

Proračun čeličnog rešetkastog nosača proizvodno-skladišne hale

Ivković, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:157:663327>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**



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**

Marin Ivković

Proračun čeličnog rešetkastog nosača proizvodno-skladišne hale

Završni rad

Rijeka, 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski Sveučilišni studij
Osnove čeličnih konstrukcija**

**Marin Ivković
JMBAG: 0114031221**

Proračun čeličnog rešetkastog nosača proizvodno-skladišne hale

Završni rad

Rijeka, lipanj 2021.

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Nosive konstrukcije

Tema završnog rada

Proračun čeličnog rešetkastog nosača proizvodno-skladišne hale

Design of steel truss girder of the production and storage hall

Kandidat: **MARIN IVKOVIĆ**

Kolegij: **OSNOVE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA**

Završni rad broj: **21-P-33**

Zadatak:

Provesti analizu i dimenzioniranje glavnog krovnog čeličnog rešetkastog nosača proizvodno-skladišne hale prema projektnom zadatku. Provjeriti otpornost elemenata rešetkastog nosača (gornji i donji pojas te ispuna) za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabivosti. Izračunati otpornost spoja podrožnice na gornji pojas rešetkastog nosača.

Koristiti programski paket Robot Structural Analysis Professional, sve prema europskim normama za čelične konstrukcije HRN EN 1993. Djelovanja na konstrukciju izračunati prema HRN EN 1991, te Nacionalnom dodatku za primjenu u Republici Hrvatskoj. Građevina se nalazi u industrijskoj zoni na području grada Pule.

Nacrtati tlocrtnu dispoziciju i poprečni presjek.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Mladen Bulić
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentorom 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.

Marin Ivković

U Rijeci, 2. srpnja 2021.

ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentoru izv.prof.dr.sc. Mladenu Buliću mag.ing.aedif. na pruženoj pomoći,
trudu i savjetima tijekom izrade završnog rada.*

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	1
POPIS TABLICA	3
SAŽETAK.....	4
1. PROJEKTNI ZADATAK	5
2. TEHNIČKI OPIS	6
2.1. Opis konstrukcije	6
2.2. O proračunu konstrukcije	6
2.3. Materijal za izradu konstrukcije	6
2.4. Primijenjeni propisi.....	6
2.5. Antikorozijska zaštita	7
2.6. Protupožarna zaštita	7
3. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE	8
3.1. Uvjeti za izradu čelične konstrukcije	8
3.2. Propisi	8
3.3. Opće napomene za izradu čelične konstrukcije u radionici	8
3.4. Elementi konstrukcije	9
3.5. Materijal za izradu konstrukcije	9
3.6. Antikorozijska zaštita	9
3.7. Protupožarna zaštita	10
3.8. Prijem elemenata čelične konstrukcije	10
4. LISTA PRISTANKA – COMPLIANCE LIST	11
5. ANALIZA DJELOVANJA	13
5.1. Stalna djelovanja (G)	13
5.1.1. Vlastita težina konstrukcije i konstrukcijskih elemenata	13
5.1.2. Pokrov.....	13
5.1.3. Instalacije.....	13
5.2. Snijeg (Q)	14
5.3. Vjetar (Q)	17
5.3.1. Slučaj 1. – vanjski transverzalni pritisak, otvori zatvoreni ($\theta = 0^\circ$).....	19
5.3.2. Slučaj 2. – vanjski transverzalni pritisak, otvori otvoreni ($\theta = 0^\circ$)	27
5.3.3. Slučaj 3. – vanjski longitudinalni pritisak, otvori zatvoreni ($\theta = 90^\circ$)	31
5.3.4. Slučaj 4. – vanjski longitudinalni pritisak, otvori otvoreni ($\theta = 90^\circ$).....	37
6. MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST KONSTRUKCIJE.....	40
6.1. Kombinacije djelovanja za GSN i GSU.....	40

6.1.1.	Djelovanja	40
6.1.2.	Kombinacije djelovanja za granično stanje nosivosti (GSN)	41
6.1.3.	Kombinacije djelovanja za granično stanje uporabivosti (GSU)	44
7.	DIMENZIONIRANJE ELEMENATA ZA GSN I GSU.....	46
7.1.	Provjera za GSN	46
7.1.1.	Gornji pojas rešetkastog nosača	46
7.1.2.	Ispuna rešetkastog nosača	48
7.1.3.	Donji pojas rešetkastog nosača.....	50
7.2.	Provjera za GSU	52
8.	PRORAČUN SPOJEVA	52
8.1.	Spoj podrožnice na gornji pojas - zavar.....	52
9.	NACRTI.....	53
10.	ZAKLJUČAK.....	56
11.	LITERATURA.....	57

POPIS SLIKA

Slika 1. Karta snježnih područja

Slika 2. Koeficijenti oblika opterećenja snijegom za dvostrešni krov

Slika 3. Osnovna brzina vjetra

Slika 4. Koeficijent $c_e(z)$ u ovisnosti o visini z i kategoriji terena

Slika 5. Pogled na zabat opterećen transverzalnim vjetrom

Slika 6. Pogled na krov opterećen transverzalnim vjetrom

Slika 7. Djelovanje vjetra za slučaj 1

Slika 7.1. Presjek 1 – 1 [1]

Slika 7.2. Presjek 2 – 2 [1]

Slika 7.3. Presjek 1 – 1 [2]

Slika 7.4. Presjek 2 – 2 [2]

Slika 8. c_{pi} za unutarnji pritisak vjetra

Slika 9. Djelovanje vjetra za slučaj 2

Slika 9.1. Presjek 1 – 1 [1]

Slika 9.2. Presjek 2 – 2 [1]

Slika 9.3. Presjek 1 – 1 [2]

Slika 9.4. Presjek 2 – 2 [2]

Slika 10. Pogled na bočne zidove opterećene longitudinalnim vjetrom

Slika 11. Pogled na krov opterećen longitudinalnim vjetrom

Slika 12. Djelovanje vjetra za slučaj 3

Slika 12.1. Presjek 1 – 1

Slika 12.2. Presjek 2 – 2

Slika 12.3. Presjek 3 – 3

Slika 13. Djelovanje vjetra za slučaj 4

Slika 13.1. Presjek 1 – 1

Slika 13.2. Presjek 2 – 2

Slika 13.3. Presjek 3 – 3

Slika 14. Numeracija čvorova i štapova trapeznog rešetkastog nosača

Slika 15. Numeracija čvorova i štapova trapeznog rešetkastog nosača (3D)

Slika 16. Dijagram uzdužnih sila za gornji pojas

Slika 17. Dijagram uzdužnih sila za ispunu

Slika 18. Dijagram uzdužnih sila za donji pojas

POPIS TABLICA

Tablica 1. Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine

Tablica 2. koeficijenti oblika opterećenja snijegom

Tablica 3. Kategorije terena

Tablica 4. Vrijednosti koeficijenata vanjskoga tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

Tablica 5. Vrijednosti koeficijenata vanjskoga tlaka za dvostrešne krovove

Tablica 6. Vrijednosti koeficijenata vanjskoga tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

Tablica 7. Vrijednosti koeficijenata vanjskoga tlaka za dvostrešne krovove

Tablica 8. Maksimalne sile gornjeg pojasa

Tablica 9. Maksimalne sile ispune

Tablica 10. Maksimalne sile donjeg pojasa

Tablica 11. Pomak u čvoru 5 (ukupno djelovanje)

Tablica 12. Pomak u čvoru 5 (promjenjivo djelovanje)

Tablica 13. Reakcije

SAŽETAK

U ovom završnom radu provedena je analiza i dimenzioniranje glavnog krovnog čeličnog rešetkastog nosača proizvodno-skladišne hale prema Eurocode-u 3, HRN EN 1993. Analiza je provedena za stalno i promjenjivo opterećenje prema Eurocode-u 1 i pripadnim nacionalnim dodacima za Hrvatsku. Statički proračun proveden je u programu *Robot Structural Analysis Professional*. Elementi su dimenzionirani za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabivosti, a svi elementi moraju zadovoljiti mehaničku otpornost i stabilnost.

Ključne riječi: rešetkasti nosač, hala, opterećenje, sile, granično stanje nosivosti (GSN), granično stanje uporabivosti (GSU)

ABSTRACT

In this final paper, the analysis and dimensioning of the main roof steel lattice girder of the production and storage hall has been conducted according to the Eurocode 3, HRN EN 1993. Furthermore, the analysis for constant and variable load has been performed according to Eurocode 1 and related national appendices for Croatia. Static calculation has been performed in the program named *Robot Structural Analysis Professional*. The elements are dimensioned for the ultimate limit state and the limit state of usability while all elements must meet mechanical resistance and stability.

Key words: lattice girder, hall, load, forces, ultimate limit state, limit state of usability

1. PROJEKTNII ZADATAK

Građevina je predviđena za proizvodno skladišnu namjenu za koju se zahtjeva slobodna površina tlocrtnih dimenzija 20 x 60 m.

Sanitarni čvor i prostorije za osobne potrebe radnika nisu predviđene unutar ove građevine već će biti izvedene kao manje montažno – demontažne građevine smještene uz samu halu.

Sama hala će zimi biti grijana te je potrebno predvidjeti toplinsku izolaciju tako bude zadovoljen uvjet $K \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

U svrhu korištenja dnevnog svjetla, potrebno je uzduž vertikalnih stijena pri vrhu postaviti oblogu koja djelomično propušta dnevno svjetlo. Visina te obloge treba biti 1 m, mjereno od vijenca prema dolje.

Za potrebe normalnog korištenja hale, potrebno je osigurati ulaz na zabatnoj strani s kliznim vratima dimenzija 4,0 x 4,0 m, te pored njih i na uzdužnoj strani predviđena su jednokrila vrata dimenzija 1,0 x 2,0 m za potrebe osoblja.

Građevina se nalazi u industrijskoj zoni u gradu Puli na nadmorskoj visini 30 m. Dopušteno opterećenje tla određuje se na temelju geotehničkog istraživanja.

Svi ostali elementi bitni za odnos između klijenata i projektanta u vezi realizacije ovoga projekta definirati će se putem Potvrde pristanka.

2. TEHNIČKI OPIS

2.1. Opis konstrukcije

Tlocrtne dimenzije građevine, koje se odnose na osi glavnih armirano betonskih zidova, iznose 20 x 60 m. Konstrukcija ima dvostrešni krov sa pozitivnim nagibom od 6 stupnjeva. Visina konstrukcije u ravninama vertikalnih vanjskih stijena (visina strehe) iznosi 7 m iznad kote tla, dok ista visina u sljemenu iznosi 8,05 m.

Predviđeni pokrov hale su limeni sendvič paneli sa toplinskom izolacijom, debljine 12 cm. Kao svjetlopropusni dio vertikalne obloge predviđeni su elementi od kopilit stakla.

Glavnu nosivu čeličnu konstrukciju čine trapezni rešetkasti nosači raspona 20 m postavljeni na osnom razmaku 5 m. Sastoje se od gornjeg pojasa (pravokutnih cijevnih profila 120 x 80 x 5 mm), ispune (kvadratnih cijevnih profila 50 x 50 x 5 mm) i donjeg pojasa (pravokutnih cijevnih profila 120 x 80 x 5 mm).

Podrožnice su izvedene iz valjanih profila IPE 140. Polažu se okomito na glavnu konstrukciju i nalaze se na razmaku od 2,51 m.

Hala se nalazi u Istarskoj županiji, u gradu Puli.

2.2. O proračunu konstrukcije

Proračun unutarnjih sila i dimenzioniranje elemenata čelične konstrukcije provedeno je u skladu s Eurocode-om. Glavni nosivi elementi čelične konstrukcije promatrani su kao ravninski sustavi. Analiza konstrukcije provedena je u programu *Robot Structural Analysis Professional*.

2.3. Materijal za izradu konstrukcije

Za elemente nosive čelične konstrukcije korišten je čelik kvalitete S355. Podrožnice su spojene zavarom na gornji pojas rešetke.

Zidovi su izvedeni od armiranog betona debljine 30 cm. Za temelje, stupove i zidove korišten je beton C25/30, te armatura B500B.

2.4. Primijenjeni propisi

Primijenjeni propisi:

- EN 1991 Eurocode 1 – Djelovanja na konstrukcije
- EN 1993 Eurocode 3 – Projektiranje čeličnih konstrukcija

2.5. Antikorozijska zaštita

Čelična konstrukcije hale radionički se štite s jednim temeljnim premazom na prethodno opjeskarenoj podlozi do čistoće Sa 2 ½. Završenu montažu treba popraviti, odnosno sva oštećenja temeljnog radioničkog premaza. Nakon odmašćivanja površine nanosi se drugi temeljni premaz. Debljina temeljnih premaza na organskoj osnovi iznosi 2 x 30 µm. Završna obrada propisana je prikazom mjera zaštite od požara sredstvima s karakteristikom F30.

2.6. Protupožarna zaštita

Zahtijevana vatrootpornost elemenata konstrukcije je F30. Na podlogu od dva temeljna premaza nanosi se zaštitno protupožarno sredstvo s karakteristikom vatrootpornosti F30 te kompatibilno sa temeljnom antikorozivnom zaštitom.

3. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

3.1. Uvjeti za izradu čelične konstrukcije

Izrada čelične konstrukcije mora se povjeriti onom izvođaču koji ima odgovarajuće reference već izvedenih sličnih objekata. U tehničkoj dokumentaciji (projektu) predviđena je vrsta i kvaliteta materijala od kojeg treba izraditi konstrukciju. Odstupanja u kvaliteti materijala može odobriti jedino projektant konstrukcije.

Izvođač radova dužan je prije početka radova predočiti nadzornom inženjeru sljedeću važecu dokumentaciju:

- uvjerenja o kvaliteti osnovnog i dodatnog materijala, sredstava za spajanje te sredstava za antikorozijsku zaštitu,
- uvjerenje o podobnosti pogona za izvođenje zavarivačkih radova
- uvjerenja zavarivača koji će raditi na izradi konstrukcije za vrstu zavarivačkih radova koja će se primjenjivati, za traženu debljinu, materijal i položaj zavarivanja,
- specifikacija postupaka zavarivanja i odobrenje o primjeni postupaka zavarivanja,
- uvjerenja o ispravnosti strojeva za izvođenje zavarivačkih radova
- plan izvođenja zavarivačkih radova
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje antikorozijske zaštite
- ovlaštenja svih odgovornih osoba u sustavu interne kontrole izvođača,
- plan rada interne kontrole izvođača.

Prije pristupanja radovima na montaži potrebno je predočiti odobreni *Projekt montaže*.

Navedena dokumentacija sastavni je dio dokumentacije za tehnički pregled konstrukcije. Tijekom izrade i montaže konstrukcije izvođač radova dužan je voditi zakonom propisane dnevničke, koje je uz internu kontrolu izvođača dužan ovjeriti i nadzorni inženjer. Ako se materijal za izradu konstrukcije nabavlja i tijekom izrade čelične konstrukcije, potrebno je nadzornom organu staviti na uvid odgovarajuća uvjerenja o kvaliteti.

Prije isporuke konstrukcije na gradilište vrši se prijem konstrukcije u radionici uz pribavljenu kompletnu dokumentaciju o kvaliteti. O prijemu konstrukcije sastavlja se zapisnik koji ovjeravaju svi sudionici izgradnje: investitor, izvođač radova u radionici, nadzorni inženjer te predstavnik izvođača radova na montaži konstrukcije.

3.2. Propisi

Potrebno je pridržavati se svih normi i propisa navedenih u projektu te poštovati pravila dobre izvedbe.

3.3. Opće napomene za izradu čelične konstrukcije u radionici

Prilikom rezanja materijala treba paziti na mogućnost pojave lokalnih zareza, naročito kod vlačno napregnutih elemenata, Svaki uočeni zarez potrebno je izbrusiti ili dovariti i izbrusiti.

Svi elementi trebaju biti izrađeni u granicama dopuštenih odstupanja. Premaše li odstupanja granične vrijednosti, potrebno je zatražiti suglasnost projektanta na izvedeno stanje.

Kod zavarivačkih radova potrebno je osigurati stalnu kontrolu prije, u toku i nakon izvedenih radova. Površine za zavarivanje moraju biti kvalitetno pripremljene i bez masnoće, rđe i druge prljavštine. Poslije izvedenih radova potrebno je obaviti dimenzionalnu i vizuelnu kontrolu te kontrole predviđene projektom. Po potrebi, izvodi se i probno sklapanje o čemu se sastavlja zapisnik, kojega ovjerava nadzorni inženjer. Prilikom izvođenja zavarivačkih radova potrebno je voditi računa da konstrukcija nakon hlađenja ne poprimi neželjeni deformirani oblik. Ne dopušta se zavarivanje na temperaturi nižoj od 0°C.

Za radove koji nakon potpunog sklapanja konstrukcije neće biti vidljivi, radi se zapisnik o preuzimanju u trenutku dostupnosti svih dijelova konstrukcije pregledu.

Dijelovi konstrukcije moraju se prije transporta na gradilište označiti i osigurati od oštećenja prije i u toku transporta na gradilište.

3.4. Elementi konstrukcije

Elemente konstrukcije potrebno je izraditi u svemu prema specifikacijama, crtežima i napucima iz ovog dijela projekta.

3.5. Materijal za izradu konstrukcije

Materijali za izradu konstrukcije navedeni su u statičkom proračunu te na priloženim radioničkim nacrtima. Cjelokupan korišteni materijal mora imati odgovarajuća uvjerenja o kvaliteti, a na osnovnom materijalu se mora vidljivo označiti broj šarže i lima sa uvjerenja. Prilikom razrezivanja proizvoda valjanja na manje dijelove potrebno je za važnije elemente nosive čelične konstrukcije prenositi i broj šarže i lima. Na elemente osjetljive na umaranje materijala, prenošenje osnovnih podataka mora se izvršiti bez utiskivanja oznaka, npr. bojom.

3.6. Antikorozijska zaštita

Antikorozijsku zaštitu smije se nanositi strogo prema zahtjevima projekta i propisa. Posebnu pažnju treba obratiti na vlažnost zraka i temperaturu. Nakon završene izvedbe svakog sloja potrebno je provjeriti debljinu i prionljivost premaza.

3.7. Protupožarna zaštita

Protupožarnu zaštitu smije se nanositi strogo prema zahtjevima projekta, propisa i uputama proizvođača. Posebnu pažnju treba obratiti na čistoću i suhoću površine. Nakon završene izvedbe svakog sloja potrebno je provjeriti debljinu i prionljivost nanosene zaštite.

3.8. Prijem elemenata čelične konstrukcije

Prijem elemenata čelične konstrukcije u radionici obavlja se prije isporuke na gradilište na temelju radioničkih crteža i specifikacije. Prilikom prijema radova potrebno je uz dokumentaciju navedenu u točki 3.1 staviti na uvid i sljedeće:

- radioničke nacрте sa specifikacijama
- dnevnik izrade u radionici
- dnevnik zavarivačkih radova u radionici
- dnevnik izvođenja antikorozijske zaštite
- izvješće interne kontrole o kvaliteti izvedenih radova

Prijem montirane čelične konstrukcije na gradilištu obavlja se na temelju radioničkih crteža i projekta montaže. Prilikom prijema izvedene konstrukcije potrebno je staviti na uvid i sljedeće dokumente:

- kompletnu dokumentaciju sa primopredaje konstrukcije u radionici
- projekt montaže
- radioničke nacрте sa specifikacijama
- dnevnik izvođenja radova na montaži
- dnevnik zavarivačkih radova na montaži
- dnevnik izvođenja antikorozijske zaštite
- izvješće interne kontrole o kvaliteti izvedenih radova
- uvjerenja o kvaliteti dodatnog materijala, sredstava za spajanje te sredstava za antikorozijsku i protupožarnu zaštitu
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje radova na montaži
- uvjerenja zavarivača koji će raditi na izradi i montaži konstrukcije za vrstu zavarivačkih radova koja će se primjenjivati, za traženu debljinu, materijal i položaj zavarivanja
- specifikacija postupaka zavarivanja i odobrenje o primjeni postupaka zavarivanja
- uvjerenja o ispravnosti strojeva za izvođenje zavarivačkih radova
- plan izvođenja zavarivačkih radova
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje antikorozijske zaštite
- uvjerenje o podobnosti izvođača za izvođenje protupožarne zaštite
- ovlaštenja svih odgovornih osoba u sustavu interne kontrole izvođača
- plan rada interne kontrole izvođača

4. LISTA PRISTANKA - COMPLIANCE LIST

		LISTA PRISTANKA		Odobrenje za:		Potpis
				Tehnički dio		
				Kvaliteta		
				Tržište		
		Investitor				
		Projekt				
		Oznaka				
		Broj				
		Datum				
Br.	Metoda ili vrsta aktivnosti/ispitivanja	Kriterij pristanka	Način pristanka	Znak	Napomene	
0.0.	JEZIK - OPĆENITO	Hrvatski		0		
1.0	PRORAČUN KONSTRUKCIJE					
1.1	Eurocode 3	EN 1993 - 1 - 1		0		
1.2	Eurocode 2	EN 1992 - 1 - 1		0		
1.3	Eurocode 3	EN 1993 - 1 - 2		0		
2.0	DJELOVANJA					
2.1	Vjetra	Brzina vjetra 108 km/h	Po cijeloj visini	Y		
2.2	Snijeg	100 m n. M. I zona		Y		
2.3	Promjena temperaute	+/- 35 °C		Y		
3.0	OSNOVNI MATERIJAL					
3.1	Konstruktivski čelik	EN 10025		0		
3.2	Kvalitetna grupa	S 355 JR G2		0		
4.0	VIJČANI PRIKLJUČCI					
4.1	Kvaliteta materijala za vijke	8.8 ISO 898 - 1		0		
4.2	Matica za vijak	8 ISO 898 - 2		0		
4.3	Podložna pločica			0		
4.4	AKZ - vruća galvanizacija	DIN 267 - Part 10		0		
Ref.				Y	pristanak naručioca	
				N	bez pristanka	
				P	djelomična sugl.	
				0	podrazumjeva se ali bez navoda nar.	

		LISTA PRISTANKA		Odobrenje za:		Potpis
				Tehnički dio		
				Kvaliteta		
				Tržište		
		Investitor				
		Projekt				
		Oznaka				
		Broj				
		Datum				
Br.	Metoda ili vrsta aktivnosti/ispitivanja	Kriterij pristanka	Način pristanka	Znak	Napomene	
5.0	ZAVARENI PRIKLJUČCI					
5.1	Osiguranje kvalitete	EN 729 - 2	uvjerenje/izvještaj	0		
5.2	Kvaliteta - kriterij prihvatanja	EN 25 817		0		
5.3	Kvaliteta za NDE/UT	EN 1 714	uvjerenje 10%	0		
5.4	Kvaliteta za NDE/MT	EN 1 290	uvjerenje 5%	0		
5.5	Kvaliteta - vizualni pregled	EN 970	100%	0		
5.6	Uvjerenje zavarivača	EN 287 - 1		0		
5.7	Kvaliteta za ispitivanje NDE/PT	EN 1 289		0		
5.8	Kvaliteta za NDE/RK	EN 1 435		0		
6.0	DIMENZIONALNA KONTROLA					
7.0	AKZ - GALVANIZACIJA					
7.1	Priprema površine	ISO 8501		0		
7.2	Metoda ispitivanja	KSB 10/5 - 2.0		0		
7.3	Način kontrole	KSB 10/5 - 2.1		0		
8.0	AKZ - VRUĆE CINČANJE	DIN 267		0		
9.0	DOKUMENTACIJA ZA					
9.1	Općenito	ISO 9001	izvještaj	0		
9.2	Zavarivanje	EN 729 - 2		0		
9.3	Odgovornost za zavarivanje	EN 719	ovlaštenje	0		
10.0	IZRADA I MONTAŽA	ENV 1090 - 1		0		
Ref.				Y	pristanak naručioca	
				N	bez pristanka	
				P	djelomična sugl.	
				0	podrazumjeva se ali bez navoda nar.	

5. ANALIZA DJELOVANJA

5.1. Stalna djelovanja (G)

Primijenjene norme: HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012

5.1.1. *Vlastita težina konstrukcije i konstrukcijskih elemenata*

- Program *Robot Structural Analysis Professional* sam izračuna vlastitu težinu

5.1.2. *Pokrov*

Vlastita težina pokrova

Tip pokrova: sendvič paneli debljine 12 cm

Trimoterm SNV 120

$$g_p = 26,1 \text{ kg/m}^2 = 0,26 \text{ kN/m}^2$$

5.1.3. *Instalacije*

Vlastita težina strojarske opreme i instalacija

$$g_p = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

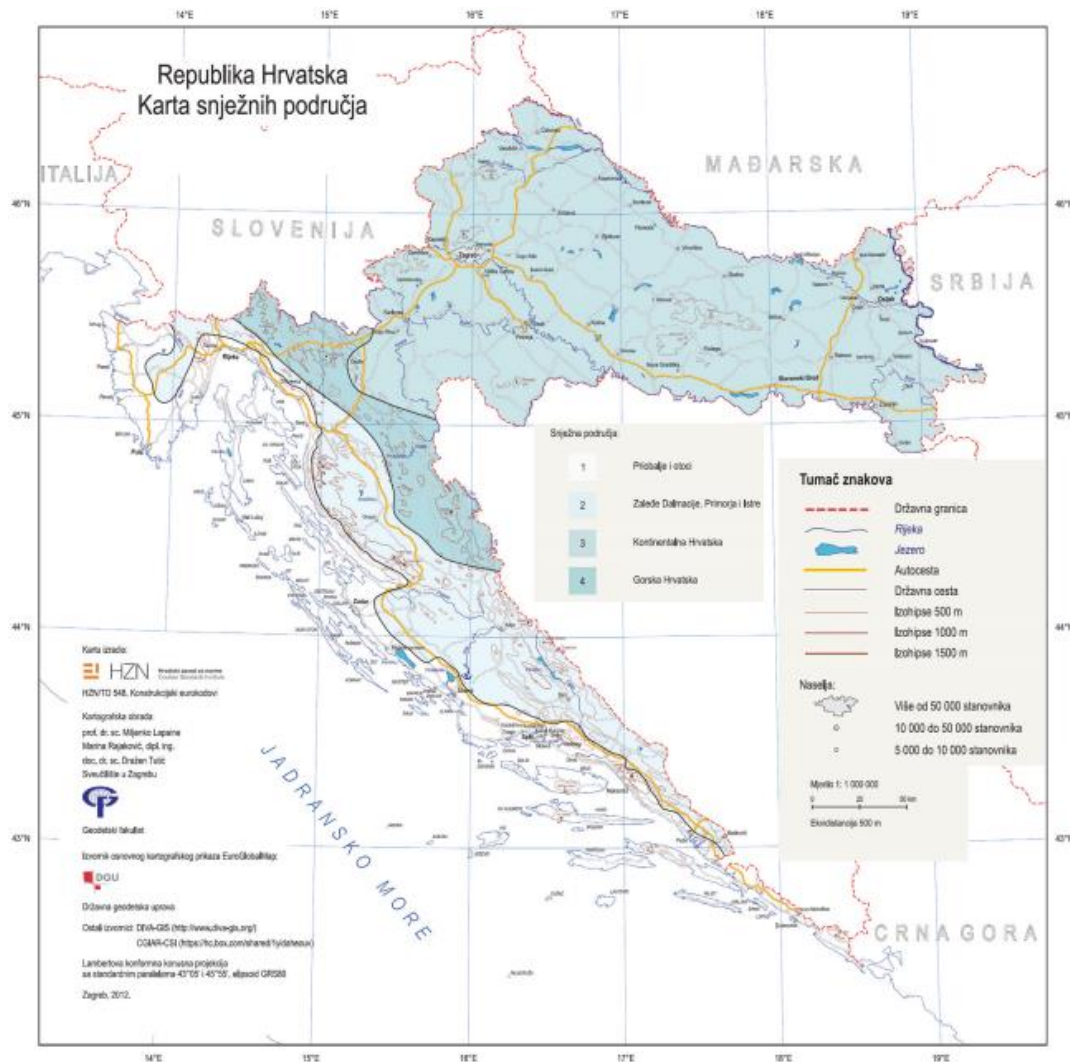
5.2. Snijeg (Q)

Primijenjene norme: HRN EN 1991-1-3:2012, HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012

Promjenjivo opterećenje

Geografski položaj promatranog objekta:

Pula, Istarska županija, RH



Slika 1. Karta snježnih područja

Položaj objekta:

1. područje, 30 m.n.m

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalje i otoci [kN/m ²]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m ²]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m ²]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m ²]
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		

Tablica 1. Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine

Karakteristično opterećenje snijegom za nadmorsku visinu do 100 m i 1.područje iznosi:

$$s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

Opterećenje snijegom na krovu građevine:

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

Koeficijent izloženosti

$$C_e = 1,0$$

Toplinski koeficijent

$$C_t = 1,0$$

Koeficijenti oblika opterećenja snijegom na krovu μ_i ovise o nagibu, pa tako za dvostrani simetrični krov nagiba $\alpha = 6^\circ$ ($0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$) koeficijent μ_1 iznosi 0.8

Kut nagiba krova	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
Koeficijent oblika μ_1	0,8	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
Koeficijent oblika μ_2	0,8	$0,8 + 0,6 \cdot (\alpha - 15) / 30$	$1,1 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0

Tablica 2. koeficijenti oblika opterećenja snijegom

Slučajevi:



Slika 2. Koeficijenti oblika opterećenja snijegom za dvostrešni krov

I. Slučaj – simetrično opterećenje snijega na krovu

$$s_1 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

II. Slučaj – nesimetrično opterećenje snijega na krovu

$$s_1 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

5.3. Vjetar (Q)

Primijenjene norme: HRN EN 1991-1-1-4:2012, HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012

Promjenjivo opterećenje

Geografski položaj promatranog objekta:

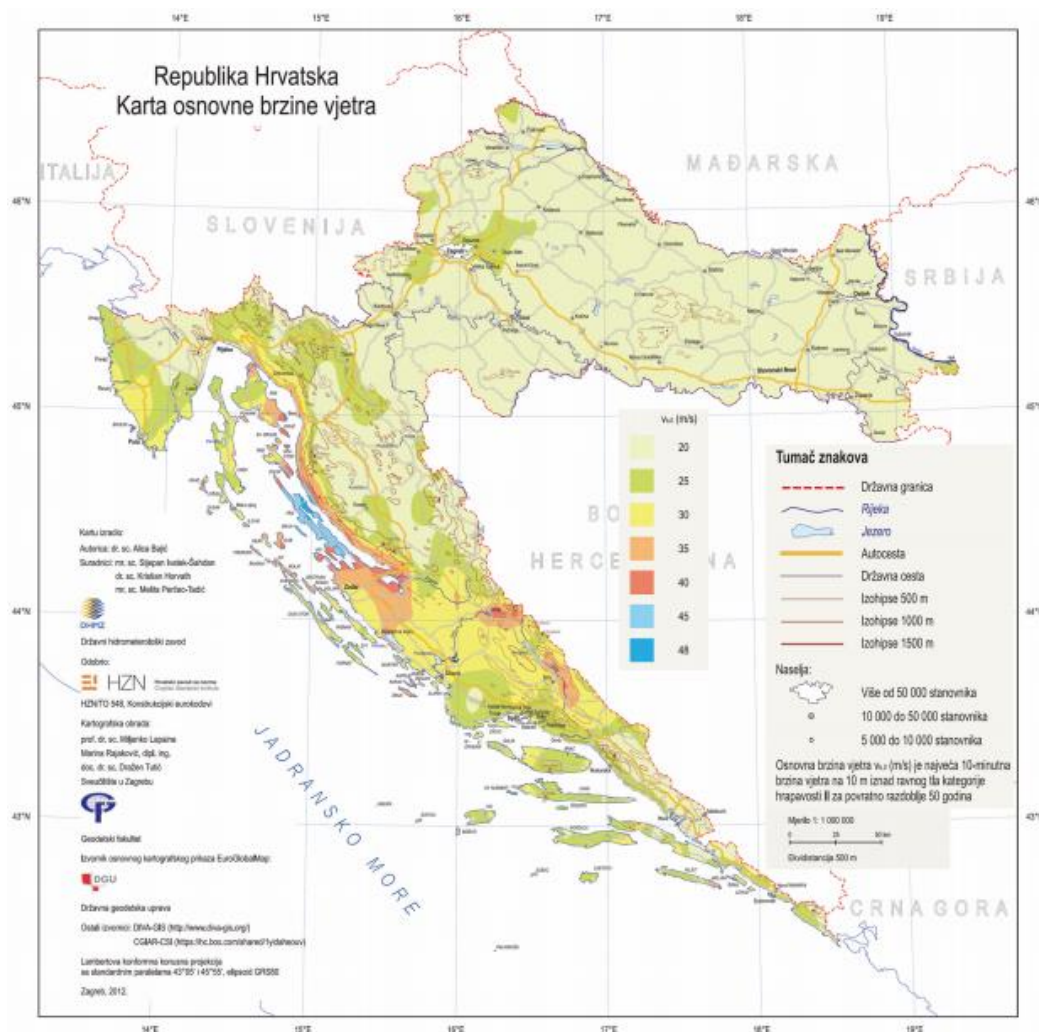
Pula, Istarska županija, RH

Kategorija terena i referentna brzina vjetra:

0., $v_{ref} = 30 \text{ m/s}$

Temeljna vrijednost osnovne brzina vjetra

$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$



Slika 3. Osnovna brzina vjetra

Proračun osnovne brzina vjetra:

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

Koeficijent smjera djelovanja vjetra, C_{dir} :

$$C_{dir} = 1$$

Koeficijent godišnjeg doba pojave vjetra, C_{season} :

$$C_{season} = 1$$

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 30 = 30 \text{ m/s}$$

Osnovni pritisak vjetra q_b uslijed brzine v_b :

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v_b^2$$

Gustoća zraka, ρ_{air}

$$\rho_{\text{air}} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30^2 = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

Proračun pritiska na brzinu vjetra kod udara $q_p(z)$

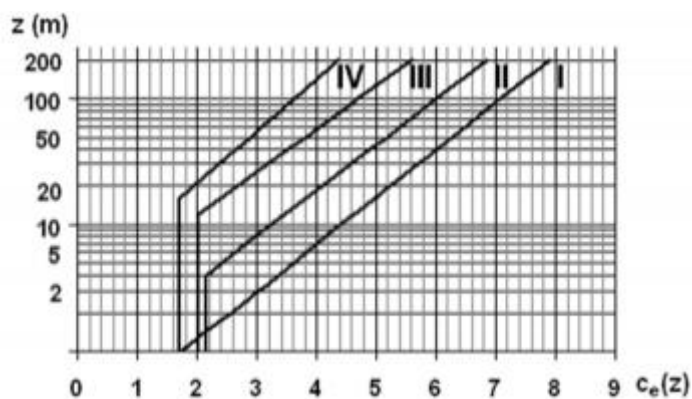
$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

Koeficijent izloženosti na visini z , $c_e(z)$

$$z = h_1 = 8,05 \text{ m}$$

Kategorija terena	
I.	Otvoreno more, jezera sa najmanje 5 km slobodne površine u smjeru vjetra i ravnica bez prepreka
II.	Otvorena poljoprivredna dobra, pojedinačna poljoprivredna gospodarstva, kuće ili drveće
III.	Predgrađa ili industrijske i obrtničke zone, šume
IV.	Gradsko područje gdje je najmanje 15% površine sa zgradama čija srednja visina premašuje 15 m

Tablica 3. Kategorije terena



Slika 4. Koeficijent $c_e(z)$ u ovisnosti o visini z i kategoriji terena

Prema HRN EN 1991-1-4:2012:

$$c_e(z) = 1,6$$

$$q_p(z) = 1,6 \cdot 0,563 = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

5.3.1. Slučaj 1. – vanjski transverzalni pritisak, otvori zatvoreni ($\theta = 0^\circ$)

Pogled na zidove vjetrom opterećene građevine

$$b = 60 \text{ m}$$

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

$$\alpha = 6^\circ$$

$$h' \text{ (streha)} = 7 \text{ m}$$

$$h \text{ (sljeme)} = 7 + (\text{tg}6^\circ \cdot 10) = 7 + 1,05 = 8,05 \text{ m}$$

$$e = \min \left\{ \begin{array}{l} b = 60 \text{ m} \\ 2h = 2 \cdot 8,05 = 16,1 \text{ m} \end{array} \right\} = 16,1 \text{ m}$$

$$e < d; \quad 16,1 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

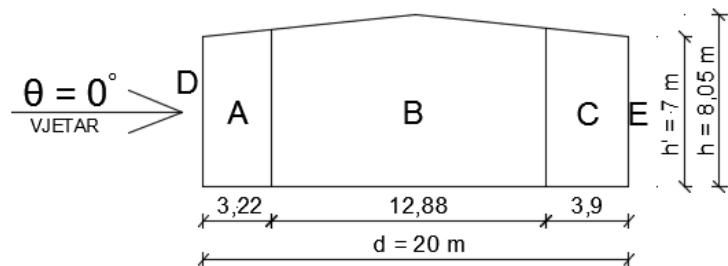
Širine ploha

$$A \quad \frac{e}{5} = \frac{16,1}{5} = 3,22 \text{ m}$$

$$B \quad \frac{4}{5}e = \frac{4}{5} \cdot 16,1 = 12,88 \text{ m}$$

$$C \quad d - e = 20 - 16,1 = 3,9 \text{ m}$$

$$D = E \quad b = 60 \text{ m}$$



Slika 5. Pogled na zabat opterećen transverzalnim vjetrom

Površine zidnih ploha:

$$P_A = \frac{e}{5} \cdot h' + \frac{\frac{e}{5} \cdot (\text{tg}(6) \cdot \frac{e}{5})}{2} = \frac{16,1}{5} \cdot 7 + \frac{\frac{16,1}{5} \cdot (\text{tg}(6) \cdot \frac{16,1}{5})}{2} = 23,085 \text{ m}^2$$

$$P_C = (d-e) \cdot h' + \frac{(d-e) \cdot (\text{tg}(6) \cdot (d-e))}{2} = (20-16,1) \cdot 7 + \frac{(20-16,1) \cdot (\text{tg}(6) \cdot (20-16,1))}{2} = 28,1 \text{ m}^2$$

$$P_B = d \cdot h' + \left(\frac{d}{2} \cdot (h - h')\right) - P_A - P_C = 20 \cdot 7 + \left(\frac{20}{2} \cdot (8,05 - 7)\right) - P_A - P_C = 99,32 \text{ m}^2$$

$$P_D = b \cdot h' = 60 \cdot 7 = 420 \text{ m}^2$$

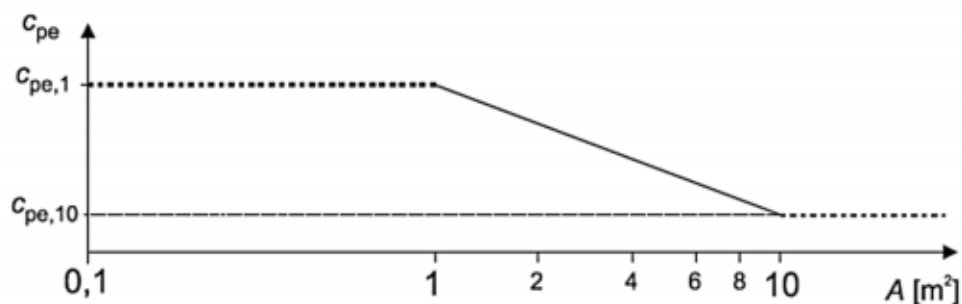
$$P_E = b \cdot h' = 60 \cdot 7 = 420 \text{ m}^2$$

Koeficijent vanjskog pritiska c_{pe} ovisi o veličini površine P opterećene zone građevine:

$$c_{pe} = c_{pe,1} \text{ za } P \leq 1 \text{ m}^2$$

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \times \log_{10} P \text{ za } 1 \text{ m}^2 < P \leq 10 \text{ m}^2$$

$$c_{pe} = c_{pe,10} \text{ za } P > 10 \text{ m}^2$$



Područje	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≥ 5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.
 Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.
 Za zgrade čiji je omjer $h/d > 5$, ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

Tablica 4. Vrijednosti koeficijenata vanjskoga tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

Koeficijenti vanjskog pritiska c_{pe} :

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025 \quad 0,25 < 0,4025 < 1$$

$$P_A = 23,085 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,A} = c_{pe,10} = -1,2$$

$$P_B = 99,32 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,B} = c_{pe,10} = -0,8$$

$$P_C = 28,1 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,C} = c_{pe,10} = -0,5$$

$$P_D = 420 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,D} = c_{pe,10} = +0,72$$

$$P_E = 420 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,E} = c_{pe,10} = -0,34$$

Koeficijenti unutarnjeg pritiska $c_{pi} = 0$ (otvori zatvoreni)

Opterećenje na vertikalne plohe uslijed djelovanja vjetra, w:

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

$$w_A = w_{e,A} - w_i = 0.9 \cdot (-1.2 - 0) = -1.08 \text{ kN/m}^2$$

$$w_B = w_{e,B} - w_i = 0.9 \cdot (-0.8 - 0) = -0.72 \text{ kN/m}^2$$

$$w_C = w_{e,C} - w_i = 0.9 \cdot (-0.5 - 0) = -0.45 \text{ kN/m}^2$$

$$w_D = w_{e,D} - w_i = 0.9 \cdot (+0.72 - 0) = +0.65 \text{ kN/m}^2$$

$$w_E = w_{e,E} - w_i = 0.9 \cdot (-0.34 - 0) = -0.31 \text{ kN/m}^2$$

Pogled na dvostrešni krov

$$e = \min \left\{ \begin{array}{l} b = 60 \text{ m} \\ 2h = 2 \cdot 8,05 = 16,1 \text{ m} \end{array} \right\} = 16,1 \text{ m}$$

$$e < d; \quad 16,1 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

Plohe

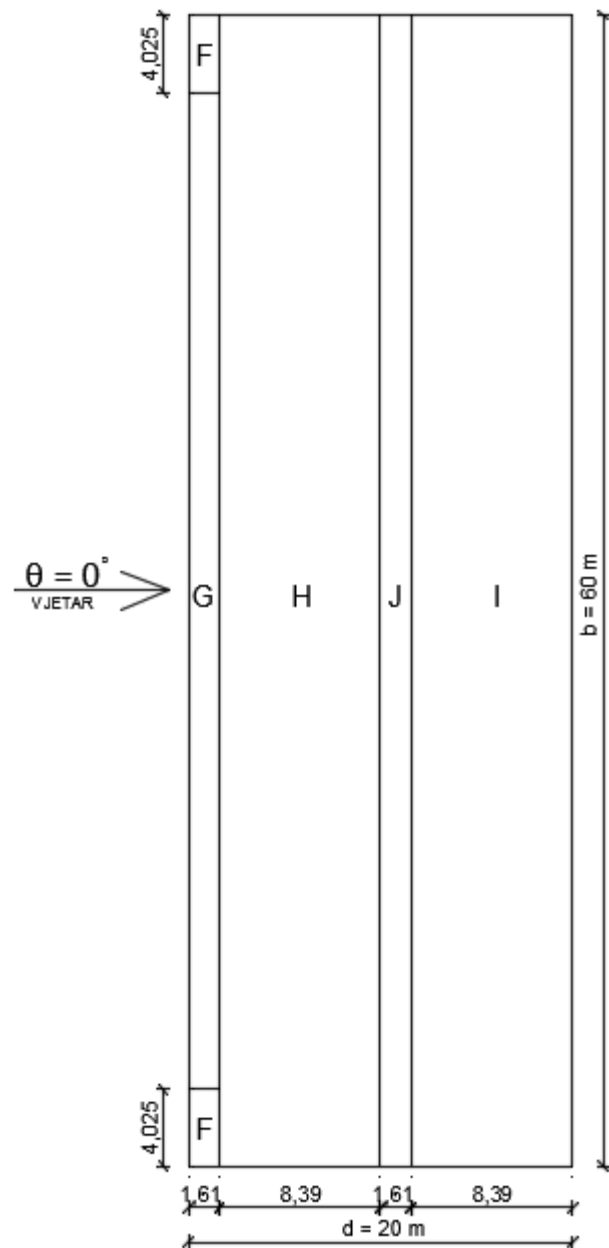
$$F \quad \frac{e}{4} = \frac{16,1}{4} = 4,025 \text{ m}$$

$$F' \quad \frac{e}{10} = \frac{16,1}{10} = 1,61 \text{ m}$$

$$J \quad \frac{e}{10} = \frac{16,1}{10} = 1,61 \text{ m}$$

$$H \quad \frac{d}{2} - F' = \frac{20}{2} - 1,61 = 8,39 \text{ m}$$

$$I \quad \frac{d}{2} - J = \frac{20}{2} - 1,61 = 8,39 \text{ m}$$



Slika 6. Pogled na krov opterećen transverzalnim vjetrom

Površine krovnih ploha:

$$P_F = \frac{e}{4} \cdot \frac{\frac{e}{10}}{\cos(6)} = \frac{16,1}{4} \cdot \frac{\frac{16,1}{10}}{\cos(6)} = 6,52 \text{ m}^2$$

$$P_G = (b - 2 \cdot \frac{e}{4}) \cdot \frac{\frac{e}{10}}{\cos(6)} = (60 - 2 \cdot \frac{16,1}{4}) \cdot \frac{\frac{16,1}{10}}{\cos(6)} = 84,1 \text{ m}^2$$

$$P_H = b \cdot ((\frac{d}{2} - \frac{e}{10}) \cdot \frac{1}{\cos(6)}) = 60 \cdot ((\frac{20}{2} - \frac{16,1}{10}) \cdot \frac{1}{\cos(6)}) = 506,17 \text{ m}^2$$

$$P_I = b \cdot \frac{\frac{e}{10}}{\cos(6)} = 60 \cdot \frac{\frac{16,1}{10}}{\cos(6)} = 97,13 \text{ m}^2$$

$$P_J = P_I = 97,13 \text{ m}^2$$

Pitch Angle α	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$									
	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}
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
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	
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	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

NOTE 1 At $\theta = 0^\circ$ the pressure changes rapidly between positive and negative values on the windward face around a pitch angle of $\alpha = -5^\circ$ to $+45^\circ$, so both positive and negative values are given. For those roofs, four cases should be considered where the largest or smallest values of all areas F, G and H are combined with the largest or smallest values in areas I and J. No mixing of positive and negative values is allowed on the same face.

NOTE 2 Linear interpolation for intermediate pitch angles of the same sign may be used between values of the same sign. (Do not interpolate between $\alpha = +5^\circ$ and $\alpha = -5^\circ$, but use the data for flat roofs in 7.2.3). The values equal to 0,0 are given for interpolation purposes

Tablica 5. Vrijednosti koeficijenata vanjskoga tlaka za dvostrešne krovove

Koeficijenti vanjskog pritiska c_{pe} :

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025 \quad 0,25 < 0,4025 < 1$$

$$P_F = 6,52 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,F1} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \times \log_{10} \times P = -2,45 - (-2,45 - (-1,62)) \times \log_{10}(6,52) = -1,77 ; c_{pe,F2} = 0,02 - (0,02 - 0,02) \times \log_{10}(6,52) = +0,02$$

$$P_G = 84,1 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,G1} = -1,16 ; c_{pe,G2} = +0,02$$

$$P_H = 506,17 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,H1} = -0,57 ; c_{pe,H2} = +0,02$$

$$P_I = 97,13 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,I1} = -0,58 ; c_{pe,I2} = -0,54$$

$$P_J = 97,13 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,J1} = -0,64 ; c_{pe,J2} = +0,18$$

Koeficijenti unutarnjeg pritiska $c_{pi} = 0$ (otvori zatvoreni)

Opterećenje na krovne plohe uslijed djelovanja vjetra, w :

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

$$w_{F1} = w_{e,F1} - w_i = 0,9 \cdot (-1,77 - 0) = -1,59 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{F2} = w_{e,F2} - w_i = 0,9 \cdot (+0,02 - 0) = +0,018 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{G1} = w_{e,G1} - w_i = 0,9 \cdot (-1,16 - 0) = -0,72 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{G2} = w_{e,G2} - w_i = 0,9 \cdot (+0,02 - 0) = +0,018 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{H1} = w_{e,H1} - w_i = 0,9 \cdot (-0,57 - 0) = -0,513 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{H2} = w_{e,H2} - w_i = 0,9 \cdot (+0,02 - 0) = +0,018 \text{ kN/m}^2$$

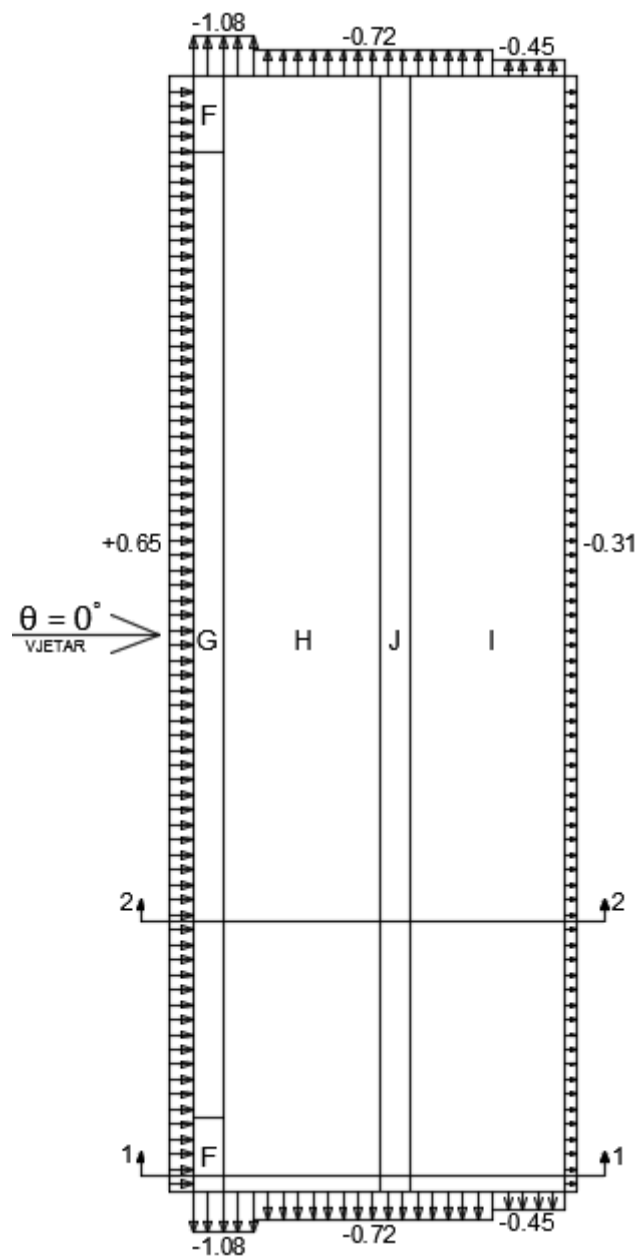
$$w_{I1} = w_{e,I1} - w_i = 0,9 \cdot (-0,58 - 0) = -0,52 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{I2} = w_{e,I2} - w_i = 0,9 \cdot (-0,54 - 0) = -0,486 \text{ kN/m}^2$$

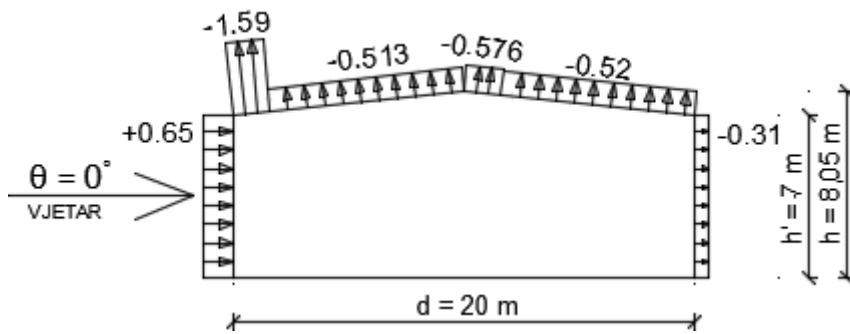
$$w_{J1} = w_{e,J1} - w_i = 0,9 \cdot (-0,64 - 0) = -0,576 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{J2} = w_{e,J2} - w_i = 0,9 \cdot (+0,18 - 0) = +0,16 \text{ kN/m}^2$$

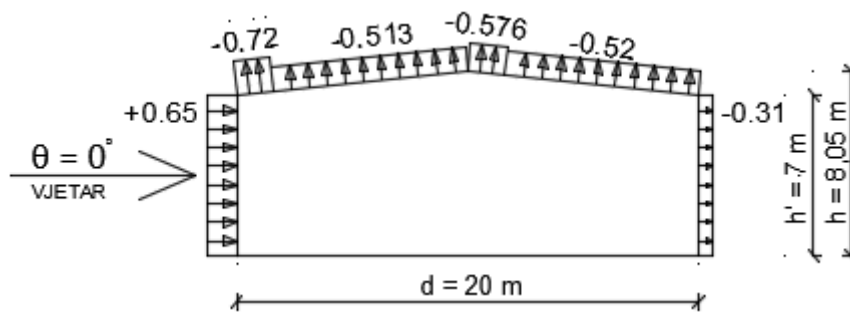
Grafički prikaz opterećenja vjetra ($\theta = 0^\circ$)



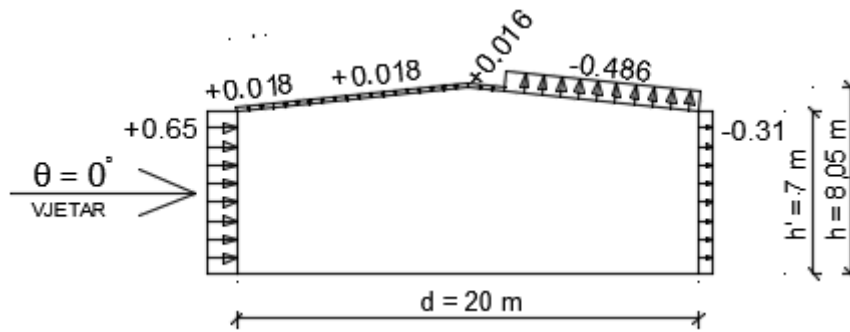
Slika 7. Djelovanje vjetra za slučaj 1



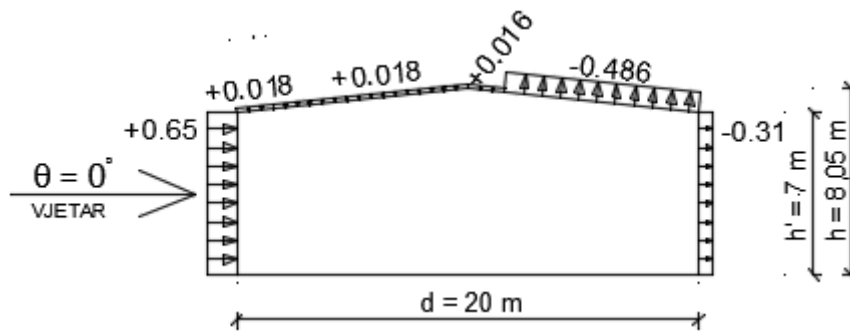
Slika 7.1. Presjek 1 - 1 [1]



Slika 7.2. Presjek 2 - 2 [1]



Slika 7.3. Presjek 1 - 1 [2]



Slika 7.4. Presjek 2 - 2 [2]

5.3.2. Slučaj 2. – vanjski transverzalni pritisak, otvori otvoreni ($\theta = 0^\circ$)

Koeficijenti vanjskog pritiska c_{pe} :

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025 \quad 0,25 < 0,4025 < 1$$

Vertikalne plohe

Zona A: $c_{pe,A} = - 1.2$

Zona B: $c_{pe,B} = - 0.8$

Zona C: $c_{pe,C} = - 0.5$

Zona D: $c_{pe,D} = + 0.72$

Zona E: $c_{pe,E} = - 0.34$

Krovne plohe – dvostrani krov nagiba 6°

Zona F: $c_{pe,F1} = - 1.77$; $c_{pe,F2} = + 0.02$

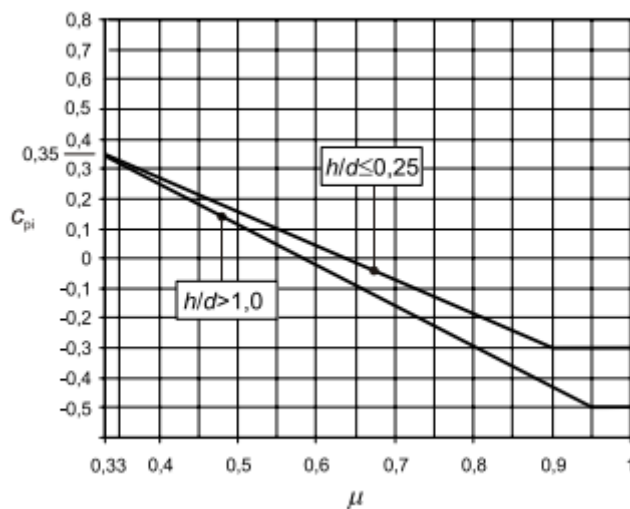
Zona G: $c_{pe,G1} = - 1.16$; $c_{pe,G2} = + 0.02$

Zona H: $c_{pe,H1} = - 0.57$; $c_{pe,H2} = + 0.02$

Zona I: $c_{pe,I1} = - 0.58$; $c_{pe,I2} = - 0.54$

Zona J: $c_{pe,J1} = - 0.64$; $c_{pe,J2} = + 0.16$

Određivanje koeficijenta c_{pi} za unutarnji pritisak vjetra:



Slika 8. c_{pi} za unutarnji pritisak vjetra

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025$$

$$\mu = \frac{\sum \text{površina otvora gdje je } c_{pe} \text{ negativan}}{\sum \text{površina svih otvora}} = \frac{41,92 \text{ m}^2}{48,64 \text{ m}^2} = 0.86$$

$$\text{Koeficijent unutarnjeg pritiska} \rightarrow c_{pi} = - 0.27$$

Opterećenje na vertikalne plohe uslijed djelovanja vjetra, w:

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

$$w_A = w_{e,A} - w_i = 0.9 \cdot (- 1.2 - (- 0.27)) = - 0.84 \text{ kN/m}^2$$

$$w_B = w_{e,B} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.8 - (- 0.27)) = - 0.48 \text{ kN/m}^2$$

$$w_C = w_{e,C} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.5 - (- 0.27)) = - 0.21 \text{ kN/m}^2$$

$$w_D = w_{e,D} - w_i = 0.9 \cdot (+ 0.72 - (- 0.27)) = + 0.89 \text{ kN/m}^2$$

$$w_E = w_{e,E} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.34 - (- 0.27)) = - 0.06 \text{ kN/m}^2$$

Opterećenje na krovne plohe uslijed djelovanja vjetra, w:

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

$$w_{F1} = w_{e,F1} - w_i = 0.9 \cdot (- 1.77 - (- 0.27)) = - 1.35 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{F2} = w_{e,F2} - w_i = 0.9 \cdot (+ 0.02 - (- 0.27)) = + 0.26 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{G1} = w_{e,G1} - w_i = 0.9 \cdot (- 1.16 - (- 0.27)) = - 0.8 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{G2} = w_{e,G2} - w_i = 0.9 \cdot (+ 0.02 - (- 0.27)) = + 0.26 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{H1} = w_{e,H1} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.57 - (- 0.27)) = - 0.27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{H2} = w_{e,H2} - w_i = 0.9 \cdot (+ 0.02 - (- 0.27)) = + 0.26 \text{ kN/m}^2$$

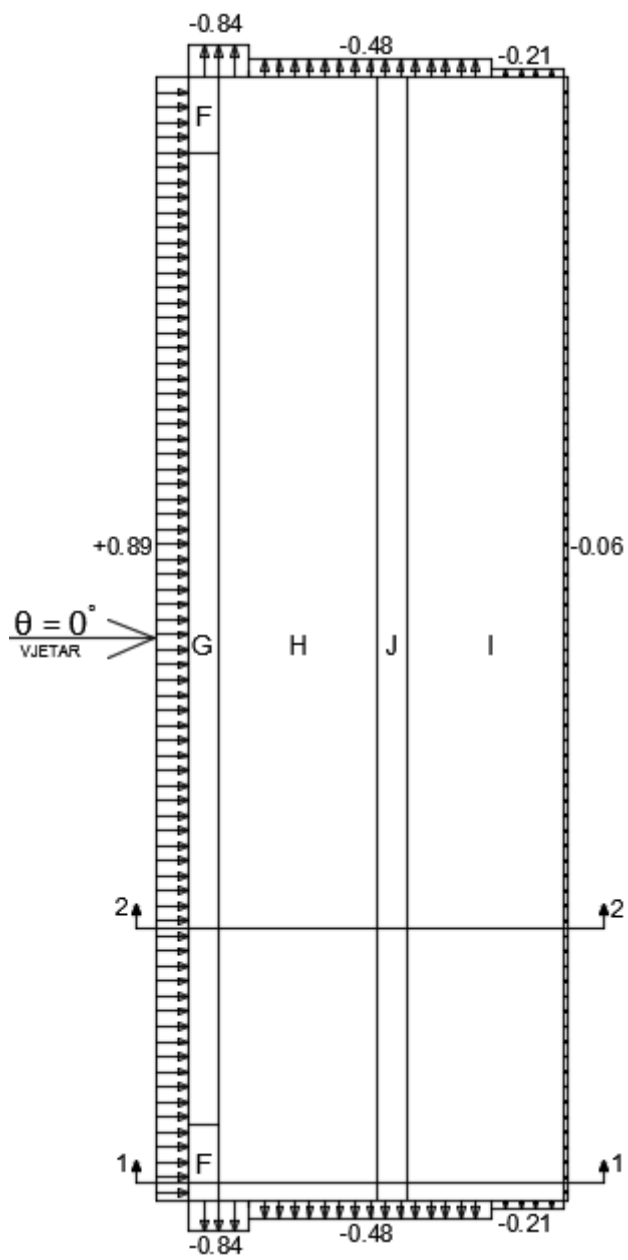
$$w_{I1} = w_{e,I1} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.58 - (- 0.27)) = - 0.28 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{I2} = w_{e,I2} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.54 - (- 0.27)) = - 0.24 \text{ kN/m}^2$$

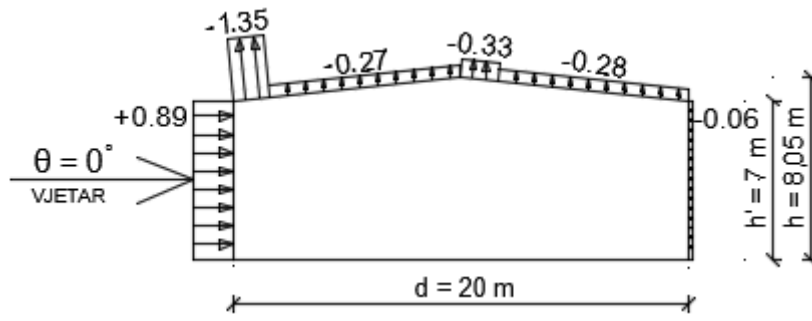
$$w_{J1} = w_{e,J1} - w_i = 0.9 \cdot (- 0.64 - (- 0.27)) = - 0.33 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{J2} = w_{e,J2} - w_i = 0.9 \cdot (+ 0.18 - (- 0.27)) = + 0.405 \text{ kN/m}^2$$

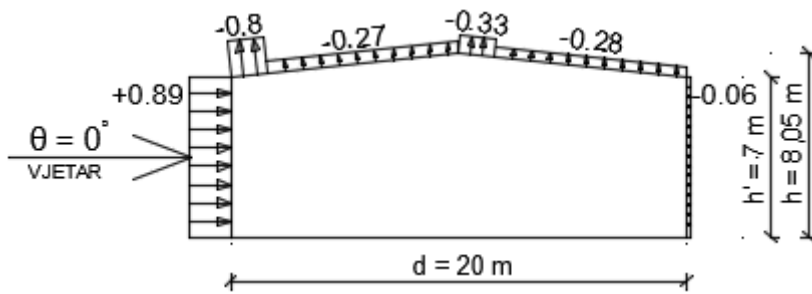
Grafički prikaz opterećenja vjetra ($\theta = 0^\circ$)



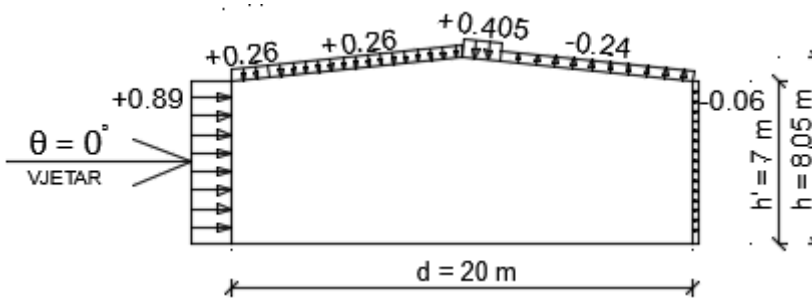
Slika 9. Djelovanje vjetra za slučaj 2



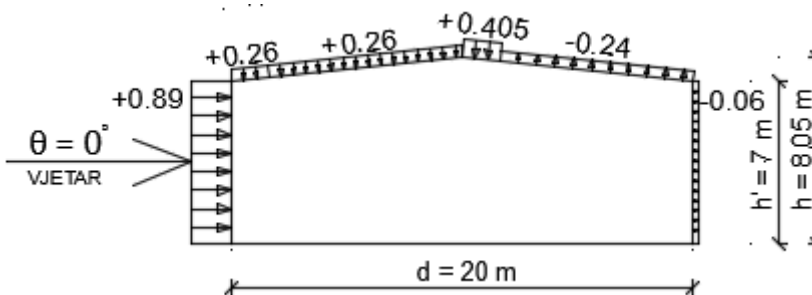
Slika 9.1. Presjek 1 - 1 [1]



Slika 9.2. Presjek 2 - 2 [1]



Slika 9.3. Presjek 1 - 1 [2]



Slika 9.4. Presjek 2 - 2 [2]

5.3.3. Slučaj 3. – vanjski longitudinalni pritisak, otvori zatvoreni ($\theta = 90^\circ$)

Pogled na zidove vjetrom opterećene građevine

$$b = 20 \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ m}$$

$$h = 8,05 \text{ m}$$

$$e = \min \left\{ \begin{array}{l} b = 20 \text{ m} \\ 2h = 2 \cdot 8,05 = 16,1 \text{ m} \end{array} \right\} = 16,1 \text{ m}$$

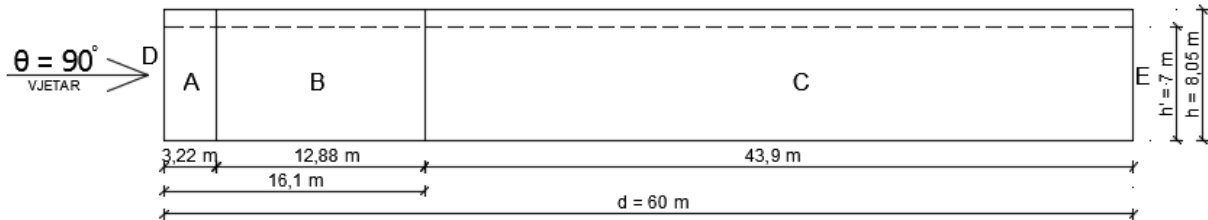
$$e < d; \quad 16,1 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

Širine ploha

$$A \quad \frac{e}{5} = \frac{16,1}{5} = 3,22 \text{ m}$$

$$B \quad \frac{4}{5} e = \frac{4}{5} \cdot 16,1 = 12,88 \text{ m}$$

$$C \quad d - e = 60 - 16,1 = 43,9 \text{ m}$$



Slika 10. Pogled na bočne zidove opterećene longitudinalnim vjetrom

Površine zidnih ploha:

$$P_A = \frac{e}{5} \cdot h' = \frac{16,1}{5} \cdot 7 = 22,54 \text{ m}^2$$

$$P_B = \frac{4}{5} \cdot e \cdot h' = \frac{4}{5} \cdot 16,1 \cdot 7 = 90,16 \text{ m}^2$$

$$P_C = (d - e) \cdot h' = (60 - 16,1) \cdot 7 = 307,3 \text{ m}^2$$

$$P_D = b \cdot h' + \frac{b}{2} \cdot (h - h') = 20 \cdot 7 + \frac{20}{2} \cdot (8,05 - 7) = 150,5 \text{ m}^2$$

$$P_E = P_D = 150,5 \text{ m}^2$$

Područje	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≥ 5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile. Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.
Za zgrade čiji je omjer $h/d > 5$, ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

Tablica 6. Vrijednosti koeficijenta vanjskoga tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

Koeficijenti vanjskog pritiska c_{pe} :

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025 \quad 0,25 < 0,4025 < 1$$

$$P_A = 22,54 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,A} = c_{pe,10} = -1,2$$

$$P_B = 90,16 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,B} = c_{pe,10} = -0,8$$

$$P_C = 307,3 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,C} = c_{pe,10} = -0,5$$

$$P_D = 150,5 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,D} = c_{pe,10} = +0,72$$

$$P_E = 150,5 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,E} = c_{pe,10} = -0,34$$

Koeficijenti unutarnjeg pritiska $c_{pi} = 0$ (otvori zatvoreni)

Opterećenje na vertikalne plohe uslijed djelovanja vjetra, w :

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

$$w_A = w_{e,A} - w_i = 0,9 \cdot (-1,2 - 0) = -1,08 \text{ kN/m}^2$$

$$w_B = w_{e,B} - w_i = 0,9 \cdot (-0,8 - 0) = -0,72 \text{ kN/m}^2$$

$$w_C = w_{e,C} - w_i = 0,9 \cdot (-0,5 - 0) = -0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$w_D = w_{e,D} - w_i = 0,9 \cdot (+0,72 - 0) = +0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$w_E = w_{e,E} - w_i = 0,9 \cdot (-0,34 - 0) = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

Pogled na dvostrešni krov

$$b = 20 \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ m}$$

$$h = 8,05 \text{ m}$$

$$e = \min \left\{ \begin{array}{l} b = 20 \text{ m} \\ 2h = 2 \cdot 8,05 = 16,1 \text{ m} \end{array} \right\} = 16,1 \text{ m}$$

$$e < d; \quad 16,1 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

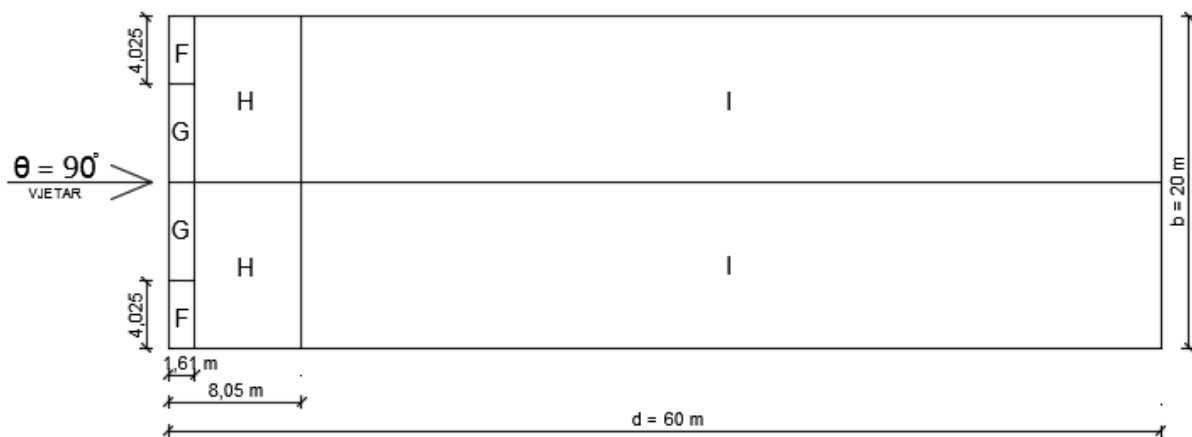
Plohe

$$F \quad \frac{e}{4} = \frac{16,1}{4} = 4,025 \text{ m}$$

$$F' \quad \frac{e}{10} = \frac{16,1}{10} = 1,61 \text{ m}$$

$$H \quad \frac{e}{2} - F' = \frac{16,1}{2} - 1,61 = 6,44 \text{ m}$$

$$I \quad d - H - F' = 60 - 6,44 - 1,61 = 51,95 \text{ m}$$



Slika 11. Pogled na krov opterećen longitudinalnim vjetrom

Površine krovnih ploha:

$$P_F = \frac{e}{10} \cdot \frac{\frac{e}{10}}{\cos(6)} = \frac{16,1}{10} \cdot \frac{\frac{16,1}{10}}{\cos(6)} = 2,60 \text{ m}^2 \quad (\times 2)$$

$$P_G = \frac{e}{10} \cdot \frac{\frac{b}{2} - \frac{e}{4}}{\cos(6)} = \frac{16,1}{10} \cdot \frac{\frac{20}{2} - \frac{16,1}{4}}{\cos(6)} = 9,67 \text{ m}^2 \quad (\times 2)$$

$$P_H = \left(\frac{e}{2} - \frac{e}{10} \right) \cdot \frac{\frac{b}{2}}{\cos(6)} = \left(\frac{16,1}{2} - \frac{16,1}{10} \right) \cdot \frac{\frac{20}{2}}{\cos(6)} = 64,75 \text{ m}^2 \quad (\times 2)$$

$$P_I = \left(d - \frac{e}{2} \right) \cdot \frac{\frac{b}{2}}{\cos(6)} = \left(60 - \frac{16,1}{2} \right) \cdot \frac{\frac{20}{2}}{\cos(6)} = 522,36 \text{ m}^2 \quad (\times 2)$$

Pitch angle α	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
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	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Tablica 7. Vrijednosti koeficijenta vanjskoga tlaka za dvostrešne krovove

Koeficijenti vanjskog pritiska c_{pe} :

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025 \quad 0,25 < 0,4025 < 1$$

$$P_F = 2,60 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,F} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \times \log_{10} P = -2,18 - (-2,18 - (-1,57)) \times \log_{10}(2,60) = -1,93$$

$$P_G = 9,67 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,G} = c_{pe,1} - (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \times \log_{10} P = -2 - (-2 - (-1,3)) \times \log_{10}(9,67) = -1,31$$

$$P_H = 64,75 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,H} = -0,69$$

$$P_I = 522,36 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,I} = -0,59$$

Koeficijenti unutarnjeg pritiska $c_{pi} = 0$ (otvori zatvoreni)

Opterećenje na krovne plohe uslijed djelovanja vjetra, w:

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

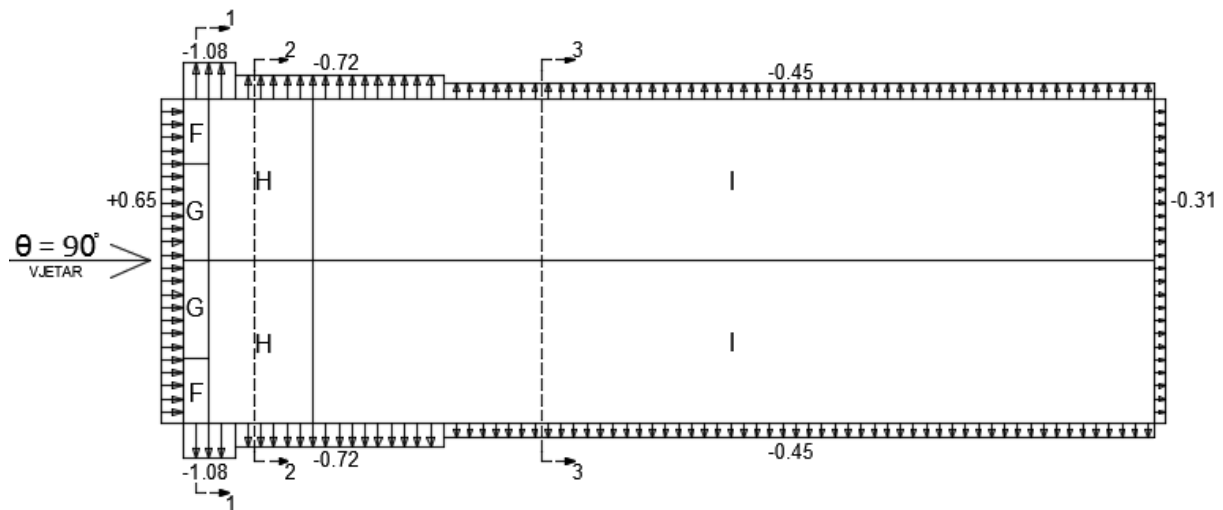
$$w_F = w_{e,F} - w_i = 0.9 \cdot (-1.93 - 0) = -1.737 \text{ kN/m}^2$$

$$w_G = w_{e,G} - w_i = 0.9 \cdot (-1.31 - 0) = -1.179 \text{ kN/m}^2$$

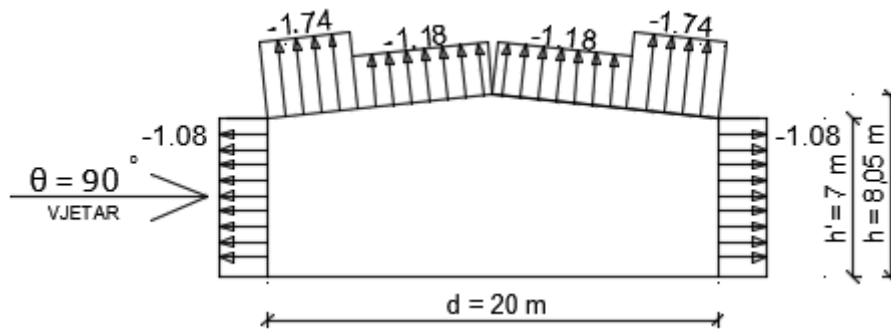
$$w_H = w_{e,H} - w_i = 0.9 \cdot (-0.69 - 0) = -0.621 \text{ kN/m}^2$$

$$w_I = w_{e,I} - w_i = 0.9 \cdot (-0.59 - 0) = -0.53 \text{ kN/m}^2$$

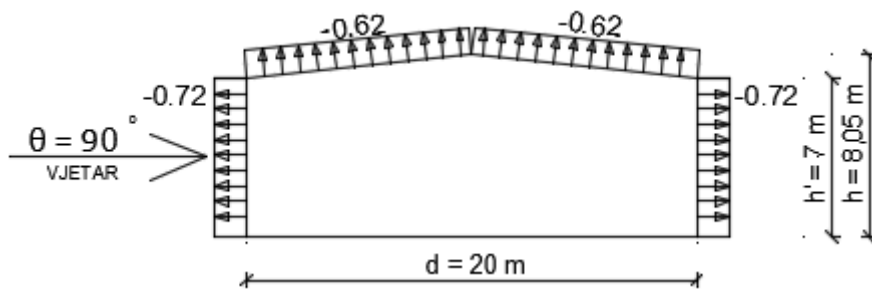
Grafički prikaz opterećenja vjetra ($\theta = 90^\circ$)



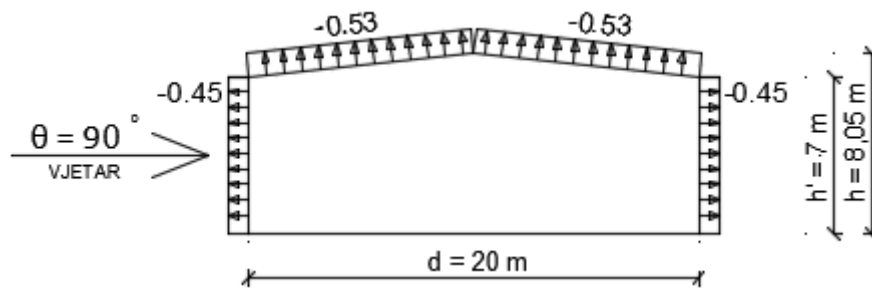
Slika 12. Djelovanje vjetra za slučaj 3



Slika 12.1. Presjek 1 - 1



Slika 12.2. Presjek 2 - 2



Slika 12.3. Presjek 3 - 3

5.3.4. Slučaj 4. – vanjski longitudinalni pritisak, otvori otvoreni ($\theta = 90^\circ$)

Koeficijenti vanjskog pritiska c_{pe} :

$$h/d = 8,05/20 = 0,4025 \quad 0,25 < 0,4025 < 1$$

Vertikalne plohe

Zona A: $c_{pe,A} = - 1.2$

Zona B: $c_{pe,B} = - 0.8$

Zona C: $c_{pe,C} = - 0.5$

Zona D: $c_{pe,D} = + 0.72$

Zona E: $c_{pe,E} = - 0.34$

Krovne plohe – dvostrani krov nagiba 6°

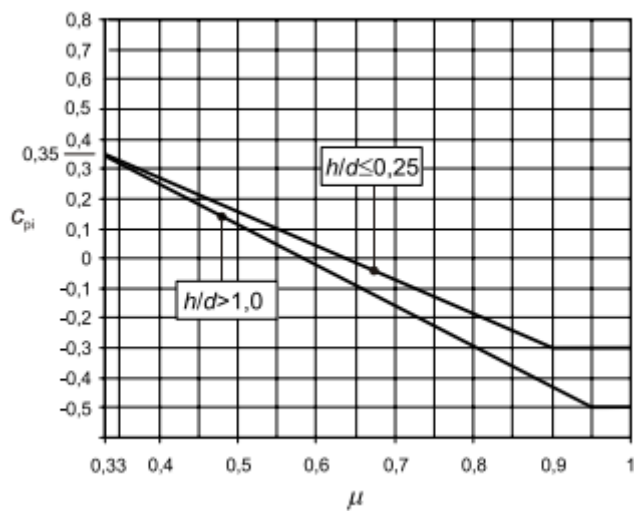
Zona F: $c_{pe,F} = - 1.93$

Zona G: $c_{pe,G} = - 1.31$

Zona H: $c_{pe,H} = - 0.69$

Zona I: $c_{pe,I} = - 0.59$

Određivanje koeficijenta c_{pi} za unutarnji pritisak vjetra:



$$h/d = 8,05/20 = 0,4025$$

$$\mu = \frac{\sum \text{površina otvora gdje je } c_{pe} \text{ negativan}}{\sum \text{površina svih otvora}} = \frac{31,04 \text{ m}^2}{48,64 \text{ m}^2} = 0.64$$

Koeficijent unutarnjeg pritiska $\rightarrow c_{pi} = -0.016$

Opterećenje na vertikalne plohe uslijed djelovanja vjetra, w:

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

$$w_A = w_{e,A} - w_i = 0.9 \cdot (-1.2 - (-0.016)) = -1.066 \text{ kN/m}^2$$

$$w_B = w_{e,B} - w_i = 0.9 \cdot (-0.8 - (-0.016)) = -0.706 \text{ kN/m}^2$$

$$w_C = w_{e,C} - w_i = 0.9 \cdot (-0.5 - (-0.016)) = -0.436 \text{ kN/m}^2$$

$$w_D = w_{e,D} - w_i = 0.9 \cdot (+0.72 - (-0.016)) = +0.66 \text{ kN/m}^2$$

$$w_E = w_{e,E} - w_i = 0.9 \cdot (-0.34 - (-0.016)) = -0.29 \text{ kN/m}^2$$

Opterećenje na krovne plohe uslijed djelovanja vjetra, w:

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

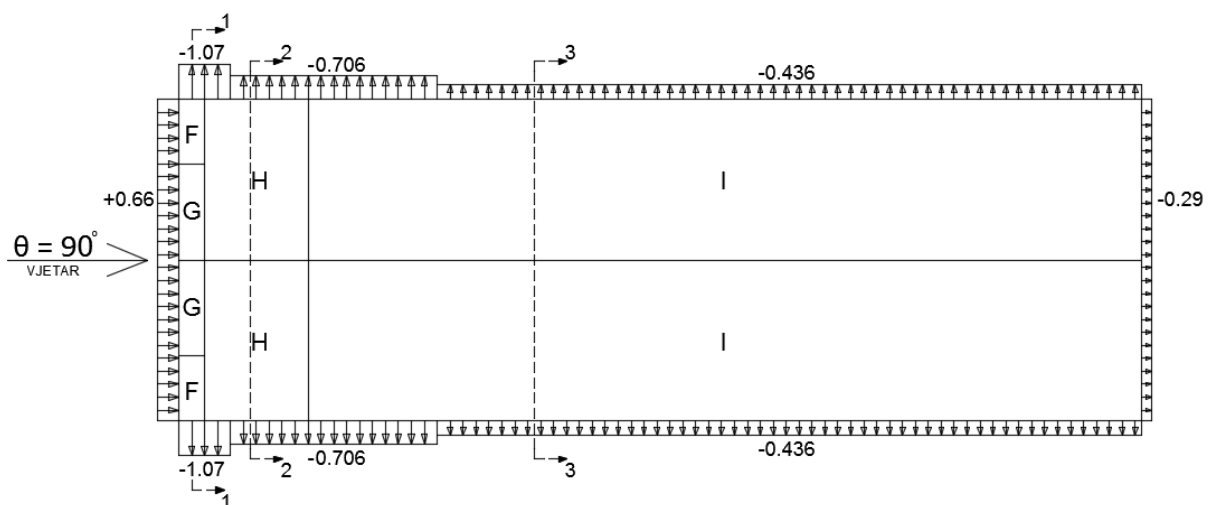
$$w_F = w_{e,F} - w_i = 0.9 \cdot (-1.93 - (-0.016)) = -1.72 \text{ kN/m}^2$$

$$w_G = w_{e,G} - w_i = 0.9 \cdot (-1.31 - (-0.016)) = -1.165 \text{ kN/m}^2$$

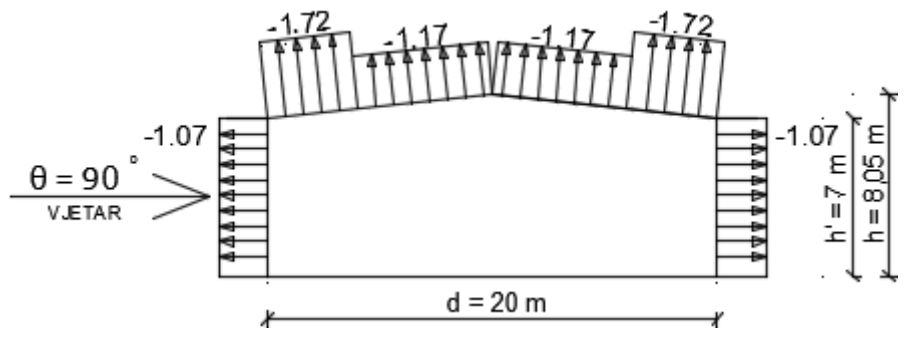
$$w_H = w_{e,H} - w_i = 0.9 \cdot (-0.69 - (-0.016)) = -0.61 \text{ kN/m}^2$$

$$w_I = w_{e,I} - w_i = 0.9 \cdot (-0.59 - (-0.016)) = -0.52 \text{ kN/m}^2$$

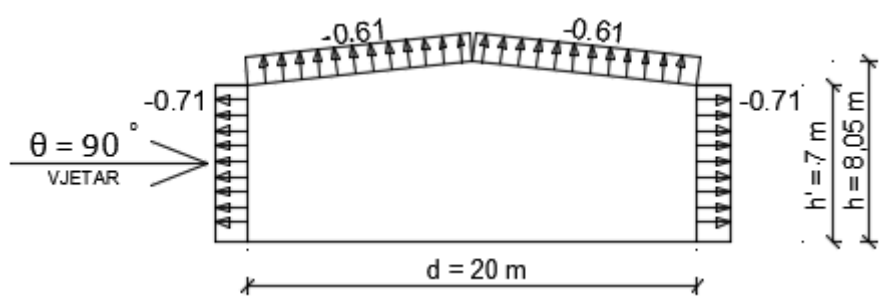
Grafički prikaz opterećenja vjetra ($\theta = 90^\circ$)



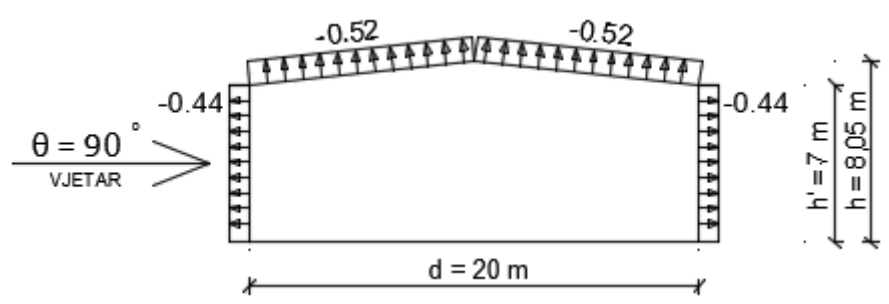
Slika 13. Djelovanje vjetra za slučaj 4



Slika 13.1. Presjek 1 - 1



Slika 13.2. Presjek 2 - 2



Slika 13.3. Presjek 3 - 3

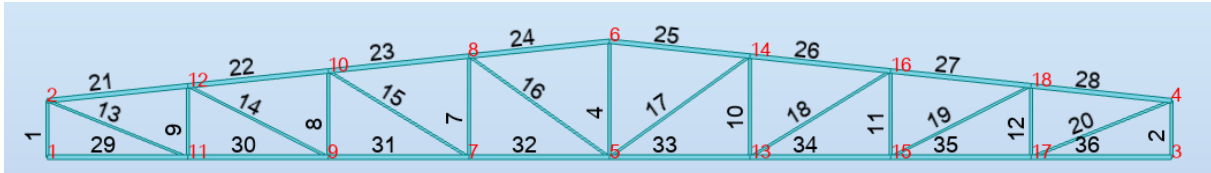
6. MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST KONSTRUKCIJE

Elementi glavnog okvira:

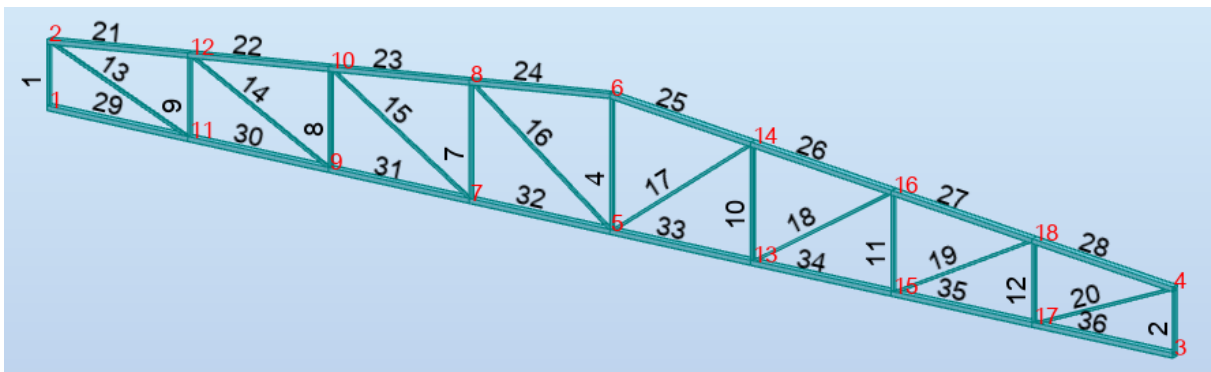
Gornji pojas – Pravokutni cijevni profil 120 x 80 x 5 mm

Ispuna: Kvadratni cijevni profil 50 x 50 x 5 mm

Donji pojas – Pravokutni cijevni profil 120 x 80 x 5 mm



Slika 14. Numeracija čvorova i štapova trapeznog rešetkastog nosača



Slika 15. Numeracija čvorova i štapova trapeznog rešetkastog nosača (3D)

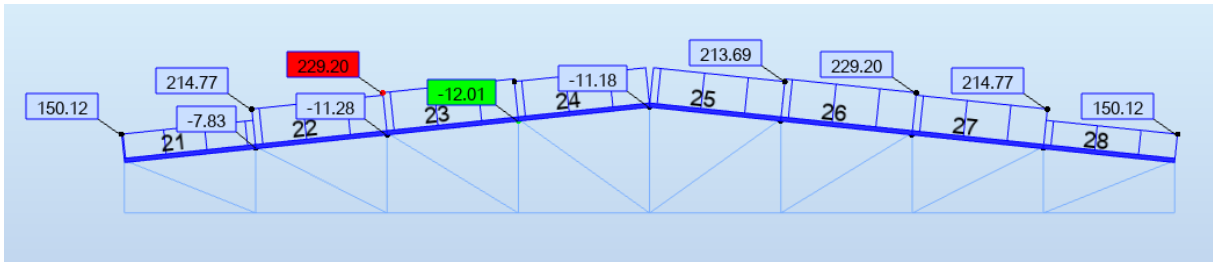
6.1. Kombinacije djelovanja za GSN i GSU

6.1.1. Djelovanja

- 1 v - vlastita težina
- 2 g – stalno djelovanje
- 3 s1 – snijeg (simetrično obe krovne plohe)
- 4 s2 – snijeg (nesimetrično)
- 5 w1 – vjetar – slučaj 1
- 6 w2 – vjetar – slučaj 2
- 7 w3 – vjetar – slučaj 3
- 8 w4 – vjetar – slučaj 4

6.1.2. Kombinacije djelovanja za granično stanje nosivosti (GSN)

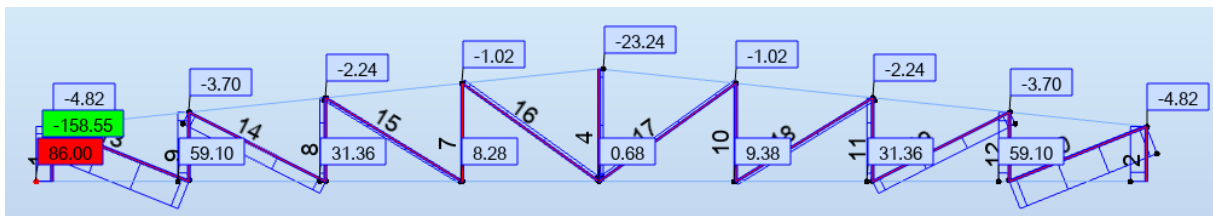
9 (COMB1)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s1)$
10 (COMB2)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s2)$
11 (COMB3)	$1,00 * (v + g) + 1,50 * (w1)$
12 (COMB4)	$1,00 * (v + g) + 1,50 * (w2)$
13 (COMB5)	$1,00 * (v + g) + 1,50 * (w3)$
14 (COMB6)	$1,00 * (v + g) + 1,50 * (w4)$
15 (COMB7)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s1) + 0,6 * 1,50 * (w1)$
16 (COMB8)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s2) + 0,6 * 1,50 * (w1)$
17 (COMB9)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s1) + 0,6 * 1,50 * (w2)$
18 (COMB10)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s2) + 0,6 * 1,50 * (w2)$
19 (COMB11)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s1) + 0,6 * 1,50 * (w3)$
20 (COMB12)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s2) + 0,6 * 1,50 * (w3)$
21 (COMB13)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s1) + 0,6 * 1,50 * (w4)$
22 (COMB14)	$1,35 * (v + g) + 1,50 * (s2) + 0,6 * 1,50 * (w4)$
23 (COMB15)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s1) + 1,50 * (w1)$
24 (COMB16)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s2) + 1,50 * (w1)$
25 (COMB17)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s1) + 1,50 * (w2)$
26 (COMB18)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s2) + 1,50 * (w2)$
27 (COMB19)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s1) + 1,50 * (w3)$
28 (COMB20)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s2) + 1,50 * (w3)$
29 (COMB21)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s1) + 1,50 * (w4)$
30 (COMB22)	$1,35 * (v + g) + 0,5 * 1,50 * (s2) + 1,50 * (w4)$



Slika 16. Dijagram uzdužnih sila za gornji pojas

	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
MAX	229,20	1,02	1,00
Bar	23	21	28
Node	10	2	18
Case	9 (C)	9 (C)	9 (C)
MIN	-12,01	-1,02	-0,95
Bar	23	28	21
Node	8	4	2
Case	13 (C)	9 (C)	9 (C)

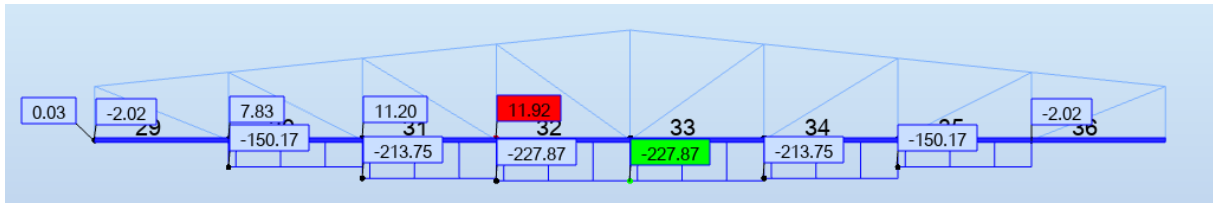
Tablica 8. Maksimalne sile gornjeg pojasa



Slika 17. Dijagram uzdužnih sila za ispunu

	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
MAX	86,00	2,02	1,01
Bar	1	2	2
Node	1	3	4
Case	9 (C)	9 (C)	9 (C)
MIN	-158,55	-2,02	-1,01
Bar	13	1	1
Node	2	1	2
Case	9 (C)	9 (C)	9 (C)

Tablica 9. Maksimalne sile ispune



Slika 18. Dijagram uzdužnih sila za donji pojas

	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
MAX	11,92	1,05	1,00
Bar	32	29	29
Node	7	1	11
Case	13 (C)	9 (C)	9 (C)
MIN	-227,87	-1,05	-1,01
Bar	33	36	29
Node	5	3	1
Case	9 (C)	9 (C)	9 (C)

Tablica 10. Maksimalne sile donjeg pojasa

6.1.3. Kombinacije djelovanja za granično stanje uporabivosti (GSU)

31 (COMB23)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s1)$
32 (COMB24)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s2)$
33 (COMB25)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (w1)$
34 (COMB26)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (w2)$
35 (COMB27)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (w3)$
36 (COMB28)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (w4)$
37 (COMB29)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s1) + 0,6 * 1,00 * (w1)$
38 (COMB30)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s2) + 0,6 * 1,00 * (w1)$
39 (COMB31)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s1) + 0,6 * 1,00 * (w2)$
40 (COMB32)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s2) + 0,6 * 1,00 * (w2)$
41 (COMB33)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s1) + 0,6 * 1,00 * (w3)$
42 (COMB34)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s2) + 0,6 * 1,00 * (w3)$
43 (COMB35)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s1) + 0,6 * 1,00 * (w4)$
44 (COMB36)	$1,00 * (v + g) + 1,00 * (s2) + 0,6 * 1,00 * (w4)$
45 (COMB37)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s1) + 1,00 * (w1)$
46 (COMB38)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s2) + 1,00 * (w1)$
47 (COMB39)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s1) + 1,00 * (w2)$
48 (COMB40)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s2) + 1,00 * (w2)$
49 (COMB41)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s1) + 1,00 * (w3)$
50 (COMB42)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s2) + 1,00 * (w3)$
51 (COMB43)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s1) + 1,00 * (w4)$
52 (COMB44)	$1,00 * (v + g) + 0,5 * 1,00 * (s2) + 1,00 * (w4)$

	UX (mm)	UZ (mm)	RY (Rad)
MAX	3	-5	0,000
Node	5	5	5
Case	31 (C)	35 (C)	34 (C)
MIN	0	-29	-0,000
Node	5	5	5
Case	35 (C)	31 (C)	38 (C)

Tablica 11. Pomak u čvoru 5 (ukupno djelovanje)

	UX (mm)	UZ (mm)	RY (Rad)
MAX	1	15	0,000
Node	5	5	5
Case	3	7	6
MIN	-1	-9	-0,000
Node	5	5	5
Case	7	3	4

Tablica 12. Pomak u čvoru 5 (promjenjivo djelovanje)

	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
MAX	0,00	87,05	0,00
Node	1	1	3
Case	9 (C)	9 (C)	19 (C)
MIN	-0,00	-31,20	-0,00
Node	3	1	1
Case	20 (C)	7	16 (C)

Tablica 13. Reakcije

7. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA ZA GSN I GSU

7.1. Provjera za GSN

7.1.1. Gornji pojas rešetkastog nosača

Najveće vrijednosti uzdužnih sila:

Element br. 23 229.20 kN (tlak)

Element br. 23 12.01 kN (vlak)

Geometrijske karakteristike presjeka:

Odabrani profil Pravokutni cijevni profil 120 x 80 x 5 mm (toplo dogotovljeni)

Visina presjeka $h = 120 \text{ mm}$

Širina presjeka $b = 80 \text{ mm}$

Debljina hrpta $t = 5 \text{ mm}$

1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

- Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{105}{5} \leq 33 * 0,81 \quad ; \quad 21 < 26,73$$

$$d = h - 3t = 120 - 3*5 = 105 \text{ mm}$$

Hrbat je **klasa 1**.

POJASNICA

- Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{65}{5} \leq 33 * 0,81 \quad ; \quad 13 < 26,73$$

$$c = b - 3t = 80 - 3*5 = 65 \text{ mm}$$

Pojasnica je **klasa 1**.

➔ Poprečni presjek je KLASA 1.

2. Otpornost poprečnog presjeka na tlačnu silu

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{18,6 \cdot 35,5}{1} = 660,3 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$; $229,20 \text{ kN} < 660,3 \text{ kN}$ **ZADOVOLJAVA (35%)**

3. Otpornost elementa na izvijanje

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

Oko osi y

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 362}{251^2} = 1190,91 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{18,6 \cdot 35,5}{1190,91}} = 0,74$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,74 - 0,2) + 0,74^2] = 0,83$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,83 + \sqrt{0,83^2 - 0,74^2}} = 0,83$$

Oko osi z

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 192}{251^2} = 631,64 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{18,6 \cdot 35,5}{631,64}} = 1,02$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,02 - 0,2) + 1,02^2] = 1,106$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{1,106 + \sqrt{1,106^2 - 1,02^2}} = 0,65 \rightarrow \text{MJERODAVNO}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,65 \cdot \frac{18,6 \cdot 35,5}{1} = 429,2 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$; $229,20 \text{ kN} < 429,2 \text{ kN}$ **ZADOVOLJAVA (54%)**

7.1.2. Ispuna rešetkastog nosača

Najveće vrijednosti uzdužnih sila:

Element br. 1 86 kN (tlak)

Element br. 13 158.55 kN (vlak)

Geometrijske karakteristike presjeka:

Odabrani profil Kvadratni cijevni profil 50 x 50 x 5 mm (toplo dogotovljeni)

Visina presjeka h = 50 mm

Širina presjeka b = 50 mm

Debljina hrpta t = 5 mm

1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

- Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{45}{5} \leq 33 * 0,81 \quad ; \quad 9 < 26,73$$

$$d = h - 3t = 60 - 3*5 = 45 \text{ mm}$$

Hrbat je **klasa 1**.

POJASNICA

- Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{45}{5} \leq 33 * 0,81 \quad ; \quad 9 < 26,73$$

$$c = b - 3t = 60 - 3*5 = 45 \text{ mm}$$

Pojasnica je **klasa 1**.

→ Poprečni presjek je KLASA 1.

2. Otpornost poprečnog presjeka na tlačnu silu

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{8,79 * 35,5}{1} = 312,05 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$; 86 kN < 312,05 kN **ZADOVOLJAVA (28%)**

3. Otpornost elementa na izvijanje

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

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 29,5}{100^2} = 611,42 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{8,79 \cdot 35,5}{611,42}} = 0,71$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,71 - 0,2) + 0,71^2] = 0,806$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,806 + \sqrt{0,806^2 - 0,71^2}} = 0,84$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,84 \cdot \frac{8,79 \cdot 35,5}{1} = 262,12 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$; 86 kN < 262,12 kN **ZADOVOLJAVA** (33%)

1. Otpornost poprečnog presjeka na vlačnu silu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{8,79 \cdot 35,5}{1} = 312,05 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$; 158.55 kN < 312.05 kN **ZADOVOLJAVA** (51%)

7.1.3. Donji pojas rešetkastog nosača

Najveće vrijednosti uzdužnih sila:

Element br. 1 11.92 kN (tlak)

Element br. 13 227.87 kN (vlak)

Geometrijske karakteristike presjeka:

Odabrani profil Pravokutni cijevni profil 120 x 80 x 5 mm (toplo dogotovljeni)

Visina presjeka h = 120 mm

Širina presjeka b = 80 mm

Debljina hrpta t = 5 mm

1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

- Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{105}{5} \leq 33 * 0,81 \quad ; \quad 21 < 26,73$$

$$d = h - 3t = 120 - 3*5 = 105 \text{ mm}$$

Hrbat je **klasa 1**.

POJASNICA

- Uvjet za klasu 1:

$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon \quad ; \quad \frac{65}{5} \leq 33 * 0,81 \quad ; \quad 13 < 26,73$$

$$c = b - 3t = 80 - 3*5 = 65 \text{ mm}$$

Pojasnica je **klasa 1**.

➔ Poprečni presjek je KLASA 1.

2. Otpornost poprečnog presjeka na tlačnu silu

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{18,6 * 35,5}{1} = 660,3 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$; 11,92 kN < 660,3 kN **ZADOVOLJAVA**

3. Otpornost elementa na izvijanje

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

Oko osi y

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 362}{250^2} = 1200,46 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{18,6 \cdot 35,5}{1200,46}} = 0,74$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,74 - 0,2) + 0,74^2] = 0,83$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,83 + \sqrt{0,83^2 - 0,74^2}} = 0,83$$

Oko osi z

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 192}{1000^2} = 39,8 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{18,6 \cdot 35,5}{39,8}} = 4,07$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (4,07 - 0,2) + 4,07^2] = 9,19$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{9,19 + \sqrt{9,19^2 - 4,07^2}} = 0,057 \rightarrow \text{MJERODAVNO}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,057 \cdot \frac{18,6 \cdot 35,5}{1} = 37,64 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$; $11,92 \text{ kN} < 37,64 \text{ kN}$ **ZADOVOLJAVA**

- Predviđa se pridržanje u sredini raspona (u čvoru 5).

1. Otpornost poprečnog presjeka na vlačnu silu

→ Poprečni presjek je KLASA 1.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{18,6 \cdot 35,5}{1} = 660,3 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti: $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$; $227,87 \text{ kN} < 660,3 \text{ kN}$ **ZADOVOLJAVA (35%)**

7.2. Provjera za GSU

- Maksimalni progib od ukupnog djelovanja: $\delta_{max} = 29 \text{ mm}$
- Dopušteni progib: $\delta_{max,dop} = L/200 = 20000/200 = 100 \text{ mm}$

$$\delta_{max} < \delta_{max,dop} \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

- Maksimalni progib od promjenjivog djelovanja: $\delta_2 = 15 \text{ mm}$
- Dopušteni progib: $\delta_{2,dop} = L/250 = 20000/250 = 80 \text{ mm}$

$$\delta_2 < \delta_{2,dop} \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

8. PRORAČUN SPOJEVA

8.1. Spoj podrožnice na gornji pojas - zavar

Max. odižuće djelovanje vjetra $F_{w,Ed} = 7,80 \text{ kN}$ (vjetar 3)

$$\text{Otpornost 1 cm zavora: } F_{w,Rd} = \frac{f_u * a}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{51 * 0,4}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 10,47 \text{ kN}$$

$$\text{Ukupna otpornost zavora: } F_{w,Rd,uk} = F_{w,Rd} * L = 10,47 * 12 = 125,64 \text{ kN}$$

Kvaliteta čelika S355

$$f_u = 510 \text{ N/mm}^2 = 51 \text{ kN/cm}^2$$

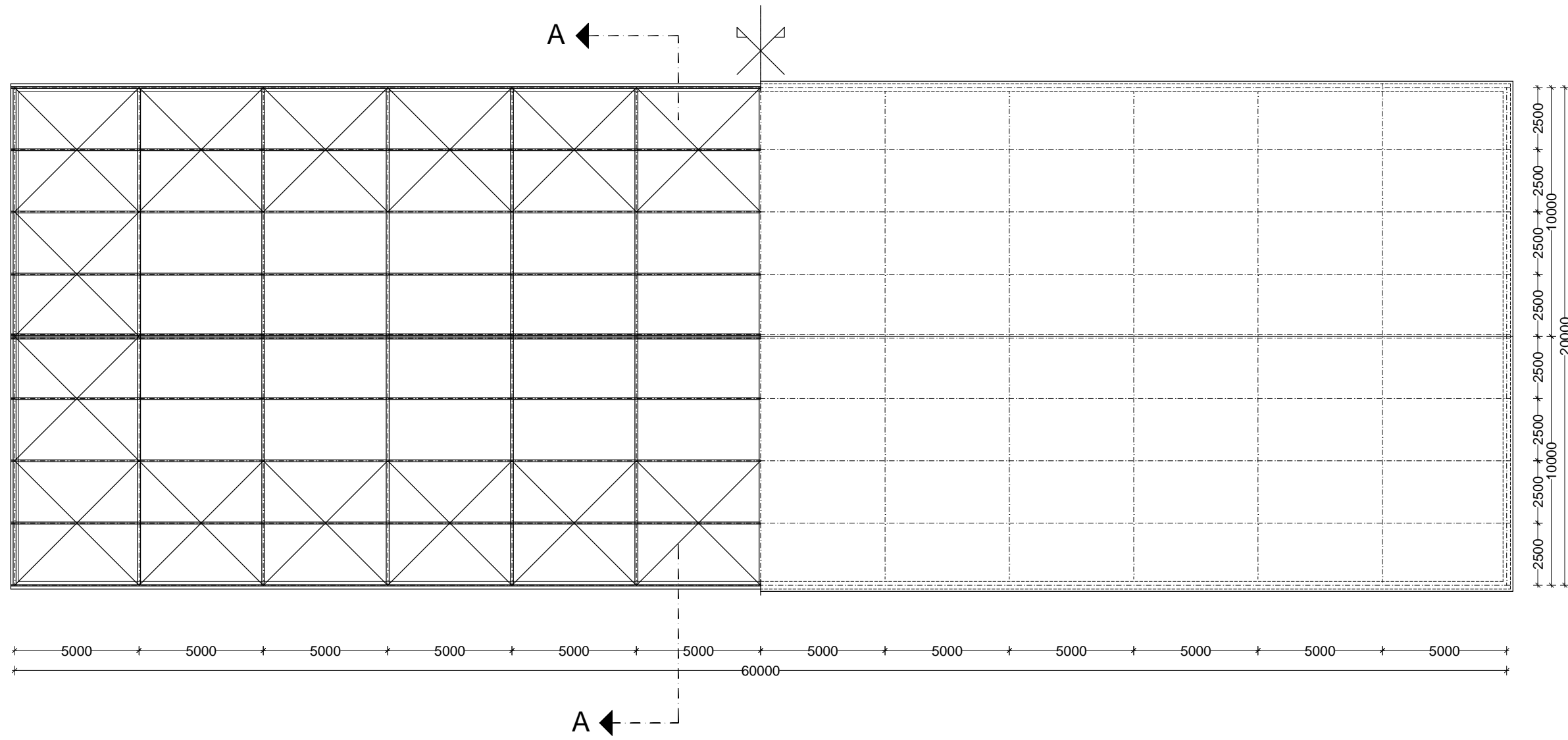
$$\beta_w = 0,9 \text{ za S355}$$

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

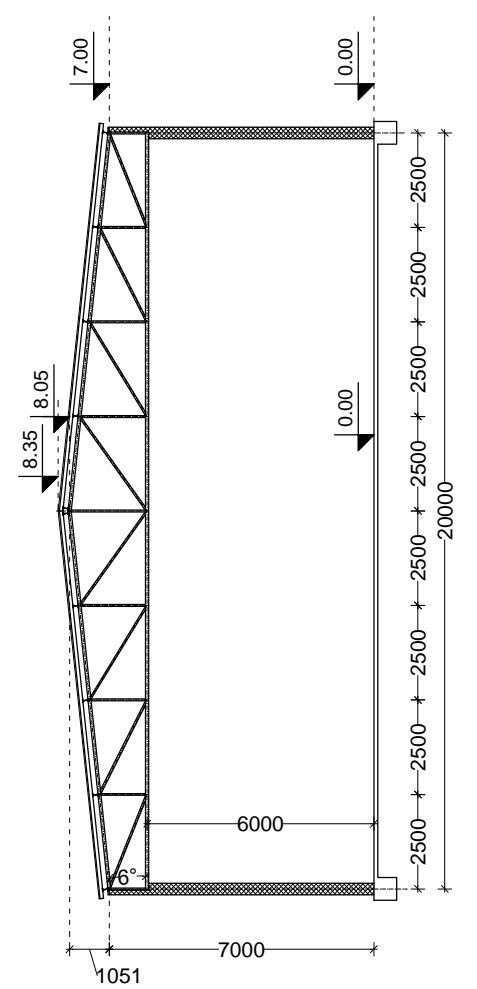
$$\text{Uvjet nosivosti: } F_{w,Ed} < F_{w,Rd,uk} ; 7,80 \text{ kN} < 125,64 \text{ kN} \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

9. NACRTI

TLOCRTNA DISPOZICIJA

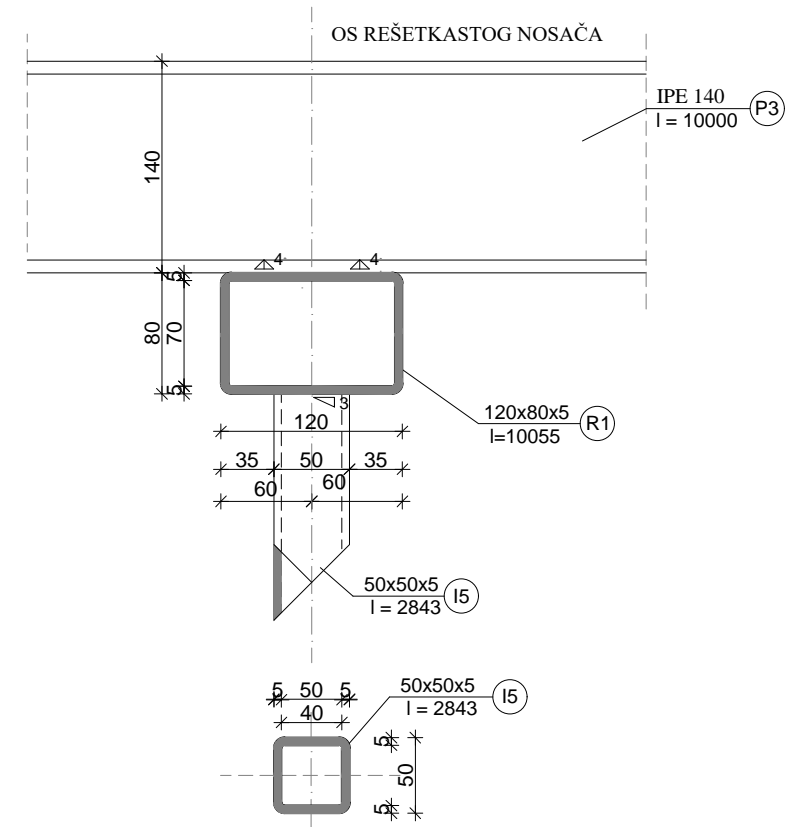
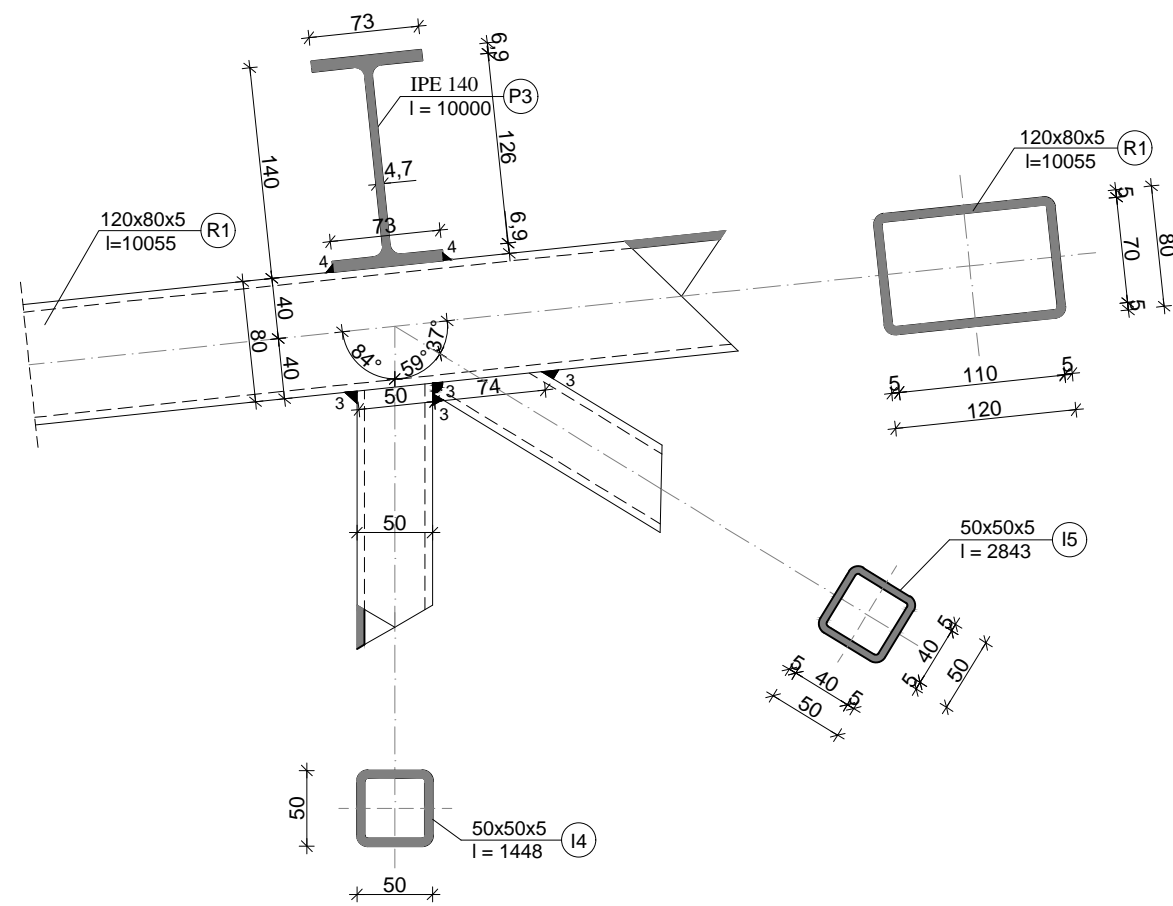


PRESJEK A-A



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Završni rad:	PRORAČUN ČELIČNOG REŠETKASTOG NOSAČA		Sadržaj nacрта: DISPOZICIJA HALE
Student:	Marin Ivković		Kolegij: OSNOVE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA
Mentor:	izv.prof.dr.sc. Mladen Bulić mag.ing.aedif.	Datum: 25.06.2021.	Mjerilo: 1:200
			List: 54

DETALJ A MJ1:5



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI		
Završni rad:	PRORAČUN ČELIČNOG REŠETKASTOG NOSAČA		Sadržaj nacrt:
			DETALJ A
Student:	Marin Ivković		Kolegij:
			OSNOVE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA
Mentor:	Datum:	Mjerilo:	List:
izv.prof.dr.sc. Mladen Bulić mag.ing.aedif.	25.06.2021.	1:5	55

10. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu provedena je analiza i dimenzioniranje glavnog krovnog rešetkastog čeličnog nosača proizvodno-skladišne hale smještene u Puli.

Nakon odabranih profila i provedenog statičkog proračuna u programu *Robot Structural Analysis Professional* može se zaključiti da konstrukcija zadovoljava sve uvjete graničnog stanja nosivosti (GSN) i graničnog stanja uporabivosti (GSU).

U nekim slučajevima bilo je moguće uzeti i manje profile kako bi se povećala njihova iskoristivost, ali ovakvim odabirom profila smo na strani sigurnosti.

11. LITERATURA

- [1] HRN EN 1991-1-3:2012/NA, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom
- [2] HRN EN 1991-1-4:2012/NA, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra
- [3] HRN EN 1993-1-1, Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za građevine, Brisel, 2005.
- [4] HRN EN 1993-1-8, Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-8: Proračun priključaka, Brisel, 2005.
- [5] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., *Čelične konstrukcije 1*, IA Projektiranje, Zagreb, 2009.
- [6] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I., *Čelične konstrukcije 2*, IA Projektiranje, Zagreb, 2007.
- [7] Dujmović, D., Androić, B., Džeba, I., *Modeliranje konstrukcija prema Eurocode 3*, IA Projektiranje, Zagreb, 2004
- [8] Nastavni materijali