

# Dimenzioniranje čelične skladišno - poslovne konstrukcije

---

**Juričić, David**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:222166>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**David Juričić**

**Dimenzioniranje čelične skladišno – poslovne konstrukcije**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Diplomski sveučilišni studij  
Konstrukcije  
Čelične konstrukcije**

**David Juričić  
JMBAG: 0114030427**

**Dimenzioniranje čelične skladišno – poslovne konstrukcije**

**Diplomski rad**

**Rijeka, Rujan 2022.**

## **IZJAVA**

Završni/Diplomski rad izradio/izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom/mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

David Juričić

U Rijeci, 14.09.2022.

## **IZJAVA O PRIPADONOSTI PROJEKTU**

Ovaj diplomski rad nastao je kao rezultat rada u okviru projekta Unaprjeđenje modela stjecanja stručnih kompetencija učenjem uz rad kroz izradu diplomskog rada (GraDiS).

Voditeljica projekta: izv. Prof. dr. sc. Silvija Mraakovčić

Šifra projekta: A3-21-6

Financijer projekta: Sveučilište u Rijeci – programska linija UNIRI CLASS  
A3

Pravna nadležnost: Sveučilište u Rijeci

U Rijeci, rujan 2022.

Mentor

---

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu dimenzionirana je čelična hala skladišno – poslovne namjene u Barbanu. Građevina je u tlocrtu pravokutnog oblika, a sastoji se od prizemne etaže u kojoj su predviđeni skladišni prostori te 1. kata gdje su predviđeni poslovni prostori.

Konstrukcija je dimenzionirana u programskom paketu Tower 8.4. prema prethodno izračunatim opterećenjima. Provedeno je dimenzioniranje glavnih okvira, sekundarnih elemenata konstrukcije te nadstrešnice, sve prema važećim europskim normama i nacionalnom dodatku. Kao provjera dobivenih rezultata provedeno je i dimenzioniranje na „ruke“ za jedan stup i jednu gredu. Priključci su dimenzionirani u programskom paketu IDEA StatiCa 21.1., te je provedena analiza za tri karakteristična priključka: priključak stupa na temelj, priključak stupa i grede i priključak stupa prve i druge etaže na gredu. U zaključku je prikazana tablična analiza iskorištenosti elemenata prema provjerama za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabivosti.

**Ključne riječi:** čelična konstrukcija, opterećenje, dimenzioniranje elemenata, granično stanje nosivosti, granično stanje uporabivosti, dimenzioniranje priključka

## **ABSTRACT**

In this Master thesis, steel warehouse for storage - business purposes in Barban has been dimensioned. The building has rectangular floor plan, and consists of a ground floor with storage spaces and 1st floor for business premises.

The structure is dimensioned in the Tower 8.4 software package. according to previously calculated loads. Dimensioning of the main frames, secondary elements of the structure and the canopy was carried out, all according to valid European standards and the national supplement. As a check of the obtained results, the dimensioning was carried out by "hands" for one column and one beam. The connections are dimensioned in the program package IDEA StatiCa 21.1., and an analysis was carried out for three characteristic connections: the connection of the column to the foundation, the connection of the column and the beam, and the connection of the column of the first and second floors to the beam. In the conclusion, a tabular analysis of the utilization of elements according to checks for the limit state of load capacity and the limit state of usability is presented.

**Keywords:** steel structure, load, dimensioning of elements, limit state of load capacity, limit state of serviceability, dimensioning of connection

## Sadržaj

1	UVOD.....	1
2	TEHNIČKI OPIS .....	3
2.1	Projektni zadatak.....	3
2.2	Opis konstrukcije.....	3
2.3	Proračunski modeli .....	5
2.4	Materijali za izradu konstrukcije.....	6
2.5	Primijenjeni propisi.....	6
3	PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE.....	7
3.1	Općenito .....	7
3.1.1	<i>Tehnički uvjeti.....</i>	<i>7</i>
3.1.2	<i>Norme .....</i>	<i>9</i>
3.2	Tehnički uvjeti za čeličnu konstrukciju .....	10
3.2.1	<i>Opći uvjeti za izradu čelične konstrukcije.....</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Materijali za izradu čelične konstrukcije .....</i>	<i>10</i>
3.2.3	<i>Zavari i vijci.....</i>	<i>11</i>
3.2.4	<i>Izvođenje i montaža čelične konstrukcije i upravljanje kvalitetom.....</i>	<i>12</i>
4	ANALIZA DJELOVANJA.....	17
4.1	Stalno opterećenje .....	17
4.2	Korisno opterećenje .....	17
4.3	Opterećenje snijegom .....	17
4.4	Opterećenje vjetrom.....	20
4.4.1	<i>Općenito.....</i>	<i>20</i>
4.4.2	<i>Poprečno djelovanje vjetra <math>\theta=0^\circ</math> (otvori zatvoreni).....</i>	<i>23</i>
4.4.3	<i>Poprečno djelovanje vjetra (otvori otvoreni) .....</i>	<i>27</i>
4.4.4	<i>Uzdužno djelovanje vjetra (otvori zatvoreni) .....</i>	<i>29</i>
4.4.5	<i>Uzdužno djelovanje vjetra (otvori otvoreni).....</i>	<i>32</i>
4.4.6	<i>Djelovanje vjetra na nadstrešnicu .....</i>	<i>33</i>
4.5	Djelovanje potresa .....	35
5	PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE ELEMENATA .....	38
5.1	Opterećenja na model.....	38
5.1.1	<i>Stalno opterećenje.....</i>	<i>38</i>



5.1.2	<i>Korisno opterećenje</i> .....	39
5.1.3	<i>Opterećenje snijegom</i> .....	40
5.1.4	<i>Opterećenje vjetrom</i> .....	41
5.2	Granična stanja i koeficijenti.....	43
5.2.1	<i>Granično stanje nosivosti (GSN)</i> .....	43
5.2.2	<i>Granično stanje uporabivosti (GSU)</i> .....	44
5.2.3	<i>Vrijednosti koeficijenata</i> .....	46
5.3	Kombinacije opterećenja.....	48
5.4	Dimenzioniranje elemenata GSN i GSU.....	50
5.4.1	<i>Sekundarna krovna konstrukcija</i> .....	52
5.4.2	<i>Sekundarna fasadna konstrukcija</i> .....	57
5.4.3	<i>Glavni okvir</i> .....	62
5.4.4	<i>Zabatni okvir</i> .....	94
5.4.5	<i>Vertikalna i horizontalna stabilizacija</i> .....	108
5.4.6	<i>Nadstrešnica</i> .....	111
6	DIMENZIONIRANJE SPOJEVA.....	119
6.1	Detalj A – priključak stupa S1 na betonski temelj .....	119
6.2	Detalj B – priključak stupa S1 na međukatnu gredu G1 .....	126
6.3	Detalj C – priključak stupa S2/S3 na međukatnu gredu G1 .....	132
7	ZAKLJUČAK.....	141
	LITERATURA.....	144
	NACRTI.....	145

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine [8].....	18
Tablica 2: Koeficijent oblika snježnog opterećenja [8] .....	19
Tablica 3: Kategorije terena [10] .....	21
Tablica 4: Koeficijenti vanjskog pritiska na vertikalne površine .....	24
Tablica 5: Koeficijenti vanjskog pritiska na dvostrešni krov .....	26
Tablica 6: Rezultanti pritisak vjetra za 1.slučaj.....	27
Tablica 7: Rezultantni pritisak vjetra za 2.slučaj.....	28
Tablica 8: Koeficijenti vanjskog pritiska na vertikalne površine .....	30
Tablica 9: Referentne površine opterećenih zona .....	31
Tablica 10: Koeficijenti vanjskog pritiska na dvostrešni krov .....	31
Tablica 11: Rezultantni pritisak vjetra za 3.slučaj .....	31
Tablica 12: Rezultantni pritisak vjetra za 4.slučaj .....	32
Tablica 13: Koeficijent $c_{p,net}$ za rezultantni tlak na nadstrešnice.....	34
Tablica 14: Faktori opterećenja za proračun mase .....	36
Tablica 15: Ekscentricitet po visini objekta.....	37
Tablica 16: Ograničenja vertikalnih progiba konstrukcijskih elemenat [4] .....	45
Tablica 17: Preporučene vrijednosti faktora $\Psi$ za zgrade [4] .....	46
Tablica 18: Proračunske vrijednosti djelovanja (EQU), (skup A) [3] .....	46
Tablica 19: Parcijalni koeficijenti $\gamma_{G1}$ i $\gamma_{G2}$ .....	46
Tablica 20: Proračunske vrijednosti djelovanja (STR/GEO) (skup B) .....	47
Tablica 21: Parcijalni koeficijenti $\gamma_{G1}$ i $\gamma_{G2}$ [3] .....	47
Tablica 22: Djelovanja na konstrukciju .....	48
Tablica 23: Kombinacije opterećenja GSN .....	48
Tablica 24: Kombinacije opterećenja GSU (karakteristične).....	49
Tablica 25: Vrijednosti za proračun pomičnog/nepomičnog okvira.....	64
Tablica 26: Kombinacije opterećenja za nadstrešnicu - GSN.....	111
Tablica 27: Iskorištenost elemenata glavnog okvira .....	141
Tablica 28: Iskorištenost elemenata zabatnog okvira.....	142

## POPIS SLIKA

Slika 1: Karta snježnih područja [8] .....	18
Slika 2: Koeficijent oblika opterećenja – dvostrešni krov [8] .....	19
Slika 3: Karta osnovne brzine vjetra $v_{b,0}$ Republike Hrvatske [10] .....	20
Slika 4: Poprečno djelovanje vjetra na vertikalne površine hale .....	23
Slika 5: Raspodjela vjetrovnih zona za $d < e$ .....	24
Slika 6: Poprečno djelovanje vjetra na dvostrešni krov hale.....	25
Slika 7: Pritisak vjetra na površine [9] .....	26
Slika 8: Skica djelovanja vjetra na površine za 1.slučaj.....	27
Slika 9: Skica djelovanja vjetra na površine za 2.slučaj.....	28
Slika 10: Uzdužno djelovanje vjetra na vertikalne površine hale .....	29
Slika 11: Raspodjela vjetrovnih zona za $d > e$ .....	29
Slika 12: Uzdužno djelovanje vjetra na dvostrešni krov hale.....	30
Slika 13: Skica djelovanja vjetra na površine za 3.slučaj.....	32
Slika 14: Skica djelovanja vjetra na površine za 4.slučaj.....	33
Slika 15: Dimenzije i raspodjela područja za površine nadstrešnica [10].....	34
Slika 16: Djelovanje vjetra na nadstrešnicu (pozitivan smjer) .....	35
Slika 17: Djelovanje vjetra na nadstrešnicu (negativan smjer) .....	35
Slika 18: Pomaci konstrukcije u 1. tonu .....	36
Slika 19: Pomaci konstrukcije u 2. tonu .....	36
Slika 20: Pomaci konstrukcije u 3. tonu .....	37
Slika 21: Vlastita težina konstrukcije .....	38
Slika 22: Stalno opterećenje na konstrukciju.....	39
Slika 23: Korisno opterećenje za neprohodan krov .....	39
Slika 24: Korisno opterećenje za uredske prostore.....	40
Slika 25: Opterećenje snijegom .....	40
Slika 26: Opterećenja vjetrom za 1. i 2. slučaj.....	41
Slika 27: Opterećenje vjetrom za 3. i 4. slučaj.....	42
Slika 28: Definicije vertikalnih progiba [3] .....	44
Slika 29: Definicija horizontalnih pomaka .....	45
Slika 30: Ograničenje horizontalnih pomaka konstrukcije [3] .....	45
Slika 31: Plan pozicija - nivo međukatne konstrukcije.....	50

Slika 32: Plan pozicija - nivo krovne konstrukcije .....	51
Slika 33: 3D prikaz konstrukcije .....	52
Slika 34: Dijagrami reznih sila mjerodavne podrožnice (krov) .....	53
Slika 35: Dijagrami progiba podrožnice (ukupno opterećenje) .....	56
Slika 36: Dijagram progiba podrožnice (promjenjivo opterećenje) .....	56
Slika 37: Dijagrami reznih sila mjerodavnog fasadnog nosača .....	58
Slika 38: Dijagrami progiba fasadnog nosača (ukupno opterećenje) .....	60
Slika 39: Dijagram progiba fasadnog nosača (promjenjivo opterećenje) .....	61
Slika 40: Glavni okvir - osi 1, 2, 3, 4, 5 .....	62
Slika 41: Dijagrami reznih sila - glavni okvir u osi 2 .....	66
Slika 42: Grafički prikaz proračuna $\alpha$ .....	69
Slika 43: Iskorištenost elemenata glavnog okvira .....	90
Slika 44: Dijagram progiba glavnog okvira - z smjer .....	90
Slika 45: Dijagram progiba glavnog okvira (promjenjivo opterećenje) .....	91
Slika 46: Dijagram progiba glavnog okvira - x smjer .....	93
Slika 47: Zabatni okvir - osi 0 i 6 .....	94
Slika 48: Dijagrami reznih sila - sekundarni okvir u osi 0 .....	96
Slika 49: Iskorištenost elemenata sekundarnog okvira .....	104
Slika 50: Dijagram progiba sekundarnog okvira - z smjer .....	104
Slika 51: Dijagram progiba sekundarnog okvira (promjenjivo opterećenje) .....	105
Slika 52: Dijagram progiba sekundarnog okvira - x smjer .....	107
Slika 53: Pozicije horizontalne stabilizacije .....	108
Slika 54: Dijagram uzdužnih sila .....	109
Slika 55: Pozicije vertikalne stabilizacije .....	110
Slika 56: Dijagram uzdužnih sila .....	110
Slika 57: Tlocrtne dimenzije nadstrešnice .....	112
Slika 58: Plan pozicija i 3D prikaz nadstrešnice .....	112
Slika 59: Rezne sile u podrožnici .....	113
Slika 60: Rezne sile u nadstrešnici i iskorištenost elemenata .....	115
Slika 61: Glavni okvir u osima 1, 2, 3, 4, 5 .....	119
Slika 62: Model spoja stupa na temelj .....	119
Slika 63: Naprezanja u spoju - Detalj A .....	121
Slika 64: Model spoja vanjskog stupa i međukatne grede .....	126

Slika 65: Naprezanja u spoju - Detalj B.....	128
Slika 66: Model spoja središnjeg stupa na međukatnu gredu .....	132
Slika 67: Naprezanja u spoju - Detalj C.....	133

# 1 UVOD

Inovativna primjena čeličnih konstrukcija ukazuje na njihovu prednost, vrijednost i korisnost obzirom na estetiku i prestiž, ekonomičnost, fleksibilnost, uklapanje u okoliš, ostvarivanje tehničkih dostignuća i postizanje visoke razine pouzdanosti [1]. U arhitektonskom smislu, projektiranje čeličnih konstrukcija omogućuje projektantu više slobode u izražavanju i kreativnosti. Moguće je postizanje velikih raspona, vitkih stupova, čime se dobiva značajno više korisnog prostora i prirodnog osvjetljenja u odnosu na primjerice armiranobetonske konstrukcije. Čelične konstrukcije koriste se u mnogim područjima kao što su: izložbeni i trgovački centri, stambene zgrade, skladišta, radionice, poslovni i sportski sadržaji. Odlika čeličnih konstrukcija je između ostalog njihova ekonomičnost prilikom izvođenja. Izrada elemenata u pogonu, transport, kratko vrijeme izgradnje, manje radne snage prilikom izgradnje, jednostavna montaža i spojevi samo su neki od čimbenika koji pridonose ekonomičnosti izvođenja čeličnih konstrukcija. Kao što je prije navedeno, koristeći čelične elemente mogu se postići veliki rasponi i vitki stupovi, što rezultira relativno laganom konstrukcijom. Čelik je iznimno duktilan materijal pa se u kombinaciji sa njegovom malom vlastitom težinom dobije konstrukcija koja je izuzetno otporna na potresna opterećenja.

Dimenzioniranje elemenata neke konstrukcije započinje sa djelovanjima na konstrukciju. Pod djelovanjem na konstrukciju podrazumijeva se svako djelovanje koje uzrokuje učinke djelovanja (unutarnje sile, momenti savijanja...) na elementima konstrukcije [1]. Osim stalnih djelovanja (vlastita težina, stalna oprema...) u obzir se uzimaju i promjenjiva djelovanja (snijeg, vjetar, korisno opterećenje...) te izvanredna djelovanja (eksplozija, potres, požar...). Ovisno o lokaciji građevine definiraju se karakteristična i proračunska opterećenja na osnovu kojih se izrađuju kombinacije opterećenja. Svaka konstrukcija dimenzionira se na krajnje granično stanje (KGS) te granično stanje uporabivosti (GSU). U čeličnim konstrukcijama, poprečni presjeci konstrukcijskih elemenata mogu se smatrati kao da su sastavljeni od pločastih elemenata. Budući da su takvi elementi relativno tanki u usporedbi sa njihovom širinom, kada su tlačno

naprezani postoji opasnost od lokalnog izbočavanja. Lokalno izbočavanje može se izbjeći ograničavajući odnos širina-debljina pojedinog pločastog elementa poprečnog presjeka, odnosno provodi se klasifikacija poprečnog presjeka. Prema EN 1993-1-1 poprečni presjek može se svrstati u jednu od moguće četiri klase poprečnog presjeka ovisno o njegovoj vitkosti [4]. Kod proračuna prema graničnim stanjima, konstrukcija se procjenjuje kao zadovoljavajuća ako računski učinak opterećenja nije prekoračio računsku otpornost. Otpornost konstrukcije promatra se na razini poprečnog presjeka te na razini cijelog elementa. Pa tako poprečni presjek mora zadovoljiti: tlačnu otpornost, otpornost na savijanje, poprečnu silu te interakciju momenta, uzdužne i poprečne sile. Na razini elementa mora zadovoljiti: otpornost elementa na vlak, tlak, savijanje te interakciju momenta i uzdužne sile. Za granično stanje uporabivosti (GSU) potrebno je zadovoljiti vertikalne i horizontalne pomake elemenata ili cijelog okvira s obzirom na granične dopuštene vrijednosti. Prijenos unutarnjih sila i momenata između elemenata izvodi se pomoću priključka i spojeva. Priključak se konstrukcijski oblikuje tako da bude prikladan učinku djelovanja koje prenosi, i tipu konstrukcijskog elementa koji se spaja. Cilj oblikovanja priključka je da bude što jednostavniji kako bi se izbjegli prekomjerni troškovi na proračunu, razradi detalja, radioničkoj izradi te montaži na gradilištu. Projektiranje priključka provodi se na način da se najprije ustanovi prijenos sila iz konstrukcijskog elementa preko komponenata priključka u druge dijelove konstrukcije. Potom se proporcije svake komponente određuju tako da posjeduje dovoljnu otpornost i krutost na sile dobivene iz razmatranja njihovog prijenosa [1].

Cilj ovog diplomskog rada je za zadanu dvoetažnu skladišno – poslovnu građevinu provesti analizu opterećenja, definirati kombinacije opterećenja, osigurati stabilizaciju konstrukcije i provesti dimenzioniranje cjelokupne konstrukcije. Prilikom dimenzioniranja konstruktivnih elemenata potrebno je definirati mjerodavnu kombinaciju opterećenja zadanog elementa za KGS, a u zaključku prokomentirati iskorištenost elemenata s obzirom na provedene provjere na KGS i GSU. Dimenzionirati karakteristične priključke elemenata te iste prilagoditi zadanom problemu.

## **2 TEHNIČKI OPIS**

### **2.1 Projektni zadatak**

Građevina je čelična hala sa skladišnim i poslovnim prostorom. Građevina je locirana u poduzetničkoj zoni u Barbanu. Temeljem postojećeg DPU-a i želja investitora izrađen je glavni arhitektonski i građevinski projekt.

Vanjski gabariti građevine jesu 17.87x35.42 m na dvije etaže – prizemlje + kat, tako da je ukupna bruto površina 1.272,40 m<sup>2</sup>. Unutar građevine nalaze se poslovni prostori koji su smješteni na gornjoj etaži dok će se donja etaža koristiti za skladištenje građevinskog materijala i proizvoda. Svi proizvodi su paletirani osim agregata za beton. Na katu se skladište također paletirani proizvodi (alati, materijali i pribor za završne, instalacijske i druge radove u građevinarstvu). U međukatnoj konstrukciji nalazi se otvor za stubište dimenzija 2,5x5,5m, te otvor za podizanje i premještanje robe dimenzija 4,20x5,50m.

Ulaz u građevinu je sa jugozapadne strane s pomoćnim ulazom-izlazom sa sjeverno-istočne strane. Ulaz u skladište je predviđen kao kolni ulaz kroz otvor širine 4.00 m i visine 4.25 m. Nad glavnim ulazom izvodi se nadstrešnica širine 8.00 m i konzolnog istaka 3.50 m.

### **2.2 Opis konstrukcije**

Čelična hala ima osne dimenzije 17,18x34,80 m. Krovnište je dvostrešno sa nagibom 5° između osi A i D, tj. nagibom od 8° između osi D i E. Visina strehe je 8,45 m, a sljemena 9,33 m. Kat je na visini 4,70 m.

#### **Gradiva**

Čelik za izradu hale je kvalitete S 355, a svi korišteni profili su standardni čelični profili HEA, IPE, toplo oblikovane kvadratne cijevi i kružni poprečni presjeci.



## **Glavna nosiva konstrukcija**

Glavna nosiva konstrukcija sastoji se od 7 čeličnih okvira na međusobnom razmaku od 5,80 m. Stupovi su profili HEA 400 u osima A i D, i HEA 340 u osi E. Međukatna greda je HEA 450 koja se proteže kao kontinuirani nosač preko dva raspona 11,30 m i 5,88 m. Centralni stup u osi D se nastavlja, a greda prolazi kontinuirano. Greda je na tom mjestu duga 400 cm i nastavlja se na mjestima najmanjih momenata, 200 cm od stupa s obje strane. Krovni nosač je profil IPE 450, a vezne grede na vrhovima stupova su IPE 240.

Okviri u osima 0 i 6 imaju dva dodatna stupa na mjestu otvora i to su profili HEA 280, dok su stupovi u osima A, D i E profili HEA 300.

Veza stupova i greda izvedena je vijčano kao upeta.

Veza stupova s temeljima izvedena je kao zglobna vijcima M24 klase 10.9. Bitno je naglasiti da se nakon montaže stupa i dovođenja u projektirani položaj sa sidrenim vijcima, treba podbetonirati ispod čelične temeljne ploče kako bi se ostvarilo pravilno naljezanje na armirano betonski temelj.

## **Sekundarna konstrukcija**

Sekundarnu konstrukciju čine toplo oblikovani pravokutni profili 160x90x4 mm. Na krovnoj plohi nagiba 8° nalaze se na razmaku od 157 cm, a na drugoj strani na razmaku od 140 cm. Podrožnice se vare na gornju pojasnicu krovnih greda i nastavljaju se kao kontinuirani nosači. Isti profili koriste se i za fasadnu konstrukciju i postavljaju se na vanjsku stranu stupa na razmaku od 197 cm.

## **Obloga hale**

Za krovnu oblogu hale koriste se sendvič paneli Kingspan KS1000RW debljine 10 cm. Za zidnu oblogu hale koriste se zidni sendvič paneli od istog proizvođača Kingspan, vrsta obloge je Kingspan KS1000AWP također debljine 10 cm.

## **Spojevi**

Predviđeno je da se u radionici izvedu svi pripremni radovi i varenja dok se na gradilištu pri montiranju svi spojevi izvede vijčano. Svi kutni varovi su I. kvalitete, a svi nastavci limova sa sučelnim zavarom su specijalne kvalitete odnosno nastavci moraju biti iste kvalitete kao temeljni materijal. Svi vijci su M24 kvalitete 10.9.

### **Stabilnost konstrukcije**

Za stupove su odabrani širokopojasni profili HEA zbog svoje velike otpornosti na savijanje oko obje osi. Vertikalno u poprečnom smjeru hale u prvom i zadnjem polju dodane su „X“ dijagonalne ukrute od punih kružnih profila  $\Phi 20$ . Isti profili koriste se za krovne vezove koji su postavljeni u svim rubnim poljima.

Pri tome u stabilizaciji veliku ulogu ima monolitna armirano betonska ploča debljine 20 cm koja djeluje kao „kruti disk“.

### **Međukatna konstrukcija**

Međukatnu konstrukciju čine čelične grede HEA 450 preko kojih se u kasnijoj fazi izvodi monolitna AB ploča debljine 20 cm. AB ploča je kontinuirana preko 6 raspona i nosiva je u jednom smjeru.

### **Nadstrešnica**

Nad glavnim ulazom u halu izvodi se nadstrešnica tlocrtnih dimenzija 350x800 cm. Konzolno je raspona 3,50 m. Konzolni profil i kosnik su HEA 120. Sekundarnu konstrukciju čine kvadratni profili 60x60x3 mm na razmaku 88 cm preko kojih se postavlja valoviti čelični lim.

## **2.3 Proračunski modeli**

Hala je modelirana kao prostorni model sa svim opterećenjima po Eurokodu 1. U poprečnom smjeru sve horizontalne sile prenose se preko stupova odnosno okvira koji čine stupovi i grede, a u uzdužnom smjeru izvode se vertikalne stabilizacije za prijenos horizontalnih sila u temelje. Pri tome svi stupovi su povezani monolitnom pločom debljine 20 cm.

Proračunom su sve pozicije okvira prikazane linijski, a u okvirima su svi elementi definirani preko broja čvorova. U svakom okviru su dane sve potrebne veličine: M1, M2, M3, N1, T2 i T3 i to prema anvelopama kombinacija potrebnih opterećenja s odgovarajućim koeficijentima sigurnosti.

Posebna pažnja je posvećena na opterećenje vjetrom. Sva razmatranja su vezana za anvelope kombinacija opterećenja, svaki element je provjeren na krajnje granično stanje nosivosti i na granično stanje uporabivosti.

Dimenzioniranje elemenata čelične konstrukcije provedeno je u skladu s Eurokodom 3 i to za najnepovoljnije utjecaje. Proračun konstrukcije proveden je programom **Tower – 3D Model builder 8.4**, a za proračun spojeva korišten je program **IDEA StatiCa 21.1**.

## **2.4 Materijali za izradu konstrukcije**

Pri dimenzioniranju elemenata konstrukcije korišteni su sljedeći materijali:

- Elementi nosive konstrukcije izrađeni su od čelika kvalitete S355
- Kutni zavari su I. kvalitete, a sučelni zavari posebne kvalitete
- Vijci su kvalitete 10.9

## **2.5 Primijenjeni propisi**

Proračun djelovanja na konstrukciju i dimenzioniranje provedeno je korištenjem eurokod normi.

- HRN EN 1990:2011 i HRN EN 1990:2011/NA:2011
- HRN EN 1991-1-1:2012 i HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012
- HRN EN 1991-1-3:2012 i HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2016
- HRN EN 1991-1-4:2012 i HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012
- HRN EN 1993-1-1:2014 i HRN EN 1993-1-1:2014/NA:2015
- HRN EN 1993-1-8:2012 i HRN EN 1993-1-8:2012/NA:2014

## **3 PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE**

### **3.1 Općenito**

#### ***3.1.1 Tehnički uvjeti***

Ovi tehnički uvjeti i program kontrole kvaliteta (u daljnjem tekstu Tehnički uvjeti) sadrže tehničke uvjete izvođenja radova, tehnologiju izvođenja, način ocjenjivanja kvalitete. Tehnički uvjeti vrijede za radove na konstrukciji i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu, a koji su neophodni za potpuno dovršenje predmetne građevina. Primjena ovih Tehničkih uvjeta je obavezna. Ovi tehnički uvjeti izrađeni su sukladno Zakon o gradnji. Svi sudionici u građenju (investitor, izvođač i dr.) dužni su se pridržavati odredbi navedenog zakona.

#### Dužnosti investitora

Projektiranje, građenje i nadzor povjeriti osobama ovlaštenim za obavljanje tih djelatnosti; prije gradnje ishoditi građevinsku dozvolu; osigurati stručni nadzor nad građenjem; po završetku gradnje poduzeti potrebne radnje za obavljanje tehničkog pregleda i ishođenje uporabne dozvole; pridržavati se ostalih obveza po navedenom zakonu.

#### Dužnosti izvođača

Graditi u skladu sa građevnom dozvolom, i drugim dokumentima koji su njoj prethodili – posebnim suglasnostima za gradnju; projektima na osnovi kojih je izdana građevna dozvola; radove izvoditi na način da zadovolje svojstva u smislu pouzdanosti, mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti za slučaj požara, zaštite zdravlja ljudi, zaštite korisnika od povreda, zaštite od buke i vibracija, toplinske zaštite i uštede energije, zaštite od korozije, te ostala funkcionalna i zaštitna svojstva; ugrađivati materijale, opremu i proizvode predviđene projektom, provjerene u praksi, a čija je kvaliteta dokazana certifikatima sukladno propisima i normama; osigurati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme.

### Dokumentacija koju osigurava izvođač radova:

Da bi se osigurao ispravan tok i kvaliteta građenja, izvođač mora na gradilištu posjedovati odgovarajuću dokumentaciju za građenje i pridržavati se nje kako slijedi: građevinsku dozvolu i dokumentaciju koja je njoj prethodila (suglasnosti); uredno vođen građevinski dnevnik i građevinsku knjigu; rješenja o imenovanju odgovornih osoba; elaborat o organizaciji gradilišta sa mjerama zaštite na radu i zaštite od požara, zapisnik o iskolčenju građevine i način osiguranja stalnih točaka iskolčenja; dokumentaciju o kvaliteti radova i ugrađenog materijala i opreme (atesti, uvjerenja certifikati, jamstveni listovi i sl.) a naročito: Program ispitivanja kvalitete ugrađenog betona i Izvještaje o ispitivanju betona od strane ovlaštene institucije, Atesti kvalitete ugrađenih zidnih elemenata i morta korištenog za zidanje obloge korita; Izvještaje o svim ostalim ispitivanjima koja su provedena po nalogu ispitivanju nadzornog inženjera ili bez njegovog naloga, a koja su potrebna radi dokazivanja kvalitete izvedenih radova i ugrađenih materijala.

### Kontrolna ispitivanja

O izvršenim kontrolnim ispitivanjima materijala koji se ugrađuje u građevinu mora se cijelo vrijeme građenja voditi evidencija te sačiniti izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala sukladno projektu, ovom programu ili citiranim pravilnicima, normama i standardima. Izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala mora sadržavati slijedeće dijelove:

- Naziv materijala, laboratorijsku oznaku uzorka, količinu uzoraka, namjenu materijala, mjesto i vrijeme (datum) uzimanja uzorka te izvršenih ispitivanja, podatke o proizvođaču i investitoru, podatke o građevini za koju se uzimaju uzorci odnosno vrši ispitivanje;
- Prikaz svih rezultata, laboratorijskih, terenskih ispitivanja za koja se izdaje uvjerenje odnosno ocjena kvalitete;
- Ocjenu kvalitete i mišljenje o pogodnosti (uporabljivosti) materijala za primjenu na navedenoj građevini te rok do kojega vrijedi izvješće.

Uzimanje uzoraka i rezultati laboratorijskih ispitivanja moraju se upisivati u laboratorijsku i gradilišnu dokumentaciju (građevinski dnevnik, građevinska knjiga). Uz dokumentaciju koja prati isporuku proizvoda ili poluproizvoda

proizvođač je dužan priložiti rezultate tekućih ispitivanja koja se odnose na isporučene količine. Za materijale koji podliježu obveznom atestiranju mora se izdati atestna dokumentacija sukladno propisima. Sva izvješća, atesti i drugi dokazi kvalitete moraju se odmah po dobivanju dostaviti i nadzornom inženjeru. Po završetku svih radova izvođač je obavezan da izradi elaborat izvedenog stanja građevine i katastra podzemnih instalacija.

### **3.1.2 Norme**

Građenje građevine izvodi se na temelju slijedeće građevinske regulative i zakona, kao i drugih propisa:

- Zakon o gradnji (NN RH 153/13, 20/17) i prateći posebni propisi
- Zakon o građevnim proizvodima (NN RH 76/13, 30/14, 130/17)
- Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN RH 80/13, 14/14)
- Zakon o općoj sigurnosti proizvoda (NN RH 30/09, 139/10, 14/14)
- Pravilnik o tehničkim dopuštenjima za građevne proizvode (NN RH 103/08)
- Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN RH 103/08, 147/09, 87/10, 129/11)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN RH 17/17)
- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN RH 35/18)

Nabavku opreme i materijala izvođač mora usuglasiti sa ovim specifikacijama i važećim HRN EN normama.

## **3.2 Tehnički uvjeti za čeličnu konstrukciju**

### ***3.2.1 Opći uvjeti za izradu čelične konstrukcije***

Čelični dio konstrukcije obrađen u ovom projektu podliježe primjeni „Tehničkih propisa za građevinske konstrukcije (NN RH 17/2017). Prema Zakonu o gradnji (NN RH 153/13, 20/17) radioničku izradu i montažu čelične konstrukcije potrebno je izvoditi prema:

- Glavnom projektu i građevinskoj dozvoli,
- Ovjerenom i usklađenom izvedbenom projektu,
- Radioničkim nacrtima,
- Tehnološkom projektu izrađenom od strane izvođača ili ovlaštene osobe.

Izrada i montaža čelične konstrukcije povjerava se izvođaču koji ima potrebno ovlaštenje, provjereno iskustvo i reference na izradi ovog tipa konstrukcija. Izvođač radova treba prije izrade konstrukcije pregledati projektну dokumentaciju, te sve nejasnoće ili eventualne neispravnosti razjasniti s nadzornim inženjerom i projektantom konstrukcije, te izraditi plan zavarivanja i montaže. Ove planove dostaviti na uvid nadzornom inženjeru odnosno projektantu prije pristupanja izradi konstrukcije. Izvođač može tehničku dokumentaciju koju je dobio upotrebljavati isključivo za izradu konstrukcije obuhvaćene u ovom projektu. Izvođač radova garantira za kvalitetu izrađene i montira ne konstrukcije. Ugovorom se utvrđuju uvjeti garancije, ali u skladu s važećim propisima i uzancama. Način obračunavanja izvršenih radova pri montaži čelične konstrukcije utvrđuje se ugovorom između investitora i izvođača.

### ***3.2.2 Materijali za izradu čelične konstrukcije***

Materijali za izradu čelične konstrukcije definirani su u poglavlju 2 (Tehnički opis) i u poglavlju 5 (Proračun i dimenzioniranje elemenata).

### Dokaz kvalitete, dimenzije i tolerancije čeličnih proizvoda

Svi čelični proizvodi koji se koriste trebaju biti ispitani u skladu s odgovarajućom normom danom u dijelu Kvaliteta čeličnih proizvoda. Proizvođač čeličnih proizvoda treba deklarirati svoj proizvod na temelju ispitivanja koristeći inspekcijsku potvrdu tip 3.1 prema normi HRN EN 10204. Izvođač čelične konstrukcije treba imati pristup inspekcijskom dokumentu prema HRN EN 10204 od proizvođača za sve čelične proizvode korištene u izvedbi nosive konstrukcije i dostaviti ih na zahtjev nadzornom inženjeru ili građevinskoj inspekciji.

### Površina čeličnih proizvoda

Površinske greške toplo valjanih čeličnih ploča, širokih traka i profila koje nisu u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 10163 moraju se ispraviti da budu u skladu s prethodno navedenom normom. Analogno vrijedi i za šuplje profile koji moraju biti u skladu s normama HRN EN 10210-1 (toplo oblikovani šuplji profili) i HRN EN 10219-1 (hladno oblikovani šuplji profili).

### Zamjena materijala ili oblika

Kvaliteta materijala ili oblik čeličnog proizvoda, uz suglasnost projektanta čelične konstrukcije, može se zamijeniti ako se može dokazati da konstrukcijska svojstva nisu manja od proračunom odabranih proizvoda te da je zadržana kompatibilnost s proračunatom konstrukcijom.

## **3.2.3 Zavari i vijci**

### Zavari

Zavari na čeličnoj konstrukciji će se točno prikazati i specificirati na izvedbenim nacrtima u skladu s normama. Zahtijevana kvaliteta punila zavara kao što su granica popuštanja, vlačna čvrstoća, relativna deformacija pri slomu i minimalna energija loma, treba biti jednaka ili bolja od zahtijevane kvalitete osnovnog materijala.



## Vijci

Vijci, matice i podloške koje će se primjenjivati pri montaži čeličnih konstrukcije biti će točno specificirane na izvedbenim nacrtima.

### **3.2.4 Izvođenje i montaža čelične konstrukcije i upravljanje kvalitetom**

#### Izvođenje - zavarivanje

Točni oblici i dimenzije zavara biti će dani u izvedbenom projektu. Ovdje će se navesti samo preporuke i zahtjevi kojih se potrebno pridržavati pri Izradi izvedbene dokumentacije i izvođenja.

#### a/ Općenito

Postupci zavarivanja trebaju biti u skladu s preporukama danim u normi HRN EN 1011. Općenito zavarivanje treba biti elektrolučno u skladu s HRN EN 1011- 1, a prema potrebi i s HRN EN 1011-2, te drugim zahtjevima prikazanim u ovom poglavlju. Izvođač mora imati sustav za upravljanje zavarivanjem koji zadovoljava uvjete kvalitete definirane u normi HRN EN ISO 3834-3. Sva dokumentacija zavarivanja (kvalifikacije zavarivača, zapisi kvalifikacija postupaka zavarivanja, specifikacije postupaka zavarivanja i povezane radne upute) za primjenu treba biti pregledana od strane osobe odgovorne za koordinaciju postupka zavarivanja. Ako je zahtijevano, dokumentacija se mora staviti na raspolaganje nadzornom inženjeru i, ako je isto imenovano, inspeksijskom tijelu. Izvođač treba osigurati da su materijali koji se zavaraju kompatibilni s primijenjenim postupkom zavarivanja. Spojevi trebaju biti pripremljeni u skladu s normama HRN EN ISO 9692-1 i HRN EN ISO 9692-2. Potrebno je poduzeti mjere opreza kako bi se osigurala čistoća spoja prije zavarivanja.

#### b/ Osposobljenost zavarivača

Provjera osposobljenosti zavarivača treba biti u skladu sa zahtjevima norme HRN EN ISO 9606-1. Provjera osposobljenosti zavarivača treba biti posvjedočena i certifikatom potvrđenim od strane Ispitivača ili Ispitnog tijela. Certifikat vrijedi pod uvjetom da Ispunjava uvjete za odobravanje certifikata koji se navode u normi HRN EN ISO 9606-1.

#### c/ Postupak zavarivanja

Pismena specifikacija postupka zavarivanja treba biti dostupna u skladu s normom HRN EN ISO 15609-1 i provjerena u skladu s normom HRN EN ISO 15614-1 od strane izvođača čelične konstrukcije. One moraju biti u skladu s normom HRN EN 1011-2 Prilog C, Postupak A kako bi se Izbjeglo puknuće vodikom i Prilogom D da se osigura odgovarajuća čvrstoća u zoni utjecaja topline. Ispitivač ili Ispitno tijelo mora provjeriti da su zapisi kvalifikacija postupka zavarivanja u skladu s normom HRN EN ISO 15614-1. Odgovarajuće radne upute trebaju biti izrađene iz zapisa kvalifikacija postupka zavarivanja pod nadzorom koordinatora postupka zavarivanja. Radne upute trebaju biti ili pismene specifikacije postupka zavarivanja ili moraju sadržavati sve relevantne informacije zahtijevane u pismenoj specifikaciji postupka zavarivanja u drugim formatima, koji odgovaraju sustavu izvođača čelične konstrukcije.

#### d/ Postupak montaže

Kratki privremeni zavari mogu se koristiti pod uvjetom:

- (i) da su položeni u područje koje se zavaruje te potom temeljito odstranjeni brušenjem tako da je sljedeće zavarivanje nepromijenjeno,
- (ii) da se obavljaju od strane zavarivača kvalificiranog kao u b/ Osposobljenost zavarivača kao kratka dužina normalnih zavara do dužine koja iznosi najmanje četiri debljine debljeg spojenog dijela dugog najmanje 50 mm, te da je postupak zavarivanja u skladu s točkom c/ Postupak zavarivanja,
- (iii) da su naknadno potpuno rastopljeni pomoću postupaka zavarivanja kao u c/ Postupak zavarivanja te da se dokaže da su potpuno rastopljeni tijekom naknadnog varenja,
- (iv) da se nalaze dalje od zone gdje će se odvijati naknadno zavarivanje I u zoni u kojoj se javljaju samo tlačne sile.

Napomena: Korištenjem (iv) trebalo bi biti moguće osigurati ploču stupa tijekom prijevoza. Redoslijed zavarivanja spoja ili redoslijed izvedbe spoja mora biti takav da je distorzija minimalna. Zavarivanje dijelova potrebnih za izradu ili montažu treba biti u skladu sa zahtjevima za stalne zavare. Ako je neophodno uklanjanje,

dijelovi moraju biti izrezani ili uklonjeni plamenom na mjestima udaljenim ne manje od 3 mm od površine ishodnog materijala. Preostali materijal mora biti u ravnini, a područje vizualno pregledano. Ako je debljina ishodnog materijala veća od 20 mm također se mora provjeriti testiranjem penetrantima. Dijelovi potrebni za izradu ili montažu ne smiju se uklanjati čekićanjem.

#### e/ Nerazorno ispitivanje zavara

Vizualni pregled treba biti proveden za sve zavare. Ako su sljedeći uvjeti ispunjeni nije obavezno dodatno nedestruktivno ispitivanje:

- "spoj" je kutno zavaren,
- duljina kutnog zavara nije veća od 10mm,
- najveća duljina ne iznosi više od 20mm.

Ako navedeni uvjeti nisu ispunjeni opseg pregleda mora biti u skladu s normom HRN EN 1090-2. Ako su u radionici ispunjeni svi uvjeti tada mora biti pokrenut mjesečni program daljnjeg nedestruktivnog ispitivanja od strane osobe odgovorne za koordinaciju postupka zavarivanja na način da je reprezentativni uzorak svakog mjesečnog izlaza tretiran odgovarajućim nedestruktivnim testiranjem. Zahtjevi pregleda mogu biti reducirani po nahođenju inženjera na temelju zadovoljavajuće izvedbe u početnoj proizvodnji. Isto tako, ako testiranje pokazuje da postoje problemi s kvalitetom zavara (u sličnim materijalima, metodama montaže ili postupcima zavarivanja) zahtjevi nedestruktivnog testiranja trebaju se povećati i proširiti na neobavezne dijelove. Rezultati vizualnog pregleda, površinske detekcije pukotina i ultrazvučnog ispitivanja moraju biti zapisani i dostupni na uvid. Potpuni vizualni pregled treba se obaviti tijekom zavarivanja te po završetku utvrditi kvalitetu proizvodnje. Ako nije navedeno u specifikaciji projekta, vizualni pregled treba biti proveden u skladu sa smjernicama navedenim u normi HRN EN 1090-2 i ostalim odgovarajućim normama. Odgovarajuće kvalificirana osoba za vizualni pregled zavara može biti inspektor za zavarivanje ili zavarivač koji može pružiti dokaz da je obučen i pripremljen za vizualni pregled relevantne vrste zavara tijekom i nakon zavarivanja. Razina kvalitete treba biti u skladu s razinama danim u normi HRN EN 1090-2 i odgovarajućem standardu te specifikaciji projekta. Svi utvrđeni

nedostaci ocjenjivati će se u skladu sa zahtijevanom razinom kvalitete kako bi se utvrdila potreba za popravcima i mjerama zaštite. Svi zavari koji će nakon sljedećih radnji postati nedostupni trebaju biti ispitani u skladu s normom HRN EN 1090-2 i odgovarajućim standardom prije gubitka pristupa. Ako postoji opasnost od naknadnog pucanja rok treba biti prije konačnog pregleda. Bez obzira koji se vremenski period koristi, isti mora biti naveden u inspekcijskim zapisima. Ako se može dokazati od strane izvođača kroz zapise da nema rizika od naknadnog pucanja, vrijeme odgode može se smanjiti ili ukinuti ovisno o nahodjenju inženjera. Ako je potreban detaljniji pregled površine zavara u skladu s normom HRN EN 1090-2 i odgovarajućim standardom, ispitivanje magnetskim česticama treba biti korišteno u skladu s preporukama danim u normi HRN EN ISO 17638 prije čega treba prethoditi vizualni pregled prema normi HRN EN ISO 17637. Ako ispitivanje magnetskim česticama nije praktično, ispitivanje penetrantima treba se koristiti u skladu s preporukama danim u normi HRN EN ISO 3452. Završno površinsko otkrivanje pukotina u zavarenom spoju obavlja se nakon završetka zavara u skladu s vremenom čekanja danim u normi HRN EN 1090-2 i odgovarajućim standardima. Prikladno kvalificirana osoba za površinsko otkrivanje pukotina zavara može biti inspektor za zavarivanje ili zavarivač koji ima nacionalno priznatu važeću svjedodžbu o sposobnosti u otkrivanju površinskih pukotina za odgovarajuće vrste posla. Ako je potrebno ultrazvučno ispitivanje u skladu s normom HRN EN 1090-2 i odgovarajućim standardima, to mora biti u skladu s normom HRN EN ISO 17640 koristeći referentnu razinu prema metodi 1, procijenjenu referentnu razinu - 14dB (20% DAC) i razinu ispita B ukoliko nije drukčije dogovoreno od strane inženjera. Ultrazvučno ispitivanje zavarenog spoja obavlja se nakon završetka zavara u skladu s vremenima odgode danima u normi HRN EN 1090-2 i odgovarajućim standardima. Osobe koje obavljaju završno ultrazvučno ispitivanje zavara trebaju posjedovati važeću nacionalno priznatu potvrdu o osposobljenosti. Kriteriji prihvaćanja, korektivne mjere i ponovno ispitivanje moraju biti u skladu s normom HRN EN 1090-2 i odgovarajućim normama. Ukoliko se utvrde nesukladni zavari opseg pregleda mora se povećati te utvrditi i ukloniti izvor nedostataka.

## Montaža čelične konstrukcije

### a/ Općenito

Izvođač treba napraviti tehnološki plan montaže čelične konstrukcije. Sa montažom čelične konstrukcije može se započeti nakon što Plan montaže odobri nadzorni inženjer i projektant konstrukcije.

### b/ Kontrole u toku izrade, transporta i montaže

Tijekom izrade konstrukcije u radionici i montaže izvoditelj je dužan voditi zakonom propisane dnevnik i provoditi unutarnju kontrolu u skladu s planom kontrole. Dužnost je nadzornog inženjera kontrolirati izvedbu u svim fazama izrade

## 4 ANALIZA DJELOVANJA

### 4.1 Stalno opterećenje

Vlastita težina – v.t. elemenata konstrukcije proračunata je programom.

#### **Stalna djelovanja (obloge i podovi)**

Krovni sendvič paneli Kingspan KS1000RW (10 cm)	12,03	kg/m <sup>2</sup>	0,12	kN/m <sup>2</sup>
Zidni sendvič paneli Kingspan KS1000AWP (10 cm)	12,77	kg/m <sup>2</sup>	0,13	kN/m <sup>2</sup>
Limeni pokrov nadstrešnice	5,00	kg/m <sup>2</sup>	0,05	kN/m <sup>2</sup>
Težina instalacija	30,00	kg/m <sup>2</sup>	0,30	kN/m <sup>2</sup>
Slojevi poda (toplinska izolacija, estrih, završna obloga)	200,00	kg/m <sup>2</sup>	2,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>UKUPNO:</b>			<b>2,60</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

### 4.2 Korisno opterećenje

Prema EC1 korisno opterećenje za uredske prostore iznosi **3,00 kN/m<sup>2</sup>** (razred površine B).

Korisno opterećenje za neprohodni krov nagiba < 20° za održavanje i popravak iznosi **0,75 kN/m<sup>2</sup>**. (ne kombinira se sa snijegom) [6]

### 4.3 Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom zadano je izrazom [7]:

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

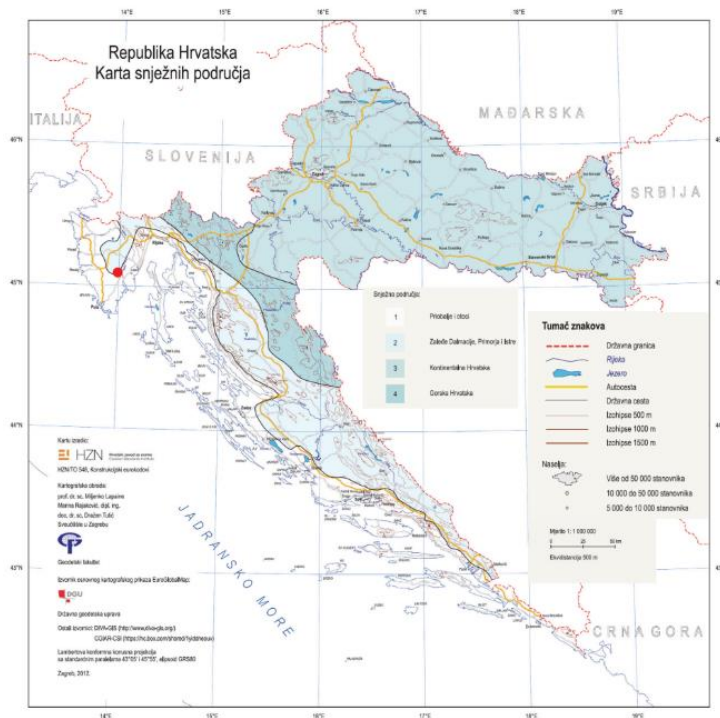
$C_e$  – 1,0 – koeficijent izloženosti

$C_t$  – 1,0 – toplinski koeficijent

$s_k$  – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu

$\mu_i$  – koeficijent oblika opterećenja snijegom

Proračunsko opterećenje snijegom na tlu za područje Republike Hrvatske određuje se na temelju karte snježnih područja (Slika 1) prema nHRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012.



Slika 1: Karta snježnih područja [8]

Lokacija objekta: **Barban**

Snježno područje: **2. područje – zaleđa Dalmacije, Primorja i Istre**

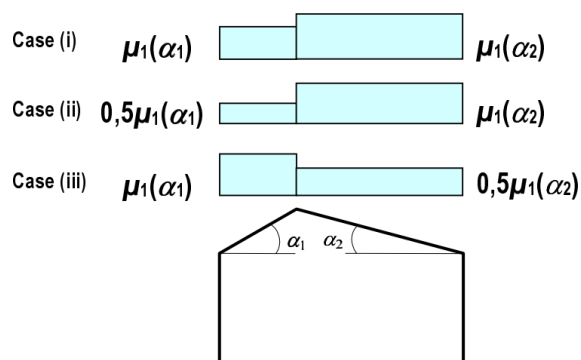
Nadmorska visina: **300 m.n.m.**

Iz Tablice 1 očita se karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu za navedenu lokaciju:  $s_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ .

Tablica 1: Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine [8]

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalje i otoci [kN/m <sup>2</sup> ]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m <sup>2</sup> ]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1 000	2,00	4,00	3,50	5,00
1 100	3,00	5,00	4,00	5,50
1 200	4,00	6,00	4,50	6,00
1 300	5,00	7,00		7,00
1 400	6,00	8,00		8,00
1 500		9,00		9,00
1 600		10,00		10,00
1 700		11,00		11,00
1 800		12,00		

Koeficijent oblika opterećenja za dvostrešne kose krovove prikazani su na Slici 2.



Slika 2: Koeficijent oblika opterećenja – dvostrešni kosi krov [8]

Vrijednosti koeficijenta oblika opterećenja snijegom za kut nagiba krova od  $4^\circ$  i  $8^\circ$  iznosi  $\mu_1 = 0,8$  i dane su u Tablici 2.

Tablica 2: Koeficijent oblika snježnog opterećenja [8]

Angle of pitch of roof $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

Koeficijent oblika opterećenja snijegom za kut nagiba krova od  $4^\circ$  i  $8^\circ$  iznosi:  $\mu_1 = 0,8$ .

Opterećenje snijegom na krov iznosi:

$$s = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_i = 0,75 * 1,0 * 1,0 * 0,8 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

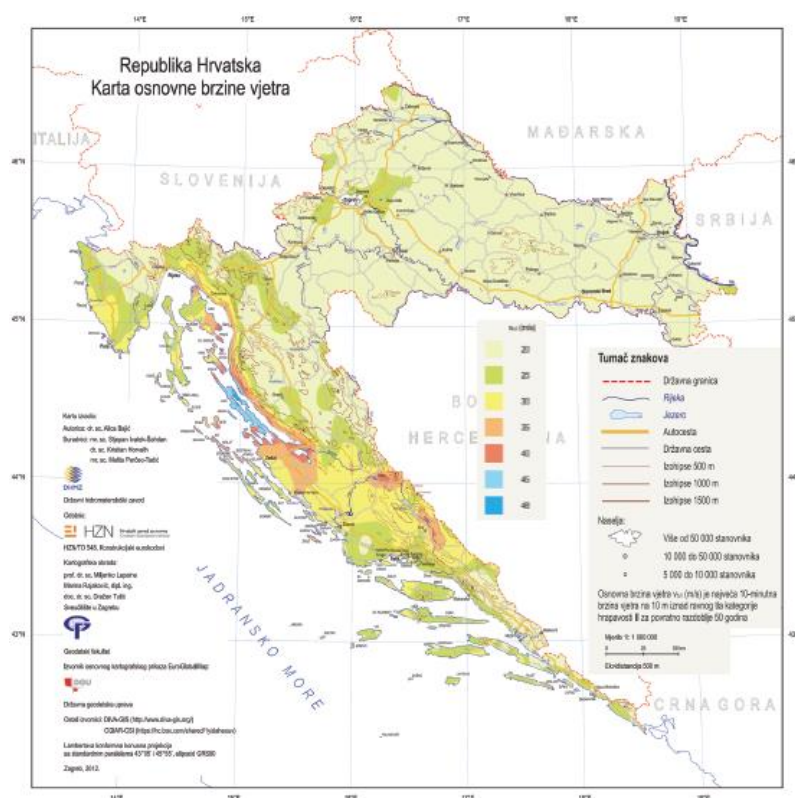


## 4.4 Opterećenje vjetrom

### 4.4.1 Općenito

Prema karti osnovne brzine vjetra za Republiku Hrvatsku (slika 3.) za lokaciju Barban, temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra  $v_{b,0}$  iznosi:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$



Slika 3: Karta osnovne brzine vjetra  $v_{b,0}$  Republike Hrvatske [10]

Osnovna brzina vjetra [9]:

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

$C_{dir}$  – koeficijent smjera vjetra,  $C_{dir} = 1,0$

$C_{season}$  – koeficijent godišnjeg doba,  $C_{season} = 1,0$

$v_{b,0}$  – temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra,  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra [9]:

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

$c_r(z)$  – koeficijent hrapavosti terena

$c_0(z)$  – koeficijent orografije,  $c_0(z) = 1,0$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right), \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}), \quad z \leq z_{min}$$

$z$  – visina konstrukcije ili konstrukcijskog elementa

$z_{0,II}$  – visina za teren II. Kategorije ( $z_{0,II} = 0,05$  m)

$z_{min}$  – najmanja visina

$z_{max}$  – najveća visina

Vrijednosti  $z_0$  i  $z_{min}$  dobivaju se iz tablice 3. ovisno o kategoriji terena.

Tablica 3: Kategorije terena [10]

Kategorija terena	Karakteristike terena	$z_0$ m	$z_{min}$ m
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezeri ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgradama ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5
IV	Područja s najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10

Teren je kategorije II. te su iz tablice očitani sljedeći podatci:

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 2,0 \text{ m}$$

Uvjet koji mora biti zadovoljen:

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$
$$2,0 < 8,84 < 200$$

Koeficijent terena:

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

Koeficijent hrapavosti terena:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \cdot \ln \left( \frac{8,84}{0,05} \right) = 0,983$$

Srednja brzina vjetra na visini  $z = 8,84$  m:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,983 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 24,58 \text{ m/s}$$

Intezitet turbulencije:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)}, \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$
$$I_v(z) = I_v(z_{min}), \quad z \leq z_{min}$$

$k_l$  – koeficijent turbulencije,  $k_l = 1,0$

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \left( \frac{8,84}{0,05} \right)} = 0,193$$

Osnovni tlak vjetra:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

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

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25,0^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

Vršni tlak vjetra  $q_p(z)$  na visini  $z$  iznad terena:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,193] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 24,58^2 = 0,888 \text{ kN/m}^2$$

Koeficijent izloženosti  $c_e(z)$  na visini  $z$  iznad terena [9]:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,888}{0,391} = 2,27$$

#### 4.4.2 Poprečno djelovanje vjetra $\theta=0^\circ$ (otvori zatvoreni)

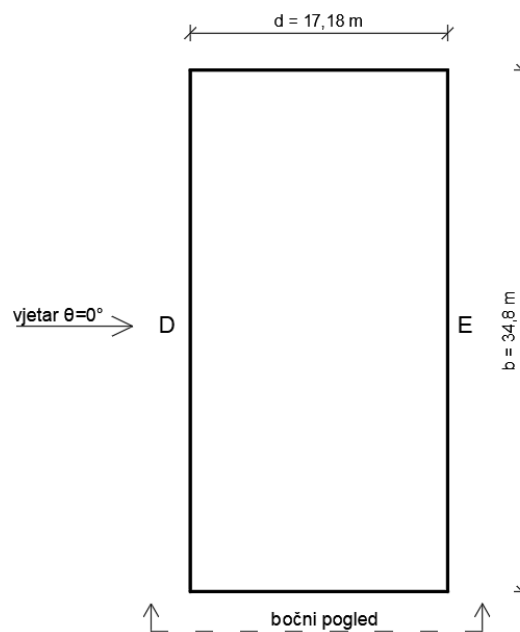
##### Određivanje koeficijenata $c_{pe}$ za vanjski pritisak vjetra

###### 1) Vertikalne plohe

Osnovni podatci:

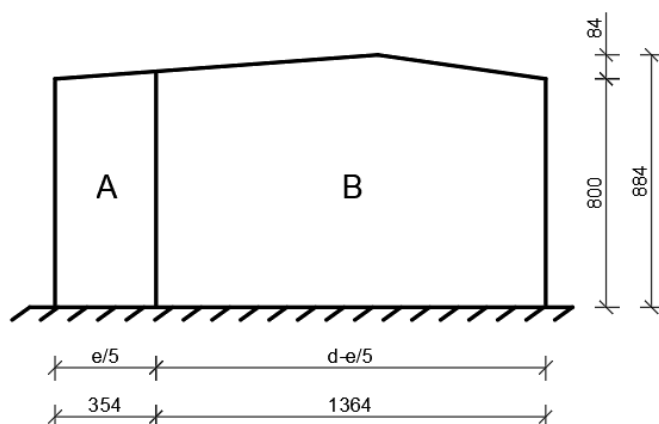
- referentna visina:  $h = 8,84 \text{ m}$
- dubina građevine:  $d = 17,18 \text{ m}$
- površina izložena vjetru:  $b = 34,80 \text{ m}$
- parametar  $e$ :  $e = \min(b; 2h) = \min(38,80; 17,68) = 17,68 \text{ m}$
- omjer  $h/d$ :  $h/d = 8,84/17,18 = 0,51$

Skica poprečnog djelovanja vjetra na vertikalne površine građevine prikazana je na slici 4.



Slika 4: Poprečno djelovanje vjetra na vertikalne površine hale

Na slici 5. prikazana je raspodjela zona u bočnom pogledu za slučaj kada je  $d < e$ .



Slika 5: Raspodjela vjetrovnih zona za  $d < e$

Površine opterećenih vjetrovnih zona:

- Zona A:  $= 3,54 \cdot \frac{8,0+8,26}{2} = 28,78 \text{ m}^2$
- Zona B:  $= 115,87 \text{ m}^2$
- Zona D:  $= 34,80 \cdot 8,0 = 278,40 \text{ m}^2$
- Zona E:  $= 34,80 \cdot 8,0 = 278,40 \text{ m}^2$

Koeficijenti vanjskog pritiska na vertikalne zidove građevine dani su u tablici 4.

Tablica 4: Koeficijenti vanjskog pritiska na vertikalne površine

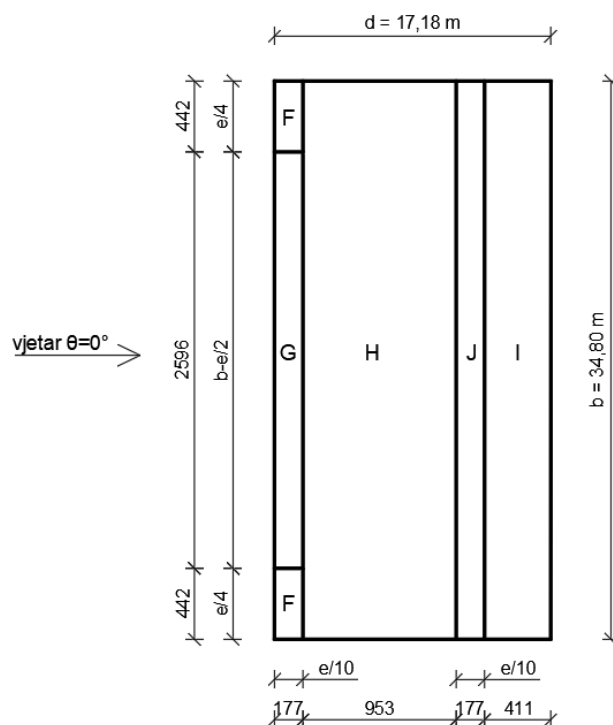
ZONA	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1	-0,5	-0,5
0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,7	1	-0,3	-0,5
0,51	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,74	1	-0,37	-0,5
	-1,2		-0,8		-0,5		0,74		-0,37	

## 2) Kose krovne plohe

Osnovni podatci:

- referentna visina:  $h = 8,84 \text{ m}$
- dubina građevine:  $d = 17,18 \text{ m}$
- površina izložena vjetru:  $b = 34,80 \text{ m}$
- parametar e:  $e = \min(b; 2h) = \min(38,80; 17,68) = 17,68 \text{ m}$

Skica poprečnog djelovanja vjetra na dvostrešni krov građevine prikazana je na slici 6.



Slika 6: Poprečno djelovanje vjetra na dvostrešni krov hale

Površine opterećenih vjetrovnih zona:

- Zona F:  $= 7,84 \text{ m}^2$
- Zona G:  $= 46,08 \text{ m}^2$
- Zona H:  $= 332,56 \text{ m}^2$
- Zona J:  $= 62,22 \text{ m}^2$
- Zona I:  $= 144,48 \text{ m}^2$

Koeficijenti vanjskog pritiska na dvostrešni krov nagiba  $5^\circ$  i  $8^\circ$  prikazani su u tablici 5. Koeficijenti vanjskog pritiska za nagib krova od  $8^\circ$  dobiven je metodom linearne interpolacije za nagibe krova između  $5^\circ$  i  $15^\circ$ .

Tablica 5: Koeficijenti vanjskog pritiska na dvostrešni krov

Nagib krova	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		0,2	
	0,0		0,0		0,0		-0,6		-0,6	
15	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	0,2		0,2		0,2		0,0		0,0	

Nagib krova	F	G	H	Nagib krova	I	J
5	-1,78	-1,20	-0,60	8	-0,50	-0,40
	0,00	0,00	0,00		-0,30	-0,30

### Određivanje koeficijenta $c_{pi}$ za unutarnji pritisak vjetra

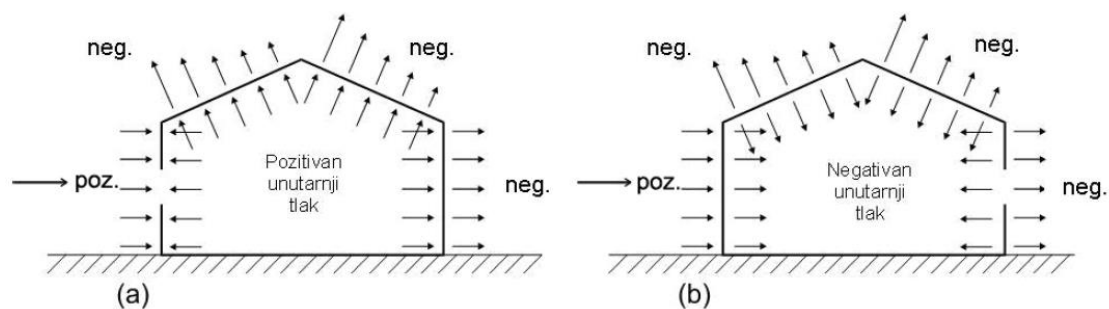
Za slučaj kada su otvori zatvoreni, koeficijent za unutarnji pritisak vjetra iznosi:

$$c_{pi} = 0$$

Rezultantni pritisak vjetra pojedinih zona dobije se preko sljedećeg izraza:

$$w = w_{e,i} - w_i = q_p(z) \cdot (c_{pe,i} - c_{pi})$$

Slika 7. opisuje djelovanje vjetra na površine ovisno o njegovom predznaku, gdje pozitivan pritisak označuje djelovanje vjetra prema površini, dok negativan pritisak vjetra predstavlja djelovanje vjetra od površine.

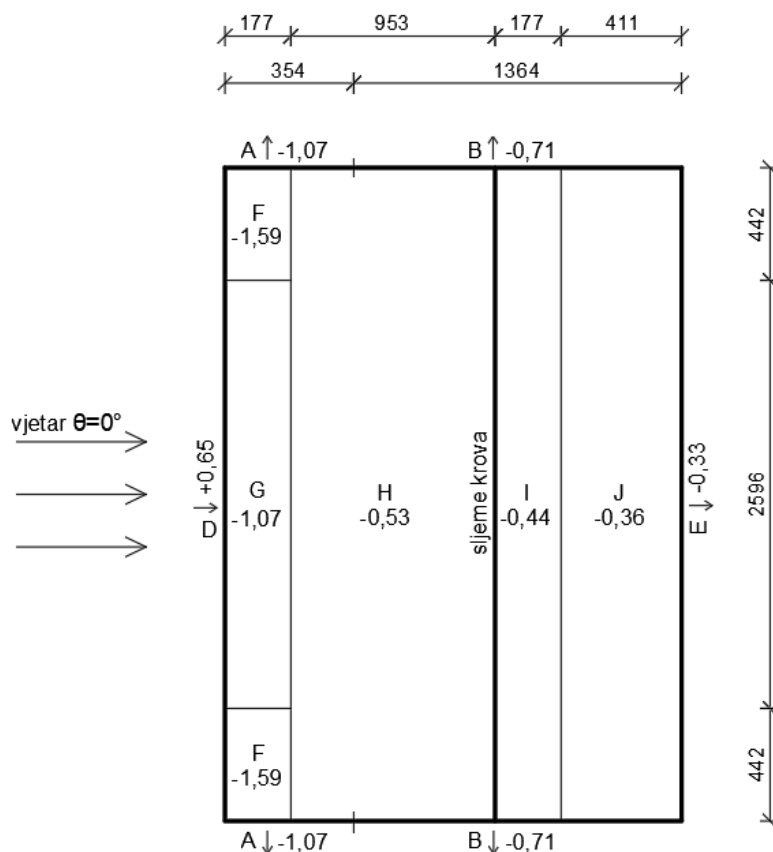


Slika 7: Pritisak vjetra na površine [9]

Rezultantni pritisci vjetra za 1.slučaj (poprečno djelovanje vjetra, otvori zatvoreni) prikazani su u tablici 6.

Tablica 6: Rezultanti pritisak vjetra za 1.slučaj

Pritisak vjetra	Vertikalne površine					Kose krovne plohe				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1,07	-0,71	0,00	0,65	-0,33	-1,59	-1,07	-0,53	-0,44	-0,36
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>w</b> (kN/m <sup>2</sup> )	<b>-1,07</b>	<b>-0,71</b>	<b>0,00</b>	<b>0,65</b>	<b>-0,33</b>	<b>-1,59</b>	<b>-1,07</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,36</b>



Slika 8: Skica djelovanja vjetra na površine za 1.slučaj

#### 4.4.3 Poprečno djelovanje vjetra (otvori otvoreni)

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra  $c_{pe}$  isti kao pod 4.4.2.

Koeficijent unutarnjeg pritiska vjetra  $c_{pi}$ , za slučaj kada imamo dominantno pročelje sa površinama otvora približno dva puta veće od ostalih pročelja, uzima se kao:

$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe}$$



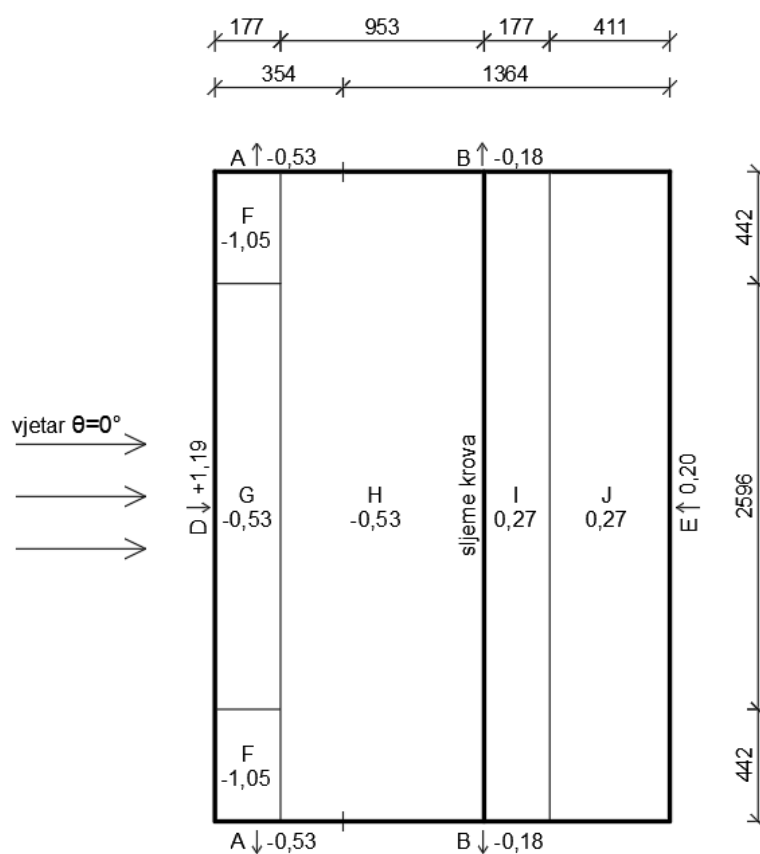
Iz čega slijedi:

$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe,B} = 0,75 \cdot (-0,8) = -0,60$$

Rezultantni pritisak vjetra za 2.slučaj (poprečno djelovanje vjetra, otvori otvoreni) prikazani su u tablici 7.

Tablica 7: Rezultantni pritisak vjetra za 2.slučaj

Pritisak vjetra	Vertikalne površine					Kose krovne plohe				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1,07	-0,71	0,00	0,65	-0,33	-1,59	-1,07	0,00	-0,27	-0,27
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	-0,53	-0,53	0,00	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53
<b>w (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,00</b>	<b>1,19</b>	<b>0,20</b>	<b>-1,05</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>



Slika 9: Skica djelovanja vjetra na površine za 2.slučaj

#### 4.4.4 Uzdužno djelovanje vjetra (otvori zatvoreni)

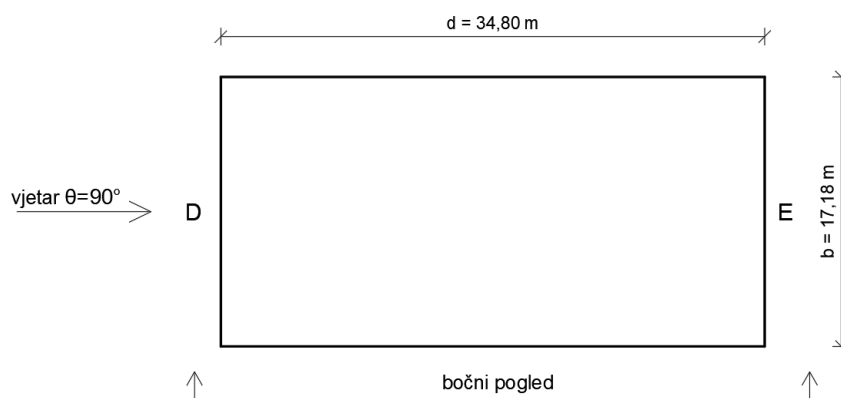
##### Određivanje koeficijenta $c_{pe}$ za vanjski pritisak vjetra

###### 1) Vertikalne plohe

Osnovni podatci:

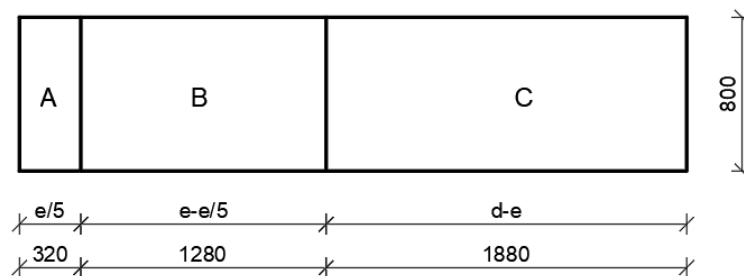
- referentna visina:  $h = 8,0 \text{ m}$
- dubina građevine:  $d = 34,80 \text{ m}$
- površina izložena vjetru:  $b = 17,18 \text{ m}$
- parametar  $e$ :  $e = \min(b; 2h) = \min(38,80; 16,0) = 16,0 \text{ m}$
- omjer  $h/d$ :  $h/d = 8,0/34,80 = 0,23$

Skica uzdužnog djelovanja vjetra na vertikalne površine građevine prikazana je na slici 10.



Slika 10: Uzdužno djelovanje vjetra na vertikalne površine hale

Na slici 11. prikazana je raspodjela zona u bočnom pogledu za slučaj kada je  $d > e$ .



Slika 11: Raspodjela vjetrovnih zona za  $d > e$

Površine opterećenih vjetrovnih zona:

- Zona A:  $= 3,20 \cdot 8,0 = 25,60 \text{ m}^2$
- Zona B:  $= 12,80 \cdot 8,0 = 102,40 \text{ m}^2$
- Zona C:  $= 18,80 \cdot 8,0 = 150,40 \text{ m}^2$
- Zona D = Zona E:  $= 144,14 \text{ m}^2$

Koeficijenti vanjskog pritiska na vertikalne zidove građevine dani su u tablici 8.

Tablica 8: Koeficijenti vanjskog pritiska na vertikalne površine

ZONA	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,5	-0,5
0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,7	1,0	-0,3	-0,5
0,23	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,7	1,0	-0,3	-0,5
	-1,2		-0,8		-0,5		0,70		-0,30	

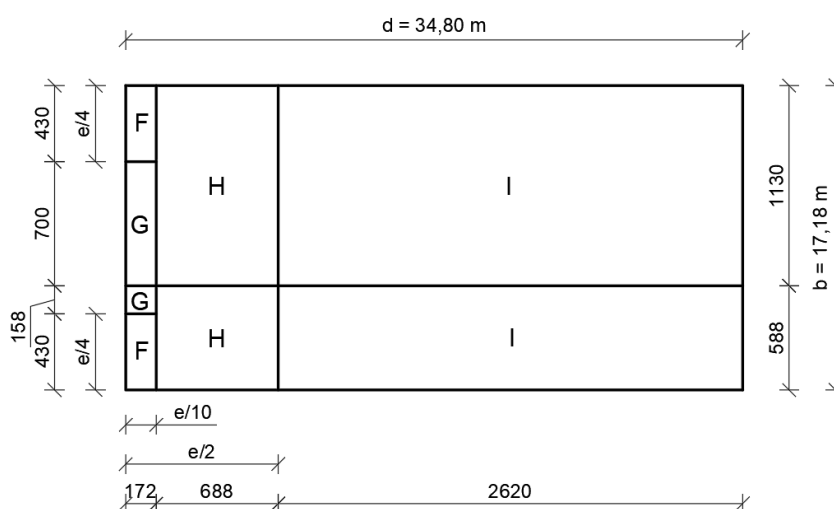
### Vanjski tlak vjetra na dvostrešni krov

#### 2) Kose krovne plohe

Osnovni podatci:

- referentna visina:  $h = 8,84 \text{ m}$
- dubina građevine:  $d = 38,80 \text{ m}$
- površina izložena vjetru:  $b = 17,18 \text{ m}$
- parametar e:  $e = \min(b; 2h) = \min(17,18; 17,68) = 17,18 \text{ m}$

Skica uzdužnog djelovanja vjetra na dvostrešni krov građevine prikazana je na slici 12.



Slika 12: Uzdužno djelovanje vjetra na dvostrešni krov hale

Površine opterećenih vjetrovnih zona prikazane su tablici 9.

Tablica 9: Referentne površine opterećenih zona

Referentne površine [m <sup>2</sup> ]		
ZONE	nagib 5°	nagib 8°
F	7,41	7,47
G	12,07	2,75
H	77,95	40,87
I	269,88	155,62

Koeficijenti vanjskog pritiska na dvostrešni krov nagiba 5° i 8° prikazani su u tablici 10. Koeficijenti vanjskog pritiska za nagib krova od 8° dobiven je metodom linearne interpolacije za nagibe krova između 5° i 15°.

Tablica 10: Koeficijenti vanjskog pritiska na dvostrešni krov

Nagib krova	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	

5	-1,68	-1,30	-0,70	-0,60
8	-1,59	-1,69	-0,67	-0,57

#### Određivanje koeficijenata $c_{pi}$ za unutarnji pritisak vjetra

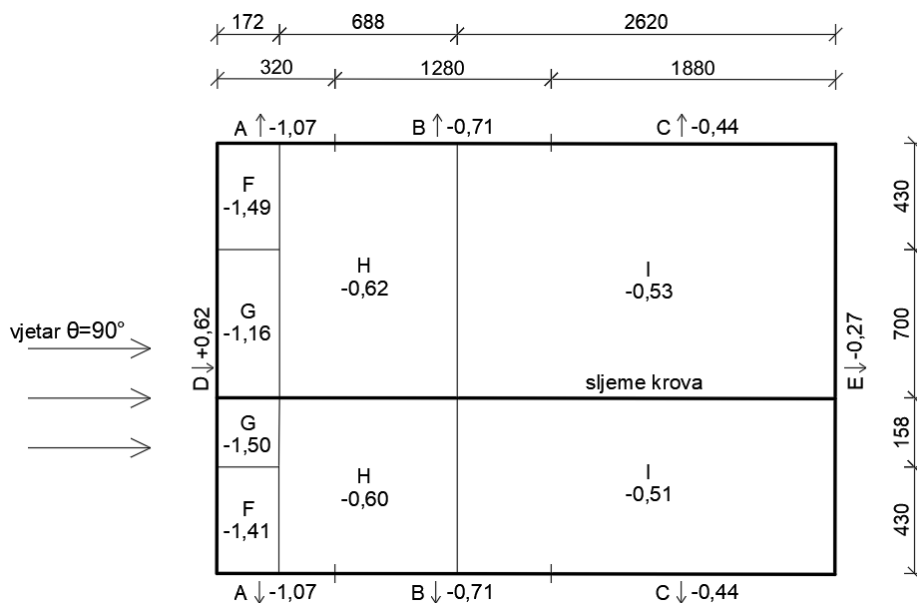
$c_{pi} = 0$  (otvori zatvoreni)

Rezultantni pritisak vjetra za 3.slučaj (uzdužno djelovanje vjetra, otvori zatvoreni) prikazani su u tablici 11.

Tablica 11: Rezultantni pritisak vjetra za 3.slučaj

Pritisak vjetra	Vertikalne površine				
	A	B	C	D	E
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1,07	-0,71	-0,44	0,62	-0,27
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>w (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>-1,07</b>	<b>-0,71</b>	<b>-0,44</b>	<b>0,62</b>	<b>-0,27</b>

Pritisak vjetra	Kosa krovna ploha (nagib 5°)				Kosa krovna ploha (nagib 8°)			
	F	G	H	I	F	G	H	I
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1,49	-1,16	-0,62	-0,53	-1,41	-1,50	-0,60	-0,51
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>w (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>-1,49</b>	<b>-1,16</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,53</b>	<b>-1,41</b>	<b>-1,50</b>	<b>-0,60</b>	<b>-0,51</b>



Slika 13: Skica djelovanja vjetra na površine za 3.slučaj

#### 4.4.5 Uzdužno djelovanje vjetra (otvori otvoreni)

Koeficijenti vanjskog pritiska vjetra  $c_{pe}$  isti kao pod 4.4.4.

Koeficijent unutarnjeg pritiska vjetra

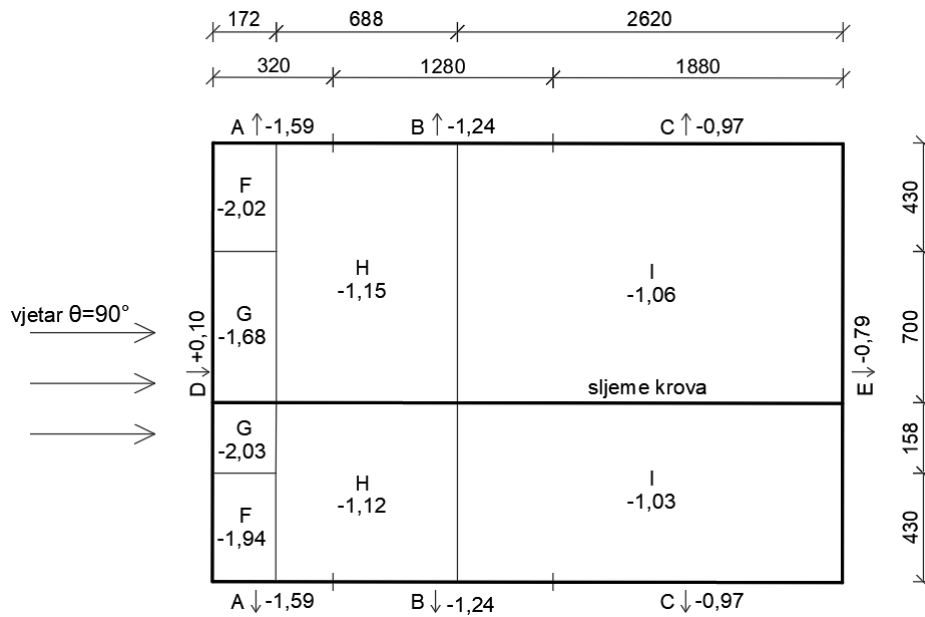
$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe,D} = 0,75 \cdot (0,7) = 0,53$$

Rezultantni pritisak vjetra za 4.slučaj (uzdužno djelovanje vjetra, otvori otvoreni) prikazani su u tablici 12.

Tablica 12: Rezultantni pritisak vjetra za 4.slučaj

Pritisak vjetra	Vertikalne površine				
	A	B	C	D	E
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	-1,07	-0,71	-0,44	0,62	-0,27
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
<b>w (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>-1,59</b>	<b>-1,24</b>	<b>-0,97</b>	<b>0,10</b>	<b>-0,79</b>

Pritisak vjetra	Kosa krovna ploha (nagib 5°)				Kosa krovna ploha (nagib 8°)			
	F	G	H	I	F	G	H	I
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$w_i$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
<b>w (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,53</b>



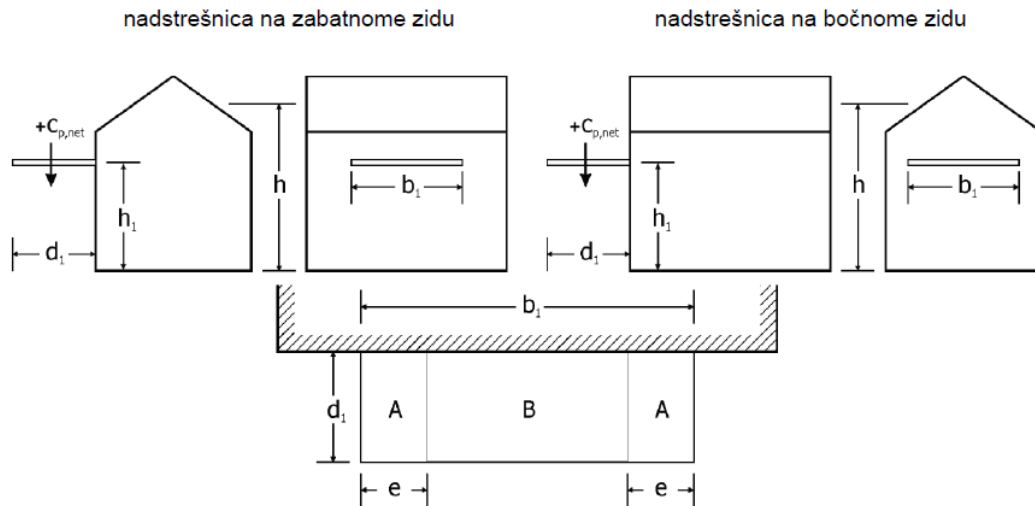
Slika 14: Skica djelovanja vjetra na površine za 4.slučaj

#### 4.4.6 Djelovanje vjetra na nadstrešnicu

Analiza djelovanja vjetra za nadstrešnice provodi se prema HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2014.

Osnovni podatci o nadstrešnici:

- visina do polovice zabata  $h = 8,42 \text{ m}$
- visina nadstrešnice  $h_1 = 4,60 \text{ m}$
- širina nadstrešnice  $d_1 = 3,50 \text{ m}$
- duljina nadstrešnice  $b_1 = 8,00 \text{ m}$
- koeficijent  $e = \min(d_1/4; b_1/2) = \min(3,5/4; 8,0/2) = 0,88$
- omjer  $h_1/h = 0,55$
- omjer  $h_1/d_1 = 1,31$



$$e = d_1/4 \text{ ili } b_1/2, \text{ mjerodavna je manja vrijednost}$$

Slika 15: Dimenzije i raspodjela područja za površine nadstrešnica [10]

Vrijednosti koeficijenata  $c_{p,net}$  za resultantni tlak na nadstrešnicu dobivene su metodom linearne interpolacije, a rezultati su prikazani u tablici 13.

Tablica 13: Koeficijent  $c_{p,net}$  za resultantni tlak na nadstrešnice

Omjer visina $h_1/h$	Područje					
	tlak prema dolje	A		tlak prema dolje	B	
		tlak prema gore			tlak prema gore	
		$h_1/d_1 < 1,0$	$h_1/d_1 > 3,5$		$h_1/d_1 < 1,0$	$h_1/d_1 > 3,5$
0,5	0,7	-1,0	-1,5	0,3	-0,2	-0,5
0,6	0,7	-1,1	-1,6	0,3	-0,4	-0,7
0,55	0,7	-1,11		0,3	-0,34	

Nadstrešnice treba provjeriti za dva slučaja opterećenja, djelovanje sile vjetra prema dolje (pozitivno) i djelovanje sile vjetra prema gore (negativno).

Rezultantni tlak vjetra na nadstrešnicu:

$$w_{A1} = q_p(z) \cdot c_{p,net} = 0,89 \cdot 0,70 = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

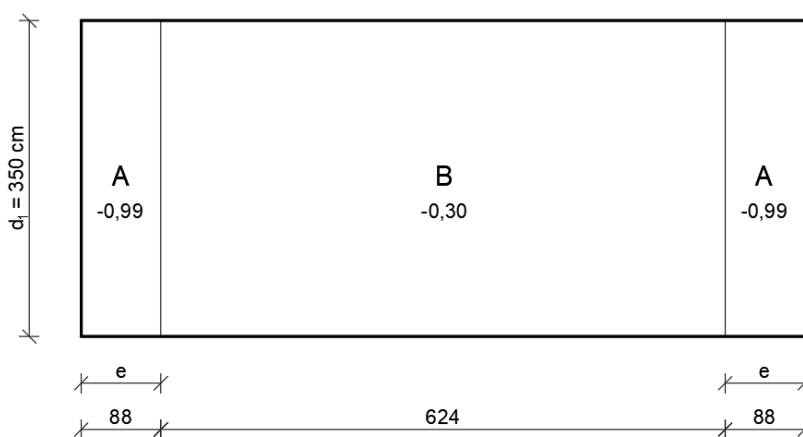
$$w_{A2} = q_p(z) \cdot c_{p,net} = 0,89 \cdot (-1,11) = -0,99 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{B1} = q_p(z) \cdot c_{p,net} = 0,89 \cdot 0,30 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{B2} = q_p(z) \cdot c_{p,net} = 0,89 \cdot (-0,34) = -0,30 \text{ kN/m}^2$$



Slika 16: Djelovanje vjetra na nadstrešnicu (pozitivan smjer)



Slika 17: Djelovanje vjetra na nadstrešnicu (negativan smjer)

#### 4.5 Djelovanje potresa

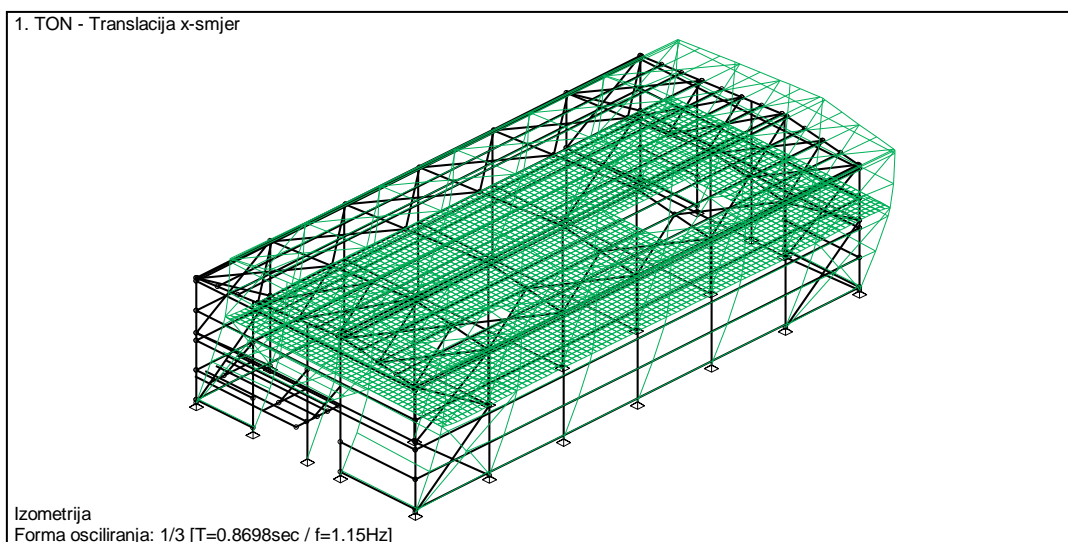
Proračun na potresno djelovanje nije mjerodavno s obzirom da su čelične konstrukcije relativno lagane i duktilne što pospješuje apsorpciju potresne energije. Vršno ubrzanje tla za lokaciju na kojoj se izvodi ova građevina iznosi 0,132 g i ne spada u visoko rizično potresno područje. Iako nije proveden proračun na potresno djelovanje, svakako je provedena modalna analiza u svrhu prikaza pravilnosti odnosno nepravilnosti ponašanja konstrukcije pri potresnom opterećenju. Za ovaj proračun u obzir je uzeta vlastita težina konstrukcije, stalno opterećenje te korisno opterećenje, koji su množeni sa faktorima prikazanim u tablici 14.



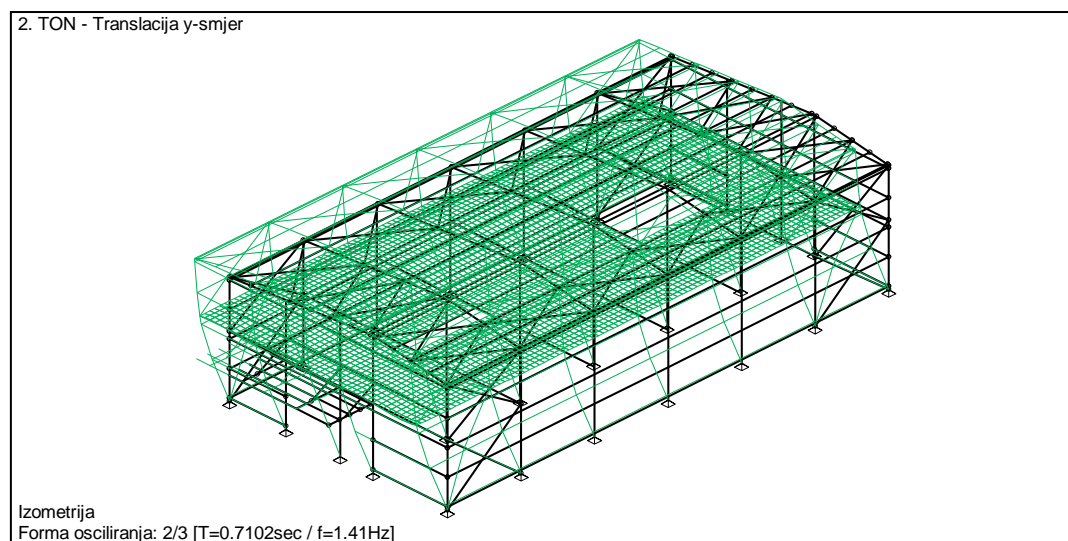
Tablica 14: Faktori opterećenja za proračun mase

1	Vlastita težina	1.00
2	Stalno opterećenje	1.00
3	Korisno opterećenje	0.80
4	Snijeg	0.00
5	Vjetar	0.00

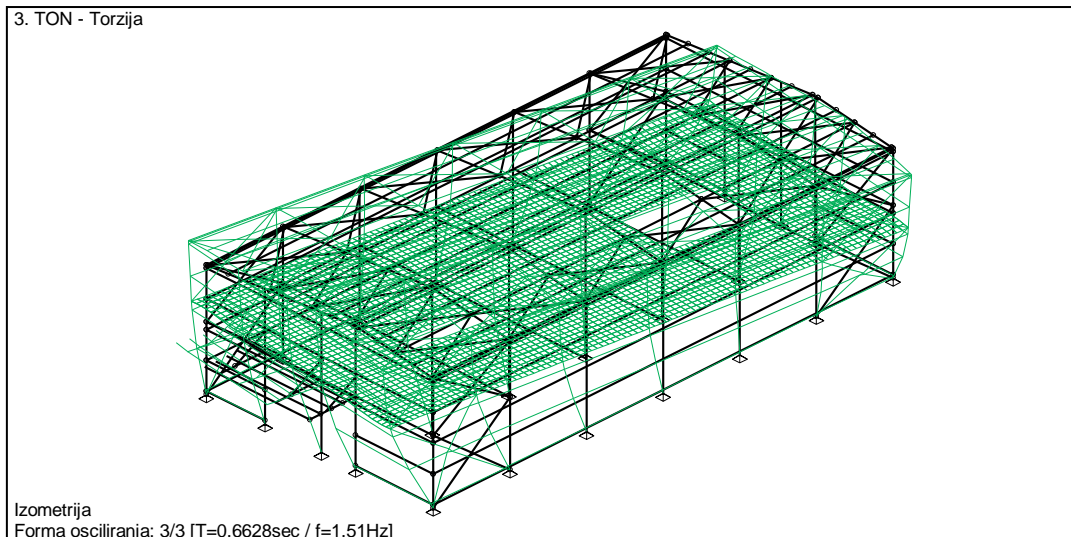
Na sljedećim slikama prikazane su forme osciliranja konstrukcije za prva tri tona. Iz slika je vidljivo da se u 1. i 2. tonu konstrukcija „translatira“ u x i y smjeru, dok se tek u trećem tonu pojavljuje torzija. Za konstrukciju je bitno da se u 1. i 2. tonu izbjegne torzija koja ukazuje na to da konstrukcija nije pravilna u pogledu rasporeda krutosti i masa.



Slika 18: Pomaci konstrukcije u 1. tonu



Slika 19: Pomaci konstrukcije u 2. tonu



Slika 20: Pomaci konstrukcije u 3. tonu

U ovom slučaju možemo zaključiti da je konstrukcija pravilna. Tlocrtni raspored konstrukcije je skoro pa potpuno simetričan, tako da vrijednost ekscentriciteta centar masa i centar krutosti poprima minimalne vrijednosti (tablica 15).

Tablica 15: Ekscentricitet po visini objekta

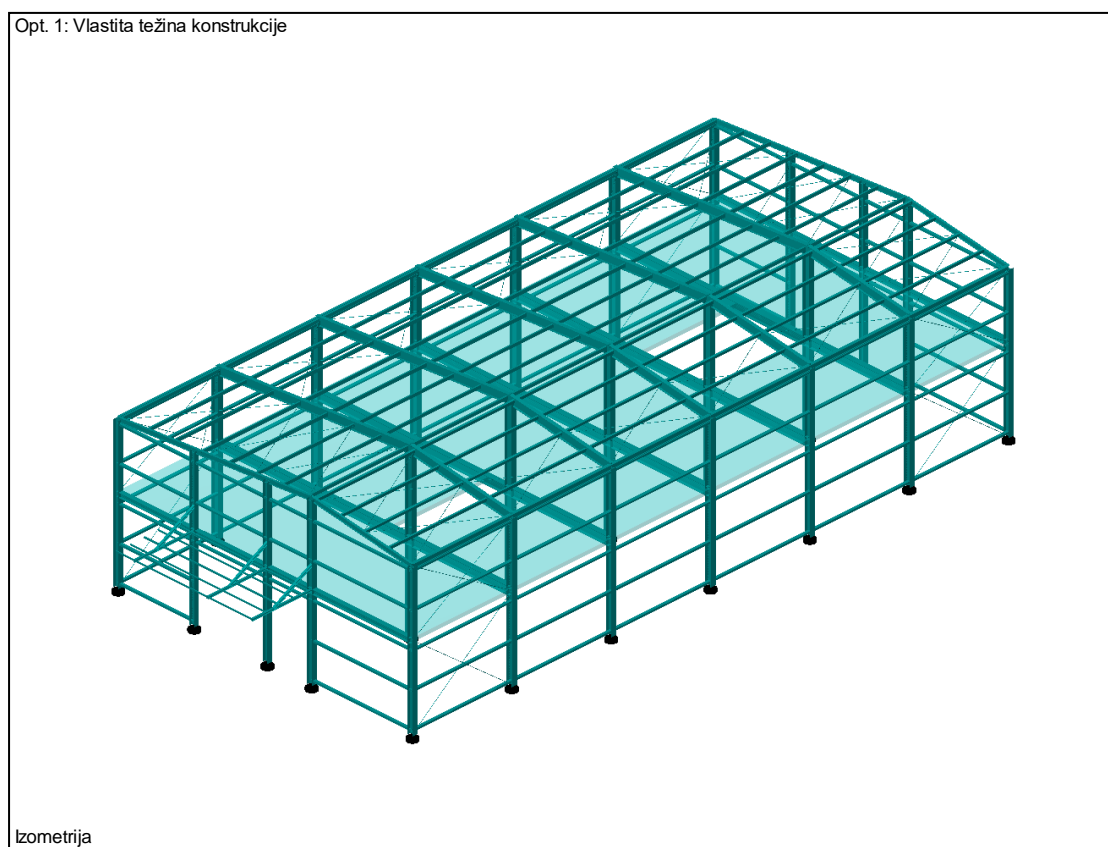
Nivo	Z [m]	$e_{o,x}$ [m]	$e_{o,y}$ [m]
Ploča iznad prizemlja	4.48	0.37	0.24
Temelji	0.00	0.26	0.00

## 5 PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE ELEMENATA

### 5.1 Opterećenja na model

Opterećenja na model nanose se kao površinska opterećenja koja se raspodjeljuju na linijske elemente konstrukcije.

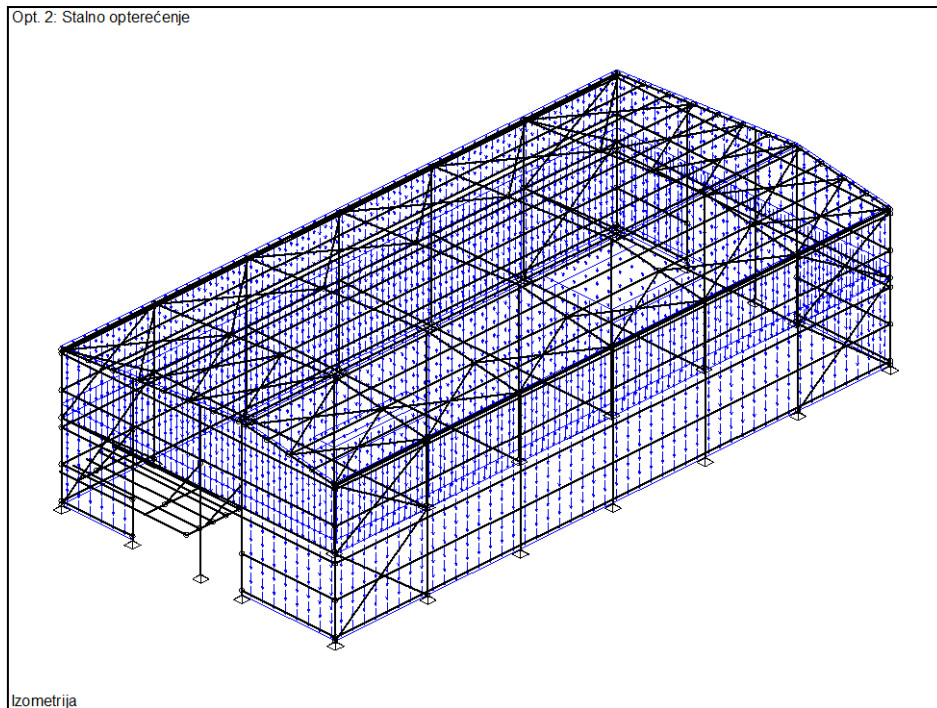
#### 5.1.1 *Stalno opterećenje*



Slika 21: Vlastita težina konstrukcije

Obloga hale izvodi se od sendvič panela Kingspan. Težine obloga zadane su prema specifikacijama proizvođača u potpoglavlju 4.1.

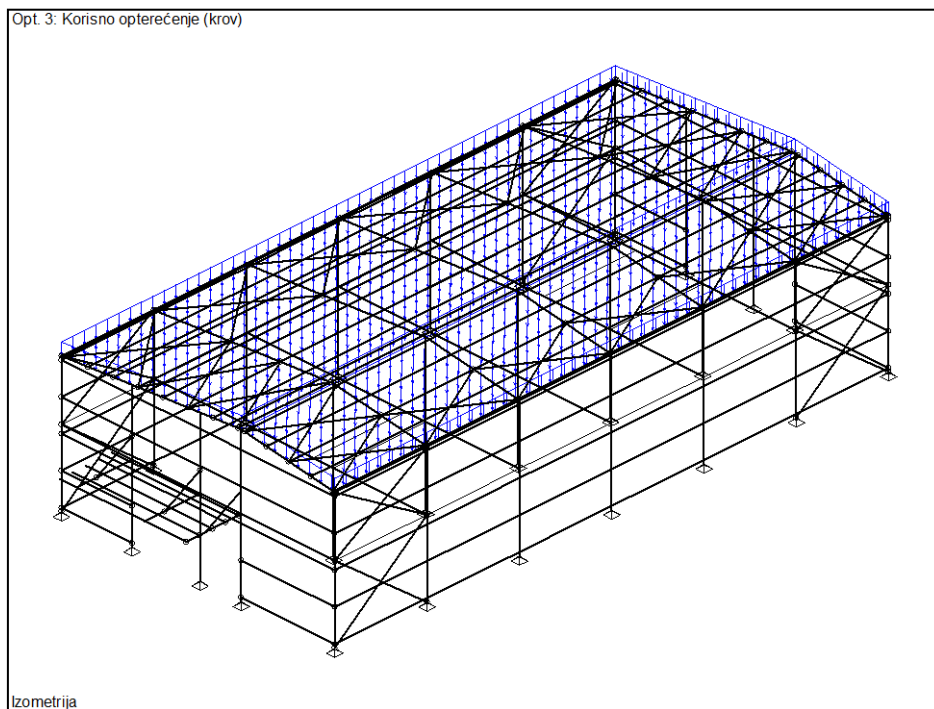
Opterećenja od slojeva poda i instalacija postavljaju se na međukatnu konstrukciju.



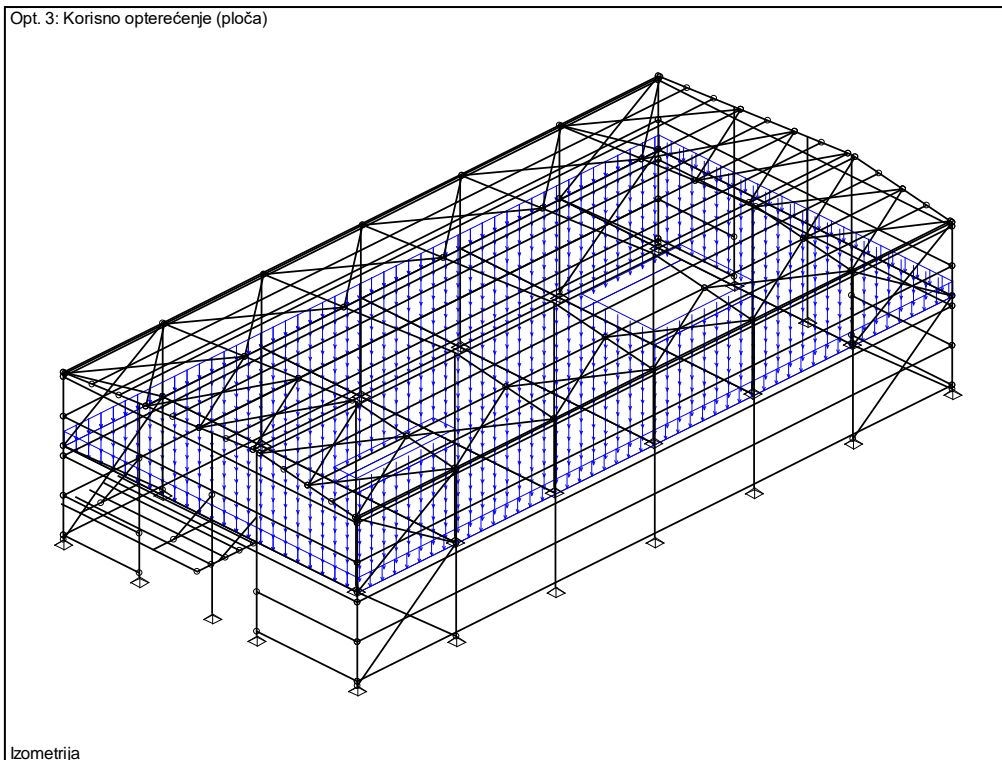
Slika 22: Stalno opterećenje na konstrukciju

### 5.1.2 Korisno opterećenje

Vrijednosti korisnog opterećenja za neprohodni krov i uredske prostore definirani su u potpoglavlju 4.2, a na konstrukciju se nanose prema slikama 20. i 21.

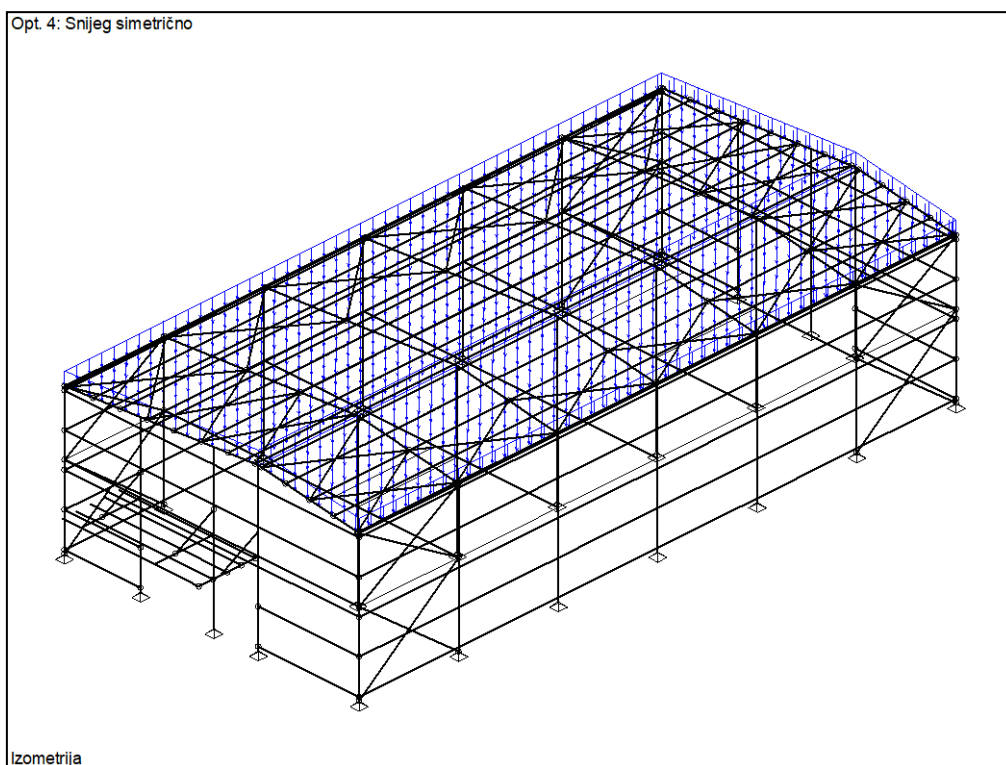


Slika 23: Korisno opterećenje za neprohodan krov



Slika 24: Korisno opterećenje za uredske prostore

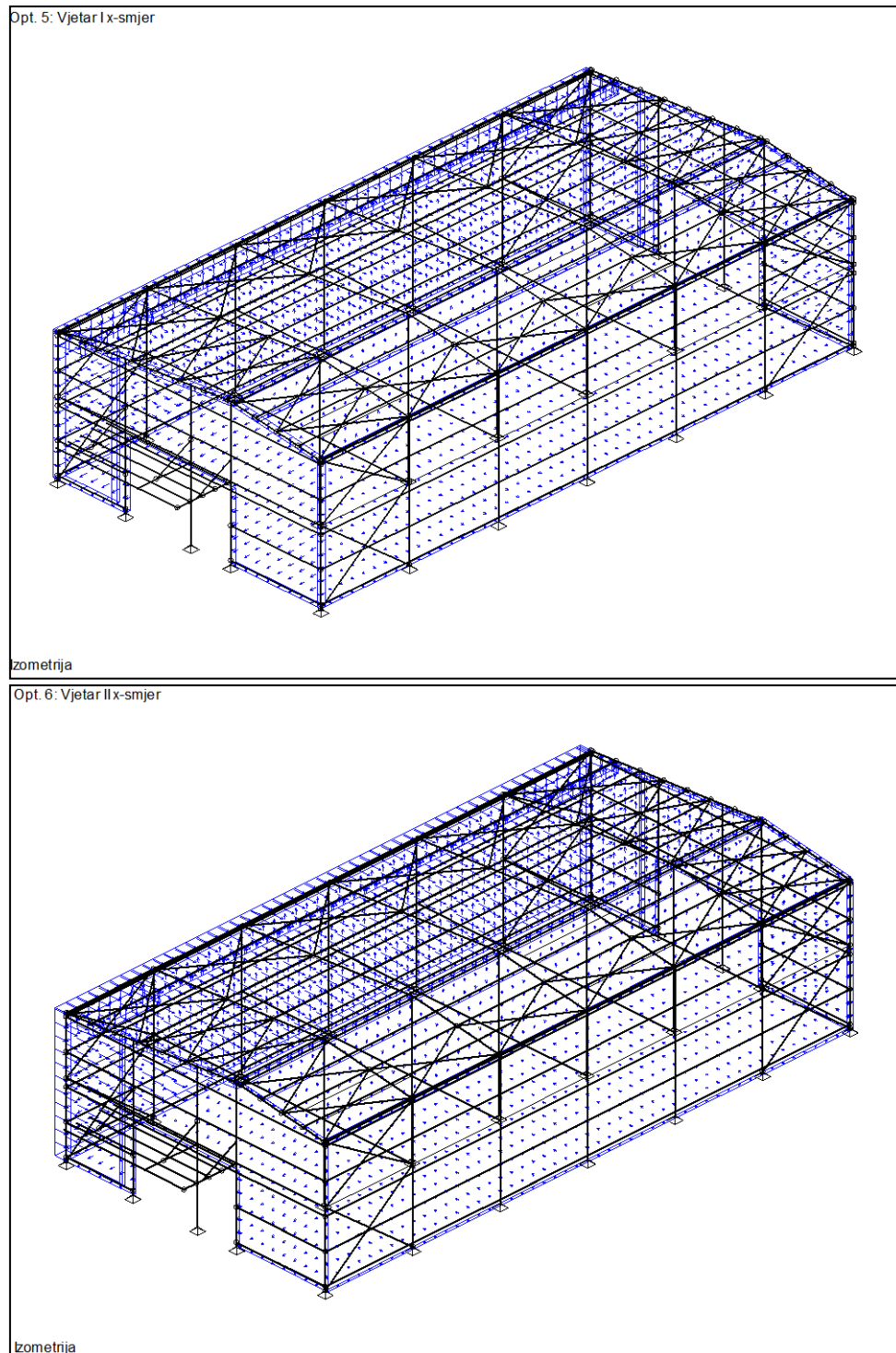
### 5.1.3 Opterećenje snijegom



Slika 25: Opterećenje snijegom

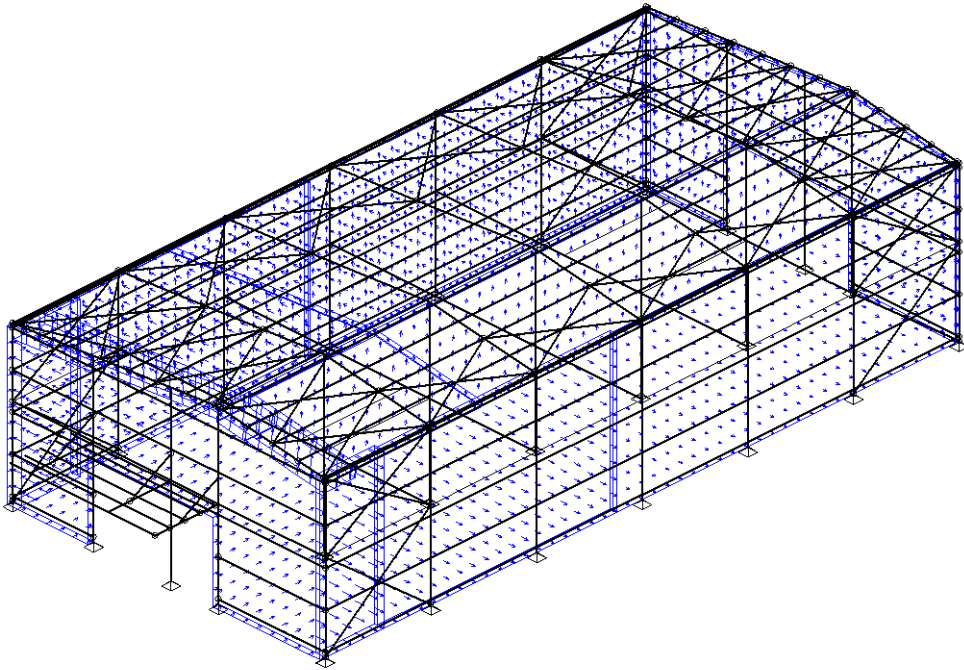
Opterećenje snijegom prema proračunu iznosi  $0,6 \text{ kN/m}^2$  te se nanosi simetrično na konstrukciju.

#### 5.1.4 Opterećenje vjetrom



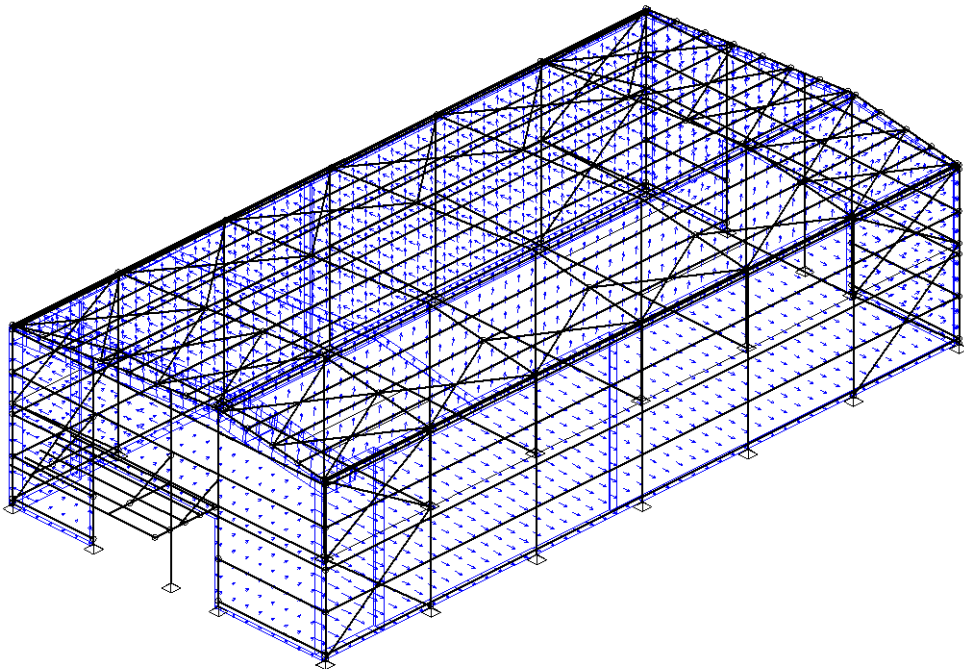
Slika 26: Opterećenja vjetrom za 1. i 2. slučaj

Opt. 7: Vjetar I y-smjer



izometrija

Opt. 8: Vjetar II y-smjer



izometrija

Slika 27: Opterećenje vjetrom za 3. i 4. slučaj

## 5.2 Granična stanja i koeficijenti

### 5.2.1 Granično stanje nosivosti (GSN)

Sljedeća su granična stanja za koje se vrše provjere, a u nastavku su navedeni i odgovarajući koeficijenti za svako stanje posebno.

**EQU:** gubitak statičke ravnoteže (*equilibrium*) konstrukcije ili nekog njenog dijela promatranog kao krutog tijela; važne manje promjene vrijednosti prostorne raspodjele stalnih djelovanja iz jednog izvora, a čvrstoće građevnih materijala ili temeljnog tla općenito nisu mjerodavne.

**STR:** unutarnji slom ili prekomjerno deformiranje konstrukcije (*structure*) ili konstrukcijskih elemenata, uključujući temelje, pilote, podrumске zidove itd. pri čemu je mjerodavna čvrstoća građevinskih materijala konstrukcije.

**GEO:** slom ili prekomjerno deformiranje temeljnog tla (*geotechnical*) pri čemu u čvrstoće tla ili stijene važne za otpornost.

**FAT:** slom zbog zamora (*fatigue*) konstrukcije ili konstrukcijskih elemenata.

**UPL:** gubitak ravnoteže (*uplift*) konstrukcije ili temeljnog tla zbog odizanja zbog tlaka vode (uzgon) ili drugih vertikalnih djelovanja.

Kombinacije djelovanja za stalne i prolazne proračunske situacije (osnovna kombinacija):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kombinacije djelovanja za potresne proračunske situacije [3]:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$



## 5.2.2 Granično stanje uporabivosti (GSU)

Kombinacije djelovanja koje se u odgovarajućim proračunskim situacijama uzimaju u obzir trebaju biti primjerene zahtjevima uporabivosti i kriterijima ponašanja koji se provjeravaju.

**Karakteristična kombinacija** (nepovratno stanje):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "Q_{k,1}" + " \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

**Česta kombinacija** (povratno stanje):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + " \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} " + " \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

**Nazovistalna kombinacija** (dugotrajni učinci i izgled konstrukcije) [3]:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + " \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

### Vertikalni progib



#### Legenda:

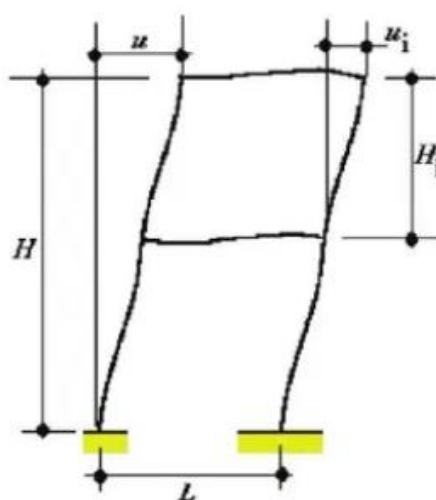
- $w_c$  nadvišenje neopterećenog konstrukcijskog elementa
- $w_1$  početni dio progiba pri stalnim opterećenjima za odgovarajuću kombinaciju djelovanja u skladu s izrazima (6.14a) do (6.16b)
- $w_2$  dugotrajni dio progiba za stalna opterećenja
- $w_3$  dodatni dio progiba prouzročen promjenjivim djelovanjima za odgovarajuću kombinaciju djelovanja uskladu s izrazima (6.14a) do (6.16b)
- $w_{tot}$  ukupni progib kao zbroj  $w_1$ ,  $w_2$  i  $w_3$
- $w_{max}$  ukupni progib u kojem je u obzir uzeto nadvišenje

Slika 28: Definicije vertikalnih progiba [3]

Tablica 16: Ograničenja vertikalnih progiba konstrukcijskih elemenat [4]

Konstrukcijski element	Granične vrijednosti za karakteristične kombinacije djelovanja	
	$w_{max}$	$w_2 + w_3$
Krovišta	$L/200$	$L/250$
Prohodna krovišta	$L/250$	$L/300$
Stropovi	$L/250$	$L/300$
Krovišta i stropovi koji nose krhke obloge i vrlo krute pregradne stijene	$L/300$	$L/350$
Stropovi koji nose stupove osim u slučaju ako se konstrukcija promatra kao cjelovita	$L/400$	$L/500$
U slučaju kada je $w_{max}$ važan za izgled konstrukcije	$L/250$	–

### Horizontalni pomak



#### Legenda:

$u$  ukupni horizontalni pomak za visinu zgrade  $H$

$u_i$  horizontalni pomak za visinu kata  $H_i$

Slika 29: Definicija horizontalnih pomaka

Građevina	Granične vrijednosti za karakteristične kombinacije djelovanja	
	$u_i$	$u$
Prizemne industrijske građevine bez kрана i/ili međukatova	$H_i/150$	–
Prizemne građevine	$H_i/300$	–
Višekatne zgrade	$H_i/300$	$H/500$

NAPOMENA:  $H_i$  – visina kata;  $H$  – visina građevine

Slika 30: Ograničenje horizontalnih pomaka konstrukcije [3]

### 5.2.3 Vrijednosti koeficijenata

Tablica 17: Preporučene vrijednosti faktora  $\Psi$  za zgrade [4]

Djelovanje	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Uporabna opterećenja u zgradama kategorije (vidjeti normu EN 1991-1-1):			
Kategorija A: kuće, stambene zgrade	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: uredi	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: područja za skupove	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišta	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometna područja, težina vozila $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometna područja, $30 \text{ kN} \leq$ težina vozila $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: krovovi	0	0	0
Opterećenja snijegom u zgradama (vidjeti normu EN 1991-1-3)*:			
– Finska, Island, Norveška, Švedska	0,70	0,50	0,20
– Ostale države članice CEN-a za gradilišta na visini $H > 1000$ m n.m.	0,70	0,50	0,20
– Ostale države članice CEN-a za gradilišta na visini $H \leq 1000$ m n.m.	0,50	0,20	0
Opterećenja vjetrom na zgrade (vidjeti normu EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (osim požara) u zgradama (vidjeti normu EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
NAPOMENA: Vrijednosti $\Psi$ mogu se odrediti u nacionalnom dodatku. * Za države koje nisu navedene, vidjeti odgovarajuće mjesne uvjete.			

Proračunske vrijednosti djelovanja EQU prikazane su u tablici 18.

Tablica 18: Proračunske vrijednosti djelovanja (EQU), (skup A) [3]

Stalne i prolazne proračunske situacije	Stalna djelovanja		Prevladavajuće promjenjivo djelovanje (*)	Prateća promjenjiva djelovanja	
	Nepovoljno	Povoljno		Glavno (ako postoji)	Ostala
(Jedn. 6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \Psi_0 Q_{k,i}$
(*) Promjenjiva djelovanja su ona iz tablice A1.1.					
NAPOMENA 1: Vrijednosti $\gamma$ smiju se odrediti u nacionalnom dodatku. Preporučeni skup vrijednosti za $\gamma$ jest: $\gamma_{G,j,sup} = 1,10$ $\gamma_{G,j,inf} = 0,90$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ za nepovoljni slučaj (0 za povoljni slučaj) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ za nepovoljni slučaj (0 za povoljni slučaj).					
NAPOMENA 2: U slučajevima kad provjera statičke ravnoteže obuhvaća i otpornost konstrukcijskih elemenata, kao druga mogućnost, tj. osim dvije odvojene provjere osnovane na tablicama A1.2(A) i A1.2(B), smije se prihvatiti kombinirana provjera osnovana na tablici A1.2(A), ako je to dopušteno nacionalnim dodatkom, uz sljedeći skup preporučenih vrijednosti. Preporučene se vrijednosti smiju u nacionalnom dodatku izmijeniti. $\gamma_{G,j,sup} = 1,35$ $\gamma_{G,j,inf} = 1,15$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ za nepovoljni slučaj (0 za povoljni slučaj) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ za nepovoljni slučaj (0 za povoljni slučaj), uz uvjet da primjena $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$ za povoljni i za nepovoljni dio stalnih djelovanja ne daje nepovoljniji učinak.					

Tablica 19: Parcijalni koeficijenti  $\gamma_{G1}$  i  $\gamma_{G2}$

	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{Qi}$	$\gamma_{Qi}$
	povoljno	nepovoljno	povoljno	nepovoljno	povoljno	nepovoljno
EQU	0,9	1,1	0,0	1,5	0,0	1,5

G1 – stalna težina konstrukcijskih dijelova

G2 – stalna težina nekonstrukcijskih dijelova

Proračunske vrijednosti djelovanja STR/GEO prikazani su u tablici 20.

Proračun konstrukcijskih elemenata koji ne obuhvaća geotehnička djelovanja.

Tablica 20: Proračunske vrijednosti djelovanja (STR/GEO) (skup B)

Stalne i prolazne proračunske situacije	Stalna djelovanja		Prevladavajuće promjenljivo djelovanje	Prateća promjenjiva djelovanja(*)		Stalne i prolazne proračunske situacije	Stalna djelovanja		Prevladavajuće promjenljivo djelovanje	Prateća promjenjiva djelovanja(*)	
	Nepovoljno	Povoljno		Glavno (ako postoji)	Ostala		Nepovoljno	Povoljno		Glavno	Ostala
(Jedn. 6.10)	$\gamma_{G,j,ssp} G_{k,j,ssp}$	$\gamma_{G,j,mf} G_{k,j,mf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(Jedn. 6.10a)	$\gamma_{G,j,ssp} G_{k,j,ssp}$	$\gamma_{G,j,mf} G_{k,j,mf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
						(Jedn. 6.10b)	$\xi \gamma_{G,j,ssp} G_{k,j,ssp}$	$\gamma_{G,j,mf} G_{k,j,mf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Promjenjiva djelovanja su ona iz tablice A1.1.

NAPOMENA 1: Odabir između izraza (6.10) ili (6.10a) i (6.10b) bit će dan u nacionalnom dodatku. U slučaju (6.10a) i (6.10b) u nacionalnom se dodatku smije izraz (6.10a) dodatno prilagoditi kako bi se obuhvatila samo stalna djelovanja.

NAPOMENA 2: Vrijednosti  $\gamma$  i  $\xi$  smiju se utvrditi u nacionalnom dodatku. Ako se upotrebljavaju izrazi (6.10) ili (6.10a) i (6.10b), preporučene su sljedeće vrijednosti za  $\gamma$  i  $\xi$ :  
 $\gamma_{G,j,ssp} = 1,35$   
 $\gamma_{G,j,mf} = 1,00$   
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$  za nepovoljni slučaj (0 za povoljni slučaj)  
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$  za nepovoljni slučaj (0 za povoljni slučaj).  
 $\xi = 0,85$  (tako da je  $\xi \gamma_{G,j,ssp} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15$ ).  
 Za vrijednosti  $\gamma$  za prisilna deformiranja, vidjeti još u normama EN 1991 do EN 1999.

NAPOMENA 3: Karakteristične vrijednosti svih stalnih djelovanja iz jednog izvora množe se s  $\gamma_{G,ssp}$  ako je ukupan rezultat učinka djelovanja nepovoljan a s  $\gamma_{G,mf}$  ako je povoljan. Primjerice, za sva djelovanja koja potječu od vlastite težine konstrukcije smije se smatrati kako dolaze iz jednog izvora; to se odnosi i ako su uključeni različiti materijali.

NAPOMENA 4: Za posebne provjere smiju se  $\gamma_G$  i  $\gamma_Q$  razdijeliti na  $\gamma_E$  i  $\gamma_Q$  i koeficijent nesigurnosti modela  $\gamma_{Sa}$ . Vrijednost  $\gamma_{Sa}$  u rasponu od 1,05 do 1,15 može se upotrijebiti u najčešćim slučajevima i može se izmijeniti u nacionalnom dodatku.

Tablica 21: Parcijalni koeficijenti  $\gamma_{G1}$  i  $\gamma_{G2}$  [3]

	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{Qi}$	$\gamma_{Qi}$
	povoljno	nepovoljno	povoljno	nepovoljno	povoljno	nepovoljno
STR/GEO	1,0	1,35	0,0	1,5	0,0	1,5

## PARCIJALNI KOEFICIJENTI SIGURNOSTI ZA ČELIK

$\gamma_{M0} = 1,00$  – otpornost poprečnog presjeka klase 1, 2, 3

$\gamma_{M1} = 1,10$  – otpornost poprečnog presjeka klase 4/otpornost elementa na instabilitet

$\gamma_{M2} = 1,25$  – otpornost poprečnog presjeka/otpornost spojeva

### 5.3 Kombinacije opterećenja

Tablica 22: Djelovanja na konstrukciju

DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJU	
1.	v – vlastita težina konstrukcije
2.	g – stalno opterećenje
3.	k – korisno opterećenje
4.	s – opterećenje snijegom
5.	w <sub>1</sub> – vjetar I
6.	w <sub>2</sub> – vjetar II
7.	w <sub>3</sub> – vjetar III
8.	w <sub>4</sub> – vjetar IV

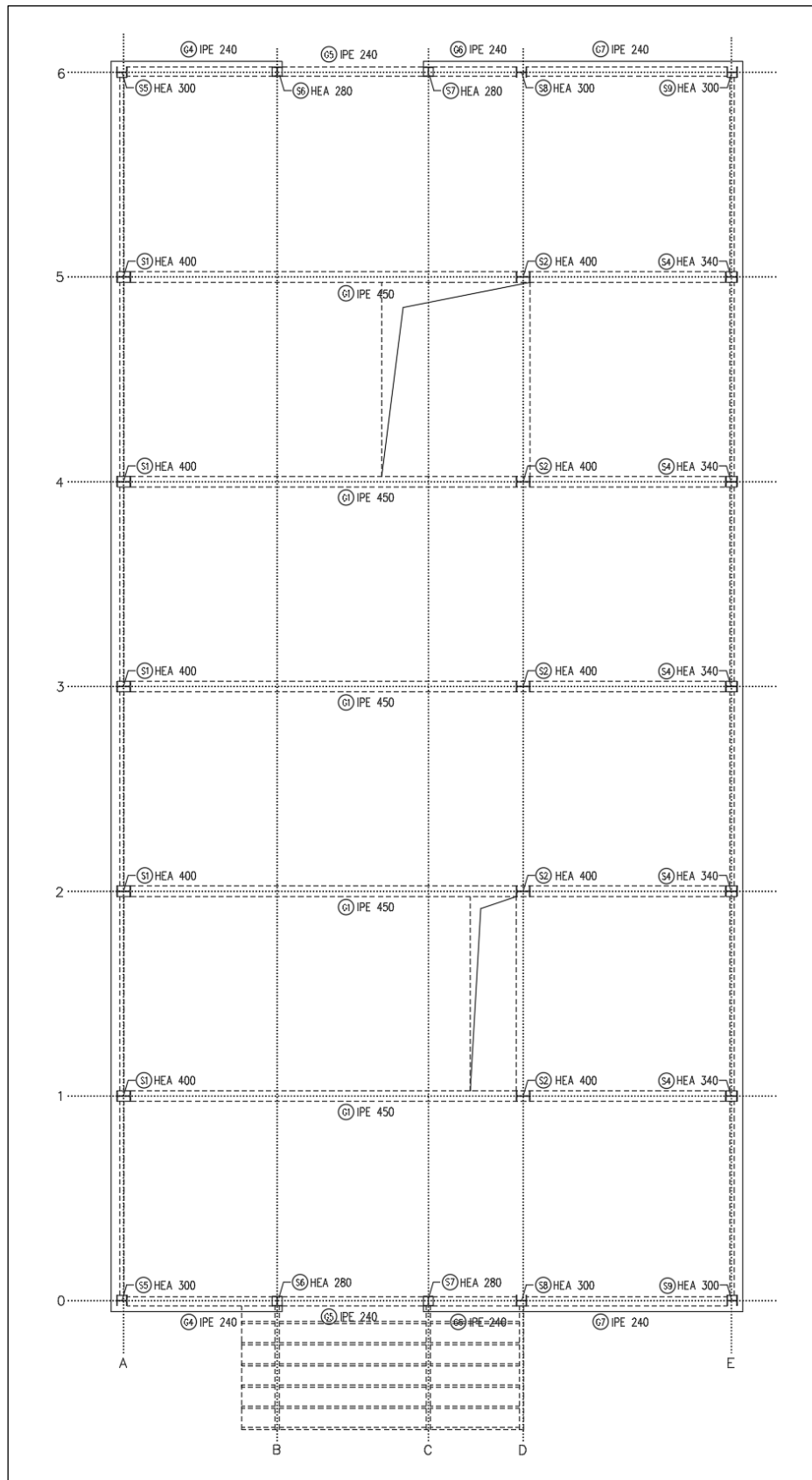
Tablica 23: Kombinacije opterećenja GSN

KOMBINACIJE OPTEREĆENJA ZA GSN			
1	$1,0*(v+g)+1,5*(w_1)$	19	$1,35*(v+g)+1,5*(w_3)+0,5*1,5*(s)$
2	$1,0*(v+g)+1,5*(w_2)$	20	$1,35*(v+g)+1,5*(w_4)+0,5*1,5*(s)$
3	$1,0*(v+g)+1,5*(w_3)$	21	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,6*1,5*(w_1)$
4	$1,0*(v+g)+1,5*(w_4)$	22	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,6*1,5*(w_2)$
5	$1,35*(v+g)+1,5*(k)$	23	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,6*1,5*(w_3)$
6	$1,35*(v+g)+1,5*(s)$	24	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,6*1,5*(w_4)$
7	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,5*1,5*(s)$	25	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,5*1,5*(s)+0,6*1,5*(w_1)$
8	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,7*1,5*(k)$	26	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,5*1,5*(s)+0,6*1,5*(w_2)$
9	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,6*1,5*(w_1)$	27	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,5*1,5*(s)+0,6*1,5*(w_3)$
10	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,6*1,5*(w_2)$	28	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,5*1,5*(s)+0,6*1,5*(w_4)$
11	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,6*1,5*(w_3)$	29	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,7*1,5*(k)+0,6*1,5*(w_1)$
12	$1,35*(v+g)+1,5*(k)+0,6*1,5*(w_4)$	30	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,7*1,5*(k)+0,6*1,5*(w_2)$
13	$1,35*(v+g)+1,5*(w_1)+0,7*1,5*(k)$	31	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,7*1,5*(k)+0,6*1,5*(w_3)$
14	$1,35*(v+g)+1,5*(w_2)+0,7*1,5*(k)$	32	$1,35*(v+g)+1,5*(s)+0,7*1,5*(k)+0,6*1,5*(w_4)$
15	$1,35*(v+g)+1,5*(w_3)+0,7*1,5*(k)$	33	$1,35*(v+g)+1,5*(w_1)+0,7*1,5*(k)+0,5*1,5*(s)$
16	$1,35*(v+g)+1,5*(w_4)+0,7*1,5*(k)$	34	$1,35*(v+g)+1,5*(w_2)+0,7*1,5*(k)+0,5*1,5*(s)$
17	$1,35*(v+g)+1,5*(w_1)+0,5*1,5*(s)$	35	$1,35*(v+g)+1,5*(w_3)+0,7*1,5*(k)+0,5*1,5*(s)$
18	$1,35*(v+g)+1,5*(w_2)+0,5*1,5*(s)$	36	$1,35*(v+g)+1,5*(w_4)+0,7*1,5*(k)+0,5*1,5*(s)$

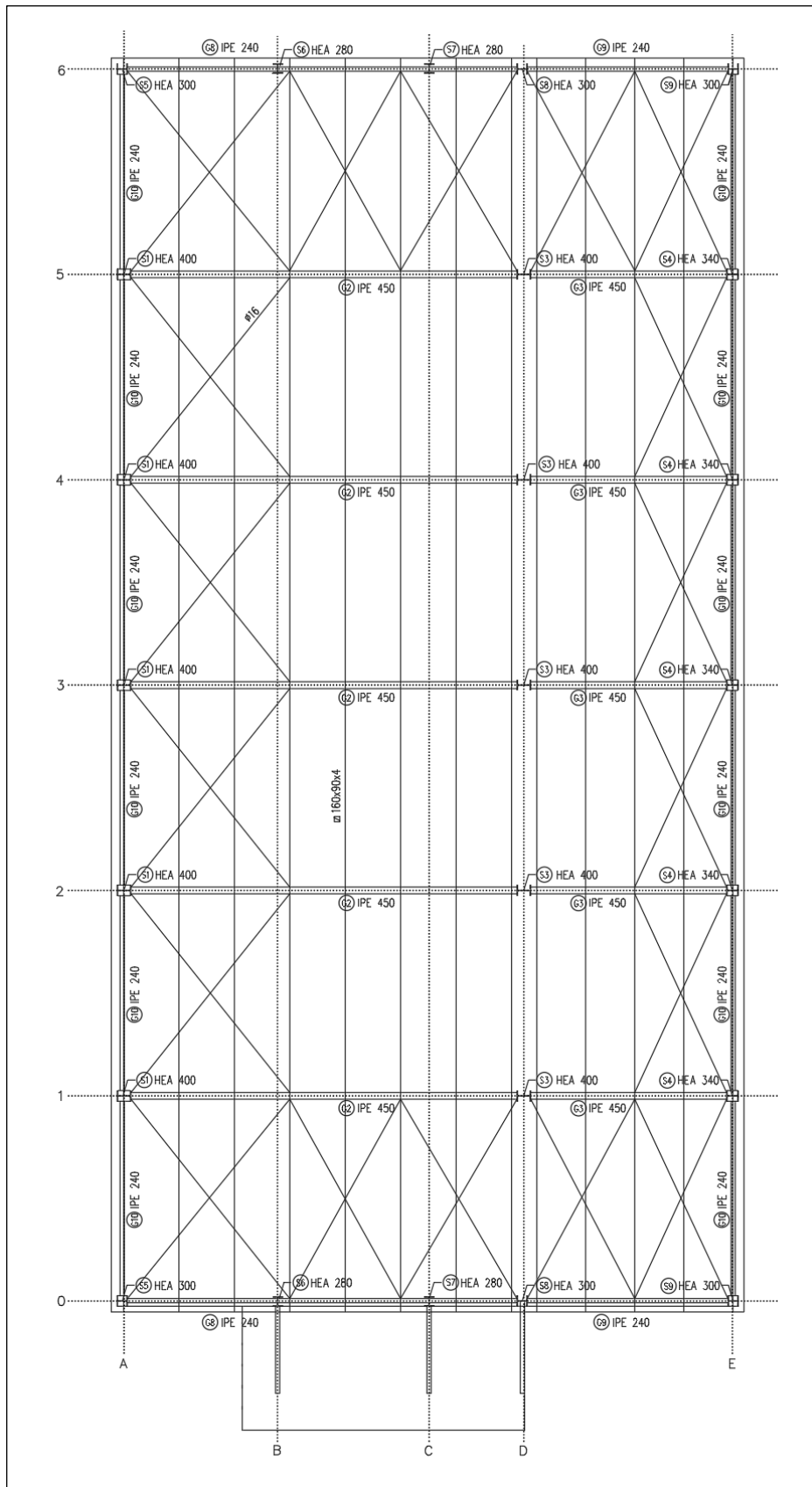
Tablica 24: Kombinacije opterećenja GSU (karakteristične)

KOMBINACIJE OPTEREĆENJA ZA GSU			
37	$1,0*(v+g)+1,0*(w_1)$	55	$1,0*(v+g)+1,0*(w_3)+0,5*(s)$
38	$1,0*(v+g)+1,0*(w_2)$	56	$1,0*(v+g)+1,0*(w_4)+0,5*(s)$
39	$1,0*(v+g)+1,0*(w_3)$	57	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,6*(w_1)$
40	$1,0*(v+g)+1,0*(w_4)$	58	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,6*(w_2)$
41	$1,0*(v+g)+1,0*(k)$	59	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,6*(w_3)$
42	$1,0*(v+g)+1,0*(s)$	60	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,6*(w_4)$
43	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,5*(s)$	61	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,5*(s)+0,6*(w_1)$
44	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,7*(k)$	62	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,5*(s)+0,6*(w_2)$
45	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,6*(w_1)$	63	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,5*(s)+0,6*(w_3)$
46	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,6*(w_2)$	64	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,5*(s)+0,6*(w_4)$
47	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,6*(w_3)$	65	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,7*(k)+0,6*(w_1)$
48	$1,0*(v+g)+1,0*(k)+0,6*(w_4)$	66	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,7*(k)+0,6*(w_2)$
49	$1,0*(v+g)+1,0*(w_1)+0,7*(k)$	67	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,7*(k)+0,6*(w_3)$
50	$1,0*(v+g)+1,0*(w_2)+0,7*(k)$	68	$1,0*(v+g)+1,0*(s)+0,7*(k)+0,6*(w_4)$
51	$1,0*(v+g)+1,0*(w_3)+0,7*(k)$	69	$1,0*(v+g)+1,0*(w_1)+0,7*(k)+0,5*(s)$
52	$1,0*(v+g)+1,0*(w_4)+0,7*(k)$	70	$1,0*(v+g)+1,0*(w_2)+0,7*(k)+0,5*(s)$
53	$1,0*(v+g)+1,0*(w_1)+0,5*(s)$	71	$1,0*(v+g)+1,0*(w_3)+0,7*(k)+0,5*(s)$
54	$1,0*(v+g)+1,0*(w_2)+0,5*(s)$	72	$1,0*(v+g)+1,0*(w_4)+0,7*(k)+0,5*(s)$

## 5.4 Dimenzioniranje elemenata GSN i GSU

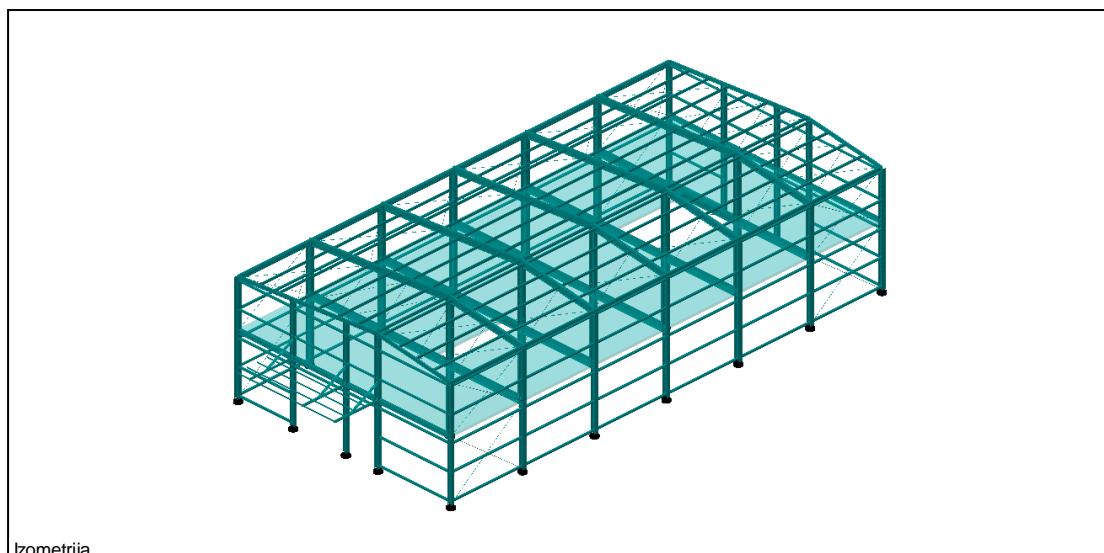


Slika 31: Plan pozicija - nivo međukatne konstrukcije



Slika 32: Plan pozicija - nivo krovne konstrukcije





Izometrija

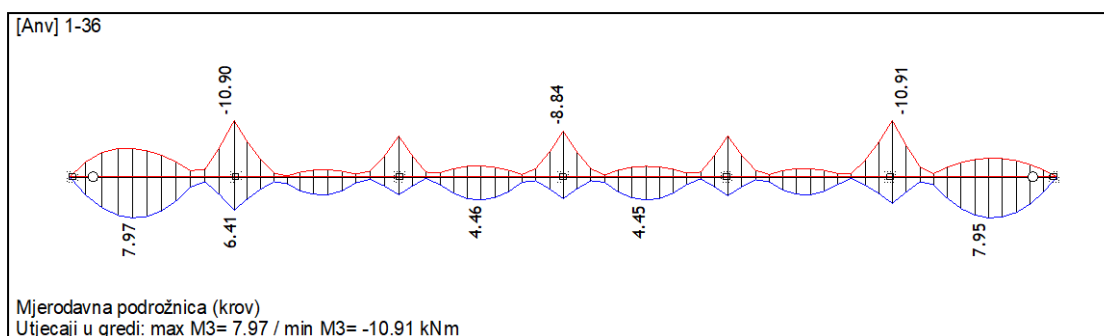
Slika 33: 3D prikaz konstrukcije

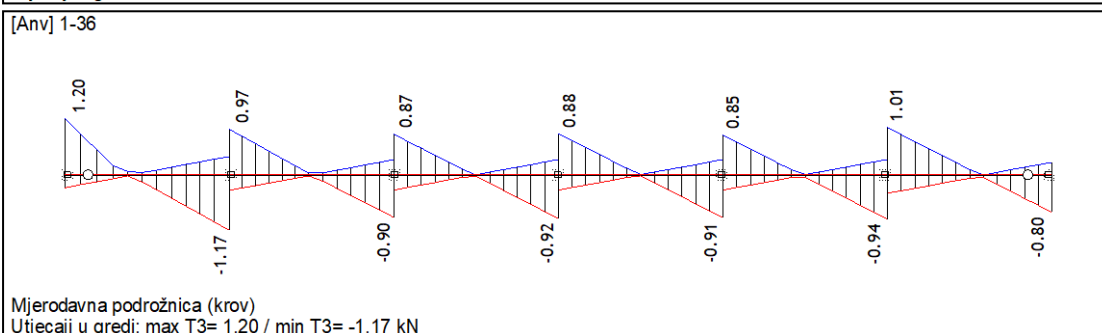
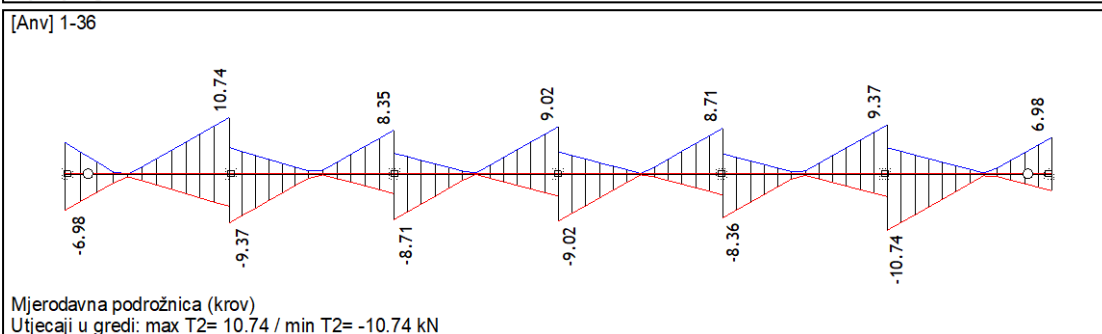
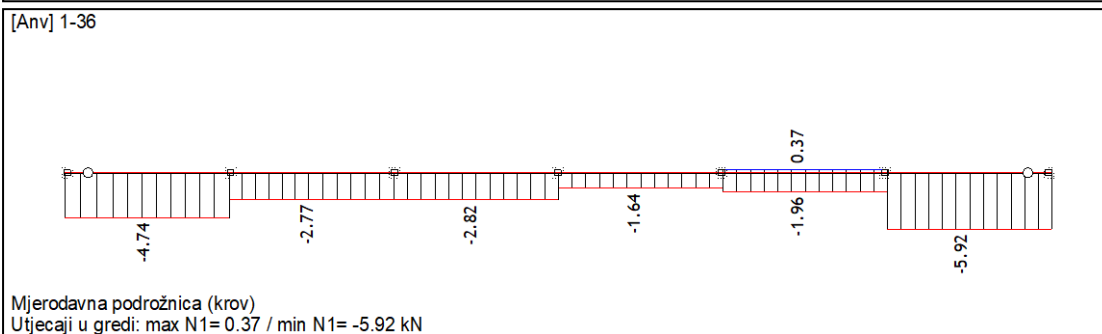
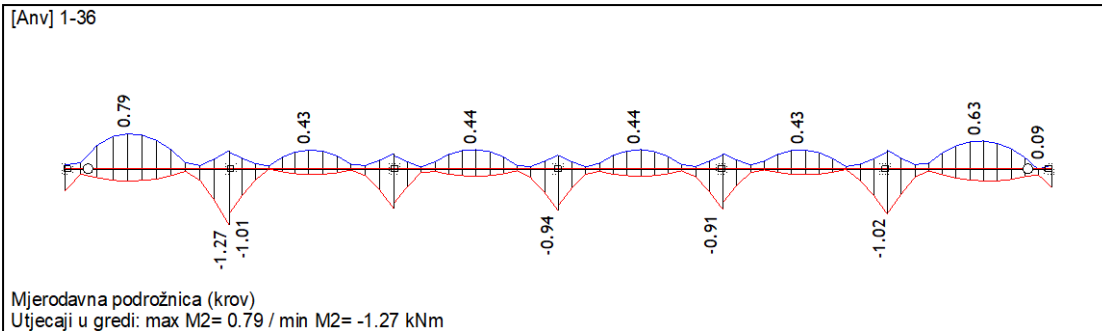
#### 5.4.1 Sekundarna krovna konstrukcija

Sekundarnu konstrukciju čine toplo oblikovani pravokutni profili 160x90x4 mm. Na krovnoj plohi nagiba 8° podrožnice se nalaze na razmaku od 157 cm, a na krovnoj plohi nagiba 5° na razmaku od 140 cm. Podrožnice su kontinuirane grede na rasponu 5,80 m.

Prikazana je kritična podrožnica dimenzionirana na cjelokupnu anvelopu opterećenja.

#### Granično stanje nosivosti (GSN)



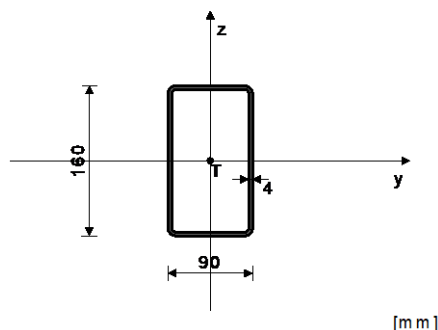


Slika 34: Dijagrami reznih sila mjerodavne podrožnice (krov)

## Podrožnica – TOP [] 160x90x4

POPREČNI PRESJEK: HOP [] 160x90x4 [S 355] [Set: 11]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



[m m]  
( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	18.900 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	6.804 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	12.096 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	606.00 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	646.00 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	266.00 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	80.750 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	59.111 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	102.37 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	68.488 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

### ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU

(slučaj opterećenja 10, početak štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-4.719 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	1.270 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-10.672 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-10.838 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	1.273 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	580.00 cm

### 5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

#### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (4.72 ≤ 670.95)**

$$N_{c,Rd} = 670.95 \text{ kN}$$

#### 6.2.5 Savijanje y-y

Plastični moment otpora

Računska otpornost na savijanje

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (10.84 ≤ 36.34)**

$$W_{y,pl} = 102.37 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = 36.341 \text{ kNm}$$

#### 6.2.5 Savijanje z-z

Plastični moment otpora

Računska otpornost na savijanje

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (1.27 ≤ 24.31)**

$$W_{z,pl} = 68.488 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = 24.313 \text{ kNm}$$

#### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (10.67 ≤ 247.92)**

$$V_{pl,Rd,z} = 247.92 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} = 247.92 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (1.27 ≤ 139.45)**

$$V_{pl,Rd,y} = 139.45 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,y} = 139.45 \text{ kN}$$

#### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

#### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

Koeficijent

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

**Uvjet 6.41: (0.14 ≤ 1)**

$$M_{N,y,Rd} = 0.007$$

$$M_{N,y,Rd} = 36.341 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 1.660$$

$$0.134$$

### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje		
Dužina izvijanja y-y	$l_y =$	580.00 cm
Relativna vitkost y-y	$\lambda_y =$	1.298
Krivulja izvijanja za os y-y: C	$\alpha =$	0.490
Elastična kritična sila	$N_{cr,y} =$	398.01 kN
Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.390
Računska otpornost na izvijanje	$N_{b,Rd,y} =$	237.58 kN
<b>Uvjet 6.46: <math>N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}</math> (4.72 <math>\leq</math> 237.58)</b>		

Dužina izvijanja z-z	$l_z =$	580.00 cm
Relativna vitkost z-z	$\lambda_z =$	2.023
Krivulja izvijanja za os z-z: C	$\alpha =$	0.490
Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.192
Računska otpornost na izvijanje	$N_{b,Rd,z} =$	117.30 kN
<b>Uvjet 6.46: <math>N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}</math> (4.72 <math>\leq</math> 117.30)</b>		

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje		
Koeficijent	$C1 =$	1.285
Koeficijent	$C2 =$	1.562
Koeficijent	$C3 =$	0.753
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	$k =$	1.000
Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja	$k_w =$	1.000
Koordinata	$z_g =$	0.000 cm
Koordinata	$z_j =$	0.000 cm
Razmak bočno pridrżanih točaka	$L =$	580.00 cm
Sektorski moment inercije	$I_w =$	0.000 cm <sup>6</sup>
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	$M_{cr} =$	363.94 kNm
Odgovarajući moment otpora	$W_y =$	102.37 cm <sup>3</sup>
Koeficijent imperf.	$\alpha_{LT} =$	0.760
Bezdimenzionalna vitkost	$\lambda_{LT} =$	0.316
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	$\chi_{LT} =$	0.912
Računska otpornost na izvijanje	$M_{b,Rd} =$	30.116 kNm
<b>Uvjet 6.54: <math>M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}</math> (10.84 <math>\leq</math> 30.12)</b>		

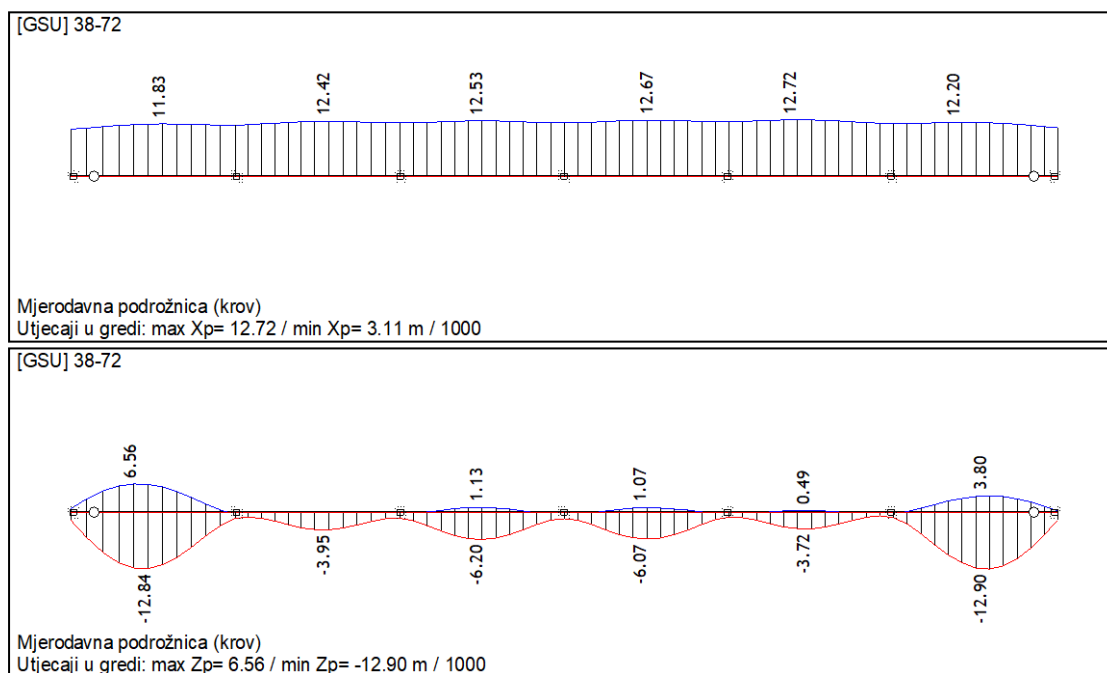
6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom  
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	$C_{my} =$	0.683
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mz} =$	0.684
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mLT} =$	0.683
Koeficijent interakcije	$k_{yy} =$	0.693
Koeficijent interakcije	$k_{yz} =$	0.424
Koeficijent interakcije	$k_{zy} =$	0.416
Koeficijent interakcije	$k_{zz} =$	0.707

Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.390
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.020
$k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.250
$k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.024
<b>Uvjet 6.61: (0.29 <math>\leq</math> 1)</b>		

Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.192
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.040
$k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.150
$k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.041
<b>Uvjet 6.62: (0.23 <math>\leq</math> 1)</b>		

## Granično stanje uporabivosti (GSU)



Slika 35: Dijagrami progiba podrožnice (ukupno opterećenje)

Granična dopuštena vrijednost progiba podrožnice (ukupno opterećenje):

$$\delta_{max,dop} = \frac{L}{200} = \frac{580}{200} = 2,90 \text{ cm}$$

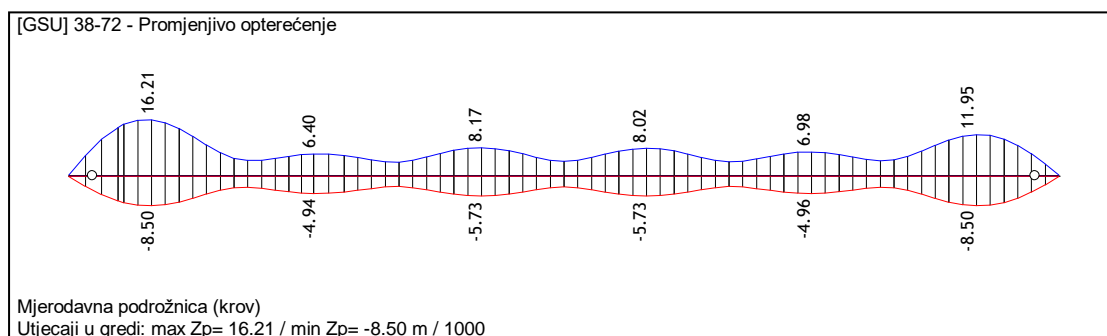
Maksimalni progib podrožnice:

$$\delta_{max} = 12,90 \text{ mm} = 1,29 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_{max} \leq \delta_{max,dop}$$

$$1,29 \text{ cm} < 2,90 \text{ cm} \quad - \text{ Uvjet je zadovoljen!}$$



Slika 36: Dijagram progiba podrožnice (promjenjivo opterećenje)

Granična dopuštena vrijednost progiba podrožnice (promjenjivo opterećenje):

$$\delta_{2,dop} = \frac{L}{250} = \frac{580}{250} = 2,32\text{cm}$$

Maksimalni progib podrožnice:

$$\delta_2 = 16,21\text{ mm} = 1,62\text{ cm}$$

Uvjet:

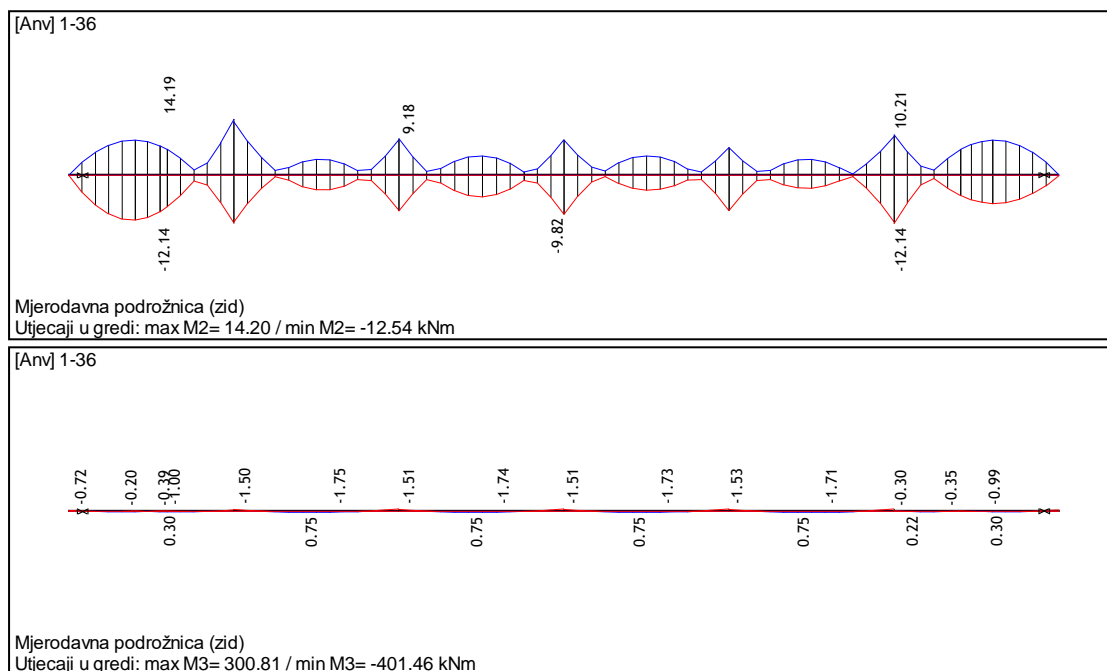
$$\delta_2 \leq \delta_{2,dop}$$

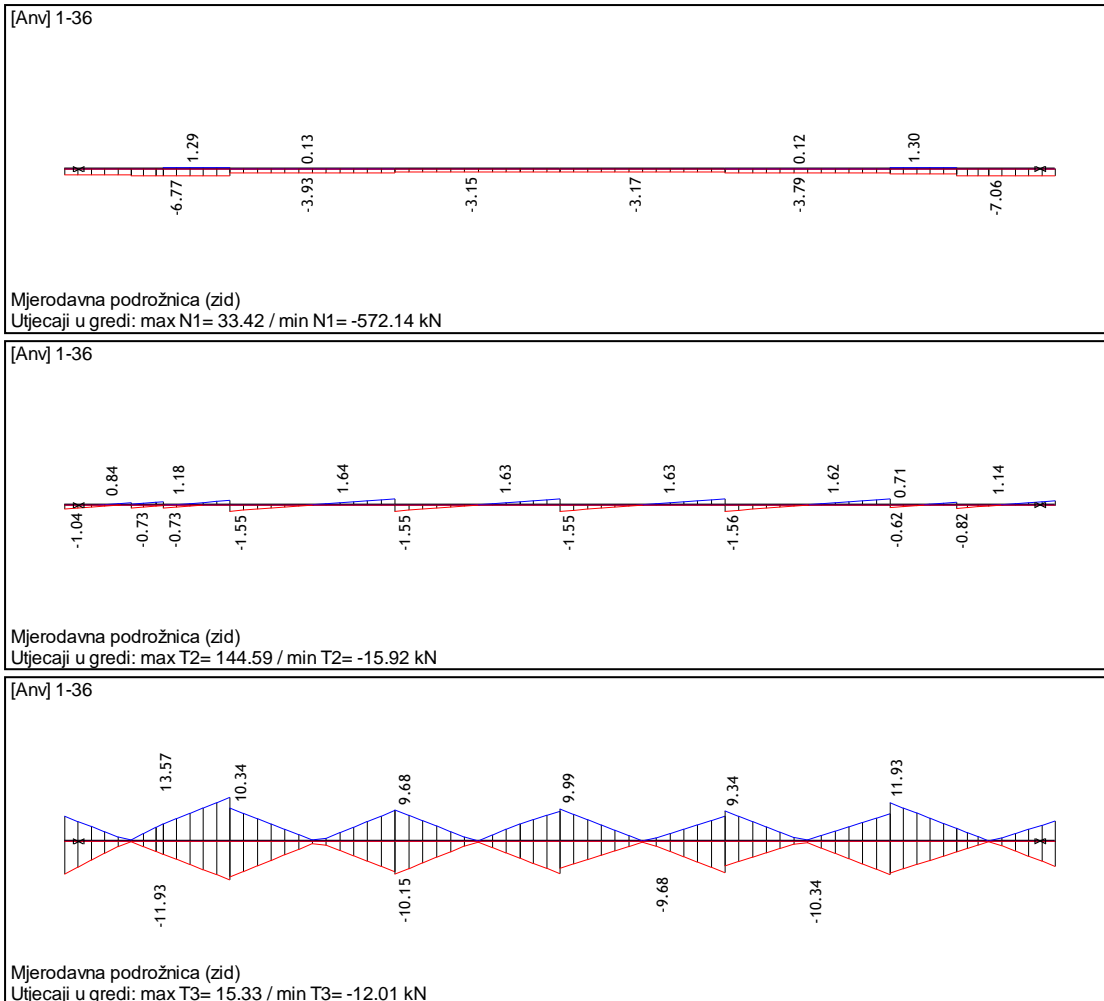
$$1,62\text{ cm} < 2,32\text{ cm} - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$

### 5.4.2 Sekundarna fasadna konstrukcija

Sekundarnu fasadnu konstrukciju čine toplo oblikovani pravokutni profili 160x90x4 mm. Nosači su kontinuirane grede na rasponu od 5,80 m i međusobnom razmaku od 197 cm.

Prikazan je kritični nosač dimenzioniran na cjelokupnu anvelopu opterećenja.



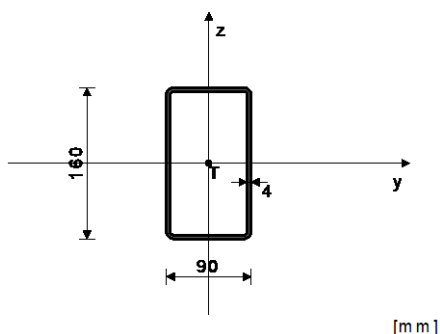


Slika 37: Dijagrami reznih sila mjerodavnog fasadnog nosača

## Fasadni nosač – TOP [ ] 160x90x4

POPREČNI PRESJEK: HOP [ ] 160x90x4 [S 355] [Set: 12]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	18.900 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	6.804 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	12.096 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	606.00 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	646.00 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	266.00 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	80.750 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	59.111 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	102.37 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	68.488 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 36, kraj štapa)

Računska uzdužna sila  
Poprečna sila u y pravcu  
Poprečna sila u z pravcu

$N_{Ed} =$	-5.272 kN
$V_{Ed,y} =$	1.169 kN
$V_{Ed,z} =$	-13.569 kN

Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	14.185 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	-0.991 kNm
Moment torzije	Mt =	0.064 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	580.00 cm

## 5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

#### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (5.27  $\leq$  670.95)**

$$N_{c,Rd} = 670.95 \text{ kN}$$

#### 6.2.5 Savijanje y-y

Plastični moment otpora

Računska otpornost na savijanje

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (14.19  $\leq$  36.34)**

$$W_{y,pl} = 102.37 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = 36.341 \text{ kNm}$$

#### 6.2.5 Savijanje z-z

Plastični moment otpora

Računska otpornost na savijanje

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (0.99  $\leq$  24.31)**

$$W_{z,pl} = 68.488 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = 24.313 \text{ kNm}$$

#### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (13.57  $\leq$  247.92)**

$$V_{pl,Rd,z} = 247.92 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} = 247.92 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (1.17  $\leq$  139.45)**

$$V_{pl,Rd,y} = 139.45 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,y} = 139.45 \text{ kN}$$

#### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

#### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

Koeficijent

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

**Uvjet 6.41: (0.21  $\leq$  1)**

$$0.008$$

$$M_{N,y,Rd} = 36.341 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 1.660$$

$$0.210$$

### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

#### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

Relativna vitkost y-y

Krivulja izvijanja za os y-y: C

Elastična kritična sila

Redukcijski koeficijent

Računska otpornost na izvijanje

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (5.27  $\leq$  237.58)**

$$l_{y} = 580.00 \text{ cm}$$

$$\lambda_{y} = 1.298$$

$$\alpha = 0.490$$

$$N_{cr,y} = 398.01 \text{ kN}$$

$$\chi_{y} = 0.390$$

$$N_{b,Rd,y} = 237.58 \text{ kN}$$

Dužina izvijanja z-z

Relativna vitkost z-z

Krivulja izvijanja za os z-z: C

Redukcijski koeficijent

Računska otpornost na izvijanje

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (5.27  $\leq$  117.30)**

$$l_{z} = 580.00 \text{ cm}$$

$$\lambda_{z} = 2.023$$

$$\alpha = 0.490$$

$$\chi_{z} = 0.192$$

$$N_{b,Rd,z} = 117.30 \text{ kN}$$

#### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

Koordinata

Koordinata

Razmak bočno pridržanih točaka

Sektorski moment inercije

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

Odgovarajući moment otpora

Koeficijent imperf.

$$C1 = 1.285$$

$$C2 = 1.562$$

$$C3 = 0.753$$

$$k = 1.000$$

$$k_w = 1.000$$

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

$$L = 580.00 \text{ cm}$$

$$I_w = 0.000 \text{ cm}^6$$

$$M_{cr} = 363.94 \text{ kNm}$$

$$W_y = 102.37 \text{ cm}^3$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$



Bezdimezionalna vitkost  
 Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)  
 Računska otpornost na izvijanje  
**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (14.19  $\leq$  30.12)**

$\lambda_{LT} = 0.316$   
 $\chi_{LT} = 0.912$   
 $M_{b,Rd} = 30.116 \text{ kNm}$

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom  
 Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije

$C_{my} = 0.734$   
 $C_{mz} = 0.400$   
 $C_{mLT} = 0.734$   
 $k_{yy} = 0.747$   
 $k_{yz} = 0.249$   
 $k_{zy} = 0.448$   
 $k_{zz} = 0.414$

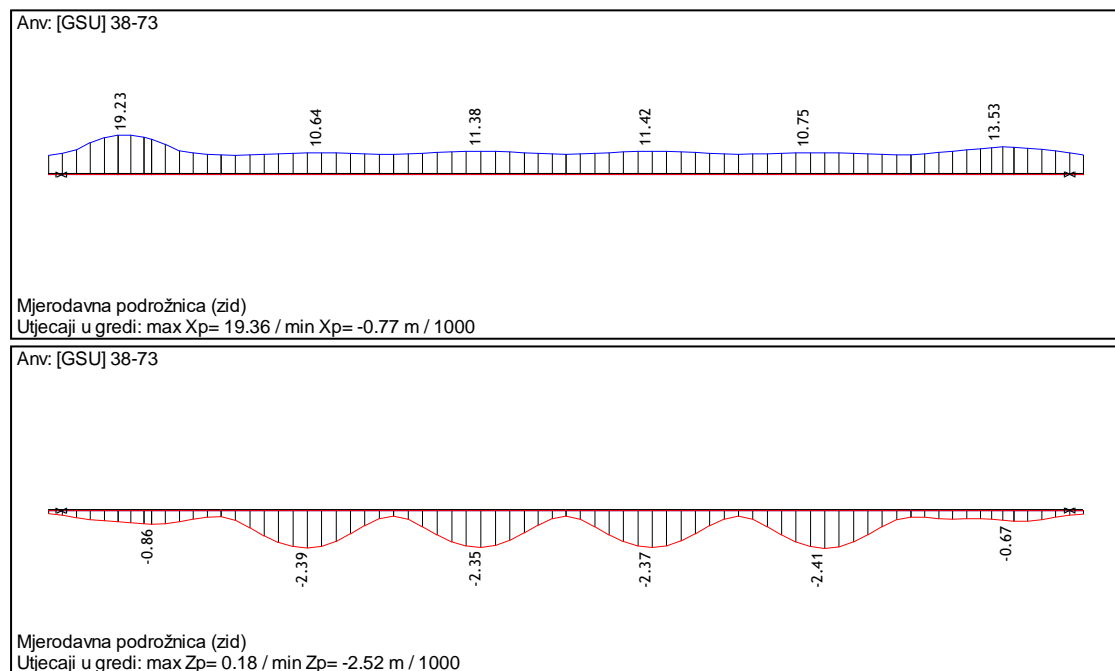
Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$   
**Uvjet 6.61: (0.39  $\leq$  1)**

$\chi_y = 0.390$   
 0.022  
 0.352  
 0.011

Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$   
**Uvjet 6.62: (0.27  $\leq$  1)**

$\chi_z = 0.192$   
 0.045  
 0.211  
 0.019

## Granično stanje uporabivosti (GSU)



Slika 38: Dijagrami progiba fasadnog nosača (ukupno opterećenje)

Granična dopuštena vrijednost progiba podrožnice (ukupno opterećenje):

$$\delta_{max,dop} = \frac{L}{200} = \frac{580}{200} = 2,90 \text{ cm}$$

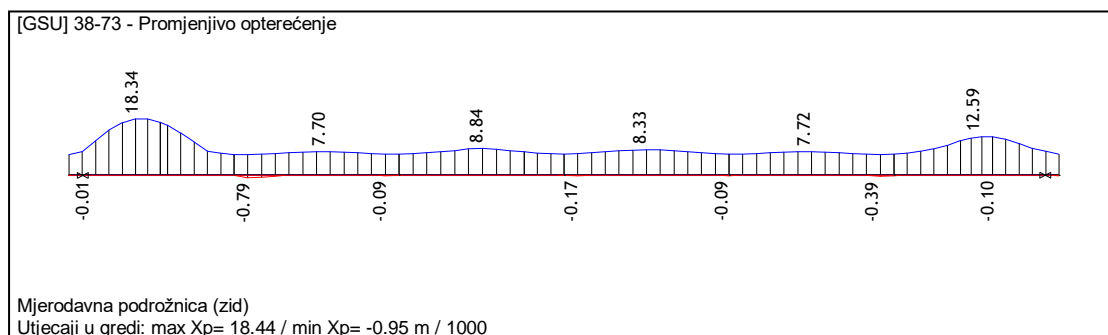
Maksimalni progib podrožnice:

$$\delta_{max} = 19,23 \text{ mm} = 1,92 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_{max} \leq \delta_{max,dop}$$

$$1,92 \text{ cm} < 2,90 \text{ cm} \quad - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$



Slika 39: Dijagram progiba fasadnog nosača (promjenjivo opterećenje)

Granična dopuštena vrijednost progiba podrožnice (promjenjivo opterećenje):

$$\delta_{2,dop} = \frac{L}{250} = \frac{580}{250} = 2,32 \text{ cm}$$

Maksimalni progib podrožnice:

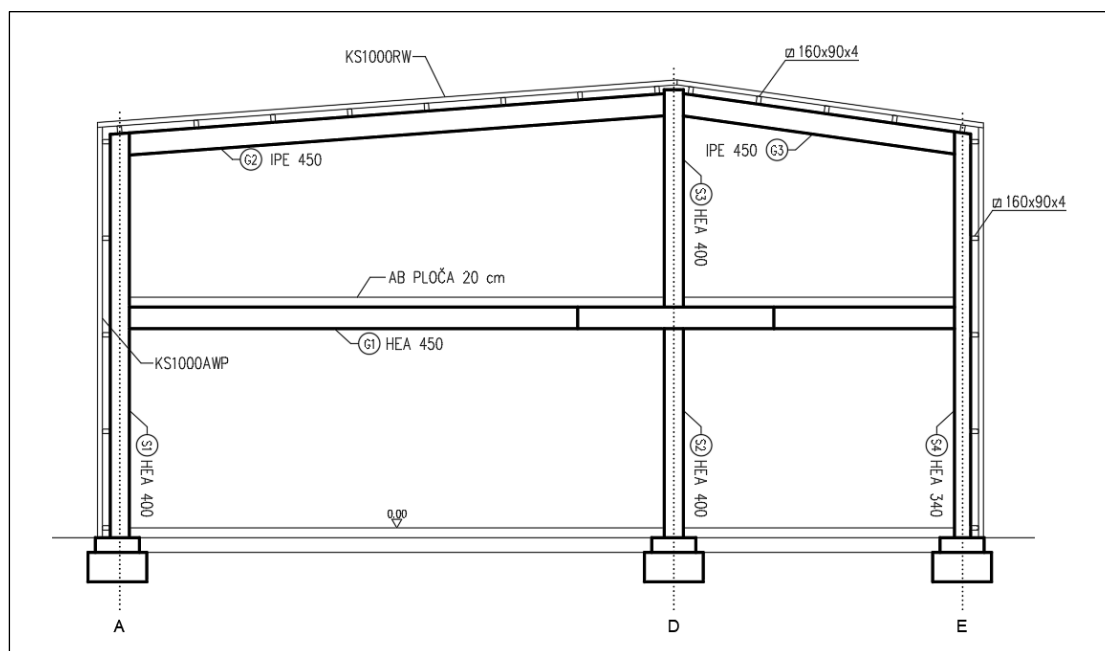
$$\delta_2 = 18,34 \text{ mm} = 1,83 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_2 \leq \delta_{2,dop}$$

$$1,83 \text{ cm} < 2,32 \text{ cm} \quad - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$

### 5.4.3 Glavni okvir



Slika 40: Glavni okvir - osi 1, 2, 3, 4, 5

#### IMPERFEKCIJE OKVIRA

$$n_c = 3$$

$$n_s = 2$$

$$\Phi = k_c \cdot k_s \cdot \Phi_0$$

$$\Phi_0 = 1/200$$

$$k_c = \sqrt{0,5 + 1/n_c} = \sqrt{0,5 + 1/3} = 0,913$$

$$k_s = \sqrt{0,2 + 1/n_s} = \sqrt{0,2 + 1/2} = 0,837$$

$$\Phi = 0,913 \cdot 0,837 \cdot 1,0/200 = 0,004$$

$$\Delta H = \Phi \cdot V$$

$V_1 = 852,69 \text{ kN}$  - (ukupno vertikalno opterećenje od vlastite težine i stalnog djelovanja)

$V_2 = 362,20 \text{ kN}$  - (ukupno vertikalno opterećenje od korisnog opterećenja)

$$\Delta H_1 = 0,004 \cdot (V_1) = 3,41 \text{ kN}$$

$$\Delta H_2 = 0,004 \cdot (V_2) = 1,45 \text{ kN}$$

#### KLASIFIKACIJA OKVIRA

KRITERIJ PODUPRT - NEPODUPRT OKVIR

Okvir je nepoduprt. Nije predviđen vezni sustav koji i reducirao horizontalni pomak.

#### KRITERIJ POMIČAN – NEPOMIČAN OKVIR

Kriterij:

$$\frac{V_d}{V_{cr}} = \max \left[ \frac{\delta_i}{h_i} \cdot \frac{V_{d,i}}{\sum H_{d,i}} \right] \leq 0,1$$

$V_d$  – računska vrijednost ukupne vertikalne reakcije na temelje

$V_{cr}$  – elastično kritično opterećenje okvira za bočni pomični mod

$\delta_i$  – horizontalni pomak vrha i-tog kata u odnosu na dno i-tog kata

$h_i$  – visina i-tog kata

$\sum H_{d,i}$  – ukupna računska horizontalna reakcija na dnu i-tog kata

$V_{d,i}$  – ukupna računska vertikalna reakcija na dnu i-tog kata

Slučajevi opterećenja:

1. G      vlastita težina + stalno
2. K      korisno opterećenje
3.  $W_1$     vjetar 1
4.  $W_2$     vjetar 2
5.  $W_3$     vjetar 3
6.  $W_4$     vjetar 4

Kombinacije opterećenja:

1.  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W_1 + 1,35 \cdot \Delta H_1$
2.  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W_2 + 1,35 \cdot \Delta H_1$
3.  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W_3 + 1,35 \cdot \Delta H_1$
4.  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot W_4 + 1,35 \cdot \Delta H_1$
5.  $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot K + 1,35 \cdot \Delta H_1 + 1,5 \cdot \Delta H_2$
6.  $1,35 \cdot G + 1,35 \cdot K + 1,35 \cdot W_1 + 1,35 \cdot \Delta H_1 + 1,5 \cdot \Delta H_2$
7.  $1,35 \cdot G + 1,35 \cdot K + 1,35 \cdot W_2 + 1,35 \cdot \Delta H_1 + 1,5 \cdot \Delta H_2$
8.  $1,35 \cdot G + 1,35 \cdot K + 1,35 \cdot W_3 + 1,35 \cdot \Delta H_1 + 1,5 \cdot \Delta H_2$
9.  $1,35 \cdot G + 1,35 \cdot K + 1,35 \cdot W_4 + 1,35 \cdot \Delta H_1 + 1,5 \cdot \Delta H_2$

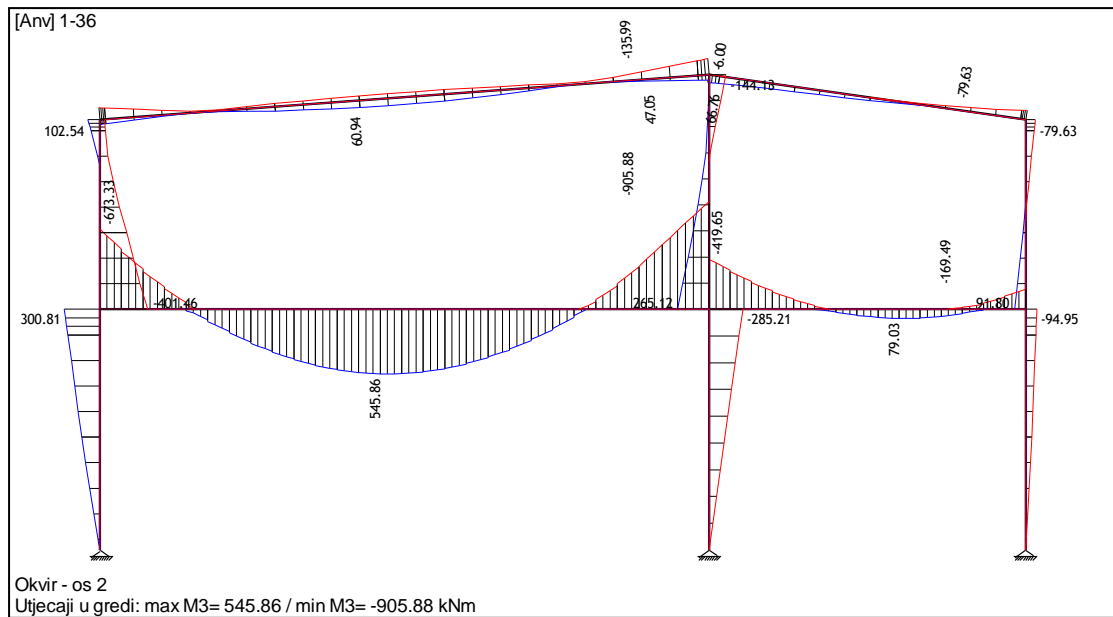
Tablica 25: Vrijednosti za proračun pomičnog/nepomičnog okvira

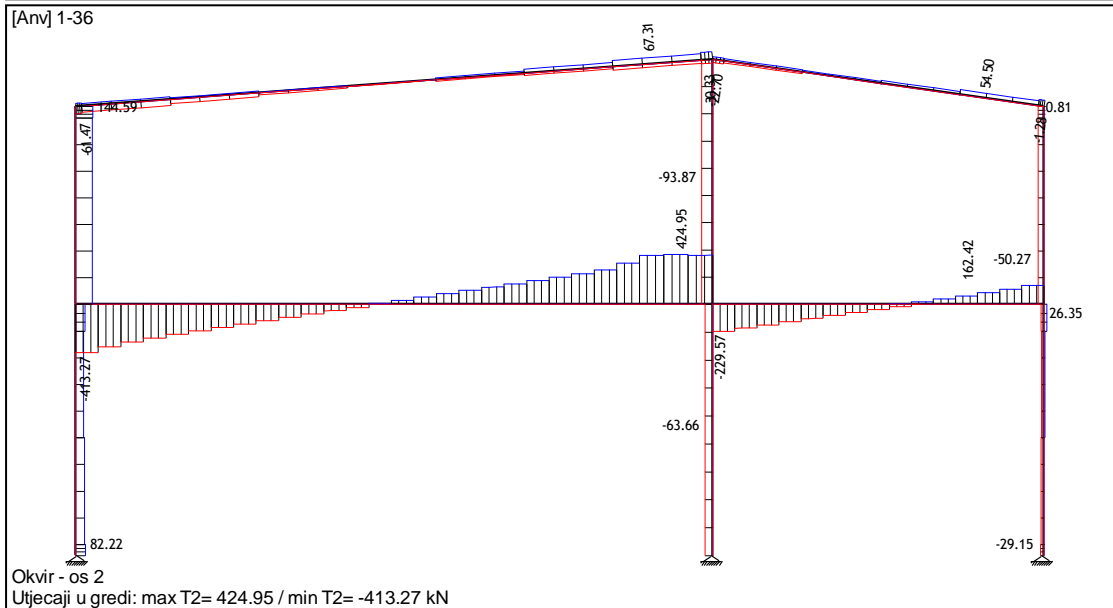
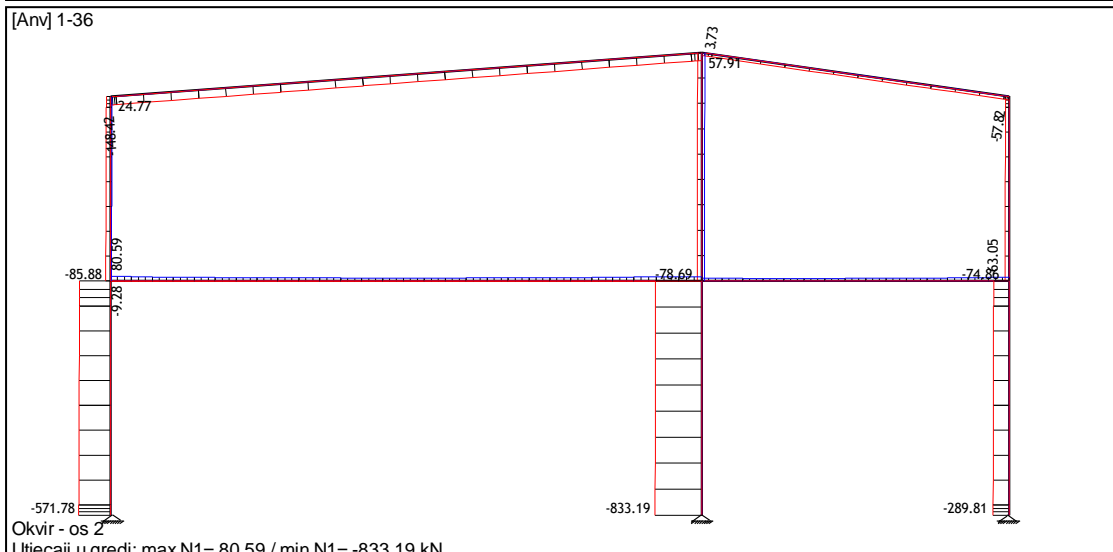
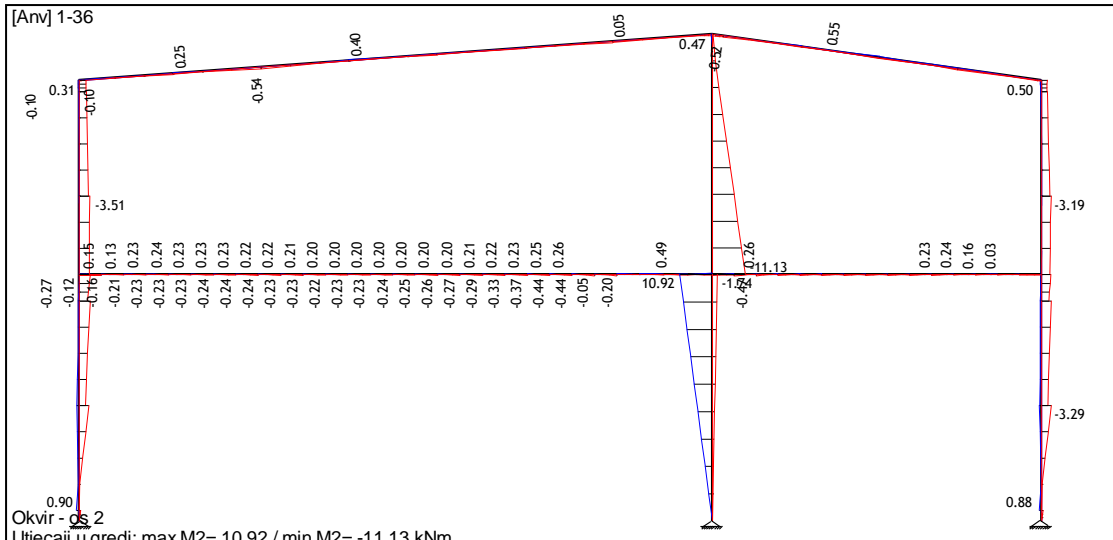
Kombinacija djelovanja	Etaža	$V_d$ [kN]	$\sum H_d$ [kN]	$\delta_i$ [mm]	$V_d/V_{cr}$
1.	2. kat	36,61	24,97	4,62	0,0002
	1. kat	1060,06	55,43	11,8	0,0050
2.	2. kat	84,88	26,47	4,33	0,0004
	1. kat	1100,14	52,31	11,11	0,0052
3.	2. kat	39,95	0,53	2,83	0,0061
	1. kat	1061,15	5,78	3,44	0,0141
4.	2. kat	36,41	0,64	2,5	0,0040
	1. kat	985,01	5,82	3,41	0,0129
5.	2. kat	194,57	2,68	5,01	0,0103
	1. kat	1676,74	8,77	5,01	0,0214
6.	2. kat	150,73	23,63	6,08	0,0011
	1. kat	1553,81	46,82	12,36	0,0092
7.	2. kat	186,95	25,0	5,81	0,0012
	1. kat	1589,9	44,02	11,74	0,0095
8.	2. kat	153,14	0,39	4,46	0,0498
	1. kat	1554,78	8,23	4,83	0,0204
9.	2. kat	84,44	0,28	4,15	0,0356
	1. kat	1486,27	8,26	4,81	0,0193

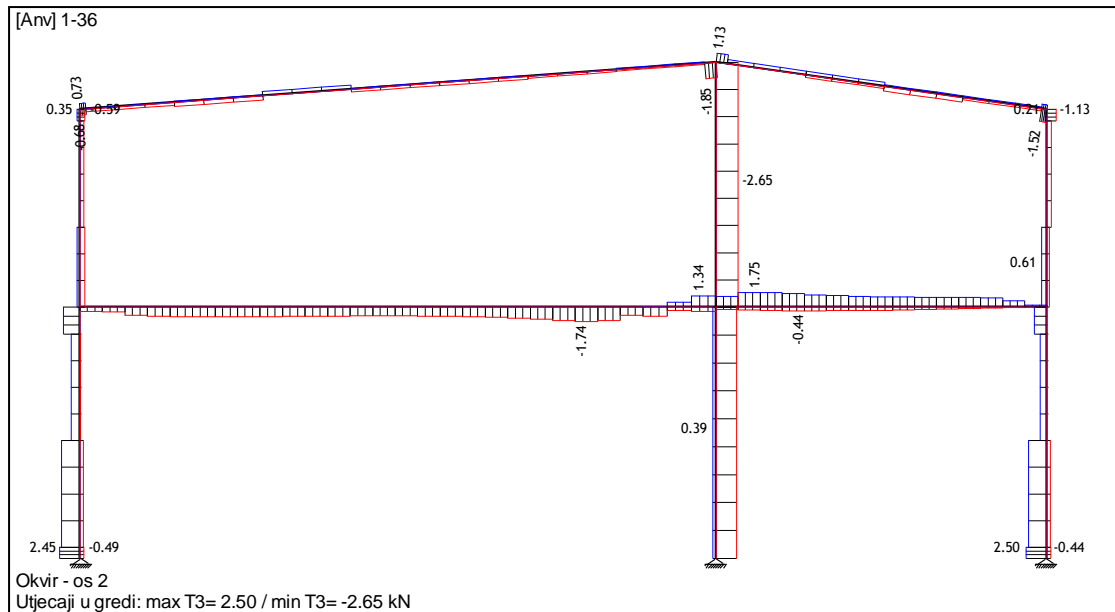
$V_d/V_{cr} = 0,0498 < 0,1$  – Uvjet je zadovoljen!

Okvir je nepomičan. Dozvoljena je elastična analiza 1. reda.

### Granično stanje nosivosti (GSN)







Slika 41: Dijagrami reznih sila - glavni okvir u osi 2

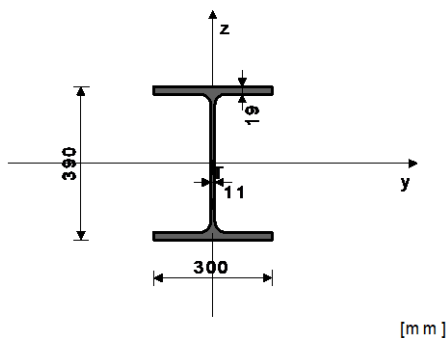
## Stup S1- HEA 400

ŠTAP 664-1034

POPREČNI PRESJEK: HEA 400 [S 355] [Set: 1]

EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	159.00 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	101.65 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	57.350 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	190.00 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	45070 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	8560.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	2311.3 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	570.67 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	2509.2 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	855.00 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 12, kraj štapa)

Računska uzdužna sila

Poprečna sila u y pravcu

Poprečna sila u z pravcu

Momenat savijanja oko y osi

Momenat savijanja oko z osi

Moment torzije

Sistemska dužina štapa

$N_{Ed} =$	-54.936 kN
$V_{Ed,y} =$	0.197 kN
$V_{Ed,z} =$	137.99 kN
$M_{Ed,y} =$	-401.46 kNm
$M_{Ed,z} =$	2.181 kNm
$M_t =$	0.077 kNm
$L =$	352.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (54.94 ≤ 5644.50)**

$N_{c,Rd} = 5644.5 \text{ kN}$

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora  $W_{y,eff} = 1942.3 \text{ cm}^3$   
 Računska otpornost na savijanje  $Mc,Rd = 689.50 \text{ kNm}$   
**Uvjet 6.12:  $MEd,y \leq Mc,Rd,y$  (401.46  $\leq$  689.50)**

#### 6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora  $W_{z,eff} = 463.67 \text{ cm}^3$   
 Računska otpornost na savijanje  $Mc,Rd = 164.60 \text{ kNm}$   
**Uvjet 6.12:  $MEd,z \leq Mc,Rd,z$  (2.18  $\leq$  164.60)**

#### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,z} = 793.60 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z} = 793.60 \text{ kN}$

**Uvjet 6.17:  $VEd,z \leq Vc,Rd,z$  (137.99  $\leq$  793.60)**

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,y} = 2255.8 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,y} = 2255.8 \text{ kN}$

**Uvjet 6.17:  $VEd,y \leq Vc,Rd,y$  (0.20  $\leq$  2255.84)**

#### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $VEd,z \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $VEd,y \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

#### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $NEd / N_{pl,Rd}$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

Koeficijent

Omjer  $(M_{y,Ed} / MN_{y,Rd})^\alpha$

**Uvjet 6.41: (0.21  $\leq$  1)**

#### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

##### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

Relativna vitkost y-y

Krivulja izvijanja za os y-y: A

Elastična kritična sila

Redukcijski koeficijent

Računska otpornost na izvijanje

**Uvjet 6.46:  $NEd \leq Nb,Rd,y$  (54.94  $\leq$  5047.13)**

$MN_{y,Rd} = 0.010$   
 $\alpha = 2.000$   
 $0.203$

$l_y = 352.00 \text{ cm}$   
 $\lambda_y = 0.274$   
 $\alpha = 0.210$   
 $N_{cr,y} = 75391 \text{ kN}$   
 $\chi_y = 0.984$   
 $Nb,Rd,y = 5047.1 \text{ kN}$

Dužina izvijanja z-z

Relativna vitkost z-z

Krivulja izvijanja za os z-z: B

Redukcijski koeficijent

Računska otpornost na izvijanje

**Uvjet 6.46:  $NEd \leq Nb,Rd,z$  (54.94  $\leq$  4222.27)**

$l_z = 352.00 \text{ cm}$   
 $\lambda_z = 0.628$   
 $\alpha = 0.340$   
 $\chi_z = 0.823$   
 $Nb,Rd,z = 4222.3 \text{ kN}$

##### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

Koordinata

Koordinata

Razmak bočno pridržanih točaka

Sektorski moment inercije

Krit.mom.za bočno torz.ivvijanje

Odgovarajući moment otpora

Koeficijent imperf.

Bezdimenzionalna vitkost

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

Računska otpornost na izvijanje

**Uvjet 6.54:  $MEd,y \leq Mb,Rd$  (401.46  $\leq$  777.32)**

$C1 = 2.112$   
 $C2 = 0.000$   
 $C3 = 0.890$   
 $k = 1.000$   
 $k_w = 1.000$   
 $z_g = 0.000 \text{ cm}$   
 $z_j = 0.000 \text{ cm}$   
 $L = 352.00 \text{ cm}$   
 $I_w = 2.94e+6 \text{ cm}^6$   
 $M_{cr} = 6420.8 \text{ kNm}$   
 $W_y = 2509.2 \text{ cm}^3$   
 $\alpha_{LT} = 0.210$   
 $\lambda_{LT} = 0.372$   
 $\chi_{LT} = 0.960$   
 $Mb,Rd = 777.32 \text{ kNm}$

##### 6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni

savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom

metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta

Koeficijent uniformnog momenta

Koeficijent uniformnog momenta

Koeficijent interakcije

Koeficijent interakcije

$C_{my} = 0.542$   
 $C_{mz} = 0.809$   
 $C_{mLT} = 0.542$   
 $k_{yy} = 0.543$   
 $k_{yz} = 0.490$



Koeficijent interakcije	kzy =	0.997
Koeficijent interakcije	kzz =	0.816

Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.984
NEd / ( $\chi_y$ NRk / $\gamma M1$ )		0.011
kyy * (MyEd + $\Delta MyEd$ ) / ...		0.280
kzy * (MzEd + $\Delta MzEd$ ) / ...		0.004
<b>Uvjet 6.61: (0.29 &lt;= 1)</b>		

Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.823
NEd / ( $\chi_z$ NRk / $\gamma M1$ )		0.013
kzy * (MyEd + $\Delta MyEd$ ) / ...		0.515
kzz * (MzEd + $\Delta MzEd$ ) / ...		0.006
<b>Uvjet 6.62: (0.53 &lt;= 1)</b>		

**PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK**  
(slučaj opterećenja 10, početak štapa)

---

Računska uzdužna sila	NEd =	-59.823 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	-0.214 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	144.59 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	75.849 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	-0.113 kNm
Moment torzije	Mt =	0.101 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	352.00 cm

---

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,z =	793.60 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,z =	793.60 kN
<b>Uvjet 6.17: VEd,z &lt;= Vc,Rd,z (144.59 &lt;= 793.60)</b>		

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,y =	2255.8 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,y =	2255.8 kN
<b>Uvjet 6.17: VEd,y &lt;= Vc,Rd,y (0.21 &lt;= 2255.84)</b>		

**Provjera proračuna za stup S1:**

Maksimalne vrijednosti unutarnjih sila:

$$M_{Ed} = 401,46 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 61,47 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 571,78 \text{ kN}$$

**Klasifikacija poprečnog presjeka**

Hrbat – izložen tlaku i savijanju

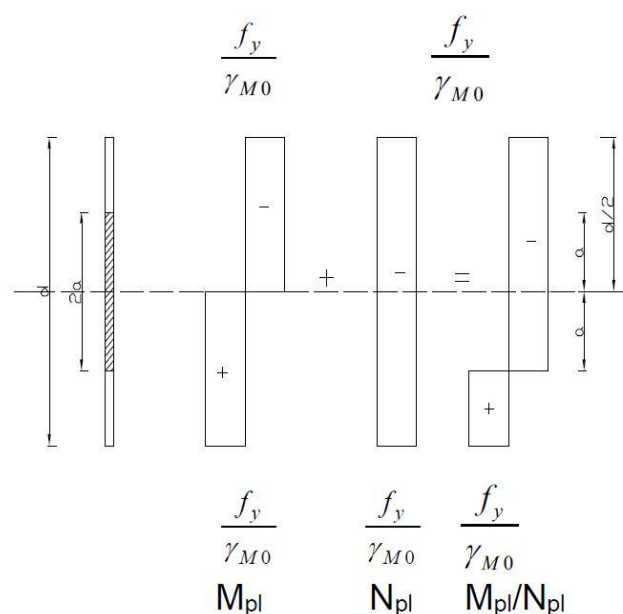
$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2tf - 2r}{t_w} = \frac{390 - 2 \cdot 19 - 2 \cdot 27}{11} = 27,09$$

Uvjet KLASA 1:

$$\text{Za } \alpha > 0,5 \quad \frac{c}{t} \leq \frac{396}{13\alpha - 1} \varepsilon$$

$$\text{Za } \alpha \leq 0,5 \quad \frac{c}{t} \leq \frac{36}{\alpha} \varepsilon$$

## Proračun $\alpha$



Slika 42: Grafički prikaz proračuna  $\alpha$

$$N_{pl,Rd} = N_{Ed} = \frac{2a \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$a = \frac{N_{Ed} \cdot 1}{2 \cdot t_w \cdot f_y} = \frac{571,78 \cdot 1}{2 \cdot 1,10 \cdot 35,5} = 7,32$$

$$\alpha = \frac{1}{c} \cdot \left( \frac{c}{2} + a \right) = \frac{1}{27,09} \cdot \left( \frac{27,09}{2} + 7,32 \right) = 0,77$$

Uvjet klasa 1:

$$\frac{c}{t} \leq \frac{396}{13\alpha - 1} \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\frac{c}{t} \leq \frac{396}{13\alpha - 1} \cdot \varepsilon = \frac{396 \cdot 0,81}{13 \cdot 0,77 - 1} = 35,60$$

$$27,09 < 35,60$$

Uvjet zadovoljen!

Hrbat - klasa 1

Pojasnica - izložen tlaku

$$\frac{c}{t} = \frac{\frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r}{t_f} = \frac{\frac{300}{2} - \frac{11}{2} - 27}{19} = 6,18$$

Uvjet KLASA 1:

$$\frac{c}{t} \leq 9\varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,29$$

$$6,18 < 7,29$$

Uvjet zadovoljen!

Pojasnica – klasa 1

Poprečni presjek je klasa 1.

### Otpornost poprečnog presjeka

Izloženost tlaku

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{159,00 \cdot 35,5}{1,0} = 5644,50 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

$$571,78 < 5644,50$$

Uvjet je zadovoljen!

Izloženost savijanju

$$M_{C,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{2562 \cdot 35,5}{1,0} = 909,51 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{Ed} < M_{C,Rd}$$

$$401,46 < 909,51$$

Uvjet je zadovoljen!

Izloženost poprečnoj sili

Provjera izbočavanja hrpta na posmik

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 32,00 < 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \cdot \frac{0,81}{1,2} = 48,6$$

$$32,00 < 48,6$$

Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik!

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}}$$

Posmična površina:

$$A_{vz} = A - 2bt_f + t_w \cdot t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$A_{vz} = 159,0 - 2 \cdot 30 \cdot 1,90 + 1,10 \cdot 1,90 = 47,09 \text{ cm}^2$$

$$A_{vz} = 47,09 \text{ cm}^2 > 1,2 \cdot (39 - 2 \cdot 1,9) \cdot 1,10 = 46,46 \text{ cm}^2$$

$$A_{vz} = 47,09 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 47,09 \cdot \frac{35,5}{\sqrt{3} \cdot 1} = 965,15 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

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

$$61,47 < 965,15$$

Uvjet je zadovoljen

Interakcija M-N-V

Poprečna sila

Uvjeti reduciranja plastične otpornosti savijanja

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

$$61,47 < 482,58$$

Nije potrebna redukcija plastične otpornosti na savijanje!

$$M_{y.v,Rd} = M_{c,Rd} = 909,51 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{Ed} \leq M_{y.v,Rd}$$

$$401,46 < 909,51$$

Uvjet je zadovoljen

Uzdužna sila

Uvjeti reduciranja plastične otpornosti savijanja

$$1) \quad N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{c,Rd}$$

$$571,78 < 1411,13$$

$$2) \quad N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$643,75 < 1636,91$$

Nema redukcije plastične otpornosti savijanja.

$$M_{N,y,Rd} = M_{c,Rd}$$

$$M_{N,y,Rd} = 909,51 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{Ed} \leq M_{N,y,Rd}$$

$$401,46 < 909,51$$

Uvjet je zadovoljen!

## Otpornost elementa

Izloženost tlaku (otpornost tlaka na izvijanje)

Dokaz prema  $\chi$  postupku

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Mjerodavna linija izvijanja

$$\frac{h}{b} > 1,2 \quad \rightarrow \quad \frac{h}{b} = \frac{390}{300} = 1,30$$

$$t_f \leq 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad t_f = 19,0 \text{ mm}$$

Koeficijent imperfekcije

$$\text{Os } y \rightarrow \text{linija a} \rightarrow \alpha = 0,21$$

$$\text{Os } z \rightarrow \text{linija b} \rightarrow \alpha = 0,34$$

Os y-y

Kritična uzdužna sila u smjeru osi y

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{l_{iy}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 45070}{455^2} = 45121,53 \text{ kN}$$

Torzijska vitkost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{159,0 \cdot 35,5}{45121,53}} = 0,35$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,35 - 0,2) + 0,35^2] = 0,58$$

Redukcijski faktor torzijskog izvijanja

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,58 + \sqrt{0,58^2 - 0,35^2}} = 0,96$$

Os z-z

Kritična uzdužna sila u smjeru osi y

$$N_{crz} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{l_{iz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 8564}{800^2} = 2773,42 \text{ kN}$$

Torzijska vitkost

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{159,0 \cdot 35,5}{2773,42}} = 1,43$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,43 - 0,2) + 1,43^2] = 1,73$$

Redukcijski faktor torzijskog izvijanja

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,73 + \sqrt{1,73^2 - 1,43^2}} = 0,37$$

$$\chi = \min(\chi_y, \chi_z) = \min(0,96; 0,37) = 0,37$$

$$N_{b,Rd} = 0,37 \cdot \frac{190,0 \cdot 35,5}{1,1} = 2268,77 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$571,78 < 2268,77$$

Uvjet zadovoljen!

Izloženost savijanju

Elastični kritični moment bočnog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(k \cdot L_{cr})^2} \left[ C_2 \cdot z_g + \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L_{cr})^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} \right]$$

$$E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{21000}{2(1+0,3)} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_1 = 1,77$$

$$C_2 = 0,0$$

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

Razmak između točaka bočnog pridržanja tlačnog pojasa

$$L_{cr} = 455 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = 202690,89 \text{ kNcm}$$

Lateralna torzijska vitkost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2562 \cdot 35,5}{202690,89}} = 0,67 > 0,2$$

Redukcijski faktor lateralnog torzijskog izvijanja

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{ali} \quad \chi \leq 1$$

Mjerodavna linija

$$\frac{h}{b} < 2 \quad \rightarrow \quad \frac{h}{b} = \frac{390}{300} = 1,3$$

Lateralni koeficijent imperfekcije

$$\text{linija a} \rightarrow \alpha = 0,21$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,67 - 0,2) + 0,67^2] = 0,77$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,77 + \sqrt{0,77^2 - 0,67^2}} = 0,87$$

Dokaz prema  $\chi$  postupku

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,87 \cdot \frac{2562 \cdot 35,5}{1,1} = 719,34 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti

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

$$401,46 < 719,34$$

Uvjet zadovoljen!

Interakcija M-N s problemom bočnog izvijanja

$$\chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$N_{Rk} = N_{c,Rd} \cdot \gamma_{M0} = A \cdot f_y = N_{c,Rd} = 5644,50 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = M_{c,Rd} \cdot \gamma_{M0} = W_{pl,y} \cdot f_y = M_{c,Rd} = 909,51 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = C_m \cdot \left[ 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \leq C_m \cdot \left[ 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right]$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,43 > 0,4$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy}$$

$$\Psi = 0$$

$$C_m = C_{mLT} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4$$

$$C_m = C_{mLT} = 0,6$$

$$k_{yy} = 0,61 < 0,66$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,6 \cdot 0,61 = 0,37$$

Uvjeti nosivosti:

$$\frac{571,78}{0,96 \cdot \frac{5644,5}{1,1}} + 0,61 \cdot \frac{401,46}{0,87 \cdot \frac{909,51}{1,1}} + 0 \leq 1$$

0,46 < 1                      Uvjet je zadovoljen!

$$\frac{571,78}{0,37 \cdot \frac{5644,50}{1,1}} + 0,37 \cdot \frac{401,46}{0,87 \cdot \frac{909,51}{1,1}} + 0 \leq 1$$

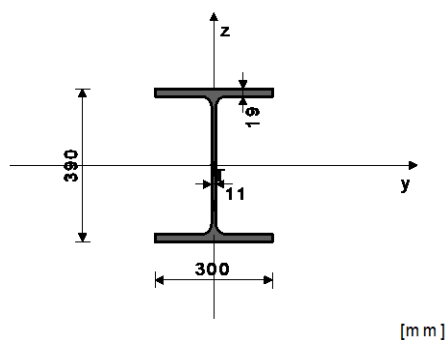
0,51 < 1                      Uvjet je zadovoljen!

## Stup S2- HEA 400

ŠTAP 396-550

POPREČNI PRESJEK: HEA 400 [S 355] [Set: 1]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	159.00 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	101.65 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	57.350 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	190.00 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	45070 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	8560.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	2311.3 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	570.67 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	2509.2 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	855.00 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 9, početak štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-797.14 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	-2.761 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-58.803 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-263.44 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	-12.370 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	448.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (797.14 <= 5644.50)**

$N_{c,Rd} =$  5644.5 kN

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (263.44 <= 689.50)**

$W_{y,eff} =$  1942.3 cm<sup>3</sup>  
 $M_{c,Rd} =$  689.50 kNm

6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.



Efektivni moment otpora  $W_{z,eff} = 463.67 \text{ cm}^3$   
 Računska otpornost na savijanje  $Mc,Rd = 164.60 \text{ kNm}$   
**Uvjet 6.12:  $MEd,z \leq Mc,Rd,z$  (12.37  $\leq$  164.60)**

6.2.6 Posmik  
 Računska nosivost na posmik  $V_{pl,Rd,z} = 793.60 \text{ kN}$   
 Računska nosivost na posmik  $V_{c,Rd,z} = 793.60 \text{ kN}$   
**Uvjet 6.17:  $VEd,z \leq Vc,Rd,z$  (58.80  $\leq$  793.60)**

Računska nosivost na posmik  $V_{pl,Rd,y} = 2255.8 \text{ kN}$   
 Računska nosivost na posmik  $V_{c,Rd,y} = 2255.8 \text{ kN}$   
**Uvjet 6.17:  $VEd,y \leq Vc,Rd,y$  (2.76  $\leq$  2255.84)**

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila  
 Nije potrebna redukcija momenata otpornosti  
 Uvjet:  $VEd,z \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $VEd,y \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila  
 Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.141$   
 Reduc.moment plast.otp.na savijanje  $MN_{y,Rd} = 890.78 \text{ kNm}$   
 Koeficijent  $\alpha = 2.000$   
 Omjer  $(M_{y,Ed} / MN_{y,Rd})^\alpha = 0.087$   
 Reduc.moment plast.otp.na savijanje  $MN_{z,Rd} = 303.52 \text{ kNm}$   
 Koeficijent  $\beta = 1.000$   
 Omjer  $(M_{z,Ed} / MN_{z,Rd})^\beta = 0.041$   
**Uvjet 6.41: (0.13  $\leq$  1)**

### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje  
 Dužina izvijanja y-y  $l_y = 448.00 \text{ cm}$   
 Relativna vitkost y-y  $\lambda_y = 0.348$   
 Krivulja izvijanja za os y-y: A  $\alpha = 0.210$   
 Elastična kritična sila  $N_{cr,y} = 46543 \text{ kN}$   
 Redukcijski koeficijent  $\chi_y = 0.966$   
 Računska otpornost na izvijanje  $N_{b,Rd,y} = 4956.6 \text{ kN}$   
**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (797.14  $\leq$  4956.58)**

Dužina izvijanja z-z  $l_z = 448.00 \text{ cm}$   
 Relativna vitkost z-z  $\lambda_z = 0.799$   
 Krivulja izvijanja za os z-z: B  $\alpha = 0.340$   
 Redukcijski koeficijent  $\chi_z = 0.725$   
 Računska otpornost na izvijanje  $N_{b,Rd,z} = 3720.3 \text{ kN}$   
**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (797.14  $\leq$  3720.33)**

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje  
 Koeficijent  $C1 = 1.879$   
 Koeficijent  $C2 = 0.000$   
 Koeficijent  $C3 = 0.939$   
 Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja  $k = 1.000$   
 Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja  $k_w = 1.000$   
 Koordinata  $z_g = 0.000 \text{ cm}$   
 Koordinata  $z_j = 0.000 \text{ cm}$   
 Razmak bočno pridrżanih točaka  $L = 448.00 \text{ cm}$   
 Sektorski moment inercije  $I_w = 2.94e+6 \text{ cm}^6$   
 Krit.mom.za bočno tor.izvijanje  $M_{cr} = 3777.8 \text{ kNm}$   
 Odgovarajući moment otpora  $W_y = 2509.2 \text{ cm}^3$   
 Koeficijent imperf.  $\alpha_{LT} = 0.210$   
 Bezdimezionalna vitkost  $\lambda_{LT} = 0.486$   
 Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)  $\chi_{LT} = 0.929$   
 Računska otpornost na izvijanje  $M_{b,Rd} = 752.05 \text{ kNm}$   
**Uvjet 6.54:  $MEd,y \leq Mb,Rd$  (263.44  $\leq$  752.05)**

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom  
 Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta  $C_{my} = 0.600$   
 Koeficijent uniformnog momenta  $C_{mz} = 0.600$   
 Koeficijent uniformnog momenta  $C_{mLT} = 0.600$   
 Koeficijent interakcije  $k_{yy} = 0.614$   
 Koeficijent interakcije  $k_{yz} = 0.437$   
 Koeficijent interakcije  $k_{zy} = 0.951$   
 Koeficijent interakcije  $k_{zz} = 0.728$

Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.966
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.161
$k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.215
$k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.020
<b>Uvjet 6.61: (0.40 &lt;= 1)</b>		

Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.725
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.214
$k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.333
$k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.033
<b>Uvjet 6.62: (0.58 &lt;= 1)</b>		

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK  
(slučaj opterećenja 33, početak štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-684.75 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	-2.526 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-63.646 kN
Moment savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-285.13 kNm
Moment savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	-11.319 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	448.00 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,z} =$	793.60 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,z} =$	793.60 kN

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (63.65 <= 793.60)**

Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,y} =$	2255.8 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,y} =$	2255.8 kN

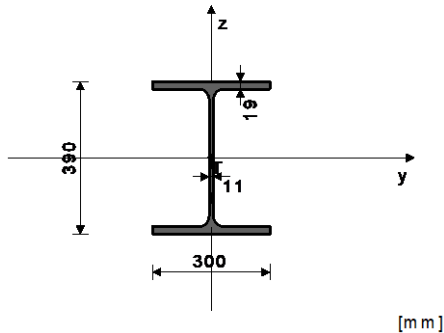
**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (2.53 <= 2255.84)**

## Stup S3- HEA 400

ŠTAP 1473-2085

POPREČNI PRESJEK: HEA 400 [S 355] [Set: 1]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



$A_x =$	159.00 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	101.65 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	57.350 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	190.00 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	45070 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	8560.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	2311.3 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	570.67 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	2509.2 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	855.00 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

( $f_y = 35.5$  kN/cm<sup>2</sup>,  $f_u = 51.0$  kN/cm<sup>2</sup>)

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 9, početak štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-794.89 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	-2.367 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-58.824 kN
Moment savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-263.53 kNm
Moment savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	-10.603 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	448.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak	$N_{c,Rd} =$	5644.5 kN
----------------------------	--------------	-----------

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (794.89 ≤ 5644.50)**

## 6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$W_{y,eff} = 1942.3 \text{ cm}^3$

Računska otpornost na savijanje

$M_{c,Rd} = 689.50 \text{ kNm}$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (263.53 ≤ 689.50)**

## 6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$W_{z,eff} = 463.67 \text{ cm}^3$

Računska otpornost na savijanje

$M_{c,Rd} = 164.60 \text{ kNm}$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (10.60 ≤ 164.60)**

## 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,z} = 793.60 \text{ kN}$

Računska nosivost na posmik

$V_{c,Rd,z} = 793.60 \text{ kN}$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (58.82 ≤ 793.60)**

Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,y} = 2255.8 \text{ kN}$

Računska nosivost na posmik

$V_{c,Rd,y} = 2255.8 \text{ kN}$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (2.37 ≤ 2255.84)**

## 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$ 

## 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$ 

$0.141$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$M_{N,y,Rd} = 890.78 \text{ kNm}$

Koeficijent

$\alpha = 2.000$

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$ 

$0.088$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$M_{N,z,Rd} = 303.52 \text{ kNm}$

Koeficijent

$\beta = 1.000$

Omjer  $(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$ 

$0.035$

**Uvjet 6.41: (0.12 ≤ 1)**

## 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

## 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$l_y = 448.00 \text{ cm}$

Relativna vitkost y-y

$\lambda_y = 0.348$

Krivulja izvijanja za os y-y: A

$\alpha = 0.210$

Elastična kritična sila

$N_{cr,y} = 46543 \text{ kN}$

Redukcijski koeficijent

$\chi_y = 0.966$

Računska otpornost na izvijanje

$N_{b,Rd,y} = 4956.6 \text{ kN}$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (794.89 ≤ 4956.58)**

Dužina izvijanja z-z

$l_z = 448.00 \text{ cm}$

Relativna vitkost z-z

$\lambda_z = 0.799$

Krivulja izvijanja za os z-z: B

$\alpha = 0.340$

Redukcijski koeficijent

$\chi_z = 0.725$

Računska otpornost na izvijanje

$N_{b,Rd,z} = 3720.3 \text{ kN}$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (794.89 ≤ 3720.33)**

## 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$C1 = 1.879$

Koeficijent

$C2 = 0.000$

Koeficijent

$C3 = 0.939$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$k = 1.000$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$k_w = 1.000$

Koordinata

$z_g = 0.000 \text{ cm}$

Koordinata

$z_j = 0.000 \text{ cm}$

Razmak bočno pridržanih točaka

$L = 448.00 \text{ cm}$

Sektorski moment inercije

$I_w = 2.94e+6 \text{ cm}^6$

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

$M_{cr} = 3777.8 \text{ kNm}$

Odgovarajući moment otpora

$W_y = 2509.2 \text{ cm}^3$

Koeficijent imperf.

$\alpha_{LT} = 0.210$

Bezdimenzionalna vitkost

$\lambda_{LT} = 0.486$

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

$\chi_{LT} = 0.929$

Računska otpornost na izvijanje

$M_{b,Rd} = 752.05 \text{ kNm}$

**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (263.53 ≤ 752.05)**

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom  
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	$C_{my} =$	0.600
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mz} =$	0.600
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mLT} =$	0.600
Koeficijent interakcije	$k_{yy} =$	0.614
Koeficijent interakcije	$k_{yz} =$	0.437
Koeficijent interakcije	$k_{zy} =$	0.951
Koeficijent interakcije	$k_{zz} =$	0.728
Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.966
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.160
$k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.215
$k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.017
<b>Uvjet 6.61: (0.39 &lt;= 1)</b>		

Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.725
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.214
$k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.333
$k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.028
<b>Uvjet 6.62: (0.57 &lt;= 1)</b>		

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK  
(slučaj opterećenja 33, početak štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-682.65 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	-2.163 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-63.662 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-285.21 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	-9.692 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	448.00 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,z} =$	793.60 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,z} =$	793.60 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,z} &lt;= V_{c,Rd,z}</math> (63.66 &lt;= 793.60)</b>		

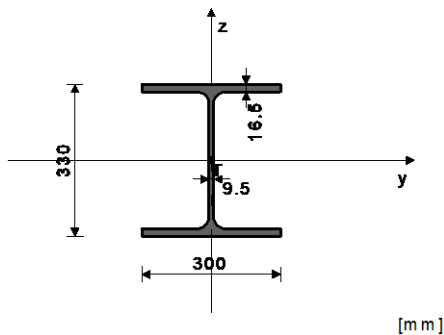
Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,y} =$	2255.8 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,y} =$	2255.8 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,y} &lt;= V_{c,Rd,y}</math> (2.16 &lt;= 2255.84)</b>		

## Stup S4 – HEA 340

ŠTAP 2269-2863

POPREČNI PRESJEK: HEA 340 [S 355] [Set: 2]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



$A_x =$	133.00 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	88.523 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	44.478 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	128.00 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	27690 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	7440.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	1678.2 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	496.00 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	1795.5 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	742.50 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

( $f_y = 35.5$  kN/cm<sup>2</sup>,  $f_u = 51.0$  kN/cm<sup>2</sup>)

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 14, početak štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-264.75 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	0.512 kN

Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	-25.561 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	-94.745 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	-0.047 kNm
Moment torzije	Mt =	-0.026 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	448.00 cm

### 5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 2

### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

#### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

$$N_{c,Rd} = 4721.5 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (264.75 ≤ 4721.50)**

#### 6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{y,eff} = 1423.4 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 505.29 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (94.74 ≤ 505.29)**

#### 6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{z,eff} = 402.59 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 142.92 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (0.05 ≤ 142.92)**

#### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 578.29 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 578.29 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (25.56 ≤ 578.29)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 1959.0 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 1959.0 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (0.51 ≤ 1959.02)**

#### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

#### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

$$0.056$$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$$M_{N,y,Rd} = 637.42 \text{ kNm}$$

Koeficijent

$$\alpha = 2.000$$

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

$$0.022$$

**Uvjet 6.41: (0.02 ≤ 1)**

### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

#### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 448.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 0.406$$

Krivulja izvijanja za os y-y: B

$$\alpha = 0.340$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 28595 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.924$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 3964.1 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (264.75 ≤ 3964.12)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 448.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 0.784$$

Krivulja izvijanja za os z-z: C

$$\alpha = 0.490$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.672$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 2885.5 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (264.75 ≤ 2885.50)**

#### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C1 = 1.879$$

Koeficijent

$$C2 = 0.000$$

Koeficijent

$$C3 = 0.939$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridrżanih točaka

$$L = 448.00 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 1.82e+6 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno tor.izvijanje  
 Odgovarajući moment otpora  
 Koeficijent imperf.  
 Bezdimezionalna vitkost  
 Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)  
 Računska otpornost na izvijanje

$M_{cr} = 2813.4 \text{ kNm}$   
 $W_y = 1795.5 \text{ cm}^3$   
 $\alpha_{LT} = 0.210$   
 $\lambda_{LT} = 0.476$   
 $\chi_{LT} = 0.932$   
 $M_{b,Rd} = 539.81 \text{ kNm}$

**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (94.74  $\leq$  539.81)**

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom  
 Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije

$C_{my} = 0.600$   
 $C_{mz} = 0.956$   
 $C_{mLT} = 0.600$   
 $k_{yy} = 0.608$   
 $k_{yz} = 0.624$   
 $k_{zy} = 0.979$   
 $k_{zz} = 1.041$

Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$

$\chi_y = 0.924$   
 0.067  
 0.107  
 0.000

**Uvjet 6.61: (0.17  $\leq$  1)**

Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$

$\chi_z = 0.672$   
 0.092  
 0.172  
 0.000

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK  
 (slučaj opterećenja 36, na 428.0 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila  
 Poprečna sila u y pravcu  
 Poprečna sila u z pravcu  
 Momenat savijanja oko y osi  
 Momenat savijanja oko z osi  
 Sistemska dužina štapa

$N_{Ed} = -213.78 \text{ kN}$   
 $V_{Ed,y} = 2.241 \text{ kN}$   
 $V_{Ed,z} = -29.151 \text{ kN}$   
 $M_{Ed,y} = -5.830 \text{ kNm}$   
 $M_{Ed,z} = 0.448 \text{ kNm}$   
 $L = 448.00 \text{ cm}$

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik  
 Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,z} = 578.29 \text{ kN}$   
 $V_{c,Rd,z} = 578.29 \text{ kN}$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (29.15  $\leq$  578.29)**

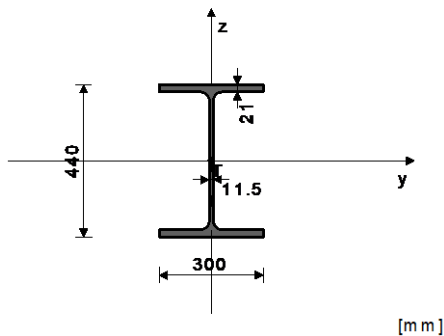
Računska nosivost na posmik  
 Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,y} = 1959.0 \text{ kN}$   
 $V_{c,Rd,y} = 1959.0 \text{ kN}$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (2.24  $\leq$  1959.02)**

## Greda G1 – HEA 450

POPREČNI PRESJEK: HEA 450 [S 355] [Set: 5]  
 EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)  
 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



$A_x = 178.00 \text{ cm}^2$   
 $A_y = 112.25 \text{ cm}^2$   
 $A_z = 65.755 \text{ cm}^2$   
 $I_x = 245.00 \text{ cm}^4$   
 $I_y = 63720 \text{ cm}^4$   
 $I_z = 9470.0 \text{ cm}^4$   
 $W_y = 2896.4 \text{ cm}^3$   
 $W_z = 631.33 \text{ cm}^3$   
 $W_{y,pl} = 3169.5 \text{ cm}^3$   
 $W_{z,pl} = 945.00 \text{ cm}^3$   
 $\gamma_{M0} = 1.000$   
 $\gamma_{M1} = 1.100$   
 $\gamma_{M2} = 1.250$   
 $A_{net}/A = 1.000$

( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

ŠTAP IZLOŽEN VLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 9, kraj štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	50.938 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	0.721 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	418.43 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-905.88 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	-0.216 kNm
Moment torzije	$M_t =$	0.630 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	1130.0 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka	$N_{pl,Rd} =$	6319.0 kN
Granicna rač.otpornost neto pres.	$N_{u,Rd} =$	6536.2 kN
Računska otp. na vlak	$N_{t,Rd} =$	6319.0 kN

**Uvjet 6.5:  $N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$  (50.94  $\leq$  6319.00)**

6.2.5 Savijanje y-y

Plastični moment otpora	$W_{y,pl} =$	3169.5 cm <sup>3</sup>
Računska otpornost na savijanje	$M_{c,Rd} =$	1125.2 kNm

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (905.88  $\leq$  1125.16)**

6.2.5 Savijanje z-z

Plastični moment otpora	$W_{z,pl} =$	945.00 cm <sup>3</sup>
Računska otpornost na savijanje	$M_{c,Rd} =$	335.48 kNm

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (0.22  $\leq$  335.48)**

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,z} =$	1347.7 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,z} =$	1347.7 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}</math> (418.43 <math>\leq</math> 1347.71)</b>		
Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,y} =$	2300.6 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,y} =$	2300.6 kN

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (0.72  $\leq$  2300.57)**

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$		0.008
Reduc.moment plast.otp.na savijanje	$M_{N,y,Rd} =$	1125.2 kNm
Koeficijent	$\alpha =$	2.000
Omjer $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$		0.648

**Uvjet 6.41: (0.65  $\leq$  1)**

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	$C_1 =$	1.285
Koeficijent	$C_2 =$	1.562
Koeficijent	$C_3 =$	0.753
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	$k =$	1.000
Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja	$k_w =$	1.000
Koordinata	$z_g =$	22.000 cm
Koordinata	$z_j =$	0.000 cm
Razmak bočno pridrżanih točkaka	$L =$	100.00 cm
Sektorski moment inercije	$I_w =$	4.15e+6 cm <sup>6</sup>
Krit.mom.za bočno torz.ivijanje	$M_{cr} =$	15123 kNm
Odgovarajući moment otpora	$W_y =$	3169.5 cm <sup>3</sup>
Koeficijent imperf.	$\alpha_{LT} =$	0.210
Bezdimenzionalna vitkost	$\lambda_{LT} =$	0.273
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	$\chi_{LT} =$	0.984
Računska otpornost na izvijanje	$M_{b,Rd} =$	1006.3 kNm

**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (905.88  $\leq$  1006.28)**

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK  
(slučaj opterećenja 25, na 1086.7 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila	NEd =	42.185 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	0.033 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	424.95 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	-723.60 kNm
Moment torzije	Mt =	-0.094 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1130.0 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,z =	1347.7 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,z =	1347.7 kN
<b>Uvjet 6.17: VEd,z &lt;= Vc,Rd,z (424.95 &lt;= 1347.71)</b>		
Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,y =	2300.6 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,y =	2300.6 kN
<b>Uvjet 6.17: VEd,y &lt;= Vc,Rd,y (0.03 &lt;= 2300.57)</b>		

### **Provjera proračuna za gredu G1:**

Maksimalne vrijednosti unutarnjih sila:

$$M_{Ed} = 905,88 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 424,95 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 80,59 \text{ kN}$$

### **Klasifikacija poprečnog presjeka**

Hrbat – izložen savijanju

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2tf - 2r}{t_w} = \frac{440 - 2 \cdot 21 - 2 \cdot 27}{11,5} = 29,91$$

Uvjet KLASA 1:

$$\frac{c}{t} \leq 72\varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\frac{c}{t} \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32$$

$$29,91 < 58,32$$

Uvjet zadovoljen!

Hrbat – klasa 1

Pojasnica – izložen tlaku

$$\frac{c}{t} = \frac{\frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r}{t_f} = \frac{\frac{300}{2} - \frac{11,5}{2} - 27}{21} = 5,58$$



Uvjet KLASA 1:

$$\frac{c}{t} \leq 9\varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,29$$

$$5,58 < 7,29$$

Uvjet zadovoljen!

Pojasnica – klasa 1

Poprečni presjek je klasa 1.

### Otpornost poprečnog presjeka

Izloženost vlaklu – tečenje brutto poprečnog prejeka

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{178,0 \cdot 35,5}{1,0} = 6319,0 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

$$80,59 < 6319,0$$

Uvjet je zadovoljen!

Izloženost savijanju

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{3216,0 \cdot 35,5}{1,0} = 1141,69 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{Ed} < M_{c,Rd}$$

$$905,88 < 1141,69$$

Uvjet je zadovoljen!

Izloženost poprečnoj sili

Provjera izbočavanja hrpta na posmik

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 34,61 < 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \cdot \frac{0,81}{1,2} = 48,6$$

$$34,61 < 48,6$$

Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik!

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MO}}$$

Posmična površina:

$$A_{vz} = A - 2bt_f + t_w \cdot t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$A_{vz} = 178,0 - 2 \cdot 30 \cdot 2,10 + 1,15 \cdot 2,10 = 54,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{vz} = 54,42 \text{ cm}^2 < 1,2 \cdot (44,0 - 2 \cdot 2,1) \cdot 1,15 = 54,92 \text{ cm}^2$$

$$A_{vz} = 54,92 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 54,92 \cdot \frac{35,5}{\sqrt{3} \cdot 1} = 1125,64 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

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

$$424,95 < 1125,64$$

Uvjet je zadovoljen

Interakcija M-V

Poprečna sila

Uvjeti reduciranja plastične otpornosti savijanja

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

$$424,95 < 562,82$$

Nije potrebna redukcija plastične otpornosti na savijanje!

$$M_{y.v.Rd} = M_{c.Rd} = 1141,69 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{Ed} \leq M_{y.v.Rd}$$

$$905,88 < 1141,69$$

Uvjet je zadovoljen!

Otpornost elementa

Izloženost savijanju

Elastični kritični moment bočnog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(k \cdot L_{cr})^2} \left[ C_2 \cdot z_g + \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L_{cr})^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} \right]$$

$$E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{21000}{2(1+0,3)} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_1 = 2,578$$

$$C_2 = 1,554$$

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$z_g = 22,0 \text{ cm}$$

Razmak između točaka bočnog pridržanja tlačnog pojasa

$$L_{cr} = 100 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = 34657414,26 \text{ kNcm}$$

Lateralna torzijska vitkost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3216 \cdot 35,5}{34657414,26}} = 0,057 < 0,2$$

Redukcijski faktor lateralnog torzijskog izvijanja

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{ali} \quad \chi \leq 1$$

Mjerodavna linija

$$\frac{h}{b} < 2 \quad \rightarrow \quad \frac{h}{b} = \frac{440}{300} = 1,47$$

Lateralni koeficijent imperfekcije

linija a  $\rightarrow \alpha = 0,21$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,2 - 0,2) + 0,20^2] = 0,52$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,52 + \sqrt{0,52^2 - 0,2^2}} = 1,0$$

Dokaz prema  $\chi$  postupku

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1,0 \cdot \frac{3216 \cdot 35,5}{1,1} = 1037,89 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti

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

$$905,88 < 1037,89$$

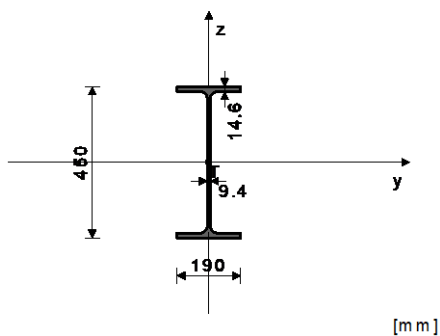
Uvjet zadovoljen!

## Greda G2 - IPE 450

ŠTAP 2670-1034

POPREČNI PRESJEK: IPE 450 [S 355] [Set: 7]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	98.800 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	47.976 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	50.824 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	67.100 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	33740 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	1680.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	1499.6 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	176.84 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	1662.1 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	263.53 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	1.000

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU

(slučaj opterećenja 5, kraj štapa)

Računska uzdužna sila

Poprečna sila u y pravcu

$N_{Ed} =$	-135.19 kN
$V_{Ed,y} =$	-1.849 kN

Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	67.314 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-135.99 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	0.484 kNm
Moment torzije	$M_t =$	0.182 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	1133.1 cm

## 5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

#### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

$$N_{c,Rd} = 3507.4 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (135.19  $\leq$  3507.40)**

#### 6.2.5 Savijanje y-y

Plastični moment otpora

$$W_{y,pl} = 1662.1 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 590.04 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (135.99  $\leq$  590.04)**

#### 6.2.5 Savijanje z-z

Plastični moment otpora

$$W_{z,pl} = 263.53 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 93.553 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (0.48  $\leq$  93.55)**

#### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 1041.7 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 1041.7 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (67.31  $\leq$  1041.69)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 983.31 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 983.31 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (1.85  $\leq$  983.31)**

#### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

#### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

$$0.039$$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$$M_{N,y,Rd} = 590.04 \text{ kNm}$$

Koeficijent

$$\alpha =$$

$$2.000$$

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

$$0.053$$

**Uvjet 6.41: (0.06  $\leq$  1)**

### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

#### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 1133.1 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 0.802$$

Krivulja izvijanja za os y-y: A

$$\alpha = 0.210$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 5446.5 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.794$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 2532.6 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (135.19  $\leq$  2532.60)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 1133.1 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 3.596$$

Krivulja izvijanja za os z-z: B

$$\alpha = 0.340$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.071$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 224.93 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (135.19  $\leq$  224.93)**

#### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C1 = 1.285$$

Koeficijent

$$C2 = 1.562$$

Koeficijent

$$C3 = 0.753$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 22.500 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridržanih točaka

$$L = 160.00 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 7.91e+5 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

$$M_{cr} = 1160.3 \text{ kNm}$$

Odgovarajući moment otpora

$$W_y = 1662.1 \text{ cm}^3$$

Koeficijent imperf.

$$\alpha_{LT} = 0.340$$

Bezdimezionalna vitkost	$\lambda_{LT} =$	0.713
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	$\chi_{LT} =$	0.776
Računska otpornost na izvijanje	$M_{b,Rd} =$	416.38 kNm
<b>Uvjet 6.54: <math>M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}</math> (135.99 <math>\leq</math> 416.38)</b>		

### 6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	$C_{my} =$	0.459
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mz} =$	0.400
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mLT} =$	0.459
Koeficijent interakcije	$k_{yy} =$	0.473
Koeficijent interakcije	$k_{yz} =$	0.442
Koeficijent interakcije	$k_{zy} =$	0.712
Koeficijent interakcije	$k_{zz} =$	0.737

Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.794
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.053
$k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.155
$k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.003
<b>Uvjet 6.61: (0.21 <math>\leq</math> 1)</b>		

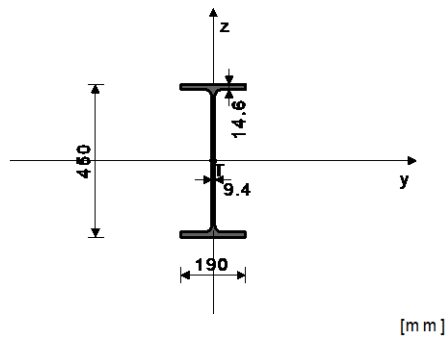
Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.071
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.601
$k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.232
$k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.004
<b>Uvjet 6.62: (0.84 <math>\leq</math> 1)</b>		

## Greda G3 – IPE 450

### ŠTAP 844-684

POPREČNI PRESJEK: IPE 450 [S 355] [Set: 7]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



$A_x =$	98.800 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	47.976 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	50.824 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	67.100 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	33740 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	1680.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	1499.6 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	176.84 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	1662.1 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	263.53 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	1.000

( $f_y = 35.5$  kN/cm<sup>2</sup>,  $f_u = 51.0$  kN/cm<sup>2</sup>)

#### ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU (slučaj opterećenja 10, kraj štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	-57.806 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	-1.492 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	54.492 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-79.610 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	0.062 kNm
Moment torzije	$M_t =$	0.133 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	593.97 cm

#### 5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

#### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

##### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak	$N_{c,Rd} =$	3507.4 kN
<b>Uvjet 6.9: <math>N_{Ed} \leq N_{c,Rd}</math> (57.81 <math>\leq</math> 3507.40)</b>		

6.2.5 Savijanje y-y		
Plastični moment otpora	Wy,pl =	1662.1 cm <sup>3</sup>
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	590.04 kNm
<b>Uvjet 6.12: MEd,y &lt;= Mc,Rd,y (79.61 &lt;= 590.04)</b>		
6.2.5 Savijanje z-z		
Plastični moment otpora	Wz,pl =	263.53 cm <sup>3</sup>
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	93.553 kNm
<b>Uvjet 6.12: MEd,z &lt;= Mc,Rd,z (0.06 &lt;= 93.55)</b>		
6.2.6 Posmik		
Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,z =	1041.7 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,z =	1041.7 kN
<b>Uvjet 6.17: VEd,z &lt;= Vc,Rd,z (54.49 &lt;= 1041.69)</b>		
Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,y =	983.31 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,y =	983.31 kN
<b>Uvjet 6.17: VEd,y &lt;= Vc,Rd,y (1.49 &lt;= 983.31)</b>		
6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila		
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti		
Uvjet: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z ; VEd,y <= 50%Vpl,Rd,y		
6.2.9 Savijanje i centrična sila		
Omjer NEd / Npl,Rd		0.016
Reduc.moment plast.otp.na savijanje	MN,y,Rd =	590.04 kNm
Koeficijent	α =	2.000
Omjer (My,Ed / MN,y,Rd) <sup>α</sup>		0.018
<b>Uvjet 6.41: (0.02 &lt;= 1)</b>		
6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE		
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje		
Dužina izvijanja y-y	ly =	593.97 cm
Relativna vitkost y-y	λ <sub>y</sub> =	0.421
Krivulja izvijanja za os y-y: A	α =	0.210
Elastična kritična sila	Ncr,y =	19821 kN
Redukcijski koeficijent	χ <sub>y</sub> =	0.947
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,y =	3020.4 kN
<b>Uvjet 6.46: NEd &lt;= Nb,Rd,y (57.81 &lt;= 3020.40)</b>		
Dužina izvijanja z-z	lz =	593.97 cm
Relativna vitkost z-z	λ <sub>z</sub> =	1.885
Krivulja izvijanja za os z-z: B	α =	0.340
Redukcijski koeficijent	χ <sub>z</sub> =	0.233
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,z =	741.47 kN
<b>Uvjet 6.46: NEd &lt;= Nb,Rd,z (57.81 &lt;= 741.47)</b>		
6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje		
Koeficijent	C1 =	1.285
Koeficijent	C2 =	1.562
Koeficijent	C3 =	0.753
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000
Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja	kw =	1.000
Koordinata	zg =	22.500 cm
Koordinata	zj =	0.000 cm
Razmak bočno pridrżanih točaka	L =	160.00 cm
Sektorski moment inercije	Iw =	7.91e+5 cm <sup>6</sup>
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	1160.3 kNm
Odgovarajući moment otpora	Wy =	1662.1 cm <sup>3</sup>
Koeficijent imperf.	αLT =	0.340
Bezdimenzionalna vitkost	λLT =	0.713
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.776
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	416.38 kNm
<b>Uvjet 6.54: MEd,y &lt;= Mb,Rd (79.61 &lt;= 416.38)</b>		
6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom		
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)		
Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	0.450
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	0.474
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	0.450
Koeficijent interakcije	kyy =	0.452

Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije

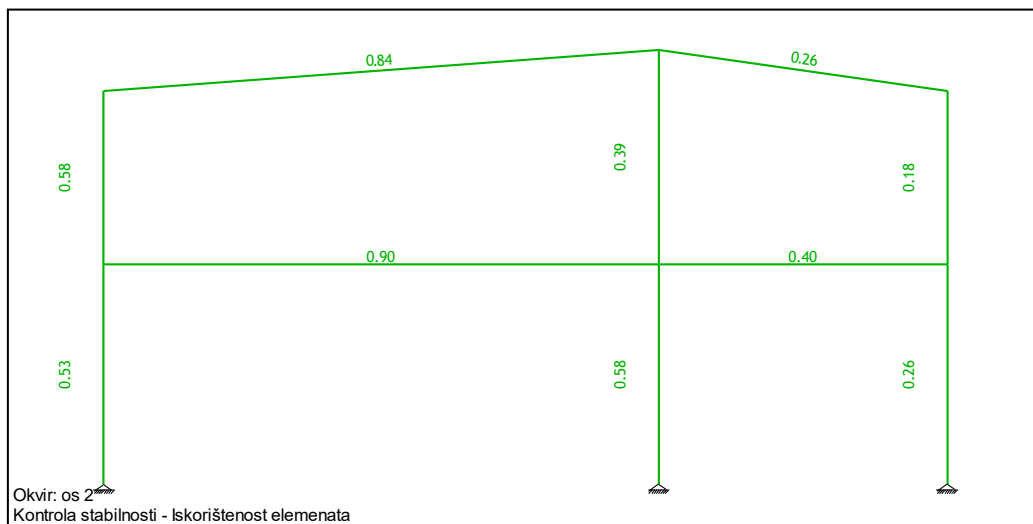
$k_{yz} = 0.315$   
 $k_{zy} = 0.961$   
 $k_{zz} = 0.526$

Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$   
**Uvjet 6.61:  $(0.11 \leq 1)$**

$\chi_y = 0.947$   
 0.019  
 0.086  
 0.000

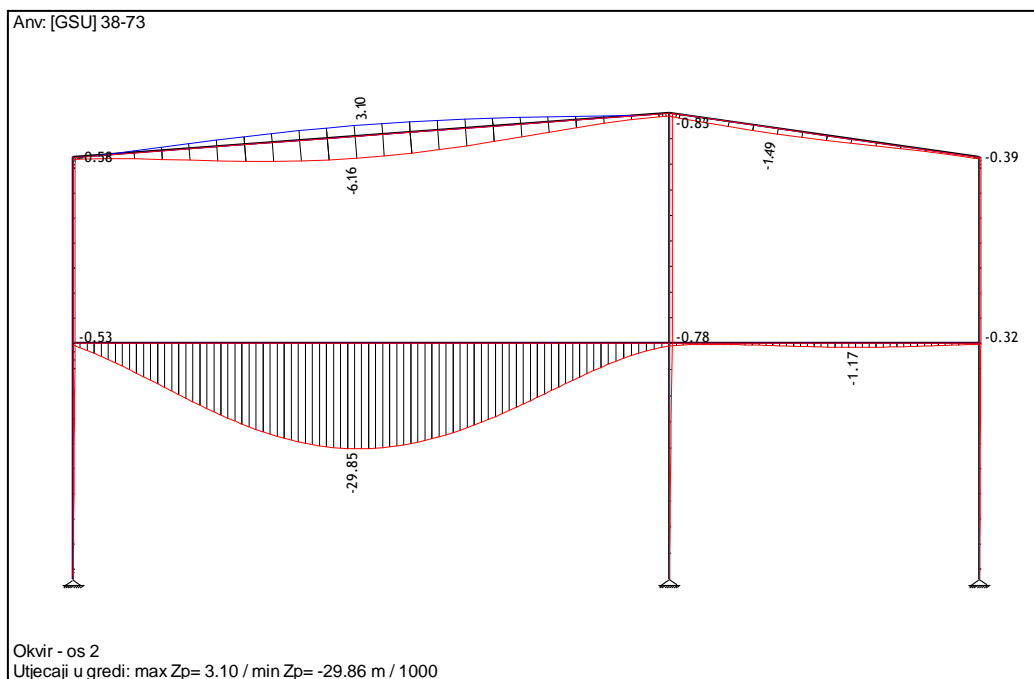
Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$   
**Uvjet 6.62:  $(0.26 \leq 1)$**

$\chi_z = 0.233$   
 0.078  
 0.184  
 0.000



Slika 43: Iskorištenost elemenata glavnog okvira

## GRANIČNO STANJE UPORABIVOSTI



Slika 44: Dijagram progiba glavnog okvira - z smjer

## PROGIB MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE – GREDA HEA 450

Granična dopuštena vrijednost progiba međukatne konstrukcije (ukupno opterećenje):

$$\delta_{max,dop} = \frac{L}{250} = \frac{1130}{250} = 4,52 \text{ cm}$$

Maksimalni progib međukatne konstrukcije:

$$\delta_{max} = 29,85 \text{ mm} = 2,99 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_{max} \leq \delta_{max,dop}$$

$$2,99 \text{ cm} < 4,52 \text{ cm} \quad - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$

## PROGIB KROVNE KONSTRUKCIJE – GREDA IPE 450

Granična dopuštena vrijednost progiba krovne grede (ukupno opterećenje):

$$\delta_{max,dop} = \frac{L}{200} = \frac{1130}{200} = 5,65 \text{ cm}$$

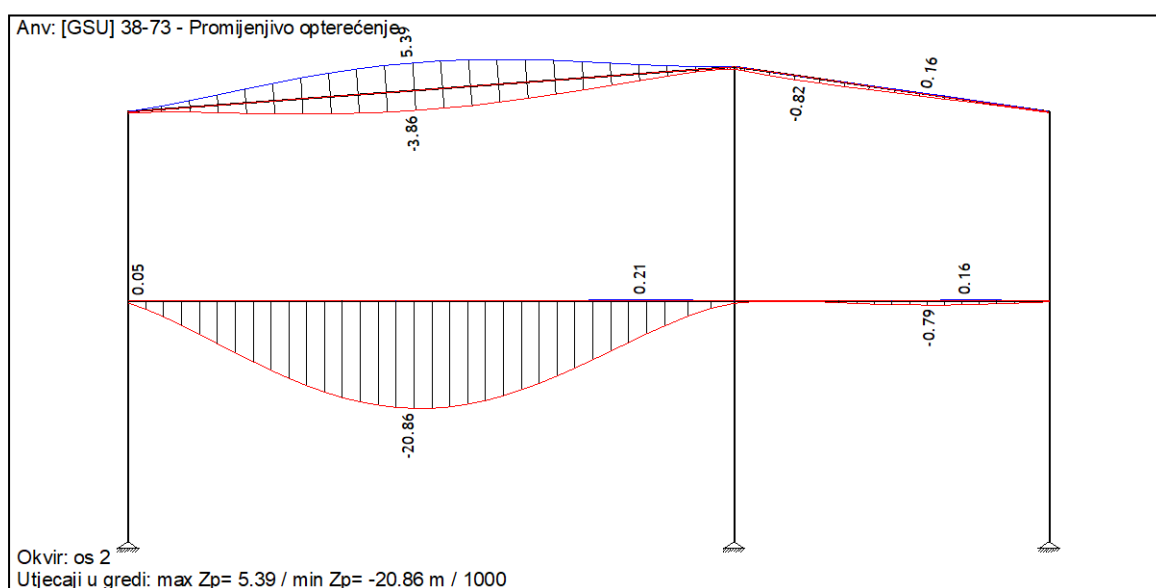
Maksimalni progib krovne grede:

$$\delta_{max} = 6,16 \text{ mm} = 0,62 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_{max} \leq \delta_{max,dop}$$

$$0,62 \text{ cm} < 5,65 \text{ cm} \quad - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$



Slika 45: Dijagram progiba glavnog okvira (promjenjivo opterećenje)



### PROGIB MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE – GREDA HEA 450

Granična dopuštena vrijednost progiba međukatne konstrukcije (promjenjivo opterećenje):

$$\delta_{2,dop} = \frac{L}{300} = \frac{1130}{300} = 3,77 \text{ cm}$$

Maksimalni progib međukatne konstrukcije:

$$\delta_2 = 20,86 \text{ mm} = 2,09 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_2 \leq \delta_{2,dop}$$

$2,09 \text{ cm} < 3,77 \text{ cm}$  - Uvjet je zadovoljen!

### PROGIB KROVNE KONSTRUKCIJE – GREDA IPE 450

Granična dopuštena vrijednost progiba krovne grede (promjenjivo opterećenje):

$$\delta_{2,dop} = \frac{L}{250} = \frac{1130}{250} = 4,52 \text{ cm}$$

Maksimalni progib krovne grede:

$$\delta_2 = 5,39 \text{ mm} = 0,54 \text{ cm}$$

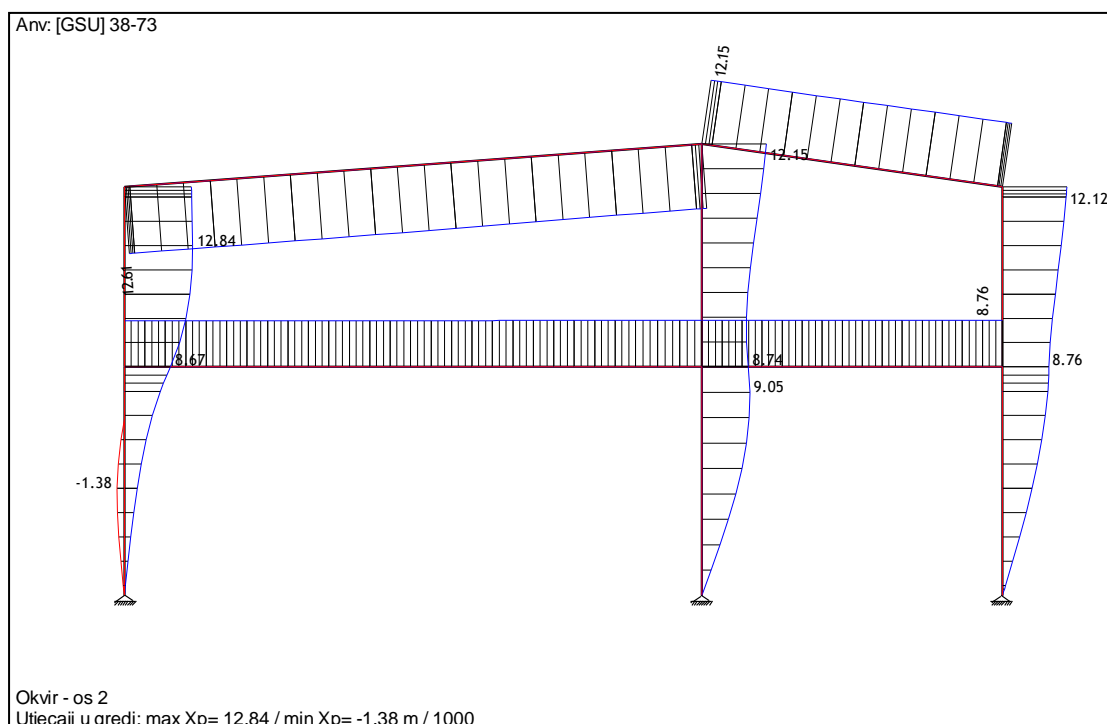
Uvjet:

$$\delta_2 \leq \delta_{2,dop}$$

$0,54 \text{ cm} < 4,52 \text{ cm}$  - Uvjet je zadovoljen!

## PROGIB USLIJED HORIZONTALNOG OPTEREĆENJA

Mjerodavne su kombinacije u kojima je vjetar dominantno opterećenje. Provedena je kontrola relativnog i ukupnog pomaka stupova S1 i S4.



Slika 46: Dijagram progiba glavnog okvira - x smjer

Stup S1:

$$\delta_{h1,dop} = \frac{H_1}{300} = \frac{448,00}{300} = 1,49 \text{ cm} - \text{relativni dopušteni pomak 1. kata}$$

$$\delta_{h2,dop} = \frac{H_2}{300} = \frac{358,00}{300} = 1,19 \text{ cm} - \text{relativni dopušteni pomak 2. kata}$$

$$\delta_{h0,dop} = \frac{H}{300} = \frac{800,00}{500} = 1,60 \text{ cm} - \text{ukupni dopušteni pomak konstrukcije}$$

$$\delta_{h1} = 8,67 \text{ mm} = 0,87 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,49 \text{ cm}$$

$$\delta_{h2} = 4,17 \text{ mm} = 0,42 \text{ cm} < \delta_{h2,dop} = 1,19 \text{ cm}$$

$$\delta_{h0} = 12,84 \text{ mm} = 1,28 \text{ cm} < \delta_{h0,dop} = 1,60 \text{ cm}$$

Uvjeti su zadovoljeni!

Stup S4:

$$\delta_{h1,dop} = \frac{H_1}{300} = \frac{448,00}{300} = 1,49 \text{ cm} - \text{relativni dopušteni pomak 1. kata}$$

$$\delta_{h2,dop} = \frac{H_2}{300} = \frac{358,00}{300} = 1,19 \text{ cm} - \text{relativni dopušteni pomak 2. kata}$$

$$\delta_{h0,dop} = \frac{H}{300} = \frac{800,00}{500} = 1,60 \text{ cm} - \text{ukupni dopušteni pomak konstrukcije}$$

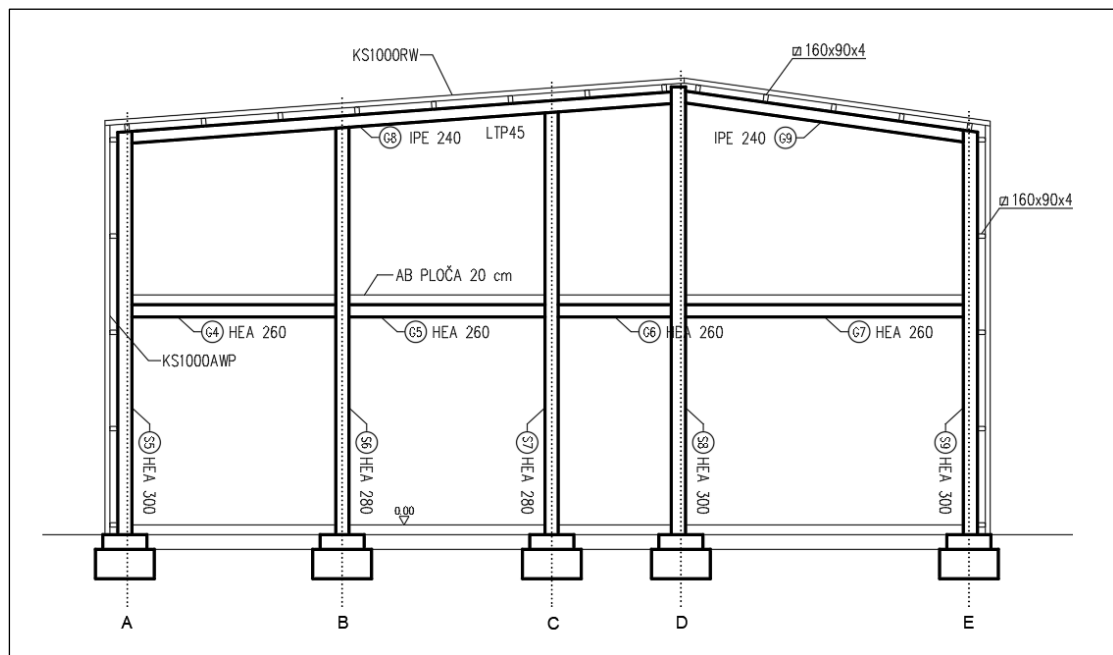
$$\delta_{h1} = 8,76 \text{ mm} = 0,88 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,49 \text{ cm}$$

$$\delta_{h2} = 3,36 \text{ mm} = 0,34 \text{ cm} < \delta_{h2,dop} = 1,19 \text{ cm}$$

$$\delta_{h0} = 12,12 \text{ mm} = 1,21 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,60 \text{ cm}$$

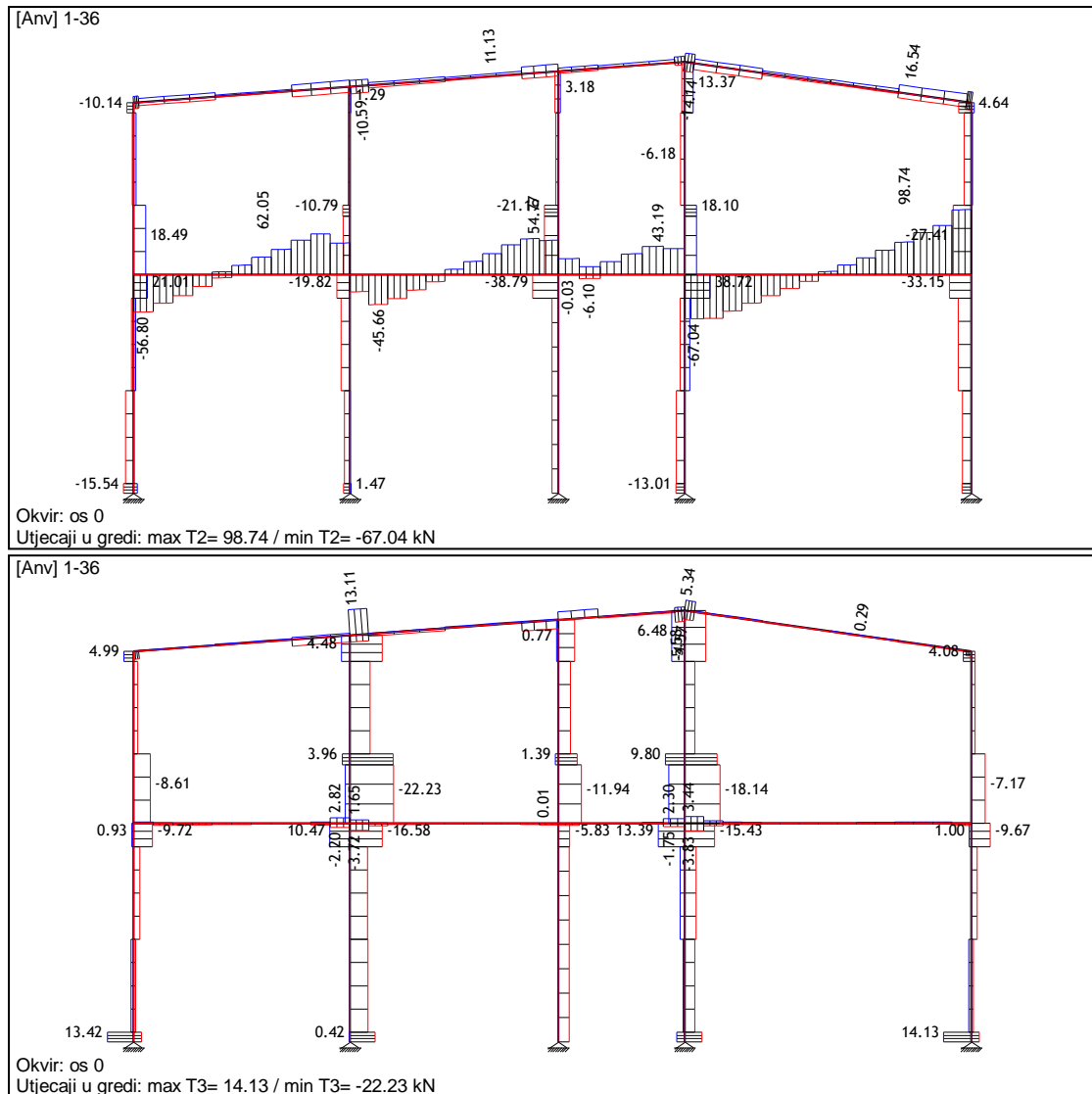
Uvjeti su zadovoljeni!

#### 5.4.4 Zabatni okvir



Slika 47: Zabatni okvir - osi 0 i 6





Slika 48: Dijagrami reznih sila - sekundarni okvir u osi 0

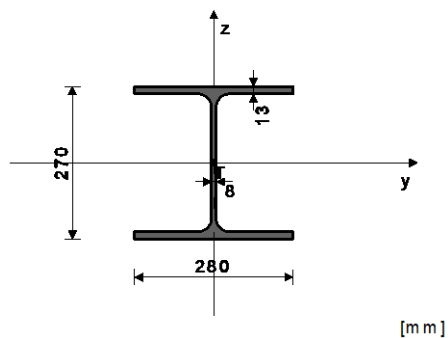
## Stup S6 - HEA 280

ŠTAP 159-387

POPREČNI PRESJEK: HEA 280 [S 355] [Set: 4]

EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	97.300 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	65.520 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	31.780 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	62.400 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	13670 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	4760.0 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	1012.6 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	340.00 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	1072.0 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	509.60 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU

(slučaj opterećenja 33, kraj štapa)

---

Računska uzdužna sila	NEd =	-12.228 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	-22.227 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	-10.639 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	10.414 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	48.838 kNm
Moment torzije	Mt =	0.021 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	385.01 cm

---

## 5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 3

### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

#### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

$$N_{c,Rd} = 3454.2 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (12.23  $\leq$  3454.15)**

#### 6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{y,eff} = 859.64 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 305.17 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (10.41  $\leq$  305.17)**

#### 6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{z,eff} = 276.29 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 98.082 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (48.84  $\leq$  98.08)**

#### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 400.08 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 400.08 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (10.64  $\leq$  400.08)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 1440.6 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 1440.6 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (22.23  $\leq$  1440.57)**

#### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

#### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

**Uvjet 6.42: (0.44  $\leq$  1)**

### 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

#### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 385.01 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 0.425$$

Krivulja izvijanja za os y-y: B

$$\alpha = 0.340$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 19114 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.916$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 2876.3 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (12.23  $\leq$  2876.33)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 385.01 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 0.720$$

Krivulja izvijanja za os z-z: C

$$\alpha = 0.490$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.712$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 2235.8 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (12.23  $\leq$  2235.85)**

#### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C1 = 1.285$$

Koeficijent

$$C2 = 1.562$$

Koeficijent

$$C3 = 0.753$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridržanih točaka

$$L = 385.01 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 7.85e+5 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

$$M_{cr} = 1326.9 \text{ kNm}$$

Odgovarajući moment otpora	Wy =	1012.6 cm <sup>3</sup>
Koeficijent imperf.	αLT =	0.210
Bezdimenzionalna vitkost	λLT =	0.520
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.918
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	299.93 kNm
<b>Uvjet 6.54: MEd,y ≤ Mb,Rd (10.41 ≤ 299.93)</b>		

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	0.636
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	0.563
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	0.636
Koeficijent interakcije	kyy =	0.637
Koeficijent interakcije	kyz =	0.564
Koeficijent interakcije	kzy =	0.999
Koeficijent interakcije	kzz =	0.564
Redukcijski koeficijent	χy =	0.916
NEd / (χy NRk / γM1)		0.004
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.022
kzy * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.251
<b>Uvjet 6.61: (0.28 ≤ 1)</b>		

Redukcijski koeficijent	χz =	0.712
NEd / (χz NRk / γM1)		0.005
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.035
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.251
<b>Uvjet 6.62: (0.29 ≤ 1)</b>		

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK

(slučaj opterećenja 13, na 265.0 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila	NEd =	-14.517 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	-22.112 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	-10.790 kN
Moment savijanja oko y osi	MEd,y =	-2.338 kNm
Moment savijanja oko z osi	MEd,z =	22.133 kNm
Moment torzije	Mt =	0.269 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	385.01 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,z =	400.08 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,z =	400.08 kN

**Uvjet 6.17: VEd,z ≤ Vc,Rd,z (10.79 ≤ 400.08)**

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,y =	1440.6 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,y =	1440.6 kN

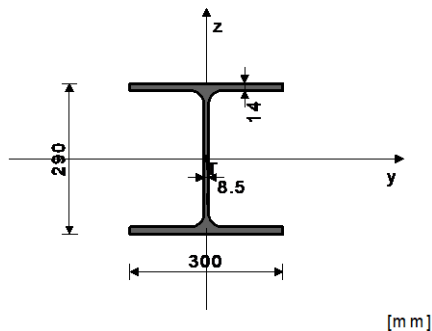
**Uvjet 6.17: VEd,y ≤ Vc,Rd,y (22.11 ≤ 1440.57)**

## Stup S8 – HEA 300

POPREČNI PRESJEK: HEA 300 [S 355] [Set: 3]

EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



(fy = 35.5 kN/cm<sup>2</sup>, fu = 51.0 kN/cm<sup>2</sup>)

Ax =	113.00 cm <sup>2</sup>
Ay =	75.250 cm <sup>2</sup>
Az =	37.750 cm <sup>2</sup>
Ix =	85.600 cm <sup>4</sup>
Iy =	18260 cm <sup>4</sup>
Iz =	6310.0 cm <sup>4</sup>
Wy =	1259.3 cm <sup>3</sup>
Wz =	420.67 cm <sup>3</sup>
Wy,pl =	1326.8 cm <sup>3</sup>
Wz,pl =	630.00 cm <sup>3</sup>
γM0 =	1.000
γM1 =	1.100
γM2 =	1.250
Anet/A =	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 13, na 48.0 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila	NEd =	-191.32 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	0.696 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	-4.568 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	-34.252 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	-10.329 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	448.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 3

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

$$N_{c,Rd} = 4011.5 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (191.32  $\leq$  4011.50)**

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{y,eff} = 1065.1 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 378.10 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (34.25  $\leq$  378.10)**

6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{z,eff} = 341.56 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 121.25 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (10.33  $\leq$  121.25)**

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 456.44 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 456.44 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (4.57  $\leq$  456.44)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 1662.2 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 1662.2 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (0.70  $\leq$  1662.20)**

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

**Uvjet 6.42: (0.19  $\leq$  1)**

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 448.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 0.461$$

Krivulja izvijanja za os y-y: B

$$\alpha = 0.340$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 18857 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.901$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 3285.8 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (191.32  $\leq$  3285.77)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 448.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 0.785$$

Krivulja izvijanja za os z-z: C

$$\alpha = 0.490$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.672$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 2450.0 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (191.32  $\leq$  2450.00)**

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C1 = 1.132$$

Koeficijent

$$C2 = 0.459$$

Koeficijent

$$C3 = 0.525$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridržanih točaka

$$L = 448.00 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 1.20e+6 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

$$M_{cr} = 1269.6 \text{ kNm}$$



Odgovarajući moment otpora	Wy =	1259.3 cm <sup>3</sup>
Koeficijent imperf.	αLT =	0.210
Bezdimenzionalna vitkost	λLT =	0.593
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.892
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	362.72 kNm
<b>Uvjet 6.54: MEd,y ≤ Mb,Rd (34.25 ≤ 362.72)</b>		

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	0.985
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	0.970
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	0.985
Koeficijent interakcije	kyy =	1.001
Koeficijent interakcije	kyz =	1.005
Koeficijent interakcije	kzy =	0.996
Koeficijent interakcije	kzz =	1.005

Redukcijski koeficijent

NEd / (χy NRk / γM1)	χy =	0.901
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.058
kzy * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.094
		0.076

**Uvjet 6.61: (0.23 ≤ 1)**

Redukcijski koeficijent

NEd / (χz NRk / γM1)	χz =	0.672
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.078
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.094
		0.076

**Uvjet 6.62: (0.25 ≤ 1)**

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK  
(slučaj opterećenja 28, početak štapa)

Računska uzdužna sila	NEd =	-175.96 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	-4.266 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	38.725 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	16.104 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	-14.383 kNm
Moment torzije	Mt =	-0.071 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	448.00 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,z =	456.44 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,z =	456.44 kN

**Uvjet 6.17: VEd,z ≤ Vc,Rd,z (38.72 ≤ 456.44)**

Računska nosivost na posmik	Vpl,Rd,y =	1662.2 kN
Računska nosivost na posmik	Vc,Rd,y =	1662.2 kN

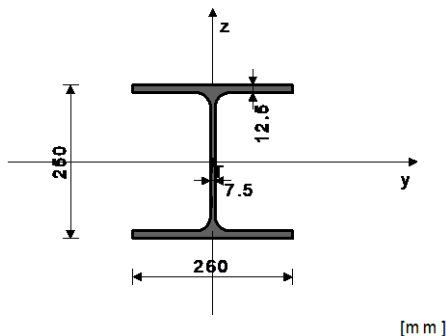
**Uvjet 6.17: VEd,y ≤ Vc,Rd,y (4.27 ≤ 1662.20)**

## Greda G7 – HEA 260

POPREČNI PRESJEK: HEA 260 [S 355] [Set: 6]

EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



Ax =	86.800 cm <sup>2</sup>
Ay =	58.063 cm <sup>2</sup>
Az =	28.738 cm <sup>2</sup>
Ix =	52.600 cm <sup>4</sup>
Iy =	10450 cm <sup>4</sup>
Iz =	3670.0 cm <sup>4</sup>
Wy =	836.00 cm <sup>3</sup>
Wz =	282.31 cm <sup>3</sup>
Wy,pl =	881.68 cm <sup>3</sup>
Wz,pl =	422.50 cm <sup>3</sup>
γM0 =	1.000
γM1 =	1.100
γM2 =	1.250
Anet/A =	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 9, kraj štapa)

Računska uzdužna sila	NEd =	-7.038 kN
Poprečna sila u y pravcu	VEd,y =	-0.220 kN
Poprečna sila u z pravcu	VEd,z =	98.737 kN
Momenat savijanja oko y osi	MEd,y =	-98.458 kNm
Momenat savijanja oko z osi	MEd,z =	0.087 kNm
Moment torzije	Mt =	0.271 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	588.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 3

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

$$N_{c,Rd} = 3081.4 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (7.04  $\leq$  3081.40)**

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{y,eff} = 707.96 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 251.33 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (98.46  $\leq$  251.33)**

6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{z,eff} = 229.06 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 81.317 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (0.09  $\leq$  81.32)**

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 345.87 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 345.87 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (98.74  $\leq$  345.87)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 1286.2 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 1286.2 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (0.22  $\leq$  1286.23)**

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

**Uvjet 6.42: (0.33  $\leq$  1)**

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 588.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 0.701$$

Krivulja izvijanja za os y-y: B

$$\alpha = 0.340$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 6264.4 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.783$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 2193.3 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (7.04  $\leq$  2193.25)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 588.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 1.183$$

Krivulja izvijanja za os z-z: C

$$\alpha = 0.490$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.442$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 1237.4 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (7.04  $\leq$  1237.41)**

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C1 = 1.285$$

Koeficijent

$$C2 = 1.562$$

Koeficijent

$$C3 = 0.753$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridrżanih točaka

$$L = 588.00 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 5.16e+5 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno tor.izvijanje  
 Odgovarajući moment otpora  
 Koeficijent imperf.  
 Bezdimenzionalna vitkost  
 Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)  
 Računska otpornost na izvijanje

Mcr = 516.51 kNm  
 Wy = 836.00 cm3  
 $\alpha_{LT}$  = 0.210  
 $\lambda_{LT}$  = 0.758  
 $\chi_{LT}$  = 0.819  
 Mb,Rd = 220.91 kNm

**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (98.46  $\leq$  220.91)**

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom  
 Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent uniformnog momenta  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije

Cmy = 0.468  
 Cmz = 0.400  
 CmLT = 0.468  
 kyy = 0.469  
 kyz = 0.401  
 kzy = 0.999  
 kzz = 0.401

Redukcijski koeficijent  
 NEd / ( $\chi_y$  NRk /  $\gamma_{M1}$ )  
 kyy \* (MyEd +  $\Delta$ MyEd) / ...  
 kyz \* (MzEd +  $\Delta$ MzEd) / ...

$\chi_y$  = 0.783  
 0.003  
 0.209  
 0.000

**Uvjet 6.61: (0.21  $\leq$  1)**

Redukcijski koeficijent  
 NEd / ( $\chi_z$  NRk /  $\gamma_{M1}$ )  
 kzy \* (MyEd +  $\Delta$ MyEd) / ...  
 kzz \* (MzEd +  $\Delta$ MzEd) / ...

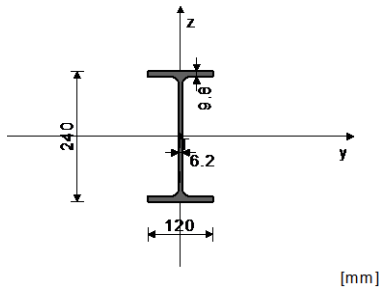
$\chi_z$  = 0.442  
 0.006  
 0.445  
 0.000

## Greda G8 – IPE 240

### ŠTAP 310-54

POPREČNI PRESJEK: IPE 240 [S 355] [Set: 8]  
 EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



Ax = 39.100 cm2  
 Ay = 19.972 cm2  
 Az = 19.128 cm2  
 Ix = 12.900 cm4  
 Iy = 3890.0 cm4  
 Iz = 284.00 cm4  
 Wy = 324.17 cm3  
 Wz = 47.333 cm3  
 Wy,pl = 354.99 cm3  
 Wz,pl = 70.560 cm3  
 $\gamma_{M0}$  = 1.000  
 $\gamma_{M1}$  = 1.100  
 $\gamma_{M2}$  = 1.250  
 Anet/A = 0.900

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

Računska uzdužna sila  
 Poprečna sila u y pravcu  
 Poprečna sila u z pravcu  
 Moment savijanja oko y osi  
 Moment savijanja oko z osi  
 Moment torzije  
 Sistemska dužina štapa

NEd = -5.411 kN  
 VEd,y = -3.753 kN  
 VEd,z = 11.122 kN  
 MEd,y = -9.656 kNm  
 MEd,z = 1.857 kNm  
 Mt = 0.042 kNm  
 L = 1133.1 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA  
 Klasa presjeka 1

#### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

##### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (5.41  $\leq$  1388.05)**

Nc,Rd = 1388.1 kN

### 6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{y,eff} = 217.95 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 77.372 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (9.66  $\leq$  77.37)**

### 6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{z,eff} = 26.330 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 9.347 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (1.86  $\leq$  9.35)**

### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 280.07 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 280.07 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (11.12  $\leq$  280.07)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 406.87 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 406.87 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (3.75  $\leq$  406.87)**

### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$  ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

$$= 0.004$$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$$M_{N,z,Rd} = 25.049 \text{ kNm}$$

Koeficijent

$$\beta = 1.000$$

Omjer  $(M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta$

$$= 0.074$$

**Uvjet 6.41: (0.08  $\leq$  1)**

## 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 1133.1 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 1.487$$

Krivulja izvijanja za os y-y: A

$$\alpha = 0.210$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 627.94 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.378$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 477.08 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (5.41  $\leq$  477.08)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 1133.1 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 5.502$$

Krivulja izvijanja za os z-z: B

$$\alpha = 0.340$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.031$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 39.264 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (5.41  $\leq$  39.26)**

### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C_1 = 1.285$$

Koeficijent

$$C_2 = 1.562$$

Koeficijent

$$C_3 = 0.753$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridržanih točaka

$$L = 460.00 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 37391 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

$$M_{cr} = 80.425 \text{ kNm}$$

Odgovarajući moment otpora

$$W_y = 354.99 \text{ cm}^3$$

Koeficijent imperf.

$$\alpha_{LT} = 0.210$$

Bezdimenzionalna vitkost

$$\lambda_{LT} = 1.252$$

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

$$\chi_{LT} = 0.498$$

Računska otpornost na izvijanje

$$M_{b,Rd} = 57.079 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (9.66  $\leq$  57.08)**

### 6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta

$$C_{my} = 0.979$$

Koeficijent uniformnog momenta

$$C_{mz} = 0.965$$

Koeficijent uniformnog momenta

$$C_{mLT} = 0.979$$

Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije  
 Koeficijent interakcije

$k_{yy} = 0.987$   
 $k_{yz} = 0.691$   
 $k_{zy} = 0.981$   
 $k_{zz} = 1.152$

Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$

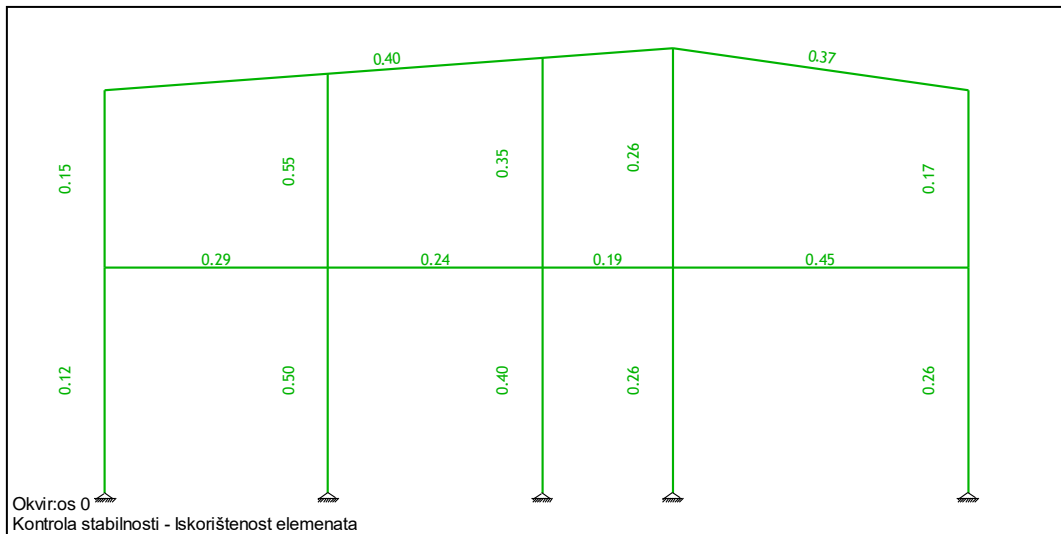
$\chi_y = 0.378$   
 $\chi_z = 0.011$   
 $\chi_{yz} = 0.167$   
 $\chi_{zy} = 0.056$

**Uvjet 6.61: (0.23 <= 1)**

Redukcijski koeficijent  
 $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$   
 $k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$   
 $k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$

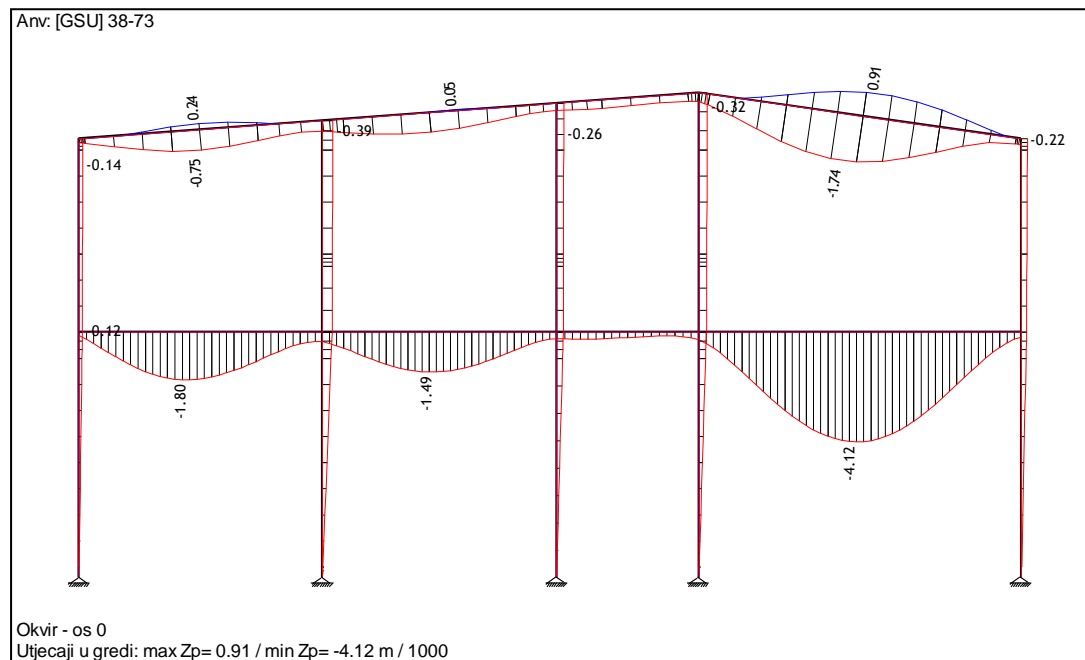
$\chi_z = 0.031$   
 $\chi_{yz} = 0.138$   
 $\chi_{zy} = 0.166$   
 $\chi_{zz} = 0.094$

**Uvjet 6.62: (0.40 <= 1)**



Slika 49: Iskorištenost elemenata sekundarnog okvira

## GRANIČNO STANJE UPORABIVOSTI



Slika 50: Dijagram progiba sekundarnog okvira - z smjer

## PROGIB MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE – GREDA HEA 260

Granična dopuštena vrijednost progiba međukatne konstrukcije (ukupno opterećenje):

$$\delta_{max,dop} = \frac{L}{250} = \frac{596,00}{250} = 2,38 \text{ cm}$$

Maksimalni progib međukatne konstrukcije:

$$\delta_{max} = 4,12 \text{ mm} = 0,41 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_{max} \leq \delta_{max,dop}$$

$$0,41 \text{ cm} < 2,38 \text{ cm} \quad - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$

## PROGIB KROVNE KONSTRUKCIJE – GREDA IPE 240

Granična dopuštena vrijednost progiba krovne grede (ukupno opterećenje):

$$\delta_{max,dop} = \frac{L}{200} = \frac{596,00}{200} = 2,98 \text{ cm}$$

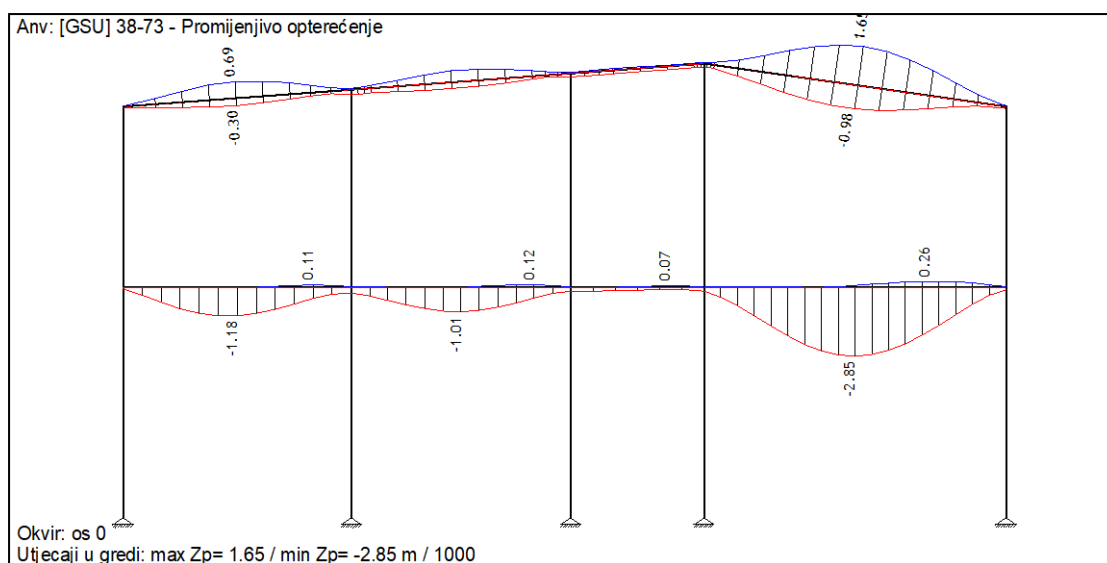
Maksimalni progib krovne grede:

$$\delta_{max} = 1,74 \text{ mm} = 0,17 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_{max} \leq \delta_{max,dop}$$

$$0,17 \text{ cm} < 2,98 \text{ cm} \quad - \text{Uvjet je zadovoljen!}$$



Slika 51: Dijagram progiba sekundarnog okvira (promjenjivo opterećenje)

### PROGIB MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE – GREDA HEA 260

Granična dopuštena vrijednost progiba međukatne konstrukcije (promjenjivo opterećenje):

$$\delta_{2,dop} = \frac{L}{300} = \frac{596,00}{300} = 1,99 \text{ cm}$$

Maksimalni progib međukatne konstrukcije:

$$\delta_2 = 2,85 \text{ mm} = 0,29 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$\delta_2 \leq \delta_{2,dop}$$

0,29 cm < 1,99 cm - Uvjet je zadovoljen!

### PROGIB KROVNE KONSTRUKCIJE – GREDA IPE 240

Granična dopuštena vrijednost progiba krovne grede (promjenjivo opterećenje):

$$\delta_{2,dop} = \frac{L}{250} = \frac{596,00}{250} = 2,38 \text{ cm}$$

Maksimalni progib krovne grede:

$$\delta_2 = 1,65 \text{ mm} = 0,17 \text{ cm}$$

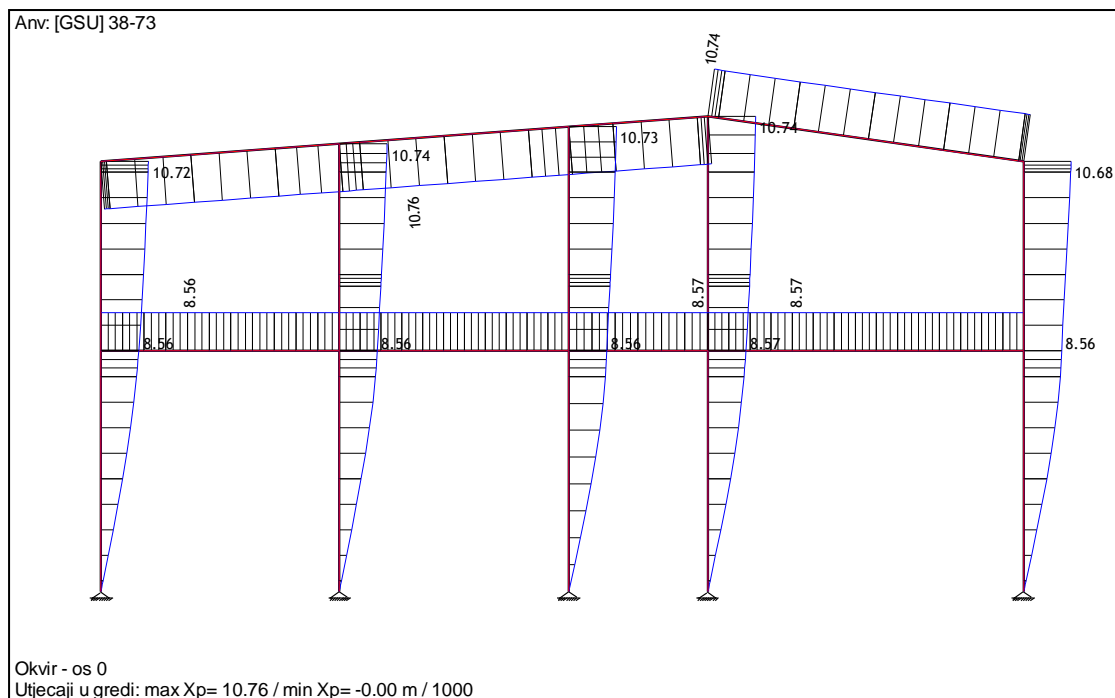
Uvjet:

$$\delta_2 \leq \delta_{2,dop}$$

0,17 cm < 2,38 cm - Uvjet je zadovoljen!

### PROGIB USLIJED HORIZONTALNOG OPTEREĆENJA

Mjerodavne su kombinacije u kojima je vjetar dominantno opterećenje. Provedena je kontrola relativnog i ukupnog pomaka stupova S6 i S8.



Slika 52: Dijagram progiba sekundarnog okvira - x smjer

Stup S6:

$$\delta_{h1,dop} = \frac{H_1}{300} = \frac{448,00}{300} = 1,49 \text{ cm} \text{ – relativni dopušteni pomak 1. kata}$$

$$\delta_{h2,dop} = \frac{H_2}{300} = \frac{358,00}{300} = 1,19 \text{ cm} \text{ – relativni dopušteni pomak 2. kata}$$

$$\delta_{h0,dop} = \frac{H}{300} = \frac{800,00}{500} = 1,60 \text{ cm} \text{ – ukupni dopušteni pomak konstrukcije}$$

$$\delta_{h1} = 8,56 \text{ mm} = 0,86 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,49 \text{ cm}$$

$$\delta_{h2} = 2,16 \text{ mm} = 0,22 \text{ cm} < \delta_{h2,dop} = 1,19 \text{ cm}$$

$$\delta_{h0} = 10,72 \text{ mm} = 1,07 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,60 \text{ cm}$$

Uvjeti su zadovoljeni!

Stup S8:

$$\delta_{h1,dop} = \frac{H_1}{300} = \frac{448,00}{300} = 1,49 \text{ cm} \text{ – relativni dopušteni pomak 1. kata}$$

$$\delta_{h2,dop} = \frac{H_2}{300} = \frac{358,00}{300} = 1,19 \text{ cm} \text{ – relativni dopušteni pomak 2. kata}$$

$$\delta_{h0,dop} = \frac{H}{300} = \frac{800,00}{500} = 1,60 \text{ cm} \text{ – ukupni dopušteni pomak konstrukcije}$$



$$\delta_{h1} = 8,56 \text{ mm} = 0,86 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,49 \text{ cm}$$

$$\delta_{h2} = 2,12 \text{ mm} = 0,21 \text{ cm} < \delta_{h2,dop} = 1,19 \text{ cm}$$

$$\delta_{h0} = 10,68 \text{ mm} = 1,07 \text{ cm} < \delta_{h1,dop} = 1,60 \text{ cm}$$

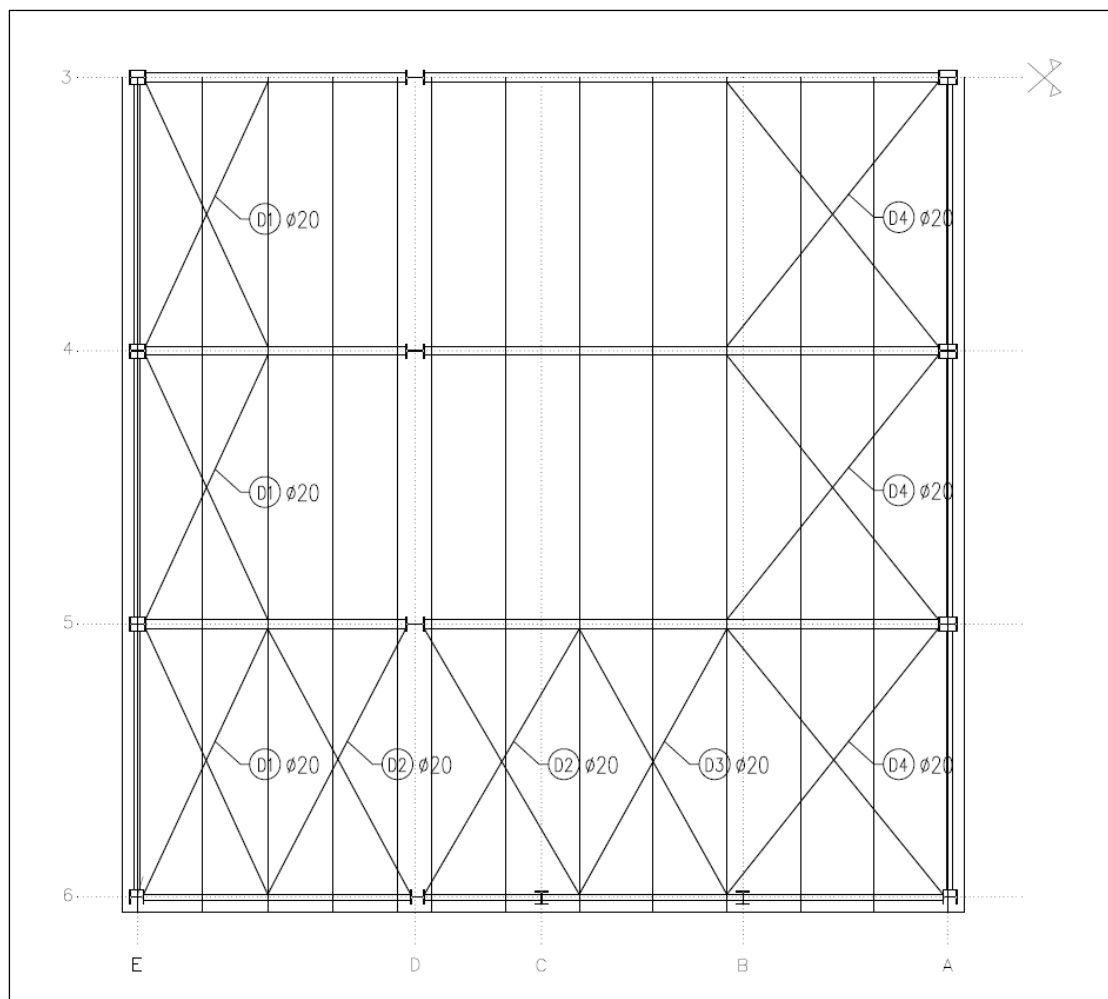
Uvjeti su zadovoljeni!

#### 5.4.5 Vertikalna i horizontalna stabilizacija

##### HORIZONTALNA STABILIZACIJA

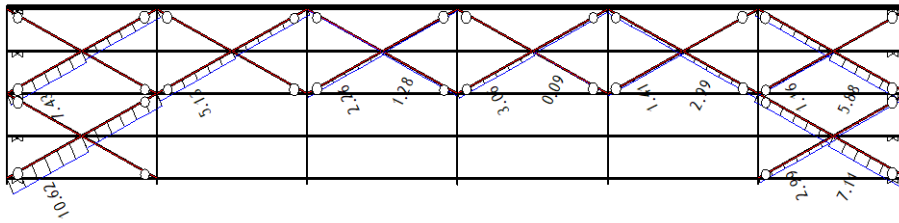
Horizontalna stabilizacija izvedena je od punih čeličnih profila  $\Phi 20$ , postavlja se u uzdužnom i poprečnom smjeru na obodna polja kako je prikazano na slici 53.

Dimenzionirana je je na maksimalnu vlačnu silu od 12,78 kN.



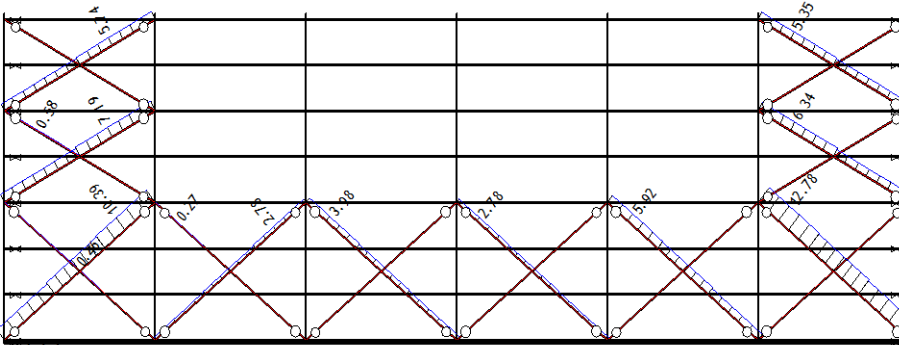
Slika 53: Pozicije horizontalne stabilizacije

[Anv] 1-36



Horizontalna stabilizacija  
Utjecaji u gredi: max N1= 10.62 kN

[Anv] 1-36



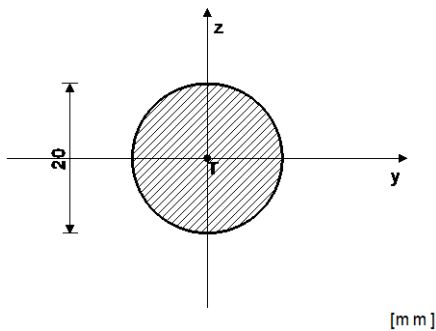
Horizontalna stabilizacija  
Utjecaji u gredi: max N1= 12.78 kN

Slika 54: Dijagram uzdužnih sila

## Horizontalna stabilizacija – D4 Φ20

POPREČNI PRESJEK: Kružni [S 355] [Set: 13]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	3.142 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	2.827 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	2.827 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	1.571 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	0.785 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	0.785 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	0.785 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	0.785 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	1.333 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	1.333 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN CENTRIČNOM VLAKU  
(slučaj opterećenja 24, početak štapa)

Računska uzdužna sila  
Sistemska dužina štapa

$N_{Ed} =$	12.775 kN
$L =$	748.10 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka

Granicna rač.otpornost neto pres.

Računska otp. na vlak

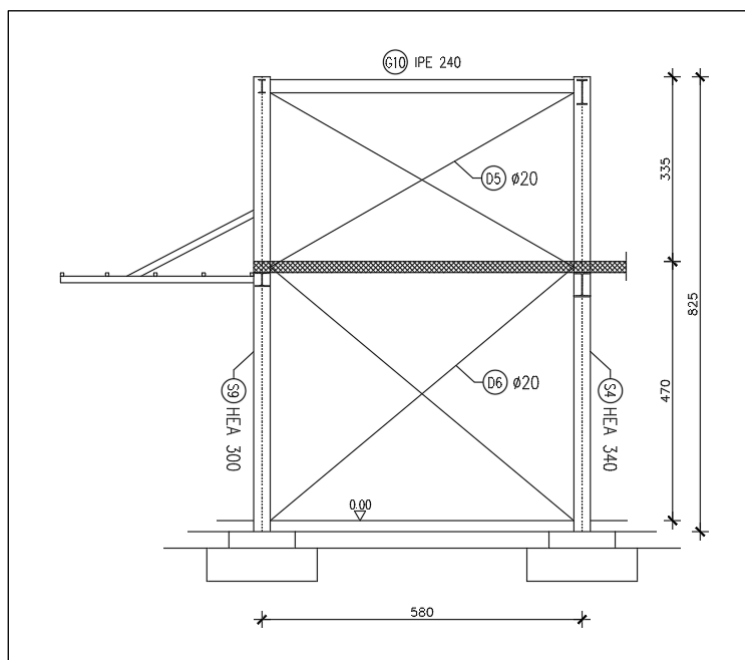
Uvjet 6.5:  $N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$  (12.78  $\leq$  103.82)

$N_{pl,Rd} =$	111.53 kN
$N_{u,Rd} =$	103.82 kN
$N_{t,Rd} =$	103.82 kN

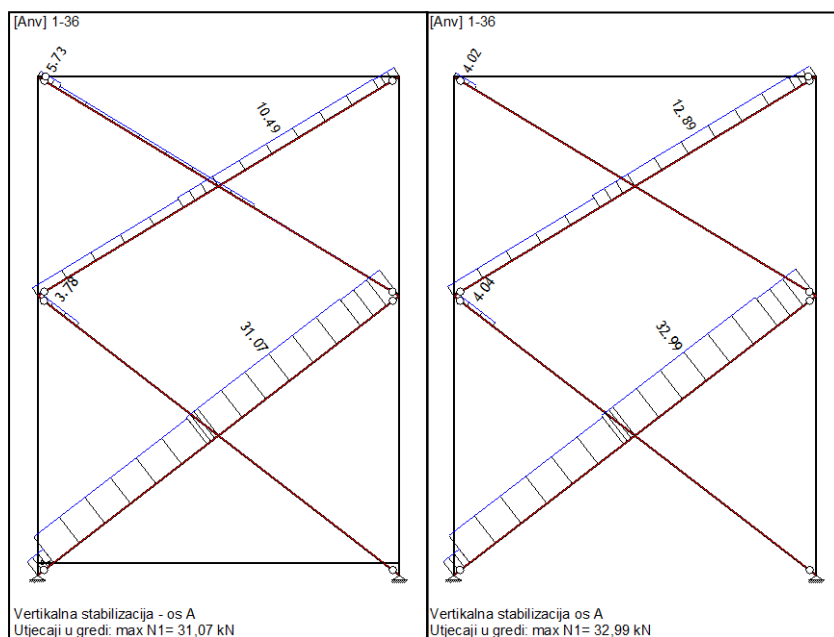
## VERTIKALNA STABILIZACIJA

Vertikalna stabilizacija postavlja se simetrično u prvo i zadnje polje na osima A i E.

Izvedena je od punih čeličnih profila  $\Phi 20$ , a dimenzionirana je na maksimalnu vlačnu silu od 32,99 kN.



Slika 55: Pozicije vertikalne stabilizacije

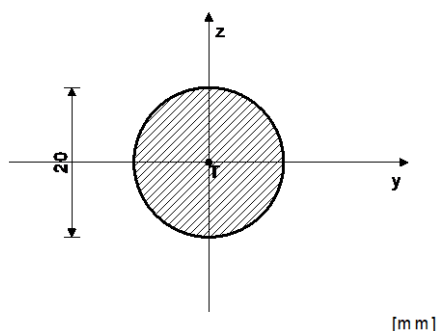


Slika 56: Dijagram uzdužnih sila

## Vertikalna stabilizacija - D6 Φ20

POPREČNI PRESJEK: Kružni [S 355] [Set: 13]  
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



Ax =	3.142 cm <sup>2</sup>
Ay =	2.827 cm <sup>2</sup>
Az =	2.827 cm <sup>2</sup>
Ix =	1.571 cm <sup>4</sup>
Iy =	0.785 cm <sup>4</sup>
Iz =	0.785 cm <sup>4</sup>
Wy =	0.785 cm <sup>3</sup>
Wz =	0.785 cm <sup>3</sup>
Wy,pl =	1.333 cm <sup>3</sup>
Wz,pl =	1.333 cm <sup>3</sup>
γM0 =	1.000
γM1 =	1.100
γM2 =	1.250
Anet/A =	0.900

(fy = 35.5 kN/cm<sup>2</sup>, fu = 51.0 kN/cm<sup>2</sup>)

ŠTAP IZLOŽEN CENTRIČNOM VLAKU  
(slučaj opterećenja 15, na 78.5 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila  
Sistemska dužina štapa

NEd =	32.993 kN
L =	732.87 cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka

Granicna rač.otpornost neto pres.

Računska otp. na vlak

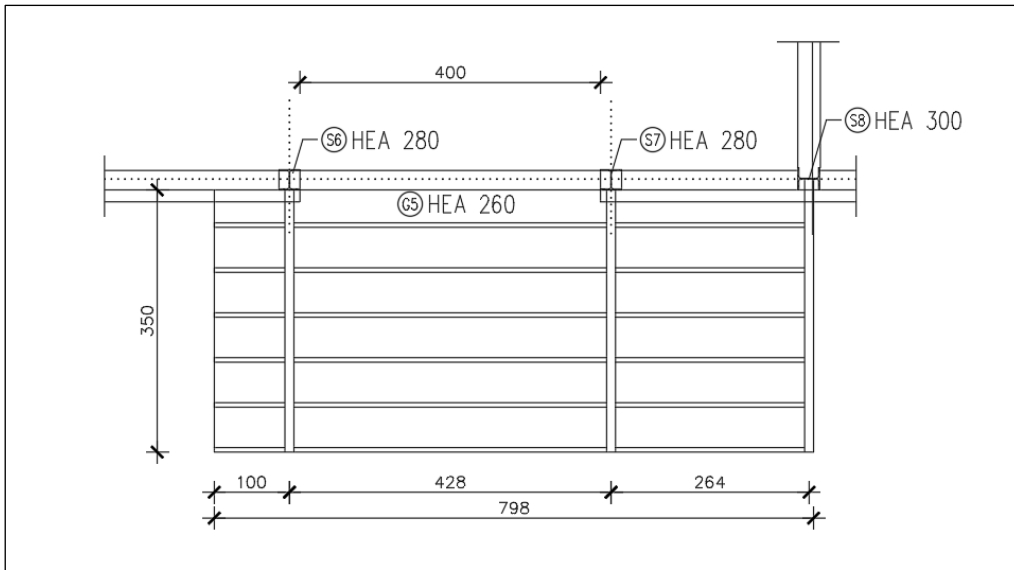
Uvjet 6.5: NEd ≤ Nt,Rd (32.99 ≤ 103.82)

Npl,Rd =	111.53 kN
Nu,Rd =	103.82 kN
Nt,Rd =	103.82 kN

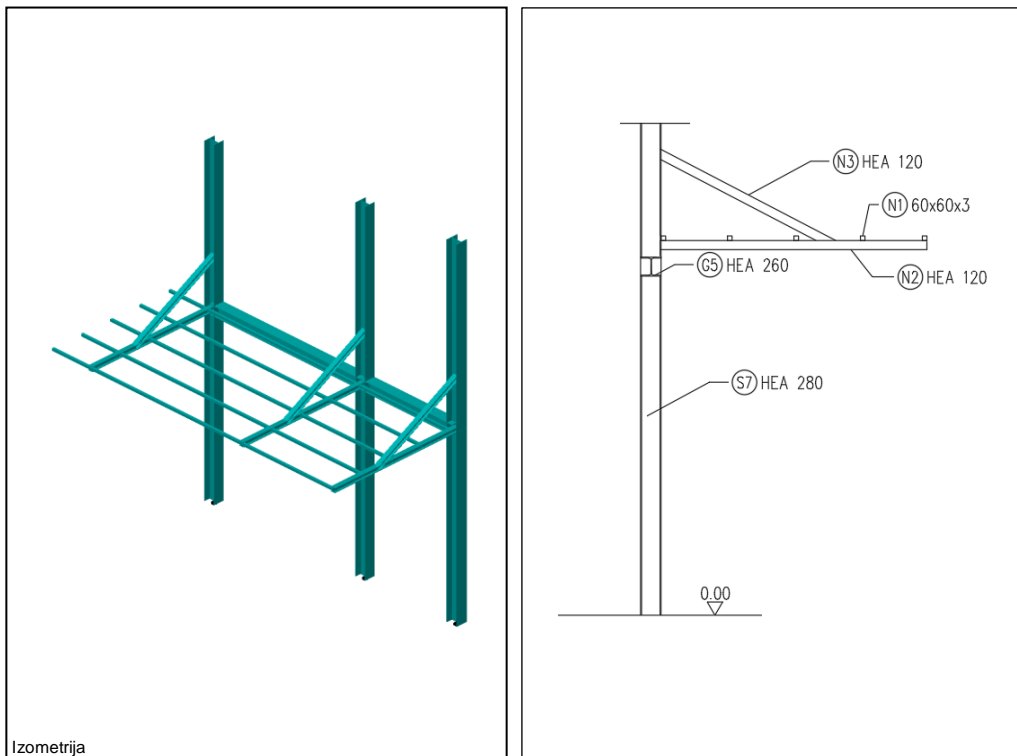
### 5.4.6 Nadstrešnica

Tablica 26: Kombinacije opterećenja za nadstrešnicu - GSN

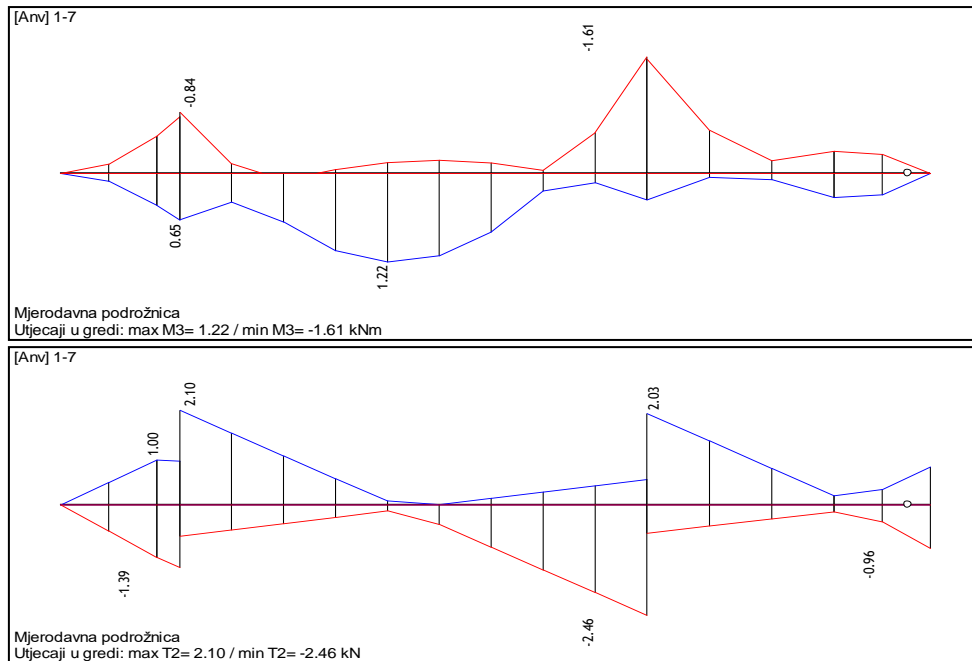
KOMBINACIJE OPTEREĆENJA ZA GSN	
1	'(v+g)
2	v+g) + 1,5*(w <sub>1</sub> )
3	'(v+g) + 1,5*(w <sub>2</sub> )
4	'(v+g) + 1,5*(s)
5	'(v+g) + 1,5*(s) + 0,9*(w <sub>1</sub> )
6	'(v+g) + 1,5*(s) + 0,9*(w <sub>2</sub> )
7	'(v+g) + 0,75*(s) + 1,5*(w <sub>1</sub> )
8	'(v+g) + 0,75*(s) + 1,5*(w <sub>2</sub> )



Slika 57: Tlocrtne dimenzije nadstrešnice



Slika 58: Plan pozicija i 3D prikaz nadstrešnice

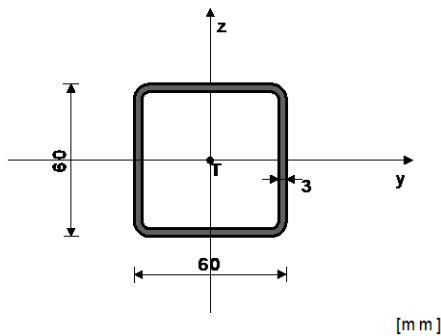


Slika 59: Rezne sile u podrožnici

## Nosač N1 - TOP 60x60x3

EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	6.610 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	3.305 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	3.305 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	56.893 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	33.920 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	33.920 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	11.307 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	11.307 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	14.634 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	14.634 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN VLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 5, početak štapa)

Računska uzdužna sila  
Poprečna sila u z pravcu  
Momenat savijanja oko y osi  
Sistemska dužina štapa

$N_{Ed} =$	0.618 kN
$V_{Ed,z} =$	-2.441 kN
$M_{Ed,y} =$	-1.596 kNm
$L =$	427.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA  
Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA  
6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka  
Granicna rač.otpornost neto pres.  
Računska otp. na vlak  
**Uvjet 6.5:  $N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$  (0.62 ≤ 218.45)**

$N_{pl,Rd} =$	234.66 kN
$N_{u,Rd} =$	218.45 kN
$N_{t,Rd} =$	218.45 kN

6.2.5 Savijanje y-y  
Plastični moment otpora  
Računska otpornost na savijanje

$W_{y,pl} =$	14.634 cm <sup>3</sup>
$M_{c,Rd} =$	5.195 kNm

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (1.60  $\leq$  5.20)**

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$V_{pl,Rd,z} = 67.739$  kN

Računska nosivost na posmik

$V_{c,Rd,z} = 67.739$  kN

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (2.44  $\leq$  67.74)**

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

0.003

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$M_{N,y,Rd} = 5.195$  kNm

Koeficijent

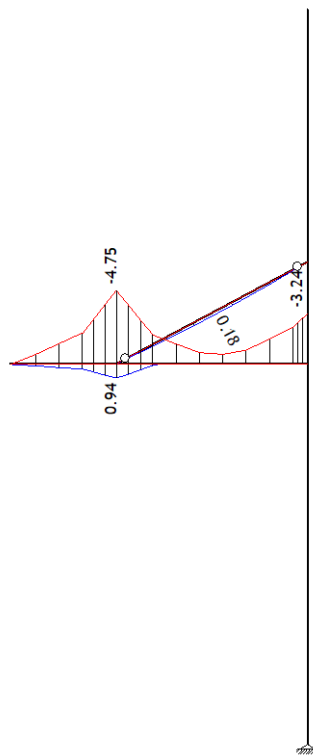
$\alpha = 1.000$

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

0.307

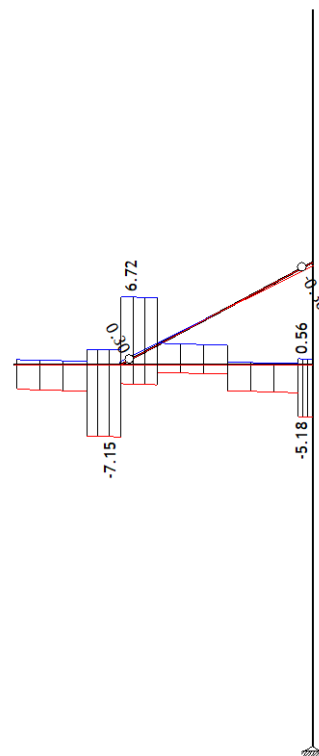
**Uvjet 6.41: (0.31  $\leq$  1)**

[Anv] 1-7

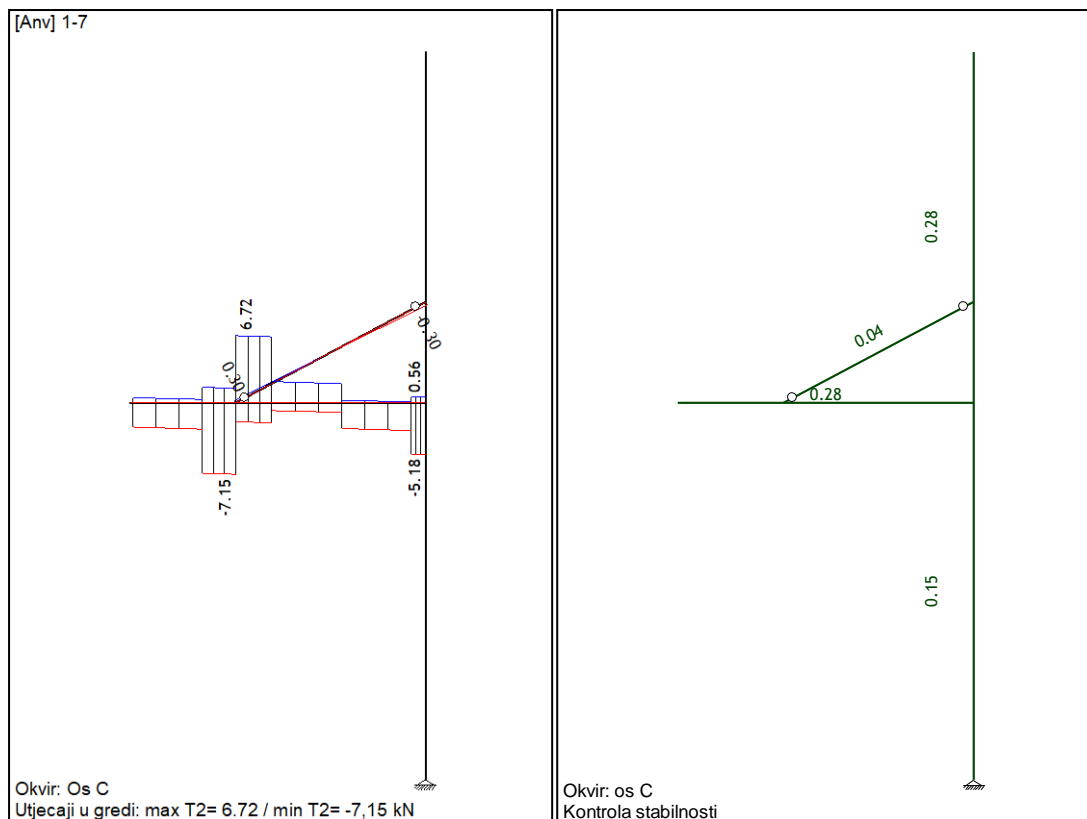


Okvir: os C  
Utjecaji u gredi: max M3= 0,94 / min M3= -4,75 kNm

[Anv] 1-7



Okvir: Os C  
Utjecaji u gredi: max T2= 6,72 / min T2= -7,15 kN

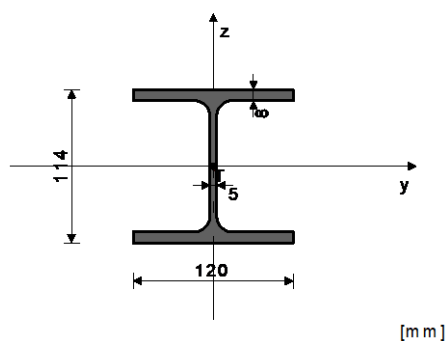


Slika 60: Rezne sile u nadstrešnici i iskorištenost elemenata

## Nosač N2 – TOP 60x60x3

EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

$A_x =$	25.300 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	16.880 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	8.420 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	6.020 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	606.00 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	231.00 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	106.32 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	38.500 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	116.40 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	57.600 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU

(slučaj opterećenja 5, na 225.0 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila

Poprečna sila u y pravcu

Poprečna sila u z pravcu

Momenat savijanja oko y osi

Momenat savijanja oko z osi

Moment torzije

Sistemska dužina štapa

$N_{Ed} =$	-26.637 kN
$V_{Ed,y} =$	-0.508 kN
$V_{Ed,z} =$	6.722 kN
$M_{Ed,y} =$	-4.754 kNm
$M_{Ed,z} =$	0.151 kNm
$M_t =$	-0.073 kNm
$L =$	350.00 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1



## 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

### 6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

$$N_{c,Rd} = 898.15 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.9:  $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$  (26.64  $\leq$  898.15)**

### 6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{y,eff} = 91.450 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 32.465 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$  (4.75  $\leq$  32.46)**

### 6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

$$W_{z,eff} = 31.236 \text{ cm}^3$$

Računska otpornost na savijanje

$$M_{c,Rd} = 11.089 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.12:  $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$  (0.15  $\leq$  11.09)**

### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,z} = 100.43 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,z} = 100.43 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$  (6.72  $\leq$  100.43)**

Računska nosivost na posmik

$$V_{pl,Rd,y} = 379.93 \text{ kN}$$

Računska nosivost na posmik

$$V_{c,Rd,y} = 379.93 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.17:  $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$  (0.51  $\leq$  379.93)**

### 6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet:  $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ;  $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$

### 6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer  $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

$$0.030$$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

$$M_{N,y,Rd} = 41.323 \text{ kNm}$$

Koeficijent

$$\alpha = 2.000$$

Omjer  $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

$$0.013$$

**Uvjet 6.41: (0.02  $\leq$  1)**

## 6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

### 6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$$l_y = 350.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost y-y

$$\lambda_y = 0.936$$

Krivulja izvijanja za os y-y: B

$$\alpha = 0.340$$

Elastična kritična sila

$$N_{cr,y} = 1025.3 \text{ kN}$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_y = 0.638$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,y} = 520.97 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  (26.64  $\leq$  520.97)**

Dužina izvijanja z-z

$$l_z = 350.00 \text{ cm}$$

Relativna vitkost z-z

$$\lambda_z = 1.516$$

Krivulja izvijanja za os z-z: C

$$\alpha = 0.490$$

Redukcijski koeficijent

$$\chi_z = 0.309$$

Računska otpornost na izvijanje

$$N_{b,Rd,z} = 252.65 \text{ kN}$$

**Uvjet 6.46:  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$  (26.64  $\leq$  252.65)**

### 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$$C1 = 1.132$$

Koeficijent

$$C2 = 0.459$$

Koeficijent

$$C3 = 0.525$$

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$$k = 1.000$$

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$$k_w = 1.000$$

Koordinata

$$z_g = 0.000 \text{ cm}$$

Koordinata

$$z_j = 0.000 \text{ cm}$$

Razmak bočno pridrżanih točaka

$$L = 350.00 \text{ cm}$$

Sektorski moment inercije

$$I_w = 6471.9 \text{ cm}^6$$

Krit.mom.za bočno tor.izvijanje

$$M_{cr} = 54.622 \text{ kNm}$$

Odgovarajućí moment otpora

$$W_y = 116.40 \text{ cm}^3$$

Koeficijent imperf.

$$\alpha_{LT} = 0.210$$

Bezdimenzionalna vitkost

$$\lambda_{LT} = 0.870$$

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

$$\chi_{LT} = 0.754$$

Računska otpornost na izvijanje

$$M_{b,Rd} = 28.306 \text{ kNm}$$

**Uvjet 6.54:  $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$  (4.75  $\leq$  28.31)**

### 6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni

savijanjem i normalnim tlakom  
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom  
metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	$C_{my} =$	0.984
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mz} =$	0.949
Koeficijent uniformnog momenta	$C_{mLT} =$	0.984
Koeficijent interakcije	$k_{yy} =$	1.021
Koeficijent interakcije	$k_{yz} =$	0.653
Koeficijent interakcije	$k_{zy} =$	0.986
Koeficijent interakcije	$k_{zz} =$	1.089
Redukcijski koeficijent	$\chi_y =$	0.638
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.051
$k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.171
$k_{yz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.005
<b>Uvjet 6.61: <math>(0.23 \leq 1)</math></b>		

Redukcijski koeficijent	$\chi_z =$	0.309
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$		0.105
$k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$		0.166
$k_{zz} * (M_{zEd} + \Delta M_{zEd}) / \dots$		0.009
<b>Uvjet 6.62: <math>(0.28 \leq 1)</math></b>		

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK  
(slučaj opterećenja 5, na 225.0 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	0.015 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	-0.361 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-7.151 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	-4.754 kNm
Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	-0.130 kNm
Moment torzije	$M_t =$	0.079 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	350.00 cm

#### 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

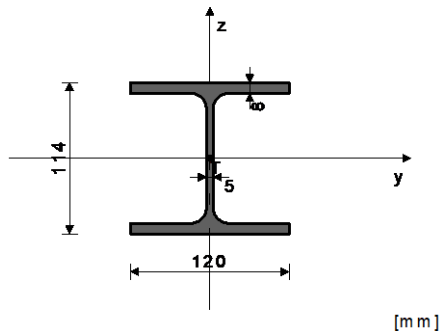
##### 6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,z} =$	100.43 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,z} =$	100.43 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}</math> <math>(7.15 \leq 100.43)</math></b>		

Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,y} =$	379.93 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,y} =$	379.93 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}</math> <math>(0.36 \leq 379.93)</math></b>		

## Nosač N3 – TOP 60x60x3

### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



( $f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$ ,  $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$ )

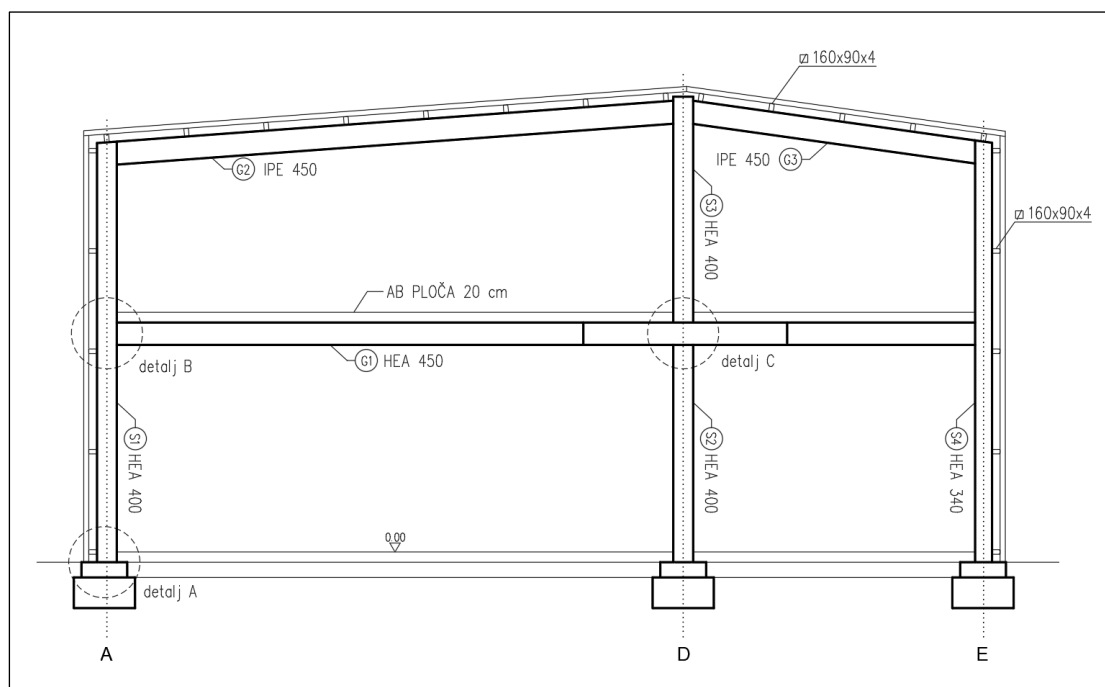
$A_x =$	25.300 cm <sup>2</sup>
$A_y =$	16.880 cm <sup>2</sup>
$A_z =$	8.420 cm <sup>2</sup>
$I_x =$	6.020 cm <sup>4</sup>
$I_y =$	606.00 cm <sup>4</sup>
$I_z =$	231.00 cm <sup>4</sup>
$W_y =$	106.32 cm <sup>3</sup>
$W_z =$	38.500 cm <sup>3</sup>
$W_{y,pl} =$	116.40 cm <sup>3</sup>
$W_{z,pl} =$	57.600 cm <sup>3</sup>
$\gamma_{M0} =$	1.000
$\gamma_{M1} =$	1.100
$\gamma_{M2} =$	1.250
$A_{net}/A =$	0.900

ŠTAP IZLOŽEN VLAKU I SAVIJANJU  
(slučaj opterećenja 5, na 19.6 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila	$N_{Ed} =$	30.341 kN
Poprečna sila u y pravcu	$V_{Ed,y} =$	0.147 kN
Poprečna sila u z pravcu	$V_{Ed,z} =$	-0.255 kN
Momenat savijanja oko y osi	$M_{Ed,y} =$	0.047 kNm

Momenat savijanja oko z osi	$M_{Ed,z} =$	0.027 kNm
Sistemska dužina štapa	$L =$	255.00 cm
<hr/>		
5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA		
Klasa presjeka 1		
6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA		
6.2.3 Vlák		
Plast.rač.otpornost bruto presjeka	$N_{pl,Rd} =$	898.15 kN
Granicna rač.otpornost neto pres.	$N_{u,Rd} =$	836.11 kN
Računska otp. na vlak	$N_{t,Rd} =$	836.11 kN
<b>Uvjet 6.5: <math>N_{Ed} \leq N_{t,Rd}</math> (30.34 <math>\leq</math> 836.11)</b>		
6.2.5 Savijanje y-y		
U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.		
Efektivni moment otpora	$W_{y,eff} =$	91.450 cm <sup>3</sup>
Računska otpornost na savijanje	$M_{c,Rd} =$	32.465 kNm
<b>Uvjet 6.12: <math>M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}</math> (0.05 <math>\leq</math> 32.46)</b>		
6.2.5 Savijanje z-z		
U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.		
Efektivni moment otpora	$W_{z,eff} =$	31.236 cm <sup>3</sup>
Računska otpornost na savijanje	$M_{c,Rd} =$	11.089 kNm
<b>Uvjet 6.12: <math>M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}</math> (0.03 <math>\leq</math> 11.09)</b>		
6.2.6 Posmik		
Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,z} =$	100.43 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,z} =$	100.43 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}</math> (0.26 <math>\leq</math> 100.43)</b>		
Računska nosivost na posmik	$V_{pl,Rd,y} =$	379.93 kN
Računska nosivost na posmik	$V_{c,Rd,y} =$	379.93 kN
<b>Uvjet 6.17: <math>V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}</math> (0.15 <math>\leq</math> 379.93)</b>		
6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila		
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti		
Uvjet: $V_{Ed,z} \leq 50\%V_{pl,Rd,z}$ ; $V_{Ed,y} \leq 50\%V_{pl,Rd,y}$		
6.2.9 Savijanje i centrična sila		
Omjer $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$		0.034
<b>Uvjet 6.41: (0.00 <math>\leq</math> 1)</b>		
6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE		
6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje		
Koeficijent	$C1 =$	1.132
Koeficijent	$C2 =$	0.459
Koeficijent	$C3 =$	0.525
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	$k =$	1.000
Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja	$k_w =$	1.000
Koordinata	$z_g =$	0.000 cm
Koordinata	$z_j =$	0.000 cm
Razmak bočno pridržanih točaka	$L =$	255.00 cm
Sektorski moment inercije	$I_w =$	6471.9 cm <sup>6</sup>
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	$M_{cr} =$	80.833 kNm
Odgovarajući moment otpora	$W_y =$	116.40 cm <sup>3</sup>
Koeficijent imperf.	$\alpha_{LT} =$	0.210
Bezdimenzionalna vitkost	$\lambda_{LT} =$	0.715
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	$\chi_{LT} =$	0.841
Računska otpornost na izvijanje	$M_{b,Rd} =$	31.578 kNm
<b>Uvjet 6.54: <math>M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}</math> (0.05 <math>\leq</math> 31.58)</b>		

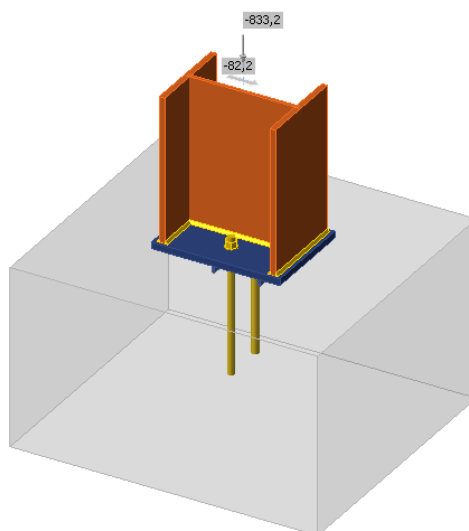
## 6 DIMENZIONIRANJE SPOJEVA



Slika 61: Glavni okvir u osima 1, 2, 3, 4, 5

1. Detalj A – priključak stupa S1 na betonski temelj
2. Detalj B – priključak stupa S1 i međukatne grede G1
3. Detalj C – priključak stupa S2/S3 i međukatne grede G1

### 6.1 Detalj A – priključak stupa S1 na betonski temelj



Slika 62: Model spoja stupa na temelj

## Beams and columns

Name	Cross-section	$\beta$ - Direction [°]	$\gamma$ - Pitch [°]	$\alpha$ - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
COL	2 - Stup (HEA400)	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Node

## Cross-sections

Name	Material
2 - Stup (HEA400)	S 355
7 - Klin(IPE160)	S 355

## Anchors

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	$f_u$ [MPa]	Gross area [mm <sup>2</sup> ]
M24 10.9	M24 10.9	24	1000,0	452

## Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	COL	-833,2	0,0	-82,2	0,0	0,0	0,0

## Foundation block

Item	Value	Unit
<b>CB 1</b>		
Dimensions	920 x 1030	mm
Depth	600	mm
Anchor	M24 10.9	
Anchoring length	400	mm
Shear force transfer	Shear lug	
Cross-section of shear lug	Klin(IPE160)	
Length of shear lug	100	mm

## Summary

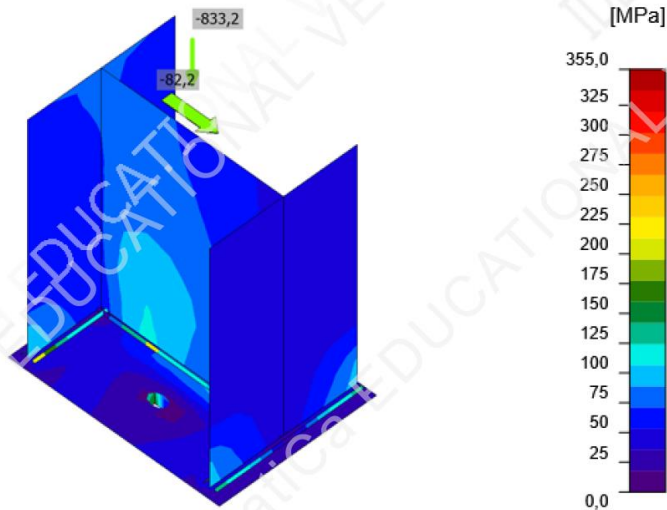
Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5,0%	OK
Anchors	0,0 < 100%	OK
Welds	47,0 < 100%	OK
Concrete block	28,2 < 100%	OK
Shear	56,9 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

## Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{cEd}$ [MPa]	Status
COL-bfl 1	19,0	LE2	87,9	0,0	0,0	OK
COL-tfl 1	19,0	LE2	98,0	0,0	0,0	OK
COL-w 1	11,0	LE2	107,3	0,0	0,0	OK
Member 2-bfl 1	7,4	LE2	204,5	0,0	0,0	OK
Member 2-tfl 1	7,4	LE2	205,8	0,0	0,0	OK
Member 2-w 1	5,0	LE2	159,7	0,0	0,0	OK
BP1	20,0	LE2	103,8	0,0	0,0	OK


## Design data

Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
S 355	355,0	5,0



Slika 63: Naprezanja u spoju - Detalj A

#### Anchors

Shape	Item	Loads	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$U_t$ [%]	$U_{ts}$ [%]	$U_{ts}$ [%]	Status
	A5	LE2	0,0	295,7	0,0	0,0	0,0	OK
	A6	LE2	0,0	295,7	0,0	0,0	0,0	OK

#### Design data

Grade	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M24 10.9 - 1	214,3	117,7

#### Detailed result for A5

Anchor tensile resistance (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 214,3 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 300,1 \text{ kN}$$

Where:

$c = 0,85$  – reduction factor for cut thread

$A_s = 353 \text{ mm}^2$  – tensile stress area

$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa}$  – minimum tensile strength of the bolt

$\gamma_{Ms} = 1,40$  – safety factor for steel

- $\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{uk}}{f_{yk}} \geq 1,4$ , where:
  - $f_{yk} = 900,0 \text{ MPa}$  – minimum yield strength of the bolt

**Shear resistance (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)**

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 117,7 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 176,5 \text{ kN}$$

Where:

$k_7 = 1,00$  – coefficient for anchor steel ductility

$$\bullet k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}, \text{ where:}$$

◦  $A = 0,09$  – bolt grade elongation at rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 176,5 \text{ kN} \text{ – the characteristic shear strength}$$

$$\bullet V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}, \text{ where:}$$

◦  $k_6 = 0,50$  – coefficient for anchor resistance in shear

◦  $A_s = 353 \text{ mm}^2$  – tensile stress area

◦  $f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa}$  – specified ultimate strength of anchor steel

$\gamma_{Ms} = 1,50$  – safety factor for steel

**Concrete pryout resistance (EN1992-4 - Cl. 7.2.2.4)**

The check is performed for group of anchors on common base plate

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} = 295,7 \text{ kN} \geq V_{Ed,g} = 0,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 443,5 \text{ kN}$$

Where:

$k_8 = 2,00$  – factor taking into account fastener embedment depth

$N_{Rk,c} = 221,7 \text{ kN}$  – characteristic concrete cone failure of a fastener or a group of fasteners; all anchors are assumed to be in tension

$\gamma_{Mc} = 1,50$  – safety factor for concrete

**Interaction of tensile and shear forces in steel (EN 1992-4 - Table 7.3)**

$$\left( \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left( \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 = 0,00 \leq 1,0$$

Where:

$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$  – design tension force

$N_{Rd,s} = 214,3 \text{ kN}$  – fastener tensile strength

$V_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$  – design shear force

$V_{Rd,s} = 117,7 \text{ kN}$  – fastener shear strength

**Interaction of tensile and shear forces in concrete (EN 1992-4 - Table 7.3)**

$$\left( \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \left( \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \right)^{1,5} = 0,00 \leq 1,0$$

Where:

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}$  – the largest utilization value for tension failure modes

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}}$  – the largest utilization value for shear failure modes

$\frac{N_{Ed,g}}{N_{Rd,c}} = 0\%$  – concrete breakout failure of anchor in tension

$\frac{N_{Ed,p}}{N_{Rd,p}} = 0\%$  – concrete pullout failure

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\%$  – concrete blowout failure

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\%$  – concrete edge failure

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\%$  – concrete pryout failure

### Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{PI}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut <sub>c</sub> [%]	Status
BP1	COL-bfl 1	▲6,0▲	300	LE2	204,7	0,0	-90,7	75,2	-74,6	47,0	30,8	OK
		▲6,0▲	300	LE2	132,3	0,0	-44,2	-39,4	60,3	30,4	20,4	OK
BP1	COL-tfl 1	▲6,0▲	300	LE2	117,9	0,0	-39,1	-35,5	-53,5	27,1	19,1	OK
		▲6,0▲	300	LE2	204,4	0,0	-91,4	-72,4	76,8	46,9	32,8	OK
BP1	COL-w 1	▲6,0▲	371	LE2	182,1	0,0	-91,1	-4,7	-90,9	41,8	25,3	OK
		▲6,0▲	371	LE2	182,2	0,0	-90,8	4,9	91,0	41,8	25,3	OK
BP1	Member 2-bfl 1	▲6,0▲	82	LE2	97,9	0,0	42,8	44,5	24,6	22,5	19,3	OK
		▲6,0▲	82	LE2	95,1	0,0	-60,8	2,7	42,1	21,8	19,0	OK
BP1	Member 2-tfl 1	▲6,0▲	82	LE2	147,9	0,0	59,9	61,6	48,0	33,9	19,3	OK
		▲6,0▲	82	LE2	116,6	0,0	6,6	-64,6	-18,6	26,8	17,0	OK
BP1	Member 2-w 1	▲6,0▲	153	LE2	69,9	0,0	1,3	40,4	1,4	16,1	13,9	OK
		▲6,0▲	153	LE2	70,1	0,0	17,6	-35,0	-17,6	16,1	13,9	OK

### Design data

	$\beta_w$ [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 $\sigma$ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

### Detailed result for BP1 COL-bfl 1

#### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 204,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 90,7 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0$  MPa – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 47,0 \%$$

### Concrete block

Item	Loads	c [mm]	$A_{eff}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ [MPa]	$k_j$ [-]	$F_{jd}$ [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE2	38	73871	11,3	3,00	40,2	28,2	OK

### Detailed result for CB 1

#### Concrete block compressive resistance check (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} = 11,3 \text{ MPa}$$

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 40,2 \text{ MPa}$$

where:

$N = 836,0$  kN – Design normal force

$A_{eff} = 73871$  mm<sup>2</sup> – Effective area, on which the column force N is distributed

$\alpha_{cc} = 1,00$  – Long-term effects on Fcd

$\beta_j = 0,67$  – Joint coefficient  $\beta_j$

$k_j = 3,00$  – Concentration factor

$f_{ck} = 30,0$  MPa – Characteristic compressive concrete strength

$\gamma_c = 1,50$  – Safety factor



### Stress utilization

$$U_t = \frac{\sigma}{F_{yd}} = 28,2 \%$$

### Shear in contact plane

Name	Loads	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	V <sub>Rd,y</sub> [kN]	V <sub>Rd,z</sub> [kN]	V <sub>c,Rd</sub> [kN]	Ut [%]	Status
BP1	LE2	0,0	-82,1	248,7	198,0	144,3	56,9	OK

### Detailed result for BP1

#### Shear lug steel resistance (EN 1993-1-1 - 6.2.6)

$$V_{Rd,y} = A_{vy} \frac{f_y}{30,5 \gamma_{M0}} = 248,7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,z} = A_{vz} \frac{f_y}{30,5 \gamma_{M0}} = 198,0 \text{ kN}$$

where:

$$A_{vy} = 1214 \text{ mm}^2 \quad \text{– Shear area } A_y \text{ of shear lug cross-section}$$

$$A_{vz} = 966 \text{ mm}^2 \quad \text{– Shear area } A_z \text{ of shear lug cross-section}$$

$$f_y = 355,0 \text{ MPa} \quad \text{– Yield strength}$$

$$\gamma_{M0} = 1,00 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Concrete bearing resistance (EN 1992-1-1 - Cl. 6.5.4)

$$V_{c,Rd} = A \sigma_{Rd,max} = 144,3 \text{ kN}$$

Where:

$$A = lb = 8200 \text{ mm}^2 \quad \text{– Projected area of the shear lug excluding the portion above concrete}$$

$$l = 100 \text{ mm} \quad \text{– Length of the shear lug excluding the portion above concrete}$$

$$b = 82 \text{ mm} \quad \text{– Projected width of the shear lug in the direction of shear load}$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 v' f_{ck} / \gamma_c = 17,6 \text{ MPa} \quad \text{– Maximum stress which can be applied at the edges of the node}$$

$$k_1 = 1,00 \quad \text{– Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.60)}$$

$$v' = 1 - f_{ck} / 250 = 0,88 \quad \text{– Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.57N)}$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic resistance of concrete in compression}$$

$$\gamma_c = 1,50 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Utilization in shear

$$U_t = \max\left(\frac{V_y}{V_{Rd,y}}, \frac{V_z}{V_{Rd,z}}, \frac{V}{V_{c,Rd}}\right) = 56,9 \%$$

## **Provjera proračuna zavarenog spoja:**

### Stup HEA 400

#### Djelovanja na zavare

- Uzdužna sila:  $N_{Ed} = -833,20 \text{ kN}$

- Poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 82,20 \text{ kN}$

$$F_{w,Ed} = V_{z,Ed} = 82,20 \text{ kN}$$

### Otpornost kutnog zavarara

$$F_{w,Rk} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w} \cdot a \cdot \Sigma L = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9} \cdot 6 \cdot (1070 + 596) = 3270,34 \text{ kN}$$

$$L_1 = [300 + (300 - 11 - 2 \cdot 27)] \cdot 2 = 1070,0 \text{ mm}$$

$$L_2 = 2 \cdot (390 - 2 \cdot 19 - 2 \cdot 27) = 596 \text{ mm}$$

Uvjet nosivosti:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rk}$$

$$82,20 \text{ kN} < 3270,34 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

Klin IPE 160

### Djelovanja na zavare

- Uzdužna sila:  $N_{Ed} = -833,20 \text{ kN}$
- Poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 82,20 \text{ kN}$

$$F_{w,Ed} = V_{z,Ed} = 82,20 \text{ kN}$$

### Otpornost kutnog zavarara

$$F_{w,Rk} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w} \cdot a \cdot \Sigma L = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9} \cdot 6 \cdot (282 + 254,4) = 1052,95 \text{ kN}$$

$$L_1 = [82 + (82 - 5 - 2 \cdot 9)] \cdot 2 = 282,0 \text{ mm}$$

$$L_2 = 2 \cdot (160 - 2 \cdot 7,4 - 2 \cdot 9) = 254,4 \text{ mm}$$

Uvjet nosivosti:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rk}$$

$$82,20 \text{ kN} < 1052,95 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

### Otpornost poprečnog presjeka:

Izloženost poprečnoj sili

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

Posmična površina:

$$A_{vz} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + t_w \cdot t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$A_{vz} = 20,09 - 2 \cdot 8,2 \cdot 0,74 + 0,5 \cdot 0,74 = 9,13 \text{ cm}^2$$

$$A_{vz} = 9,13 \text{ cm}^2 < 1,2 \cdot (16,0 - 2 \cdot 0,74) \cdot 0,5 = 8,71 \text{ cm}^2$$

$$A_{vz} = 9,13 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 9,13 \cdot \frac{35,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 187,13 \text{ kN}$$

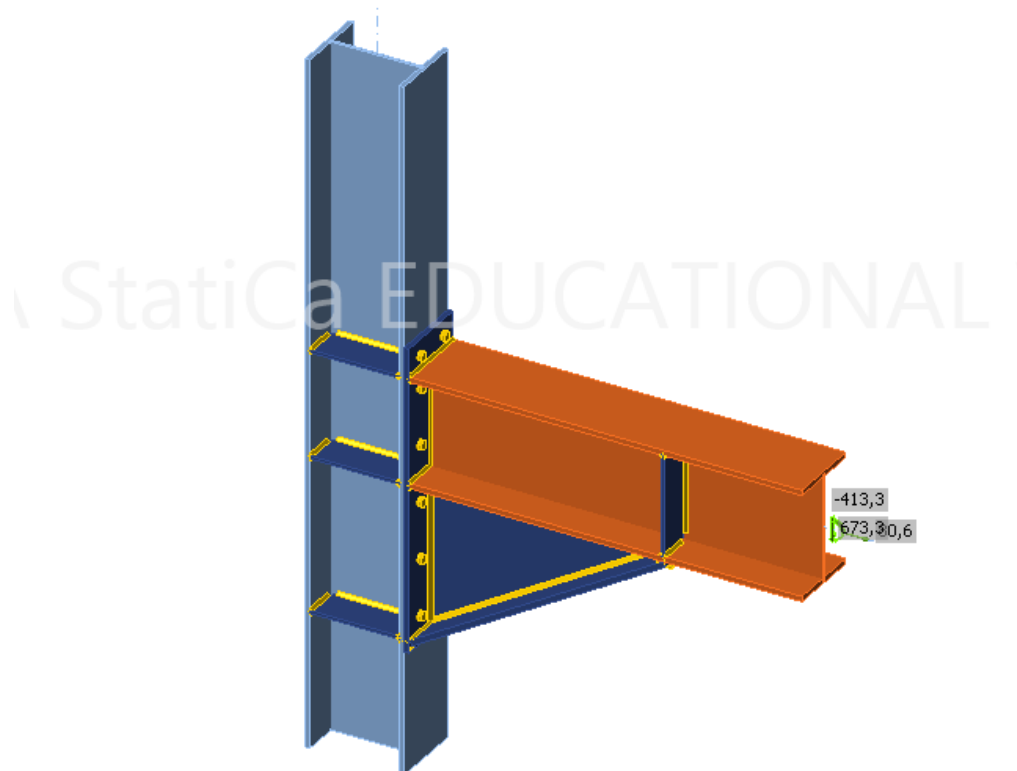
Uvjet nosivosti:

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

$$82,20 < 187,13$$

Uvjet je zadovoljen

## 6.2 Detalj B - priključak stupa S1 na međukatnu gredu G1



Slika 64: Model spoja vanjskog stupa i međukatne grede

### Beams and columns

Name	Cross-section	$\beta$ - Direction [°]	$\gamma$ - Pitch [°]	$\alpha$ - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
STUP HEA400	4 - Stup(HEA400)	0,0	90,0	0,0	0	0	0	Node
GREDA HEA450	3 - Greda(HEA450)	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Node

## Cross-sections

Name	Material
4 - Stup(HEA400)	S 355
3 - Greda(HEA450)	S 355

## Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm <sup>2</sup> ]
M24 10.9	M24 10.9	24	1000,0	452

## Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	GREDA HEA450	80,6	0,0	-413,3	0,0	673,3	0,0

## Summary

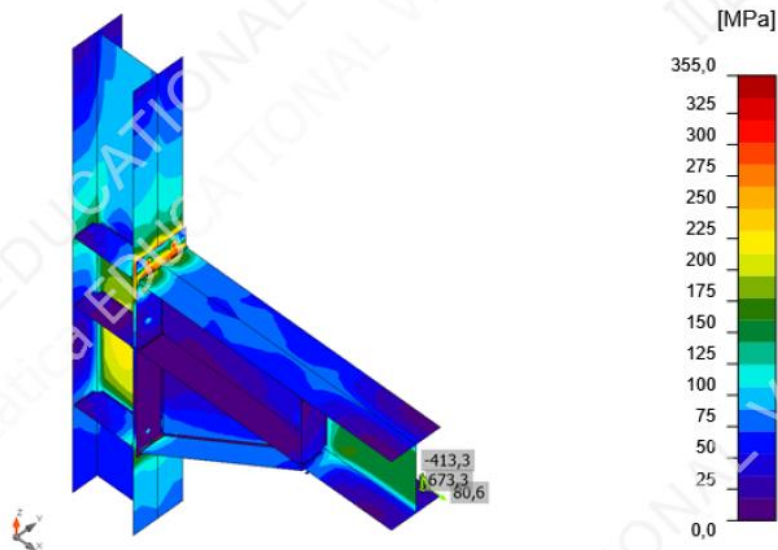
Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,2 < 5,0%	OK
Bolts	72,8 < 100%	OK
Welds	98,0 < 100%	OK
Buckling	19,58	

## Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pI}$ [%]	$\sigma_{cEd}$ [MPa]	Status
STUP HEA400-bfl 1	19,0	LE2	166,3	0,0	0,0	OK
STUP HEA400-tfl 1	19,0	LE2	355,3	0,2	13,1	OK
STUP HEA400-w 1	11,0	LE2	224,1	0,0	0,0	OK
GREDA HEA450-bfl 1	21,0	LE2	107,7	0,0	0,0	OK
GREDA HEA450-tfl 1	21,0	LE2	200,3	0,0	0,0	OK
GREDA HEA450-w 1	11,5	LE2	165,8	0,0	0,0	OK
STIFF1a	12,0	LE2	193,1	0,0	0,0	OK
STIFF1b	12,0	LE2	193,3	0,0	0,0	OK
EP1	20,0	LE2	341,2	0,0	11,9	OK
WID1a	14,0	LE2	95,6	0,0	0,0	OK
WID1b	22,0	LE2	121,6	0,0	0,0	OK
STIFF2a	12,0	LE2	179,9	0,0	0,0	OK
STIFF2b	12,0	LE2	180,2	0,0	0,0	OK
STIFF3a	12,0	LE2	56,8	0,0	0,0	OK
STIFF3b	12,0	LE2	56,8	0,0	0,0	OK
STIFF4a	12,0	LE2	58,5	0,0	0,0	OK
STIFF4b	12,0	LE2	58,5	0,0	0,0	OK

## Design data

Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
S 355	355,0	5,0



Slika 65: Naprezanja u spoju - Detalj B

### Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_t$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_s$ [%]	$U_{ts}$ [%]	Status
	B9	LE2	164,3	37,6	64,7	361,8	26,7	72,8	OK
	B10	LE2	164,2	37,6	64,6	361,8	26,7	72,8	OK
	B11	LE2	150,2	18,0	59,1	446,9	12,7	54,9	OK
	B12	LE2	150,1	18,0	59,1	446,9	12,8	54,9	OK
	B13	LE2	33,1	4,0	13,0	446,9	2,9	12,2	OK
	B14	LE2	33,1	4,0	13,0	446,9	2,9	12,2	OK
	B15	LE2	3,0	2,8	1,2	446,9	2,0	2,9	OK
	B16	LE2	3,0	2,8	1,2	446,9	2,0	2,8	OK
	B17	LE2	1,0	5,2	0,4	446,9	3,7	4,0	OK
	B18	LE2	1,0	5,2	0,4	446,9	3,7	4,0	OK
	B19	LE2	3,9	1,6	1,5	446,9	1,1	2,2	OK
	B20	LE2	3,9	1,6	1,5	446,9	1,1	2,2	OK

### Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 10.9 - 1	254,2	533,3	141,2

### Detailed result for B9

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 164,3 \text{ kN}$$

where:

$k_2 = 0,90$  – Factor

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$  – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s = 353 \text{ mm}^2$  – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 533,3 \text{ kN} \geq F_t = 164,3 \text{ kN}$$

where:

$d_m = 38 \text{ mm}$  – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 19 \text{ mm}$  – Thickness

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 141,2 \text{ kN} \geq V = 37,6 \text{ kN}$$

where:

$\beta_p = 1,00$  – Reducing factor

$\alpha_v = 0,50$  – Reducing factor

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$  – Ultimate tensile strength of the bolt

$A = 353 \text{ mm}^2$  – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 361,8 \text{ kN} \geq V = 37,6 \text{ kN}$$

where:

$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$  – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,77$  – Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$e_2 = 70 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$p_2 = 160 \text{ mm}$  – Distance between bolts perpendicular to the shear force

$d_0 = 26 \text{ mm}$  – Bolt hole diameter

$e_1 = 60 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$p_1 = \infty \text{ mm}$  – Distance between bolts in the direction of the shear force

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$  – Ultimate tensile strength of the bolt

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$d = 24 \text{ mm}$  – Nominal diameter of the fastener

$t = 20 \text{ mm}$  – Thickness of the plate

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Rd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Rd}}{1,4 F_{t,Rd}} = 72,8 \%$$

**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Rd}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 64,7 \%$$

**Utilization in shear**

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 26,7 \%$$

**Welds (Plastic redistribution)**

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{p1}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$T_{\parallel}$ [MPa]	$T_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut <sub>c</sub> [%]	Status
STUP HEA400-bfl 1	STIFF1a	▲8,0▲	117	LE2	93,2	0,0	29,4	43,5	26,7	21,4	9,1	OK
		▲8,0▲	117	LE2	84,2	0,0	17,0	-43,3	-19,8	19,3	8,6	OK
STUP HEA400-w 1	STIFF1a	▲8,0▲	298	LE2	126,1	0,0	2,3	-72,8	-1,4	28,9	18,0	OK
		▲8,0▲	298	LE2	128,4	0,0	-7,3	73,9	3,6	29,5	18,3	OK
STUP HEA400-tfl 1	STIFF1a	▲8,0▲	117	LE2	287,2	0,0	141,9	-14,9	143,4	65,9	51,7	OK
		▲8,0▲	117	LE2	291,8	0,0	145,7	22,5	-144,2	67,0	53,6	OK
STUP HEA400-bfl 1	STIFF1b	▲8,0▲	118	LE2	84,4	0,0	17,0	43,5	19,8	19,4	8,6	OK
		▲8,0▲	118	LE2	93,4	0,0	29,5	-43,7	-26,7	21,5	9,1	OK
STUP HEA400-w 1	STIFF1b	▲8,0▲	298	LE2	129,2	0,0	-7,5	-74,4	-3,7	29,7	18,4	OK
		▲8,0▲	298	LE2	126,9	0,0	2,5	73,2	1,3	29,1	18,1	OK
STUP HEA400-tfl 1	STIFF1b	▲8,0▲	118	LE2	291,5	0,0	145,6	-22,4	144,1	66,9	53,9	OK
		▲8,0▲	118	LE2	286,4	0,0	141,4	16,2	-142,9	65,7	51,7	OK
EP1	GREDA HEA450-bfl 1	▲10,0▲	300	LE2	58,0	0,0	5,1	19,5	-27,1	13,3	7,0	OK
		▲10,0▲	300	LE2	36,9	0,0	-29,3	-12,5	-3,0	8,5	5,5	OK
EP1	GREDA HEA450-tfl 1	▲10,0▲	300	LE2	408,6	0,0	217,8	42,4	195,1	93,8	61,2	OK
		▲10,0▲	300	LE2	306,0	0,0	135,1	-14,5	-157,8	70,3	31,7	OK
EP1	GREDA HEA450-w 1	▲10,0▲	419	LE2	158,6	0,0	-76,7	21,4	-77,3	36,4	13,9	OK
		▲10,0▲	419	LE2	155,2	0,0	-75,8	-21,4	75,2	35,6	13,8	OK
STUP HEA400-tfl 1	WID1a	▲10,0▲	300	LE2	145,5	0,0	57,7	-51,2	57,6	33,4	15,6	OK
		▲10,0▲	300	LE2	145,7	0,0	57,7	51,3	-57,8	33,4	15,6	OK
GREDA HEA450-bfl 1	WID1a	▲10,0▲	550	LE2	189,6	0,0	86,1	45,7	86,2	43,5	14,4	OK
		▲10,0▲	550	LE2	189,5	0,0	86,1	-45,8	-86,1	43,5	14,4	OK
WID1b	WID1a	▲10,0▲	626	LE2	92,0	0,0	6,9	-52,6	6,8	21,1	7,0	OK
		▲10,0▲	626	LE2	92,0	0,0	6,8	52,5	-6,9	21,1	7,0	OK
STUP HEA400-tfl 1	WID1b	▲10,0▲	300	LE2	387,7	0,0	-79,7	-76,5	-205,2	89,0	59,4	OK
		▲10,0▲	300	LE2	218,1	0,0	-120,9	72,9	75,3	50,1	37,1	OK
GREDA HEA450-bfl 1	WID1b	▲10,0▲	300	LE2	426,9	0,0	-31,5	33,6	-243,5	98,0	67,8	OK
		▲10,0▲	300	LE2	138,2	0,0	-67,6	-41,6	55,8	31,7	20,7	OK
STUP HEA400-bfl 1	STIFF2a	▲8,0▲	117	LE2	78,4	0,0	-11,3	-41,9	-15,8	18,0	7,4	OK
		▲8,0▲	117	LE2	93,1	0,0	-31,5	42,8	27,0	21,4	9,4	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut <sub>c</sub> [%]	Status
STUP HEA400-w 1	STIFF2a	▲8,0▲	298	LE2	95,3	0,0	-3,3	55,0	1,6	21,9	15,2	OK
		▲8,0▲	298	LE2	87,2	0,0	-9,3	-48,0	14,1	20,0	14,2	OK
STUP HEA400-tfl 1	STIFF2a	▲8,0▲	117	LE2	238,6	0,0	-122,4	-41,8	-110,6	54,8	41,9	OK
		▲8,0▲	117	LE2	134,4	0,0	-49,9	37,2	61,7	30,9	27,0	OK
STUP HEA400-bfl 1	STIFF2b	▲8,0▲	118	LE2	93,3	0,0	-31,5	-42,9	-27,0	21,4	9,4	OK
		▲8,0▲	118	LE2	78,6	0,0	-11,2	42,1	15,7	18,0	7,4	OK
STUP HEA400-w 1	STIFF2b	▲8,0▲	298	LE2	87,4	0,0	-9,2	48,2	-14,0	20,1	14,3	OK
		▲8,0▲	298	LE2	95,4	0,0	-3,2	-55,0	-1,7	21,9	15,2	OK
STUP HEA400-tfl 1	STIFF2b	▲8,0▲	118	LE2	134,9	0,0	-50,2	-37,7	-61,7	31,0	27,1	OK
		▲8,0▲	118	LE2	239,2	0,0	-122,2	42,6	110,8	54,9	42,0	OK
GREDA HEA450-bfl 1	STIFF3a	▲8,0▲	117	LE2	95,2	0,0	-40,3	14,2	-47,7	21,9	18,4	OK
		▲8,0▲	117	LE2	64,2	0,0	-37,2	-5,1	29,8	14,7	13,8	OK
GREDA HEA450-w 1	STIFF3a	▲8,0▲	344	LE2	47,5	0,0	-9,3	-24,4	-11,4	10,9	5,9	OK
		▲8,0▲	344	LE2	51,3	0,0	-15,0	25,2	12,9	11,8	5,8	OK
GREDA HEA450-tfl 1	STIFF3a	▲8,0▲	117	LE2	38,7	0,0	-12,9	17,2	-12,1	8,9	6,8	OK
		▲8,0▲	117	LE2	34,1	0,0	-6,4	-18,0	7,2	7,8	6,0	OK
GREDA HEA450-bfl 1	STIFF3b	▲8,0▲	117	LE2	64,3	0,0	-37,3	5,1	-29,8	14,8	13,8	OK
		▲8,0▲	117	LE2	95,4	0,0	-40,4	-14,2	47,8	21,9	18,5	OK
GREDA HEA450-w 1	STIFF3b	▲8,0▲	344	LE2	51,4	0,0	-15,0	-25,3	-12,9	11,8	5,8	OK
		▲8,0▲	344	LE2	47,6	0,0	-9,3	24,4	11,4	10,9	5,9	OK
GREDA HEA450-tfl 1	STIFF3b	▲8,0▲	117	LE2	34,2	0,0	-6,4	18,0	-7,2	7,8	6,1	OK
		▲8,0▲	117	LE2	38,8	0,0	-12,9	-17,3	12,1	8,9	6,8	OK

#### Design data

	$\beta_w$ [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

#### Detailed result for EP1 GREDA HEA450-tfl 1

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 427,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 230,6 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0$  MPa – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

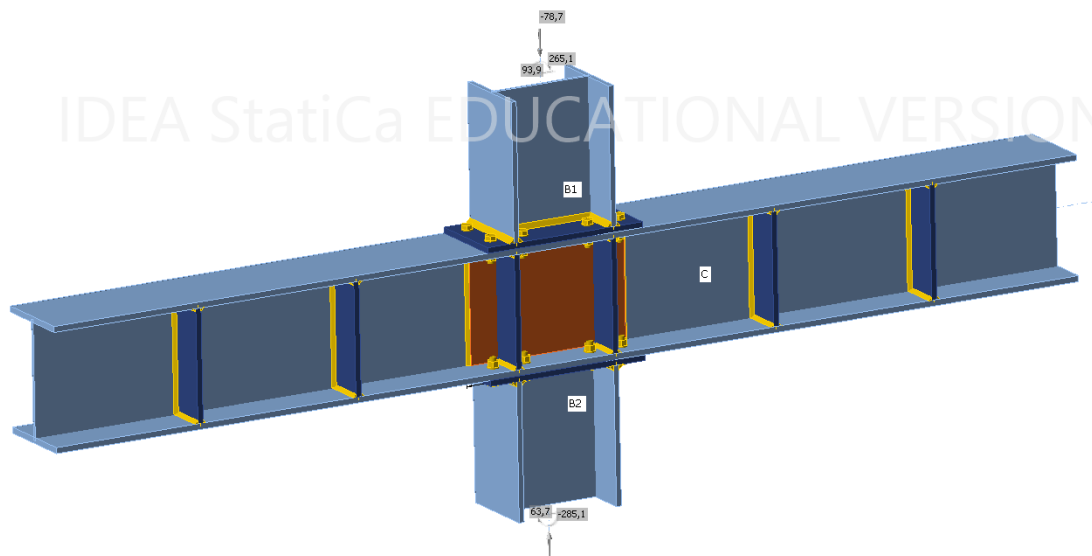
$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 98,0 \%$$



### 6.3 Detalj C – priključak stupa S2/S3 na međukatnu gredu G1



Slika 66: Model spoja središnjeg stupa na međukatnu gredu

#### Beams and columns

Name	Cross-section	$\beta$ - Direction [°]	$\gamma$ - Pitch [°]	$\alpha$ - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
C	6 - HEA450	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Node
B1	4 - Stup S3(HEA400)	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Node
B2	5 - Stup S2(HEA400)	180,0	0,0	0,0	0	0	0	Node

#### Cross-sections

Name	Material
6 - Greda(HEA450)	S 355
4 - Stup S3(HEA400)	S 355
5 - Stup S2(HEA400)	S 355

#### Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	$f_u$ [MPa]	Gross area [mm <sup>2</sup> ]
M24 10.9	M24 10.9	24	1000,0	452

#### Load effects (equilibrium not required)

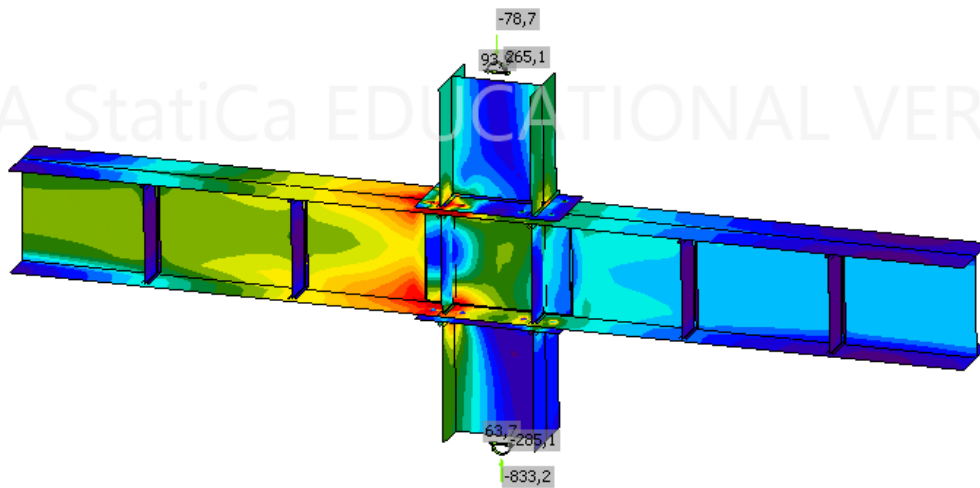
Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	B1	-78,7	0,0	93,9	0,0	265,1	0,0
	B2	-833,2	0,0	63,7	0,0	-285,1	0,0

#### Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,6 < 5,0%	OK
Bolts	80,6 < 100%	OK
Welds	95,7 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

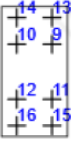

## Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	Status
C-bfl 1	21,0	LE2	356,2	0,6	67,2	OK
C-tfl 1	21,0	LE2	355,0	0,0	98,0	OK
C-w 1	11,5	LE2	323,5	0,0	98,0	OK
B1-bfl 1	19,0	LE2	221,8	0,0	0,0	OK
B1-tfl 1	19,0	LE2	270,6	0,0	0,0	OK
B1-w 1	11,0	LE2	166,3	0,0	0,0	OK
B2-bfl 1	19,0	LE2	116,0	0,0	0,0	OK
B2-tfl 1	19,0	LE2	330,9	0,0	0,0	OK
B2-w 1	11,0	LE2	192,2	0,0	0,0	OK
EP1a	20,0	LE2	355,2	0,1	83,5	OK
EP1b	20,0	LE2	225,0	0,0	128,2	OK
SP1a	14,0	LE2	314,3	0,0	5,2	OK
SP1b	14,0	LE2	314,5	0,0	5,2	OK
STIFF1a	20,0	LE2	154,1	0,0	0,0	OK
STIFF1b	20,0	LE2	154,6	0,0	0,0	OK
STIFF2a	20,0	LE2	141,6	0,0	0,0	OK
STIFF2b	20,0	LE2	141,9	0,0	0,0	OK
STIFF3a	20,0	LE2	52,5	0,0	0,0	OK
STIFF3b	20,0	LE2	52,5	0,0	0,0	OK
STIFF4a	20,0	LE2	45,1	0,0	0,0	OK
STIFF4b	20,0	LE2	45,2	0,0	0,0	OK
STIFF5a	20,0	LE2	26,5	0,0	0,0	OK
STIFF5b	20,0	LE2	26,6	0,0	0,0	OK
STIFF6a	20,0	LE2	23,4	0,0	0,0	OK
STIFF6b	20,0	LE2	23,4	0,0	0,0	OK



Slika 67: Naprezanja u spoju - Detalj C

## Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	$V$ [kN]	$U_t$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{ts}$ [%]	$U_{ts}$ [%]	Status
	B9	LE2	191,1	8,4	75,2	453,5	5,9	59,6	OK
	B10	LE2	191,1	8,4	75,2	453,3	6,0	59,7	OK
	B11	LE2	7,7	32,4	3,0	470,4	23,0	25,1	OK
	B12	LE2	7,7	32,4	3,0	470,4	23,0	25,1	OK
	B13	LE2	204,2	25,9	80,3	301,5	18,3	75,7	OK
	B14	LE2	205,0	25,9	80,6	301,5	18,3	76,0	OK
	B15	LE2	4,4	33,5	1,7	301,5	23,7	25,0	OK
	B16	LE2	4,1	33,5	1,6	301,5	23,7	24,9	OK
	B17	LE2	3,2	15,8	1,3	470,4	11,2	12,1	OK
	B18	LE2	3,4	15,9	1,3	470,4	11,2	12,2	OK
	B19	LE2	83,8	13,8	33,0	470,4	9,8	33,3	OK
	B20	LE2	83,9	13,8	33,0	470,4	9,8	33,4	OK
	B21	LE2	0,0	46,9	0,0	470,4	33,2	33,2	OK
	B22	LE2	0,0	46,9	0,0	470,4	33,2	33,2	OK
	B23	LE2	94,6	15,0	37,2	470,4	10,6	37,2	OK
	B24	LE2	94,2	15,1	37,1	470,4	10,7	37,1	OK

### Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 10.9 - 1	254,2	561,4	141,2

### Detailed result for B14

#### Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_b f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 205,0 \text{ kN}$$

where:

$$k_b = 0,90 \quad \text{-- Factor}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{-- Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Safety factor}$$

#### Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 561,4 \text{ kN} \geq F_t = 205,0 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 38 \text{ mm} \quad \text{-- The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{-- Thickness}$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Safety factor}$$

#### Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_n \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 141,2 \text{ kN} \geq V = 25,9 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_n = 1,00 \quad \text{-- Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{-- Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{-- Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Safety factor}$$

**Bearing resistance check** (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 301,5 \text{ kN} \geq V = 25,9 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,64$$

$$e_2 = 51 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

– Distance between bolts perpendicular to the shear force

– Bolt hole diameter

– Distance to the plate edge in the direction of the shear force

– Distance between bolts in the direction of the shear force

– Ultimate tensile strength of the bolt

– Ultimate strength

– Nominal diameter of the fastener

– Thickness of the plate

– Safety factor

**Interaction of tension and shear** (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 76,0 \%$$

**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 80,6 \%$$

**Utilization in shear**

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 18,3 \%$$

**Welds (Plastic redistribution)**

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pI}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut <sub>c</sub> [%]	Status
EP1a	B1-bfl 1	▲12,0▲	300	LE2	268,4	0,0	-96,8	45,8	-137,1	61,6	34,4	OK
		▲12,0▲	300	LE2	272,2	0,0	-163,9	-21,3	123,6	62,5	41,1	OK
EP1a	B1-tfl 1	▲12,0▲	300	LE2	256,4	0,0	131,9	38,1	121,1	58,9	45,5	OK
		▲12,0▲	300	LE2	205,7	0,0	93,8	-15,0	-104,6	47,2	31,7	OK
EP1a	B1-w 1	▲12,0▲	371	LE2	274,7	0,0	-121,2	80,0	-117,7	63,1	17,5	OK
		▲12,0▲	371	LE2	277,4	0,0	-116,9	-81,2	120,4	63,7	17,3	OK
EP1b	B2-bfl 1	▲12,0▲	300	LE2	91,7	0,0	43,0	-6,6	46,3	21,1	13,7	OK
		▲12,0▲	300	LE2	113,6	0,0	57,4	16,4	-54,2	26,1	19,6	OK
EP1b	B2-tfl 1	▲12,0▲	300	LE2	416,6	0,0	-255,6	-35,2	-186,7	95,7	55,0	OK
		▲12,0▲	300	LE2	408,9	0,0	-137,4	82,4	206,5	93,9	44,6	OK
EP1b	B2-w 1	▲12,0▲	371	LE2	115,6	0,0	-47,7	-35,4	-49,5	26,5	9,6	OK
		▲12,0▲	371	LE2	113,2	0,0	-49,4	34,5	47,6	26,0	9,8	OK
C-w 1	SP1a	▲8,0	590	LE2	396,4	0,0	109,7	205,1	79,5	91,0	44,7	OK
C-w 1	SP1a	▲8,0	398	LE2	203,7	0,0	119,1	34,7	88,8	46,8	29,9	OK
C-w 1	SP1a	▲8,0	590	LE2	410,0	0,0	-211,5	84,0	-184,5	94,1	47,1	OK
C-w 1	SP1a	▲8,0	398	LE2	105,8	0,0	-1,2	-61,0	-1,9	24,3	22,3	OK
C-w 1	SP1b	▲8,0	590	LE2	396,6	0,0	109,8	205,2	-79,6	91,1	44,7	OK
C-w 1	SP1b	▲8,0	398	LE2	203,8	0,0	119,1	34,7	-88,9	46,8	29,9	OK
C-w 1	SP1b	▲8,0	590	LE2	410,9	0,0	-212,1	84,2	184,9	94,3	47,1	OK
C-w 1	SP1b	▲8,0	398	LE2	105,8	0,0	-1,2	-61,1	1,9	24,3	22,3	OK
C-bfl 1	STIFF1a	▲8,0▲	117	LE2	286,4	0,0	100,2	-121,5	96,2	65,8	49,7	OK

		▲8,0▲	117	LE2	236,5	0,0	66,0	110,9	-70,0	54,3	43,1	OK
C-w 1	STIFF1a	▲8,0▲	344	LE2	265,8	0,0	-47,1	146,4	-37,2	61,0	31,4	OK
		▲8,0▲	344	LE2	266,1	0,0	-10,4	-152,2	20,3	61,1	31,3	OK
C-tfl 1	STIFF1a	▲8,0▲	117	LE2	246,9	0,0	-111,0	-63,3	-110,5	56,7	48,8	OK
		▲8,0▲	117	LE2	189,2	0,0	-84,8	47,8	85,2	43,4	39,4	OK
C-bfl 1	STIFF1b	▲8,0▲	117	LE2	237,6	0,0	66,6	-111,1	70,6	54,5	43,1	OK
		▲8,0▲	117	LE2	288,3	0,0	101,2	121,8	-97,2	66,2	49,9	OK
C-w 1	STIFF1b	▲8,0▲	344	LE2	266,3	0,0	-10,4	152,3	-20,3	61,1	31,4	OK
		▲8,0▲	344	LE2	266,0	0,0	-47,2	-146,5	37,3	61,1	31,4	OK
C-tfl 1	STIFF1b	▲8,0▲	117	LE2	191,2	0,0	-86,3	-47,3	-86,4	43,9	39,4	OK
		▲8,0▲	117	LE2	249,5	0,0	-112,4	63,1	112,1	57,3	49,0	OK
C-bfl 1	STIFF2a	▲8,0▲	117	LE2	181,0	0,0	-71,7	59,1	-75,6	41,5	37,4	OK
		▲8,0▲	117	LE2	209,5	0,0	-89,9	-67,2	86,2	48,1	46,6	OK
C-w 1	STIFF2a	▲8,0▲	344	LE2	145,0	0,0	18,0	-82,8	6,4	33,3	21,8	OK
		▲8,0▲	344	LE2	147,0	0,0	-9,3	84,7	-2,3	33,8	21,9	OK
C-tfl 1	STIFF2a	▲8,0▲	117	LE2	102,7	0,0	17,9	52,5	25,5	23,6	18,3	OK
		▲8,0▲	117	LE2	124,8	0,0	48,2	-52,5	-40,7	28,6	22,5	OK
C-bfl 1	STIFF2b	▲8,0▲	117	LE2	209,0	0,0	-89,4	67,4	-85,7	48,0	46,8	OK

		▲8,0▲	117	LE2	180,3	0,0	-71,2	-59,3	75,0	41,4	37,5	OK
C-w 1	STIFF2b	▲8,0▲	344	LE2	147,1	0,0	-9,4	-84,7	2,3	33,8	22,0	OK
		▲8,0▲	344	LE2	145,1	0,0	18,0	82,9	-6,4	33,3	21,9	OK
C-tfl 1	STIFF2b	▲8,0▲	117	LE2	125,2	0,0	48,6	52,6	40,9	28,7	22,5	OK
		▲8,0▲	117	LE2	103,2	0,0	18,1	-52,7	-25,7	23,7	18,3	OK
C-bfl 1	STIFF3a	▲8,0▲	144	LE2	59,4	0,0	-48,2	-10,3	-17,2	13,7	11,6	OK
		▲8,0▲	144	LE2	53,3	0,0	16,0	-24,3	-16,5	12,2	9,9	OK
C-w 1	STIFF3a	▲8,0▲	398	LE2	47,1	0,0	5,2	6,6	26,2	10,8	4,8	OK
		▲8,0▲	398	LE2	40,0	0,0	33,5	2,2	-12,5	9,5	5,7	OK
C-tfl 1	STIFF3a	▲8,0▲	144	LE2	61,7	0,0	49,4	-11,1	18,2	14,2	12,0	OK
		▲8,0▲	144	LE2	55,5	0,0	-16,4	-25,6	16,9	12,7	10,3	OK
C-bfl 1	STIFF3b	▲8,0▲	144	LE2	53,3	0,0	16,0	24,2	16,5	12,2	9,9	OK
		▲8,0▲	144	LE2	59,6	0,0	-48,3	10,3	17,3	13,7	11,6	OK
C-w 1	STIFF3b	▲8,0▲	398	LE2	40,1	0,0	33,5	-2,3	12,5	9,5	5,7	OK
		▲8,0▲	398	LE2	47,1	0,0	5,2	-6,5	-26,2	10,8	4,8	OK
C-tfl 1	STIFF3b	▲8,0▲	144	LE2	55,5	0,0	-16,5	25,5	-16,9	12,7	10,3	OK
		▲8,0▲	144	LE2	61,8	0,0	49,5	11,1	-18,3	14,2	12,1	OK
C-bfl 1	STIFF4a	▲8,0▲	144	LE2	43,1	0,0	-39,8	-4,2	-8,6	11,3	7,9	OK

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{Pl}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$T_{\parallel}$ [MPa]	$T_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut <sub>c</sub> [%]	Status
		▲8,0▲	117	LE2	164,8	0,0	-66,5	-50,0	71,3	37,8	34,5	OK
C-w 1	STIFF2b	▲8,0▲	344	LE2	144,2	0,0	-16,5	-82,6	-4,3	33,1	20,9	OK
		▲8,0▲	344	LE2	142,8	0,0	14,6	82,0	-2,3	32,8	20,8	OK
C-tfl 1	STIFF2b	▲8,0▲	117	LE2	125,3	0,0	46,6	54,5	39,3	28,8	22,1	OK
		▲8,0▲	117	LE2	98,2	0,0	13,6	-52,1	-20,9	22,5	16,8	OK

#### Design data

	$\beta_w$ [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 $\sigma$ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

#### Detailed result for EP1b B2-tfl 1

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 416,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 255,6 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 95,7 \%$$

### Provjera proračuna vijčanog spoja:

#### Vijci M24 10.9 (8 kom)

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

#### Ploča S355, t = 20 mm

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

$$e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$e_2 = 70 \text{ mm}$$

$$p_1 = 120 \text{ mm}$$

$$p_2 = 160 \text{ mm}$$

$$f_u = 510 \text{ N/mm}^2$$

#### Djelovanja na vijke

- Uzdužna sila:  $N_{Ed} = -78,77 \text{ kN}$
- Poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 93,90 \text{ kN}$
- Moment savijanja:  $M_{y,Ed} = 265,10 \text{ kNm}$

#### Otpornost na odrez za jedan vijak i jednu posmičnu površinu

Otpornost za jedan vijak

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25} = 141200 \text{ N}$$

Otpornost za grupu vijaka

$$\overline{F_{v,Rd}} = n \cdot F_{v,Rd} = 8 \cdot 141200 = 1129600 \text{ N} = 1129,60 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$V_{z,Ed} \leq \overline{F_{v,Rd}}$$

$$93,90 \text{ kN} < 1129,60 \text{ kN} \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

### Otpornost na pritisak po omotaču rupe osnovnog materijala S355

Otpornost za jednu rupu

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min(0,64; 1,29; 1,96; 1) = 0,64$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min(5,84; 2,5) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,64 \cdot 510 \cdot 24 \cdot 20}{1,25} = 313344 \text{ N} = 313,34 \text{ kN}$$

Otpornost za sve rupe

$$\overline{F_{b,Rd}} = n \cdot F_{b,Rd} = 8 \cdot 313,34 = 2506,75 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$V_{z,Ed} \leq \overline{F_{b,Rd}}$$

$$93,90 \text{ kN} < 2506,75 \text{ kN} \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

### Otpornost vijaka na vlak

Otpornost za jedan vijak

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25} = 254160 \text{ N} = 254,16 \text{ kN}$$

Vlačna sila na vijak

$$y_1 = 430,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = 310,5 \text{ mm}$$

$$y_3 = 60,5 \text{ mm}$$

$$\sum y^2 = 2 \cdot (y_1^2 + y_2^2 + y_3^2) = 2 \cdot (430,5^2 + 310,5^2 + 60,5^2) = 0,57 \text{ m}^2$$

$$N_1 = \frac{M_{y,Ed}}{\sum y^2} \cdot y_1 = \frac{265,10}{0,57} \cdot 0,43 = 199,99 \text{ kN}$$

$$N_2 = \frac{M_{y,Ed}}{\sum y^2} \cdot y_2 = \frac{265,10}{0,57} \cdot 0,31 = 144,8 \text{ kN}$$

$$N_3 = \frac{M_{y,Ed}}{\sum y^2} \cdot y_3 = \frac{265,10}{0,57} \cdot 0,061 = 28,37 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_1 \leq F_{t,Rd}$$

$$199,99 \text{ kN} < 254,16 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

### Interakcija posmika i vlaka

Uvjet nosivosti

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{8} = \frac{93,9}{8} = 11,74 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = N_1 = 199,99 \text{ kN}$$

$$\frac{11,74}{141,20} + \frac{199,99}{1,4 \cdot 254,16} = 0,65 < 1$$

Uvjet zadovoljava!

### Provjera proračuna zavarenog spoja:

#### Djelovanja na zavare

- Uzdužna sila:  $N_{Ed} = -78,77 \text{ kN}$
- Poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 93,90 \text{ kN}$
- Moment savijanja:  $M_{y,Ed} = 265,10 \text{ kNm}$   
 $M_{y,Ed} = N_1 \cdot x_1 = N_4 \cdot 352 \text{ mm}$   
 $N_4 = \frac{265,10}{0,352} = 753,13 \text{ kN}$

$$F_{w,Ed} = \sqrt{\left(\frac{V_{z,Ed}}{2}\right)^2 + N_4^2} = \sqrt{\left(\frac{93,90}{2}\right)^2 + 753,13^2} = 754,59 \text{ kN}$$

#### Otpornost kutnog zavarara

$$F_{w,Rk} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w} \cdot a \cdot \sum L = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9} \cdot 10 \cdot (535 + 298) = 2725,29 \text{ kN}$$

$$L_1 = 300 + (300 - 11 - 2 \cdot 27) = 535 \text{ mm}$$

$$L_2 = 2 \cdot (195 - 19 - 27) = 298 \text{ mm}$$



Uvjet nosivosti:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rk}$$

$$754,59 \text{ kN} < 2725,29 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen!

## 7 ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je dimenzionirati čeličnu skladišnu – poslovnu građevinu te njezina tri osnovna priključka.

Provedena je analiza opterećenja prema kojoj opterećenje snijega na krov iznosi  $0,6 \text{ kN/m}^2$ , a vršni tlak vjetra na visini z iznad terena iznosi  $0,89 \text{ kN/m}^2$ . U ovom slučaju potresno opterećenje nije mjerodavno s obzirom da se radi o relativno laganoj konstrukciji koja je smještena na lokaciji sa vršnim ubrzanjem tla od  $0,132 \text{ g}$ .

Prilikom dimenzioniranja promatran je glavni okvir u osi 2 koji je najopterećeniji, te zabatni okvir u osi 0. Elementi okvira dimenzionirani su na granično stanje nosivosti (GSN) i granično stanje uporabivosti (GSU). Iskorištenost elemenata za oba granična stanja za glavni okvir u osi 2 prikazana su u tablici 27.

Tablica 27: Iskorištenost elemenata glavnog okvira

Konstruktivni element	Krajnje granično stanje (GSN)		Granično stanje uporabivosti (GSU)	
	Mjerodavna provjera	Iskorištenost	Mjerodavna provjera	Iskorištenost
Stup S1	savijanje y-y	58,00%	ukupni horizontalni pomak konstrukcije	80,00%
Stup S4	savijanje + tlak	26,00%	ukupni horizontalni pomak konstrukcije	76,00%
Greda G1	bočno torzijsko izvijanje	90,00%	max. progib međukatne konstrukcije	66,00%
Greda G2	savijanje + tlak	84,00%	max. progib krovne konstrukcije	12,00%

Ukoliko promatramo iskorištenost stupova, zamjećujemo da je mjerodavna provjera na granično stanje uporabivosti. Za granično stanje nosivosti, za stup S1 mjerodavna je provjera na savijanje oko osi y-y, također isti stup je sa obje strane pridržan na visini od  $4,55 \text{ m}$  čime se smanjuje duljina izvijanja stupa i vjerojatnost izvijanja stupa. Za granično stanje uporabivosti ta iskorištenost je značajno veća. Iz tablice je vidljivo da je za GSU mjerodavna provjera ukupnog horizontalnog pomaka konstrukcije. Okvir je u vlastitoj ravnini nepoduprt, a spoj stupa i temelja je izveden kao zglobni. Iz tog razloga na vrhu stupa dobivamo pomake koji su mjerodavni za dimenzioniranje stupova S1 i S4.

Iskorištenost grede G1 (međukatne grede) iznosi 90% i tu je mjerodavna provjera bočnog torzijskog izvijanja. Opterećenje na tu gredu je poprilično veliko iz razloga što nosi stalno opterećenje betonske bloče debljine 20 cm te korisno opterećenje za uredske prostore koji su predviđeni na gornjoj etaži objekta. Raspon grede je 11,30 m i u svojoj ravnini nema pridržanja dok je izvan ravnine pridržana betonskom pločom. Iskorištenost grede G2 je nešto manja i iznosi 84%, a mjerodavna je provjera na savijanje + tlak dok je raspon grede približno jednak kao kod grede G1, 11,35 m. Za razliku od grede G1, ova greda nema pridržanja ni u jednoj ravnini.

Na zabatnom okviru (osi 0 i 6) momenti savijanja bili su značajno manji nego u glavnim okvirima što je i razumljivo iz razloga što se na taj okvir prenosi samo polovica opterećenja i rasponi su puno manji. U tablici 28 prikazana je iskorištenost elemenata zabatnog okvira prema provjerama za oba granična stanja.

*Tablica 28: Iskorištenost elemenata zabatnog okvira*

Konstruktivni element	Krajnje granično stanje (GSN)		Granično stanje uporabivosti (GSU)	
	Mjerodavna provjera	Iskorištenost	Mjerodavna provjera	Iskorištenost
Stup S6	savijanje z-z	50,00%	ukupni horizontalni pomak konstrukcije	67,00%
Stup S8	savijanje + tlak	26,00%	ukupni horizontalni pomak konstrukcije	67,00%
Greda G7	savijanje + tlak	45,00%	max. progib međukatne konstrukcije	18,00%
Greda G8	savijanje + tlak	40,00%	max. progib krovne konstrukcije	7,00%

Kao kod glavnog okvira, za stupove je mjerodavna provjera za granično stanje uporabivosti. Okvir je u svojoj ravnini i dalje nepodruprt, a spoj stupa i temelja je zglobovi što okviru daje slobodu pomicanja u horizontalnom smjeru.

Međukatna greda G7 je maksimalnog raspona 5,90 m i mjerodavna je provjera na savijanje + tlak. Iskorištenost grede je 45%.

Horizontalna i vertikalna stabilizacija izvodi se od punih kružnih poprečnih presjeka  $\Phi 20$  te preuzimaju samo vlačne sile. Iskorištenost najopterećenije dijagonale horizontalne stabilizacije je 12%, a najopterećenije dijagonale vertikalne stabilizacije je 32%.

Spoj stupa i temelja izvodi se kao zglobni sa 2 sidrena vijka M24 duljine 40 cm. Za prijenos poprečne sile na betonski temelj izvodi se posmični klin profila IPE 160, koji se sa donje strane zavaruje na čeličnu ploču debljine 20 mm. Iskorištenost posmičnog klina iznosi 56,90%.

Spoj stupa S1 i međukatne grede G1 izvodi se kao vijčano upeti sa 12 vijaka M24 kvalitete 10.9. Prijenos momenta od 673,30 kNm sa grede na stup izvodi se pomoću vute u svrhu povećanja momenta otpora u čvoru. Kako bi se spriječilo izbočavanje hrpta, na stup se zavaruju 3 čelične ploče debljine 12 mm sa svake strane hrpta. Najopterećeniji dio ovog spoja jest prvi red vijaka koji preuzimaju vlačnu silu od 164,30 kN, a njihova iskorištenost iznosi 72,80%. Iskoristivost najopterećenijeg zavara u spoju iznosi 98,0%.

U detalju C, gdje se nalazi spoj između stupova S2 i S3 na međukatnu gredu G1 izveden je netipičan priključak. Tipički spoj bio bi izvesti neprekinuti stup od temelja do tjemena, te na njega spojiti gredu sa lijeve i desne strane, no u ovom slučaju greda je izvedena kao kontinuirana dok je stup prekinut. Ova varijanta spoja izvedena je kako bi se izbjeglo prenošenje momenta od 906,0 kNm sa međukatne grede na stup, pa se iz tog razloga greda izvela kao kontinuirana, a nastavlja se na mjestima najmanjih momenata (200 cm lijevo i desno od stupa S2). Drugi problem kod ovog spoja bio je spriječiti lokalno izbočavanje hrpta grede. Kako bi se to spriječilo, bilo je potrebno obostrano postaviti vertikalne ukrute okomito na hrbat. Ukrute su izvedene od čeličnih ploča debljine 20 mm, na razmaku od 647 mm. Dodatno ukrućenje u samom spoju izvelo se pomoću ploča koje se postavljaju paralelno sa hrptom. Spoj Stupa S2 i S3 na međukatnu gredu izveden je pomoću 8 vijaka M24 kvalitete 10.9. Maksimalna vlačna sila u vijcima izazvana momentom savijanja u stupu iznosi 205 kN, čime se postiže iskoristivost vijaka od 80,60%. Iskoristivost najopterećenijeg zavara u spoju je 95,70%.

## LITERATURA

- [1] Androić B., Dujmović D., Džeba I., *Čelične konstrukcije 1*, IA projektiranje, Zagreb 2009. godine
- [2] Bulić, M., *Rukopis predavanja iz predmeta Čelične konstrukcije*, skripta, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2021.
- [3] HRN EN 1990:2011: *Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija*
- [4] HRN EN 1990:2011/NA:2011: *Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija - Nacionalni dodatak*
- [5] HRN EN 1991-1-1:2014: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-1: Opća djelovanja - Obujamske mase, vlastita težina i uporabna opterećenja zgrada*
- [6] HRN EN 1991-1-1:2014/NA:2014: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja - Obujamske mase, vlastita težina i uporabna opterećenja zgrada - Nacionalni dodatak*
- [7] HRN EN 1991-1-3:2012: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-3: Opća djelovanja - Opterećenje snijegom*
- [8] HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2014: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja - Opterećenje snijegom - Nacionalni dodatak*
- [9] HRN EN 1991-1-4:2012: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-4: Opća djelovanja - Djelovanja vjetra*
- [10] HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2014: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja - Djelovanja vjetra - Nacionalni dodatak*
- [11] HRN EN 1993-1-1:2014: *Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade*
- [12] HRN EN 1993-1-1:2014/NA:2014: *Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade - Nacionalni dodatak*

## **NACRTI**

Nacrt 1: Dispozicija hale, M 1:200

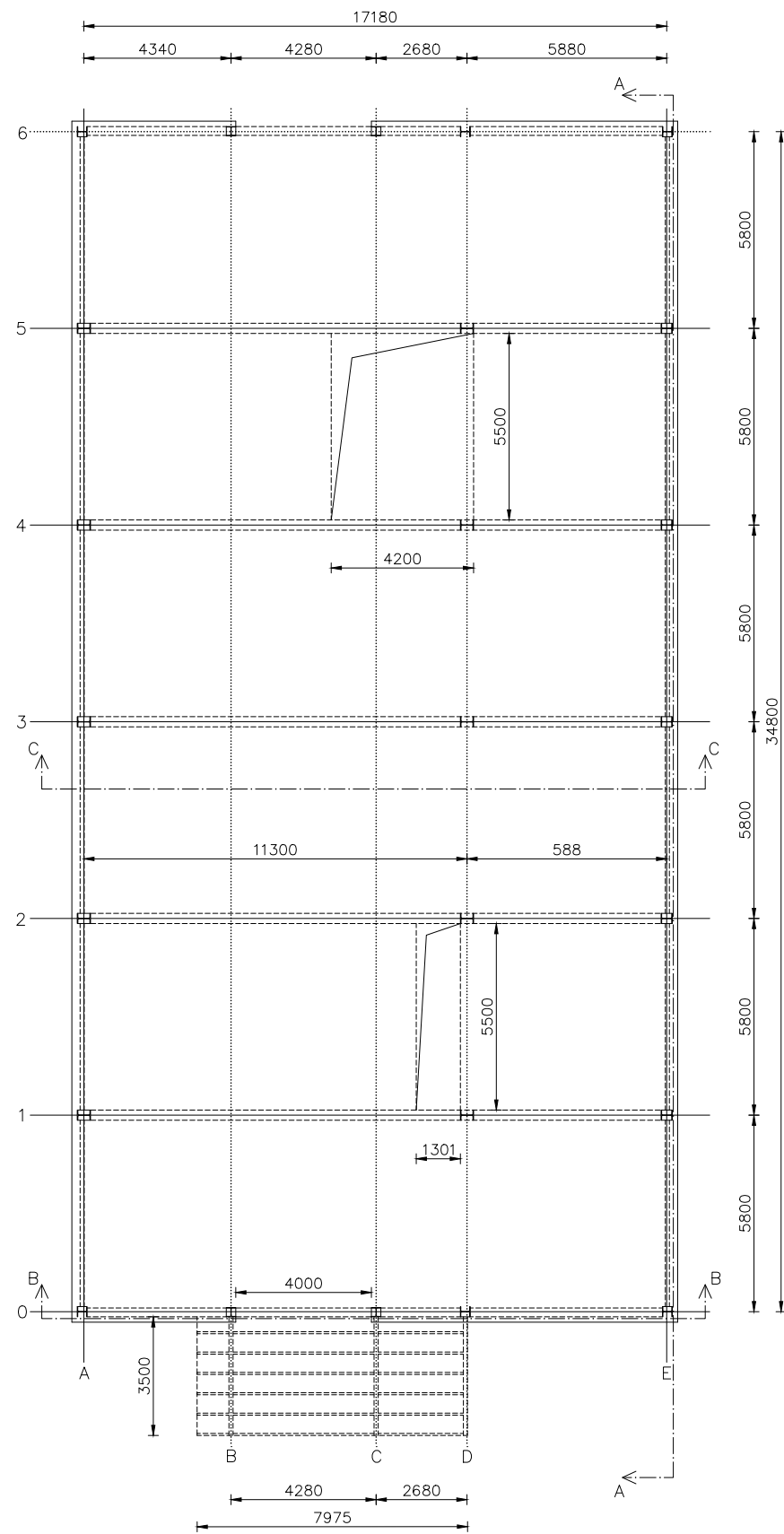
Nacrt 2: Nacrt glavnog i zabatnog okvira

Nacrt 3: Detalj A – Priključak stupa na betonski temelj

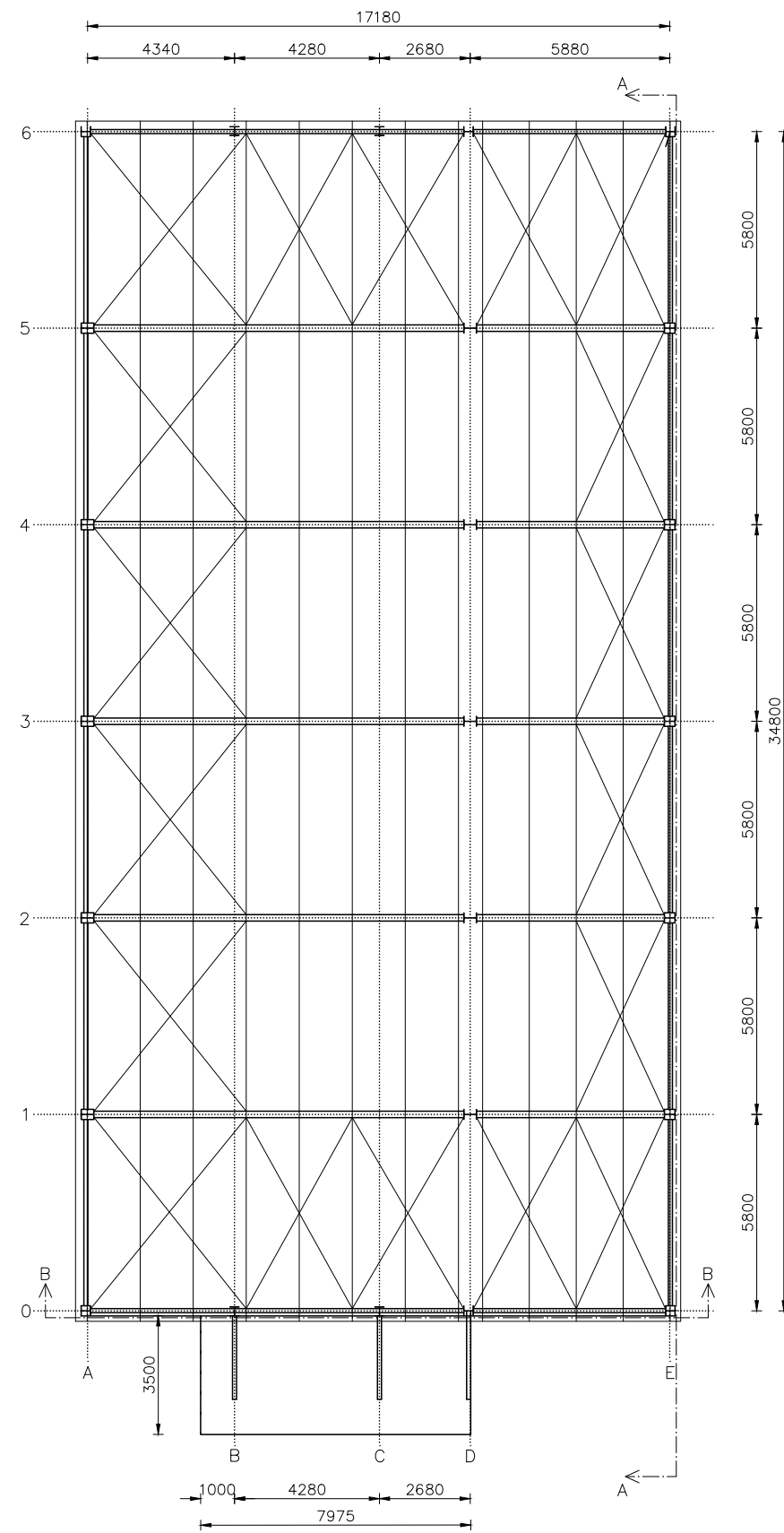
Nacrt 4: Detalj B – Priključak stupa S1 na međukatnu gredu G1

Nacrt 5: Detalj C – Priključak stupa S2/S3 na međukatnu gredu G1

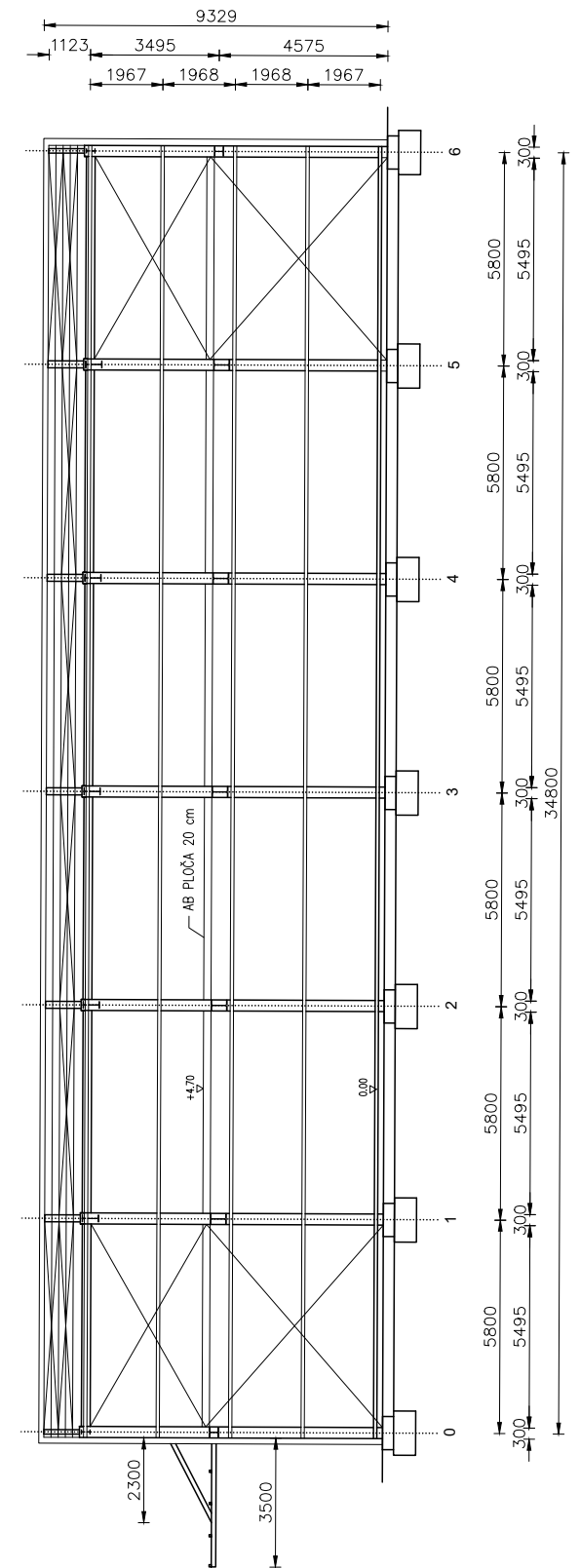
# TLOCRT PRIZEMLJA




# TLOCRT KATA



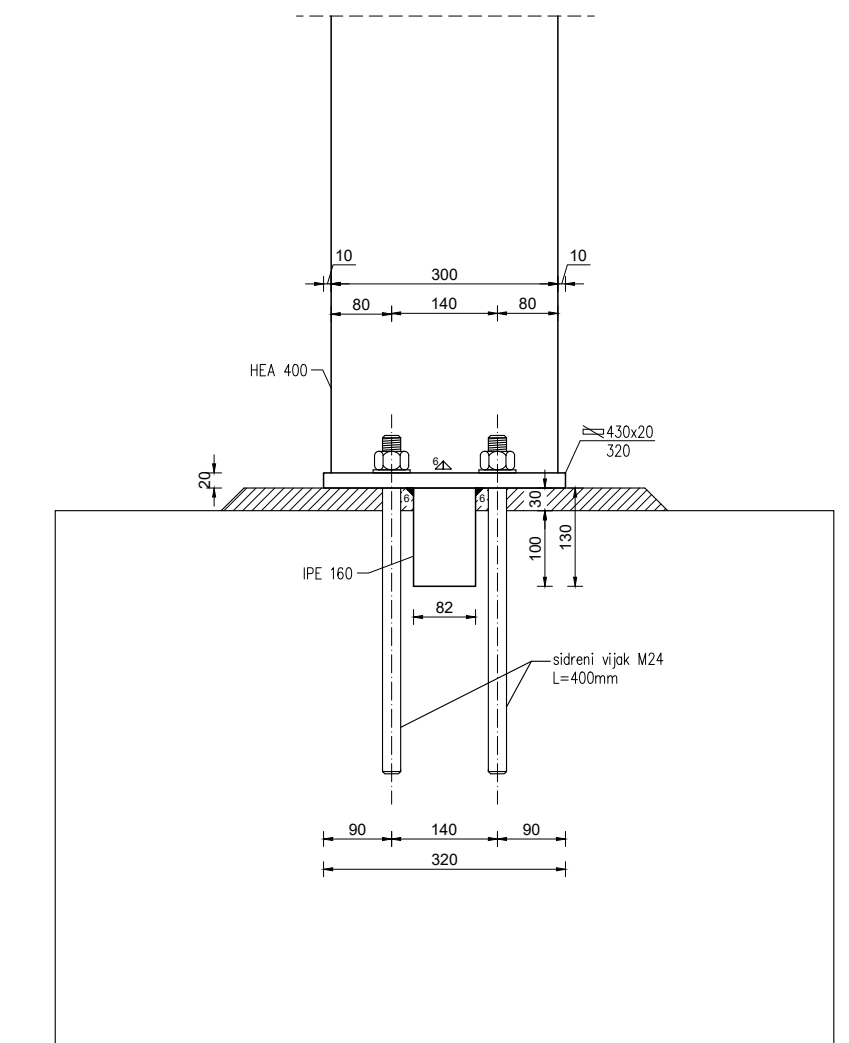
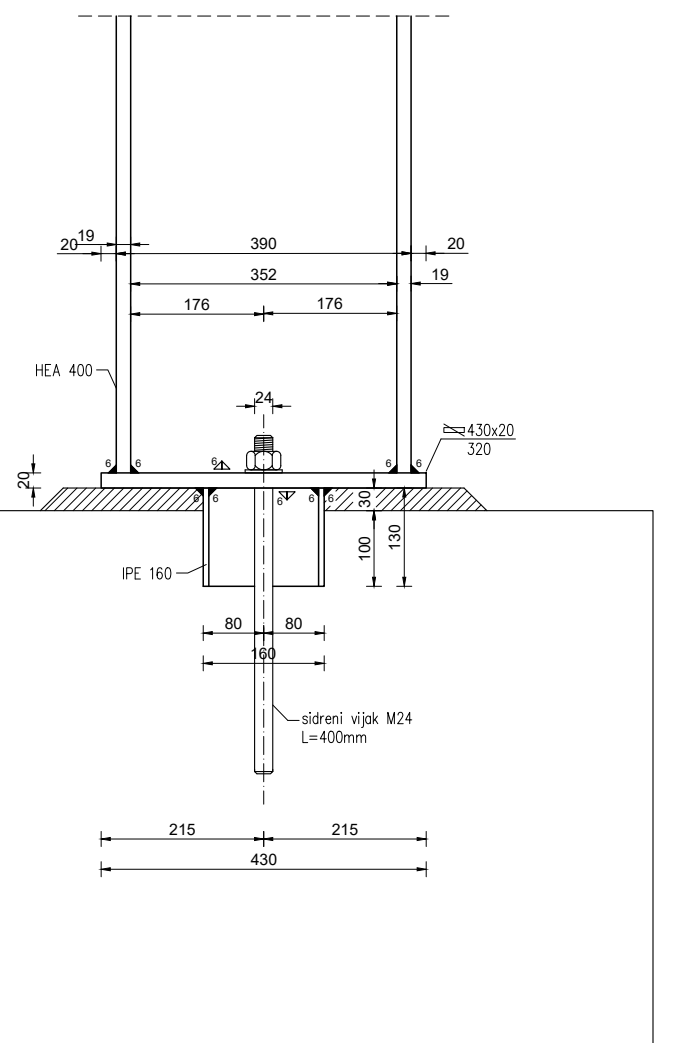
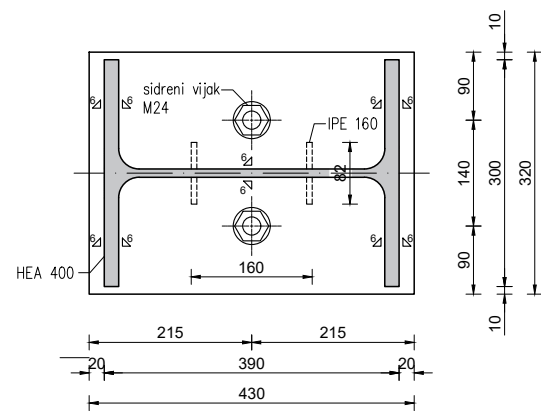
# PRESJEK A-A



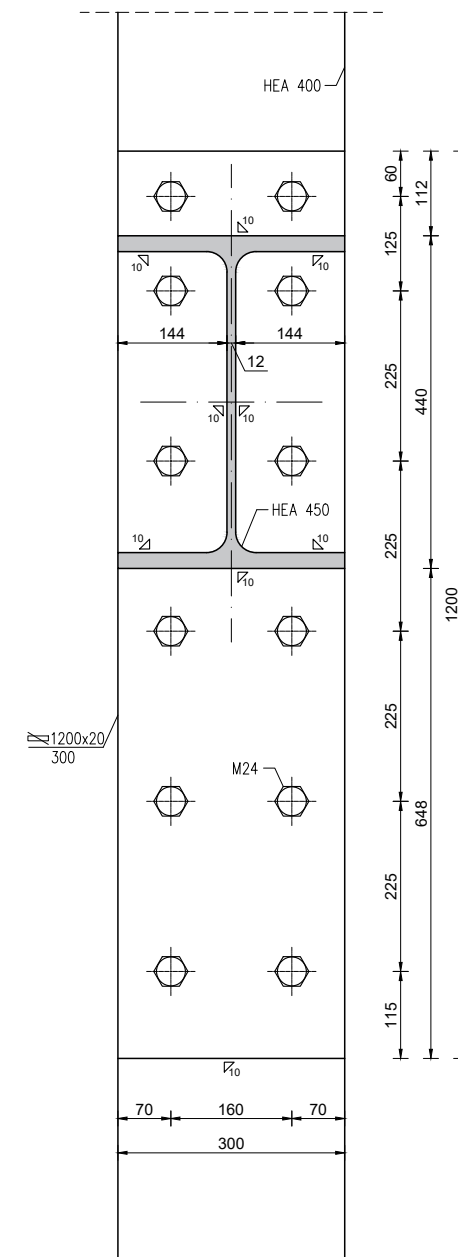
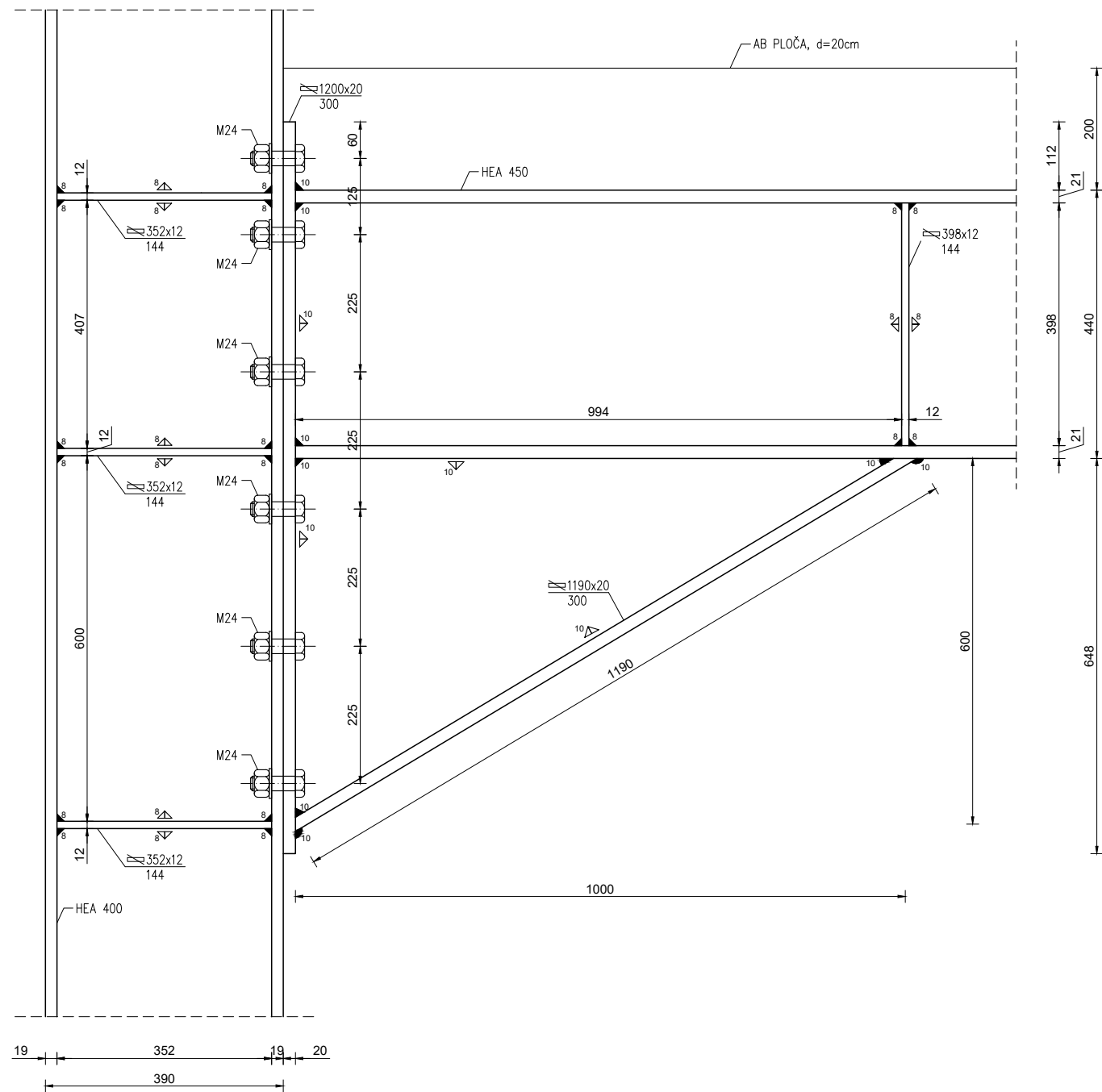
 <b>GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>DIMENZIONIRANJE ČELIČNE SKLADIŠNO - POSLOVNE KONSTRUKCIJE U BARBANU</b>		Sadržaj nacрта: <b>DISPOZICIJA HALE</b>	
Student: <b>David Juričić</b>		Kolegij: <b>ČELIČNE KONSTRUKCIJE</b>	
Mentor: izv. prof. dr. sc. <b>Mladen Bulić</b>	Datum: IX 2022.	Mjerilo: 1:200	List: 1








G F GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: <b>DIMENZIONIRANJE ČELIČNE SKLADIŠNO - POSLOVNE KONSTRUKCIJE U BARBANU</b>		Sadržaj nacрта: <b>DETALJ A - PRIKLJUČAK STUPA NA BETONSKI TEMELJ</b>	
Student: <b>David Juričić</b>		Kolegiji: <b>ČELIČNE KONSTRUKCIJE</b>	
Mentor: izv. prof. dr. sc. <b>Mladen Bulić</b>	Datum: IX 2022.	Mjerilo: 1:10	List: 3



 GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: <b>DIMENZIONIRANJE ČELIČNE SKLADIŠNO - POSLOVNE KONSTRUKCIJE U BARBANU</b>		Sadržaj nacрта: <b>DETALJ B - PRIKLJUČAK STUPA S1 NA MEĐUKATNU GREĐU G1</b>	
Student: <b>David Juričić</b>		Kolegij: <b>ČELIČNE KONSTRUKCIJE</b>	
Mentor: izv. prof. dr. sc. <b>Mladen Bulić</b>		Datum: IX 2022.	Mjerilo: 1:10
		List: 4	

