni okvir
- B.3 Momenti pri potresni obtežni kombinaciji – momentni okvir
- B.4 Osna sila pri potresni obtežni kombinaciji – okvir s centričnimi povezji
- B.5 Prečna sila pri potresni obtežni kombinaciji – okvir s centričnimi povezji
- B.6 Momenti pri potresni obtežni kombinaciji – okvir s centričnimi povezji
- C.1 Tloris
- C.2 Prerez A-A
- C.3 Prerez B-B
- C.4 Detajl momentnega spoja
- C.5 Detajl členkastega spoja

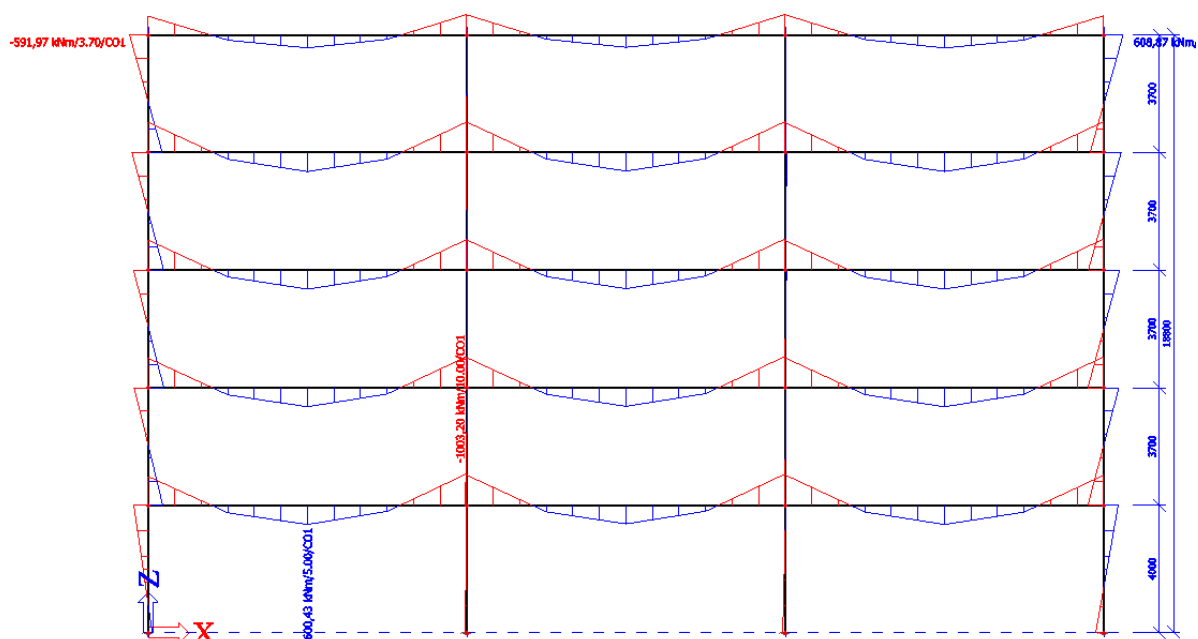
Priloga A.1: MSN Osna sila – momentni okvir



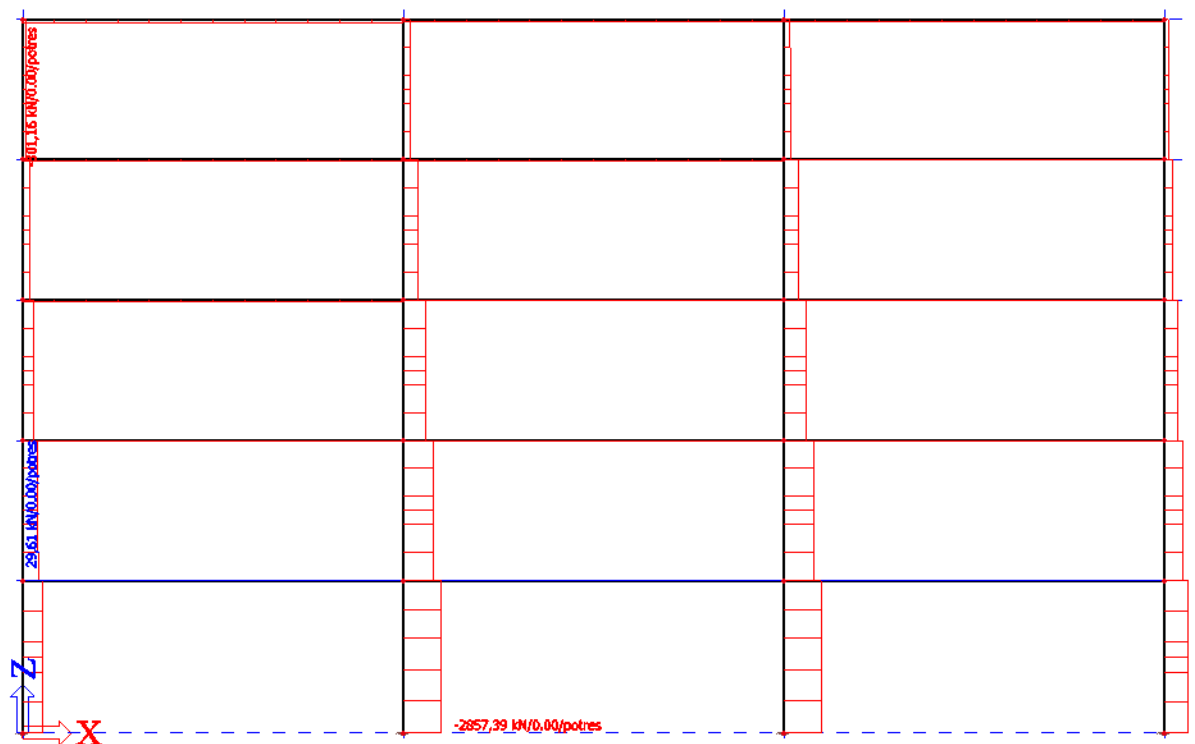
Priloga A.2: MSN Prečna sila – momentni okvir



Priloga A.3: MSN Momenti – momentni okvir

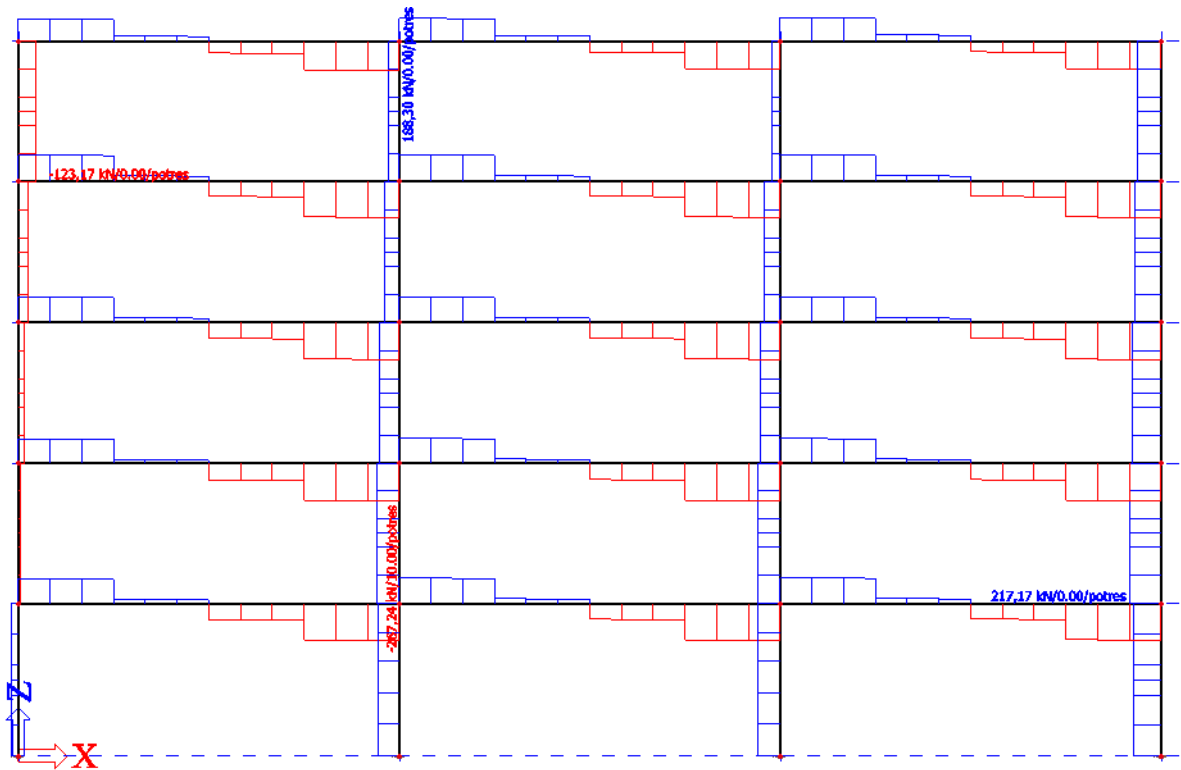


Priloga B.1: Osa sila pri potresni obtežni kombinaciji – momentni okvir

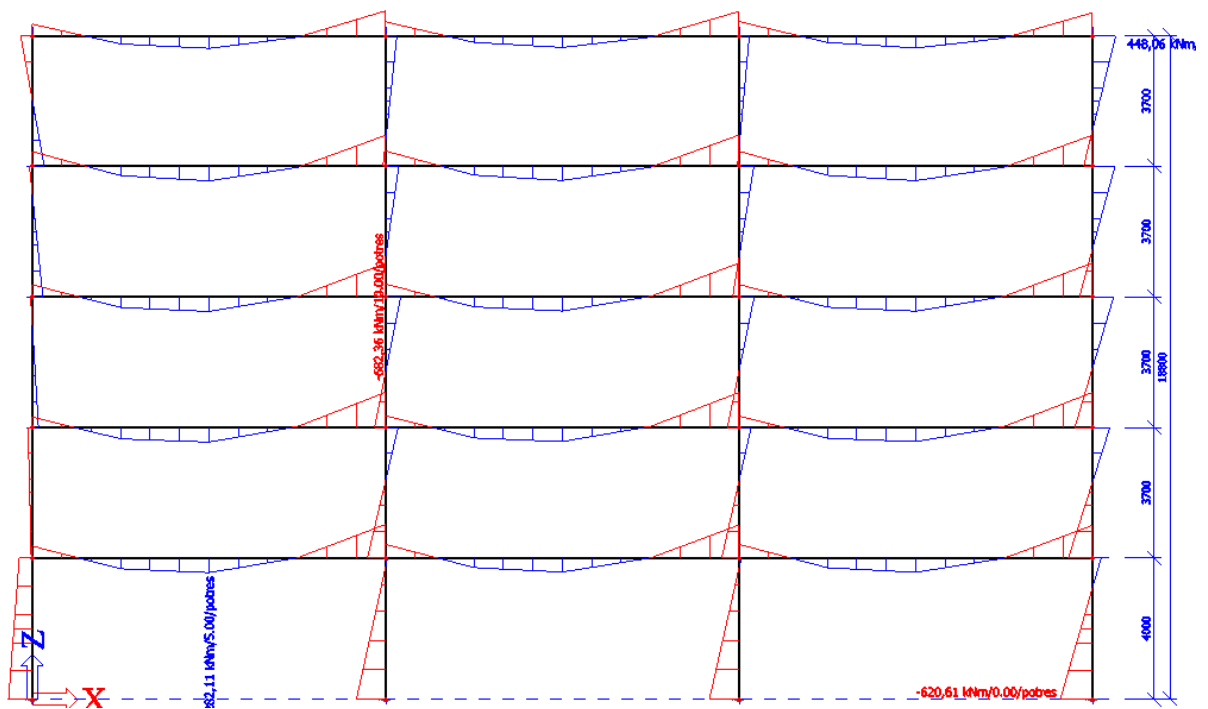




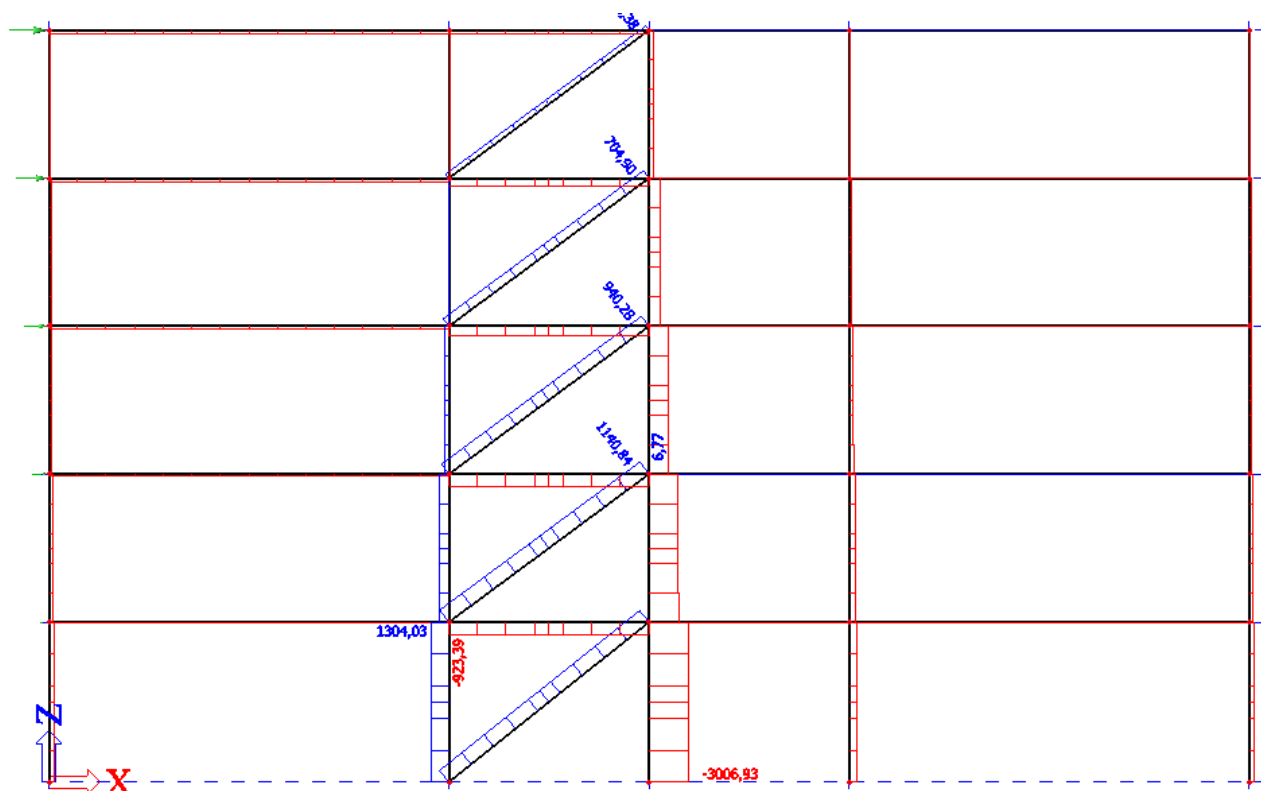
Priloga B.2: Prečna sila pri potresni obtežni kombinaciji – momentni okvir



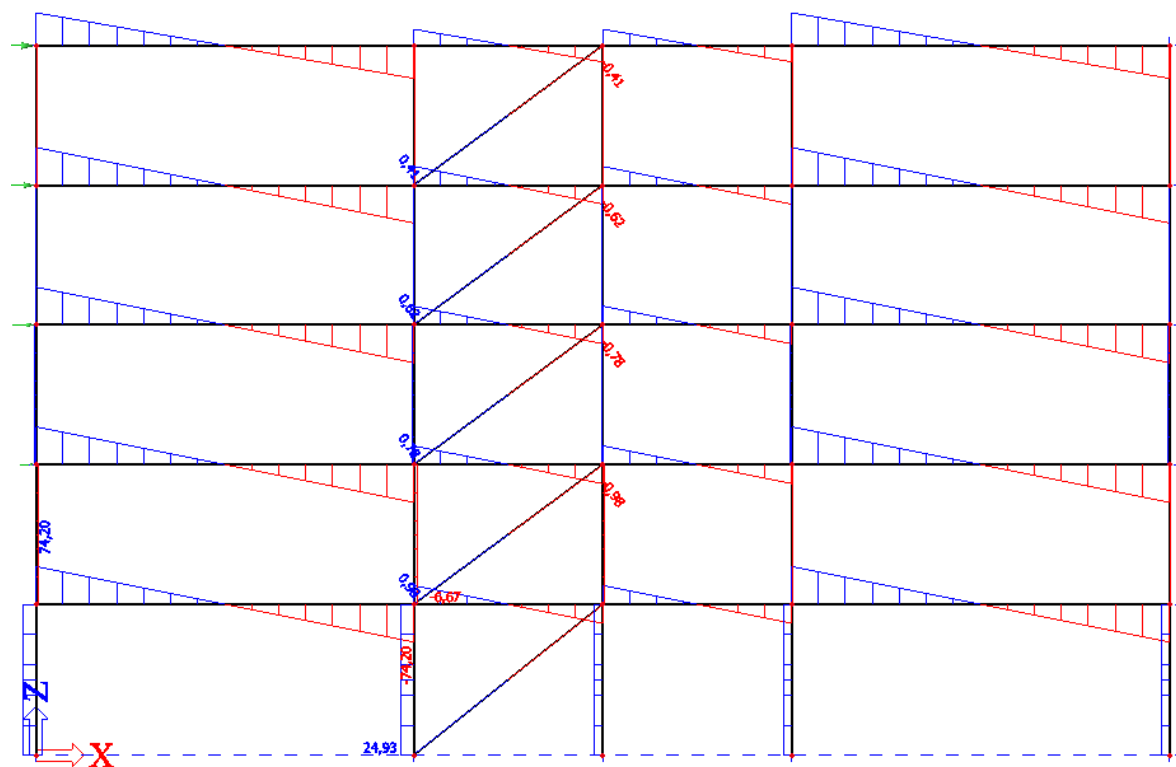
Priloga B.3: Momenti pri potresni obtežni kombinaciji – momentni okvir



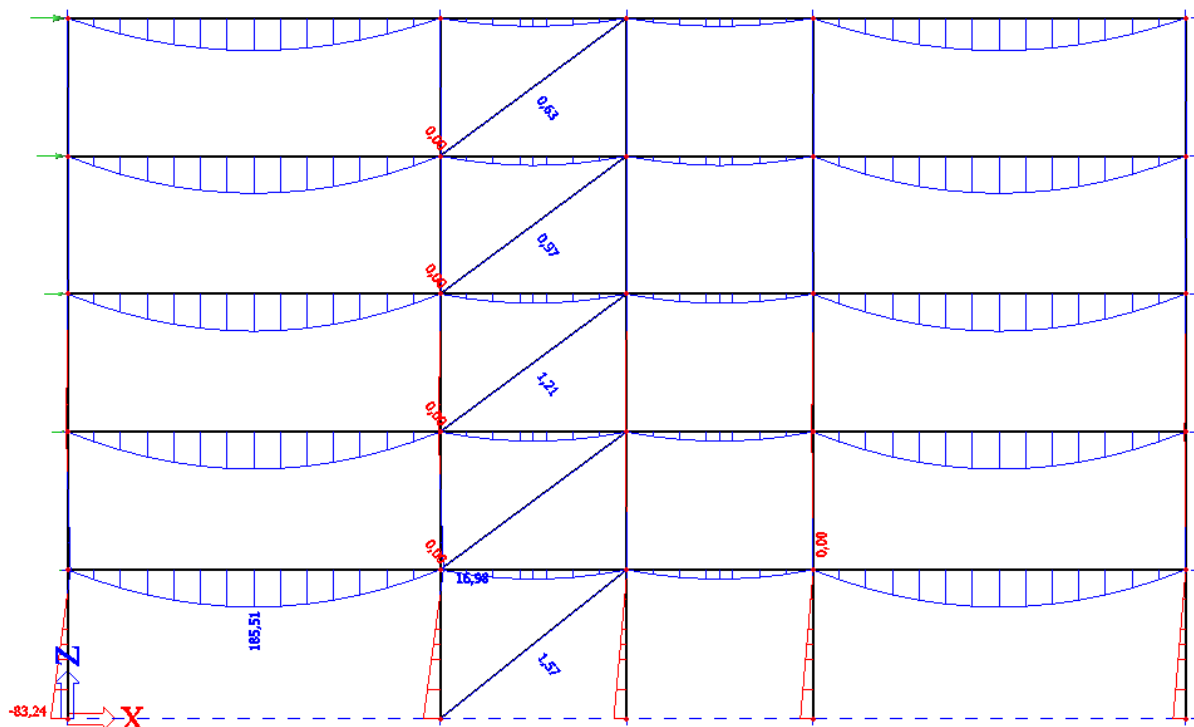
Priloga B.4: Očna sila pri potresni obtežni kombinaciji – okvir s centričnimi povezji

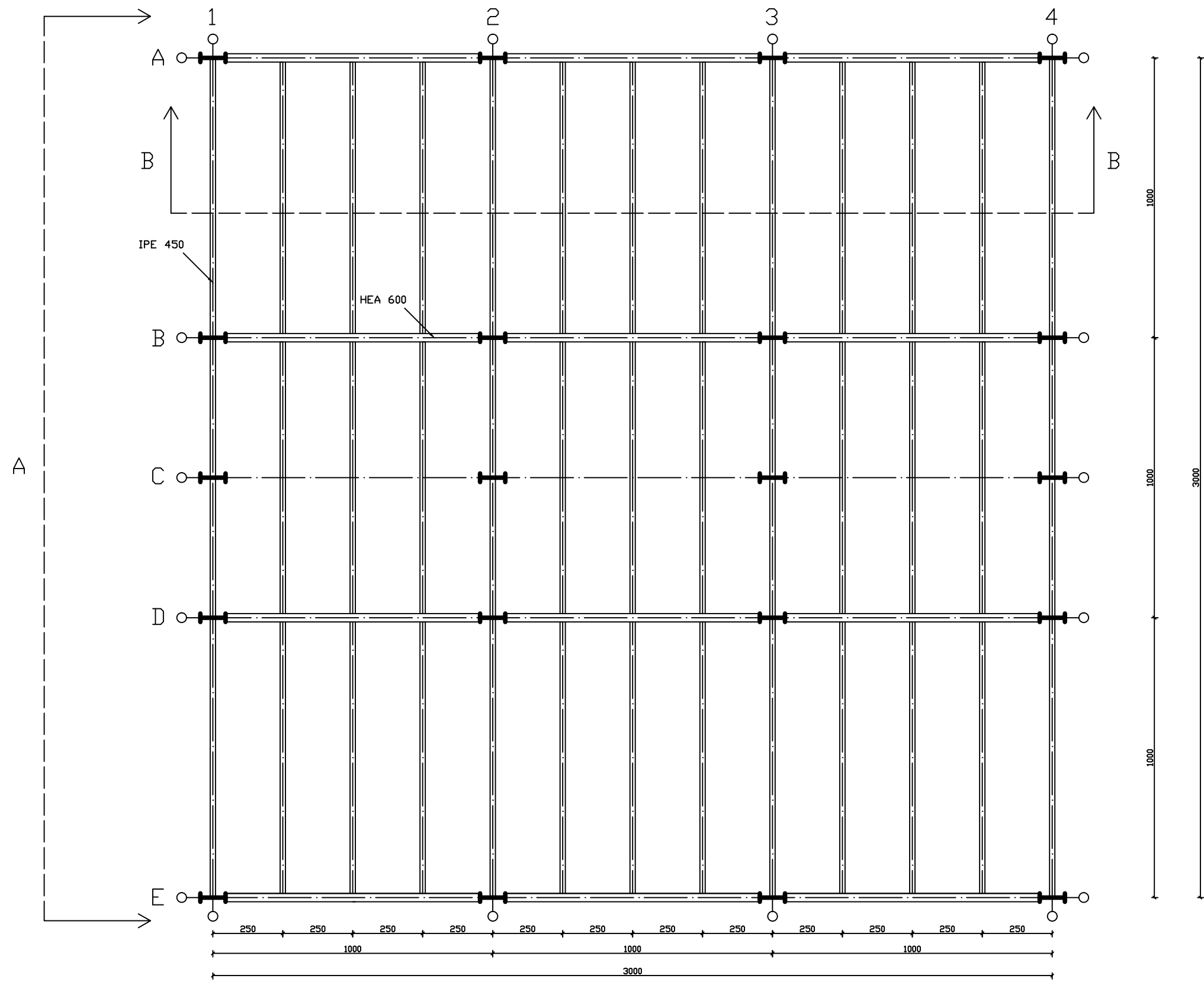


Priloga B.5: Prečna sila pri potresni obtežni kombinaciji – okvir s centričnimi povezji

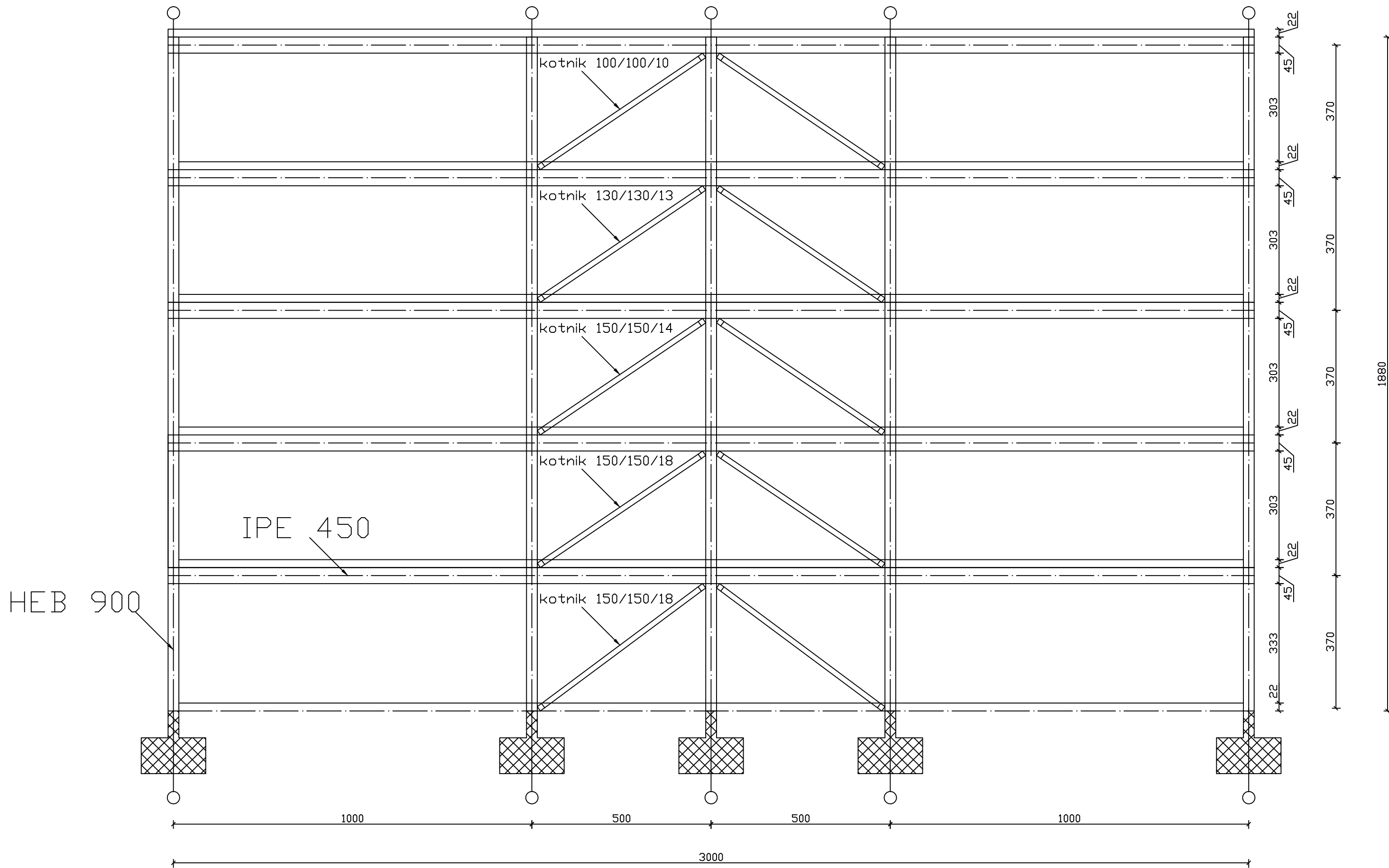


Priloga B.6: Momenti pri potresni obtežni kombinaciji – okvir s centričnimi povezji

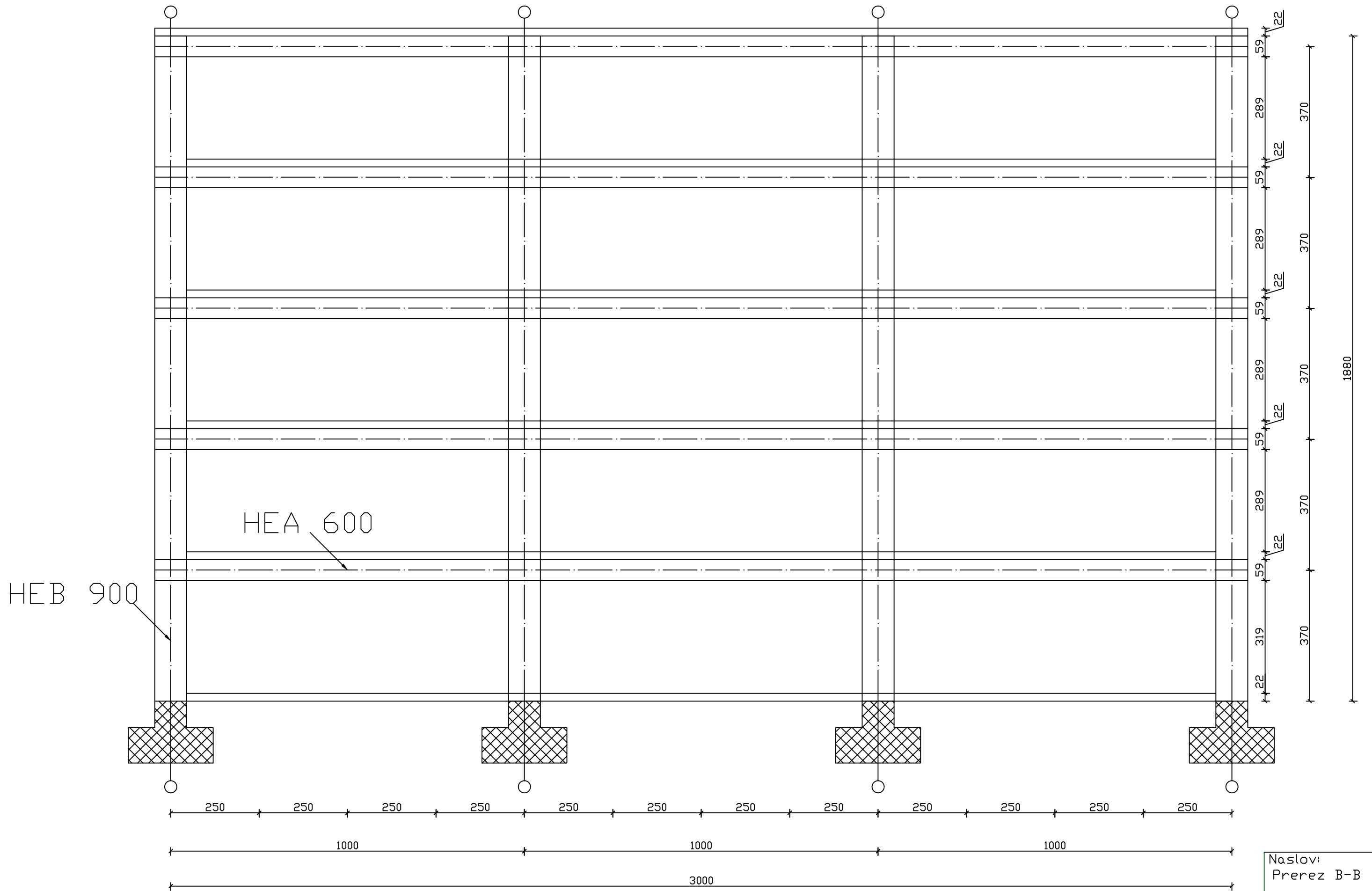




Naslov: Tloris	
Merilo: 1:150	Avtor: Matjaž Podržaj
Datum: 19.9.2015	Faza projekta PGD



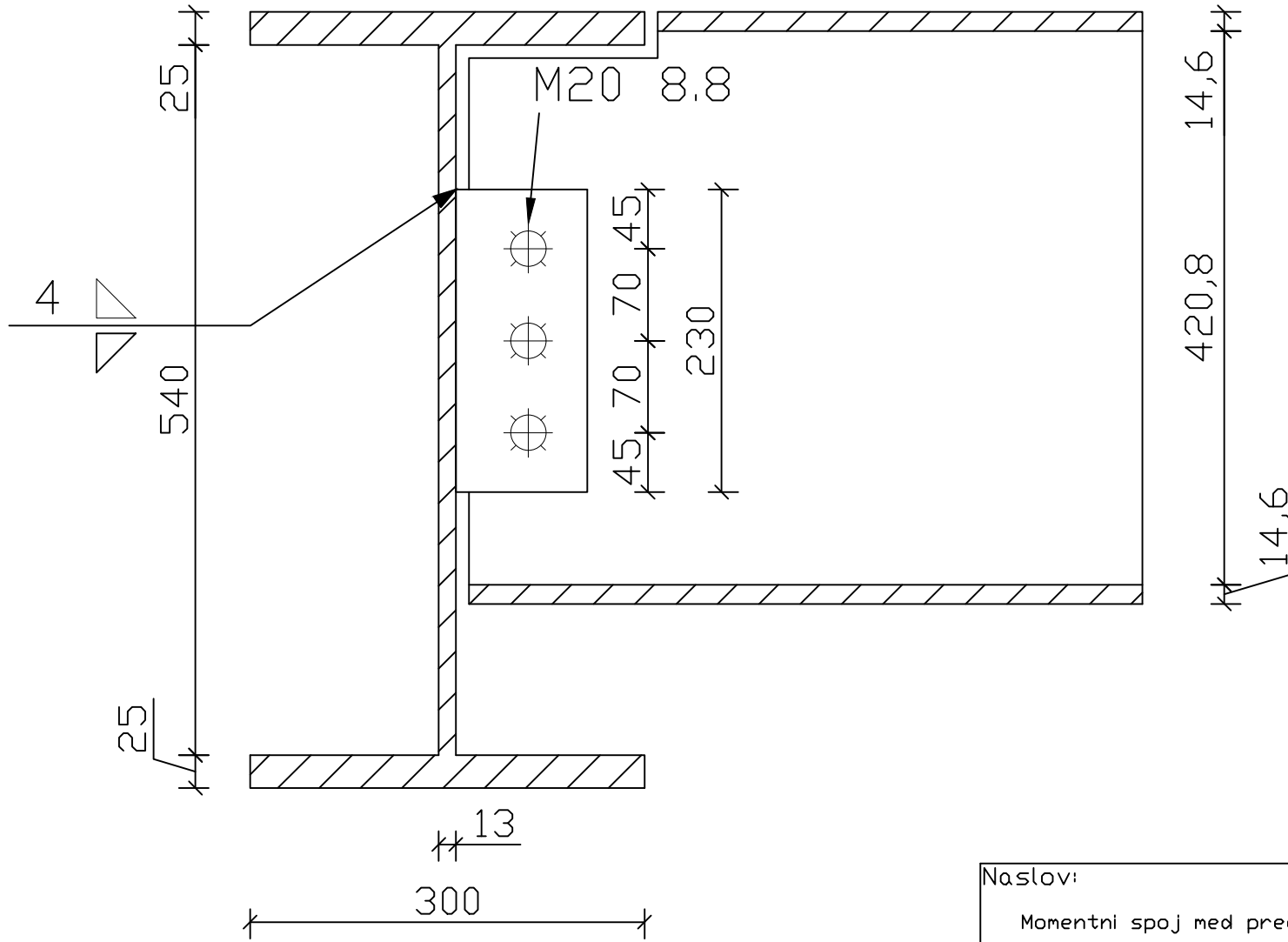
Naslov: Prerez A-A	
Merilo: 1:100	Avtor: Matjaž Podržaj
Datum: 3.9.2015	Faza projekta PGD



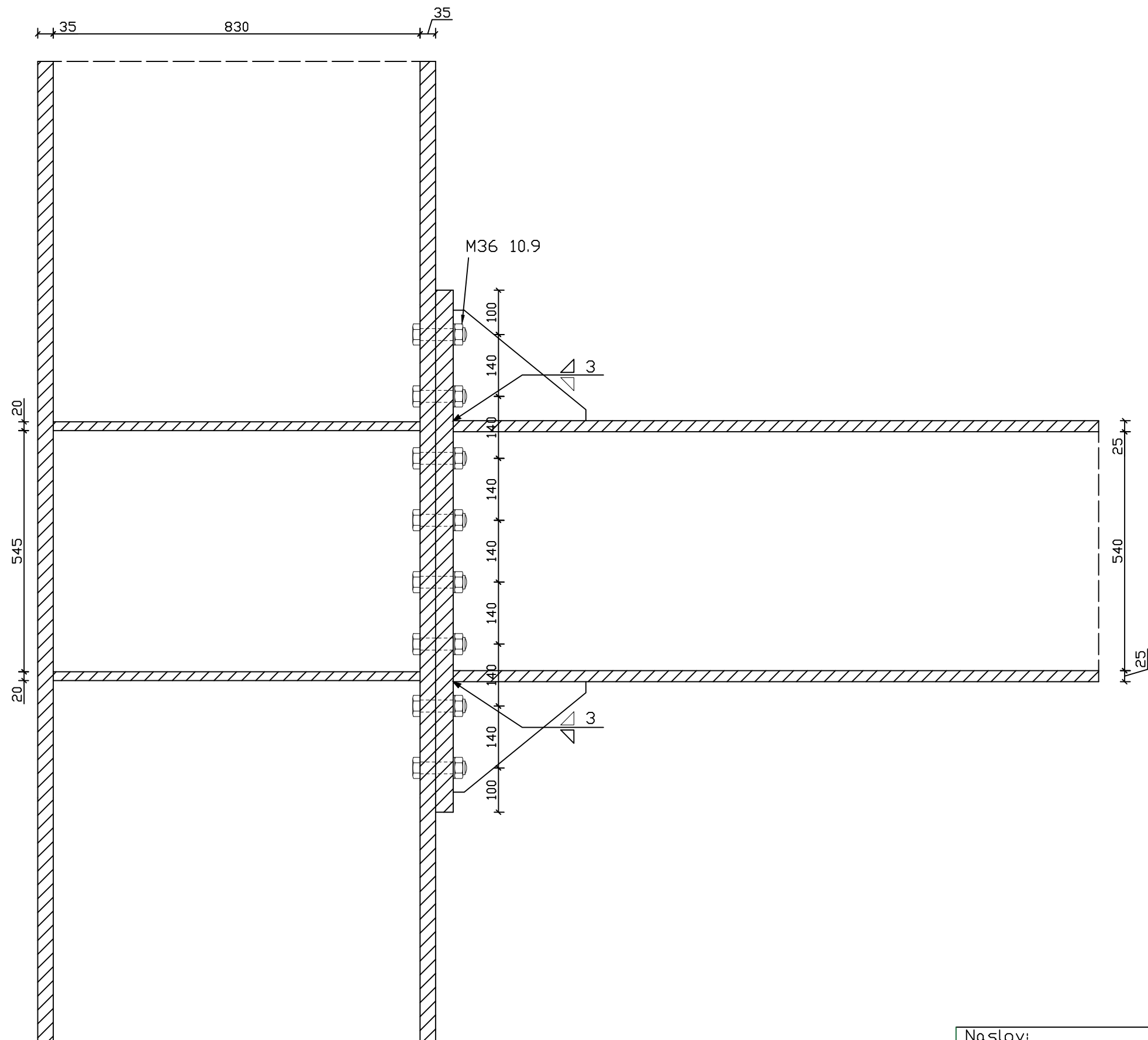
Naslov:  
Prerez B-B

Merilo: 1:100	Avtor: Matjaž Podržaj
Datum: 3.9.2015	Faza projekta PGD

HEA 600



Naslov:	
Momentni spoj med prečko in stebrom	
Merilo: 1:5	Avtor: Matjaž Podržaj
Datum: 3.9.2015	Faza projekta PGD



Naslov: Členkasti spoj med sekundarnim nosilcem in prečko	
Merilo: 1:10	Avtor: Matjaž Podržaj
Datum: 19.9.2015	Faza projekta PGD