

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:

Kuzmič, D., 2014. Projektiranje jeklene industrijske hale. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Korelc, J., somentor Može, P.): 71 str.

Datum arhiviranja: 08-10-2014

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:

Kuzmič, D., 2014. Projektiranje jeklene industrijske hale. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Korelc, J., co-supervisor Može, P.): 71 pp.

Archiving Date: 08-10-2014

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

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 62/OG-MO

Graduation thesis No.: **62/OG-MO**

**Mentor:**

**Predsednik komisije:**

. dr. u #

**Somentor:**

Ljubljana, 18. 09. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Podpisani David Kuzmič izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Projektiranje jeklene industrijske hale«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 5. 9. 2014

David Kuzmič

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 624.014.2:725(043.2)  
**Avtor:** David Kuzmič  
**Mentor:** prof. dr. Jože Korelc  
**Somentor:** viš. pred. dr. Primož Može  
**Naslov:** Projektiranje jeklene industrijske hale  
**Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – visokošolski strokovni študij  
**Obseg in oprema:** 71 str., 100 sl.  
**Ključne besede:** Jeklena konstrukcija, Evrokod 1, Evrokod 3

### **Izveček:**

V diplomski nalogi je obravnavana statična analiza jeklene industrijske hale. Prvi del diplomske naloge obravnava vplive, ki delujejo na konstrukcijo. V drugem delu je narejen statični izračun strešne in fasadne podkonstrukcije ter izračun portalnega okvirja, čelnega okvirja, strešnega povezja in okvirja s povezjem. Za izračun sem uporabil program SCIA ENGINEER 2014 Portalni okvir je sestavljen iz nosilcev sprejemljive višine. V zadnjem delu naloge je narejen izračun tipičnih spojev, ki se pojavijo v konstrukciji. Naloga vsebuje tudi pozicijske načrte in kosovnico.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 624.014.2:725(043.2)  
**Author:** David Kuzmič  
**Supervisor:** prof. dr. Jože Korelc  
**Co-supervisor:** sen. lect. dr. Primož Može  
**Title:** Design of Industrial Steel Building  
**Document type:** Graduation Thesis – Higher professional studies  
**Notes:** 71 p., 100 fig.  
**Key words:** Steel construction, Eurocode 1, Eurocode 3

**Abstract:**

The graduation thesis deals with the static analysis of steel industrial buildings. The first part of the thesis contains determination of loads. The second part of the graduation thesis presents static calculation of roof and fasade substructure, the calculation of the portal frames, a gable frame and roof structure. The calculation were performed in SCIA ENGINEER 2014 software. In the last part of the thesis calculation of typical joints is performed. The thesis also includes the position plans and the bill of materials.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Jožetu Korelcu in somentorju viš. pred. dr. Primož Može za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi ženi, staršem in prijateljem, ki so me vzpodbujali in mi stali ob strani v času študija.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TEHNIČNO POROČILO.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ZASNOVA OBJEKTA.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>VPLIVI NA KONSTRUKCIJO .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>Lastna in stalna obtežba.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Streha.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Fasada.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>Koristna obtežba.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Sneg.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Veter.....</b>	<b>7</b>
<b>4.3</b>	<b>Potresna obtežba.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>STATIČNA ANALIZA .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Sekundarni nosilni elementi .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Strešne lege.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Stranska fasada.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Čelna fasada.....</b>	<b>24</b>
<b>5.2</b>	<b>Primarni nosilni elementi.....</b>	<b>28</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Portalni okvir .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Čelni okvir – okvir s povezjem .....</b>	<b>35</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Strešno povezje .....</b>	<b>42</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Povezje v vzdolžni smeri .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>DIMENZIONIRANJE SPOJEV .....</b>	<b>47</b>
<b>6.1</b>	<b>Natezna vez v portalnem okvirju .....</b>	<b>47</b>
<b>6.2</b>	<b>Momenti spoj nosilca na steber .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3</b>	<b>Momentni spoj med strešnima nosilcema.....</b>	<b>53</b>
<b>6.4</b>	<b>Podpora spodnjega pasa strešnega nosilca.....</b>	<b>55</b>
<b>6.5</b>	<b>Spoj diagonale na steber .....</b>	<b>57</b>
<b>6.6</b>	<b>Členkasti priključek na temelj .....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>DIMENZIONIRANJE TEMELJEV .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>64</b>
	<b>VIRI .....</b>	<b>65</b>



## KAZALO SLIK

Slika 1: Zasnova portalnega okvirja.....	4
Slika 2: Zasnova čelnega okvirja .....	4
Slika 3: Zasnova povezja.....	4
Slika 4: Zasnova strehe in strešnega povezja .....	5
Slika 5: Razdelitev sten na območja - prečna smer.....	8
Slika 6: Razdelitev strehe na območja - prečna smer.....	8
Slika 7: Razdelitev sten na območja - vzdolžna smer .....	9
Slika 8: Razdelitev strehe na območja – vzdolžna smer .....	10
Slika 9: Notranji pritisk.....	11
Slika 10: Notranji srk .....	11
Slika 11: Kombinacija zunanjih in notranjih pritiskov v prerezu – smer x.....	12
Slika 12: Kombinacija zunanjih in notranji pritiskov na strehi – smer x .....	12
Slika 13: Kombinacija zunanjih in notranjih pritiskov v prerezu – smer y.....	13
Slika 14: Kombinacija zunanjih in notranji pritiskov na strehi – smer y .....	13
Slika 15: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov v prerezu - smer x.....	14
Slika 16: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov na strehi - smer x .....	14
Slika 17: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov v prerezu - smer y.....	15
Slika 18: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov na strehi - smer y .....	15
Slika 19: Prikaz razdelitve potresne sile .....	16
Slika 20: Obtežba vetra - prečno delovanje.....	17
Slika 21: Prikaz stalne obtežbe ( $g_k$ ).....	18
Slika 22: Prikaz vetrne obtežbe ( $g_w$ ) .....	18
Slika 23: Prikaz snežne obtežbe ( $g_s$ ) .....	18
Slika 24: Zasnova strešnih leg.....	18
Slika 25: Diagram upogibnih momentov (kNm).....	19
Slika 26: Diagram prečnih sil (kN) .....	19
Slika 27: Diagram izkoriščenosti prereza.....	19
Slika 28: Prikaz strešne zatege .....	20
Slika 29: Prikaz vetrne obtežbe - pritisk vetra .....	20
Slika 30: Prikaz vetrne obtežbe - srk vetra.....	21
Slika 31: Zasnova stranske fasade.....	21
Slika 32: Računski model.....	21
Slika 33: Diagram upogibnih momentov $M_y$ (kNm).....	22
Slika 34: Diagram upogibnih momentov $M_z$ (kNm).....	22
Slika 35: Diagram prečnih sil $V_y$ (kN) .....	22
Slika 36: Diagram prečnih sil $V_z$ (kN) .....	23
Slika 37: Izkoriščenost prereza .....	23
Slika 38: Prikaz vetrne obtežbe - pritisk vetra .....	24
Slika 39: Prikaz vetrne obtežbe - srk vetra.....	24
Slika 40: Zasnova čelne fasade .....	25
Slika 41: Računski model.....	25
Slika 42: Diagram upogibnih momentov $M_y$ (kNm).....	26
Slika 43: Diagram upogibnih momentov $M_z$ (kNm).....	26
Slika 44: Diagram prečnih sil $V_y$ (kN) .....	26
Slika 45: Diagram prečnih sil $V_z$ (kN) .....	27

Slika 46: Izkoriščenost prereza.....	27
Slika 47: Prikaz stalne obtežbe ( $g_k$ ).....	28
Slika 48: Prikaz snežne obtežbe ( $g_s$ ).....	28
Slika 49: Prikaz vetrne obtežbe ( $g_w$ ).....	29
Slika 50: Prikaz potresne obtežbe ( $A$ ).....	29
Slika 51: Računski model.....	29
Slika 52: Diagram upogibnih momentov (kNm) – ovojnica MSN.....	30
Slika 53: Diagram prečnih sil (kN) – ovojnica MSN.....	31
Slika 54: Diagram osnih sil (kN) – ovojnica MSN.....	32
Slika 55: Izkoriščenost prereza – ovojnica MSN.....	33
Slika 56: Pomiki vozlišč ( $u_x$ ) - ovojnica MSU.....	34
Slika 57: Pomiki vozlišč ( $u_z$ ) - ovojnica MSU.....	34
Slika 58: Reakcije ( $R_x$ in $R_z$ ) – ovojnica MSN.....	34
Slika 59: Prikaz stalne obtežbe ( $g_k$ ).....	35
Slika 60: Prikaz snežne obtežbe ( $g_s$ ).....	35
Slika 61: Prikaz vetrne obtežbe ( $g_w$ ).....	36
Slika 62: Prikaz potresne obtežbe ( $A$ ).....	36
Slika 63: Računski model.....	36
Slika 64: Diagram upogibnih momentov (kNm) – ovojnica MSN.....	37
Slika 65: Diagram prečnih sil (kN) – ovojnica MSN.....	38
Slika 66: Diagram osnih sil (kN) – ovojnica MSN.....	39
Slika 67: Izkoriščenost prereza – ovojnica MSN.....	40
Slika 68: Pomiki vozlišč ( $u_x$ ) - ovojnica MSU.....	41
Slika 69: Pomiki vozlišč ( $u_z$ ) - ovojnica MSU.....	41
Slika 70: Reakcije ( $R_x$ ) – ovojnica MSN.....	41
Slika 71: Reakcije ( $R_z$ ) – ovojnica MSN.....	42
Slika 72: Zasnova strešnega povezja.....	43
Slika 73: Prikaz vetrne obtežbe in izbočnih sil na strešnem povezju.....	43
Slika 74: Prikaz osnih sil v diagonalah – MSN.....	44
Slika 75: Pomiki strešnega povezja – MSN.....	44
Slika 76: Zasnova vzdolžnega povezja.....	44
Slika 77: Prikaz točkovne obtežbe za potresno obtežbo in za reakcijo strešnega povezja.....	45
Slika 78: Prikaz osnih sil v povezju.....	45
Slika 79: Reakcije v povezju.....	46
Slika 80: Kompaktnost.....	46
Slika 81: Zasnova spoja.....	47
Slika 82: Neto prerez.....	47
Slika 83: Zasnova spoja.....	49
Slika 84: Zasnova spoja – prerez 1-1.....	50
Slika 85: Zasnova spoja – prerez 2-2.....	50
Slika 86: Prikaz ročic za določitev sil.....	51
Slika 87: Zasnova spoja.....	53
Slika 88: Zasnova spoja – prerez.....	53
Slika 89: Prikaz ročic za določitev sil.....	54
Slika 90: Zasnova podpore.....	55
Slika 91: Prikaz točkovne obremenitve - izbočna sila.....	55
Slika 92: Prikaz osnih sil.....	56
Slika 93: Zasnova spoja.....	57

Slika 94: Vezna pločevina.....	57
Slika 95: Razporeditev vijakov .....	58
Slika 96: Prikaz učinkovite sodelujoče širine .....	59
Slika 97: Zasnova priključka - prerez .....	60
Slika 98: Zasnova priključka.....	60
Slika 99: Prikaz učinkovite širine in dolžine .....	62
Slika 100: Zasnova temeljev .....	63



## 1 UVOD

- Namen naloge

Namen diplomske naloge je izdelava in obdelava v smislu projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. Naloga vsebuje izračune primarne in sekundarne nosilne konstrukcije ter izračune tipičnih spojev ter pozicijske načrte. Pri dimenzioniranju konstrukcije sem upošteval Evrokod standarde in pravila za projektiranje. Pri dimenzioniranju konstrukcije sem uporabljal program SCIA ENGINEER, za izdelavo načrtov pa TEKLA STRUCTURES.

- Projektna naloga

Industrijska hala se nahaja v Logatcu in bo namenjena proizvodnji in skladiščenju. Objekt je pravokotne oblike, dimenzij 25 m x 50 m. Streha je dvokapna z naklonom 5°, višina do slemena je 7m. V prečni smeri se obtežba prenaša preko portalnih okvirjev. V vzdolžni smeri se horizontalna obtežba prenaša preko povezij. Na krajši stranici fasade je predviden vhod v objekt dolžine 7 m in višine 4 m. Mejna nosilnost temeljnih tal je 150 kN/m<sup>2</sup>.

- Cilj naloge

Cilj naloge je dimenzionirati čim bolj optimalno jekleno konstrukcijo in izdelati načrte gradbenih konstrukcij ter pozicijske načrte.

- Prednost jeklenih konstrukcij

Uporaba jeklenih konstrukcij se v Sloveniji v zadnjih letih povečuje. Jeklene konstrukcije se največ uporabljajo pri industrijskih objektih (proizvodne hale, skladišča), nakupovalna središča, poslovne stavbe, ekološki objekti, zabavišni objekti, mostovih, ...

Glavne prednosti so:

- estetske (velika svoboda pri oblikovanju, lahkotnost in vitkost konstrukcije, veliki razponi,...)
- ekonomske (hitra in enostavna gradnja, hitra montaža, možnost dograjevanja, enostavno vzdrževanje, dolga življenjska doba, možnost ponovne uporabe,...)
- tehnične (trdnost, enostavno kombiniranje z drugimi materiali,...)
- okoljske (možnost reciklaže, brez dodatnega obremenjevanja okolja v svoji življenjski dobi in po njej,...)
- varnost (protipotresna gradnja, majhna teža, kontrola izdelave in montaže,...)

## 2 TEHNIČNO POROČILO

- Splošno o objektu

Diplomska naloga obravnava projektiranje industrijske hale v obsegu projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. Industrijska hala se nahaja v Logatcu, katera bo namenjena skladiščenju in proizvodnji. Florisne dimenzije obravnavanega objekta so 25 x 50 m in višine 7 m. Streha je dvokapnica z naklonom 5°. Na obeh krajših straneh objekta sta predvidena vhoda širine 7 m in višine 4 m.

- Zasnova konstrukcije

Primarna nosilna konstrukcija, ki poteka v prečni smeri konstrukcije, je sestavljena iz devetih portalnih okvirjev in dveh okvirjev s povezji. Okvirji so na medsebojni razdalji 5 m. Portalni okvir je sestavljen iz stebrov HEA 450, ki so spremenljive višine po celotni dolžini in strešnih nosilcev IPE 600, ki imajo spremenljivo višino na dolžini 2,5 m. Čelni okvir je sestavljen iz šestih stebrov HEA 120 in dveh strešnih nosilcev IPE 180. Povezje v čelnem okvirju je sestavljeno iz štirih diagonal in povezovalnega nosilca. V vzdolžni smeri konstrukcije so nosilci med seboj povezani z dvema centričnima povezjema. Strešno povezje je sestavljeno iz desetih povezij, ki so pritrjena na strešne lege.

- Konstrukcijski elementi

### Stebri

Stebri v portalnem okvirju so spremenljive višine po celotni dolžini. Osnovni prerez stebra je HEA 450. Višina stebra na dnu stebra je enaka HEA 450, na vrhu je pa 79 cm. Stebri v čelnem okvirju imajo konstantno višino po celotni dolžini. Stebri so kvalitete jekla S235.

### Strešni nosilci

Strešni nosilci v portalnem okvirju so spremenljive višine na dolžini 2,5 m. Osnovni prerez strešnega nosilca je IPE 600. Višina nosilca pri spoju z stebrom je 80 cm. Nosilci v čelnem okvirju imajo konstantno višino po celotni dolžini. Strešne nosilce bočno podpiramo zaradi delovanja vetra in snega. Zgornji pas podpiramo s sistemom strešnih leg in strešnega povezja, spodnji pas pa s pomočjo rok. Strešni nosilci so kvalitete jekla S235.

### Fasada

Fasadna konstrukcija je v prečni smeri sestavljena iz fasadni panelov U 100, na medsebojni razdalji 1,96 m in potekajo horizontalno po celotni širini objekta. V vzdolžni smeri je sestavljena iz fasadni panelov U 100, na medsebojni razdalji 1,96 m in potekajo horizontalno po celotni širini objekta. Fasada je sestavljena iz fasadnih panelov Trimoterm FTV HL 100, ki potekajo vertikalno. Lastna teža nosilcev se prenaša direktno v temelje.

### Streha

Strešna konstrukcija je sestavljena iz strešnih leg IPE 200, medsebojna razdalja v krajnih poljih je 1,25 m, v osrednjih poljih pa 2,5 m in poteka po celotni širini objekta. Strešne lege so bočno podprte z strešnimi zategami  $\phi 12$  mm, v krajnem polju so strešne lege podprte na razdalji 2,5 m, v osrednjih polji pa na razdalji 1,65 m. Strešna kritina je sestavljena iz strešnih panelov Trimoterm SNV-3L.

### Spoji

Stebri v portalnem in čelnem okvirju so členkasto priključeni na temelj. Strešni nosilci v portalnem okvirju so momentno priključeni med seboj in na stebre. V čelnem okvirju so strešni nosilci členkasto priključeni na stebre. Vse vezne pločevine, druge dodatne pločevine, zatege, ojačitve, so izvedene iz kvalitete jekla S235. Vijaki v spojih so kvalitete 8.8 ali 10.9.

- **Obtežbe**

Objekt se nahaja v Logatcu, na nadmorski višini 476,5 m, snežna cona A3 in vetrni coni 1. Tip tal za potresno obtežbo je B. Vertikalna obtežba (sneg, veter) in horizontalna obtežba (veter) se preko sekundarnih nosilne konstrukcije prenaša na primarno nosilno konstrukcijo. Sneg in veter se preko panelov prenašata na sekundarno nosilno konstrukcijo.

- **Statična analiza**

Statična analiza je bila izvedena s računalniškim programom SCIA Engineer. Posamezni konstrukcijski elementi so bili izračunani z 2D oziroma 3D modeli, z upoštevanjem geometrijsko nepopolnosti.

- **Izdelava in montaža**

Izdelava in montaža mora biti izvedena v skladu s standardom SIST EN 1090. S pravilnim vrstnim redom in pravilno montažo je potrebno zagotoviti stabilnost konstrukcije v času montaže. Sprememba nosilne konstrukcije je dovoljena le v soglasju z odgovornim projektantom. Med gradnjo mora biti zagotovljen strokovni nadzor. Montaža in priprava strešnih in fasadnih panelov mora biti izvedena v skladu z priporočili proizvajalca.

- **Protikorozijska zaščita**

Konstrukcijo je potrebno zaščititi pred škodljivimi vplivi, ki lahko ogrozijo stabilnost konstrukcije. Trajnost dosežemo z ustrezno protikorozijsko zaščito, ki naj bo sestavljena vsaj iz temeljnega premaza in dodatnih prekrivnih slojev.

- **Uporabljeni standardi**

#### **SIST EN 1990: Osnove projektiranja**

#### **SIST EN 1991: Vplivi na konstrukcije**

SIST EN 1991-1-1: Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb

SIST EN 1991-1-3: Obtežba snega

SIST EN 1991-1-4: Obtežba vetra

#### **SIST EN 1992: Projektiranje betonskih stavb**

SIST EN 1992-1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe

#### **SIST EN 1993: Projektiranje jeklenih konstrukcij**

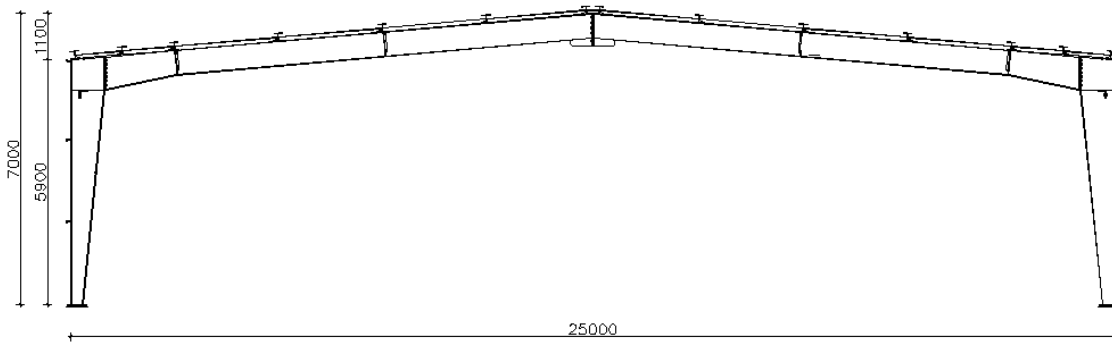
SIST EN 1993-1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe

SIST EN 1993-1-8: Projektiranje spojev

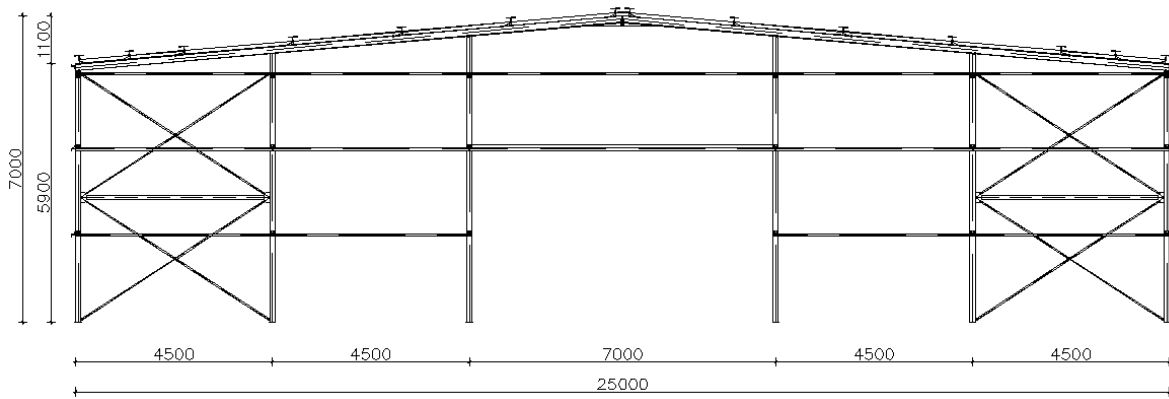
#### **SIST EN 1998: Projektiranje potresnoodpornih stavb**

SIST EN 1998-1: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe

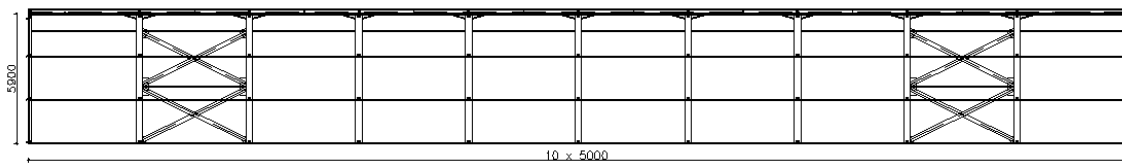
### 3 ZASNOVA OBJEKTA



Slika 1: Zasnova portalnega okvirja

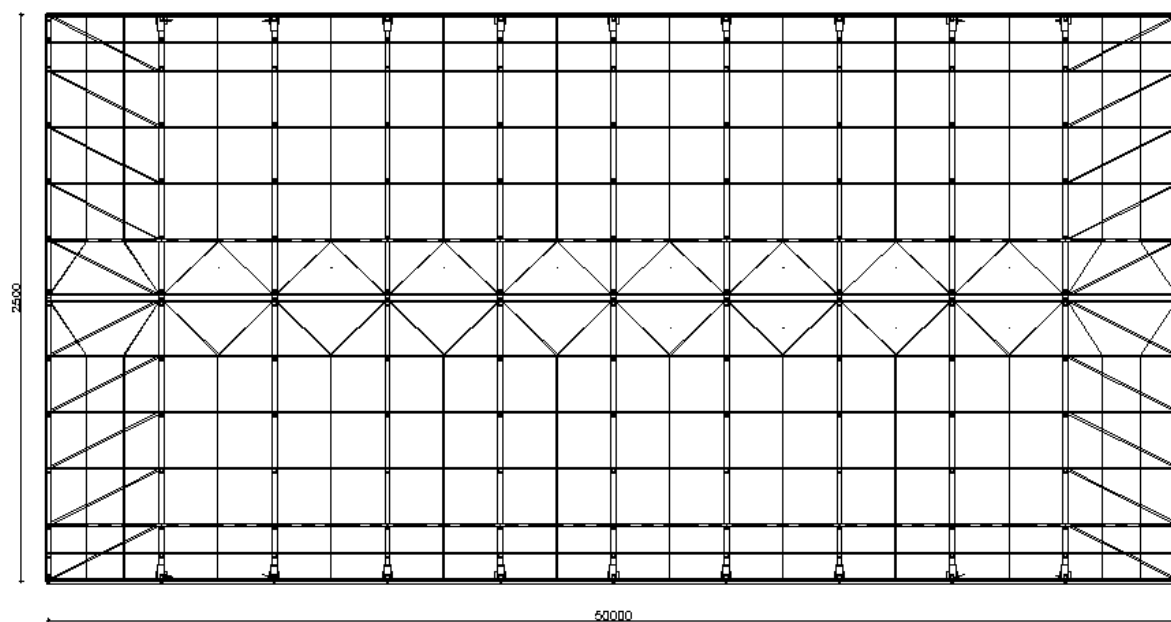


Slika 2: Zasnova čelnega okvirja



Slika 3: Zasnova povezja





**Slika 4: Zasnova strehe in strešnega povezja**

## 4 VPLIVI NA KONSTRUKCIJO

### 4.1 Lastna in stalna obtežba

Lastno in stalno obtežbo konstrukcije sestavljajo konstrukcijski in nekonstrukcijski deli, ki bodo delovali na konstrukcijo cel čas življenjske dobe.

#### 4.1.1 Streha

Strešno konstrukcijo predstavlja strešni panel Trimoterm SNV-3L debeline 10cm, ki je pritrjena na strešne lege IPE 160 v razponu: 1,25 – 2,5 m.

- Trimoterm SNV-3L.....0,21 kN/m<sup>2</sup>
- strešne lege IPE 160 in zatege.....0,25 kN/m<sup>2</sup>
- SKUPAJ: 0,46 kN/m<sup>2</sup>

#### 4.1.2 Fasada

Fasadno konstrukcijo predstavlja fasadni panel Trimoterm FTV HL 100, ki je vertikalno pritrjen na fasadne nosilce v razponu: 1,96 m. Teža fasadnih panel se prenese neposredno na temelj.

## 4.2 Koristna obtežba

### 4.2.1 Sneg

Obtežba snega je določena v skladu z SIST EN 1991-1-3

Objekt se nahaja v Logatcu – cona A3, na nadmorski višini  $h = 476,5$  m.

Karakteristična vrednost snega na tleh

$$s_k = 1,935 \cdot [1 + (A/728)^2] = 1,935 \cdot [1 + (476,5/728)^2] = 2,76 \text{ kN/m}^2$$

$$A = 476,5 \text{ m}$$

Obtežba snega na strehi

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,76 \text{ kN/m}^2 = 2,21 \text{ kN/m}^2$$

$\mu$  – oblikovni koeficient

$$\mu_1 = 0,8 \text{ (naklon } 5^\circ, \text{ enakomerna razporeditev snega)}$$

$C_e$  – koeficient izpostavljenosti

$$C_e = 1,0 \text{ (običajen teren)}$$

$C_t$  – toplotni koeficient

$$C_t = 1,0 \text{ (taljenje snega zaradi velikih toplotnih izgub se ne pričakuje)}$$

## 4.2.2 Veter

Obtežba vetra je določena v skladu z SIST EN 1991-1-4

Objekt se nahaja v coni 1 (pod 800 m).

$v_{b,0} = 20$  m/s (osnovna hitrost vetra)

$\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup> (gostota zraka)

$z_0 = 0,3$  m (kategorija terena III)

$z = 7$  m

$z_{\min} = 5$  m

### Osnovna hitrost vetra:

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

$c_{dir}$  – faktor smeri vetra

$c_{dir} = 1,0$  (priporočena vrednost)

$c_{season}$  – faktor smeri vetra

$c_{season} = 1,0$  (priporočena vrednost)

### Osnovni tlak vetra

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 20 \text{ m/s} = 250 \text{ N/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

### Faktor izpostavljenosti

$c_e(z)$  – faktor izpostavljenosti

$c_e(5 \text{ m}) = 1,28$ ;  $c_e(10 \text{ m}) = 1,71$

$c_e(7 \text{ m}) = 1,54$  ← interpolirana vrednost

### Osnovni tlak vetra

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

$$q_p(7 \text{ m}) = 1,54 \cdot 0,25 \text{ kN/m}^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

### Določanje koeficientov tlaka na zunanje površine

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

$w_e$  – tlak vetra na zunanje ploskve

$c_{pi}$  – koeficient zunanjega tlaka, ki je podan v tabelah

- Smer x – prečno delovanje vetra

$$h = 7 \text{ m}$$

$$b = 50 \text{ m}$$

$$d = 25 \text{ m}$$

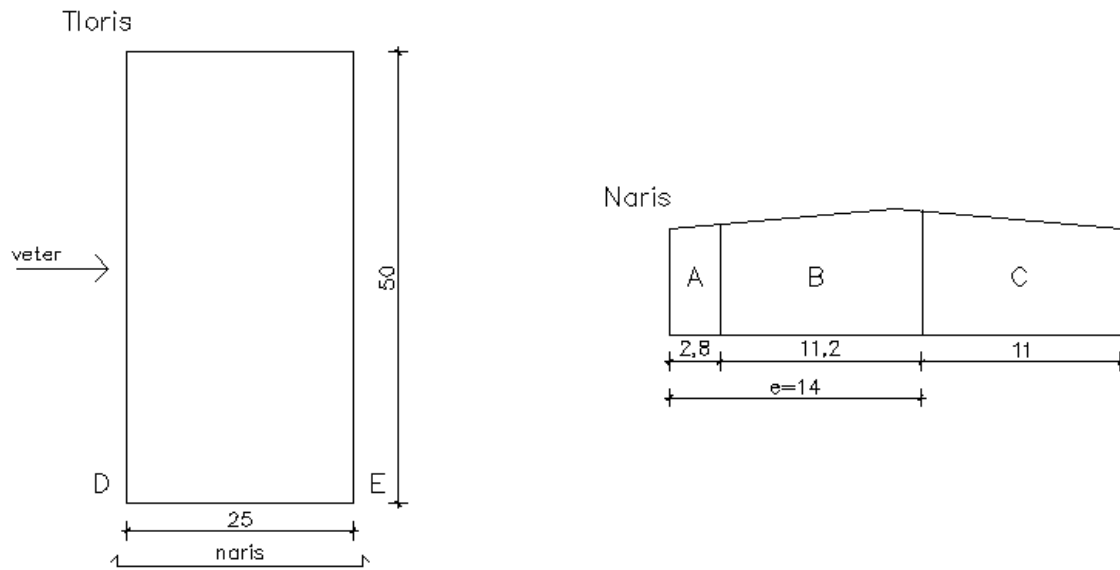
$h = 7 \text{ m} < b = 50 \text{ m}$  (enakomerna razporeditev tlaka vetra)

$$e = \min(b \text{ ali } 2h) = \min(50 \text{ m}; 14 \text{ m}) = 14 \text{ m}$$

$$e = 14 \text{ m} < d = 25 \text{ m}$$

$$h/d = 7/25 = 0,28$$

## STENE:

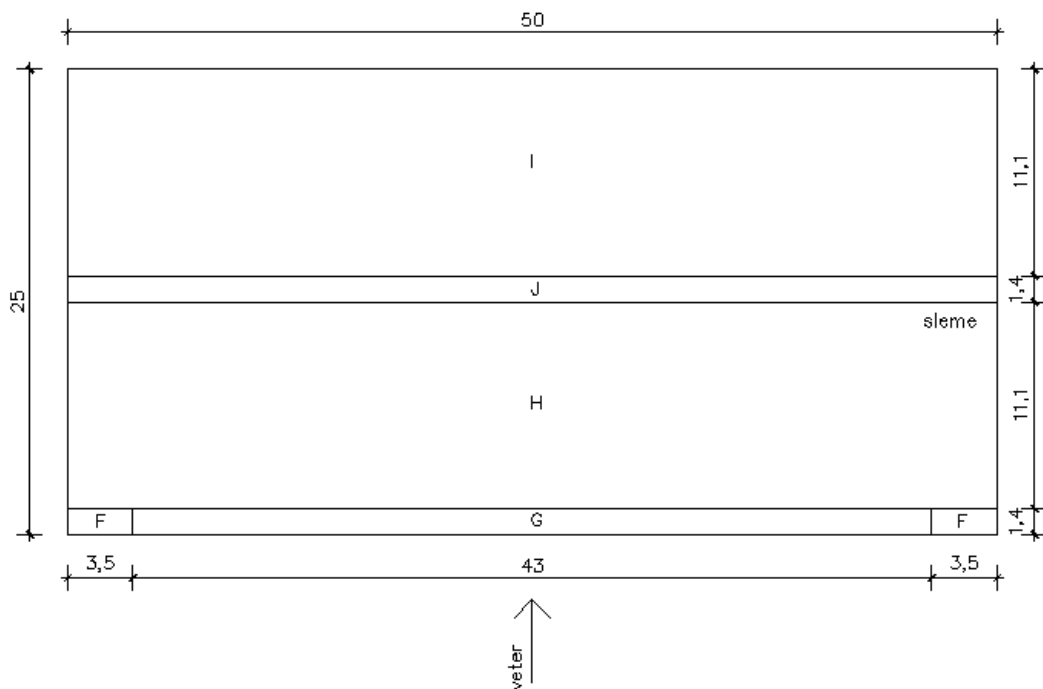


Slika 5: Razdelitev sten na območja - prečna smer

## Površine:

A: 16,87 m<sup>2</sup>B: 74,16 m<sup>2</sup>C: 70,22 m<sup>2</sup>D: 295 m<sup>2</sup>E: 295 m<sup>2</sup>

## STREHA:



Slika 6: Razdelitev strehe na območja - prečna smer

Površine:

F: 4,9 m<sup>2</sup>

G: 60,2 m<sup>2</sup>

H: 555 m<sup>2</sup> (privetrna stran)

I: 555 m<sup>2</sup> (zavetrna stran)

J: 70 m<sup>2</sup>

Koeficienti:

Pri območju F  $c_{pe}$  izračunam, ostala območja so večja od 10 m<sup>2</sup>, zato uporabim  $c_{pe} = c_{pe,10}$

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

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

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

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

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

F:  $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A = -2,5 - (-2,5 - (-1,7)) \cdot \log_{10} 4,9 = -1,95$

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

H:  $c_{pe,10} = -0,6$

I:  $c_{pe,10} = -0,6$

J:  $c_{pe,10} = -0,6$

- Smer y – vzdolžno delovanje vetra

h = 5,9 m

b = 25 m

d = 50 m

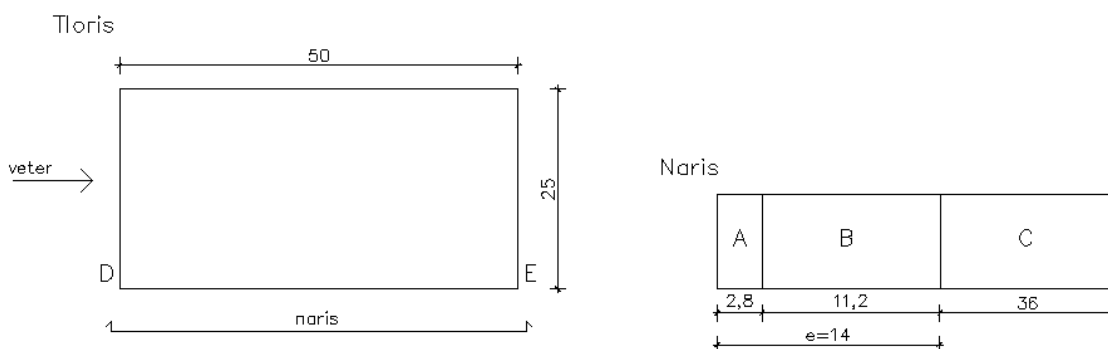
h = 5,9 m < b = 25 m (enakomerna razporeditev tlaka vetra)

e = min (b ali 2h) = min (25 m; 11,8 m) = 11,8 m

e = 11,8 m < d = 50 m

h/d = 5,8/50 = 0,12

STENE:



Slika 7: Razdelitev sten na območja - vzdolžna smer

Površine:

A: 16,52 m<sup>2</sup>

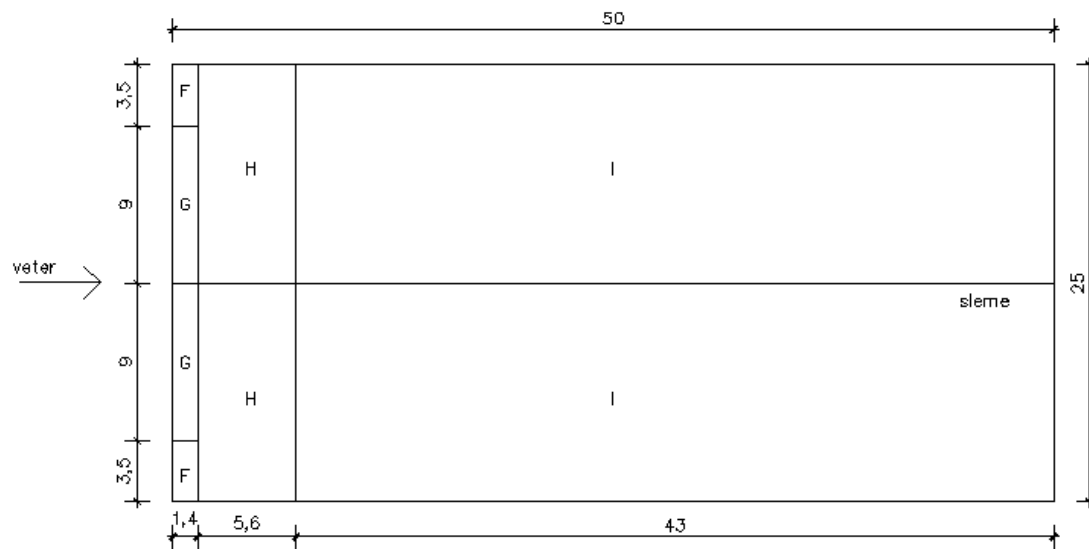
B: 66,1 m<sup>2</sup>

C: 212,4 m<sup>2</sup>

D: 161,25 m<sup>2</sup>

E: 161,25 m<sup>2</sup>

## STREHA:



Slika 8:Razdelitev strehe na območja – vzdolžna smer

Površine:

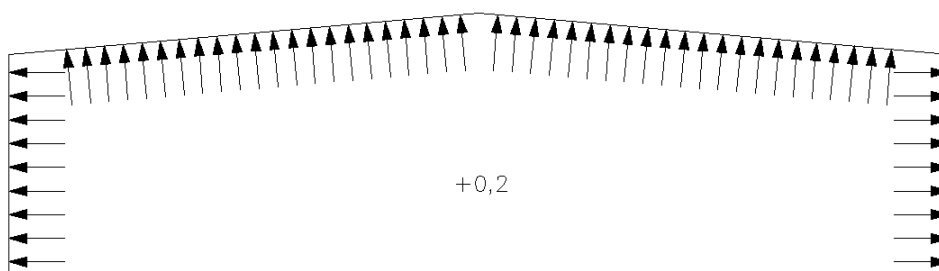
F: 4,9 m<sup>2</sup>G: 12,6 m<sup>2</sup>H: 70 m<sup>2</sup>I: 537,5 m<sup>2</sup>

Koefficienti:

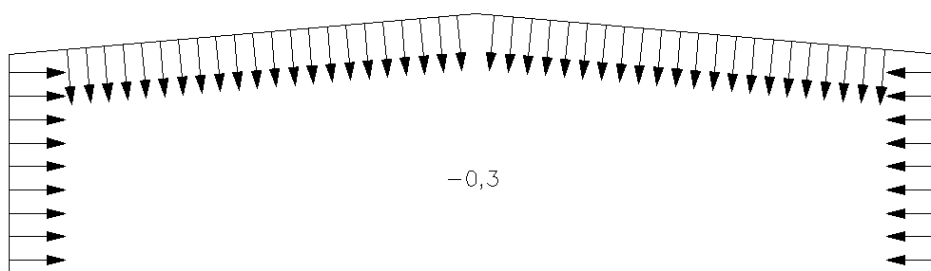
Pri območju F  $c_{pe}$  izračunam, ostala območja so večja od 10 m<sup>2</sup>, zato uporabim  $c_{pe} = c_{pe,10}$ A:  $c_{pe,10} = -1,2$ B:  $c_{pe,10} = -0,8$ C:  $c_{pe,10} = -0,5$ D:  $c_{pe,10} = 0,7$ E:  $c_{pe,10} = -0,3$ F:  $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A = -2,2 - (-2,2 - (-1,6)) \cdot \log_{10} 4,9 = -1,79$ G:  $c_{pe,10} = -1,3$ H:  $c_{pe,10} = -0,7$ I:  $c_{pe,10} = -0,6$ Določanje koeficientov tlaka na notranje površine

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

 $w_i$  – tlak vetra na notranje ploskve $c_{pi}$  – koeficient notranjega tlaka $c_{pi} = +0,2/-0,3$  (priporočeni vrednosti)



Slika 9: Notranji pritisk



Slika 10: Notranji srk

#### Določitev obremenitve vetra

- notranji pritisk oziroma srk

pritisk:  $w_i = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,2 = 0,078 \text{ kN/m}^2$

srk:  $w_i = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot (-0,3) = -0,117 \text{ kN/m}^2$

- zunanji pritisk

Smer x - prečno:

A:  $w_{e,A} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -1,2 = -0,47 \text{ kN/m}^2$

B:  $w_{e,B} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,8 = -0,31 \text{ kN/m}^2$

C:  $w_{e,C} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,5 = -0,2 \text{ kN/m}^2$

D:  $w_{e,D} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 = 0,31 \text{ kN/m}^2$

E:  $w_{e,E} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,5 = -0,18 \text{ kN/m}^2$

F:  $w_{e,F} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -1,95 = -0,76 \text{ kN/m}^2$

G:  $w_{e,G} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -1,2 = -0,47 \text{ kN/m}^2$

H:  $w_{e,H} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,6 = -0,23 \text{ kN/m}^2$

I:  $w_{e,I} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,6 = -0,23 \text{ kN/m}^2$

J:  $w_{e,J} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,6 = -0,23 \text{ kN/m}^2$

Smer y – vzdolžno:

A:  $w_{e,A} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -1,2 = -0,47 \text{ kN/m}^2$

B:  $w_{e,B} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,8 = -0,31 \text{ kN/m}^2$

C:  $w_{e,C} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,5 = -0,2 \text{ kN/m}^2$

D:  $w_{e,D} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,7 = 0,27 \text{ kN/m}^2$

E:  $w_{e,E} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,3 = -0,12 \text{ kN/m}^2$

F:  $w_{e,F} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -1,79 = -0,69 \text{ kN/m}^2$

G:  $w_{e,G} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -1,3 = -0,51 \text{ kN/m}^2$

H:  $w_{e,H} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,7 = -0,27 \text{ kN/m}^2$

I:  $w_{e,I} = 0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot -0,6 = -0,23 \text{ kN/m}^2$

Kombiniranje notranjih in zunanji tlakov vetra

- zunanji pritiski + notranji pritisk

Smer x – prečno:

$$A: -0,47 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$B: -0,31 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$C: -0,2 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$D: 0,31 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$E: -0,18 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,10 \text{ kN/m}^2$$

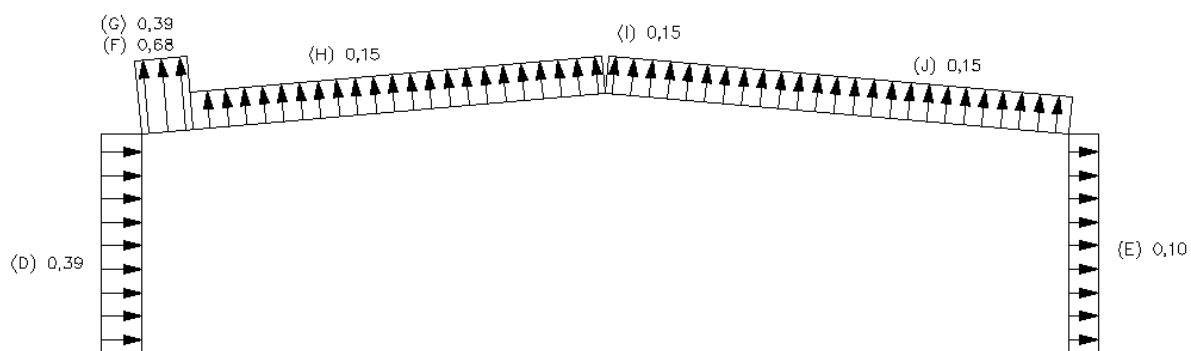
$$F: -0,76 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$G: -0,47 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,39 \text{ kN/m}^2$$

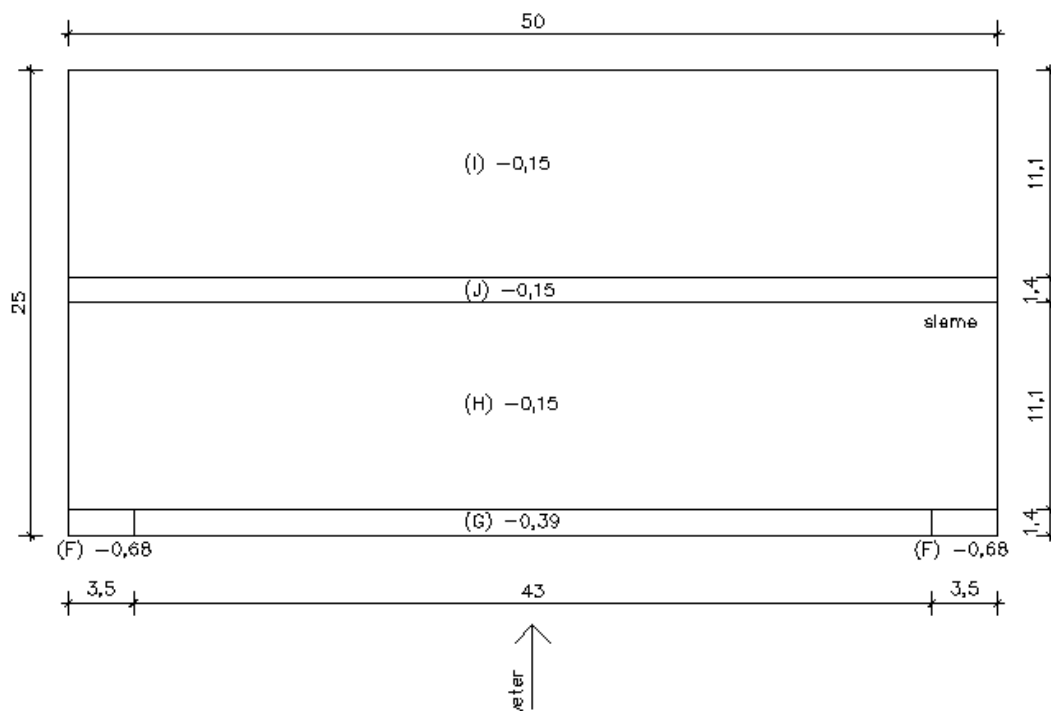
$$H: -0,23 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$I: -0,23 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$J: -0,23 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,15 \text{ kN/m}^2$$



Slika 11: Kombinacija zunanjih in notranjih pritiskov v prerezu – smer x



Slika 12: Kombinacija zunanjih in notranji pritiskov na strehi – smer x



Smer y – vzdolžno:

$$A: -0,47 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$B: -0,31 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$C: -0,2 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$D: 0,27 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

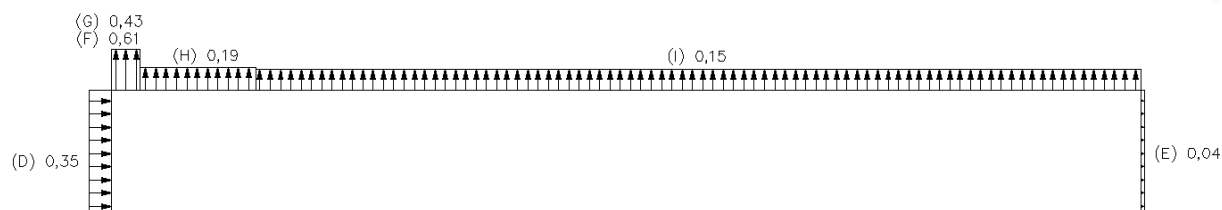
$$E: -0,12 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,04 \text{ kN/m}^2$$

$$F: -0,69 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,61 \text{ kN/m}^2$$

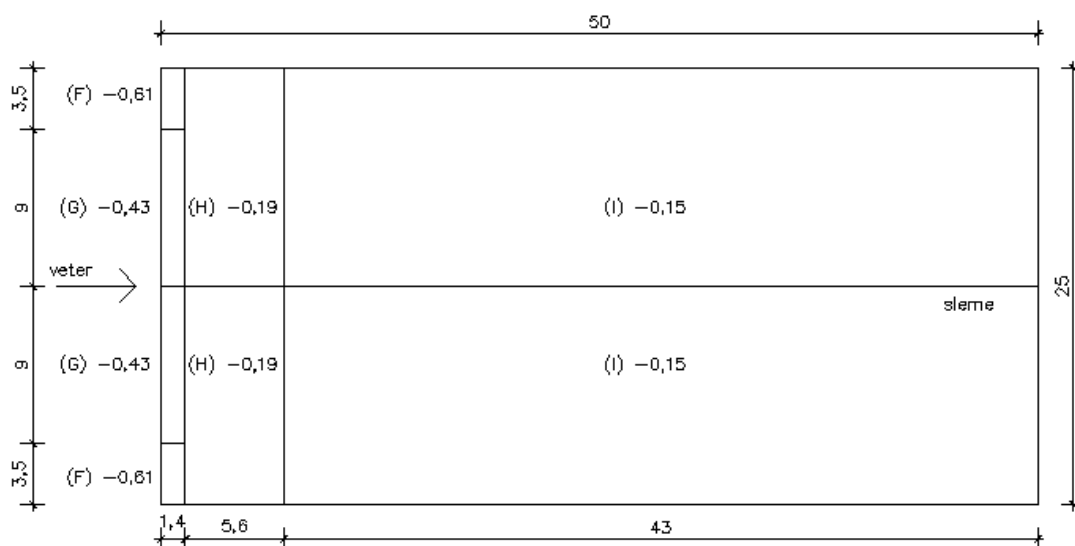
$$G: -0,51 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$H: -0,27 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,19 \text{ kN/m}^2$$

$$I: -0,23 \text{ kN/m}^2 + 0,078 \text{ kN/m}^2 = -0,15 \text{ kN/m}^2$$



Slika 13: Kombinacija zunanjih in notranjih pritiskov v prerezu – smer y



Slika 14: Kombinacija zunanjih in notranjih pritiskov na strehi – smer y

- zunani pritiski + notranji srk

Smer x – prečno:

$$A: -0,47 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,59 \text{ kN/m}^2$$

$$B: -0,31 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$C: -0,2 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,32 \text{ kN/m}^2$$

$$D: 0,31 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = 0,19 \text{ kN/m}^2$$

$$E: -0,18 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,30 \text{ kN/m}^2$$

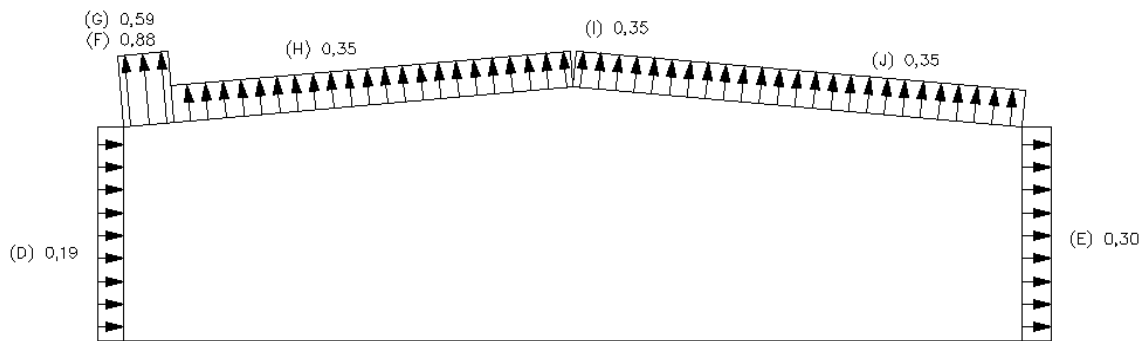
$$F: -0,76 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,88 \text{ kN/m}^2$$

$$G: -0,47 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,59 \text{ kN/m}^2$$

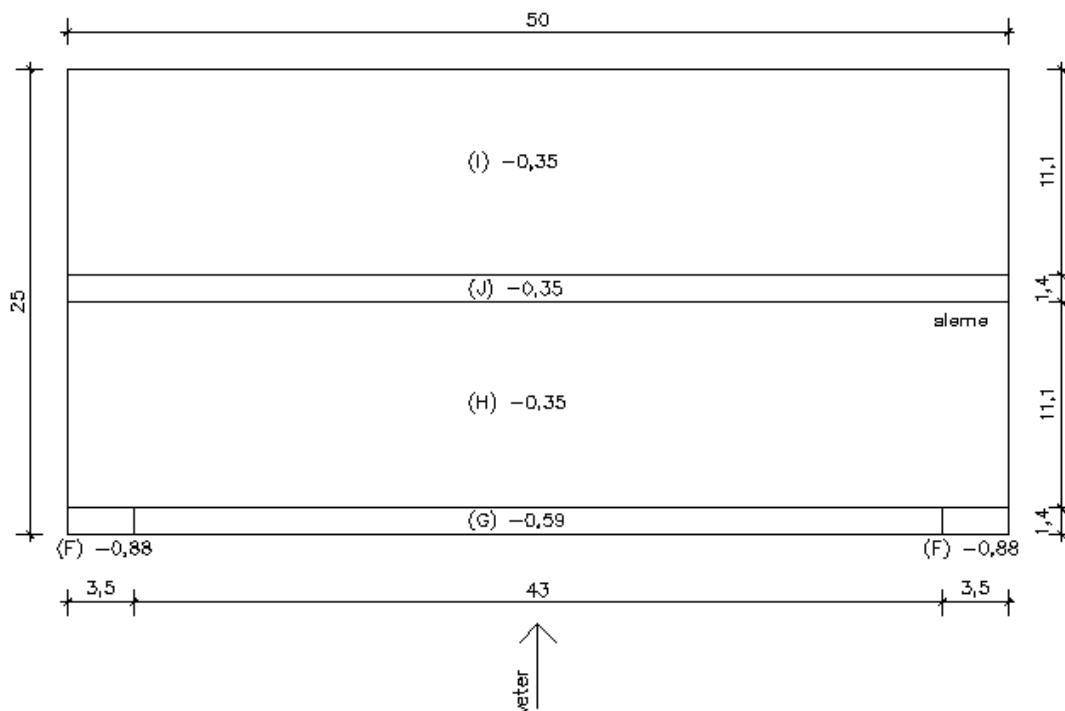
$$H: -0,23 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$I: -0,23 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$J: -0,23 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,35 \text{ kN/m}^2$$



Slika 15: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov v prerezu - smer x



Slika 16: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov na strehi - smer x

Smer y – vzdolžno:

$$A: -0,47 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,59 \text{ kN/m}^2$$

$$B: -0,31 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$C: -0,2 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,32 \text{ kN/m}^2$$

$$D: 0,27 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

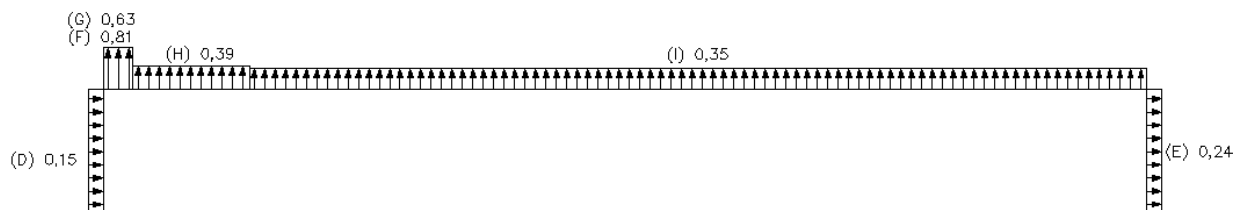
$$E: -0,12 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$F: -0,69 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,81 \text{ kN/m}^2$$

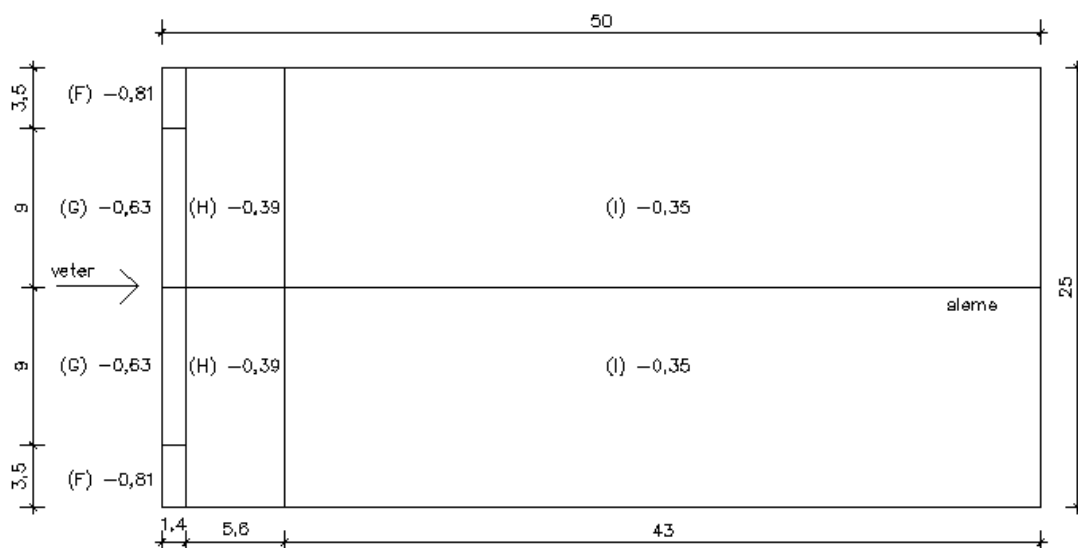
$$G: -0,51 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,63 \text{ kN/m}^2$$

$$H: -0,27 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$I: -0,23 \text{ kN/m}^2 - 0,117 \text{ kN/m}^2 = -0,35 \text{ kN/m}^2$$



Slika 17: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov v prerezu - smer y



Slika 18: Kombinacija zunanjih pritiskov in notranjih srkov na strehi - smer y

### 4.3 Potresna obtežba

Potresna analiza je narejena v skladu z SIST EN 1998

Objekt se nahaja v Logatcu, kjer je pričakovani pospešek tal  $a_g = 0,225 \cdot g$

Kategorija tal: tip tal B;  $S = 1,2$ ;  $T_B = 0,15$  s;  $T_C = 0,5$  s;  $T_D = 2,0$  s

#### Nihajni čas konstrukcije

Predpostavim, da je nihajni čas konstrukcije v smeri x in y na platuju. Torej:  $T_B < T_1 < T_C$

#### Določitev mase

Masa je povzeta iz kosovnice (glej prilogo C).

Lastna:.....69378,2 kg

Stalna:.....26250 kg

Skupaj:.....95628,2 kg

#### Določitev celotne potresne sile na objekt

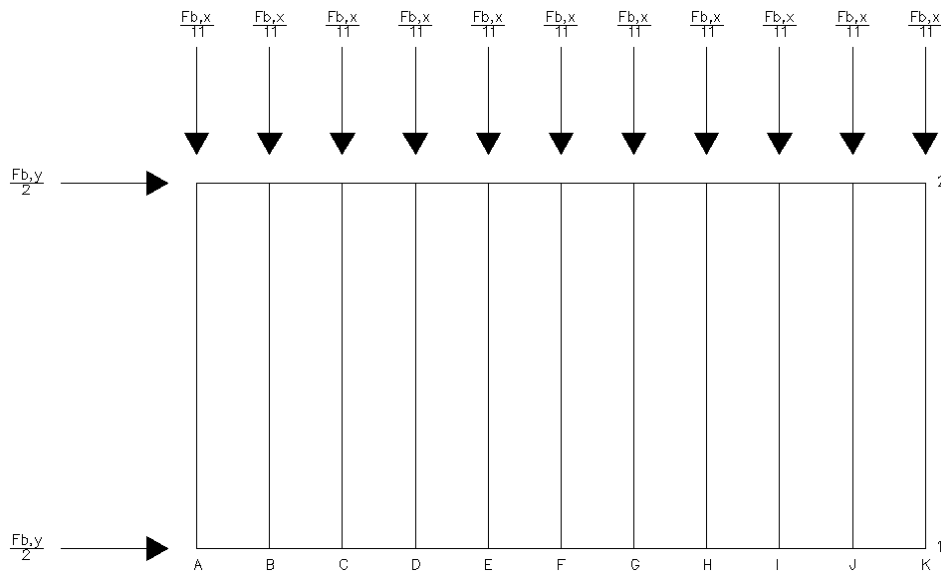
$T_B < T_1 < T_C$

$q = 1,6$

$$S_d = a_g \cdot S \cdot (2,5/q) = 0,225 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 \cdot (2,5/1,6) = 4,14 \text{ m/s}^2$$

$$F_b = S_d \cdot m \cdot \lambda = 4,14 \text{ m/s}^2 \cdot 95,63 \text{ t} \cdot 1,0 = 395,77 \text{ kN}$$

$\lambda$  – korekcijski faktor, stavba z manj kot dvema etažama  $\lambda = 1,0$

Razdelitev potresne sile

Slika 19: Prikaz razdelitve potresne sile

$$F_{b,x} = F_b/11 = 395,77 \text{ kN}/11 = 35,98 \text{ kN}$$

$$F_{b,y} = F_b/2 = 395,77 \text{ kN}/2 = 197,9 \text{ kN}$$

Pri analizi bom obravnaval:

- v prečni smeri: okvir A in B
- v vzdolžni smeri: okvir s povezjem 1

Vpliv torzije

Okvir A:

$$\delta = 1 + 1,2 \cdot (x/L_e) = 1 + 1,2 \cdot (25 \text{ m}/ 50 \text{ m}) = 1,6$$

$x = 25 \text{ m}$  – razdalja od masnega središča do obravnavanega elementa

$L_e = 50 \text{ m}$  – širina objekta

$$F_{b,A} = F_{b,x} \cdot \delta = 34,98 \text{ kN} \cdot 1,6 = 57,57 \text{ kN}$$

Okvir B:

$$\delta = 1 + 1,2 \cdot (x/L_e) = 1 + 1,2 \cdot (20 \text{ m}/ 50 \text{ m}) = 1,48$$

$x = 20 \text{ m}$  – razdalja od masnega središča do obravnavanega elementa

$L_e = 50 \text{ m}$  – širina objekta

$$F_{b,B} = F_{b,x} \cdot \delta = 34,98 \text{ kN} \cdot 1,48 = 53,25 \text{ kN}$$

Okvir s povezjem 1:

$$\delta = 1 + 1,2 \cdot (x/L_e) = 1 + 1,2 \cdot (12,5 \text{ m}/ 25 \text{ m}) = 1,6$$

$y = 12,5 \text{ m}$  – razdalja od masnega središča do obravnavanega elementa

$L_e = 25 \text{ m}$  – širina objekta

$$F_{b,1} = F_{b,x} \cdot \delta = 197,9 \text{ kN} \cdot 1,6 = 316,6 \text{ kN}$$

## 5 STATIČNA ANALIZA

Statična analiza primarnih in sekundarnih elementov je narejena v skladu z SIST EN 1993-1-1  
 Pri analizi primarnih elementov upoštevam globalno nepopolnost.

$$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = (1/200) \cdot 0,756 \cdot 0,866 = 0,0032 \text{ rad} = 0,19^\circ$$

$$\phi_0 = 1/200$$

$$\alpha_h = 2/\sqrt{h} = 2/\sqrt{7} = 0,756, \text{ vendar } 2/3 < 0,756 < 1,0 \text{ (pogoj je izpolnjen)}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{m})} = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{2})} = 0,866$$

### 5.1 Sekundarni nosilni elementi

#### 5.1.1 Strešne lege

Medsebojna razdalja med legami je 2,5 m, na krajnem delu 1,25 m. Izbrana strešna kritina je Trimoterm SNV-3L, največji dovoljeni razpon med legami je 2,76 m.

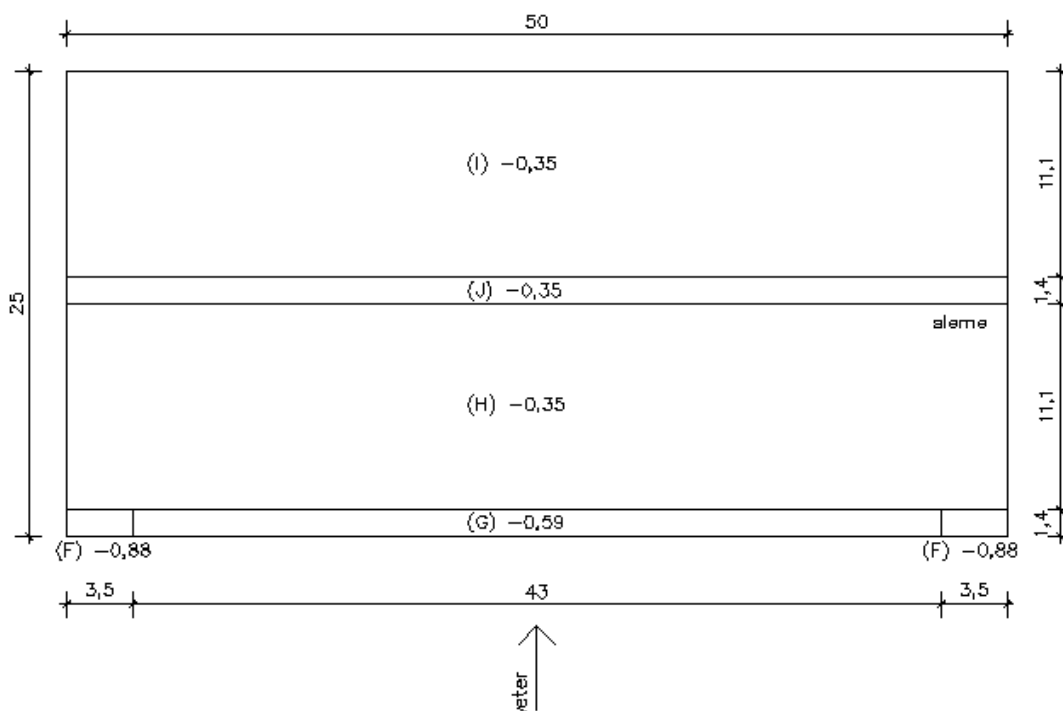
- Obtežba na legah:

lastna teža leg (g)

lastna teža kritine ( $g_k$ ).....0,21 kN/m<sup>2</sup>

obtežba snega ( $g_s$ ).....2,21 kN/m<sup>2</sup>

obtežba vetra ( $g_w$ ) – merodajna obtežba je prečno delovanje vetra s upoštevanjem notranjih pritiskov



Slika 20: Obtežba vetra - prečno delovanje

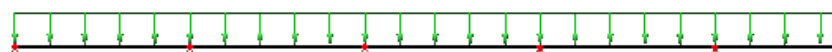
Obtežba na krajnem območju:

lastna teža kritine ( $g_k$ ).....	$0,21 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,25 \text{ m} = 0,26 \text{ kN/m}$
obtežba snega ( $g_s$ ).....	$2,21 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,25 \text{ m} = 2,76 \text{ kN/m}$
obtežba vetra ( $g_{w,F}$ ).....	$-0,88 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,25 \text{ m} = 1,1 \text{ kN/m}$

Obtežba na srednjem območju

lastna teža kritine ( $g_k$ ).....	$0,21 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 0,53 \text{ kN/m}$
obtežba snega ( $g_s$ ).....	$2,21 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 5,53 \text{ kN/m}$
obtežba vetra ( $g_{w,H}$ ).....	$-0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 0,87 \text{ kN/m}$

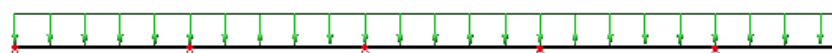
Za izračun uporabim obtežbo v srednjem območju.



Slika 21: Prikaz stalne obtežbe ( $g_k$ )



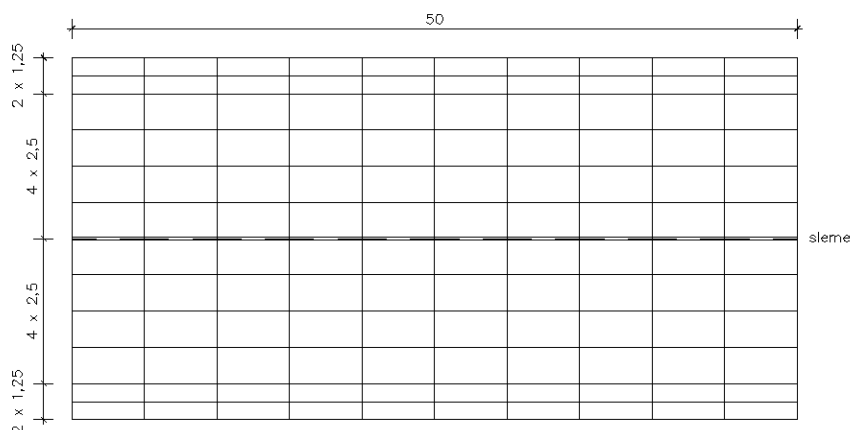
Slika 22: Prikaz vetrne obtežbe ( $g_w$ )



Slika 23: Prikaz snežne obtežbe ( $g_s$ )

- Zasnova

Zaradi večje obtežbe vetra in zaradi zagotavljanja ustreznega pritrjevanja strešnih panelov je na začetku strehe razdalja med legami 1,25 m, v sredini pa je razdalja med legami 2,5 m. Za lege izberem IPE 160.



Slika 24: Zasnova strešnih leg

- Obtežne kombinacije

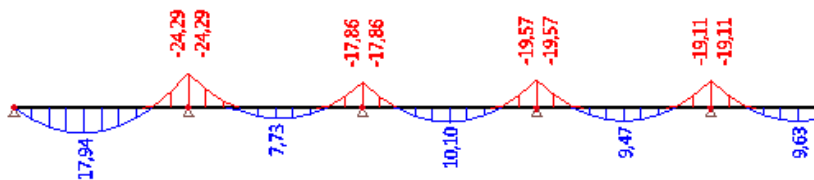
MSN 1:  $1,35 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_s)$

MSN 2:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_w)$

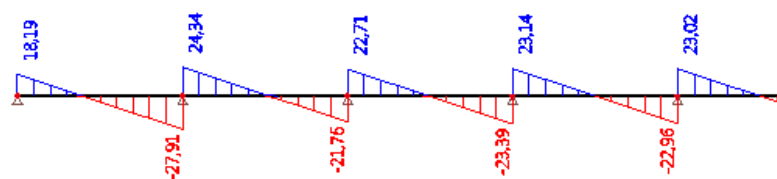
- Rezultati in dimenzioniranje

Pri statičnem računu modeliram strešno lego kot kontinuiran nosilec preko 10 polj. Razdalja med podporami je 5 m. Izračun izvedem v programu SCIA Engineer. Dimenzioniranje in kontrole najbolj obremenjenih elementov so priložena v prilogi A.

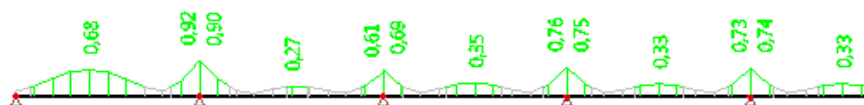
Merodajna obtežna kombinacija je MSN 1



Slika 25: Diagram upogibnih momentov (kNm)



Slika 26: Diagram prečnih sil (kN)



Slika 27: Diagram izkoriščenosti prereza

- Strešna zatega

V krajnjih polji sta predvideni dve zategi na razdalji 1,65 m, v osrednjih poljih pa na 2,5 m.

Obremenitev zatege:

$$N_{Ed} = M_{Ed}/h = 2429 \text{ kNcm} / 16 \text{ cm} = 151,81 \text{ kN}$$

h – višina nosilca

$$q_d = \Sigma N_{Ed} \cdot 8 \cdot ((e_0 + \delta_q)/L)^2 = 6 \cdot 151,81 \text{ kN} \cdot 8 \cdot ((0,01 \text{ m} + 0,01 \text{ m})/5)^2 = 5,14 \text{ kNm}$$

$$e_0 = \alpha_m \cdot (L/500) = 0,76 \cdot (5/500) = 0,01 \text{ m}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{m})} = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{6})} = 0,76$$

m = 6 (število podprtih elementov)

$$\delta_q = L/500 = 5/500 = 0,01 \text{ m}$$

Dimenzioniranje zatege

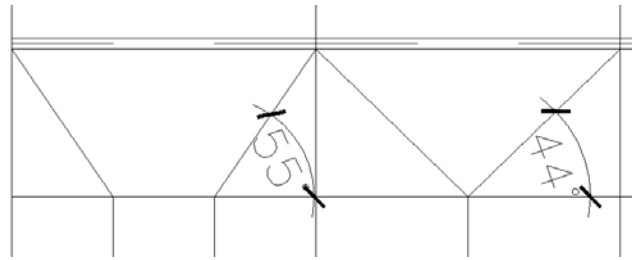
$$F = q_d \cdot L = 5,14 \text{ kNm} \cdot 2,5 \text{ m} = 12,85 \text{ kN}$$

L = 5 m (dolžina razpona)

$$F_{Ed} = (F)/(2 \cdot \sin(\alpha)) = (12,85 \text{ kN})/(2 \cdot \sin(44^\circ)) = 9,24 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = (F)/(3 \cdot \sin(\alpha)) = (12,85 \text{ kN})/(3 \cdot \sin(55^\circ)) = 5,23 \text{ kN}$$

slеме



Slika 28: Prikaz strešne zatege

Potrebni prerez zatege:

$$A_{\text{potr}} \geq (F_{\text{Ed}} \cdot \gamma_0) / f_y = (9,24 \text{ kN} \cdot 1,0) / 23,5 \text{ kN/cm}^2 = 0,4 \text{ cm}^2$$

Izberem minimalne zatege  $\Phi 12 \text{ mm}$ ,  $A_{\text{dej}} = 1,13 \text{ cm}^2$ 

### 5.1.2 Stranska fasada

Medsebojna razdalja med nosilci je 1,96 m in potekajo horizontalno po celotni dolžini objekta. Izbrani fasadni panel je Trimoterm FTV HL 100. Fasadni panel je vertikalno pritrjen na fasadne nosilce, zato se teža fasadnega panela prenese neposredno v temelj.

- Obtežba na nosilcih

lastna teža nosilcev (g)

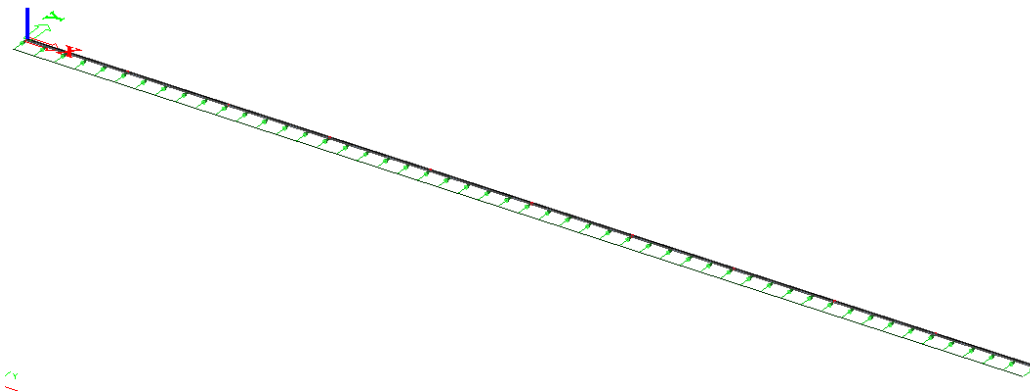
obtežba vetra ( $g_{w,D}$ )..... $0,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = 0,61 \text{ kN/m}$

obtežba vetra ( $g_{w,srk,A}$ )..... $-0,59 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = -1,16 \text{ kN/m}$

obtežba vetra ( $g_{w,srk,B}$ )..... $-0,43 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = -0,84 \text{ kN/m}$

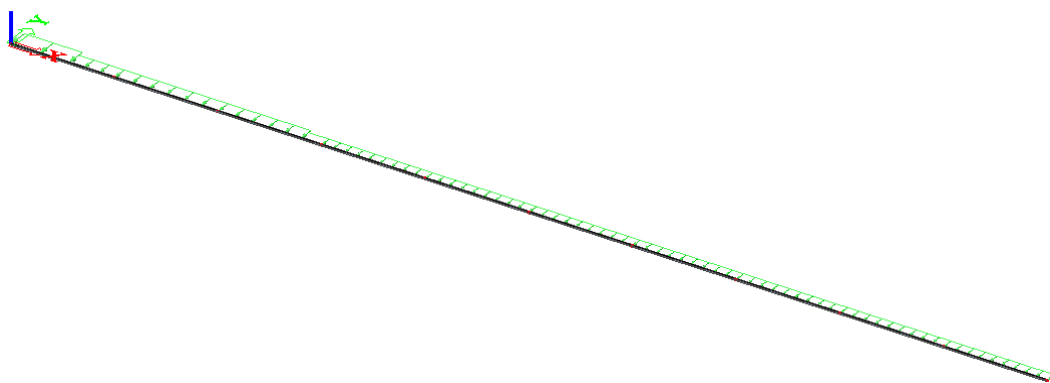
obtežba vetra ( $g_{w,srk,C}$ )..... $-0,32 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = -0,63 \text{ kN/m}$

OPOMBA: Obremenitev na fasadni nosilec deluje v dveh smer. Obtežba vetra v smeri y, lastna teža pa v smeri z.



Slika 29: Prikaz vetrne obtežbe - pritisk vetra

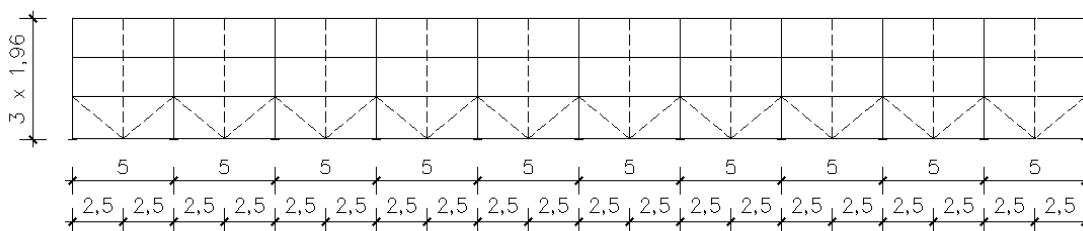




Slika 30: Prikaz vetrne obtežbe - srk vetra

- Zasnova

Fasadni nosilci so nameščeni na medsebojni razdalji 1,96m. Za nosilce izberem U 100.



Slika 31: Zasnova stranske fasade

- Obtežne kombinacije

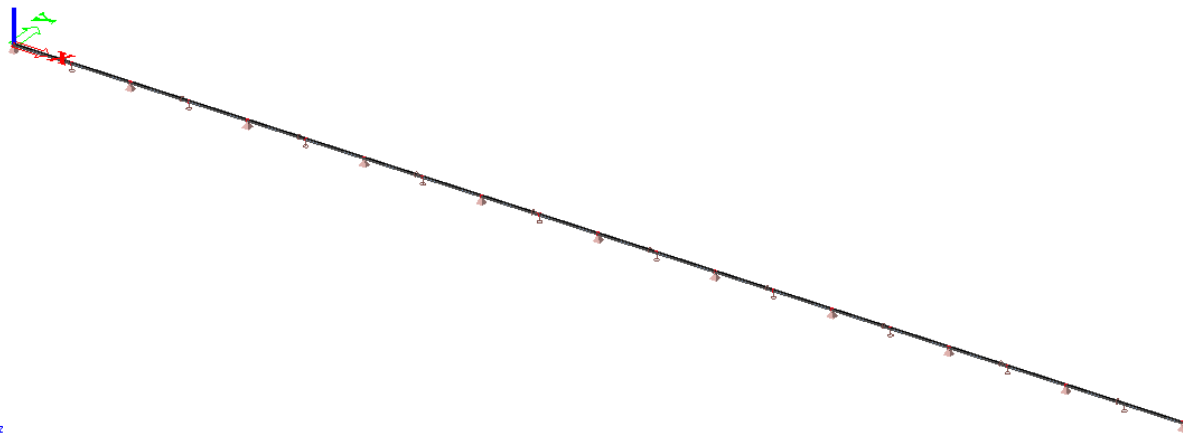
MSN 1:  $1,35 \cdot (g) + 1,5 \cdot (g_w)$

MSN 2:  $1,35 \cdot (g) + 1,5 \cdot (g_{w,srk})$

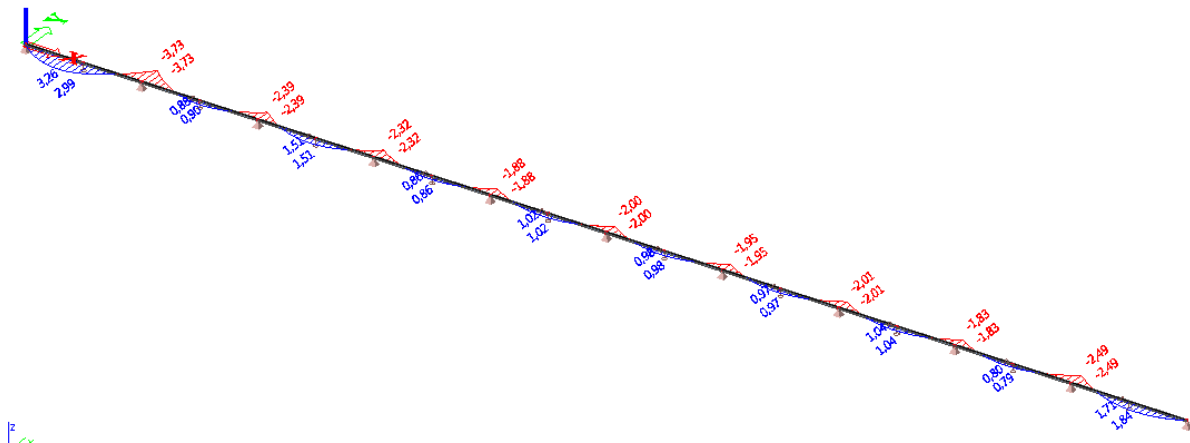
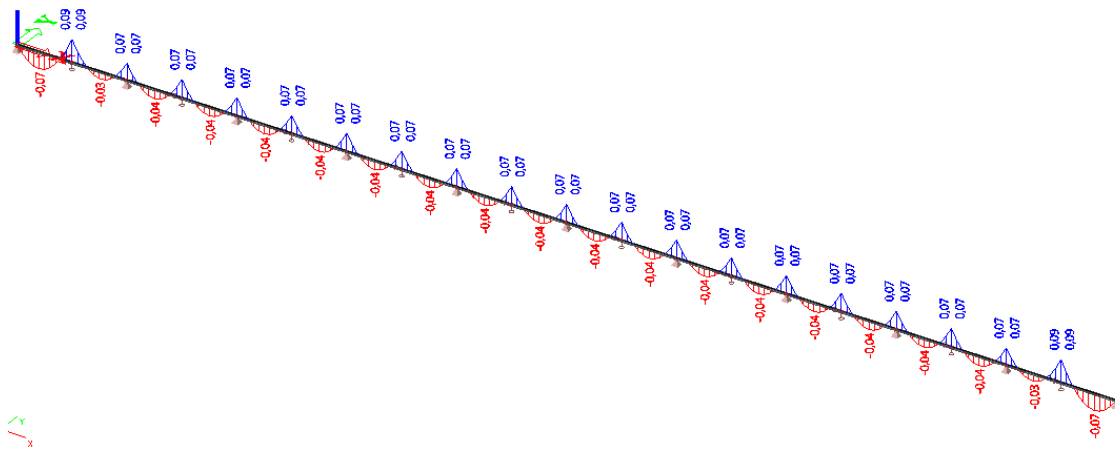
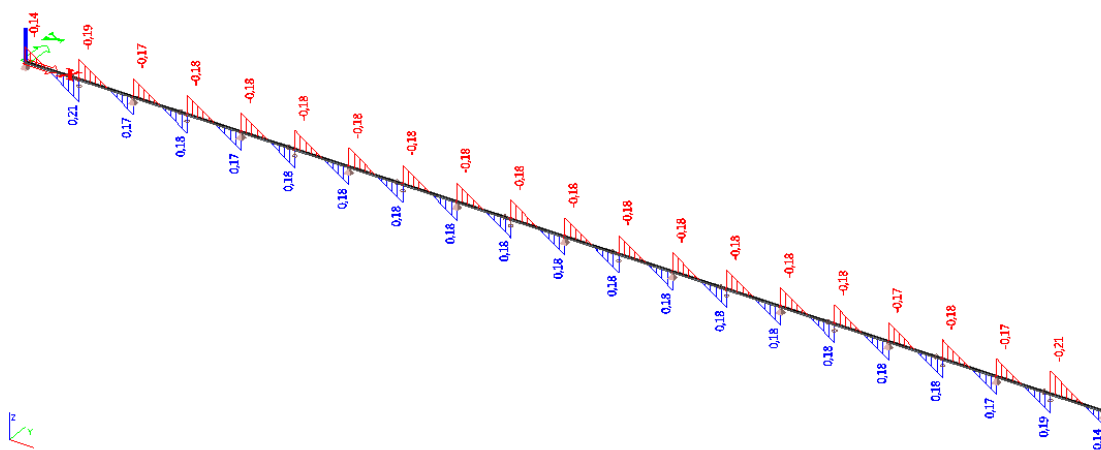
- Rezultati in dimenzioniranje

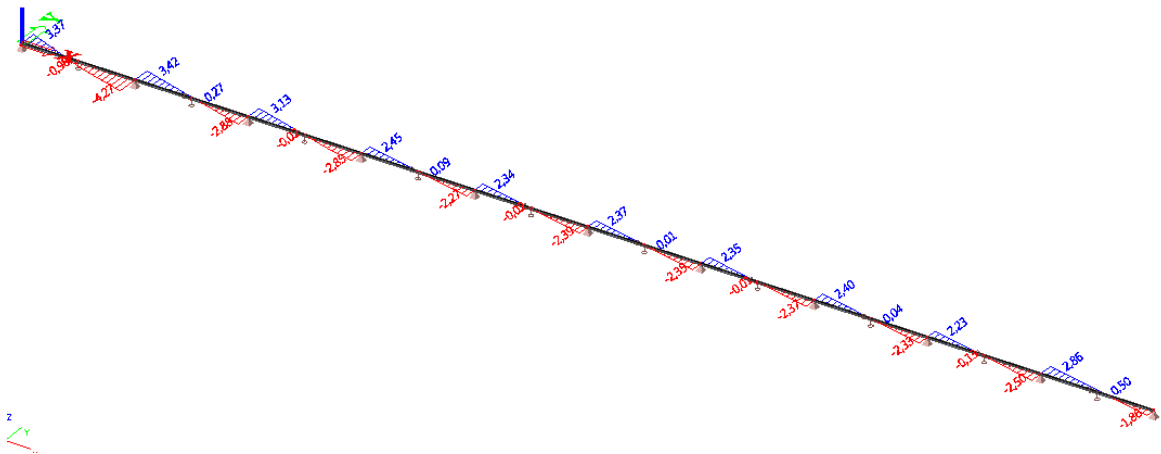
Pri statičnem računu modeliram fasadni nosilec kot kontinuiran nosilec preko 10 polj. Razdalja med podporami je 5 m. Izračun izvedem v programu SCIA Engineer. Dimenzioniranje in kontrole najbolj obremenjenih elementov so priložena v prilogi A.

Merodajna obtežna kombinacija je MSN 2.

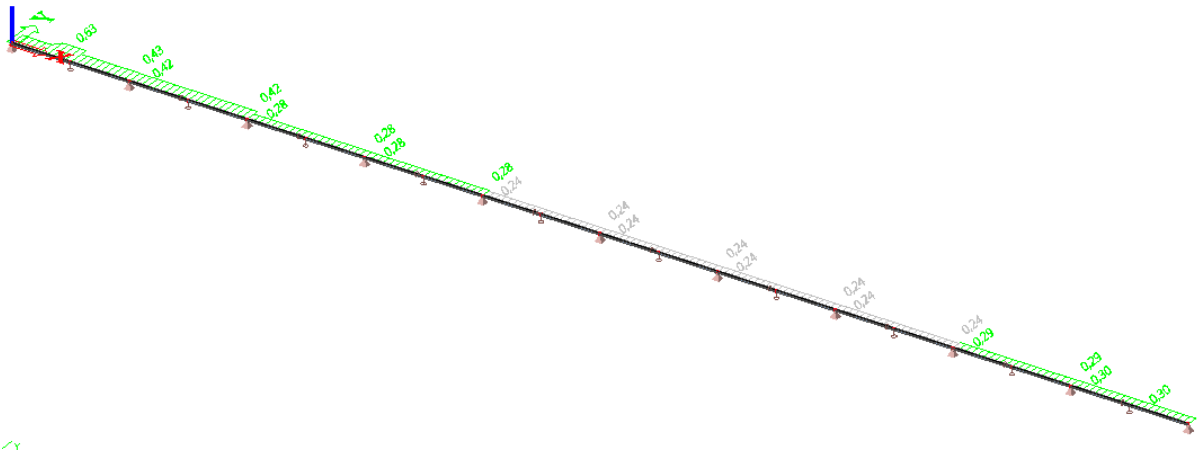


Slika 32: Računski model

Slika 33: Diagram upogibnih momentov  $M_y$  (kNm)Slika 34: Diagram upogibnih momentov  $M_z$  (kNm)Slika 35: Diagram prečnih sil  $V_y$  (kN)



Slika 36: Diagram prečnih sil  $V_z$  (kN)



Slika 37: Izkoriščenost prereza

- Dimenzioniranje zateg

$$F = (G \cdot m \cdot L) + (M/h) = (0,106 \text{ kN} \cdot 3 \cdot 5 \text{ m}) + (0,09 \text{ kNm} / 0,05 \text{ m}) = 3,4 \text{ kN}$$

$m = 3$  – število fasadnih nosilcev

$L = 5 \text{ m}$  – dolžina nosilca

$M = 0,27 \text{ kNm}$  – upogibni moment v sredini polja

$h = 5 \text{ cm}$  – višina nosilca

$$F_{Ed} = (F)/(2 \cdot \sin(\alpha)) = (3,4 \text{ kN})/(2 \cdot \sin(51^\circ)) = 2,2 \text{ kN}$$

Potrebni prerez zatege:

$$A_{potr} \geq (F \cdot \gamma_0)/f_y = (2,2 \text{ kN} \cdot 1,0)/23,5 \text{ kN/cm}^2 = 0,1 \text{ cm}^2$$

Izberem minimalne zatege  $\Phi 12 \text{ mm}$ ,  $A_{dej} = 1,13 \text{ cm}^2$

### 5.1.3 Čelna fasada

Medsebojna razdalja med nosilci je 1,96 m in potekajo horizontalno po celotni širini objekta. Izbrani fasadni panel je Trimoterm FTV HL 100. Fasadni panel je vertikalno pritrjen na fasadne nosilce, zato se teža fasadnega panela prenese neposredno v temelj.

- Obtežba na nosilcih

lastna teža nosilcev (g)

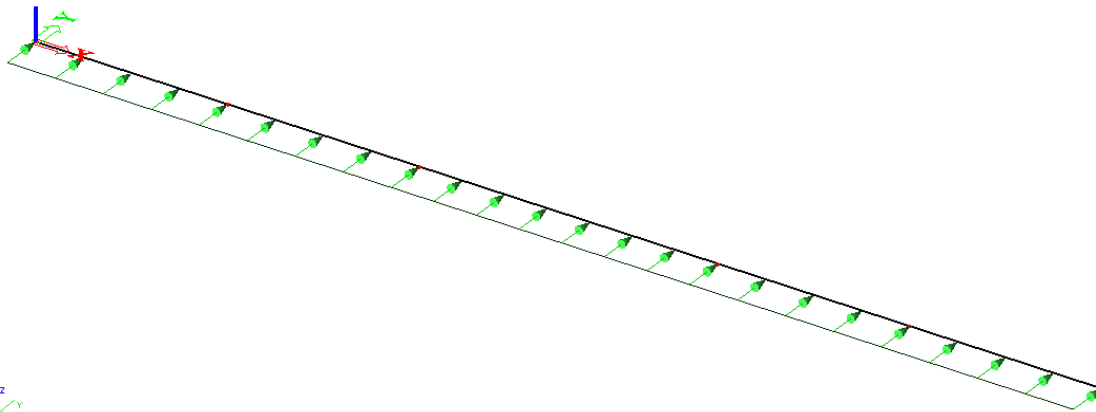
obtežba vetra ( $g_{w,D}$ )..... $0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = 0,69 \text{ kN/m}$

obtežba vetra ( $g_{w,srk,A}$ )..... $-0,59 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = -1,16 \text{ kN/m}$

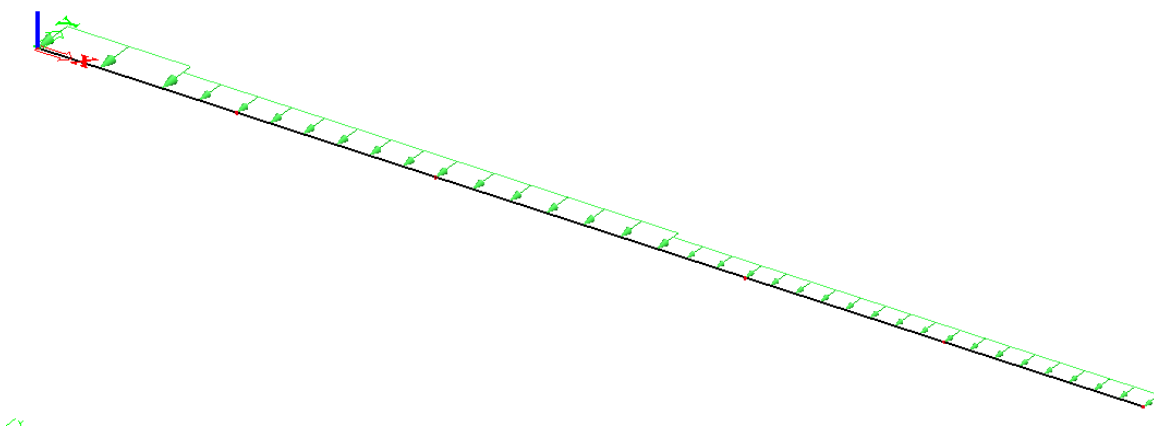
obtežba vetra ( $g_{w,srk,B}$ )..... $-0,43 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = -0,84 \text{ kN/m}$

obtežba vetra ( $g_{w,srk,C}$ )..... $-0,32 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m} = -0,63 \text{ kN/m}$

OPOMBA: Obremenitev na fasadni nosilec deluje v dveh smer. Obtežba vetra v smeri y, lastna teža pa v smeri z.



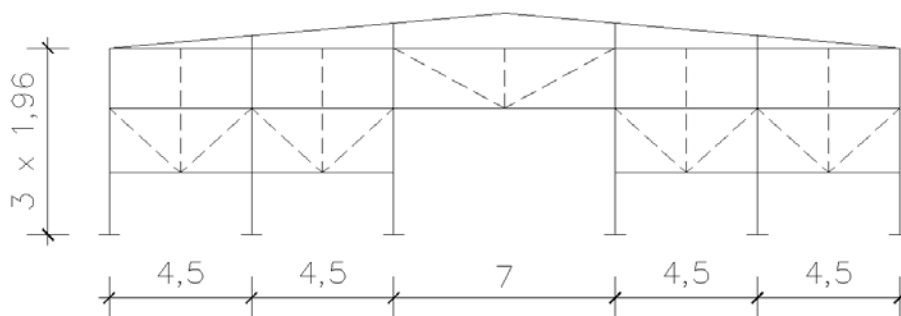
Slika 38: Prikaz vetrne obtežbe - pritisek vetra



Slika 39: Prikaz vetrne obtežbe - srk vetra

- Zasnova

Fasadni nosilci so nameščeni na medsebojni razdalji 1,96m. Za nosilce izberem U 100.



Slika 40: Zasnova čelne fasade

- Obtežne kombinacije

MSN 1:  $1,35 \cdot (g) + 1,5 \cdot (g_w)$

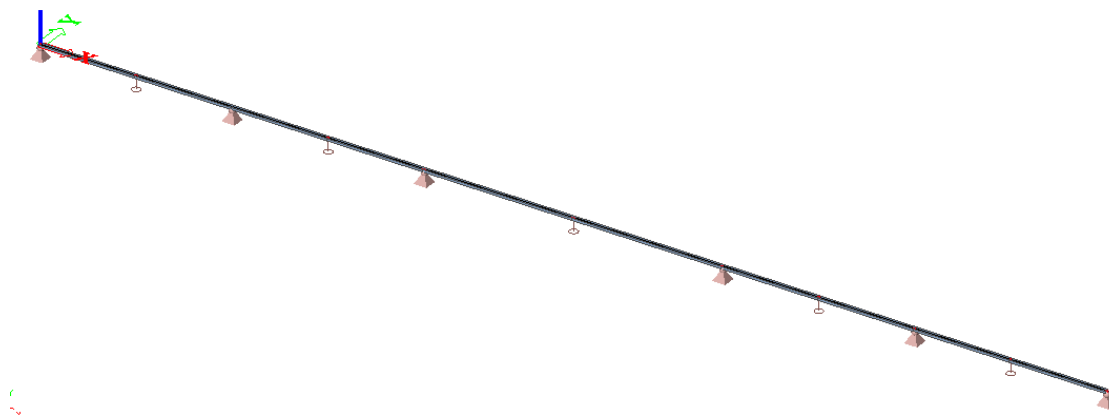
MSN 2:  $1,35 \cdot (g) + 1,5 \cdot (g_{w,srk})$

- Rezultati in dimenzioniranje

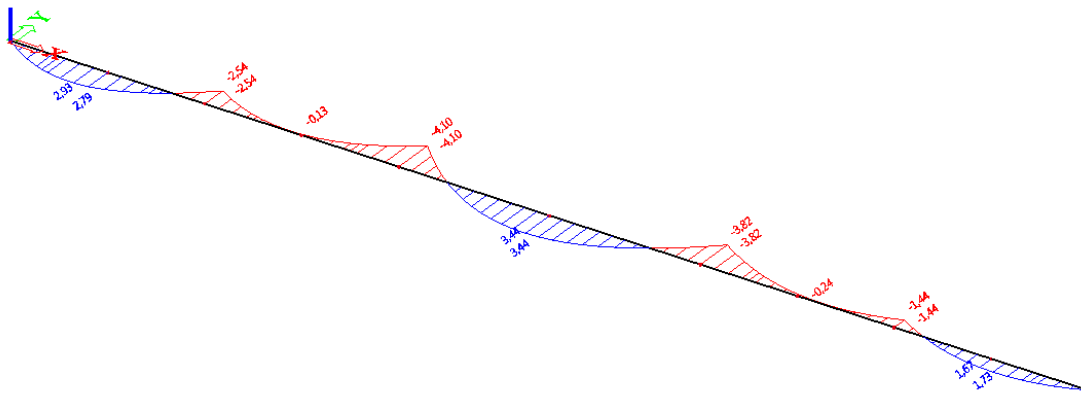
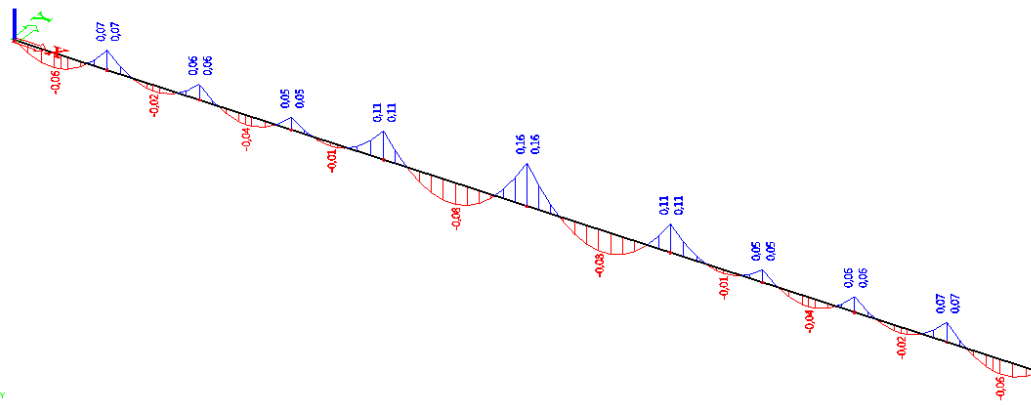
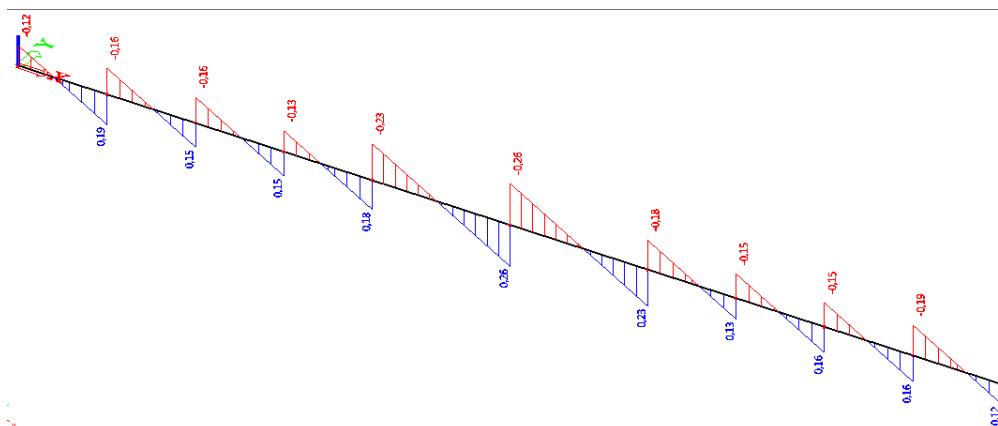
Pri statičnem računu modeliram fasadni nosilec kot kontinuiran nosilec preko 5 polj.

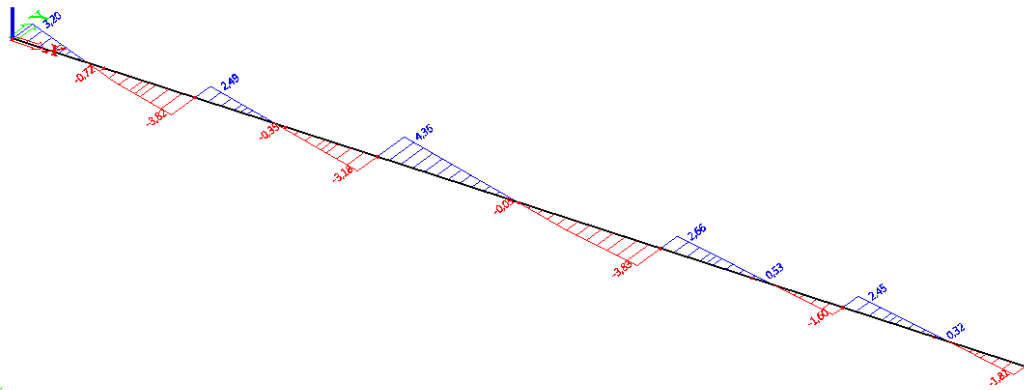
Izračun izvedem v programu SCIA Engineer. Dimenzioniranje in kontrole najbolj obremenjenih elementov so priložena v prilogi A.

Merodajna obtežna kombinacija je MSN 2.

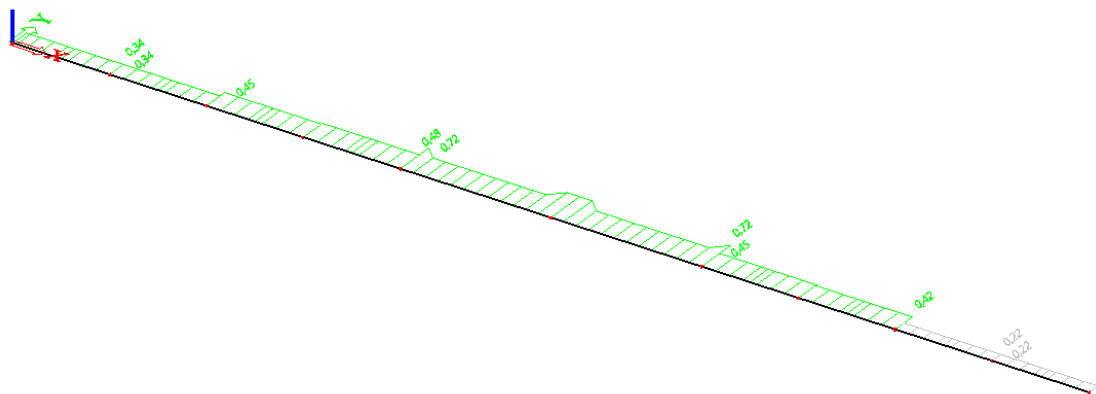


Slika 41: Računski model

Slika 42: Diagram upogibnih momentov  $M_y$  (kNm)Slika 43: Diagram upogibnih momentov  $M_z$  (kNm)Slika 44: Diagram prečnih sil  $V_y$  (kN)



Slika 45: Diagram prečnih sil  $V_z$  (kN)



Slika 46: Izkoriščenost prereza

- Dimenzioniranje zateg

$$F = (G \cdot m \cdot L) + (M/h) = (0,106 \text{ kN} \cdot 3 \cdot 7 \text{ m}) + (0,16 \text{ kNm} / 0,05 \text{ m}) = 5,5 \text{ kN}$$

$m = 3$  – število fasadnih nosilcev

$L = 5 \text{ m}$  – dolžina nosilca

$M = 0,27 \text{ kNm}$  – upogibni momenta v sredini polja

$h = 5 \text{ cm}$  – višina nosilca

$$F_{Ed} = (F)/(2 \cdot \sin(\alpha)) = (5,5 \text{ kN})/(2 \cdot \sin(62^\circ)) = 3,12 \text{ kN}$$

Potrebni prerez zatege:

$$A_{potr} \geq (F \cdot \gamma_0)/f_y = (3,12 \text{ kN} \cdot 1,0)/23,5 \text{ kN/cm}^2 = 0,13 \text{ cm}^2$$

Izberem minimalne zatege  $\Phi 12 \text{ mm}$ ,  $A_{dej} = 1,13 \text{ cm}^2$

## 5.2 Primarni nosilni elementi

### 5.2.1 Portalni okvir

Medsebojna razdalja med portalnimi nosilci je 5 m. Okvir je izračunan z nelinearno analizo. Pri analizi je upoštevana globalna nepopolnost, ki je v programu podana kot horizontalni zamik prečnega okvirja.

- Obtežba na okvir

lastna teža nosilca (g)

lastna teža strehe ( $g_k$ )..... $0,46 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 2,3 \text{ kN/m}$

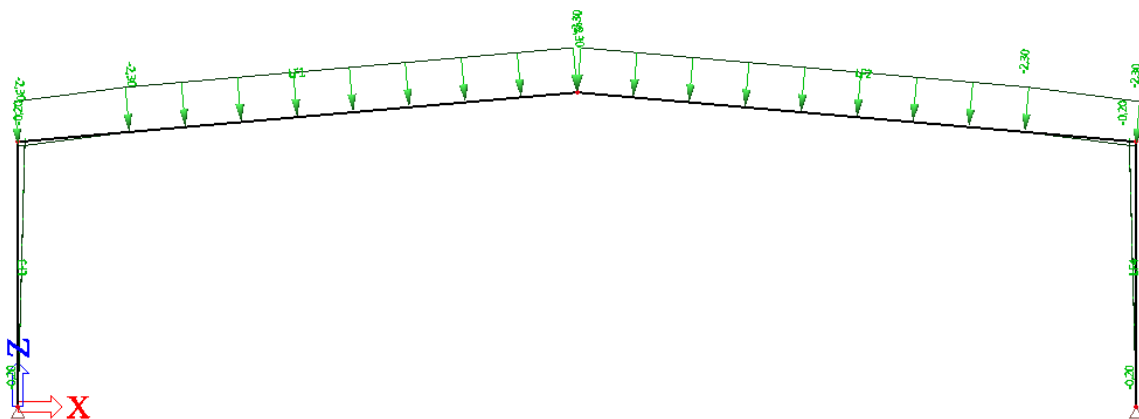
lastna teža fasadnih nosilcev ( $g_k$ )..... $0,04 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 0,2 \text{ kN/m}$

obtežba snega ( $g_s$ )..... $2,21 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 11,05 \text{ kN/m}$

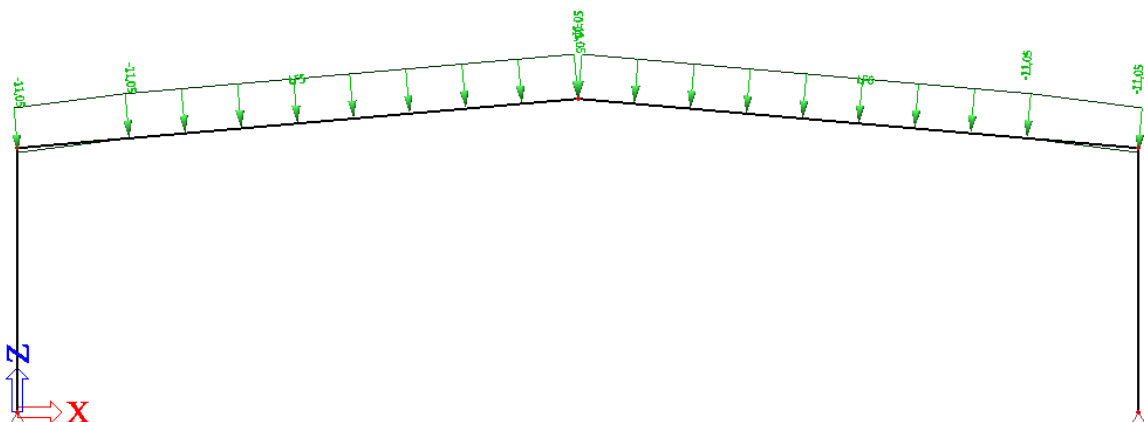
obtežba vetra ( $g_{w,D}$ )..... $0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 1,75 \text{ kN/m}$

obtežba vetra ( $g_{w,E}$ )..... $-0,24 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = -1,2 \text{ kN/m}$

potresna obtežba (A - točkovna obtežba)..... $53,25 \text{ kN}$

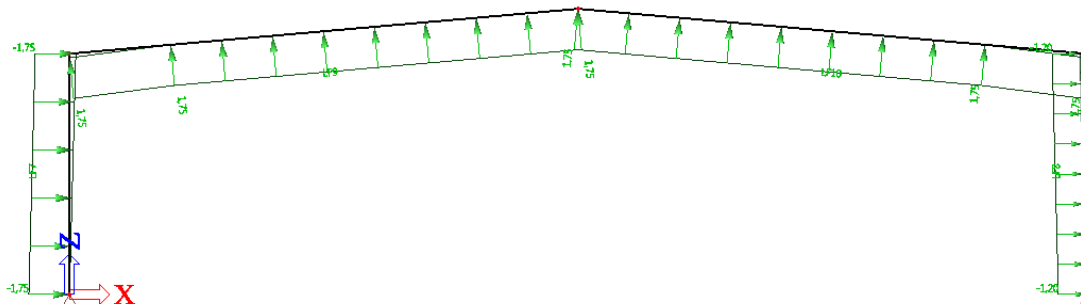


Slika 47: Prikaz stalne obtežbe ( $g_k$ )

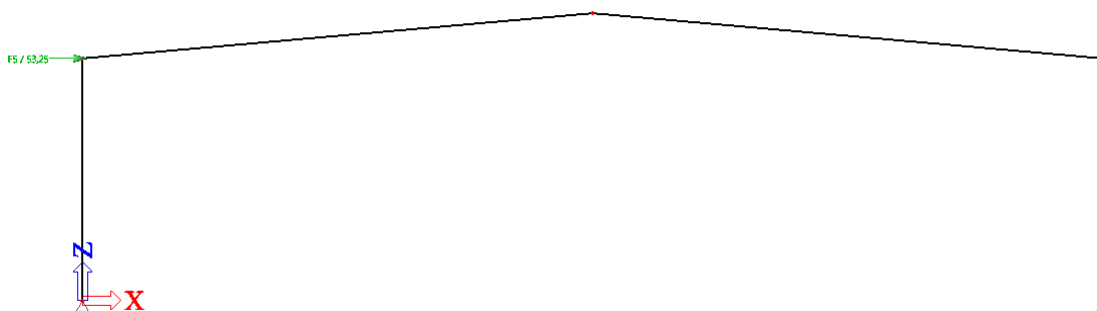


Slika 48: Prikaz snežne obtežbe ( $g_s$ )





Slika 49: Prikaz vetrne obtežbe ( $g_w$ )



Slika 50: Prikaz potresne obtežbe (A)

- Obtežne kombinacije

MSN 1:  $1,35 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_s)$

MSN 2:  $1,35 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_s) + 0,9 \cdot (g_w)$

MSN 3:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_w)$

MSN 4:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_w) + 0,9 \cdot (g_s)$

MSN 5:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,0 (A)$

MSU 1:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 0,2 \cdot (g_s)$

MSU 2:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 0,5 \cdot (g_w + g_{w,srk})$

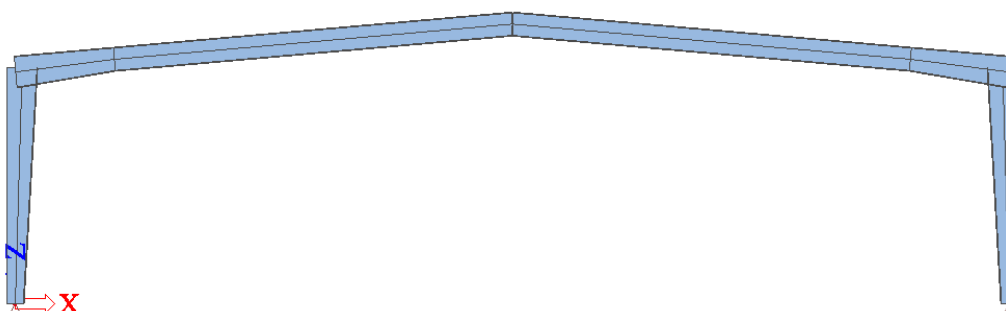
- Skupine kombinacij (ovojnice)

MSN: MSN 1, MSN 2, MSN 3, MSN 4, MSN 5

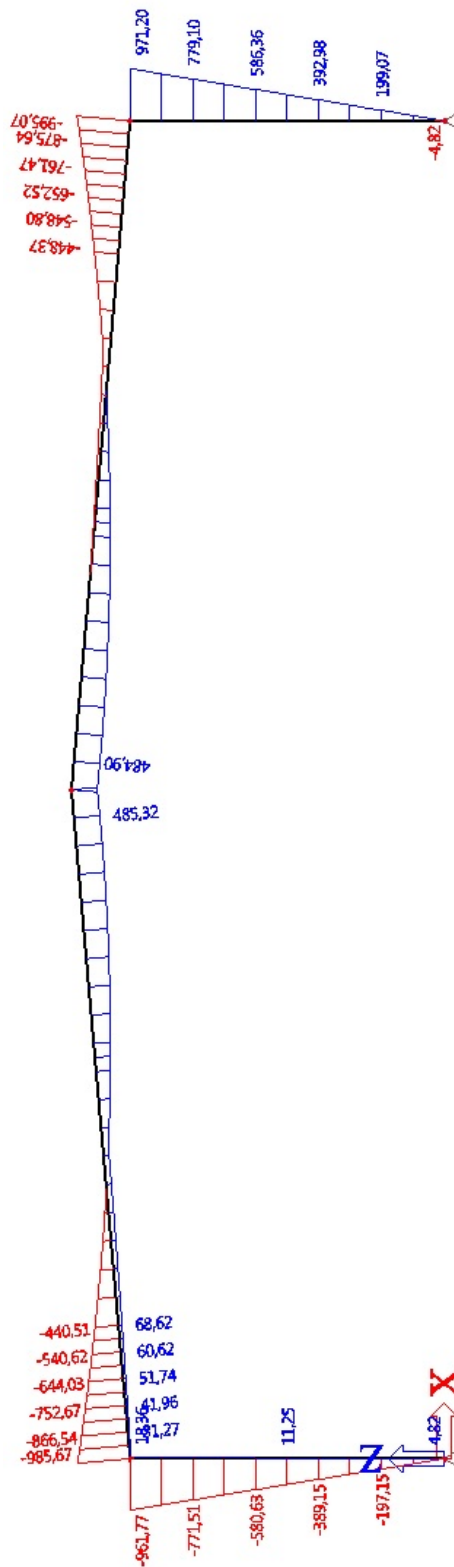
MSU: MSU 1, MSU 2

- Rezultati in dimenzioniranje

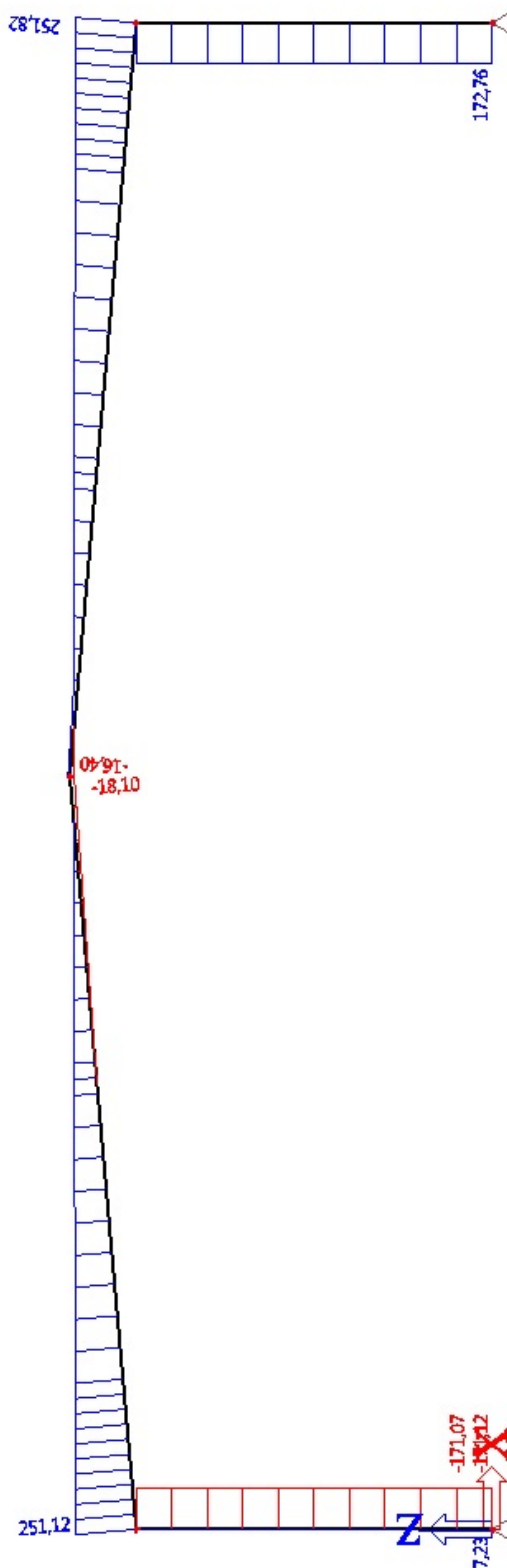
Izračun izvedem v programu SCIA Engineer. Dimenzioniranje in kontrole najbolj obremenjenih elementov so priložena v prilogi A.



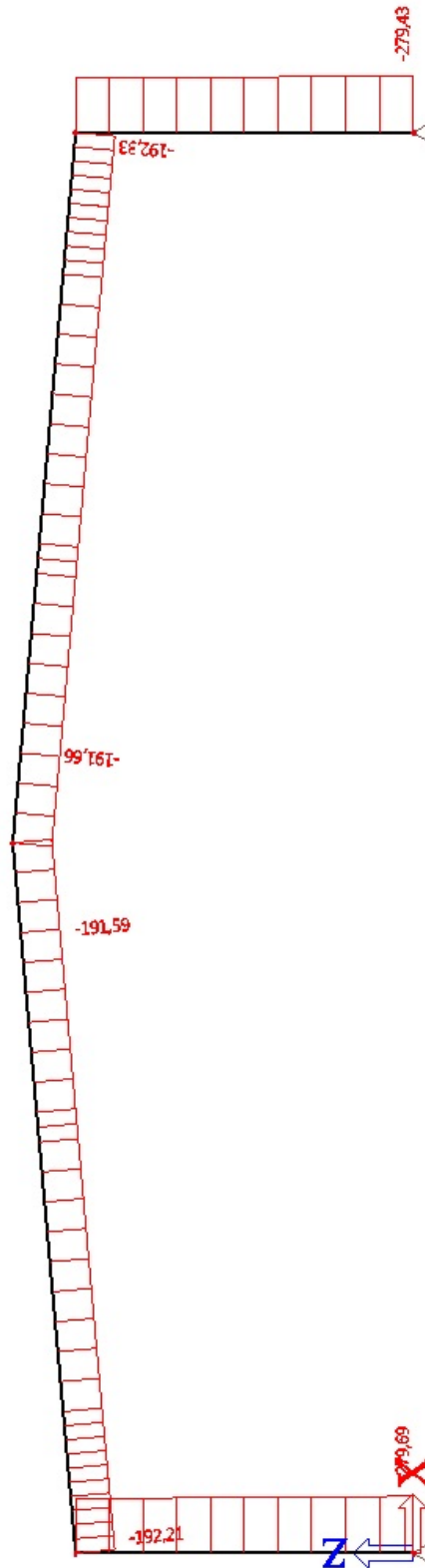
Slika 51: Računski model



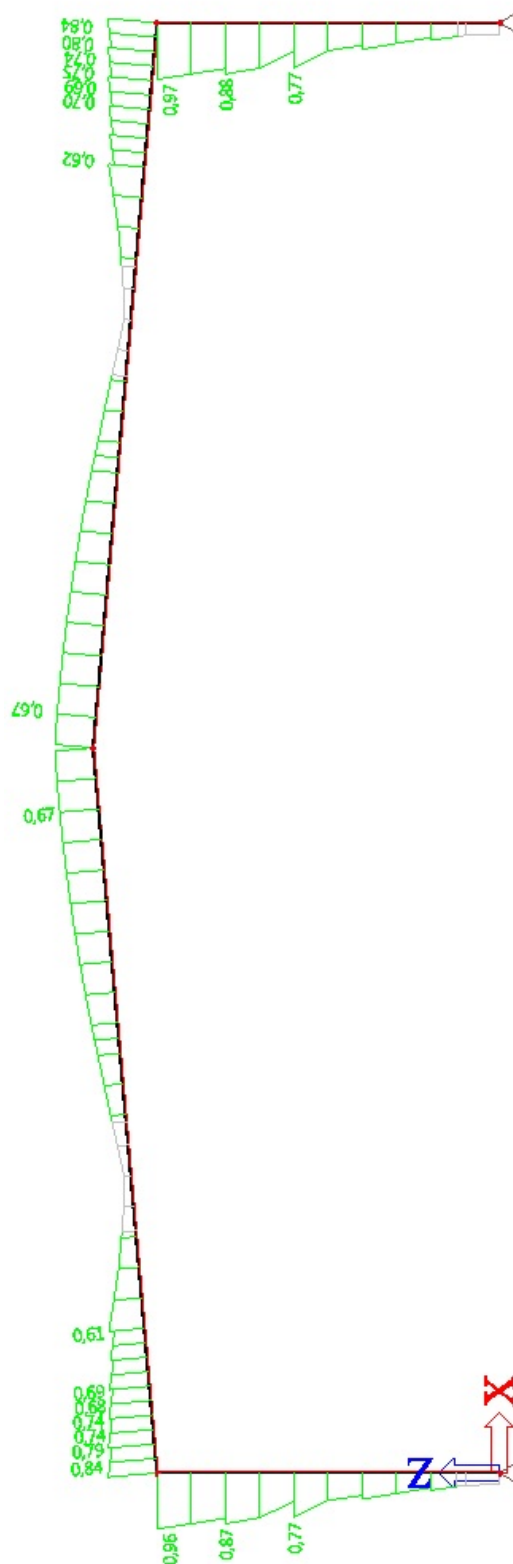
Slika 52: Diagram upogibnih momentov (kNm) – ovojnica MSN



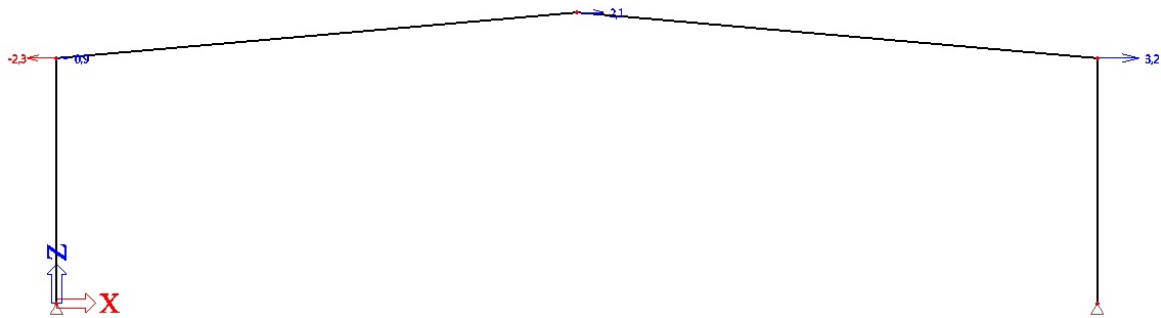
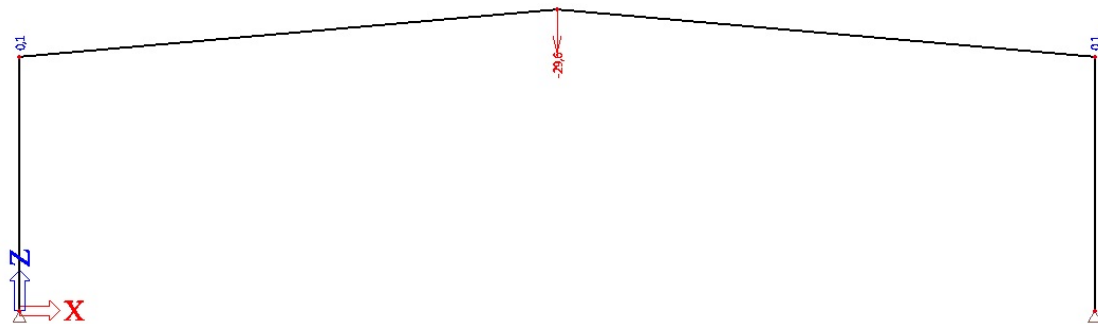
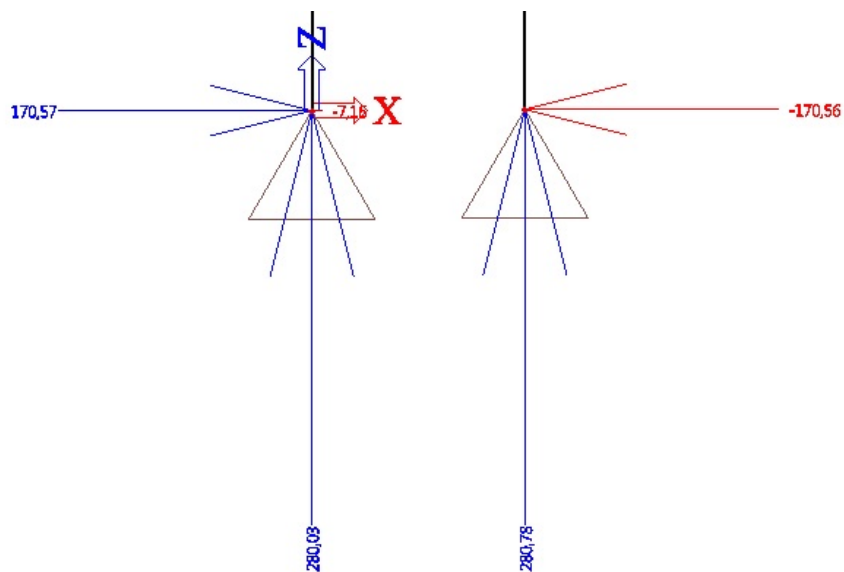
Slika 53: Diagram prečnih sil (kN) – ovojnica MSN



Slika 54: Diagram osnih sil (kN) – ovojnica MSN



Slika 55: Izkoriščenost prereza – ovojnica MSN

Slika 56: Pomiki vozlišč ( $u_x$ ) - ovojnica MSUSlika 57: Pomiki vozlišč ( $u_z$ ) - ovojnica MSUSlika 58: Reakcije ( $R_x$  in  $R_z$ ) – ovojnica MSN

- Kontrola pomikov v MSU

Navpični pomik  $L/500$

$$u_z = 29,6 \text{ mm} < u_{\max} = 25000 \text{ mm} / 500 = 50 \text{ mm}$$

Vodoravni pomiki  $H/500$

$$u_x = 2,53 \text{ mm} < u_{\max} = 5900 \text{ mm} / 500 = 11,8 \text{ mm}$$

### 5.2.2 Čelni okvir – okvir s povezjem

Okvir je izračunan z nelinearno analizo. Pri analizi je upoštevana globalna nepopolnost, ki je v programu podana kot horizontalni zamik prečnega okvirja.

- Obtežba na okvir

lastna teža nosilca (g)

lastna teža strehe ( $g_k$ )..... $0,46 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 1,15 \text{ kN/m}$

lastna teža fasadnih nosilcev ( $g_k$ )..... $0,04 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 0,1 \text{ kN/m}$

obtežba snega ( $g_s$ )..... $2,21 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 5,53 \text{ kN/m}$

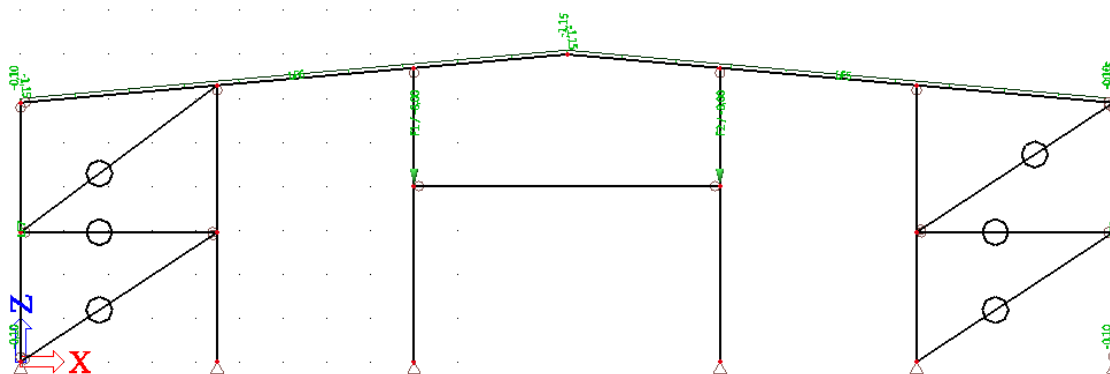
obtežba vetra ( $g_{w,D}$ )..... $0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 0,88 \text{ kN/m}$

obtežba vetra ( $g_{w,E}$ )..... $-0,24 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = -0,6 \text{ kN/m}$

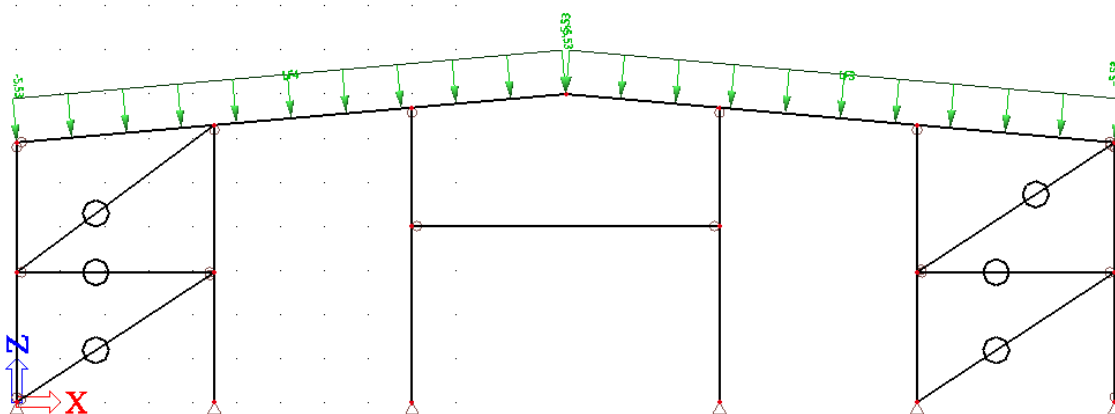
potresna obtežba (A - točkovna obtežba)..... $57,57 \text{ kN}$

teža garažnih vrat ( $g_k$  - točkovna obtežba)..... $8 \text{ kN/steber}$

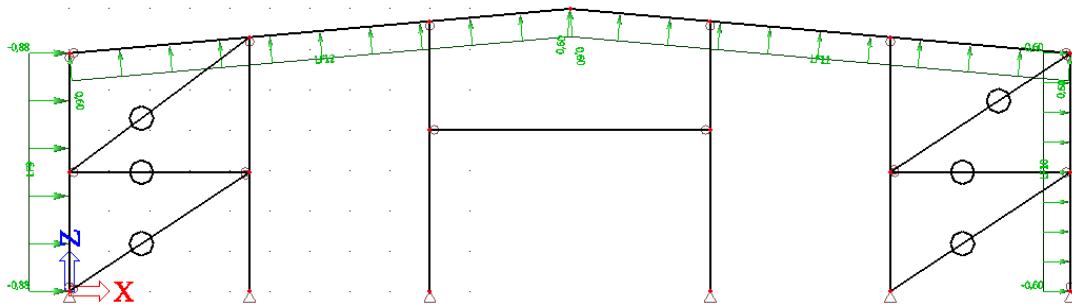
OPOMBA: teža vrat deluje le na notranjih dveh stebri



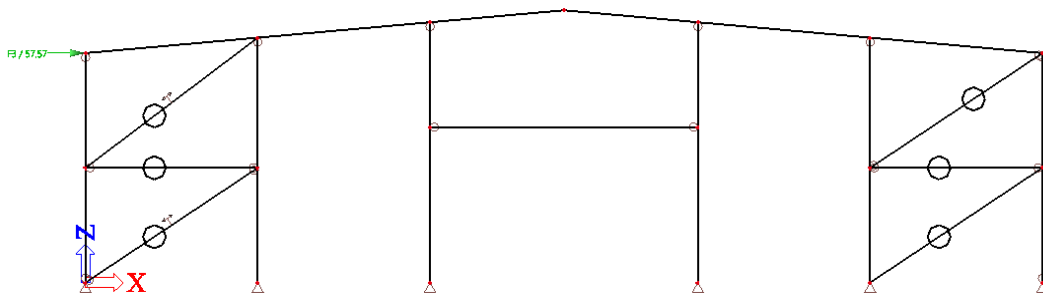
Slika 59: Prikaz stalne obtežbe ( $g_k$ )



Slika 60: Prikaz snežne obtežbe ( $g_s$ )



Slika 61: Prikaz vetrne obtežbe (gw)



Slika 62: Prikaz potresne obtežbe (A)

- Obtežne kombinacije

MSN 1:  $1,35 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_s)$

MSN 2:  $1,35 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_s) + 0,9 \cdot (g_w)$

MSN 3:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_w)$

MSN 4:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,5 \cdot (g_w) + 0,9 \cdot (g_s)$

MSN 5:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 1,0 (A)$

MSU 1:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 0,2 \cdot (g_s)$

MSU 2:  $1,0 \cdot (g + g_k) + 0,5 \cdot (g_w + g_{w,srk})$

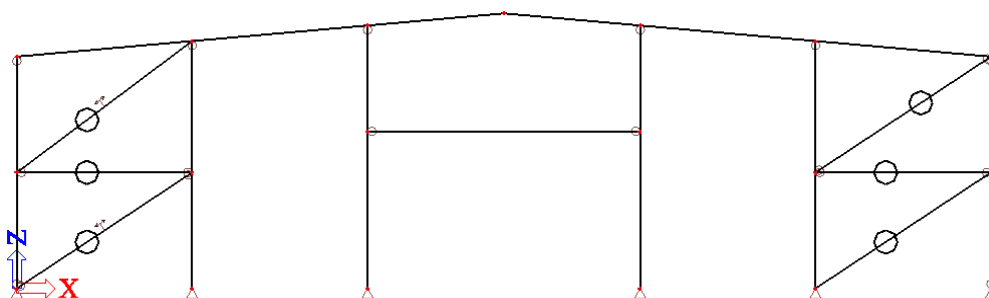
- Skupine kombinacij (ovojnice)

MSN: MSN 1, MSN 2, MSN 3, MSN 4, MSN 5

MSU: MSU 1, MSU 2

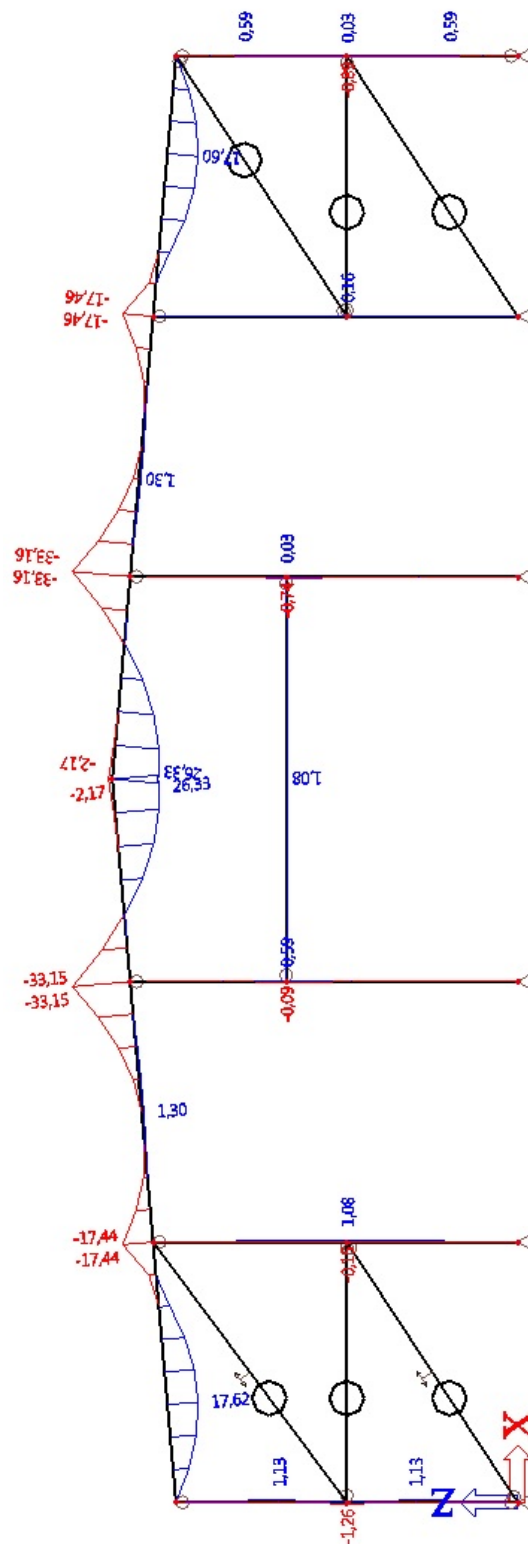
- Rezultati in dimenzioniranje

Izračun izvedem v programu SCIA Engineer. Dimenzioniranje in kontrole najbolj obremenjenih elementov so priložena v prilogi A.

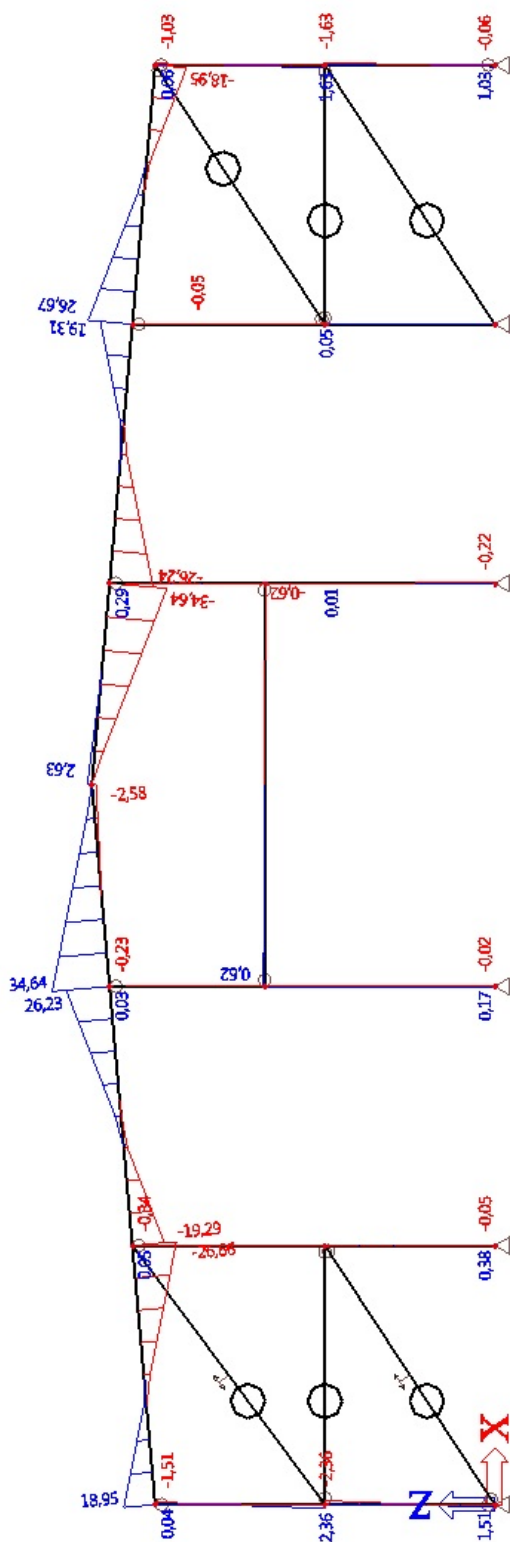


Slika 63: Računski model

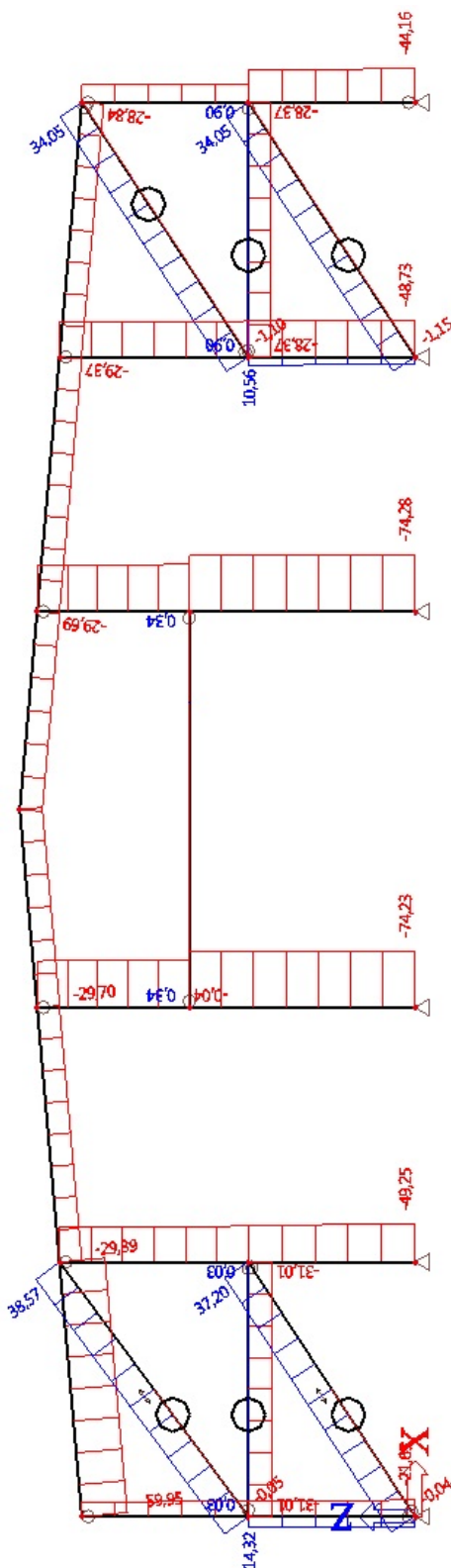




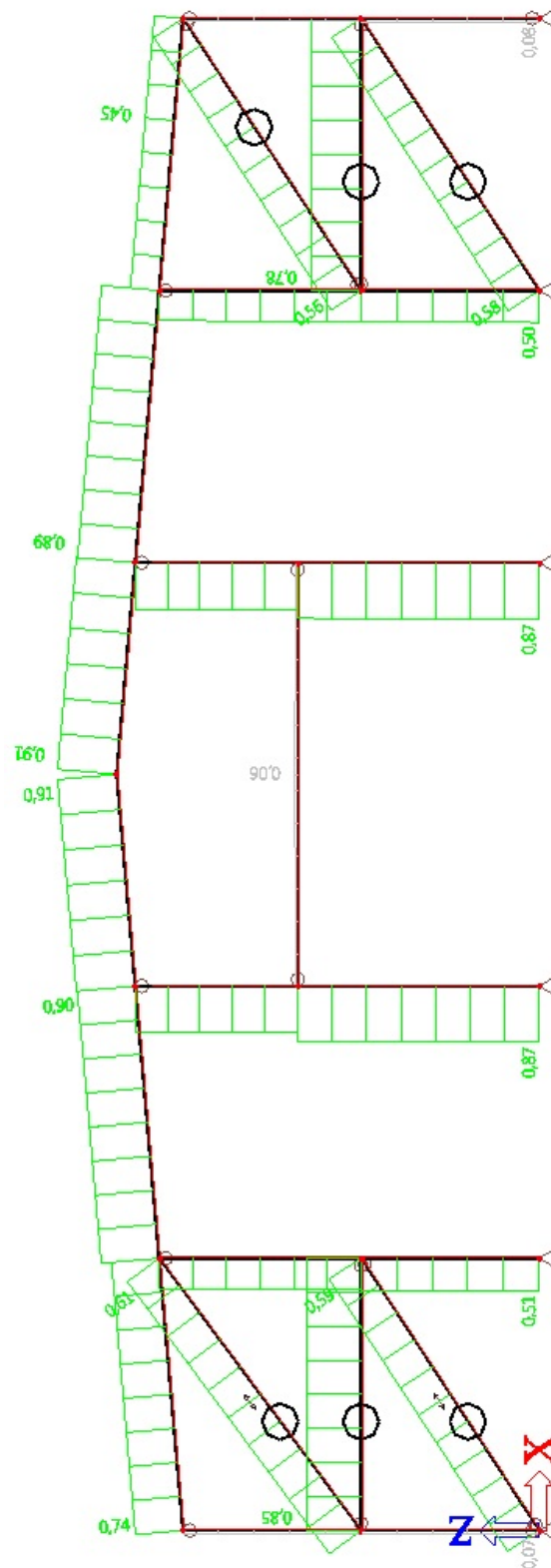
Slika 64: Diagram upogibnih momentov (kNm) – ovojnica MSN



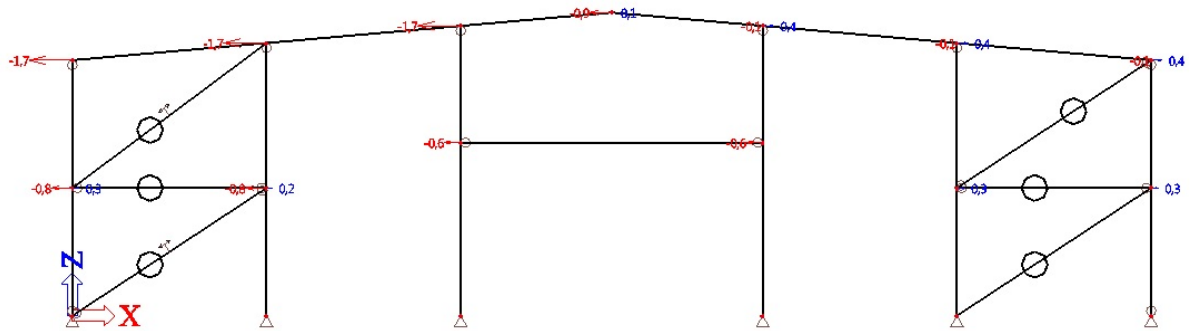
Slika 65: Diagram prečnih sil (kN) – ovojnica MSN



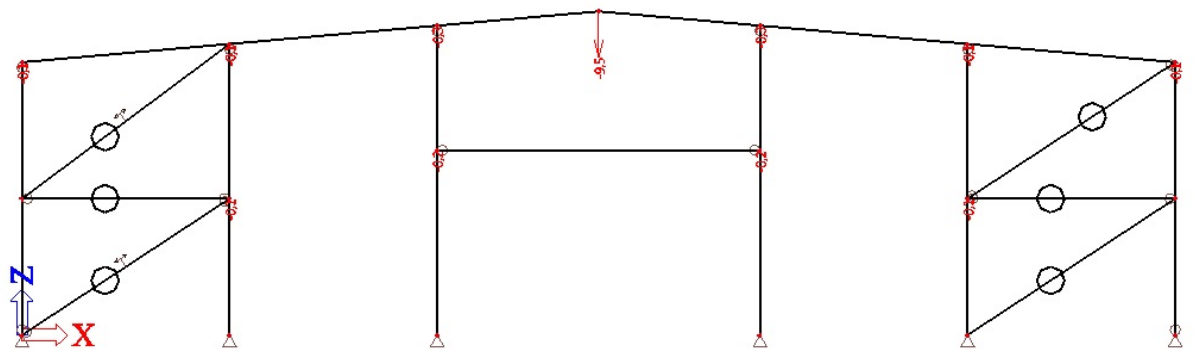
Slika 66: Diagram osnih sil (kN) – ovojnica MSN



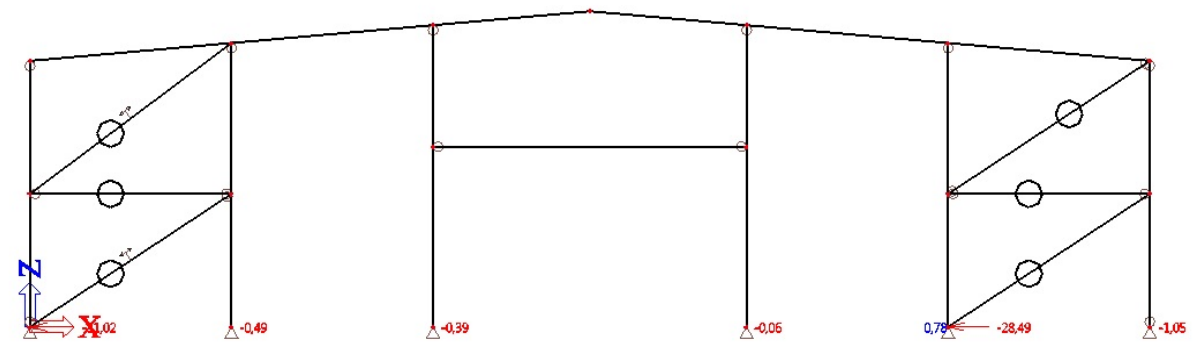
Slika 67: Izkoriščenost prereza – ovojnica MSN



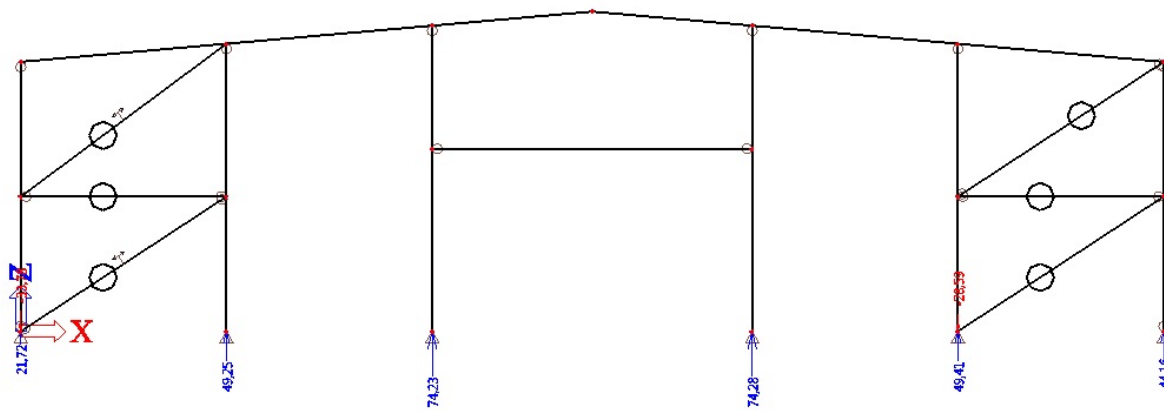
Slika 68: Pomiki vozlišč ( $u_x$ ) - ovojnica MSU



Slika 69: Pomiki vozlišč ( $u_z$ ) - ovojnica MSU



Slika 70: Reakcije ( $R_x$ ) – ovojnica MSN

Slika 71: Reakcije ( $R_z$ ) – ovojnica MSN

- Kontrola pomikov v MSU

Navpični pomik  $L/500$

$$u_z = 9,5 \text{ mm} < u_{\max} = 7000 \text{ mm} / 500 = 14 \text{ mm}$$

Vodoravni pomiki  $H/500$

$$u_x = 1,7 \text{ mm} < u_{\max} = 5900 \text{ mm} / 500 = 11,8 \text{ mm}$$

### 5.2.3 Strešno povezje

V konstrukciji sta predvideni dve strešni povezji. Pri analizi upoštevam samo, da obtežbo prevzamejo samo natezne diagonale.

- Obtežba vetra

$$A_{\text{eff}} = A_{\text{čf}}/2 = 161,25 \text{ m}^2/2 = 80,63 \text{ m}^2$$

$A_{\text{eff}}$  – efektivna površina

$A_{\text{čf}}$  – površina čelne površine

$$g_{w,D} = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$g_w = (g_{w,D} \cdot A_{\text{eff}})/L = (0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 80,63 \text{ m}^2) / 25\text{m} = 1,12 \text{ kN/m}$$

$L$  – širina objekta

- Izbočna sila

Zaradi tlačno obremenjenih portalnih nosilcev lahko pride do izbočenja le teh. Te sile prevzamemo s strešnim povezjem.

$$N_{\text{Ed}} = N_{\text{Max}} + M/h = 191,58 \text{ kN} + 48532 \text{ kNm} / 44\text{cm} = 1294,58 \text{ kN}$$

Merodajna obtežna kombinacija je MSN 1

$$N_{\text{Max}} = 191,58 \text{ kN}$$

$$M_y = 485,32 \text{ kNm}$$

Togost povezja  $L/1000 \rightarrow \beta = 1/41,7 = 0,024$

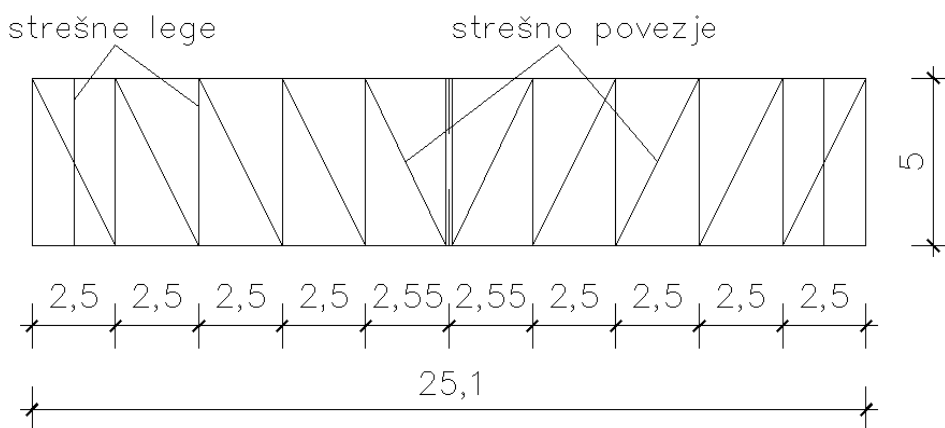
Izbočna sila enega okvirja

$$q_d = \beta \cdot (\Sigma N_{Ed} / L) = 0,024 \cdot (11 \cdot 1294,58 \text{ kN}) / 25,1 \text{ m} = 13,62 \text{ kN/m}$$

$L = 25,1 \text{ m}$  – dolžina povezja

$n = 11$  – število okvirjev

- Zasnova

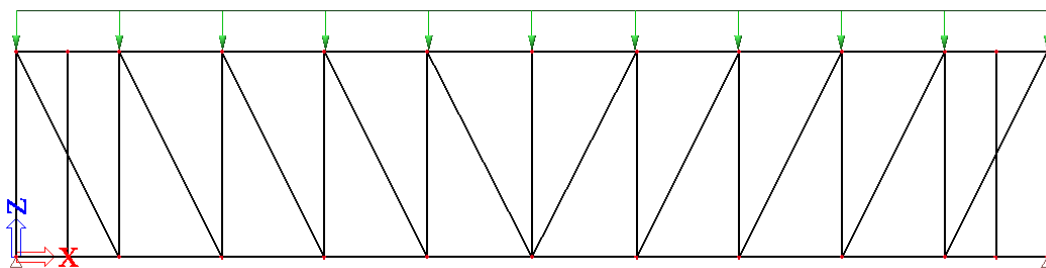


Slika 72: Zasnova strešnega povezja

- Obtežba na strešno povezje

izbočne sile ( $F_{Ed}$ ).....13,62 kN/m

obtežba vetra ( $g_w$ ).....1,12 kN/m



Slika 73: Prikaz vetrne obtežbe in izbočnih sil na strešnem povezju

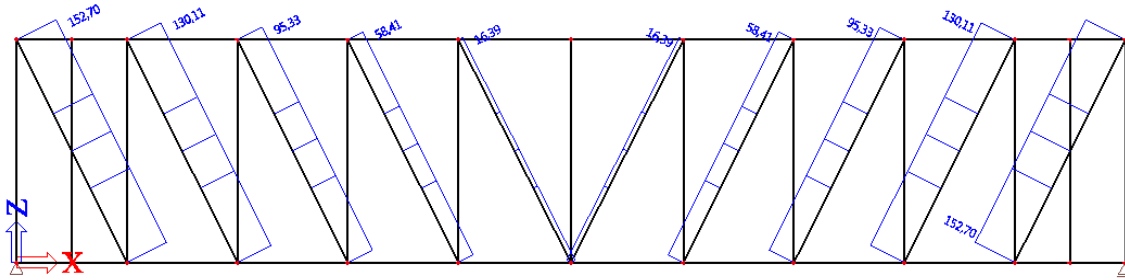
- Obtežne kombinacije

Za strešno povezje:

MSN 1:  $1,0 \cdot (F_{Ed})$

MSN 2:  $1,0 \cdot (F_{Ed}) + 1,5 (g_w)$

- Rezultati



Slika 74: Prikaz osnih sil v diagonalah – MSN

- Dimenzioniranje

Strešna diagonala

$$N_{Ed} = 152,7 \text{ kN}$$

$$A_{potr} \geq (N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / f_y = (152,7 \text{ kN} \cdot 1,0) / 23,5 \text{ kN/cm}^2 = 6,49 \text{ cm}^2$$

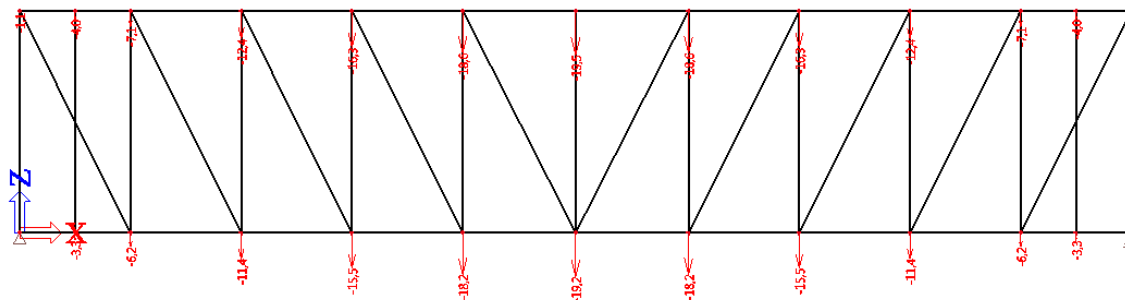
Izberem kotnik 75x7,  $A = 10,1 \text{ cm}^2$

Vijaki M27 8.8

$$N_{Ed} = 12,59 \text{ kN} < N_{u,Rd} = (2 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot f_u) / \gamma_{M2} =$$

$$= (2 \cdot (3,4 \text{ cm} - 0,5 \cdot 3 \text{ cm}) \cdot 0,7 \text{ cm} \cdot 80 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 170,24 \text{ kN}$$

- Kontrola togosti (pomikov) strešnega povezja



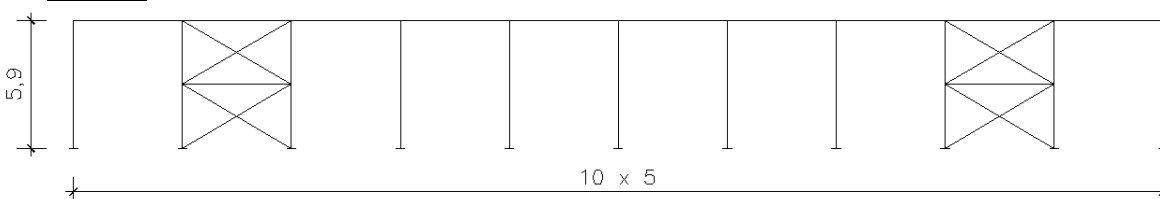
Slika 75: Pomiki strešnega povezja – MSN

$$u_z = 19,2 \text{ mm} < u_{\max} = 25100 \text{ mm} / 1000 = 25,1 \text{ mm}$$

## 5.2.4 Povezje v vzdolžni smeri

Pri analizi upoštevam, da horizontalne sile v vzdolžni smeri prevzame eno povezje.

- Zasnova



Slika 76: Zasnova vzdolžnega povezja

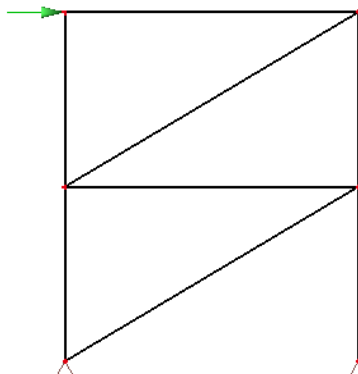


OPOMBA: Pri statični analizi upošteval samo eno povezje.

- Obtežba na eno povezje

reakcije strešnega povezja ( $R_z$ ).....192 kN  
potresna obtežba (A - točkovna obtežba).....197,9 kN

OPOMBA: V reakcijo strešnega povezja je všteta izbočna sila in obtežba vetra.



Slika 77: Prikaz točkovne obtežbe za potresno obtežbo in za reakcijo strešnega povezja

- Obtežne kombinacije

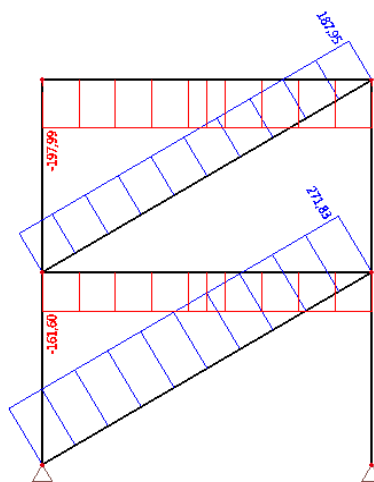
Za strešno povezje:

MSN 1:  $1,0 \cdot (A)$

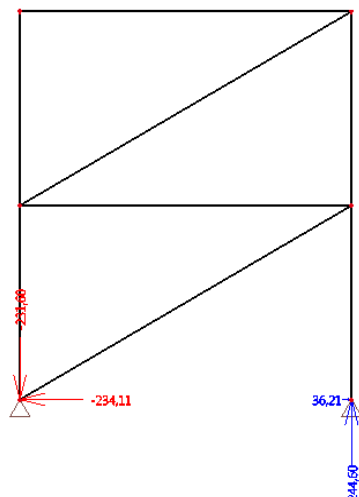
MSN 2:  $1,0 \cdot (R_z)$

- Rezultati

Pri izračunu upoštevam MSN 1



Slika 78: Prikaz osnih sil v povezju



Slika 79: Reakcije v povezju

- Dimenzioniranje

- Diagonala

$$N_{Ed} = 271,83 \text{ kN}$$

$$A_{potr} \geq (N_{Ed} \cdot \gamma_{M0})/f_y = (271,83 \text{ kN} \cdot 1,0)/23,5 \text{ kN/cm}^2 = 11,6 \text{ cm}^2$$

Izberem diagonalo U180 ,  $A = 28 \text{ cm}^2$

- Povezovalna prečka (prečka med okvirji)

$$N_{Ed} = 197,9 \text{ kN (tlak)}$$

Izberem škatlasti profil SHS 60x60x5

$$A = 10,73 \text{ cm}^2$$

$$N_{Ed} = 197,9 \text{ kN} < N_{pl,Rd} = A \cdot f_y/\gamma_{M0} = (10,73 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2)/1,0 = 252,16 \text{ kN}$$

Kontrola nosilnosti

$$N_{Ed} = 197,9 \text{ kN} < N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y)/\gamma_{M0} = (1 \cdot 10,73 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2)/1,0 = 252,16 \text{ kN}$$

$$\lambda = l_u/(i \cdot \lambda_1) = 500\text{cm}/(49,5 \text{ cm} \cdot 93,9) = 0,11 < 0,2 \leftarrow \text{Ni nevarnosti uklona}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 93,9$$

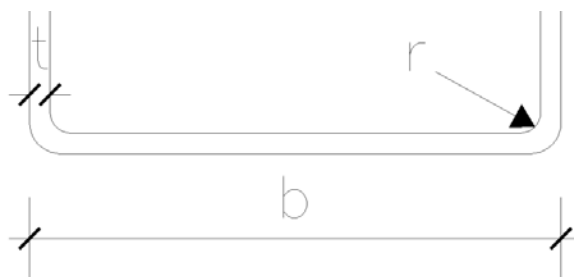
$$i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(531,21 \text{ cm}^4/10,73 \text{ cm}^2)} = 49,5 \text{ cm}$$

Kontrola kompaktnosti

$$c/t = 40 \text{ mm}/5 \text{ mm} = 8 < 33 \cdot \epsilon = 33$$

Prerez je v 1. Razredu kompaktnosti

$$c = b - 2 \cdot t - 2 \cdot r = 60 \text{ mm} - 2 \cdot 5 \text{ mm} - 2 \cdot 5 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$



Slika 80: Kompaktnost

## 6 DIMENZIONIRANJE SPOJEV

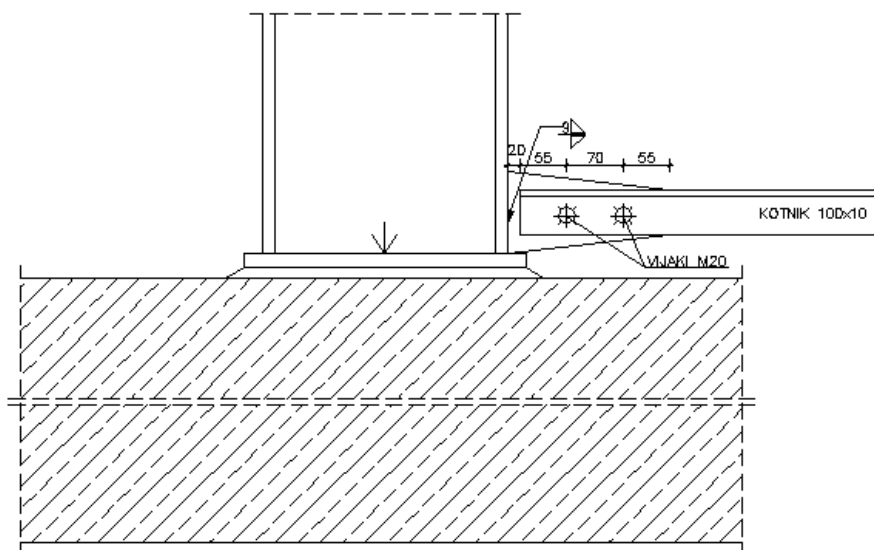
Dimenzioniranje spojev je narejeno v skladu z SIST EN 1993-1-8

### 6.1 Natezna vez v portalnem okvirju

- Zasnova

Kotnik 100x10

Vezna pločevina ( $l_{vp} / b_{vp} / t_{vp}$ ): 200 mm / 100 mm / 10 mm



Slika 81: Zasnova spoja

- Obremenitev

$N_{Ed} = 170,56 \text{ kN}$  – reakcija portalnega okvirja (glej stran 37)

- Dimenzioniranje

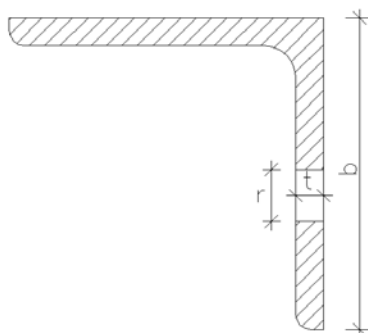
Kotnik je na steber priključen preko enega kraka, zato kontroliram neto prerez.

- Nosilnost neto prereza

Izberem kotnik 100 x 10

$$A_{\text{neto}} = 19,2 \text{ cm}^2 - 3 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} = 16,2 \text{ cm}^2$$

$$N_{Ed} = 172,23 \text{ kN} < N_{u,Rd} = (\beta \cdot A_{\text{neto}} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (0,4 \cdot 16,2 \text{ cm}^2 \cdot 36 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 186,6 \text{ kN}$$



Slika 82: Neto prerez

- Vezna pločevina

$$t_v = 1 \text{ cm}$$

$$h_v = 10 \text{ cm}$$

$$l_v = 20 \text{ cm}$$

Odmik krajnega vijaka od konca pločevine (v smeri obtežbe)

$$e_1 \geq 2,5 \cdot d_o = 2,5 \cdot 2,2 \text{ cm} = 5,5 \text{ cm}$$

$$e_1 = 6 \text{ cm}$$

Odmik krajnega vijaka od konca pločevine (pravokotno na smer obtežbe)

$$e_2 = h_v/2 = 10 \text{ cm}/2 = 5 \text{ cm}$$

Razdalja med vijaki

$$p_1 = 3 \cdot d_o = 3 \cdot 2,2 \text{ cm} = 6,6 \text{ cm}$$

$$p_1 = 7 \text{ cm}$$

$$\Delta = 2 \text{ cm}$$

- Nosilnost vijaka

Izberem vijake M20 8.8

$$N_{Ed} < n \cdot F_{v,Rd}$$

$$N_{Ed} = 172,23 \text{ kN} < 2 \cdot 98 \text{ kN} = 186 \text{ kN}$$

$F_{v,Rd} = 98 \text{ kN}$  – strižna nosilnost vijaka

$n = 2$  – število vijakov

- Kontrola bočnih pritiskov

Robni vijak

$$F_{b,Rd} = 129,6 \text{ kN} > 172,23 \text{ kN}/2 = 86,12 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (2,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} \cdot 36 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 129,6 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,8 \cdot (e_2/d_o) - 1,7; 2,5) = \min(4,66; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = e_1/(3 \cdot d_o) = 0,9$$

$$t = \min(1 \text{ cm}; 1 \text{ cm}) = 1 \text{ cm}$$

Notranji vijak

$$F_{b,Rd} = 116,64 \text{ kN} > 172,23 \text{ kN}/2 = 86,12 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (2,5 \cdot 0,81 \cdot 1 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} \cdot 36 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 116,64 \text{ kN}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = (p_1/3 \cdot d_o) - 1/4 = 0,81$$

$$t = \min(1 \text{ cm}; 1 \text{ cm}) = 1 \text{ cm}$$

Zvar med vezno pločevino in stebrom

$$a_f \geq 0,46 \cdot t_f = 0,46 \cdot 19 \text{ mm} = 8,74 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 19 \text{ mm} = 13,3 \text{ mm}$$

$$a_f = 8,74 \text{ mm} \leq a_{\max} = 13,3 \text{ mm}$$

Izberem  $a_f = 9 \text{ mm}$

## 6.2 Momenti spoj nosilca na steber

- Obremenitev

Merodajna obtežna kombinacija MSN 1

$M_{Ed} = 99507 \text{ kNm}$

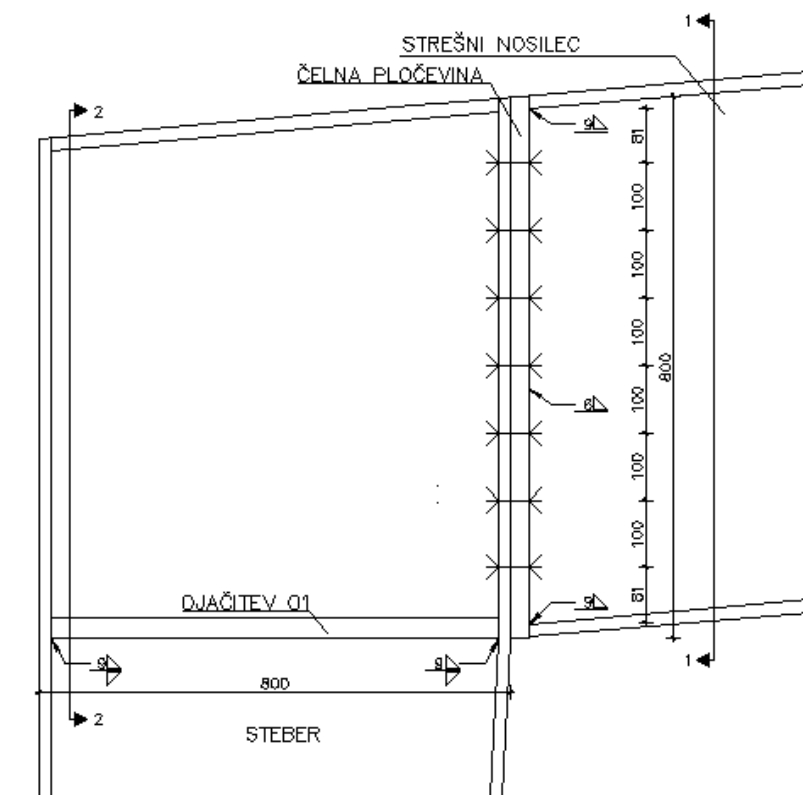
$V_{Ed} = 251,55 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 194,16 \text{ kN (tlak)}$

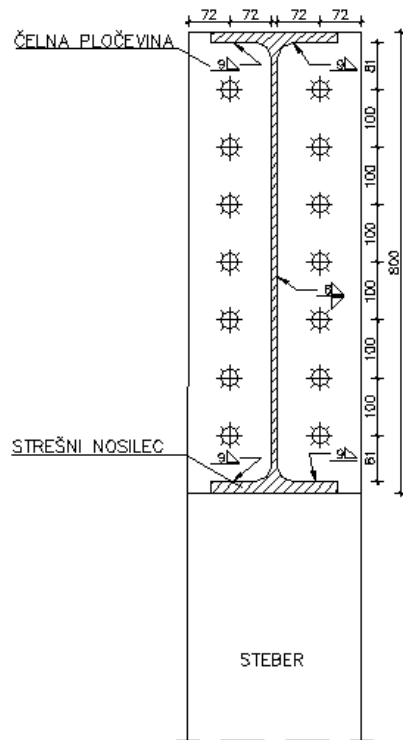
- Zasnova

Dimenzije čelne pločevine ( $l_{cp} / b_{cp} / t_{cp}$ ): 800 mm / 220 mm / 30 mm

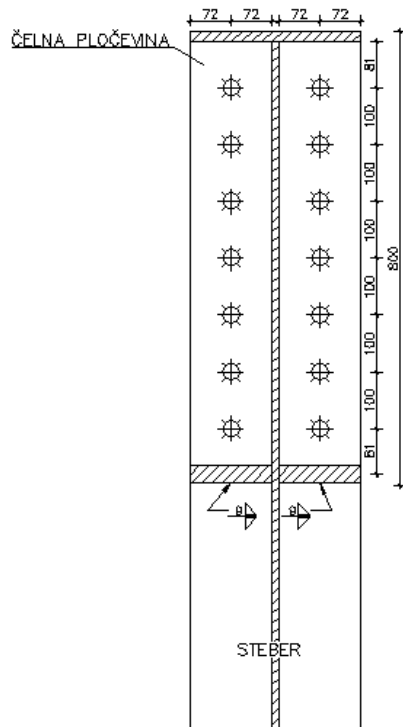
Dimenzije ojačitve O1 ( $l_{o1} / b_{o1} / t_{o1}$ ): 754 mm / 104 mm / 25 mm



Slika 83: Zasnova spoja



Slika 84: Zasnova spoja – prerez 1-1



Slika 85: Zasnova spoja - prerez 2-2

- Dimenzioniranje

- Zvar med čelno pločevino in strešnim nosilcem

$$a_f \geq 0,46 \cdot t_f = 0,46 \cdot 19 \text{ mm} = 8,74 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 19 \text{ mm} = 13,3 \text{ mm}$$

$$a_f = 8,74 \text{ mm} \leq a_{\max} = 13,3 \text{ mm}$$

Izberem  $a_f = 12 \text{ mm}$

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 12 \text{ mm} = 5,52 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 12 \text{ mm} = 8,4 \text{ mm}$$

$$a_w = 5,52 \text{ mm} \leq a_{\max} = 8,4 \text{ mm}$$

Izberem  $a_w = 6 \text{ mm}$

- Kontrola vijakov

Izberem 2 x 7 vijakov M27 8.8

Razporeditev sil med vijake

$a_1 = 8,1 \text{ cm}$  – razdalja od pasnice nosilca

$b_1 = 10 \text{ cm}$  – razdalja med vijaki

$a_2 = 7,2 \text{ cm}$  – razdalja od stojine nosilca

Določitev sil:

$$r_1 = 9,05 \text{ cm}$$

$$r_2 = 19,05 \text{ cm}$$

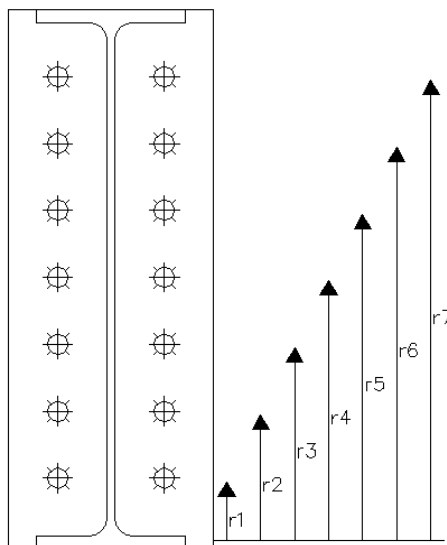
$$r_3 = 29,05 \text{ cm}$$

$$r_4 = 39,05 \text{ cm}$$

$$r_5 = 49,05 \text{ cm}$$

$$r_6 = 59,05 \text{ cm}$$

$$r_7 = 69,05 \text{ cm}$$



Slika 86: Prikaz ročic za določitev sil

$$h_t = 78,1 \text{ cm}$$

$$M_{Ed}^* = 99507 \text{ kNcm} - 78,1 \text{ cm} \cdot 194,16 \text{ kN} = 91925,05 \text{ kNcm}$$

$$F_{\max} = (r_8 / (2 \cdot \sum r_i^2)) \cdot M_{Ed}^* = 235,54 \text{ kN}$$

$$F_1 = 30,87 \text{ kN}$$

$$F_2 = 64,98 \text{ kN}$$

$$F_3 = 99,09 \text{ kN}$$

$$F_4 = 133,2 \text{ kN}$$

$$F_5 = 167,32 \text{ kN}$$

$$F_6 = 201,43 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 254,16 \text{ kN} - \text{projektna natezna nosilnost vijaka}$$

$$F_{max} = 235,54 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 254,16 \text{ kN}$$

Kontrola vijakov

$$F_{v,Ed} = V_{Ed}/n = 251,55 \text{ kN}/14 = 17,97 \text{ kN}$$

$n = 14$  – število vijakov

$$F_{v,Rd} = 176,3 \text{ kN} - \text{projektna strižna nosilnost vijaka skozi navoj}$$

$$F_{v,Ed} = 17,97 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 176,3 \text{ kN}$$

Interakcija strig-nateg

$$(F_{v,Ed}/F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed}/(1,4 \cdot F_{t,Rd})) \leq 1,0$$

$$0,13 + 0,67 = 0,8 < 1,0$$

- Vnos tlačne sile v steber

Celotno tlačno silo prevzame ojačitev

$$F_c = \Sigma F_i + N_{Ed} = 932,43 \text{ kN} + 194,16 \text{ kN} = 1126,59 \text{ kN}$$

$$F_{Rd,O1} = b_{o1} \cdot 2 \cdot t_{p01} \cdot f_y/\gamma_{M0} = 10,4 \text{ cm} \cdot 2,5 \text{ cm} \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,0 = 1222 \text{ kN}$$

$$F_c = 1126,59 \text{ kN} < F_{Rd,O1} = 1222 \text{ kN}$$

OPOMBA: Ojačitev O1 je privarjena na obeh straneh stojine stebra

Zvar med ojačitvijo O1 in HEA 400

$$a_f \geq 0,46 \cdot t_f = 0,46 \cdot 19 \text{ mm} = 8,74 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 0,7 \cdot 19 \text{ mm} = 13,3 \text{ mm}$$

$$a_f = 8,74 \text{ mm} \leq a_{max} = 13,3 \text{ mm}$$

Izberem  $a_f = 12 \text{ mm}$

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 11 \text{ mm} = 5,06 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 0,7 \cdot 11 \text{ mm} = 7,7 \text{ mm}$$

$$a_w = 5,06 \text{ mm} \leq a_{max} = 7,7 \text{ mm}$$

Izberem  $a_w = 6 \text{ mm}$

- Strižni panel

$$V_{Ed} = M_{Ed}^*/h_t = 91925,05 \text{ kNcm} / 78,1 \text{ cm} = 1177,02 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}) = (114,2 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2) / (1,0 \cdot \sqrt{3}) = 1549,43 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 237 \text{ cm}^2 - 2 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 2,3 \text{ cm} + (1,2 \text{ cm} + 2 \cdot 2,7 \text{ cm}) \cdot 2,3 \text{ cm}$$

$$A_v = 114,2 \text{ cm}^2$$

$$V_{Ed} = 1177,02 \text{ kN} < V_{pl,Rd} = 1549,43 \text{ kN} \rightarrow \text{pogoj je izpolnjen ni potrebe po dodatni ojačitvi}$$

Kompaktnost stojine

$$h_w/t_w = 69,4 \text{ cm} / 1,15 \text{ cm} = 60,35 < 72 \cdot (\epsilon/\eta) = 72 \cdot (1/1,15) = 62,6 \leftarrow \text{stojina je kompaktna na strig}$$



### 6.3 Momentni spoj med strešnima nosilcema

- Obremenitev

Merodajna obtežna kombinacija MSN 1

$$M_{Ed} = 48532 \text{ kNm}$$

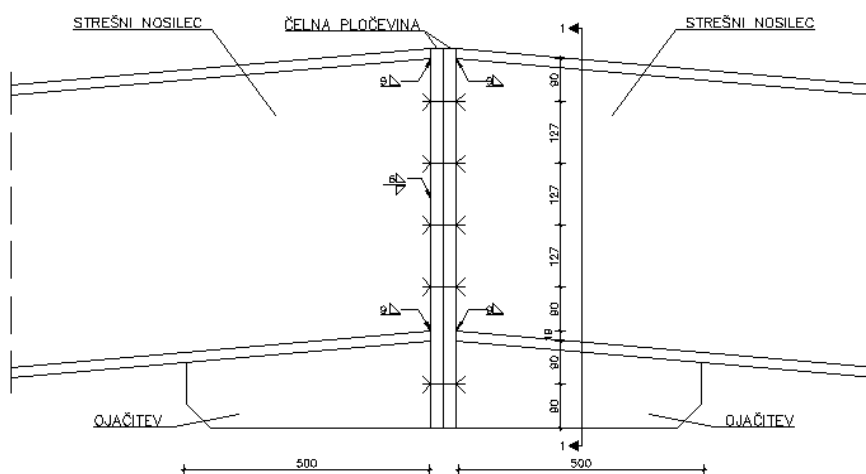
$$N_{prip} = 191,51 \text{ kN (tlak)}$$

OPOMBA: Velikost prečne sile je zelo majhna, zato jo zanemarim.

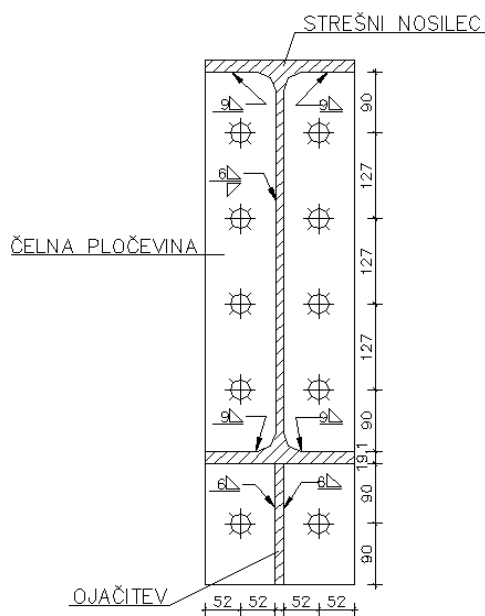
- Zasnova

Dimenzije čelne pločevine ( $l_{cp} / b_{cp} / t_{cp}$ ): 780 mm / 220 mm / 22 mm

Dimenzije ojačitve ( $l_o / t_o$ ): 500 mm / 12 mm



Slika 87: Zasnova spoja



Slika 88: Zasnova spoja – prerez

- Dimenzioniranje

- Zvar med čelno pločevino in nosilcem (polnosilen zvar)

$$a_f \geq 0,46 \cdot t_f = 0,46 \cdot 19 \text{ mm} = 8,7 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 19 \text{ mm} = 13,3 \text{ mm}$$

$$a_f = 8,7 \text{ mm} \leq a_{\max} = 13,3 \text{ mm}$$

Izberem  $a_f = 12 \text{ mm}$

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 12 \text{ mm} = 5,52 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 12 \text{ mm} = 8,4 \text{ mm}$$

$$a_w = 5,52 \text{ mm} \leq a_{\max} = 8,4 \text{ mm}$$

Izberem  $a_w = 6 \text{ mm}$

- Kontrola vijakov

Izberem 2 x 5 vijake M20 10.9

Razporeditev sil med vijake

$a_1 = 9 \text{ cm}$  – razdalja od pasnice nosilca

$b_1 = 12,7 \text{ cm}$  – razdalja med vijaki

$a_2 = 5,2 \text{ cm}$  – razdalja od stojine nosilca

Določitev sil:

$$r_1 = 10 \text{ cm}$$

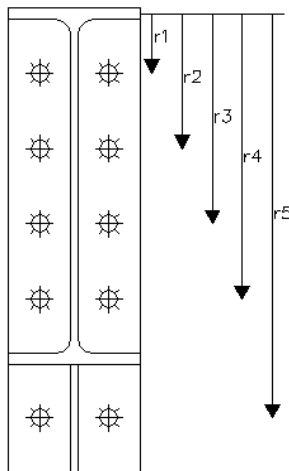
$$r_2 = 22,7 \text{ cm}$$

$$r_3 = 35,4 \text{ cm}$$

$$r_4 = 48,2 \text{ cm}$$

$$r_5 = 68,1 \text{ cm}$$

$$h_t = 68,1 \text{ cm}$$



Slika 89: Prikaz ročic za določitev sil

$$M_{Ed}^* = 48532 \text{ kNcm} - 68,1 \text{ cm} \cdot 193,16 \text{ kN} = 42015,9 \text{ kNcm}$$

$$F_{\max} = (r_4 / (2 \cdot \sum r_i^2)) \cdot M_{Ed}^* = 162,1 \text{ kN}$$

$$F_1 = 23,7 \text{ kN}$$

$$F_2 = 54 \text{ kN}$$

$$F_3 = 84,4 \text{ kN}$$

$$F_4 = 114,7 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN} \text{ – projektna natezna nosilnost vijaka}$$

$$F_{\max} = 162,1 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN}$$

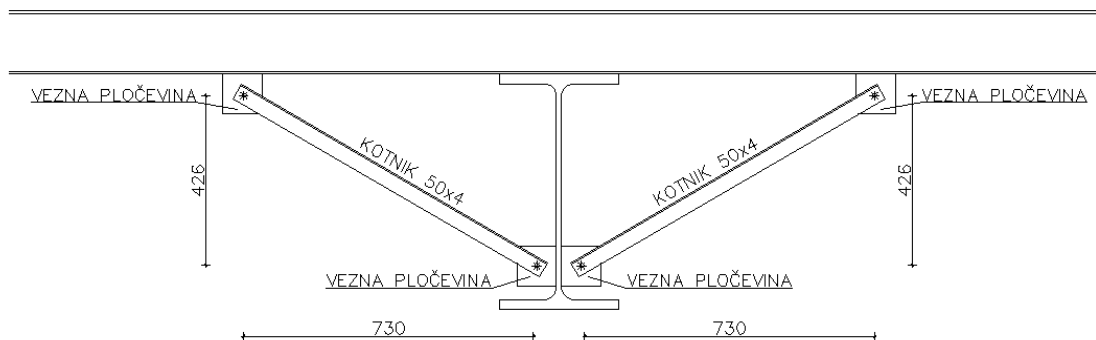
## 6.4 Podpora spodnjega pasa strešnega nosilca

- Zasnova

Kotnik 50 x4

Vežna pločevina 100 mm / 100 mm / 4 mm

Vijak M12 10.9



Slika 90: Zasnova podpore

- Obremenitev

- Izbočna sila

$$N_{Ed} = N_{Max} + M/h = 191,58 \text{ kN} + 48532 \text{ kNcm} / 44\text{cm} = 1294,58 \text{ kN}$$

Merodajna obtežna kombinacija je MSN 1

$$N_{Max} = 191,58 \text{ kN}$$

$$M_y = 485,32 \text{ kNm}$$

$$Q_m = 1,5 \cdot \alpha_m \cdot (N_{Ed} / 100) = 1,5 \cdot 1 \cdot (1294,58 \text{ kN} / 100) = 19,42 \text{ kN}$$

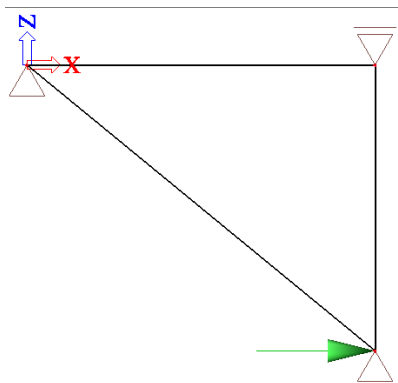
$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/m)} = \sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/1)} = 1$$

$m = 1$  – podpiramo en strešni nosilec

Izbočna sila na eno podporo:

Spodnji pas strešnega nosilca podpiram dvakrat.

$$F_{Ed} = Q_m / 2 = 19,42 \text{ kN} / 2 = 9,71 \text{ kN}$$

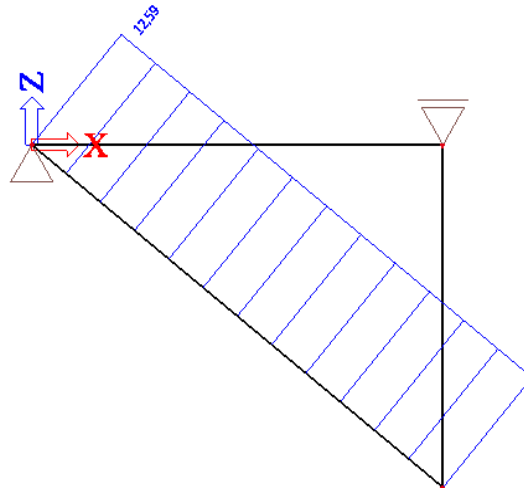


Slika 91: Prikaz točkovne obremenitve - izbočna sila

- Kombinacije

K1:  $1,0 \cdot F_{Ed}$

- Dimenzioniranje



Slika 92: Prikaz osnih sil

$N_{Ed} = 12,59 \text{ kN}$  (nateg)

- Nosilnost neto prereza

Izberem kotnik 50 x 4

$$N_{Ed} = 12,59 \text{ kN} < N_{u,Rd} = (2 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_o) \cdot t \cdot f_u) / \gamma_{M2} = \\ = (2 \cdot (2,3 \text{ cm} - 0,5 \cdot 1,8 \text{ cm}) \cdot 0,4 \text{ cm} \cdot 80 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 71,7 \text{ kN}$$

- Kontrola vijaka

Izberem M16 8.8

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

$F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$  – projektna strižna nosilnost vijaka skozi navoj

$$N_{Ed} = 12,59 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$

- Vezna pločevina

Dimenzije vezne pločevine: 100 mm / 100 mm / 3 mm

Zvar med vezno pločevino in nosilec

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 4 \text{ mm} = 1,84 \text{ mm}$$

Izberem  $a_w = 3 \text{ mm}$

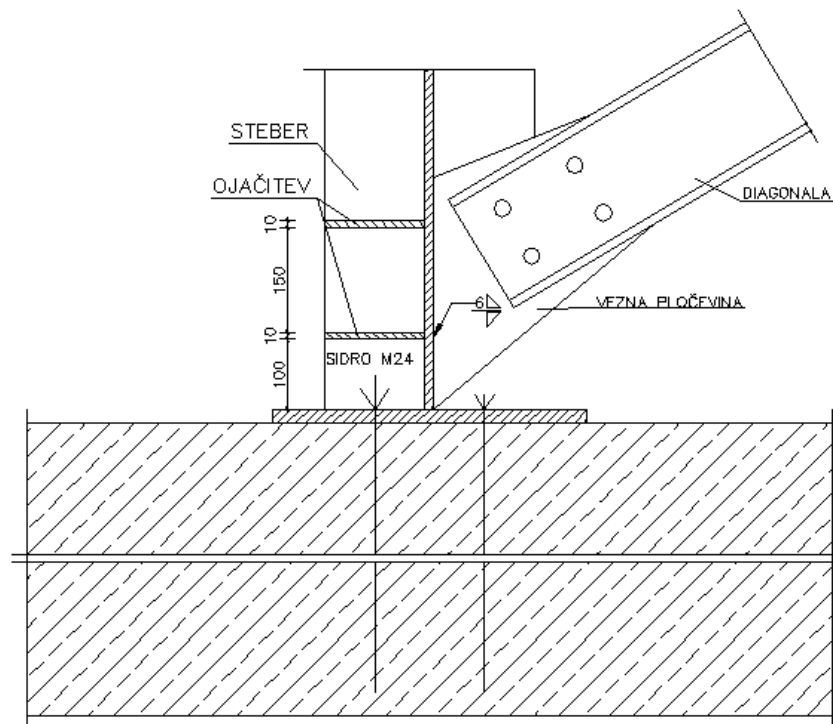
Zvar med vezno pločevino in strešno lego

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 4 \text{ mm} = 1,84 \text{ mm}$$

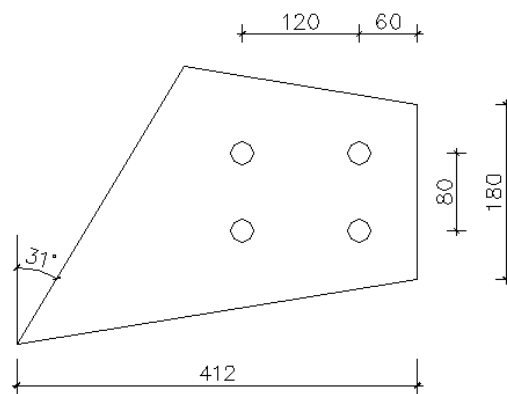
Izberem  $a_w = 3 \text{ mm}$

## 6.5 Spoj diagonale na steber

- Zasnova



Slika 93: Zasnova spoja



Slika 94: Vezna pločevina

- Ojačitev

$$F_{Ed} = 271,83 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 2 \cdot (b \cdot t \cdot f_y / \gamma_{M0}) = 2 \cdot (35 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2) / 1,0 = 1645 \text{ kN}$$

$$F_m = 271,83 \text{ kN} < F_{Rd,01} = 1645 \text{ kN}$$

- Diagonala U180

• Obremenitev

$$N_{Ed} = 271,83 \text{ kN (glej stran 51)}$$

• Dimenzioniranje

- Zvar med vezno pločevino in stebrom

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 11 \text{ mm} = 5,06 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 11 \text{ mm} = 7,7 \text{ mm}$$

$$a_w = 5,06 \text{ mm} \leq a_{\max} = 7,7 \text{ mm}$$

Izberem  $a_w = 6 \text{ mm}$

- Kontrola oslabiljenega dela prereza

$$A_{\text{neto}} = 2 \cdot ((A/2) - d_0 \cdot t_w) = 2 \cdot ((28 \text{ cm}^2/2) - 2,4 \text{ cm} \cdot 0,8 \text{ cm}) = 24,16 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 271,83 \text{ kN} < N_{u,Rd} = (\beta \cdot A_{\text{neto}} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (0,7 \cdot 28 \text{ cm}^2 \cdot 36 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 564,48 \text{ kN}$$

- Kontrola vijaka

Izberem vijake M22 8.8

$$N_{Ed} = 271,83 \text{ kN} < n \cdot F_{v,Rd} = 4 \cdot 116,4 \text{ kN} = 465,6 \text{ kN}$$

$F_{v,Rd} = 116,4 \text{ kN}$  – projektna strižna nosilnost vijaka skozi navoj

$n = 4$  – število vijakov

Odmik krajnega vijaka od konca pločevine (v smeri obtežbe)

$$e_1 \geq 2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 2,4 \text{ cm} = 6 \text{ cm}$$

$$e_1 = 6 \text{ cm}$$

Odmik krajnega vijaka od konca pločevine (pravokotno na smer obtežbe)

$$e_2 \geq 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 2,4 \text{ cm} = 3,6 \text{ cm}$$

$$e_2 = (h - p_2) / 2 = (18 \text{ cm} - 8 \text{ cm}) / 2 = 5 \text{ cm}$$

$$e_2 = 5 \text{ cm}$$

Razdalja med vijaki v smeri obtežbe

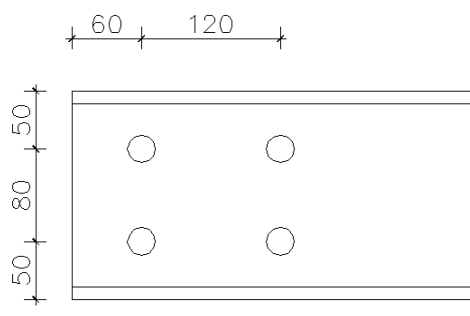
$$p_1 = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 2,4 \text{ cm} = 7,2 \text{ cm}$$

$$p_1 = 12 \text{ cm}$$

Razdalja med vijaki pravokotno na smer obtežbe

$$p_2 = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 2,4 \text{ cm} = 7,2 \text{ cm}$$

$$p_2 = 8 \text{ cm}$$



Slika 95: Razporeditev vijakov

### Kontrola bočnih pritiskov

#### Robni vijak

$$N_{Ed} = 271,83 \text{ kN}/4 = 67,96 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 145,14 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (2,5 \cdot 0,833 \cdot 1,1 \text{ cm} \cdot 2,2 \text{ cm} \cdot 36 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 145,14 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,8 \cdot (e_2/d_0) - 1,7; 2,5; 1,4 \cdot (p_2/d_0) - 1,7) = \min(4,1; 2,5; 2,96) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e_1/(3 \cdot d_0); (f_{ub}/f_u); 1) = \min(0,833; 2,22; 1) = 0,833$$

$$t = \min(1,1 \text{ cm}; 2,4 \text{ cm}) = 1,1 \text{ cm}$$

#### Notranji vijak

$$N_{Ed} = 225,1 \text{ kN}/4 = 56,28 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 190,1 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u) / \gamma_{M2} = (2,5 \cdot 1 \cdot 1,1 \text{ cm} \cdot 2,4 \text{ cm} \cdot 36 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 190,1 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,8 \cdot (e_2/d_0) - 1,7; 2,5; 1,4 \cdot (p_2/d_0) - 1,7) = \min(4,1; 2,5; 2,96) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(p_1/(3 \cdot d_0); (f_{ub}/f_u); 1) = \min(1,66; 2,22; 1) = 1$$

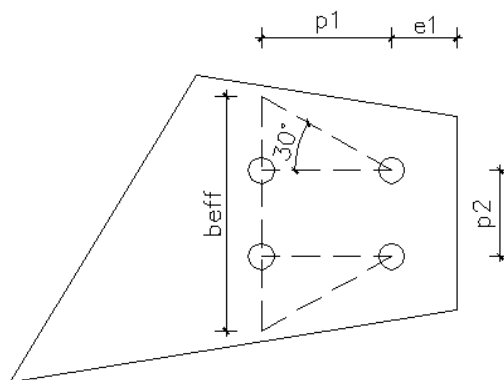
$$t = \min(1,1 \text{ cm}; 2,4 \text{ cm}) = 1,1 \text{ cm}$$

#### - Kontrola vezne pločevine

$$\text{Neto prerez: } A_n = b_{eff} \cdot t_v = 16,1 \text{ cm} \cdot 2,4 \text{ cm} = 38,64 \text{ cm}^2$$

$$b_{eff} = 2 \cdot 2 \cdot p_1 \cdot \tan(30^\circ) + p_2 - 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 2 \cdot 8 \text{ cm} \cdot 0,577 + 8 \text{ cm} - 2 \cdot 2,4 \text{ cm} = 21,66 \text{ cm}$$

$$N_{Ed} = 225,1 \text{ kN} < N_{u,Rd} = (0,9 \cdot A_n \cdot f_y) / \gamma_{M2} = (0,9 \cdot 21,66 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2) / 1,25 = 366,49 \text{ kN}$$



Slika 96: Prikaz učinkovite sodelujoče širine

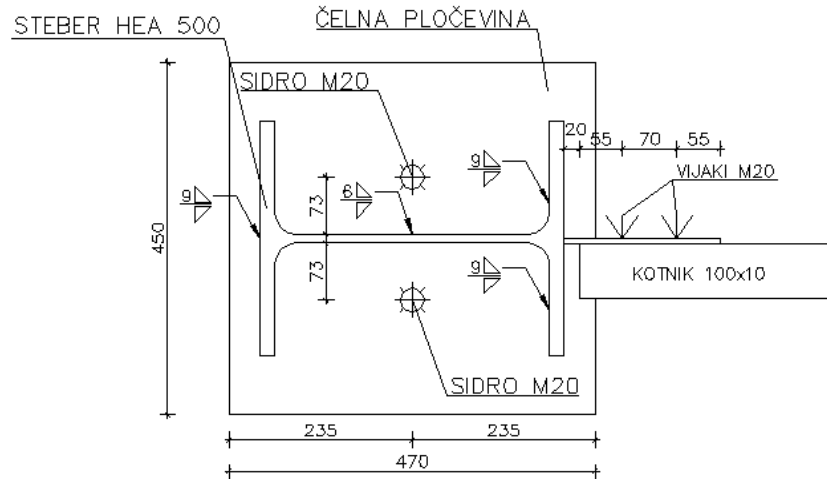
## 6.6 Členkasti priključek na temelj

### • Zasnova

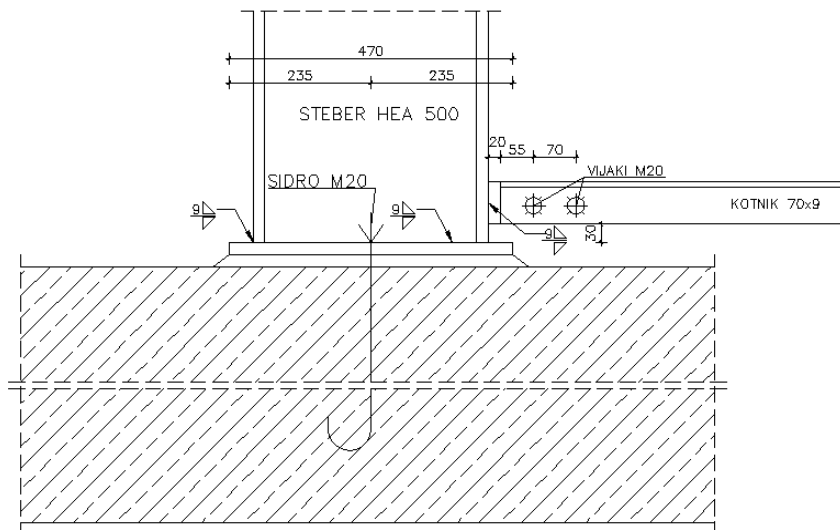
Dimenzije čelne pločevine ( $l_{čp} / b_{čp} / t_{čp}$ ): 470 mm / 450 mm / 20 mm

Podlitje ( $l_{čp} / b_{čp} / t_{čp}$ ): 470 mm / 450 mm / 20 mm

Sidrni vijak kvalitete 8.8, dolžine 1000 mm



Slika 97: Zasnova priključka - prerez



Slika 98: Zasnova priključka

### • Obremenitev

1. Obremenitev dobljena iz reakcij pri okvirju s povezjem (glej stran 51).

$$N_{Ed} = 231,6 \text{ kN (izvlek)}$$

$$V_{prip} = 234,11 \text{ kN}$$

OPOMBA: Osno silo zmanjšam zaradi ugodnega vpliva lastne teže konstrukcije, fasade in strehe.

$$N_{Ed} = 231,6 \text{ kN} - 54,8 \text{ kN} = 176,8 \text{ kN}$$

2. Obremenitev dobljena iz reakcij pri portalnem okvirju (glej stran 37).

$$N_{Ed} = 281,91 \text{ kN}$$



• Dimenzioniranje

1.  $N_{Ed} = 176,8 \text{ kN}$  (izvlek)

$$V_{prip} = 234,11 \text{ kN}$$

- Zvar med čelno pločevino in stebrom (polnosilen zvar)

$$a_f \geq 0,46 \cdot t_f = 0,46 \cdot 19 \text{ mm} = 8,74 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 0,7 \cdot 19 \text{ mm} = 13,3 \text{ mm}$$

$$a_f = 8,74 \text{ mm} \leq a_{max} = 13,3 \text{ mm}$$

Izberem  $a_f = 9 \text{ mm}$

$$a_w \geq 0,46 \cdot t_w = 0,46 \cdot 11 \text{ mm} = 5,06 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 0,7 \cdot 11 \text{ mm} = 7,7 \text{ mm}$$

$$a_w = 5,06 \text{ mm} \leq a_{max} = 7,7 \text{ mm}$$

Izberem  $a_w = 6 \text{ mm}$

- Dimenzioniranje sidrnih vijakov

Obremenitev na eno sidro

$n = 2$  – število vijakov v spoju

Izberem sidrni vijak M27 8.8

$$N_{Ed,1} = 176,8 \text{ kN} / 2 = 88,4 \text{ kN}$$

Nosilnost sidrnega vijaka

$$N_{Ed,1} = 88,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = (0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = (0,9 \cdot 80 \text{ kN/cm}^2 \cdot 4,59 \text{ cm}^2) / 1,25 = 264,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,1} = 88,4 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 264,4 \text{ kN}$$

$f_{ub} = 80 \text{ kN/cm}^2$  – natezna trdnost vijaka

$A_s = 2,45 \text{ cm}^2$  – prerez vijaka v navoju

$\gamma_{M2} = 1,25$  – varnostni faktor

Dolžina sider

Dolžina sider je bila določena v skladu z SIST EN 1992-1-1

Dolžina sidrnih vijakov  $l_b = 1000 \text{ mm}$

$$l_{b, \min} \geq \max(0,3l_{b, \text{rqd}}; 10\phi; 100 \text{ mm}) = (173 \text{ mm}; 270 \text{ mm}; 100 \text{ mm}) = 270 \text{ mm}$$

$$l_{b, \min} = 270 \text{ mm} < l_b = 1000 \text{ mm}$$

$$l_{b, \text{rqd}} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{hd}) = (27 \text{ mm}/4) \cdot (50,93 \text{ kN/cm}^2 / 0,58 \text{ kN/cm}^2) = 592,7 \text{ mm}$$

$\sigma_{sd} = 50,93 \text{ kN/cm}^2$  – projektna napetost palice,

$$f_{hd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,26 \text{ kN/cm}^2 = 0,58 \text{ kN/cm}^2$$

$\eta_1 = 1,0$  – koeficient sidranja (dobri pogoji)

$\eta_2 = 1,0$  za  $\phi \leq 32 \text{ mm}$

$f_{ctd} = 0,26 \text{ kN/cm}^2$  – projektna natezna trdnost betona C25/30

Premer vretena za kljuko  $\phi > 16 \text{ mm}$

$$\phi > 7\phi = 7 \cdot 27 \text{ mm} = 189 \text{ mm}$$

Izberem  $\phi = 190 \text{ mm}$

Dolžina kljuke

$$l > 5\phi = 5 \cdot 27 \text{ mm} = 135 \text{ mm}$$

Izberem  $l = 140 \text{ mm}$

- Prevzem strižne sile (strižno silo prevzamem z sidri)

$$V_{Ed,1} = 234,11 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0,6 \cdot 80 \text{ kN/cm}^2 \cdot 4,59 \text{ cm}^2) / 1,25 = 176,3 \text{ kN}$$

$\alpha_v = 0,6$  – za vijake trdnostnega razreda 8.8

$$V_{Ed,1} = 234,11 \text{ kN} < 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 176,3 \text{ kN} = 352,5 \text{ kN}$$

- Sočasno delovanje striga in natega

$$(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1,4 \cdot F_{t,Rd})) \leq 1,0$$

$$(234,11 \text{ kN} / 352,5 \text{ kN}) + (115,8 \text{ kN} / (1,4 \cdot 264,4 \text{ kN})) = 0,98 \leq 1,0$$

$$2. \quad N_{Ed} = 281,91 \text{ kN}$$

- Raznos tlačne sile

$$N_{Ed,2} = 281,91 \text{ kN}$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{(f_y / (3 \cdot \gamma_{M0} \cdot f_{jd}))} = 2,3 \text{ cm} \cdot \sqrt{(23,5 \text{ kN/cm}^2 / (3 \cdot 1,0 \cdot 3,33 \text{ kN/cm}^2))} = 3,52 \text{ cm}$$

$t_p = 2,3 \text{ cm}$  (debelina pasnice stebra)

$$f_{jd} = 3 \cdot \beta_j \cdot (f_{ck} / \gamma_c) = 3 \cdot 2/3 \cdot (2,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,5) = 3,33 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{eff} = 2 \cdot b_{eff,1} \cdot l_{eff,1} + b_{eff,2} \cdot l_{eff,2} = 2 \cdot 37,04 \text{ cm} \cdot 9,34 \text{ cm} + 37,36 \text{ cm} \cdot 8,24 \text{ cm} = 999,8 \text{ cm}^2$$

$$b_{eff,1} = b + 2 \cdot c = 30 \text{ cm} + 2 \cdot 3,52 \text{ cm} = 37,04 \text{ cm}$$

$$l_{eff,1} = t_f + 2 \cdot c = 2,3 \text{ cm} + 2 \cdot 3,52 \text{ cm} = 9,34 \text{ cm}$$

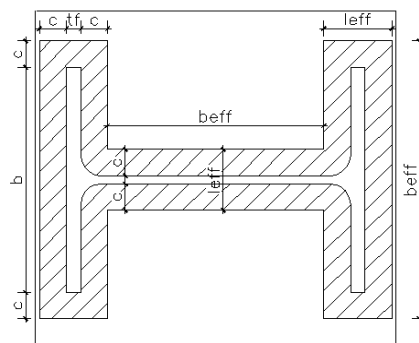
$$b = 3 \cdot b_{eff,1} = 3 \cdot 37,04 \text{ cm} = 111,12 \text{ cm} < b_{temelj} = 140 \text{ cm}$$

$$b_{eff,2} = b - 2 \cdot c = 44,4 \text{ cm} - 2 \cdot 3,52 \text{ cm} = 37,36 \text{ cm}$$

$$l_{eff,2} = t_w + 2 \cdot c = 1,2 \text{ cm} + 2 \cdot 3,52 \text{ cm} = 8,24 \text{ cm}$$

$$b = 3 \cdot b_{eff,2} = 3 \cdot 37,36 \text{ cm} = 112,1 \text{ cm} < b_{temelj} = 140 \text{ cm}$$

$$h_{potr} = \max(2 \cdot 37,04 \text{ cm}; 2 \cdot 37,36 \text{ cm}) = 74,72 \text{ cm}$$



Slika 99: Prikaz efektivne širine in dolžine

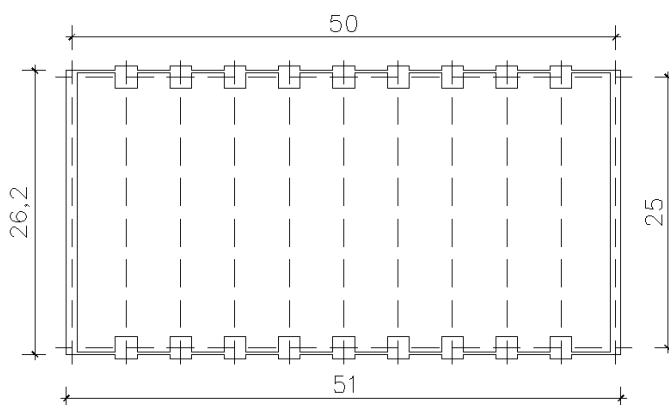
$$N_{Ed,2} = 281,91 \text{ kN} < N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 999,8 \text{ cm}^2 \cdot 3,33 \text{ kN/cm}^2 = 3332,52 \text{ kN}$$

## 7 DIMENZIONIRANJE TEMELJEV

Dimenzioniranje temeljev je narejeno v skladu z SIST EN 1997-1

### Zasnova

Za temelje pod portalnimi okvirji izberem točkovne temelje dimenzij: 1,4 m x 1,4 m. Za temelje pod čelnim okvirjem izberem pasovni temelj dimenzij: 26,2 m x 1 m. Globina točkovnega in pasovnega temelja je 0,8m. Točkovni temelji se povežejo z pasovnimi temelji, ki hkrati služijo kot temelj fasadnim panelom. Temelji bodo betonirani z betonom C25/30 in armirani z armaturo S500. Mejna nosilnost temeljnih tal je 150 kN/m<sup>2</sup>.



Slika 100: Zasnova temeljev

### Obtežba na temelje

$$N_{Ed} = 281,91 \text{ kN}$$

### Dimenzioniranje temeljev

Sodelujoča širina temelja na okvir je 1,4 m.

$$N_{Ed} = 281,91 \text{ kN} \leq R_d$$

$$N_{Ed} = 281,91 \text{ kN} \leq 294 \text{ kN}$$

$$R = q_f \cdot A = 150 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,96 \text{ m}^2 = 294 \text{ kN}$$

$$q_f = 150 \text{ kN/m}^2 - \text{nosilnost temeljnih tal}$$

$$A = 1,4 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m} = 1,96 \text{ m}^2 - \text{sodelujoča površina}$$

## 8 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem izdelal statično analizo jeklene hale, ki je osnovana v okviru projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. V tem okviru so vključeni izračuni primarne in sekundarne konstrukcije, tipičnih spojev, temeljev in načrti konstrukcije. Objekt je dimenzij 50 m x 25 m, višina slemena je 7 m, streha je dvokapnica v naklonu 5°.

Primarna konstrukcija v prečni smeri so portalni okvirji v osrednjem delu, na čelni strani ter v vzdolžni smeri pa okvir z povezjem. Okvirji so na medsebojni razdalji 5 m. Togost v vzdolžni smeri zagotovim s strešnim zavetrovanjem in z povezji. Temelji pod portalnimi okvirji so točkovni, pod fasadnimi paneli in pod čelnim okvirjem pa pasovni.

Obtežbe na konstrukcijo sem določil v skladu z standardi Evrokod. Za statično analizo sem uporabljal program SCIA Engineer.

Med izdelavo diplomske naloge sem se naučil uporabljati standarde in računalniške programe, ki se uporabljajo v inženirski praksi. Pri dimenzioniranju in reševanju problem sem utrdil znanje, katero sem pridobil tekom študija in ga tudi nadgradil.

## VIRI

- [1] Beg, D., Pogačnik, A. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 3-1 – 3-152 str.
- [2] SIST EN 1990:2004. Evrokod 0: Osnove projektiranja konstrukcij.
- [3] SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb.
- [4] SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb – Nacionalni dodatek.
- [5] SIST EN 1991-1-3:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. del: Splošni vplivi – Obtežba snega.
- [6] SIST EN 1991-1-3:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. del: Splošni vplivi – Obtežba snega – Nacionalni dodatek.
- [7] SIST EN 1991-1-4:2005. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4. del: Splošni vplivi – Obtežba vetra.
- [8] SIST EN 1991-1-4:2005. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4. del: Splošni vplivi – Obtežba vetra – Nacionalni dodatek.
- [9] SIST EN 1992-1-1:2005. Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe.
- [10] SIST EN 1992-1-1:2005. Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek.
- [11] SIST EN 1993-1-1:2005. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe.
- [12] SIST EN 1993-1-1:2005. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek.
- [13] SIST EN 1993-1-8:2005. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-8. del: Projektiranje spojev.
- [14] SIST EN 1993-1-8:2005. Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-1. del: Projektiranje spojev – Nacionalni dodatek.
- [15] SIST EN 1997-1-1:2005. Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 1-1. del: Splošna pravila.
- [16] SIST EN 1997-1-1:2005. Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – 1-1. del: Splošna pravila – Nacionalni dodatek.

- [17] SIST EN 1998-1:2005. Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe.
- [18] SIST EN 1998-1:2005. Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek.
- [19] Tehnična dokumentacija. <http://www.trimo.si/katalog-in-pripomocki/tehnica-dokumentacija/>  
(Pridobljeno: 10.1.2013)

## **PRILOGE**

**Priloga A: Izpisi statičnih izračunov**

**Priloga B: Načrti**

**Priloga C: Kosovnica**

**Priloga A: Izpisi statičnih izračunov**

**Priloga A1: Izpisi statičnih izračunov za portalni okvir**

**Priloga A2: Izpisi statičnih izračunov za čelni okvir**

**Priloga A3: Izpisi statičnih izračunov za čelno fasado**

**Priloga A4: Izpisi statičnih izračunov za stransko fasado**

**Priloga A5: Izpisi statičnih izračunov za strešno lego**



## **Priloga B: Načrti**

## **Priloga C: Kosovnica**

• **Portalni okvir**

Poz.	Opis	Element	Material	Količina	Dolžina (m)	Masa (kg/m)	Masa (kg)
S4	steber	HEA 500	S235	2	5,9	155,4	1833,7
N2	nosilec	IPE600	S235	2	12,55	122,5	3074,8
<b>SKUPAJ:</b>							<b>4908,5</b>

• **Čelni okvir**

Poz.	Opis	Element	Material	Količina	Dolžina (m)	Masa (kg/m)	Masa (kg)
S1	steber	HEA 120	S235	2	5,9	19,9	234,8
S2	steber	HEA 120	S235	2	6,69	19,9	266,3
S3	steber	HEA120	S235	2	6,3	19,9	250,7
N1	nosilec	IPE180	S235	2	12,55	18,8	471,9
P1	prečka	U 120	S235	1	7,0	13,3	93,1
D1	diagonala	L 35x4	S235	4	4,75	2,1	39,9
D2	diagonala	L 35x4	S235	4	4,7	2,1	39,1
P2	prečka	L 70x7	S235	2	4,5	7,4	66,4
<b>SKUPAJ:</b>							<b>1462,3</b>

• **Vertikalno in strešno povezje**

Poz.	Opis	Element	Material	Količina	Dolžina (m)	Masa (kg/m)	Masa (kg)
D4	diagonala	L75x7	S235	10	5,6	7,9	444,6
D3	diagonala	U180	S235	8	7,7	22,0	1360,5
P3	prečka	SHS 60x5	S235	10	5,0	8,4	421,0
<b>SKUPAJ:</b>							<b>2226,1</b>

• **Čelna fasada**

Poz.	Opis	Element	Material	Količina	Dolžina (m)	Masa (kg/m)	Masa (kg)
F1	nosilec	U 100	S235	2	7,0	10,6	148,4
F2	nosilec	U 100	S235	16	4,5	10,6	763,2
Z1	zatega	φ 21	S235	96	1,25	0,9	108,0
<b>SKUPAJ:</b>							<b>1019,6</b>

• **Stranska fasada**

Poz.	Opis	Element	Material	Količina	Dolžina (m)	Masa (kg/m)	Masa (kg)
F3	nosilec	U 100	S235	40	5,0	10,6	2120,0
Z2	zatega	φ 13	S235	96	1,25	0,9	108,0
<b>SKUPAJ:</b>							<b>2228,0</b>

• **Streha**

Poz.	Opis	Element	Material	Količina	Dolžina (m)	Masa (kg/m)	Masa (kg)
L1	lega	IPE 160	S235	140	5,0	15,8	11060,0
SZ1	zatega	φ 16	S235	96	1,25	0,9	108,0
SZ2	zatega	φ 16	S235	72	2,5	0,9	162,0
<b>SKUPAJ:</b>							<b>11330,0</b>

• **Skupna teža**

OPIS	MASA EL. (kg/element)	KOLIČINA	SKUPAJ (kg)
PORTALNI OKVIR	4908,5	9	44176,2
OKVIR S POVEZJEM	1462,3	2	2924,5
POVEZJE IN STREŠNO ZAVETROVANJE	2226,1	2	4452,2
ČELNA FASADA	1019,6	2	2039,2
STRANSKA FASADA	2228,0	2	4456,0
STREHA	11330,0	1	11330,0
<b>SKUPAJ:</b>			<b>69378,2</b>