

Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama postojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti

Kocijan, Robert

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:157:476165>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



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**

Robert Kocijan

**Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama
postojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti**

**Design of the Roof Structure of Family Dwelling House with the
Analysis of Existing Timber Structure and Alternative Variants**

Diplomski rad

Rijeka, veljača 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Diplomski sveučilišni studij građevinarstva
Konstrukcije
Drvene konstrukcije**

**Robert Kocijan
JMBAG: 0114026529**

**Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama
postojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti**

**Design of the Roof Structure of Family Dwelling House with the
Analysis of Existing Timber Structure and Alternative Variants**

Diplomski rad

Rijeka, veljača 2020.

Naziv studija: **Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Nosive konstrukcije

Tema diplomskog rada

**PROJEKT DRVENOG KROVIŠTA OBITELJSKE STAMBENE ZGRADE S ANALIZAMA POSTOJEĆE
KONSTRUKCIJE I ZAMJENSKIH VARIJANTI**

**DESIGN OF THE ROOF STRUCTURE OF FAMILY DWELLING HOUSE WITH THE ANALYSIS OF
EXISTING TIMBER STRUCTURE AND ALTERNATIVE VARIANTS**

Kandidat: **ROBERT KOCIJAN**

Kolegij: **DRVENE KONSTRUKCIJE**

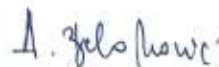
Diplomski rad broj: **K-2019-34**

Zadatak:

U diplomskome radu treba analizirati postojeću krovnu konstrukciju obiteljske stambene zgrade, predložiti i analizirati moguće varijante njene zamjene novim konstrukcijskim rješenjem. Za odabrani sustav treba razraditi tehničko rješenje uobičajeno u praksi projektiranja drvenih konstrukcija: dokazati uporabljivost, mehaničku otpornost i stabilnost drvene konstrukcije, proračunati karakteristične detalje, priložiti potrebne nacрте i iskaze količina materijala. Rad treba sadržavati Uvodni dio, poglavlja relevantna za temu rada i projektni zadatak, zaključak s prikazom rezultata provedene analize i preporuke koje iz njih proizlaze te popis literature.

Tema rada je uručena: 18. veljače 2019.

Mentorica:



izv. prof. dr. sc. Adriana Bjelanović,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Diplomski rad sam izradio samostalno, u suradnji s 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.



Robert Kocijan

U Rijeci, 14. veljače 2020.

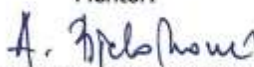
IZJAVA

Diplomski rad izrađen je u sklopu znanstvenog projekta
Poboljšanje proračunskih modela za ocjenu stanja građevinskih konstrukcija

Voditelj projekta	Izv.prof.dr.sc. Ivana Štimac Grandić
Šifra projekta	uniri-technic-18-127
Financijer projekta	Sveučilište u Rijeci
Pravna nadležnost	Sveučilište u Rijeci

U Rijeci, 12. veljače 2020.

Mentor:


Izv.prof.dr.sc. Adriana Bjelanović

SAŽETAK

U diplomskome radu je provedena analiza postojeće drvene krovne konstrukcije obiteljske stambene zgrade te vrednovana prikladnost mogućih varijanti njene zamjene novim konstrukcijskim rješenjima. Krovište natkriva potkrovlje iznad prizemlja zgrade, koje se u postojećim okolnostima ne koristi, a treba ga prenamijeniti u stambeni prostor. Prenamjena ne predviđa bitne izmjene postojeće arhitekture i građevinske konstrukcije zgrade. Izmjene i dopune arhitektonskog rješenja pretpostavljaju promjenu pokrova i djelomičnu promjenu nagiba krovne plohe zbog zamjene postojeće južne fasade potkrovlja novim i višim ostakljenim zidom potkrovlja s pratećim nužnim promjenama građevinske konstrukcije. Rad je fokusiran na moguće izmjene i dopuna građevinskog projekta u dijelu u kojemu se to odnosi samo na drveno krovište jer je nužna zamjena konstrukcije u kojoj je vidljivo propadanje materijala zbog neprikladnog pokrova i dugotrajne izloženosti vlazi. Predmet provedenih analiza su moguće izmjene statičkog sustava krovišta. Primijenjeni su postupci uobičajeni u praksi projektiranja drvenih konstrukcija te priloženi odgovarajući proračuni i nacrti. Prikladnost tehničkih rješenja je vrednovana prema kriterijima iskaza količina materijala i izvedivosti rekonstrukcije uzimajući u obzir i izvođenje priključaka.

Ključne riječi: drveno krovište, postojeća drvena konstrukcija, analize i ocjene izvedivosti zamjenskih varijanti krovišta, prijedlog tehničkog rješenja.

ABSTRACT

In diploma thesis an analysis was conducted of the existing timber roof structure of the family residential building and evaluated the suitability of possible variants of its replacement with new structural solutions. The roof covers the attic above the ground floor of the building, which is not used in the present circumstances, and needs to be converted into a living space. The redevelopment does not foresee significant changes to the existing architecture and construction of the building. Changes and additions to the architectural solution presuppose a change of the roof and partial change of the roof surface slope due to the replacement of the existing southern facade of the attic with a new and higher glazed attic wall with the accompanying necessary changes of the building structure. The paper focuses on possible modifications and additions to construction project in so far it only concerns the timber roof, since it is necessary to replace the structure in which material deterioration is visible due to inadequate cover and long exposure to humidity. The subject of the analysis is the possible changes to the static roofing system. Procedures common in the design of timber structures have been applied and appropriate calculations and plans have been provided. The appropriateness of technical solutions have been evaluated according to the bill of materials and feasibility of reconstruction, taking into account the execution of joints.

Keywords: timber roof, existing timber structure, analysis and evaluation of feasibility assesment of replacement roofing variants, proposal of technical solutions.

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	TEHNIČKI PODATCI O POSTOJEĆOJ KONSTRUKCIJI	1
2.1.	Tehnički opis postojeće drvene konstrukcije krova	2
2.2.	Ocjena stanja postojeće drvene konstrukcije krova.....	4
3.	RAZMATRANA NOVA TEHNIČKIH RJEŠENJA KROVIŠTA	6
3.1.	Osnovne proračunske varijable – djelovanja i svojstva materijala.....	8
4.	ANALIZE PRORAČUNSKIH MODELA KE	9
4.1.	Model 0 – postojeća krovna konstrukcija.....	9
4.1.1.	Rezultati analize Modela 0.....	10
4.1.2.	Provjera graničnog stanja nosivosti GNK.....	15
4.1.3.	Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK	19
4.1.4.	Iskaz materijala.....	21
4.2.	Model A	22
4.2.1.	Rezultati analize modela A	23
4.2.2.	Provjera graničnog stanja nosivosti GNK.....	26
4.2.3.	Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK	29
4.2.4.	Iskaz materijala.....	30
4.3.	Model B1.....	31
4.3.1.	Rezultati analize modela B1	32
4.3.2.	Provjera graničnog stanja nosivosti GNK.....	35
4.3.3.	Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK	36
4.3.4.	Iskaz materijala.....	37
4.4.	Model B2.....	38
4.4.1.	Rezultati analize modela	39
4.4.2.	Provjera graničnog stanja nosivosti GNK.....	42
4.4.3.	Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK.....	43
4.4.4.	Iskaz materijala.....	44
4.5.	Model C1.....	45
4.5.1.	Rezultati analize modela	46
4.5.2.	Provjera graničnog stanja nosivosti GNK.....	48
4.5.3.	Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK	51
4.5.4.	Iskaz materijala.....	51

4.6.	Model C2.....	52
4.6.1.	Rezultati analize modela.....	53
4.6.2.	Provjera graničnog stanja nosivosti GNK.....	55
4.6.3.	Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK.....	58
4.6.4.	Iskaz materijala.....	59
5.	REKAPITULACIJA – OCJENA PRIKLADNOSTI RAZMATRANIH TEHNIČKIH RJEŠENJA.....	60
6.	PRORAČUN SPOJEVA.....	62
6.1.	Spoj rogova u sljemenu – spoj sa čeličnom trakom.....	62
6.2.	Spoj rogova i pajante – spoj s vijkom.....	64
6.3.	Spoj rogova na AB gredu – spoj sa kutnicima.....	65
7.	ZAKLJUČAK.....	69
8.	LITERATURA.....	70
9.	PRILOZI.....	71

POPIS TABLICA:

Tablica 1: Pregledni prikaz modela dopunjen osnovnim karakteristikama

Tablica 2: Mehaničke karakteristike i gustoća materijala – cjelovito drvo C24

Tablica 3: Izmjerene i proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model 0

Tablica 4: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model 0

Tablica 5: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model 0

Tablica 6: Provjera otpornosti presjeka rogova na savijanje POZ 102-4

Tablica 7: Provjera otpornosti presjeka rogova na tlak II s vlaknima POZ 103-5

Tablica 8: Provjera presjeka rogova na posmik POZ 102-2

Tablica 9: Proračun izvijanja rogova POZ 101-104

Tablica 10: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 101-3

Tablica 11: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Tablica 12: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-2

Tablica 13: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Tablica 14: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-2

Tablica 15: Proračun izvijanja stupa POZ S

Tablica 16: Interakcija tlaka + izvijanja stupa POZ S5

Tablica 17: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 101-104

Tablica 18: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 101-3

Tablica 19: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Tablica 20: Provjera GSU početnih i konačnih rogova POZ 102-2

Tablica 21: Iskaz materijala za Model 0

Tablica 22: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model A

Tablica 23: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model A

Tablica 24: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model A

Tablica 25: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Tablica 26: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-2

Tablica 27: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Tablica 28: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-6

Tablica 29: Proračun izvijanja stupa POZ S

Tablica 30: Interakcija tlaka + izvijanja stupa POZ S4

Tablica 31: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Tablica 32: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-3

Tablica 33: Iskaz materijala za Model A

Tablica 34: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model B1

Tablica 35: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za model B1

Tablica 36: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model B1

Tablica 37: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Tablica 38: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-2

Tablica 39: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Tablica 40: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-3

Tablica 41: Iskaz materijala za model B1

Tablica 42: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model B2

Tablica 43: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za model B2

Tablica 44: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model B2

Tablica 45: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Tablica 46: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-3

Tablica 47: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Tablica 48: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-2

Tablica 49: Iskaz materijala za model B2

Tablica 50: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model C1

Tablica 51: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model C1

Tablica 52: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model C1

Tablica 53: Provjera presjeka rogova na posmik POZ 102-6

Tablica 54: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Tablica 55: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-3

Tablica 56: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Tablica 57: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-6

Tablica 58: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Tablica 59: Provjera GSU početnih i konačnih POZ 102-2

Tablica 60: Iskaz materijala za model C1

Tablica 61: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model C2

Tablica 62: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model C2

Tablica 63: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model C2

Tablica 64: Provjera presjeka na posmik rogova POZ 102-6

Tablica 65: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Tablica 66: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-1

Tablica 67: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Tablica 68: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-4

Tablica 69: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Tablica 70: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-2

Tablica 71: Iskaz materijala za model C2

Tablica 72: Rezultati analize modela i ocjena prikladnosti sustava

Tablica 73: Komentar prikladnosti sustava i preporuke izbora

Tablica 74: Mjerodavne proračunske sile u provjerama nosivosti spoja

Tablica 75: Vrsta spojnih sredstava u spoju GNK u sljemenu

Tablica 76: Prijenos tlačne sile preko kosog sudara

Tablica 77: Mjerodavna proračunska sila u provjerama nosivosti spoja

Tablica 78: Vrsta spojnih sredstava u spoju rogova i pajante

Tablica 79: Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje

Tablica 80: Mjerodavne sile u provjerama nosivosti spoja,

Tablica 81: Provjera nalijeganja rogova na nazidnicu

Tablica 82: Vrsta spojnih sredstava u spoju rogova i nazidnice – spoj sa kutnikom

Tablica 83: Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje – spoj kutnika sa rogovima

Tablica 84: Provjera otpornosti sidra na bočno opterećenje – spoj kutnika sa nazidnicom i AB gredom

Tablica 85: Minimalni razmaci čavala LBA u rogovima bez predbušenja za kut sile $\alpha=0^\circ$ (iz kataloga LBA high bond nail; Rothoblass)

Tablica 86: Proračun koeficijenta oblika opterećenja snijegom

Tablica 87: Prikaz karakterističnog opterećenja snijegom, s_k

Tablica 88: Vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za dvostrešne krovove (smjer vjetra $\theta=0^\circ$)

Tablica 89: Vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za dvostrešne krovove (smjer vjetra $\theta=90^\circ$)

Tablica 90: Površine vjetrovnih zona

Tablica 91: Koeficijenti vanjskog tlaka C_{pe} za površine vjetronih zona između 1 m² i 10 m²

Tablica 92: Rezultantni pritisak vjetra na krov ($\theta=0^\circ$; $\alpha=40^\circ$)

Tablica 93: Rezultantni pritisak vjetra na krov ($\theta=0^\circ$; $\alpha=33^\circ$)

Tablica 94: Rezultantni pritisak vjetra na krov ($\theta=90^\circ$; $\alpha=33^\circ$ i 40°)

Tablica 95: Popis kombinacija opterećenja provedenih za sve varijante konstrukcija

Tablica 96: Karakteristike i opis statičkog sustava OSB/3 ploča

Tablica 97: Osnovna kombinacija za stalne/prolazne situacije (GSN)

Tablica 98: Nazovistalna proračunska kombinacija – početna deformiranja (GSU)

Tablica 99: Nazovistalna proračunska kombinacija – konačna deformiranja (GSU)

Tablica 100: Provjera otpornosti na savijanje OSB/3 ploča

Tablica 101: Provjera otpornosti na posmik OSB/3 ploča

Tablica 102: Prikaz dozvoljenih progiba OSB/3 ploča

Tablica 103: Provjera GSU početnih i konačnih OSB/3 ploča

Tablica 104: Čvrstoće betona C20/25 i armature B500B

Tablica 105: Zaštitni sloj betona

Tablica 106: Dimenzije poprečnog presjeka grede i stupa

Tablica 107: Dimenzioniranje betonskog presjeka grede

Tablica 108: Dimenzioniranje betonskog presjeka grede na poprečne sile

Tablica 109: Proračun vitkosti stupa

Tablica 110: Dimenzioniranje armiranobetonskog stupa

POPIS SLIKA:

Slika 1: Pokrov bitumenskom ljepenkom na daščanoj oplati – prikaz zapadne strane krova i pročelja zgrade

Slika 2: Spoj pajante i vertikalne kladice

Slika 3: Primarni i sekundarni nosivi sustav

Slika 4: Ispucala drvena građa od utjecaja vlage i stanje daščane oplata (trula oplata krovništva i zahvaćene grede glavne konstrukcije s dubokim površinskim raspuklinama)

Slika 4a: Tragovi modrine zbog vlage

Slika 4b: Površinske pukotine od skupljanja

Slika 4c: Modrina na daščanoj oplati i raspucalost

Slika 4d: Trulež rogova

Slika 5.a i 5.b: Trula konstrukcija drvenog veznog sustava iznad masivnog nadozida na zapadnom pročelju

Slika 6: Konstrukcijsko oštećenje zbog stepenastog zasijecanja kombinirano s utjecajem vlage (spoj na sljemenu)

Slika 7: Primjeri korišteni za modele A, B1/2 i C1

Slika 8: Primjer korišten u modelu C2

Slika 7: Primjer polaganja OSB/3 ploča korišten za modele 0, A, B1/2 i C1

Slika 8: Primjer polaganja OSB/3 ploča korišten u modelu C2

Slika 9: Prikaz modela početnog stanja (Model 0)

Slika 9.a: Prikaz modela orijentiran J-S

Slika 9.b. Tlocrtni prikaz modela

Slike 9.c: Vizualizacija modela

Slika 10: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-4

Slika 11: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-5

Slika 12: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-2

Slika 13 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-2

Slika 14 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 101-3

Slika 15: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-2

Slika 16: Prikaz najveće tlačne sile u stupovima/kosnicima POZ S5

Slika 17: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 101-3

Slika 18: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2

Slika 19: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 101-3

Slika 20: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

Slika 21: Prikaz modela A

Slika 21.a. Prikaz modela orijentiran J-S
Slika 21.b. Tlocrtni prikaz modela
Slika 21.c. Vizualizacija modela
Slika 22: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-5
Slika 23: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-2
Slika 24: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-6
Slika 25 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-2
Slika 26: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6
Slika 27: Prikaz najveće tlačne sile u stupovima/kosnicima POZ S4
Slika 28: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-3
Slika 29: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2
Slika 26: prikaz Modela B1
Slika 26.a: Prikaz modela orijentiran J-S
Slika 26.b: Tlocrtni prikaz modela
Slika 26c: Vizualizacija modela
Slika 27: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-4
Slika 28: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-2
Slika 29: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-6
Slika 30: Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-2
Slika 31: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6
Slika 32: Prikaz najveće tlačne sile u kosniku POZ K1-102
Slika 33: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-3
Slika 34: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-3
Slika 35: Prikaz modela B2
Slika 35.a: Prikaz modela orijentiran J-S
Slika 35.b: Tlocrtni prikaz modela
Slika 35.c: Vizualizacija modela
Slika 36: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-5
Slika 37: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-3
Slika 38: Prikaz najveće poprečne sile POZ 103-4
Slika 39: Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-3
Slika 40: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6
Slika 41: Prikaz najveće tlačne sile u kosnicima POZ K1-102-3
Slika 42: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2
Slika 43: prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2
Slika 44: Prikaz modela C1

Slika 44.a: Prikaz modela orijentiran J-S

Slika 44.b: Tlocrtni prikaz modela

Slika 44.c: Vizualizacija modela

Slika 45: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-4

Slika 46: Prikaz najveće tlačne sile POZ 102-6

Slika 47: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-6

Slika 48 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-3

Slika 49: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6

Slika 50: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2

Slika 51: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

Slika 52: Prikaz modela C2

Slika 52.a:Prikaz modela orijentiran J-S

Slika 52.b: Tlocrtni prikaz modela

Slika 52.c: Vizualizacija modela

Slika 53: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-2

Slika 54: Prikaz najveće tlačne sile POZ 102-4

Slika 55: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-4

Slika 56: Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-1

Slika 57: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-4

Slika 58: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2

Slika 59: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

Slika 60: Karakteristike LBA čavala (iz kataloga LBA high bond nail; Rothoblass)

Slika 61: Prikaz razmaka rupa LBB čelične trake (iz kataloga LBB Perforated tape; Rothoblass)

Slika 62: Karakteristike KOS vijka (iz kataloga KOS-KOT Hexagonal/round head bolt; Rothoblass)

Slika 63: Prikaz WBO90 kutnika (iz kataloga WVB: WBO 70-90-100 Standard angle brackets without reinforcement; Rothoblass)

Slika 64: Karakteristike sidra AB12145 (iz kataloga AB7 Heavy-duty expansion anchor CE7; Rothoblass)

Slika 65: Karta snježnih područja RH (HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2016)

Slika 66: Koeficijenti oblika opterećenja snijegom za dvostrešne krovove

Slika 67: Osnovna brzina vjetrova $v_{b,0}$ (HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2016)

Slika 70: Prikaz vjetrovnih zona za smjer vjetrova $\theta = 0^\circ$ iz EN 1991-1-4:2012/NA:2012 (HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2016)

Slika 68: Prikaz vjetrovnih zona krovništva za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$

Slika 69: Prikaz vjetrovnih zona za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ iz EN 1991-1-4:2012/NA:2012
(HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2016)

Slika 70: Prikaz vjetrovnih zona krovništva za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$

1. UVOD

U postojećem stanju, potkrovlje iznad etaže prizemlja obiteljske kuće je neiskorišten, negrijan i neprikladno natkriven prostor koji ne udovoljava zahtjevima svrhe radi koje je izgrađeno kao stambeni prostor. Projektnim zadatkom je predviđeno da se potkrovlje stavi u funkciju, opseg intervencija u postojeće arhitektonsko rješenje s pratećim izmjenama i dopunama građevinskog projekta svede na minimum, a drveni elementi postojeće konstrukcije krovništa iskoriste u izvedivoj mjeri.

Izmjene i dopune postojećih tehničkih rješenja uključuju zamjenu pokrova i djelomičnu promjenu nagiba krovne plohe koja je rezultat zamjene postojeće južne fasade potkrovlja novim i višim ostakljenim zidom.

U fokusu diplomskoga rada je ocjena prikladnosti mogućih varijanti zamjene postojeće drvene konstrukcije krova novim konstrukcijskim rješenjima. Izmjene geometrije krovništa koje su posljedica promjene poprečnog nagiba na dijelu južne strehe u manjoj mjeri utječu na potrebu zamjene postojećeg krovništa novim. Primarni razlog potrebe za rekonstrukcijom su vidljivo propadanje materijala zbog neprikladnog postojećeg načina pokrivanja koje je prouzročilo dugotrajno izlaganje nosive drvene konstrukcije vlazi (od padalina odozgo i prodora vlage iz uzdužnoga fasadnog ziđa u području oslonaca rogova).

Analizirane varijante zamjene drvenog krovništa uključuju prilagodbu postojećeg nosivog sustava novom rasteru rogova i novom pokrovu te moguće izmjene (pojednostavnjenja) statičkog sustava krovne konstrukcije. Primijenjeni su svi postupci koji su uobičajeni u praksi projektiranja drvenih konstrukcija (modeliranje, statičke analize modela, proračuni graničnih stanja – provjere uporabljivosti te mehaničke otpornosti i stabilnosti elemenata i sustava te spojeva) i priloženi odgovarajući proračuni i nacrti. Prikladnost tehničkih rješenja je vrednovana prema kriterijima iskaza količina materijala i izvedivosti adaptacije uzimajući u obzir i izvođenje priključaka.

2. TEHNIČKI PODATCI O POSTOJEĆOJ KONSTRUKCIJI

Lokacija obiteljske stambene zgrade s potkrovljem je Strahoninec (Međimurska županija). Zgrada vanjskih gabarita 14,60 x 13,37 m je zidanica, s potkrovljem iznad etaže prizemlja. Stropna konstrukcija prizemlja je armiranobetonska ploča debljine 20 cm oslonjena na armiranobetonske serklaže u vanjskim zidovima i armiranobetonske grede iznad unutrašnjih zidova poprečnog i uzdužnog smjera (u svakom smjeru je jedan unutrašnji nosivi zid). U vanjskim uglovima zidova prizemlja i prvoga kata te na uzdužnim osnim rasterima od otprilike 5,0 m izvedeni su vertikalni armiranobetonski serklaži dimenzija 30 x 30 cm. Horizontalni serklaži zidova su dimenzija 30 x 30 cm. Zabati masivni, izvedeni u opeci i s armiranobetonskim serklažima. Masivna konstrukcija obiteljske zgrade nije predmet ovoga proračuna niti bilo kakve adaptacije. Osnovni geometrijski podatci i dispozicijski raspored konstrukcijskih elemenata vidljiv je iz priloženih nacрта (Prilog 5).

Potkrovlje je izvedeno iznad masivne stropne konstrukcije prizemlja zgrade, s drvenom konstrukcijom krovništa koja zahtijeva adaptaciju i predmet je proračuna.

2.1. Tehnički opis postojeće drvene konstrukcije krova

Postojeća krovna konstrukcija je dvostrano drveno krovište kombiniranog sustava na nosivim nadozidima. Karakteristični tlocrtni prikazi s oznakama pozicija i položaja karakterističnih presjeka su dostupni u Prilogu 5 (Nacrta 1 i 2). Nagibi krovne konstrukcije su dijelom nesimetrični – 33° na istočnoj strehi, a 40° i 33° na zapadnoj (Slika 1). Na zapadnoj strani su rogovi strmijeg nagiba (ostakljeni dio fasade) oslonjeni na drveni okvir iznad armiranobetonske kontra-grede ukupne visine 78 cm (gornja kota masivnog nadozida je 48 cm izdignuta iznad stropne ploče), a duljina im varira između poprečnih presjeka 1-1 i 3-3 (Nacrt 2, Prilog 5). Podložna greda drvenog okvira (b/h = 14/16 cm) nalazi se iznad nazidnice, sidrena je u masivni nadozid, stupovi (14/14 cm) pozicionirani između ostakljenja, a gornja greda okvira (donja podrožnica rogova) je dimenzija 14/16 cm. Rogovi istočne plohe krova blažeg nagiba (33°) su oslonjeni na masivnu strehu – vanjsku istaku armiranobetonske stropne ploče. Na toj je strani zgrade izvedena nenatkrivena terasa trokutastog tlocrta pa se duljina rogova smanjuje od poprečnog presjeka 1-1 do 3-3 (Nacrta 2, Prilog 5). Rogovi istočne strane su kraći od onih na zapadnoj strani krova čija duljina također varira između presjeka 1-1 i 3-3. Preko drvene donje podrožnice (14/16 cm) su oslonjeni na armiranobetonskih horizontalni serklaž iznad nosivog zida. Krajnji parovi rogova presjeka 140/180 cm su pozicionirani uz zabatne zidove potkrovlja. Raster rogova u svim poprečnim presjecima varira između 80 cm i 97 cm.

Na dijelu tlocrtne površine potkrovlja izveden je središnji uzdužni nosivi zid s armiranobetonskim serklažima presjeka 30/40 cm (Nacrt 2, Prilog 5) te poprečni nosivi zid čija je gornja visinska kota ispod uzdužnog serklaža sa (Nacrt 2, Prilog 5).



Slika 1: Pokrov bitumenskom ljepenkom na daščanoj oplati – prikaz zapadne strane krova i pročelja zgrade

Postojeći konstrukcijski sustav krovišta je kombiniran: ispod uzdužnog unutrašnjeg serklaža je pozicionirana pajanta presjeka 2 x 8/ 16 cm i osnih duljina 6,82 m i 7,28 m koje povezuje rogove svakoga para. Pajanta je razmaknuto sastavljeni tlačni element s lokalnim bočnim ukrućenjima dijelova dvostrukog presjeka. Lokalna bočna ukrućenja dijelova dvostrukog presjeka pajante su rogovi (na krajevima) te na krajevima pajante su rogovi, a u središnjem dijelu su to vertikalne kladice (presjek 14/20 cm) koje istovremeno omogućavaju posredni priključak kosnika (presjek 14/18 cm) na pajantu i sidrenje u uzdužni serklaž (Slika 2). Te su vertikalne kladice smještene uz bočne stranice uzdužnoga serklaža pa je priključak

kosnika ekscentričan. Rogovi su u sljemenu povezani na kosi sudar i „zubom“ oslonjeni zubom na gornju podrožnicu (sljemenjača $b/h = 14/18$ cm) po cijeloj duljini krovišta. Navedeni konstrukcijski elementi zajedno s rogovima formiraju sekundarni nosivi sustav krovišta.

Primarni nosivi sustav sadrži i dodatne konstrukcijske elemente – vertikalne stupove ($b/b = 14/18$ cm) koji na rasterima od cca 2,5 m podupiru sljemenjaču, a oslonjeni su na daščani prag sidren u uzdužni serklaž.

U uzdužnom smjeru masivni središnji zid osigurava stabilnost u donjoj razini krova (oslonac je i pajantama). U gornjoj razini stabilnost osigurava “mekani uzdužni zid”: sustav sljemenjača – vertikalni stupovi s kosnicima na svakom drugom stupu (Nacrt 1, Prilog 5). Elementi i konstrukcijski sustav te priključci su vidljivi i na Slici 3.



Slika 2: Spoj pajante i vertikalne kladice



Slika 3: Primarni i sekundarni nosivi sustav

Ovakav sustav je karakterističan za dva poprečna presjeka krovišta (1-1 i 2-2) s duljinama rogova 9,01 m i 7,40 m na zapadnoj strani, dok duljina rogova na istočnoj strani varira od cca 8,95 m do 4,82 m.

U poprečnom presjeku 3-3, duljina rogova na istočnoj strani varira između 4,20 i 1,44 m te su zato slobodno oslonjeni na sljemenjaču i vanjski armiranobetonski serklaž. Konstrukcijski sustav u tom presjeku zato je drugačiji od sustava u presjecima 1-1 i 2-2 jer pajanta povezuje samo rogove zapadne strehe, a na drugom je kraju pričvršćena na uzdužni unutrašnji serklaž. Stabilnost krova u uzdužnom smjeru, a poprečnom smjeru samo na zapadnoj strani, ostvarena je kao u presjecima 1-1 i 2-2.

2.2. Ocjena stanja postojeće drvene konstrukcije krova

Potkrovlje nije nikada bilo u uporabi; prvotni pokrov je odstranjen, a iznad postojeće daščane oplata izvedeno provizorno natkrivanje bitumenskom šindrom (ljepenka). Posljedice dugotrajnog vlaženja zato su vidljive i na cijeloj postojećoj konstrukciji krovišta koja zahtijeva zamjenu (Slika 4). Mjestimice su prisutna i oštećenja koje su prouzročili kombinirani utjecaji vlage i nepravilnog izvođenja spojeva stepenastim zasijecanjem (Slika 6).



Slika 4.a: Tragovi modrine zbog vlage



Slika 4.b: Površinske pukotine od skupljanja



Slika 4.c: Modrina na daščanoj oplati i raspucalost



Slika 4.d: Trulež rogova

Slika 4: Ispucala drvena građa od utjecaja vlage i stanje daščane oplata (trula oplata krovišta i zahvaćene grede glavne konstrukcije s dubokim površinskim raspuklinama)



Slika 5.a i 5.b: Trula konstrukcija drvenog veznog sustava iznad masivnog nadozida na zapadnom pročelju









Slika 6: Konstrukcijsko oštećenje zbog stepenastog zasijecanja kombinirano s utjecajem vlage (spoj na sljemenu)

Od cjelokupne građe krovišta u budućoj sanaciji (zamjeni) konstrukcije mogu se iskoristiti elementi pajante koji nisu pretrpili nikakva vidljiva oštećenja od utjecaja vlage.

3. RAZMATRANA NOVA TEHNIČKIH RJEŠENJA KROVIŠTA

Intervencije u zamjenu postojeće krovne konstrukcije dijelom su povezane i sa oživljavanjem stambene funkcije potkrovlja. Planirano je izvesti promjene nagiba na zapadnoj strani krovišta tj. postojeće nesimetrične nagibe zamijeniti jedinstvenim nagibom od 33°, a postojeću „mekanu“ ostakljenu stijenu zamijeniti masivnim armiranobetonskim okvirom. Nadalje, svi prijedlozi zamjene postojeće konstrukcije krovišta se zasnivaju na primjeni novog limenog pokrova, uklanjaju postojeće daščane oplata i zamjenu trule oplata OSB3 pločama (vodootporne, nosive) i prilagodbi rastera rogova na 1,25 m. OSB ploče su i u funkciji krovne dijafragme (pločasta ukrute) s dodatkom čeličnih stabilizacijskih (čavlanih) traka. Razmatrane su 3 osnovne zamjenske varijante (Modeli A – C) od kojih Modeli B i C imaju po dvije varijante. U Tablici 1.

Tablica 1: Pregledni prikaz modela dopunjen osnovnim karakteristikama

Model	Prikaz poprečnog presjeka	Statički sustav krovišta na nadozidu	Raster rogova	Nagibi rogova	Uzdužna stabilizacija
Model 0		Kombinirani sustav –pajantno krovište na nadozidu (donja razina) i podroženičko (gornja razina) s kosim potporama rogova POZ K1	cca 80 – 97 cm	$\alpha_1 = 33^\circ$ $\alpha_{2,1} = 33^\circ$ $\alpha_{2,2} = 40^\circ$	Sustav sljemenjače i vertikalnih stupova s kosnicima (POZ S, POZ VS, POZ K2)
Model A					
Model B1		Pajantno krovište na nadozidu s kosim potporama rogova (POZ K1*) ¹⁾ . ¹⁾ u Modelu B2 su kosnici iznad arm. betonske grede	125 cm	$\alpha_1 = 33^\circ$ $\alpha_2 = 33^\circ$	Čelične trake / OSB krovna dijafragma
Model B2					
Model C1					
Model C2		Pajantno krovište na nadozidu s podrožnicama (oslonci OSB ploča)	238 cm		Čelične trake i podrožnice (rešetkasti spreg)

Legenda:

α_1 – nagib istočne krovne plohe

α_2 – nagib zapadne krovne plohe

POZ 101* i POZ 104*: parovi rogova nagiba $\alpha_1 = 33^\circ$ i $\alpha_2 = 40^\circ$

POZ 102* i POZ 103*: parovi rogova nagiba $\alpha_1 = 33^\circ$ i $\alpha_2 = 33^\circ$

POZ S: sljemenjača

POZ P*: pajanta

POZ K1*: kosnici u poprečnom smjeru

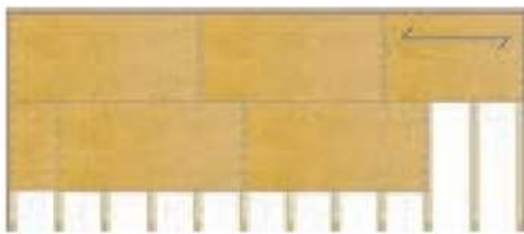
POZ K2: kosnici u uzdužnom smjeru

POZ VS: stupovi

POZ 105: podrožnice (Model C2)

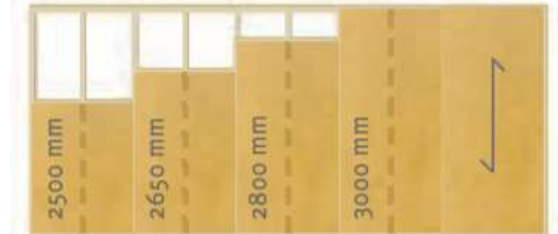
Napomena: Pozicije s različitim duljinama imaju oznaku*.

Prikazi oblaganja OSB pločama u modelima: a) na rogove (modeli 0, A, B1, B2 i C1) (Slika 7) b) na podrožnice (model C2 s većim rasterom rogova) (Slika 8).



horizontalna montaža

Slika 7: Primjer polaganja OSB/3 ploča korišten za modele 0, A, B1/2 i C1



vertikalna montaža

Slika 8: Primjer polaganja OSB/3 ploča korišten u modelu C2

Prikazani su svi razmatrani modeli, zajedno s modelom postojećeg krovišta (Model 0). Zbog oštećenja prouzročenih vlagom, u modelu se pretpostavljene smanjene širine presjeka konstrukcijskih elemenata.

U modelu A zadržan je postojeći statički sustav, ali prilagođen novom nagibu na zapadnoj strani krova i rasteru rogova. Prikazi razmatranih modela su u Tablici 1 dopunjeni i kratkim opisima te bitnim tehničkim podacima.

Za razmatrane varijante su priređeni KE modeli u Staad.pro programskom paketu, provedene provjere graničnih stanja i prikazane količine utrošene drvene građe.

3.1. Osnovne proračunske varijable – djelovanja i svojstva materijala

U proračunu je za postojeće tehničko rješenje i sve prijedloge novih primijenjena drvena građa prosječne kvalitete – konstrukcijsko drvo razreda čvrstoće C24 (HRN EN 338:2016) [5].

Tablica 2: Mehaničke karakteristike i gustoća materijala – cjelovito drvo C24

Konstrukcijsko drvo C24					
Razred čvrstoće		C24	Razred uporabe	1	
Karakteristična gustoća		kg/m ³	Trajanje opterećenja	kratko	
ρ_k	350				
Karakteristični modul elastičnosti			$E_{0,05}$	7400	N/mm ²
Srednji modul posmika			G_{mean}	690	N/mm ²
Karakteristične čvrstoće					
Karakteristična čvrstoća na savijanje			$f_{m,0,k}$	24	N/mm ²
Karakteristična čvrstoća na tlak paralelno s vlaknima			$f_{c,0,k}$	21	N/mm ²
Karakteristična čvrstoća na tlak okomito na vlakna			$f_{c,90,k}$	2,5	N/mm ²
Karakteristična posmična čvrstoća			$f_{v,k}$	4	N/mm ²
Koeficijenti potrebni za proračun					
Faktor izmjene čvrstoće			k_{mod}	0,9	
Faktor utjecaja pukotina			k_{cr}	0,67	
Faktor oblika presjeka			k_m	0,7	
Faktor visine presjeka			k_h	1	
Faktor početnog deformiranja			β_c	0,2	
Faktor sigurnosti za materijal			γ_M	1,3	
Faktor deformiranja			k_{def}	0,8	
Proračunske čvrstoće					
Proračunska čvrstoća na savijanje			$f_{m,d}$	16,62	N/mm ²
Proračunska tlačna čvrstoća paralelno s vlaknima			$f_{c,0,d}$	14,54	N/mm ²
Proračunska tlačna čvrstoća okomito na vlakna			$f_{c,90,d}$	1,73	N/mm ²
Proračunska posmična čvrstoća			$f_{v,d}$	2,77	N/mm ²

Analize djelovanja su provedene za postojeći konstrukcijski sustav i nagibe krovnih ploha te prijedloge izmjena s novim, simetričnim krovnim plohama. Analize djelovanja i proračunske kombinacije korištene u analizama KE (konačni elementi) modela su sadržaj Priloga 1. U poglavlju 3 su prezentirani razmatrani proračunski modeli za postojeću konstrukciju i prijedlozi zamjenskih konstrukcijskih sustava koji su navedeni i opisani u Tablici 1 te prikazani rezultati proračuna.

4. ANALIZE PRORAČUNSKIH MODELA KE

Svrha priređenih štapnih modela jest usporedba rezultata statičkih analiza. Korišteni su "beam KE" (za rogove i pajante opterećene masom podgleda od knaufa), "truss KE" (za stupove) i "compression only KE" (za kosnike POZ K1 i K2 koji stabilizirajuću funkciju mogu obnašati samo kao tlačni elementi). Priključci elemenata i rubni uvjeti na osloncima su modelirani pojednostavnjeno te nisu uzeti u obzir: a) ekscentriciteti (npr. u posrednim priključcima kosnika u poprečnoj ravni na pajantu, odnosno uzdužnu armiranobetonsku gredu, kao i veze između pajante i uzdužnog serklaža, gdje u stvarnoj konstrukciji postoje); b) stvarna krutost priključaka (posebno važna za tradicionalne priključke) i c) krutost oslonaca drvenog krovišta na armiranobetonsku podkonstrukciju i zidove.

Za početni model (0) te modele A – C koji se odnose na razmatrane varijante zamjene postojeće konstrukcije, provjere uporabljivosti su provedene za nepovoljniju situaciju: onu u kojoj se zanemaruje da podgled od knaufa djeluje kao dijafragma u ravni pajante (zamjena za spreg u ravni pajante) što bi sustav činilo horizontalno nepomičnim i povoljno utjecalo na deformiranja rogova. U postojećem stanju i za sve razmatrane varijante adaptacije, podgled od knaufa (s metalnim držačima) se nalazi u i donjoj razinu rogova te se može pretpostaviti da u području priključka pajante rogovi imaju istu duljinu izvijanja u obje ravnine.

Pretpostavljeno je da će navedena pojednostavnjenja biti prihvatljiva za ovu razinu provedbe projektne analize, primijene li se pod istim uvjetima na sve modele.

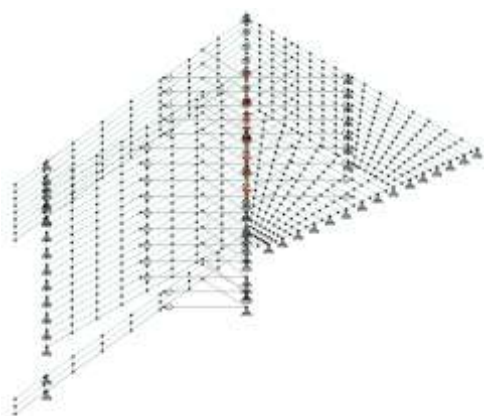
4.1. Model 0 – postojeća krovna konstrukcija

S obzirom na uočena propadanja materijala, stvarne (izmjerene) dimenzije presjeka su proračunskom modelu usvojene manjih vrijednosti, tj. izmjerene širine presjeka su umanjene za procijenjene vrijednosti dubine površinskih raspuklina. U provjerama uporabljivosti je zanemarena činjenica da se puzanje „već dogodilo“ zbog promjene modula krutosti iz srednjih u reološke vrijednosti. U provjerama posmične otpornosti su proračunske širine (iz Tablice 3) dodatno smanjene.

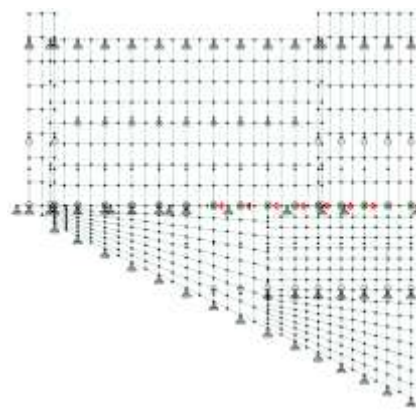
Tablica 3. Izmjerene i proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model 0

Konstrukcijski element	Rogovi	Pajante	Stupovi	Kosnici (poprečni)	Kosnici (uzdužni)	Sljemenjača
Pozicija	101-104	P-101-104	VS	K1-101-104	K2	S
Izmjerena širina presjeka, b [mm]	140	2 x 80	140	140	140	140
Proračunska širina presjeka, b [mm]	100	2 x 80	100	100	100	100
Visina presjeka, h [mm]	140	160	100	100	100	140
Oсна duljina elemenata, L [m]	9,01 -1,33	7,28 - 3,10	1,30	1,76 - 1,62	1,82	14,30

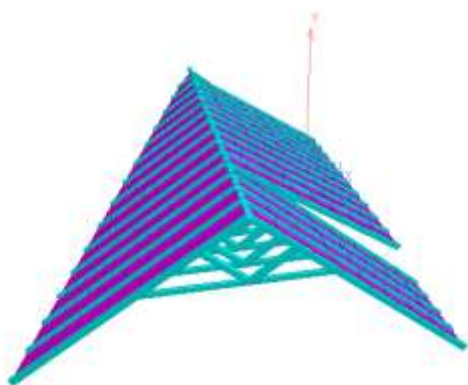
Napomena: duljine rogova, pajante i poprečnih kosnika se mijenjaju po presjecima



Slika 9.a: Prikaz modela orijentiran J-S



Slika 9.b: Tlocrtni prikaz modela



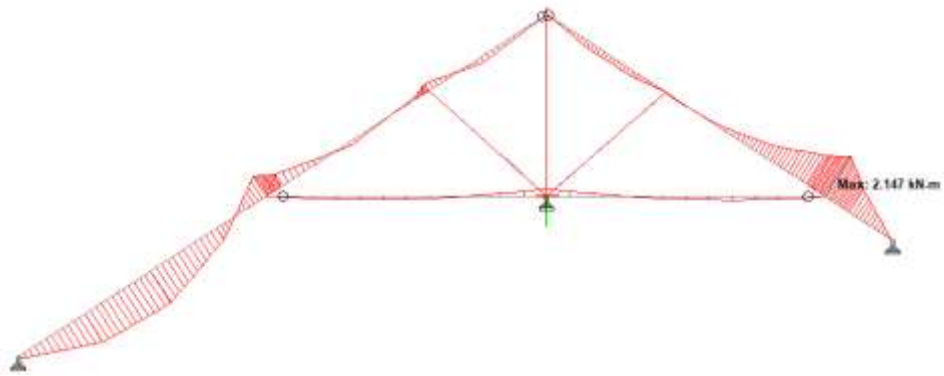
Slike 9.c: Vizualizacija modela

Slika 9: Prikaz modela početnog stanja (Model 0)

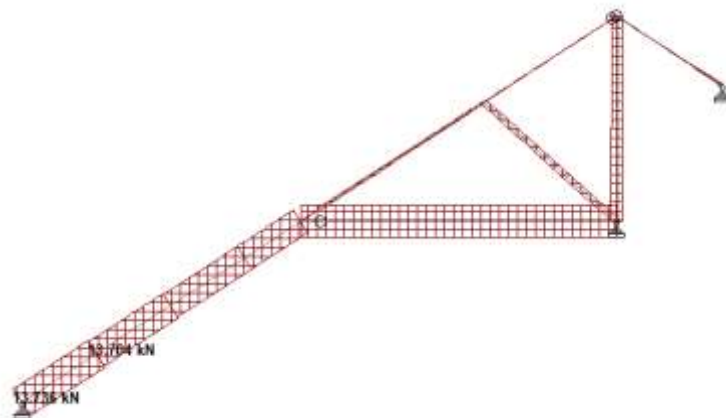
4.1.1. Rezultati analize Modela 0

Tablica 4: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model 0

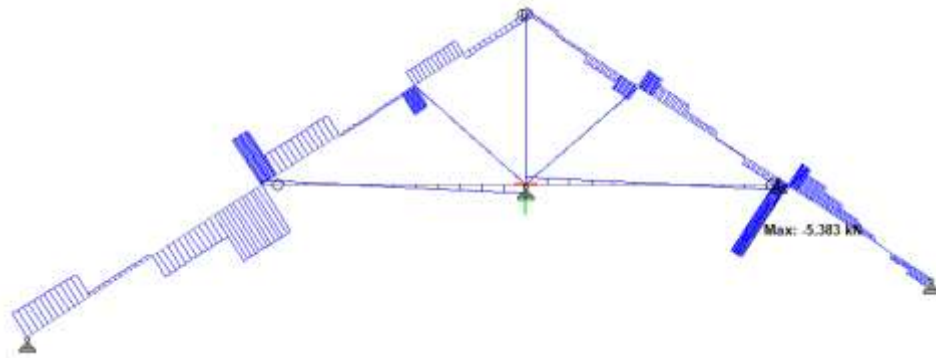
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Glavna nosiva konstrukcija					
$\max M_y$	2,147	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-4	Slika 10
$\max F_x$	13,736	kN	ST+SS+VP	POZ 103-5	Slika 11
$\max F_y$	5,383	kN	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 12
M_y	1,802	kNm	ST+SS+VP	POZ 102-2	Slika 13
F_x	11,172	kN			
M_y	1,651	kNm	ST+SS+VP	POZ 101-3	Slika 14
F_x	8,059	kN			
Pajanta					
$\max F_x$	13,031	kN	ST+SS+VP	POZ P102-2	Slika 15
Stupovi/kosnici					
$\max F_x$	5,005	kN	ST+SS+VP	POZ S5	Slika 16



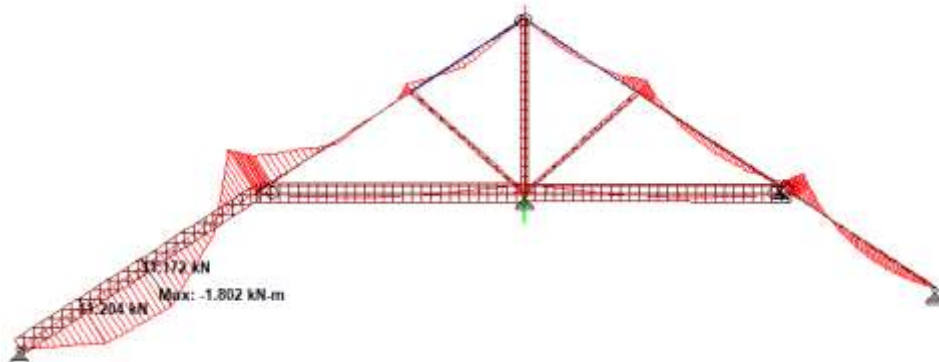
Slika 10: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-4



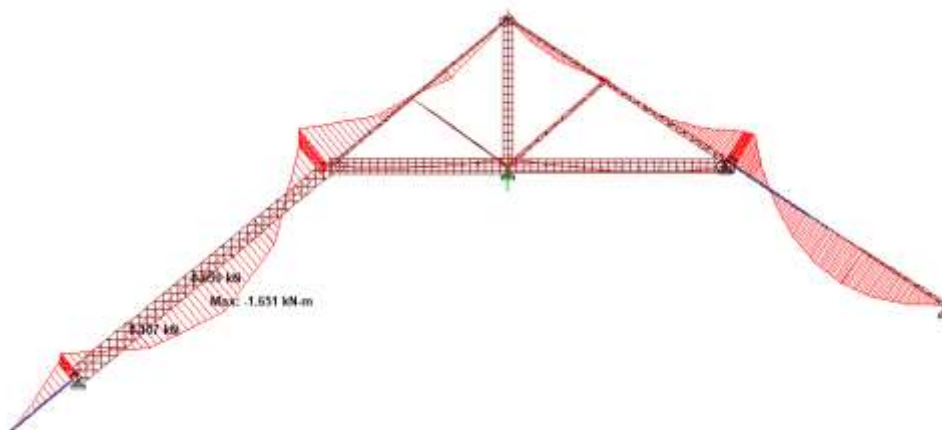
Slika 11: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-5



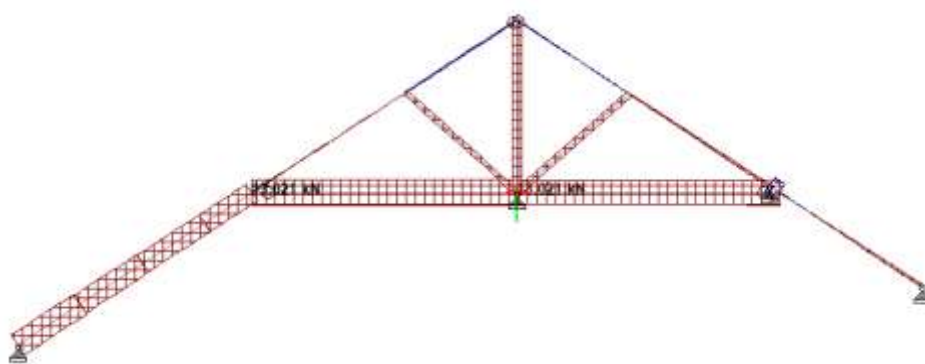
Slika 12: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-2



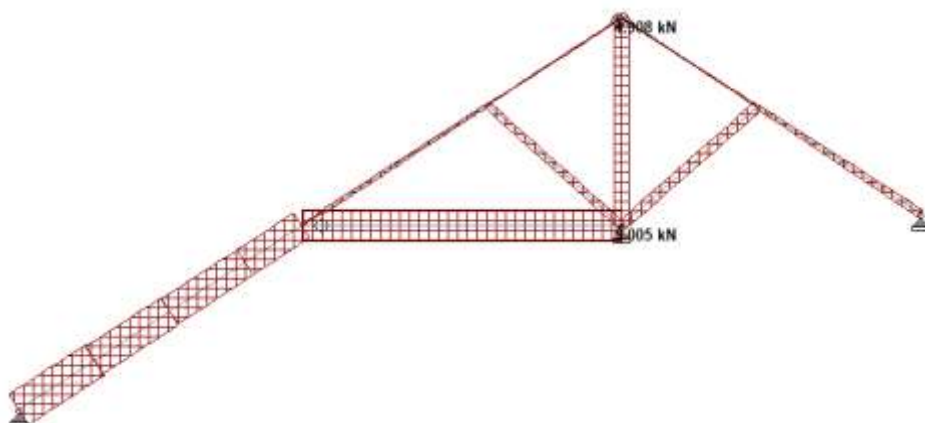
Slika 13 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-2



Slika 14 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 101-3



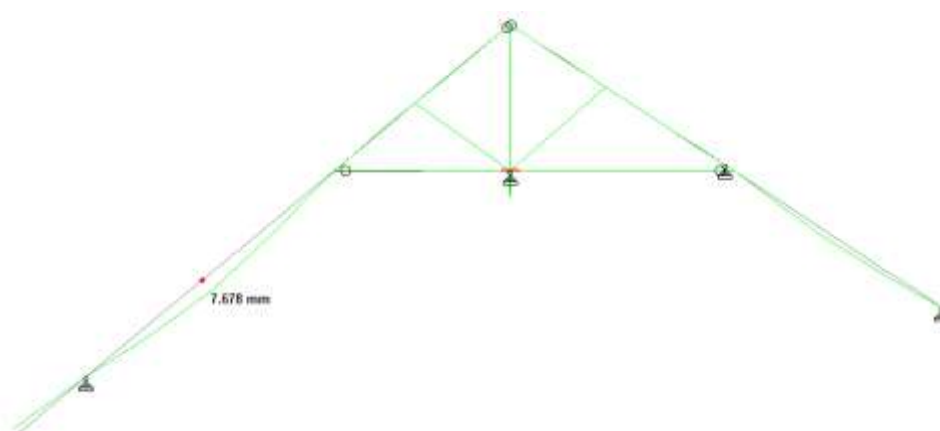
Slika 15: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-2



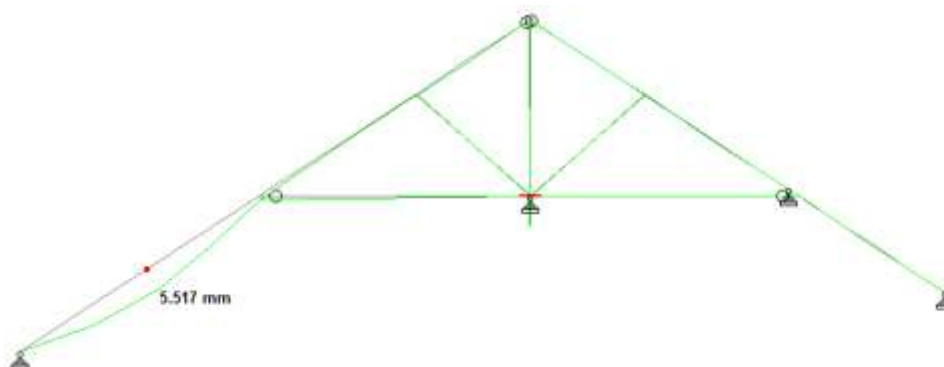
Slika 16: Prikaz najveće tlačne sile u stupovima/kosnicima POZ S5

Tablica 5: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model 0

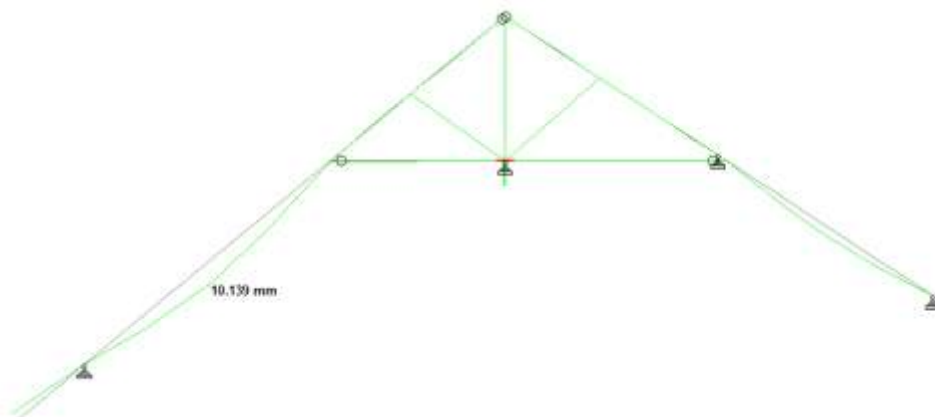
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Početni pomaci					
$\max W_{inst}$	7,678	mm	ST+SN1+VP	POZ 101-3	Slika 17
$\max W_{inst}$	5,517	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 18
Krajnji pomaci					
$\max W_{fin}$	10,139	mm	ST+SN1+VP	POZ 101-3	Slika 19
$\max W_{fin}$	6,973	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 20



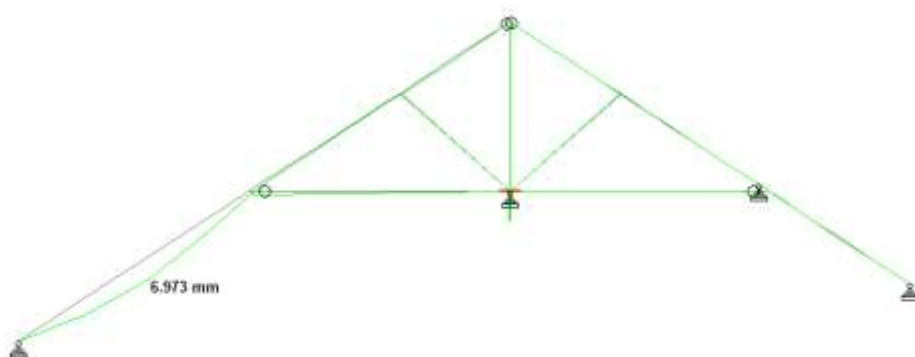
Slika 17: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 101-3



Slika 18: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2



Slika 19: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 101-3



Slika 20: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

Prikazi deformiranja na slikama 17 –20 pokazuju da se postojeći konstrukcijski sustav “krut” i stabilan, sa zanemarivim deformiranjima rogova u gornjoj zoni iznad pajante. Krutost osigurava i uzdužna drvena podrožnica koju u modelu simulira dodatni ležaj rogova na istočnoj strani krova u presjecima 1-1 i djelomično 2-2. U planovima za adaptaciju krova jest uklanjanje ove podrožnice.

4.1.2. Provjera graničnog stanja nosivosti GNK

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6]. Provjere su provedene za glavne konstrukcijske elemente nosivih sustava (sekundarni i primarni).

Rogovi POZ 101-104

Tablica 6: Provjera otpornosti presjeka rogova na savijanje POZ 102-4

Provjera presjeka na savijanje POZ 102-4			
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	326667	mm ³
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	2,15	kNm
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	6,58	N/mm ²
Otpornost presjeka na savijanje (y-y)	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,d}$	0,40	

Tablica 7: Provjera otpornosti presjeka rogova na tlak II s vlaknima POZ 103-5

Provjera presjeka na tlak paralelno s vlaknima POZ 103-5			
Proračunska neto površina presjeka	A_{net}	12600	mm ³
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	13,74	kN
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	1,09	N/mm ²
Otpornost presjeka na tlak paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	0,08	

Tablica 8: Provjera presjeka rogova na posmik POZ 102-2

Provjera presjeka na posmik POZ 102-2			
Proračunska širina presjeka - posmik pri savijanju	b_{eff}	67,00	mm
Proračunska površina presjeka - posmik pri savijanju	A_{eff}	9380	mm ²
Proračunska poprečna sila pri kosom savijanju	V_d	5,38	kN
Proračunsko posmično naprezanje	$\tau_{v,d}$	0,86	N/mm ²
Provjera otpornosti presjeka na posmik pri savijanju	$\tau_{v,d}/f_{v,d}$	0,31	< 1

Tablica 9: Proračun izvijanja rogova POZ 101-104

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,3E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	4,5	m
Vitkost izvijanja	λ_y	111,35	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	5,89	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,888	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	2,441	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,251	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	1,2E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	4,5	m
Vitkost izvijanja	λ_z	155,88	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	3,01	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	2,643	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	4,228	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,133	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 10: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 101-3

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje POZ 101-3			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	1,65	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	326667	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	5,05	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	8,06	kN
Proračunska površina presjeka	A	14000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,58	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,46	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,39	<1	

Tablica 11: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,3E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_y	81,65	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	10,95	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,385	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,567	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,435	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	1,2E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_z	114,32	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	5,59	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,938	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	2,543	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,239	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 12: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-2

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje POZ 102-2			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	1,80	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	326667	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	5,52	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	11,17	kN
Proračunska površina presjeka	A	14000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,80	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,46	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,34	<1	

Pajanta POZ P101-P104

Tablica 13: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,7E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	6,47	m
Vitkost izvijanja	λ_y	140,08	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	3,72	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	2,375	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	3,529	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,163	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	6826667	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,47	m
Vitkost izvijanja	λ_z	150,26	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	3,23	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	2,548	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	3,971	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,143	

Tablica 14: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-2

Interkacija tlak + izvijanje POZ P102-2			
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	6,52	kN
Proračunska površina presjeka	A	12800	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,51	N/mm ²
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y(z)) i savijanje	0,21	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,25	<1	

Stupovi primarnog nosivog sustava POZ S

Tablica 15: Proračun izvijanja stupa POZ S

Izvijanje (oko osi y i z)			
Moment tromosti presjeka	$I_{y(z)}$	8333333	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y(z)}$	1,3	m
Vitkost izvijanja	$\lambda_{y(z)}$	45,03	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y(z)}$	36,01	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y(z)}$	0,764	
Pomoćni faktor za izvijanje	$k_{y(z)}$	0,838	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y(z)}$	0,845	

Tablica 16: Interakcija tlaka + izvijanja stupa POZ S5

Interkacija tlak + izvijanje POZ S5			
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	5,01	kN
Proračunska površina presjeka	A	10000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,50	N/mm ²
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y(z)) i savijanje	0,04	<1	

NAPOMENA: Nisu priložene provjere za kosnike POZ K1 i K2. Ocijenjeno je da nisu mjerodavne jer su osne tlačne sile su manje od onih u stupovima, a duljine izvijanja neznatno veće.

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja nosivosti.

4.1.3. Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK

Tablica 17: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 101-104

Dozvoljeni progibi rogova POZ 101-104			
Duljina grede	L	8,94	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	29,80	mm
Granični neto konačni progib	L/250	35,76	mm

Tablica 18: Provjera GSU početnih i konačnih rogova POZ 101-3

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{inst}	7,68	mm
Provjera početnih progiba	$W_{inst}/(L/300)$	0,26	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{fin}	10,14	mm
Provjera konačnih progiba	$W_{inst}/(L/250)$	0,28	< 1

Tablica 19: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Dozvoljeni progibi rogova POZ 102-103			
Duljina grede	L	7,10	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	23,67	mm
Granični neto konačni progib	L/250	28,40	mm

Tablica 20: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-2

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{inst}	5,52	mm
Provjera početnih progiba	$W_{inst}/(L/300)$	0,23	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{fin}	6,97	mm
Provjera konačnih progiba	$W_{inst}/(L/250)$	0,25	< 1

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

4.1.4. Iskaz materijala

Tablica 21: Iskaz materijala za Model 0

Naziv elementa	Pozicija	Komada [kom]	Duljina L [m]	Poprečni presjek		Volumen V [m ³]
				b [m]	h [m]	
GNK						
	POZ 101-1	1	17,80	0,1	0,14	0,249
	POZ 101-2	1	17,32	0,1	0,14	0,242
	POZ 101-3	1	16,84	0,1	0,14	0,236
	POZ 101-4	1	16,35	0,1	0,14	0,229
	POZ 101-5	1	15,86	0,1	0,14	0,222
	POZ 102-1	1	7,40	0,1	0,14	0,104
	POZ 102-2	1	13,76	0,1	0,14	0,193
	POZ 102-3	1	13,20	0,1	0,14	0,185
	POZ 102-4	1	12,63	0,1	0,14	0,177
	POZ 102-5	1	12,05	0,1	0,14	0,169
	POZ 103-1	1	11,40	0,1	0,14	0,160
	POZ 103-2	1	10,92	0,1	0,14	0,153
	POZ 103-3	1	10,35	0,1	0,14	0,145
	POZ 103-4	1	9,78	0,1	0,14	0,137
	POZ 103-5	1	9,21	0,1	0,14	0,129
	POZ 103-6	1	7,40	0,1	0,14	0,104
	POZ 104-1	1	10,34	0,1	0,14	0,145
	POZ 104-2	1	9,01	0,1	0,14	0,126
Pajanta						
	POZ P-101	5	6,38	0,16	0,16	0,817
	POZ P-102	5	7,28	0,16	0,16	0,932
	POZ P-103	6	3,61	0,16	0,16	0,554
	POZ P-104	2	3,10	0,16	0,16	0,159
Stupovi/kosnici						
	POZ K1-101	10	1,62	0,1	0,1	0,162
	POZ K1-102	10	1,76	0,1	0,1	0,176
	POZ K1-103	6	1,76	0,1	0,1	0,106
	POZ K1-104	2	1,62	0,1	0,1	0,032
	POZ VS	5	1,30	0,1	0,1	0,065
	POZ K2	4	1,82	0,1	0,1	0,073
Sljemenjača						
	POZ S	1	14,30	0,1	0,14	0,200
Ukupno potrošnja drvenog materijala:						6,378

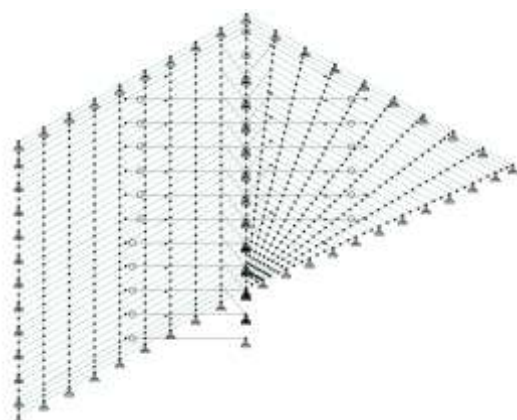
4.2. Model A

Model A je prilagodba postojećega stanja i konstrukcijskog sustava s novim rasterom rogova. Proračun je proveden u cijelosti, a prikazani samo mjerodavni (najnepovoljniji) rezultati proračuna i iskaz materijala.

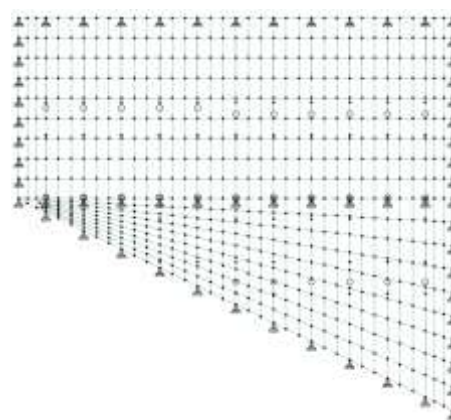
Tablica 22. Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model A

Konstrukcijski element	Rogovi	Pajante	Stupovi	Kosnici	Kosnici	Sljemenjača
Pozicija	102-103	P-102-103	VS	K1-102-103	K2	S
Proračunska širina presjeka, b [mm]	100	2 x 80	100	100	100	100
Visina presjeka, h [mm]	140	160	100	100	100	140
Oсна duljina elemenata, L [m]	7,96 - 1,33	7,28 - 3,61	1,30	1,76	1,82	14,30

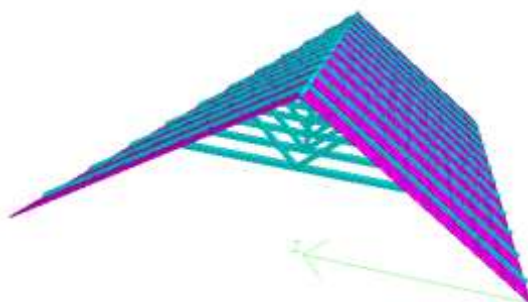
Napomena: duljine rogova i pajante se mijenjaju po presjecima



Slika 21.a: Prikaz modela orijentiran J-S



Slika 21.b: Tlocrtni prikaz modela



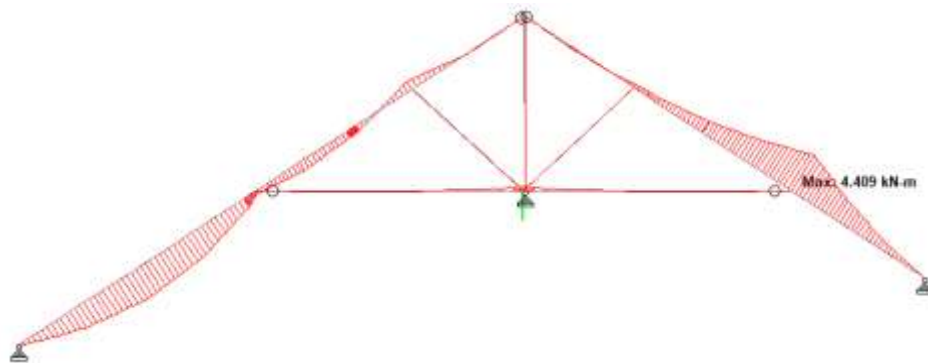
Slika 21.c i 21d: Vizualizacija modela

Slika 21: Prikaz modela A

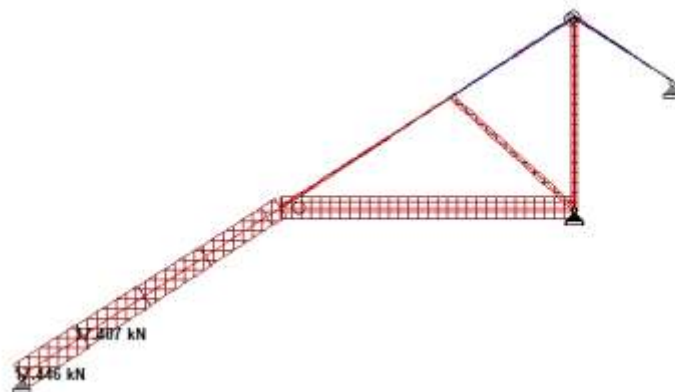
4.2.1. Rezultati analize modela A

Tablica 23: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model A

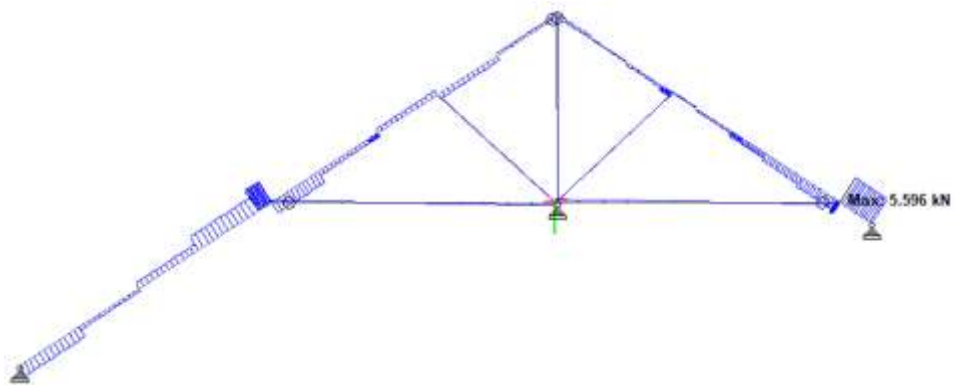
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Glavna nosiva konstrukcija					
$\max M_y$	4,409	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-4	Slika 22
$\max F_x$	17,446	kN	ST+SS+VP	POZ 103-2	Slika 23
$\max F_y$	5,596	kN	ST+SS+VP	POZ 102-6	Slika 24
M_y	3,655	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 25
F_x	12,092	kN			
Pajanta					
$\max F_x$	15,512	kN	ST+SS+VP	POZ P102-6	Slika 26
Stupovi/kosnici					
$\max F_x$	8,479	kN	ST+SN1+VP	POZ S4	Slika 27



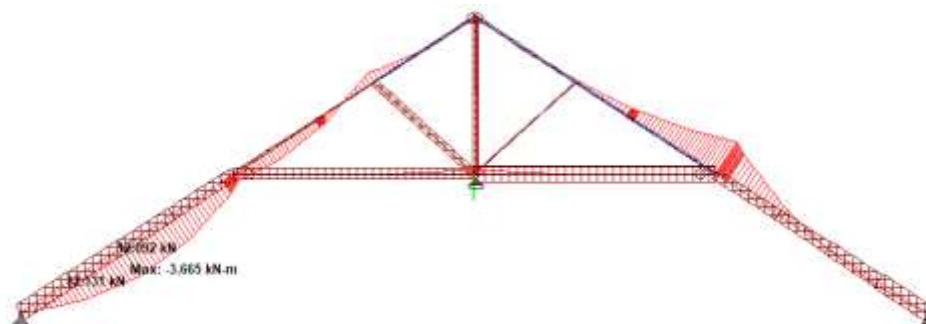
Slika 22: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-5



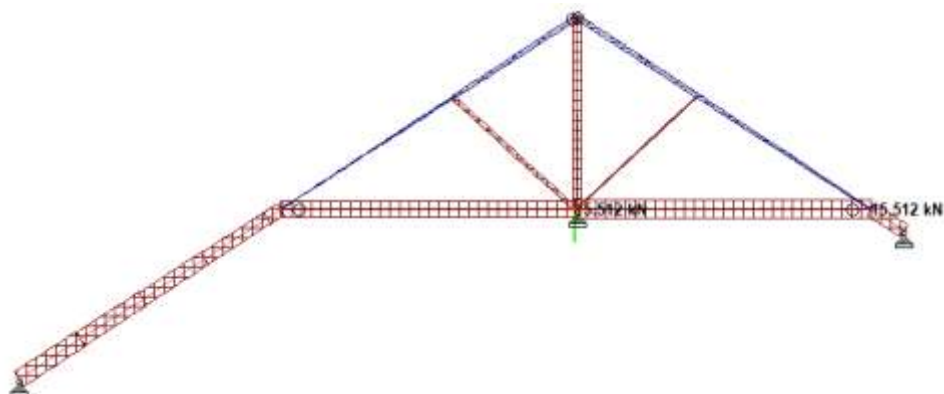
Slika 23: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-2



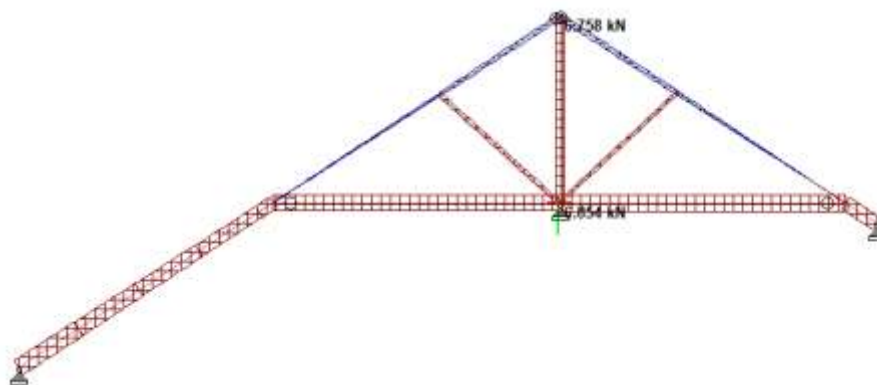
Slika 24: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-6



Slika 25 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-2



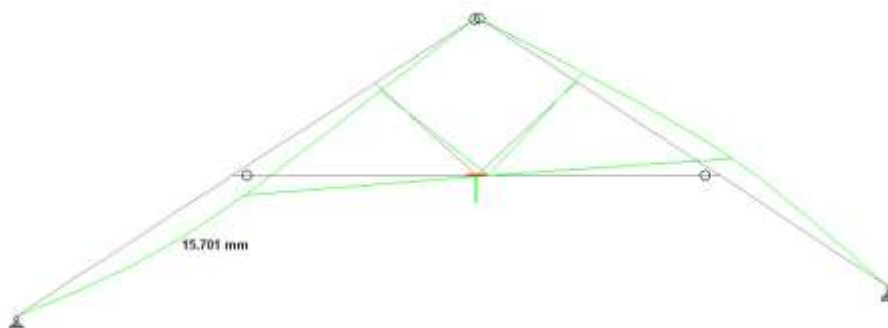
Slika 26: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6



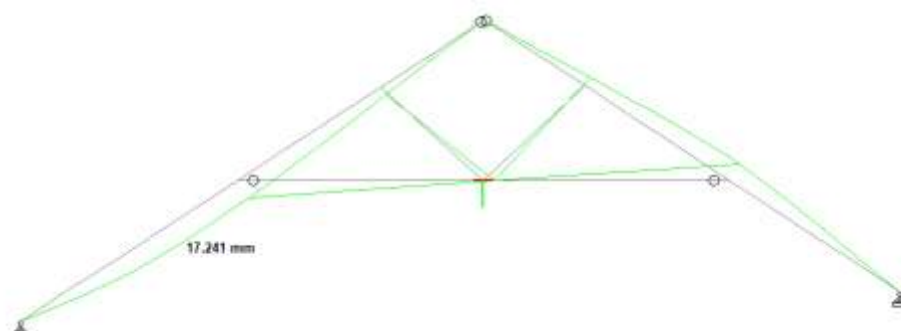
Slika 27: Prikaz najveće tlačne sile u stupovima/kosnicima POZ S4

Tablica 24: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model A

Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Početni pomaci					
$\max W_{inst}$	15,701	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-3	Slika 28
Krajni pomaci					
$\max W_{fin}$	17,241	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-3	Slika 29



Slika 28: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-3



Slika 29: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-3

Prikazi deformiranja na slikama 28 i 29 potvrđuju da se sustav ponaša kao horizontalno pomičan ne uzme li se u obzir povoljan utjecaj uzdužne dijafragme u ravnini pajante. Provjere GSU su provedene dosljedno, uzimajući u obzir cijelu duljinu roga kao mjerodavnu za koju se provodi provjera. Takav je pristup primijenjen i za sve ostale modele.

4.2.2. Provjera graničnog stanja nosivosti GNK

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6]. Provjere su provedene za glavne konstrukcijske elemente nosivih sustava (sekundarni i primarni).

Rogovi POZ 102-103

Tablica 25: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,3E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_y	81,65	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	10,95	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,385	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,567	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,435	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	1,2E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_z	114,32	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	5,59	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,938	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	2,543	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,239	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 26: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-2

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje POZ 102-2			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	3,66	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	326667	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	11,19	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	12,09	kN
Proračunska površina presjeka	A	14000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,86	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,81	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,70	<1	

Pajanta POZ P102-P103

Tablica 27: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,7E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	6,47	m
Vitkost izvijanja	λ_y	140,08	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	3,72	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	2,375	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	3,529	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,163	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	6826667	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,47	m
Vitkost izvijanja	λ_z	150,26	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	3,23	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	2,548	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	3,971	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,143	

Tablica 28: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ 102-6

Interkacija tlak + izvijanje POZ 102-6			
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	7,76	kN
Proračunska površina presjeka	A	12800	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,61	N/mm ²
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y(z)) i savijanje	0,26	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,29	<1	

Stupovi primarnog nosivog sustava POZ S

Tablica 29: Proračun izvijanja stupa POZ S

Izvijanje (oko osi y i z)			
Moment tromosti presjeka	$I_{y(z)}$	8333333	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y(z)}$	1,77	m
Vitkost izvijanja	$\lambda_{y(z)}$	61,31	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y(z)}$	19,43	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y(z)}$	1,040	
Pomoćni faktor za izvijanje	$k_{y(z)}$	1,114	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y(z)}$	0,660	

Tablica 30: Interakcija tlaka + izvijanja stupa POZ S4

Interkacija tlak + izvijanje POZ S4			
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	8,48	kN
Proračunska površina presjeka	A	10000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,85	N/mm ²
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y(z)) i savijanje	0,09	<1	

NAPOMENA: Nisu priložene provjere za kosnike POZ K1 i K2. Ocijenjeno je da nisu mjerodavne jer su osne tlačne sile su manje od onih u stupovima, a duljine izvijanja neznatno veće.

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja nosivosti.

4.2.3. Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK

Tablica 31: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Dozvoljeni progibi rogova POZ 102-103			
Duljina grede	L	7,10	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	18,20	mm
Granični neto konačni progib	L/250	21,84	mm

Tablica 32: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-3

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{inst}	15,70	mm
Provjera početnih progiba	$W_{inst}/(L/300)$	0,66	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{fin}	17,24	mm
Provjera konačnih progiba	$W_{inst}/(L/250)$	0,61	< 1

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

4.2.4. Iskaz materijala

Tablica 33: Iskaz materijala za Model A

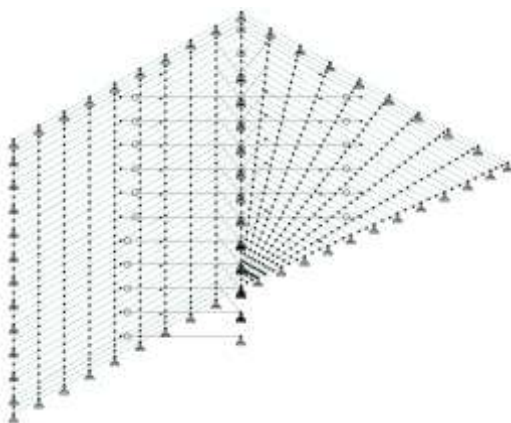
Naziv elementa	Pozicija	Komada	Duljina	Poprečni presjek		Volumen
		[kom]	L [m]	b [m]	h [m]	V [m ³]
GNK						
	POZ 102-1	1	15,70	0,1	0,14	0,220
	POZ 102-2	1	14,96	0,1	0,14	0,209
	POZ 102-3	1	14,24	0,1	0,14	0,199
	POZ 102-4	1	13,50	0,1	0,14	0,189
	POZ 102-5	1	12,77	0,1	0,14	0,179
	POZ 102-6	1	12,03	0,1	0,14	0,168
	POZ 103-1	1	11,30	0,1	0,14	0,158
	POZ 103-2	1	10,56	0,1	0,14	0,148
	POZ 103-3	1	9,84	0,1	0,14	0,138
	POZ 103-4	1	9,10	0,1	0,14	0,127
	POZ 103-5	1	8,43	0,1	0,14	0,118
Pajanta						
	POZ P-101	6	7,28	0,16	0,16	1,118
	POZ P-102	5	3,61	0,16	0,16	0,462
Kosnici/stupovi						
	POZ K1-101	12	1,76	0,1	0,1	0,211
	POZ K1-102	5	1,76	0,1	0,1	0,088
	POZ VS	12	1,30	0,1	0,1	0,156
	POZ K2	5	1,82	0,1	0,1	0,091
Sljemenjača						
	POZ S	1	14,30	0,1	0,14	0,200
Ukupno potrošnja drvenog materijala:						4,181

4.3. Model B1

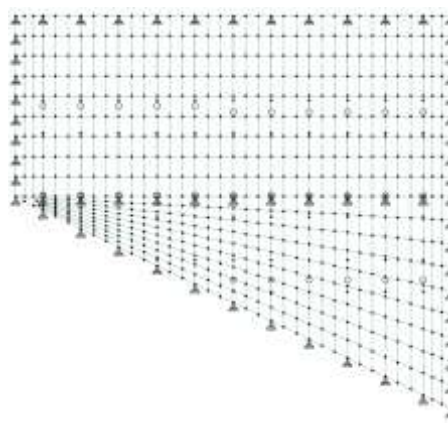
Tablica 34: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model B1

Konstrukcijski element	Rogovi	Pajante	Kosnici
Pozicija	102-103	P-102-103	K1-102-103
Proračunska širina presjeka, b [mm]	100	2 x 80	100
Visina presjeka, h [mm]	140	160	100
Oсна duljina elemenata, L [m]	7,96 - 1,33	7,28 - 3,61	1,76

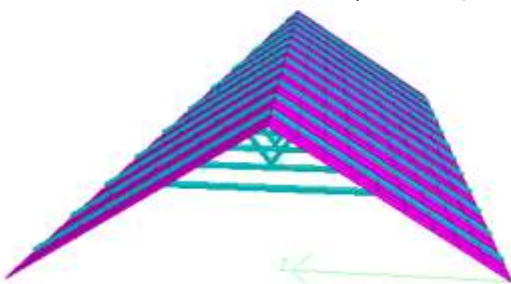
Napomena: duljine rogova i pajante se mijenjaju po presjecima



Slika 26.a: Prikaz modela orijentiran J-S



Slika 26.b: Tlocrtni prikaz modela



Slika 26c: Vizualizacija modela

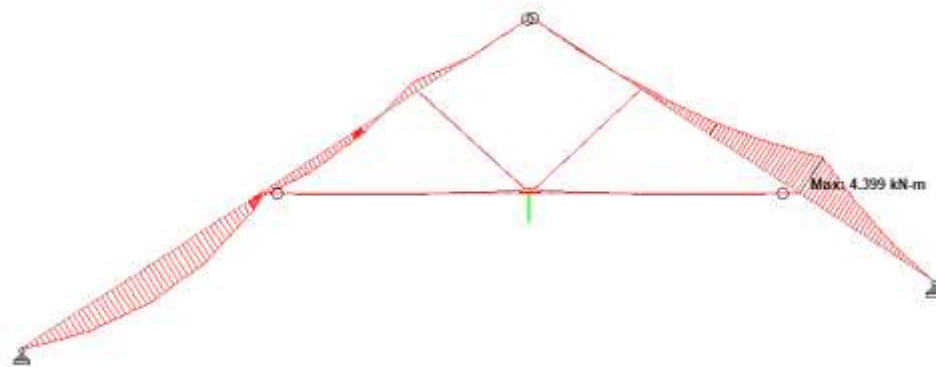


Slika 26: prikaz Modela B1

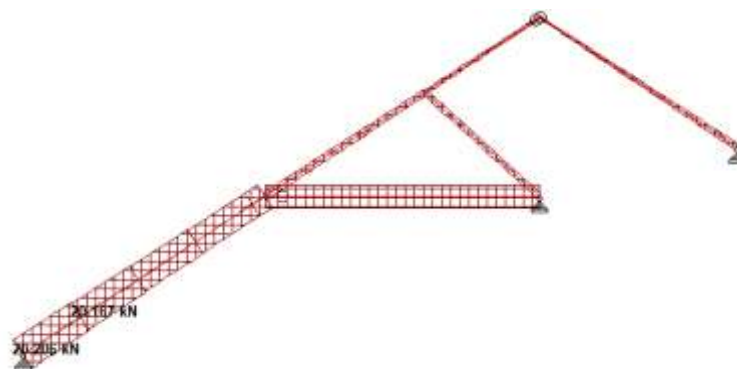
4.3.1. Rezultati analize modela B1

Tablica 35: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za model B1

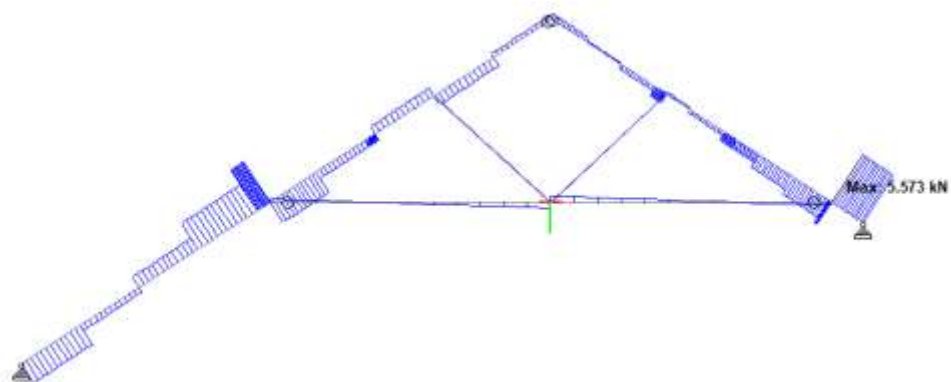
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Glavna nosiva konstrukcija					
$\max M_y$	4,399	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-4	Slika 27
$\max F_x$	20,206	kN	ST+SS+VP	POZ 103-2	Slika 28
$\max F_y$	5,573	kN	ST+SS+VP	POZ 102-6	Slika 29
M_y	3,673	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 30
F_x	14,472	kN			
Pajanta					
$\max F_x$	15,424	kN	ST+SS+VP	POZ P102-6	Slika 31
Kosnici					
$\max F_x$	5,958	kN	ST+SN1+VP	POZ K1-102	Slika 32



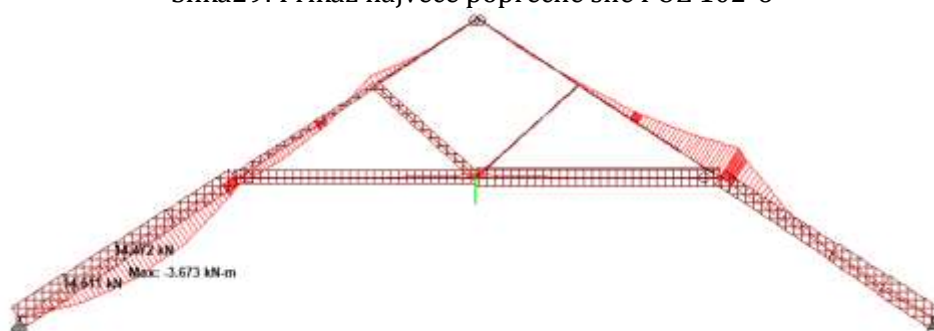
Slika 27: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-4



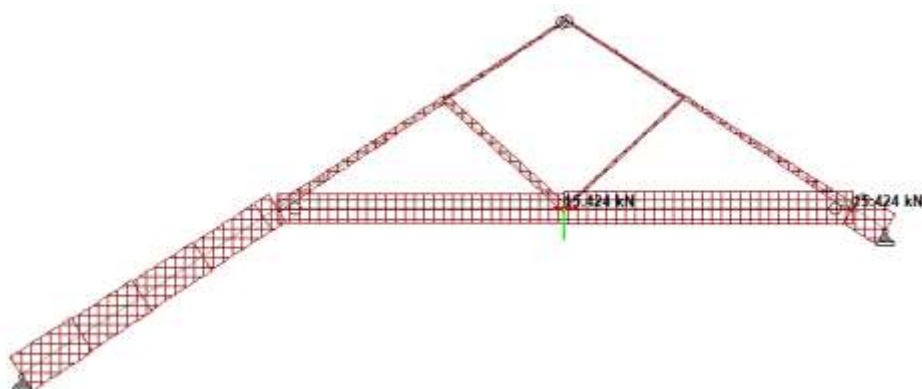
Slika 28: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-2



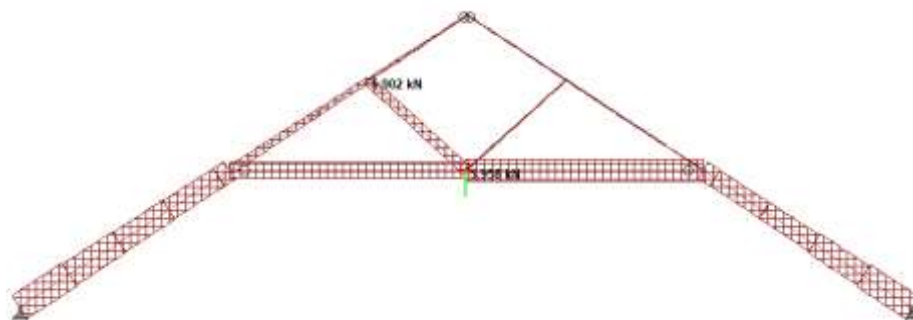
Slika29: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-6



Slika 30: Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-2



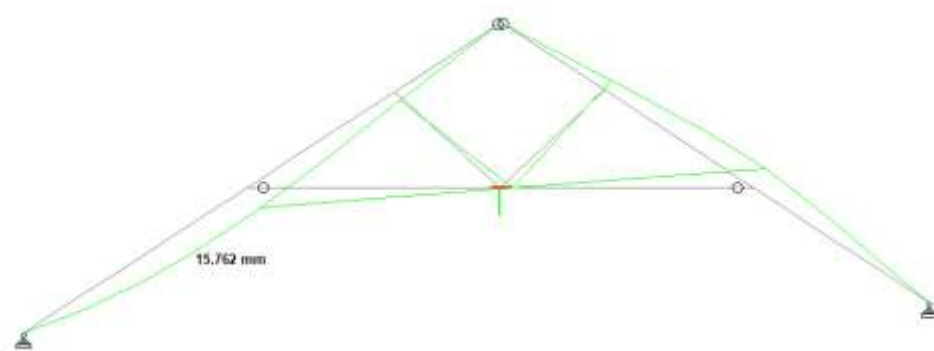
Slika 31: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6



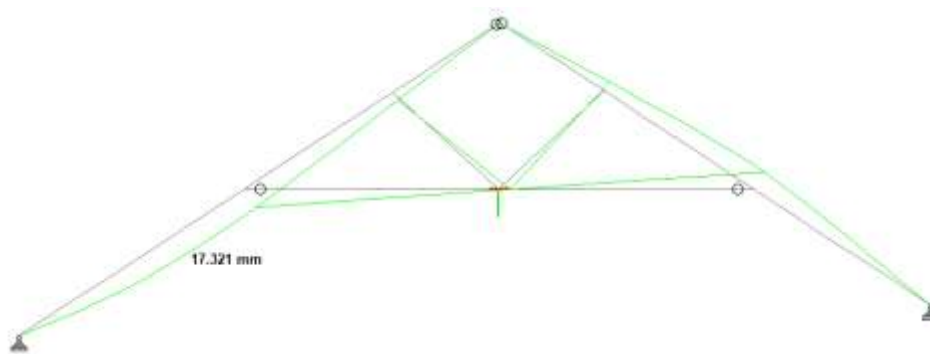
Slika 32: Prikaz najveće tlačne sile u kosniku POZ K1-102

Tablica 36: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model B1

Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Početni pomaci					
maxW _{inst}	15,762	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-3	Slika 33
Krajni pomaci					
maxW _{fin}	17,321	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-3	Slika 34



Slika 33: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-3



Slika 34: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-3

4.3.2. Provjera graničnog stanja nosivosti GNK

Model B1 je prilagodba modela A, samo bez sljemenjače i sustava vertikalnih stupova i kosnika u uzdužnom smjeru. Rezultati analize za modela B1 približni su kao i za model A. Proračun je proveden u cijelosti, a prikazani samo mjerodavni (najnepovoljniji) rezultati proračuna i iskaz materijala.

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6].

Rogovi POZ 102-103

Tablica 37: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,3E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_y	81,65	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	10,95	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,385	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,567	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,435	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	1,2E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_z	114,32	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	5,59	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,938	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	2,543	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,239	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 38: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-2

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	3,67	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	326667	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	11,24	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	14,47	kN
Proračunska površina presjeka	A	14000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	1,03	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,84	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,76	<1	

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja nosivosti.

4.3.3. Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK

Tablica 39: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Dozvoljeni progibi rogova POZ 102-103			
Duljina grede	L	7,10	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	23,67	mm
Granični neto konačni progib	L/250	28,40	mm

Tablica 40: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-3

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{inst}	15,76	mm
Provjera početnih progiba	$W_{inst}/(L/300)$	0,67	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{fin}	17,32	mm
Provjera konačnih progiba	$W_{inst}/(L/250)$	0,61	< 1

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

4.3.4. Iskaz materijala

Tablica 41: Iskaz materijala za model B1

Naziv elementa	Pozicija	Komada	Duljina	Poprečni presjek		Volumen
		[kom]	L [m]	b [m]	h [m]	V [m ³]
GNK						
	POZ 102-1	1	15,70	0,1	0,14	0,220
	POZ 102-2	1	14,96	0,1	0,14	0,209
	POZ 102-3	1	14,24	0,1	0,14	0,199
	POZ 102-4	1	13,50	0,1	0,14	0,189
	POZ 102-5	1	12,77	0,1	0,14	0,179
	POZ 102-6	1	12,03	0,1	0,14	0,168
	POZ 103-1	1	11,30	0,1	0,14	0,158
	POZ 103-2	1	10,56	0,1	0,14	0,148
	POZ 103-3	1	9,84	0,1	0,14	0,138
	POZ 103-4	1	9,10	0,1	0,14	0,127
	POZ 103-5	1	8,43	0,1	0,14	0,118
Pajanta						
	POZ P-101	6	7,28	0,16	0,16	1,118
	POZ P-102	5	3,61	0,16	0,16	0,462
Kosnici						
	POZ K1-101	12	1,76	0,1	0,1	0,211
	POZ K1-102	5	1,76	0,1	0,1	0,088
Ukupno potrošnja drvenog materijala:						3,734

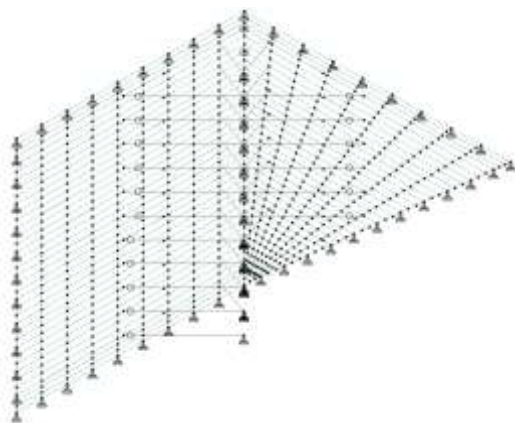
4.4. Model B2

Model B2 je prilagodba modela B1. Proračun je proveden u cijelosti, a prikazani samo mjerodavni (najnepovoljniji) rezultati proračuna i iskaz materijala. Pojednostavnjena je simulacija priključka kosnika na uzdužnu armiranobetonsku gredu, tj. u model nije ugrađen dodatni štapni KE sa zamjenskim krutostima uzdužne grede.

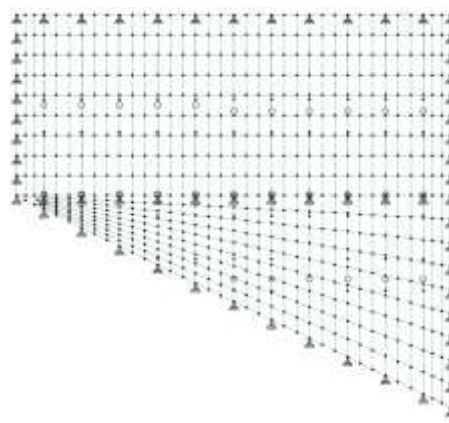
Tablica 42: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model B2

Konstrukcijski element	Rogovi	Pajante	Kosnici
Pozicija	102-103	P-102-103	K1-102-103
Proračunska širina presjeka, b [mm]	100	2 x 80	100
Visina presjeka, h [mm]	140	160	100
Oсна duljina elemenata, L [m]	7,96 - 1,33	7,28 - 3,61	1,40

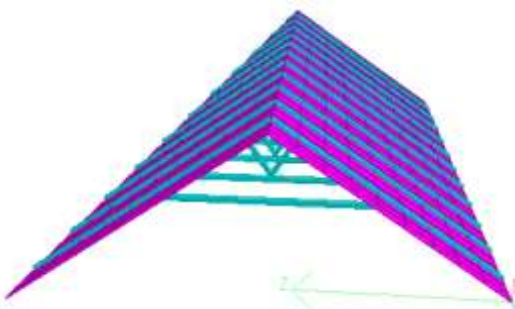
Napomena: duljine rogova i pajante se mijenjaju po presjecima



Slika 35.a: Prikaz modela orijentiran J-S



Slika 35.b: Tlocrtni prikaz modela



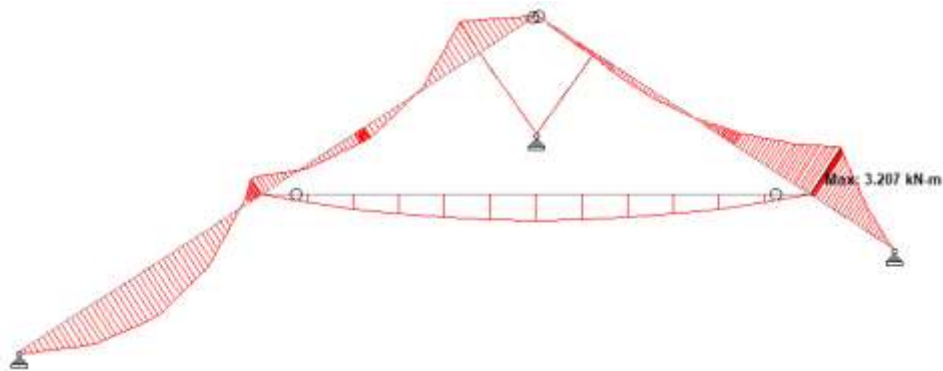
Slika 35.c: Vizualizacija modela

Slika 35: Prikaz modela B2

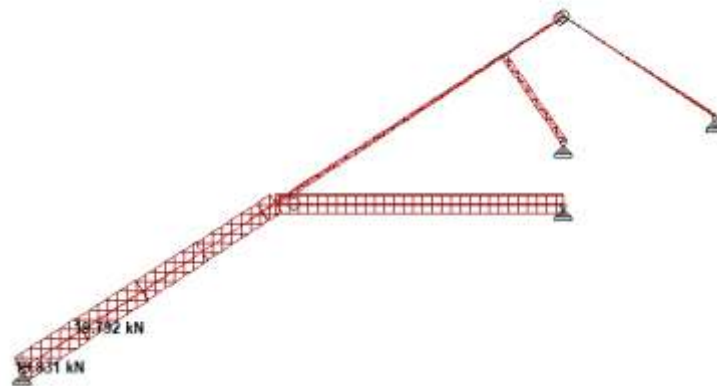
4.4.1. Rezultati analize modela

Tablica 43: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za model B2

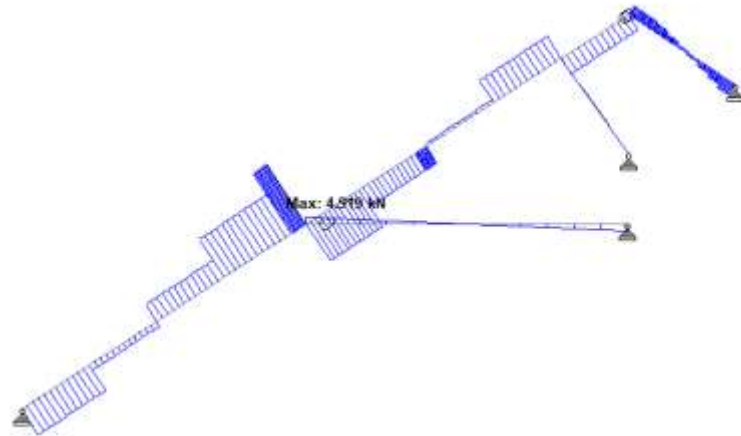
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Glavna nosiva konstrukcija					
$\max M_y$	3,207	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-5	Slika 36
$\max F_x$	19,831	kN	ST+SS+VP	POZ 103-3	Slika 37
$\max F_y$	4,919	kN	ST+SS+VP	POZ 103-4	Slika 38
M_y	2,995	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-3	Slika 39
F_x	14,654	kN			
Pajanta					
$\max F_x$	13,031	kN	ST+SS+VP	POZ P102-6	Slika 40
M_y	1,509	kNm			
Stupovi/kosnici					
$\max F_x$	8,479	kN	ST+SN1+VP	POZ K1-102-3	Slika 41



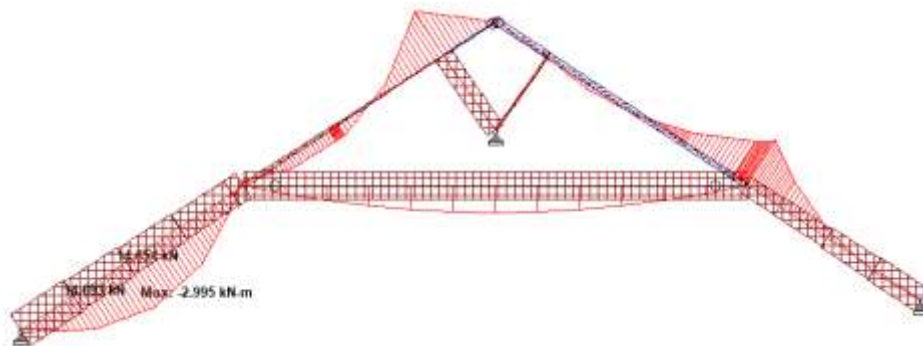
Slika 36: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-5



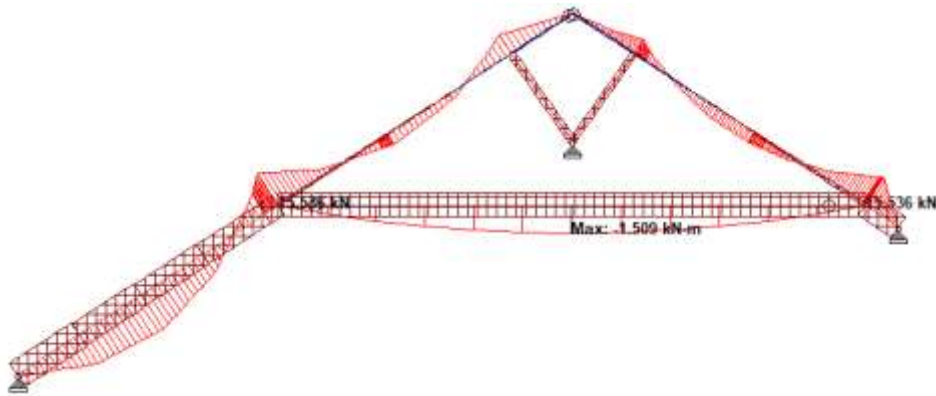
Slika 37: Prikaz najveće tlačne sile POZ 103-3



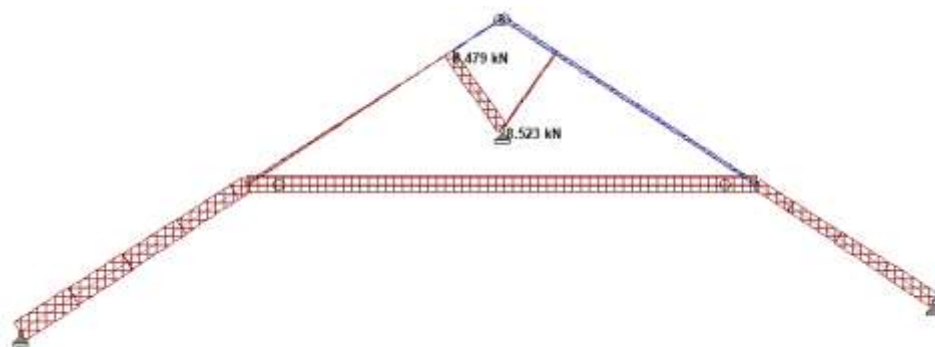
Slika 38: Prikaz najveće poprečne sile POZ 103-4



Slika 39: Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-3



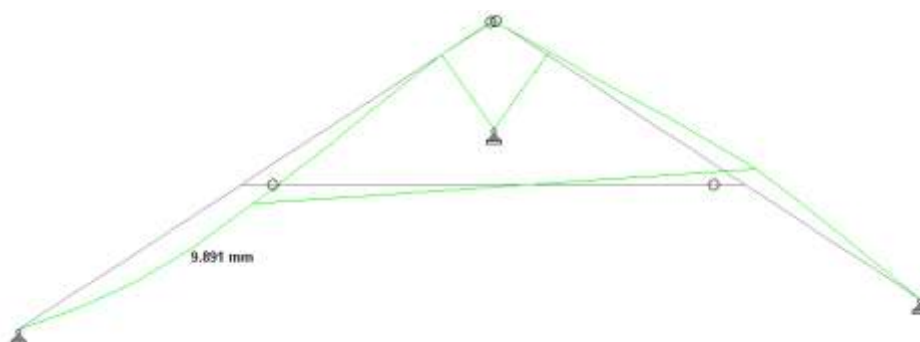
Slika 40: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6



Slika 41: Prikaz najveće tlačne sile u kosnicima POZ K1-102-3

Tablica 44: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model B2

Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Početni pomaci					
$\max W_{inst}$	9,891	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 42
Krajni pomaci					
$\max W_{fin}$	11,072	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 43



Slika 42: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2



Slika 43: prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

4.4.2. Provjera graničnog stanja nosivosti GNK

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6].

Rogovi POZ 102-103

Tablica 45: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,3E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_y	81,65	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	10,95	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,385	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,567	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,435	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	1,2E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_z	114,32	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	5,59	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,938	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	2,543	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,239	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 46: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-3

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	3,00	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	326667	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	9,17	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	14,65	kN
Proračunska površina presjeka	A	14000	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	1,05	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,72	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,61	<1	

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja nosivosti.

4.4.3. Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK

Tablica 47: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Dozvoljeni progibi rogova POZ 102-103			
Duljina grede	L	7,10	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	23,67	mm
Granični neto konačni progib	L/250	28,40	mm

Tablica 48: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-2

Provjera GSU - kriterij početnih progiba POZ 102			
Rezultantni početni progib	w_{inst}	9,89	mm
Provjera početnih progiba	$w_{inst}/(L/300)$	0,42	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba POZ 102			
Rezultantni početni progib	w_{fin}	11,07	mm
Provjera konačnih progiba	$w_{inst}/(L/250)$	0,39	< 1

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

4.4.4. Iskaz materijala

Tablica 49: Iskaz materijala za model B2

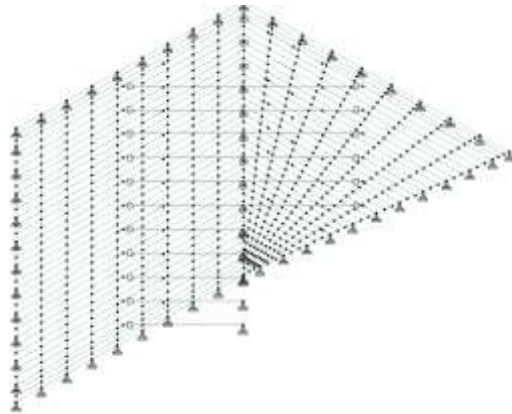
Naziv elementa	Pozicija	Komada	Duljina	Poprečni presjek		Volumen
		[kom]	L [m]	b [m]	h [m]	V [m ³]
GNK						
	POZ 102-1	1	15,70	0,1	0,14	0,220
	POZ 102-2	1	14,96	0,1	0,14	0,209
	POZ 102-3	1	14,24	0,1	0,14	0,199
	POZ 102-4	1	13,50	0,1	0,14	0,189
	POZ 102-5	1	12,77	0,1	0,14	0,179
	POZ 102-6	1	12,03	0,1	0,14	0,168
	POZ 103-1	1	11,30	0,1	0,14	0,158
	POZ 103-2	1	10,56	0,1	0,14	0,148
	POZ 103-3	1	9,84	0,1	0,14	0,138
	POZ 103-4	1	9,10	0,1	0,14	0,127
	POZ 103-5	1	8,43	0,1	0,14	0,118
Pajanta						
	POZ P-101	6	7,28	0,16	0,16	1,118
	POZ P-102	5	3,61	0,16	0,16	0,462
Kosnici						
	POZ K1-101	12	1,40	0,1	0,1	0,168
	POZ K1-102	5	1,40	0,1	0,1	0,070
Ukupno potrošnja drvenog materijala:						3,672

4.5. Model C1

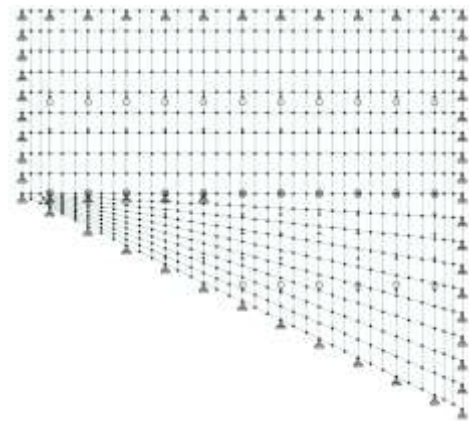
Tablica 50. Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model C1

Konstrukcijski element	Rogovi	Pajante
Pozicija	102-103	P-102-103
Proračunska širina presjeka, b [mm]	120	2 x 80
Visina presjeka, h [mm]	160	160
Osna duljina elemenata, L [m]	7,96 - 1,33	7,28 - 3,61

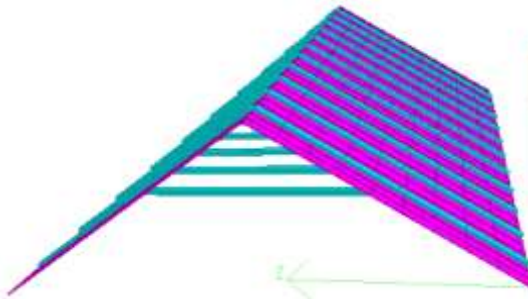
Napomena: duljine rogova i pajante se mijenjaju po presjecima



Slika 44.a: Prikaz modela orijentiran J-S



Slika 44.b: Tlocrtni prikaz modela



Slika 44.c: Vizualizacija modela

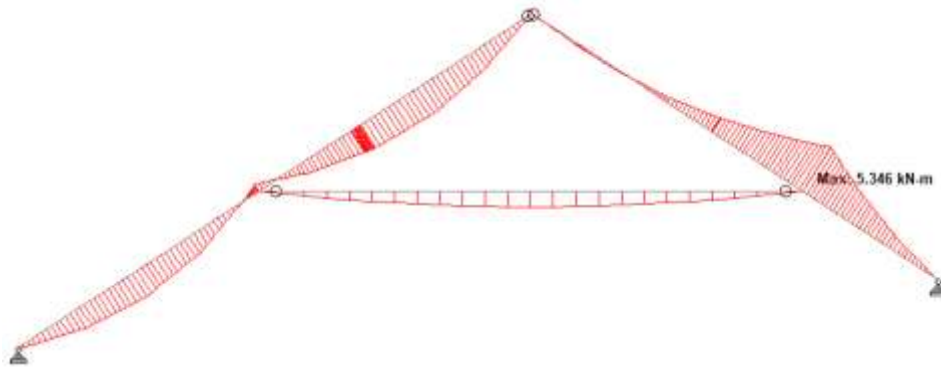


Slika 44: Prikaz modela C1

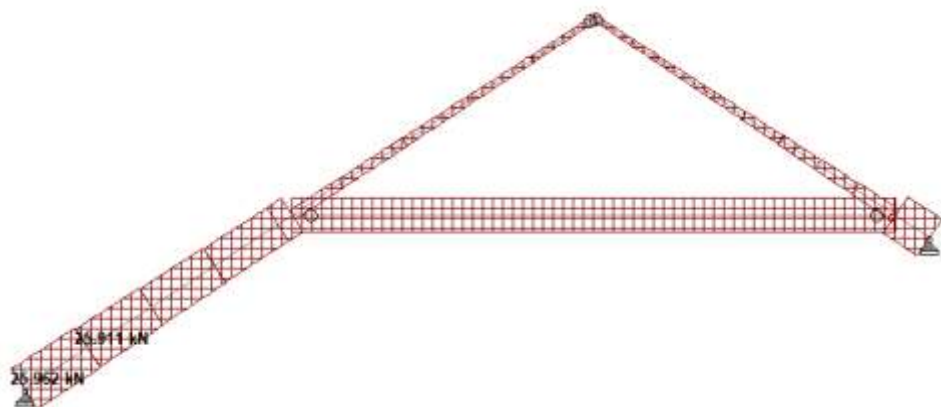
4.5.1. Rezultati analize modela

Tablica 51: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model C1

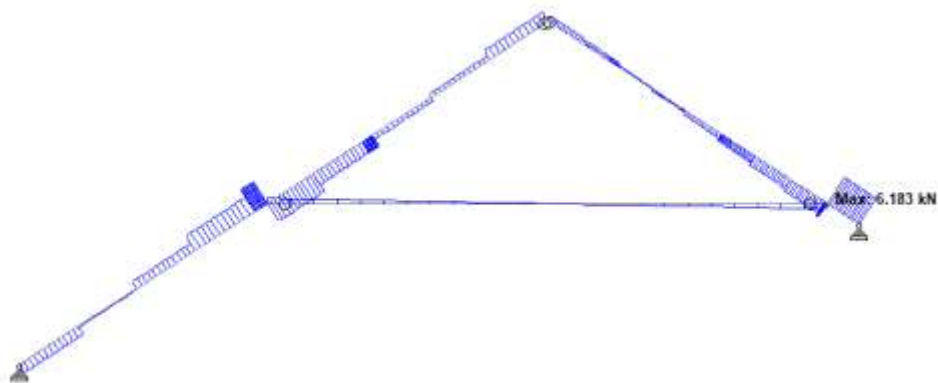
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Glavna nosiva konstrukcija					
$\max M_y$	5,349	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-4	Slika 45
$\max F_x$	25,962	kN	ST+SS+VP	POZ 102-6	Slika 46
$\max F_y$	6,183	kN	ST+SS+VP	POZ 102-6	Slika 47
M_y	3,245	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-3	Slika 48
F_x	20,421	kN			
Pajanta					
$\max F_x$	18,780	kN	ST+SS+VP	POZ P102-6	Slika 49
M_y	1,622	kNm			



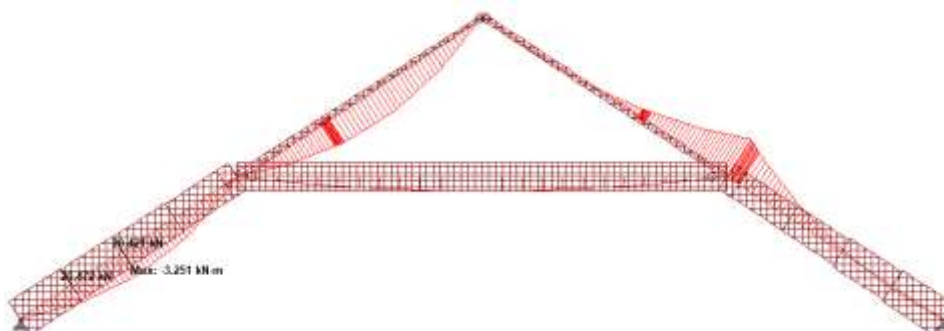
Slika 45: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-4



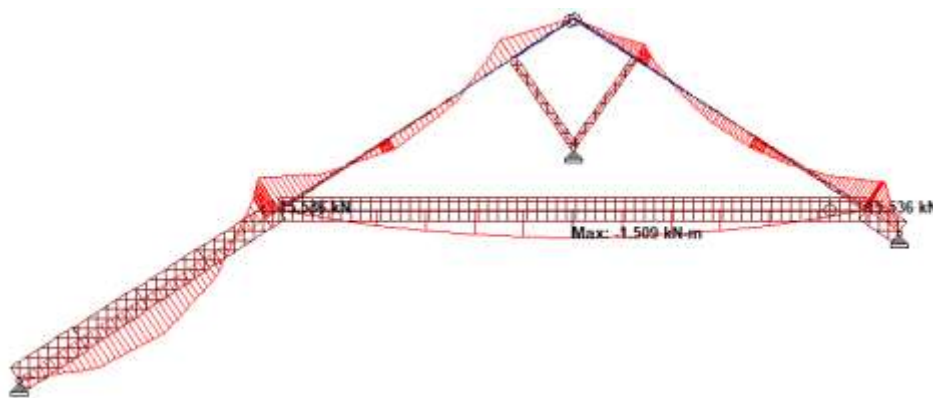
Slika 46: Prikaz najveće tlačne sile POZ 102-6



Slika 47: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-6



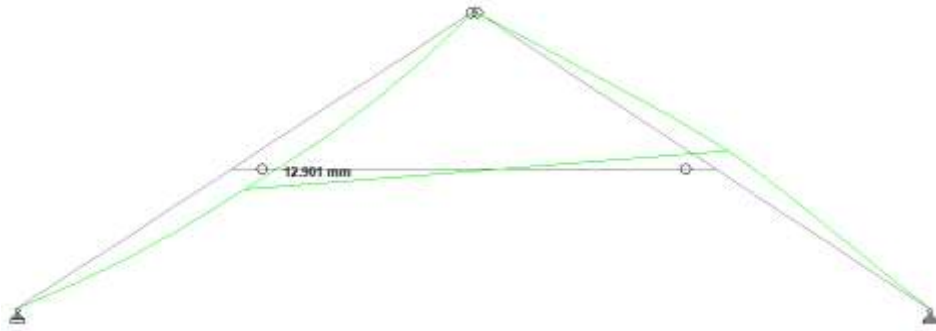
Slika 48 : Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-3



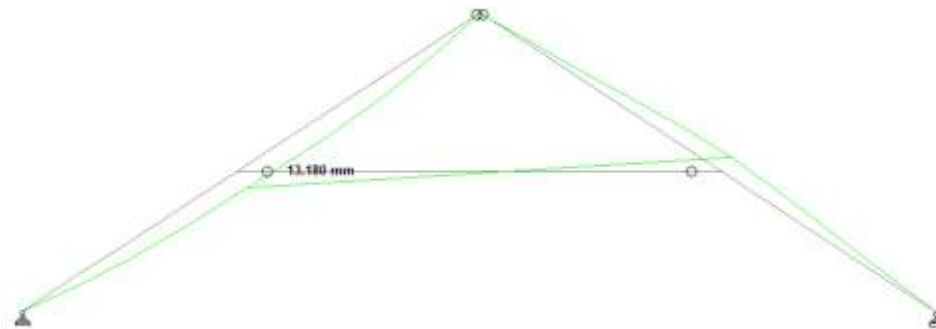
Slika 49: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-6

Tablica 52: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model C1

Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Početni pomaci					
maxW _{inst}	12,901	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 50
Krajni pomaci					
maxW _{fin}	13,180	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 51



Slika 50: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2



Slika 51: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

4.5.2. *Provjera graničnog stanja nosivosti GNK*

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6].

Rogovi POZ 102-103

Tablica 53: *Provjera presjeka rogova na posmik POZ 102-6*

Provjera rogova na posmik POZ 102-6			
Proračunska širina presjeka - posmik pri savijanju	b_{eff}	80,40	mm
Proračunska površina presjeka - posmik pri savijanju	A_{eff}	12864	mm ²
Proračunska poprečna sila pri kosom savijanju	V_d	6,18	kN
Proračunsko posmično naprezanje	$\tau_{v,d}$	0,72	N/mm ²
Provjera otpornosti presjeka na posmik pri savijanju	$\tau_{v,d}/f_{v,d}$	0,26	< 1

Tablica 54: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	4,1E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_y	71,45	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	14,31	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,212	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,325	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,537	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	2,3E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,3	m
Vitkost izvijanja	λ_z	95,26	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	8,05	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,615	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	1,936	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,333	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 55: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-3

Interakcija tlak + izvijanje i savijanje			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	3,25	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	512000	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	6,34	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	20,42	kN
Proračunska površina presjeka	A	19200	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	1,06	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,52	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,37	<1	

Pajante POZ P102-P103

Tablica 56: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,7E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	7,28	m
Vitkost izvijanja	λ_y	157,62	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	2,94	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	2,673	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	4,309	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,130	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	6826667	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	3,47	m
Vitkost izvijanja	λ_z	150,26	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	3,23	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	2,548	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	3,971	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,143	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 57: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-6

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	0,75	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	341333	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	2,21	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	6,52	kN
Proračunska površina presjeka	A	12800	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	0,51	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,40	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,26	<1	

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja nosivosti.

4.5.3. Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK

Tablica 58: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Dozvoljeni progibi rogova POZ 102-103			
Duljina grede	L	7,10	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	23,67	mm
Granični neto konačni progib	L/250	28,40	mm

Tablica 59: Provjera GSU početnih i konačnih POZ 102-2

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{inst}	12,90	mm
Provjera početnih progiba	$W_{inst}/(L/300)$	0,55	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Rezultantni početni progib	W_{fin}	13,18	mm
Provjera konačnih progiba	$W_{inst}/(L/250)$	0,46	< 1

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

4.5.4. Iskaz materijala

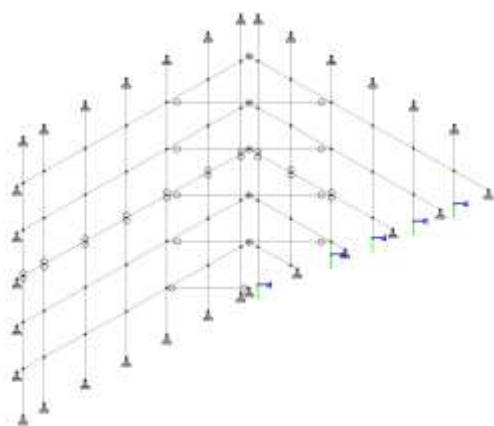
Tablica 60: Iskaz materijala za model C1

Naziv elementa	Pozicija	Komad	Duljin	Poprečni presjek		Volume
		a	a	b [m]	h [m]	n
		[kom]	L [m]			V [m ³]
GNK						
	POZ 102-1	1	15,70	0,12	0,16	0,301
	POZ 102-2	1	14,96	0,12	0,16	0,287
	POZ 102-3	1	14,24	0,12	0,16	0,273
	POZ 102-4	1	13,50	0,12	0,16	0,259
	POZ 102-5	1	12,77	0,12	0,16	0,245
	POZ 102-6	1	12,03	0,12	0,16	0,231
	POZ 103-1	1	11,30	0,12	0,16	0,217
	POZ 103-2	1	10,56	0,12	0,16	0,203
	POZ 103-3	1	9,84	0,12	0,16	0,189
	POZ 103-4	1	9,10	0,12	0,16	0,175
	POZ 103-5	1	8,43	0,12	0,16	0,162
Pajanta						
	POZ P-101	6	7,28	0,16	0,16	1,118
	POZ P-102	5	3,61	0,16	0,16	0,462
Ukupno potrošnja drvenog materijala:						4,123

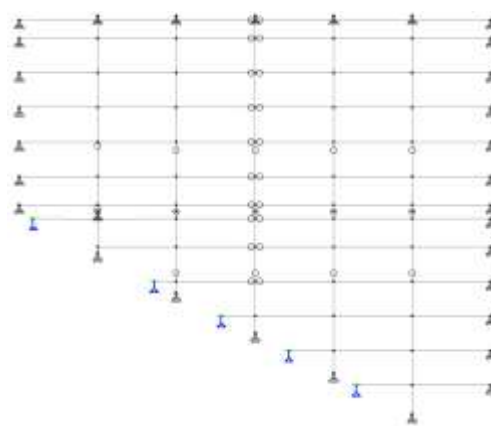
4.6. Model C2

Tablica 61: Proračunske širine te visine presjeka i duljine konstrukcijskih elemenata za Model C2

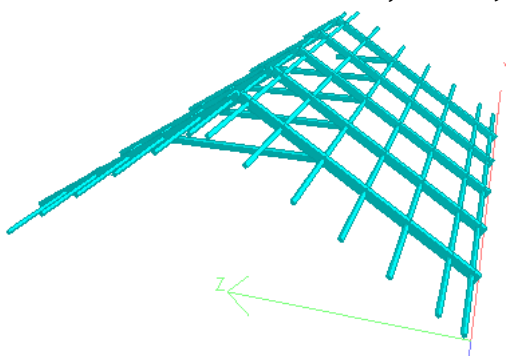
Konstrukcijski element	Rogovi	Pajante	Podroženice
Pozicija	102-103	P-102-103	P-102-103
Proračunska širina presjeka, b [mm]	140	2 x 80	80
Visina presjeka, h [mm]	220	160	100
Oсна duljina elemenata, L [m]	7,82 - 2,44	7,28 - 3,61	8,58 - 3,61
Napomena: duljine rogova, pajante i podroženice se mijenjaju po presjecima			



Slika 52.a: Prikaz modela orijentiran J-S



Slika 52.b: Tlocrtni prikaz modela



Slika 52.c: Vizualizacija modela

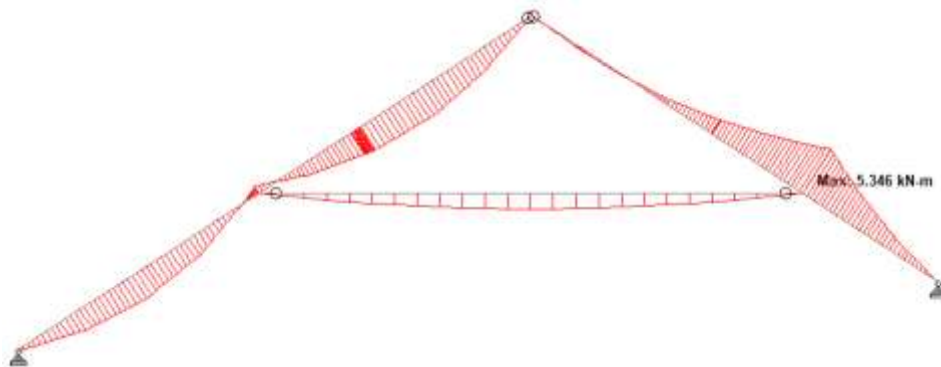


Slika 52: Prikaz modela C2

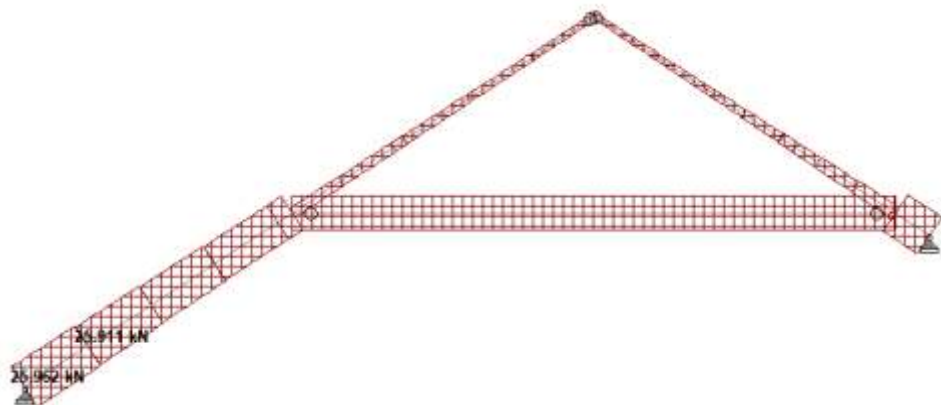
4.6.1. Rezultati analize modela

Tablica 62: Prikaz maksimalnih reznih sila dobivenih KE analizom za Model C2

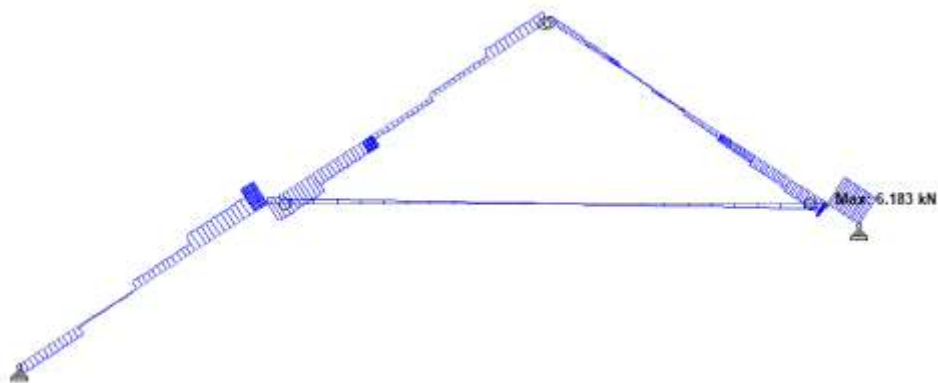
Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Glavna nosiva konstrukcija					
$\max M_y$	11,786	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 53
$\max F_x$	65,414	kN	ST+SS+VP	POZ 102-4	Slika 54
$\max F_y$	13,376	kN	ST+SS+VP	POZ 102-6	Slika 55
M_y	11,708	kNm	ST+SN1+VP	POZ 102-1	Slika 56
F_x	47,638	kN			
Pajanta					
$\max F_x$	38,936	kN	ST+SS+VP	POZ P102-4	Slika 57
M_y		kNm			



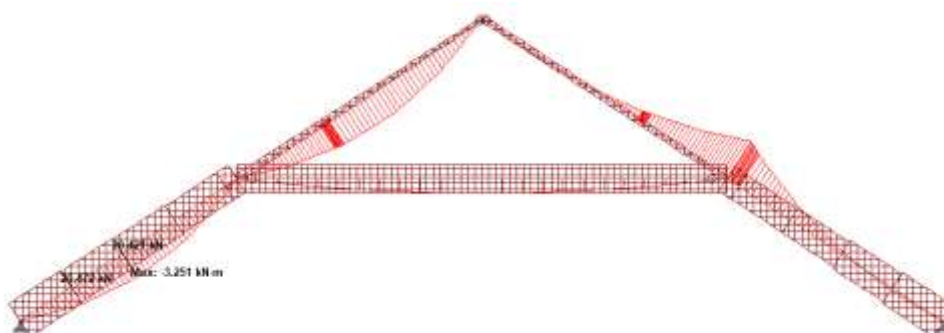
Slika 53: Prikaz najvećeg momenta savijanja POZ 102-2



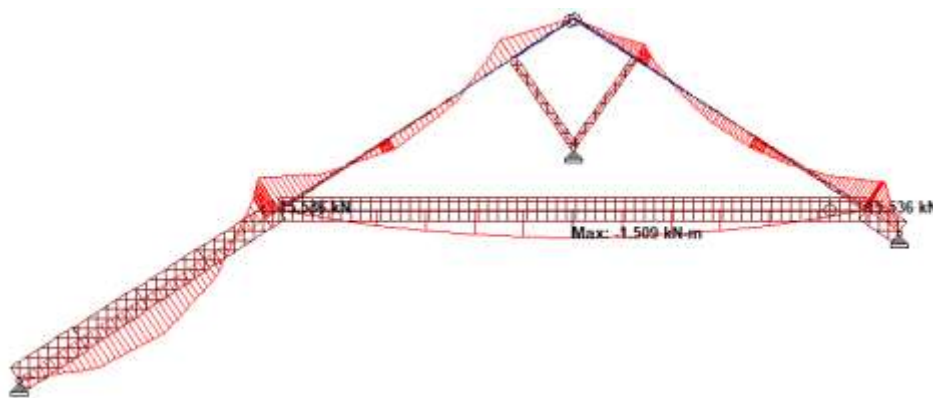
Slika 54: Prikaz najveće tlačne sile POZ 102-4



Slika 55: Prikaz najveće poprečne sile POZ 102-4



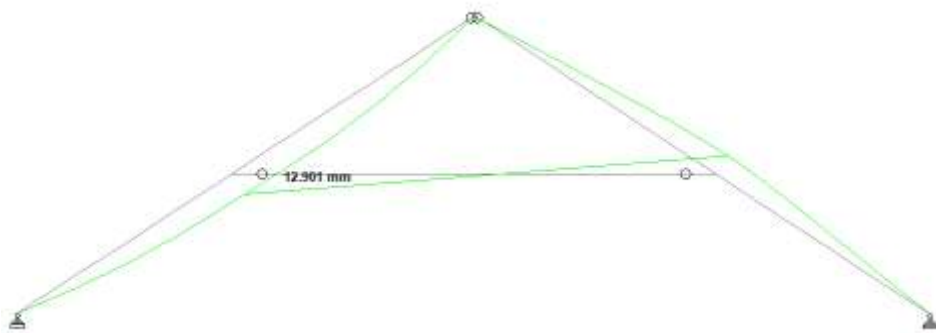
Slika 56: Prikaz maksimalnog tlaka + izvijanja i savijanja POZ 102-1



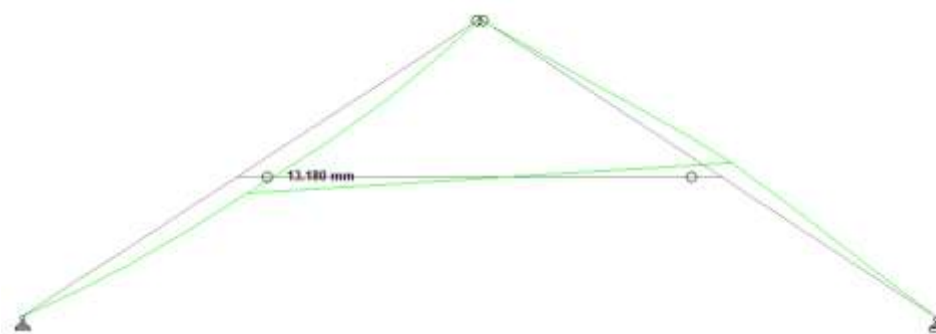
Slika 57: Prikaz najveće tlačne sile u pajanti POZ P102-4

Tablica 63: Prikaz maksimalnih pomaka glavne nosive konstrukcije krovišta dobivenih KE analizom za Model C2

Oznaka	Veličina	Mjerna jedinica	Kombinacija djelovanja	Pozicija	Dijagram
Početni pomaci					
maxW _{inst}	21,138	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 58
Krajni pomaci					
maxW _{fin}	23,554	mm	ST+SN1+VP	POZ 102-2	Slika 59



Slika 58: Prikaz najvećeg početnog pomaka POZ 102-2



Slika 59: Prikaz najvećeg konačnog pomaka POZ 102-2

4.6.2. *Provjera graničnog stanja nosivosti GNK*

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6].

Pajante POZ 102-103

Tablica 64: *Provjera presjeka na posmik rogova POZ 102-6*

Provjera posmika			
Proračunska širina presjeka - posmik pri savijanju	b_{eff}	93,80	mm
Proračunska površina presjeka - posmik pri savijanju	A_{eff}	20636	mm ²
Proračunska poprečna sila pri kosom savijanju	V_d	13,38	kN
Proračunsko posmično naprezanje	$\tau_{v,d}$	0,97	N/mm ²
Provjera otpornosti presjeka na posmik pri savijanju	$\tau_{v,d}/f_{v,d}$	0,35	< 1

Tablica 65: Proračun izvijanja rogova POZ 102-103

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	1,2E+08	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	4,57	m
Vitkost izvijanja	λ_y	71,96	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	14,10	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,220	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,336	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,531	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	5E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	4,57	m
Vitkost izvijanja	λ_z	113,08	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	5,71	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,917	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	2,500	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,244	
Napomena: faktor smanjenja čvrstoće na savijanje zbog izbočivanja, $k_{crit} = 1$			

Tablica 66: Interakcija tlaka + izvijanja i savijanja rogova POZ 102-1

Interkacija tlak + izvijanje i savijanje			
Proračunski moment savijanja oko osi y-y	$M_{y,Ed}$	11,71	kNm
Moment otpora na savijanje oko osi y-y	W_y	1129333	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y	$\sigma_{m,y,d}$	10,37	N/mm ²
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	47,64	kN
Proračunska površina presjeka	A	30800	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	1,55	N/mm ²
Provjera otpornosti			
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y) i savijanje	0,82	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,83	<1	

Pajante POZ P102-P103

Tablica 67: Proračun izvijanja pajante POZ P102

Izvijanje (oko osi y)			
Moment tromosti presjeka	I_y	2,7E+07	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,y}$	4,21	m
Vitkost izvijanja	λ_y	91,15	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,y}$	8,79	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,y}$	1,546	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_y	1,819	
Faktor za izvijanje	$k_{c,y}$	0,360	
Izvijanje (oko osi z)			
Moment tromosti presjeka	I_z	6826667	mm ²
Duljina izvijanja	$l_{i,z}$	2,11	m
Vitkost izvijanja	λ_z	91,37	
Kritično naprezanje izvijanja	$\sigma_{c,crit,z}$	8,75	N/mm ²
Relativna vitkost izvijanja	$\lambda_{rel,z}$	1,549	
Pomoćni faktor za izvijanje	k_z	1,825	
Faktor za izvijanje	$k_{c,z}$	0,358	

Tablica 68: Interakcija tlaka + izvijanja pajante POZ P102-4

Interkacija tlak + izvijanje			
Proračunska tlačna sila	$F_{c,0,d}$	19,47	kN
Proračunska površina presjeka	A	12800	mm ³
Proračunsko tlačno naprezanje paralelno s vlaknima	$\sigma_{c,0,d}$	1,52	N/mm ²
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi y(z)) i savijanje	0,29	<1	
Provjera otpornosti interakcije tlak + izvijanje (oko osi z) i savijanje	0,29	<1	

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja nosivosti.

4.6.3. *Provjera graničnog stanja uporabljivosti GNK*

Tablica 69: Prikaz dozvoljenih progiba rogova POZ 102-103

Dozvoljeni progibi rogova POZ 102-103			
Duljina grede	L	7,10	m
Početno nadvišenje	wc	0	mm
Granični početni progib	L/300	23,67	mm
Granični neto konačni progib	L/250	28,40	mm

Tablica 70: Provjera GSU početnih i konačnih progiba rogova POZ 102-2

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Rezultantni početni progib	w_{inst}	21,14	mm
Provjera početnih progiba	$w_{inst}/(L/300)$	0,89	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Rezultantni početni progib	w_{fin}	23,55	mm
Provjera konačnih progiba	$w_{inst}/(L/250)$	0,83	< 1

GNK zadovoljava provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

4.6.4. Iskaz materijala

Tablica 71: Iskaz materijala za model C2

Naziv elementa	Pozicija	Komada	Duljina	Poprečni presjek		Volumen
		[kom]	L [m]	b [m]	h [m]	V [m ³]
GNK						
	POZ 102-1	1	14,92	0,14	0,22	0,460
	POZ 102-2	1	13,53	0,14	0,22	0,417
	POZ 102-3	1	12,13	0,14	0,22	0,374
	POZ 102-4	1	10,74	0,14	0,22	0,331
	POZ 103-1	1	9,34	0,14	0,22	0,288
Pajanta						
	POZ P-101	4	7,28	0,16	0,16	0,745
	POZ P-102	1	3,61	0,16	0,16	0,092
Podroženice						
	POZ 105-1	8	14,30	0,08	0,1	0,915
	POZ 105-2	1	12,26	0,08	0,1	0,098
	POZ 105-3	1	10,20	0,08	0,1	0,082
	POZ 105-4	1	8,58	0,08	0,1	0,069
	POZ 105-6	1	5,72	0,08	0,1	0,046
	POZ 105-7	1	4,06	0,08	0,1	0,032
Ukupno potrošnja drvenog materijala:						3,948







5. REKAPITULACIJA – OCJENA PRIKLADNOSTI RAZMATRANIH TEHNIČKIH RJEŠENJA

Prikladnost razmatranih konstrukcijskih sustava (modela) je u prvom koraku ocijenjena je prema kriteriju iskaza materijala, a u drugom i prema kriteriju jednostavnosti izvođenja, odnosno zahtjevnosti izvedbe priključaka. Rezultati su prikazani u sljedećoj tablici.

Tablica 72: Rezultati analize modela i ocjena prikladnosti sustava

Varijanta	Element	Rezultati analize modela (sile i pomaci)							Utrošak materijala
		Max moment	Max udužna sila	Max poprečna sila	Moment + uzdužna tlačna sila		Max početni pomak	Max konačni pomak	
		maxMy [kNm]	maxFx [kN]	maxFy [kN]	My [kNm]	Fx [kN]	maxWinst mm	maxWfin mm	
Model 0	Rogovi	2,15	13,74	5,38	1,80	11,17	7,68	10,14	3,10
	Pajanta		13,03						2,46
	Kosnici/ stupovi		5,00						0,61
							Ukupno:		6,38
Model A	Rogovi	4,41	17,45	5,60	3,66	12,09	15,70	17,24	1,85
	Pajanta		15,51						1,58
	Kosnici/ stupovi		8,48						0,55
							Ukupno:		4,18
Model B1	Rogovi	4,40	20,21	5,57	3,67	14,47	15,75	17,32	1,85
	Pajanta		15,42						1,58
	Kosnici		5,96						0,30
							Ukupno:		3,73
Model B2	Rogovi	3,21	19,83	4,92	2,99	14,65	9,89	11,07	1,85
	Pajanta		13,03		1,51	13,03			1,58
	Kosnici		8,48						0,24
							Ukupno:		3,67
Model C1	Rogovi	5,35	25,96	6,18	3,25	20,42	12,90	13,18	2,54
	Pajanta		18,78		1,62	18,78			1,58
							Ukupno:		4,12
Model C2	Rogovi	11,79	65,41	13,38	11,71	47,64	21,14	23,55	1,87
	Pajanta		38,94						0,84
	Podroženice	1,47		3,93					1,24
							Ukupno:		3,95

Tablica 73: Komentar prikladnosti sustava i preporuke izbora

Model	Prikaz poprečnog presjeka	Komentari prikladnosti sustav i preporuke
Model 0		Početno krovništvo je predimenzionirano, iskoristivost rogova poprečnog presjeka C24 140/180 mm je ispod 30%, pa je kao takvo neekonomično. Može se usvojiti poprečni presjek glavnih nosača C24 100/140 mm koji zadovoljava sva granična stanja. Provjere GSU nisu mjerodavne za dimenzioniranje.
Model A		Smanjenje utroška drvenog materijala s povećanjem rastera GNK na 1,25 m. Nameće se kao ekonomičnije rješenje od modela 0. Provjere GSU nisu mjerodavne za dimenzioniranje.
Model B1		Provedenom analizom zaključujemo da sustav sa sljemenjačom i stupovima ne doprinosi značajno nosivosti krovništva (minimalna smanjenja reznih sila), stoga model 0 i model A možemo isključiti kao najbolje rješenje. Provjere GSU nisu mjerodavne za dimenzioniranje.
Model B2		U modelu B2 dolazi do minimalnog smanjenja reznih sila i momenata savijanja u odnosu na model B1. Prednost modela B2 u odnosu na model B1 je jednostavniji spoj kosnika POZ K1. Provjere GSU nisu mjerodavne za dimenzioniranje.
Model C1		U Modelu C1 povećani su presjeci GNK na 12/16 cm što rezultira minimalni povećanje utroška drvenog materijala. Prednost modela C1 je što je broj elemenata GNK i broj spojeva smanjen na minimum, te se kao takav u cijelosti nameće kao najekonomičnije rješenje. Provjere GSU nisu mjerodavne za dimenzioniranje.
Model C2		U modelu C2 presjek GNK iznosi 14/22 cm. Veličina reznih sila i momenata savijanja cca 2-3 puta veća nego u C1, što rezultira glomaznim spojevima (neekonomičnim spojevima po pitanju utroška spojnih sredstva i jednostavnosti izvedbe samih spojeva). Zbog rastera GNK od 2,38 potrebna je uporaba podrožnica što povećava ukupan broj spojeva i spojnih sredstva. Zbog svega navedenog model C2 nije prihvatljivo rješenje.

Na temelju provedenih analiza model C1 se može smatrati optimalnim konstrukcijskim rješenjem zamjene postojeće konstrukcije u skladu s unaprijed definiranim kriterijima izbora – iskaza materijala, jednostavnosti priključaka i izvedbe.

6. PRORAČUN SPOJEVA

Proračun spojeva proveden je za varijantu koja je odabrana kao najprihvatljivija (C1). Proračun nosivosti spojeva je preliminarni i proveden primjenom tablica iz kataloga spajala proizvođača Rothoblaas [12]. Iz kataloga proizvođača su preuzete specifikacije spojnoga pribora i spajala (tj. tehnički podatci o dimenzijama spojnog pribora, karakterističnim čvrstoćama / kvaliteti čelika za spojni pribor i spajala).

Provjera graničnog stanja nosivosti prema normi HRN EN 1995-1-1:2013 [6].

6.1. Spoj rogova u sljemenu – spoj sa čeličnom trakom

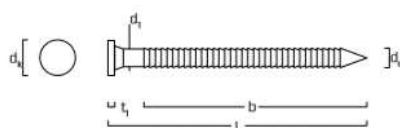
Tablica 74: Mjerodavne proračunske sile u provjerama nosivosti spoja

Mjerodavne sile u provjerama nosivosti spoja (ST+VP+SN2)			
Posmična sila	$F_{y,d}$	2,14	kN
Uzdužna tlačna sila	$F_{x,d}$	4,14	kN
Rezultatna sila u spoju	F_d	4,66	kN

Napomena: Spoj je proračunat na resultantnu silu u spoju.

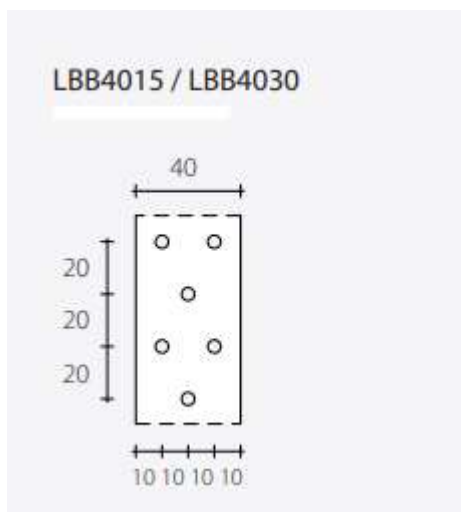
Tablica 75: Vrsta spojnih sredstava u spoju rogova u sljemenu

Proračun spoja GNK u sljemenu - spoj sa čeličnom trakom			
Vrsta čelične trake	Rothoblaas LBB4015		
Debljina čelične trake	s	1,5	mm
Vrsta spajala	Rothoblaas LBA460		
Promjer spajala	d1	4	mm
Duljina spajala	L	60	mm
Duljina nareza	b	50	mm



Nominal diameter	d_1	[mm]	4	6
Head diameter	d_2	[mm]	8,00	12,00
Underhead diameter	d_3	[mm]	4,40	6,65
Head thickness	t_1	[mm]	1,40	2,00
Pre-drilling hole diameter	d_v	[mm]	3,0	4,5
Characteristic yield moment	M_{yk}	[Nmm]	6500	19000
Characteristic withdrawal-resistance parameter	f_{ak}	[N/mm ²]	7,5	7,5
Characteristic tensile strength	$f_{tm,k}$	[kN]	6,9	11,4

Slika 60: Karakteristike LBA čavala [14]



Slika 61: Prikaz razmaka rupa LBB čelične trake [14]

Tablica 75: provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje

Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje			
Karakteristična nosivost bočno opterećenog čavla	$R_{v,Rk}$	2,5	kN
Faktor izmjene	k_{mod}	0,9	
Faktor sigurnosti za drveni materijal	γ_M	1,3	
Proračunska nosivost bočno opterećenog čavla	$R_{v,Rd}$	1,73	kN
Ukupni broj čavala	n	3	kom
Broj čavala u redu	n_1	2	kom
Broj čavala u stupcu	n_2	1	kom
Koeficijent korekcije	m_{ef}	1	
Proračunska nosivost spajala na bočno opterećenog čavla	$\Sigma R_{1,d}$	5,77	kN
Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje	$F_d / \Sigma R_{1,d}$	0,81	<1

Tablica 76: Prijenos tlačne sile preko kosog sudara

Prijenos tlačne sile preko kosog sudara			
Proračunska dodirna površina	A_{net}	22800	mm ³
Proračunsko naprezanje tlaka pod kutom na vlakna	$\sigma_{c,\alpha,d}$	0,18	N/mm ²
Kut između vlakana i djelovanje sile	α	57	°
Faktor čvrstoće tlaka okomito na vlakna	$k_{c,\alpha}$	0,236	
Provjera otpornosti napregnutog tlakom pod kutem na vlakna	$\sigma_{c,\alpha,d} / (k_{c,\alpha} * f_{c,0,d})$	0,05	< 1

Provjere kosog tlaka i posmika su pokazale da se te sile prenose preko dodirnih površina, karakteristični za tradicionalne spojeve te je u tom slučaju funkcija spajala konstruktivna (osiguranje). Provjere nosivosti su provedene za moguće nepovoljne slučajeve: a) da se neprikladnom izvedbom kontakt elemenata ne ostvari te b) da tijekom uporabnoga vijeka kontakt oslabi zbog učinka dimenzijskih nestabilnosti prouzročenih utjecajima okruženja (vlaga).

Detalj spoja rogova u sljemenu prikazan je u Nacrtu 5 (Prilog 5).

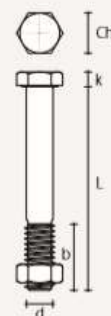
6.2. Spoj rogova i pajante - spoj s vijkom

Tablica 77: Mjerodavna proračunska sila u provjerama nosivosti spoja

Mjerodavne sile u provjerama nosivosti spoja (ST+VP+SN2)			
Uzdužna tlačna sila	F_d	18,78	kN

Tablica 78: Vrsta spojnog sredstva u spoju rogova i pajante

Proračun spoja rogova i pajante - spoj sa vijkom			
Vrsta spajala	Rothoblaas KOS16320B	Čvrstoća	8.8.
Promjer spajala	d	M16	mm
Duljina spajala	L	320	mm
Maksimalna širina spoja	A	285	mm
Prodor spajala u vanjski element spoja	t₁	80	mm
Prodor spajala u srednji element spoja	t₂	120	mm



Nominal diameter	d [mm]	M12	M16	M20
Key	Ch [mm]	19	24	30
Head thickness	k [mm]	7,5	10,0	12,5
	[mm]	L ≤ 125 mm		
Thread length	b [mm]	30	38	46
	[mm]	125 < L ≤ 200 mm		
	[mm]	L > 200 mm		

Geometry according to DIN 601 (ISO 4016)

Material	steel	8.8	8.8	8.8
	f _{yk} [N/mm ²]	800	800	800
f _{yk} [N/mm ²]	640	640	640	
Characteristic value for yield moment	M _{yk} [Nmm]	153000	324000	579000

Mechanical parameters according to CE marking, in accordance with EN 14592

Slika 62: Karakteristike KOS vijka [14]

Tablica 79: Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje

Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje			
Karakteristična gustoća	ρ_k	350	kg/m ³
Čvrstoća po oplošju rupe (za bočni element $\alpha=0^\circ$)	$f_{h1,0,k}$	24,11	N/mm ²
Čvrstoća po oplošju rupe (za srednji element $\alpha=33^\circ$)	$f_{h2,33,k}$	20,52	N/mm ²
Omjer čvrstoća po oplošju rupe	β	0,85	
Karakteristična vlačna čvrstoća spajala	$f_{u,k}$	800	Nmm ²
Moment popuštanja spajal	$M_{y,Rk}$	324000	Nmm
Faktor izmjene	k_{mod}	0,9	
Faktor sigurnosti za drveni materijal	γ_M	1,3	
Faktor sigurnosti za metalna spajala	γ_M	1,1	
Karakteristična nosivost bočno opterećenog vijka u dvoreznom spoju drvo-drvo	$F_{v,Rk,1}$	30858	N
	$F_{v,Rk,2}$	19699	N
	$F_{v,Rk,3}$	23905	N
	$F_{v,Rk,4}$	17435	N
	$F_{v,Rk}$	17435	N
Proračunska nosivost bočno opterećenog vijka	$F_{v,Rd}$	14,88	kN
Reznost	m	2	
Broj vijaka u spoju	n	1	kom
Proračunska nosivost na bočno opterećenje spajala u spoju	$\Sigma F_{v,Rd}$	29,75	kN
Provjera otpornosti spoja	$F_d / \Sigma F_{v,Rd}$	0,63	<1

Detalj spoja rogova i pajante prikazan je u Nacrtu 6 (Prilog 5).

6.3. Spoj rogova na AB gredu – spoj sa kutnicima

Tablica 80: Mjerodavne sile u provjerama nosivosti spoja

Mjerodavne sile u provjerama nosivosti spoja (ST+SS+VP)			
Komponente mjerodavnih sila u provjerama spoja			
Vertikalna reakcija	F_v	17,24	kN
Horizontalna reakcija	F_H	23,75	kN

Vertikalna reakcija koristi se u provjerama nalijeganja rogova na nazidnicu.

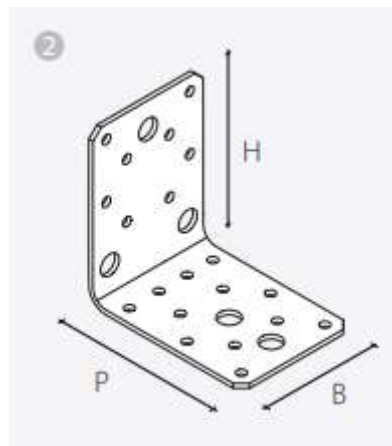
Horizontalna reakcija koristi se u provjeri bočne nosivosti spajala.

Tablica 81: Provjera nalijeganja rogova na nazidnicu

Provjera nalijeganja rogova na nazidnicu (tlak okomito na vlakna)			
Proračunska površina nalijeganja (120x120 mm)	A	14400	mm ³
Proračunska vertikalna sila	F_v	17,24	kN
Proračunsko naprezanje tlaka okomito na vlakna	σ_{c,90,d}	1,20	N/mm ²
Provjera otpornosti napregnutog tlakom okomito na vlakna	σ_{c,90,d}/ f_{c,90,d}	0,69	< 1

Tablica 82: Vrsta spojnih sredstava u spoju rogova i nazidnice – spoj sa kutnikom

Spoj nazidnice sa AB gredom			
Vrsta kutnika	Rothoblaas WBO90		
Dimenzije kutnika	H	90	mm
	P	90	mm
	B	65	mm
	s	2,5	mm
Vrsta spajala - čavli	Rothoblaas LBA460		
Promjer spajala	d₁	4	mm
Duljina spajala	L	60	mm
Duljina nareza	b	50	mm
Vrsta spajala - sidro	Rothoblaas AB12145		
Promjer spajala	d₁	M12	mm
Duljina spajala	L_f	145	mm



Slika 63: Prikaz WBO90 kutnika [14]

AB7 STANDARD washer ISO 7089

CODE	d = d ₀ [mm]	L ₁ [mm]	t _{fix} [mm]	h _{1,min} [mm]	h _{nom} [mm]	h _{ef} [mm]	d _r [mm]	SW [mm]	T _{inst} [Nm]	pcs.
AB71075	10	75	10	65	55	50	12	17	35	50
AB712100	12	100	18	80	70	60	14	19	55	50
AB712120	12	120	38	80	70	60	14	19	55	20
AB716145	16	145	30	110	100	85	18	24	100	15
AB716220	16	220	105	110	100	85	18	24	100	10
AB720170	20	170	35	125	115	100	22	30	150	5



d = anchor diameter
 d₀ = hole diameter in the concrete support
 L₁ = anchor length
 t_{fix} = maximum fixing thickness
 h₁ = minimum hole depth
 h_{nom} = nominal minimum anchoring depth

h_{ef} = effective anchor depth
 d_r = maximum hole diameter in the element to be fastened
 SW = wrench size
 T_{inst} = tightening torque



Slika 64: Karakteristike sidra AB12145 [14]

Tablica 83: Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje – spoj kutnika sa rogovima

Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje			
Karakteristična nosivost bočno opterećenog čavla	R_{v,Rk}	2,5	kN
Faktor izmjene	k_{mod}	0,9	
Faktor sigurnosti za drveni materijal	γ_M	1,3	
Proračunska nosivost bočno opterećenog čavla	R_{v,Rd}	1,73	kN
Ukupni broj čavala	n	16	kom
Broj čavala u redu	n₁	2	kom
Broj čavala u stupcu	n₂	2	kom
Koeficijent korekcije	m_{ef}	0,9	
Proračunska nosivost spajala na bočno opterećenog čavla	ΣR_{1,d}	27,69	kN
Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje	F_d/ΣR_{1,d}	0,86	<1

Detalj spoja rogova na AB gredu prikazan je u Nacrtu 7 (Prilog 5).

Tablica 84: Provjera otpornosti sidra na bočno opterećenje – spoj kutnika sa nazidnicom i AB gredom

Provjera otpornosti spajala na bočno opterećenje – spoj kutnika sa nazidnicom i AB gredom			
Vrsta spajala - sidro	Rothoblaas AB12145		
Promjer spajala	d	M12	mm
Duljina spajala	L _f	145	mm
Provjera otpornosti sidra na bočno opterećenje			
Karakteristična nosivost bočno opterećenog sidra	V _{Rk,s}	21,1	kN
Faktor sigurnosti za metalna spajala	γ _M	1,25	
Broj sidara po kutniku	n	2	
Proračunska nosivost bočno opterećenog sidra	V _{Rd,s}	33,76	kN
Provjera otpornosti spoja	V _{Rd,s} / F _{H,d}	0,70	<1
Napomena: postavljaju se sidra u kutnike i po jedno sidro nazidnicu na polovici duljine između rogova			

Tablica 85: Minimalni razmaci čavala LBA u rogovima bez predbušenja za kut sile α=0°[14]

NAILS INSERTED WITHOUT PRE-DRILLING HOLE					
		4		6	
a ₁	[mm]	5·d · 0,7	14	5·d · 0,7	21
a ₂	[mm]	3·d · 0,7	8	3·d · 0,7	13
a _{3,t}	[mm]	12·d	48	12·d	72
a _{3,c}	[mm]	7·d	28	7·d	42
a _{4,t}	[mm]	3·d	12	3·d	18
a _{4,c}	[mm]	3·d	12	3·d	18

7. ZAKLJUČAK

Ocjenom postojećeg stanja konstrukcije krovišta može se zaključiti da su zbog dugotrajnog izlaganja vlazi vidljiva oštećenja postojeće konstrukcije u obliku površinskih pukotina i truleži te je potrebna sanacija u obliku zamjene krovišta.

Analizirano je šest modela mogućih varijanti zamjene konstrukcije uključujući i početno stanje, te je za svaku varijantu izrađen KE model u programskom paketu Staad.pro i proveden proračun GSN i GSU.

U modelu početnog stanja (Model 0) analizom se dokazalo da je krovište predimenzionirano i da ukoliko se investitor odluči zamijeniti postojeću konstrukciju sa istim sustavom mogu se smanjiti poprečni presjeci nosivih elemenata (rogova, kosnika i stupova).

Zadržavanje postojećeg sustava analiziralo se i u Modelu A sa povećanjem rastera rogova na 1,25 m i s promjerom nagiba zapadne strehe na jedinstven nagib od 33° (primijenjeno u svim modelima osim u Modelu 0). Zbog povećanja rastera rogova smanjuje se utrošak materijala u odnosu na Model 0.

U odnosu na Model A u Modelima B1 i B2 uklonjen je primarni nosivi sustav sljemenjače sa stupovima i uzdužnim kosnicima. Razlika između Modela B1 i B2 je u načinu priključenja poprečnih kosnika. Analizom je dokazano da primarni sustav ne doprinosi nosivosti krovišta (ne dolazi do značajnog smanjenja reznih sila i momenata savijanja), te služi samo kao uzdužna stabilizacija koja bi se u ovim modelima osigurala sa čeličnim trakama i OSB dijafragmom.

Model C1 je sustav krovišta sa pajantom bez poprečnih kosnika korištenih u Modelima B1 i B2. Rezne sile i momenti savijanja nešto su veći no u prethodnim modelima što dovodi do povećanja poprečnog presjeka rogova u odnosu na njih. Ukupan utrošak drvenog materijala je neznatno veći, no prednost mu je manji broj spojeva i jednostavnost samog sustava.

U Modelu C2 zadržava se sustav s pajantom s povećanjem rastera rogova na 2,38 m. Zbog samog rastera rogova potrebna je uporaba podrožnica za oslanjanje OSB ploča (povećanje spojeva i broja elemenata). Rezne sile i momenti su 2 do 3 puta veći no u prethodnim modelima što rezultira većim poprečnim presjecima i glomaznim spojevima (oboje bitno utječe na jednostavnost izvedbe).

Nakon prevedenih analiza svih varijanti možemo zaključiti da je tehničko rješenje Modela C1 najekonomičnije rješenje vrednovano prema kriteriju iskaza količine materijala i izvedivosti rekonstrukcije uzimajući u obzir i izvođenje priključaka.

8. LITERATURA

1. HRN EN 1990:2011 Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija
2. HRN EN 1991-1-1:2016: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja – Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada
3. HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2016 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra
4. HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2016 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom
5. HRN EN 338:2016 – Konstrukcijsko drvo – Razredi čvrstoće
6. HRN EN 1995-1-1:2013 Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1-1: Općenito – Opća pravila i pravila za zgrade
7. HRN EN 300:2016 – Ploče s usmjerenim iverjem – Definicije, razradba i specifikacije
8. HRN EN 1992-1-1:2013 Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
9. Bjelanović, Adriana; Rajčić, Vlatka: „DRVENE KONSTRUKCIJE PREMA EUROPSKIM NORMAMA“, Hrvatska sveučilišna naklada i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2005, ur. J. Radić, p.p. 1 – 457 (ISBN 953-169-115-0), reizdanje (Hrvatska sveučilišna naklada, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Zagora-Zagorje d.o.o.), Zagreb 2007., (ur. J radić), p.p. 1 – 458, ISBN 978-953-169-115-4
10. Bjelanović A., *Predavanja*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
11. Gutta, <https://www.gutta.hr/home/>, 15.05.2019.
12. Knauf, <https://knauf.hr/>, 15.05.2019.
13. Egger, <https://www.egger.com/shop/hr>, 20.06.2019.
14. Rothoblaas, <https://www.rothoblaas.com/>, 15.02.2020.

9. PRILOZI

PRILOG 1 – ANALIZA DJELOVANJA

STALNO OPTEREĆENJE

Stalno opterećenje slojeva krovišta na grade postojeće konstrukcije prema HRN EN 1991-1-1:2016. [1]

- Limeni pokrov (imitacija crijepa)	0,050 kN/m ²
- Letva + kontraletva 3/5 cm	0,021 kN/m ²
b = 3 cm	
h = 5 cm	
$\rho = 380 \text{ kg/m}^3$	
razmak letvi = 0,33 m	
razmak kontraletvi = 1,25 m	
- Krovna folija	-
- OSB ploče	0,081 kN/m ²
d = 1,5 cm	
$\rho = 550 \text{ kg/m}^3$	
- Izolacija 10 cm	0,100 kN/m ²
- PVC folija	-
- Knauf	0,147 kN/m ²
d = 1,25 cm	
$\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$	

Ukupno stalno opterećenje $\Sigma G_k = 0,400 \text{ kn/m}^2$

OPTEREĆENJE SNIJEGOM

Proračun djelovanja snijega prema HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2016: [3]

Lokacija: Strahoninec

Nadmorska visina: 164 m

Karakteristično opterećenje snijegom na tlu prema karti snježnih područja iz nacionalnog dodatka za područja kontinentalne Hrvatske:

$$s = 1,25 \text{ kN/m}^2$$



Slika 65: Karta snježnih područja RH [3]

Proračun karakterističnog opterećenja snijegom prema izrazu:

$$s_k = \mu * C_e * C_t * s$$

gdje je $C_e = 1$ – faktor izloženosti (prema NA); $C_t = 1$ – toplinski faktor (prema NA); μ – koeficijent oblika opterećenja snijegom

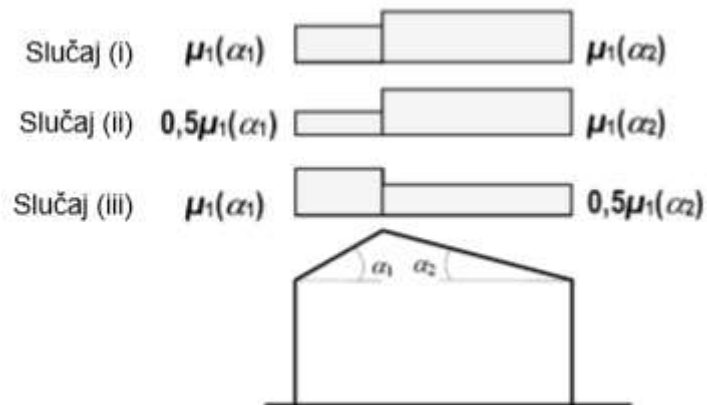
Proračun koeficijenta oblika prema izrazu za nagib krova $30^\circ < \alpha < 60^\circ$:

$$\mu_1 = 0,8 * \frac{60 - \alpha}{30}$$

gdje je α -nagib krova

Tablica 86: Proračun koeficijenta oblika opterećenja snijegom

nagib krova lijevo	$\alpha_{1,1}$	40 °
nagib krova lijevo	$\alpha_{1,2}$	33 °
nagib krova desno	α_2	33 °
faktor oblika	$\mu_1 (\alpha_{1,1})$	0,53
	$\mu_1 (\alpha_{1,2})$	0,72
	$\mu_1 (\alpha_2)$	0,72



Slika 68: Koeficijenti oblika opterećenja snijegom za dvostrešne krovove [3]

Tablica 87: Prikaz karakterističnog opterećenja snijegom, s_k

	lijeva streha	desna streha	
α	40 °	33 °	
Slučaj (i)	0,67	0,9	kN/m ²
Slučaj (ii)	0,33	0,9	kN/m ²
Slučaj (iii)	0,67	0,45	kN/m ²
α	33 °	33 °	
Slučaj (i)	0,90	0,9	kN/m ²
Slučaj (ii)	0,45	0,9	kN/m ²
Slučaj (iii)	0,90	0,45	kN/m ²

OPTEREĆENJE VJETROM

Proračun djelovanja snijega prema HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012: [4]

Lokacija: Strahoninec

Kategorija terena: III

duljina hrapavosti $z_0 = 0,3$ m

minimalna visina $z_{\min} = 5$ m

maksimalna visina $z_{\max} = 200$ m

Visina vrha krova (visina sljemena): $z = 9$ m

Proračun osnovne brzine vjetra prema izrazu:

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$$

gdje je $c_{dir} = 1$ – faktor smjera vjetra; $c_{season} = 1$ – faktor godišnjeg doba; $v_{b,0} = 20$ m/s – temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra prema karti osnovne brzine vjetra danoj u nacionalnom dodatku (slika 2)



Slika 66: Osnovna brzina vjetra $v_{b,0}$ [4]

Proračun tlaka pri vršnoj brzini vjetra prema izrazu:

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

gdje je $I_v(z)$ – intenzitet turbulencije; $\rho = 1,25$ kg/m³ – gustoća zraka; $v_m(z)$ – srednja brzina vjetra

Proračun srednje brzine vjetra:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 14,65 \text{ m/s}$$

Gdje je $c_r(z)$ – faktor hrapavosti; $c_0(z) = 1$ – faktor vertikalne razvedenosti terena

Faktor hrapavosti za $z_{min} < z < z_{max}$: $c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,73$

k_r faktor terena ovisan o duljini hrapavosti z_0 : $k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,22$ m

$z_{0,II}$ – duljina hrapavosti za kategoriju terene II

Proračun intenziteta turbulencije za $z_{min} < z < z_{max}$:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0,29$$

gdje je $k_t = 1$ – faktor turbulencije

Vrijednost tlaka pri vršnoj brzini vjetra: $q_p(z) = 0,41 \text{ kN/m}^2$

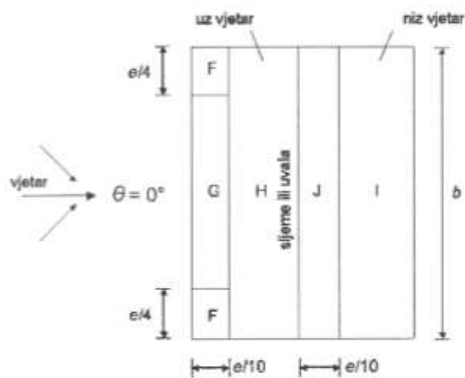
Određivanje zona vjetra za dvostrešne krovove:

Za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$

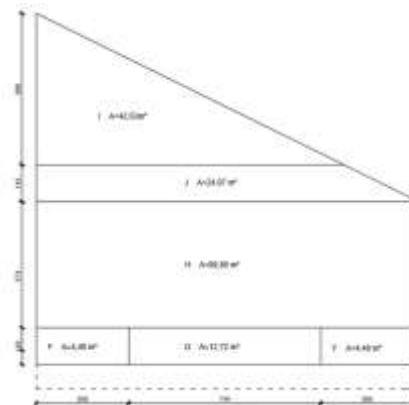
$$e = \min(b; 2h) = 14,30 \text{ m}$$

$b = 14,30 \text{ m}$ – dimenzija okomita na smjer vjetra

$h = 9 \text{ m}$ – visina sljemena



Slika 67: Prikaz vjetrovnih zona za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ iz EN 1991-1-4:2012/NA:2012 [4]



Slika 68: Prikaz vjetrovnih zona krovišta za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$

$$e/4 = 3,58 \text{ m}$$

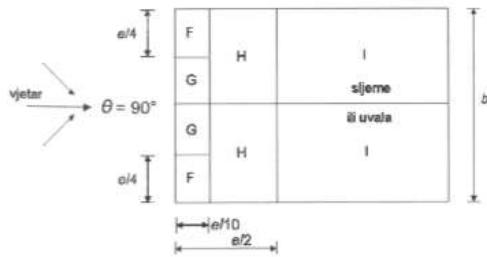
$$e/10 = 1,43 \text{ m}$$

Za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$

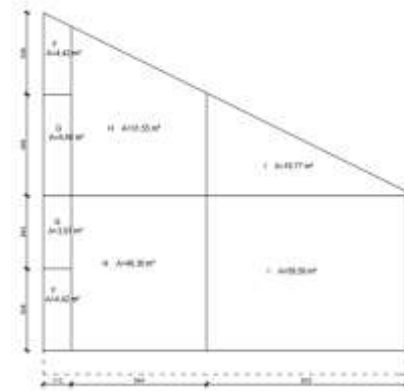
$$e = \min(b; 2h) = 13,13 \text{ m}$$

$$b = 13,13 \text{ m}$$

$$h = 9 \text{ m}$$



Slika 69: Prikaz vjetrovnih zona za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ iz EN 1991-1-4:2012/NA:2012 [4]



Slika 70: Prikaz vjetrovnih zona krovišta za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$

$$e/4 = 3,28 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,13 \text{ m}$$

$$e/2 = 6,57 \text{ m}$$

Tablica 88: Vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za dvostrešne krovove (smjer vjetra $\theta=0^\circ$)

Vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za dvostrešne krovove (smjer vjetra $\theta=0^\circ$)										
Zona	F		G		H		I		J	
kut α	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5			
	0,7		0,7		0,4		0		0	
45°	0		0		0		-0,2		-0,3	
	0,7		0,7		0,6		0		0	
Interpolacija za kut nagiba krovišta α										
40°	-0,17	-0,50	-0,17	-0,50	-0,07	-0,27	-0,37			
	0,70		0,70		0,53		0,00		0,00	
33°	-0,4		-0,4		-0,16		-0,36		-0,46	
	0,7		0,7		0,44		0		0	

Tablica 89: Vrijednosti koeficijentata vanjskog tlaka za dvostrešne krovove (smjer vjetra $\theta=90^\circ$)

Vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za dvostrešne krovove (smjer vjetra $\theta=90^\circ$)								
Zona	F		G		H		I	
kut α	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-0,5
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1	-0,5	-0,5
Interpolacija za kut nagiba krovista α								
40°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,07	-0,5	-0,5
33°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-0,33	-0,5	-0,5

Tablica 90: Površine vjetrovnih zona

Površine vjetrovnih zona (smjer vjetra $\theta=0^\circ$)					
Zona	F	G	H	I	J
A [m ²]	4,49	12,72	99,86	24,97	42,63
Površine vjetrovnih zona (smjer vjetra $\theta=90^\circ$)					
Zona	F	G	H	I	J
A [m ²]	4,42	3,97	40,36	19,77	-

Tablica 91: Koeficijenti vanjskog tlaka C_{pe} za površine vjetrovnih zona između 1 m² i 10 m²

Koeficijent vanjskog tlaka C_{pe} za površine vjetrovnih zona između 1 m ² i 10 m ²					
smjer vjetra $\theta=0^\circ$					
Zona	F	G	H	I	J
kut α	C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}
40°	-0,28	-	-	-	-
	0,7	-	-	-	-
33°	-0,4	-	-	-	-
	0,7	-	-	-	-
smjer vjetra $\theta=90^\circ$					
Zona	F	G	H	I	J
kut α	C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}	C_{pe}
40°	-1,24	-1,64	-	-	-
33°	-1,24	-1,64	-	-	-

Rezultantni pritisci vjetra na krov:

Tlak pri vršnoj brzini vjetra $q_p(z) = 0,41 \text{ kN/m}^2$

Faktor pozitivnog unutrašnjeg pritiska vjetra $C_{pi} = 0,2 \text{ kN/m}^2$

Faktor negativnog unutrašnjeg pritiska vjetra $C_{pi} = -0,3 \text{ kN/m}^2$

Izraz za tlak vjetra koji djeluje na vanjske površine $w_e: w_e = q_p(z_e) * C_{pe}$

Izraz za tlak vjetra koji djeluje na unutarnje površine $w_i: w_i = q_p(z_i) * C_{pi}$

Tablica 92: Rezultantni pritisak vjetra na krov ($\theta=0^\circ; \alpha=40^\circ$)

Rezultantni pritisak vjetra na krov $\theta=0^\circ \alpha=40^\circ$		F	G	H	I	J
$\theta=0^\circ \alpha=40^\circ$						
We	kN/m ²	-0,11	-0,07	-0,03	-0,11	-0,15
		0,29	0,29	0,22	0,00	0,00
Wi (-)	kN/m ²	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Wi (+)		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
We-Wi(-)	kN/m ²	0,01	0,05	0,10	0,01	-0,03
		0,41	0,41	0,34	0,12	0,12
We-Wi(+)	kN/m ²	-0,20	-0,15	-0,11	-0,19	-0,23
		0,21	0,21	0,14	-0,08	-0,08

Tablica 93: Rezultantni pritisak vjetra na krov ($\theta=0^\circ; \alpha=33^\circ$)

Rezultantni pritisak vjetra na krov $\theta=0^\circ \alpha=33^\circ$		F	G	H	I	J
$\theta=0^\circ \alpha=33^\circ$						
We	kN/m ²	-0,16	-0,16	-0,07	-0,15	-0,19
		0,29	0,29	0,18	0,00	0,00
Wi (-)	kN/m ²	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Wi (+)		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
We-Wi(-)	kN/m ²	-0,04	-0,04	0,06	-0,02	-0,07
		0,41	0,41	0,30	0,12	0,12
We-Wi(+)	kN/m ²	-0,25	-0,25	-0,15	-0,23	-0,27
		0,21	0,21	0,10	-0,08	-0,08

Tablica 94: Rezultantni pritisak vjetra na krov ($\theta=90^\circ$; $\alpha=33^\circ$ i 40°)

Rezultantni pritisak vjetra na krov $\theta=90^\circ$ $\alpha=33^\circ$					
$\theta=90^\circ$ $\alpha=36^\circ$		F	G	H	I
We	kN/m ²	-0,51	-0,67	-0,33	-0,21
Wi (-)	kN/m ²	-0,12	99,00	-0,12	-0,12
Wi (+)		0,08	0,08	0,08	0,08
We-Wi(-)	kN/m ²	-0,39	-99,67	-0,21	-0,08
We-Wi(+)	kN/m ²	-0,59	-0,75	-0,41	-0,29

KOMBINACIJE DJELOVANJA

Kombinacije djelovanja prema normi HRN EN 1990:2011 [1].

Za granično stanje nosivosti koristi se kombinacija djelovanja za stalne ili prolazne proračunske kombinacije.

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

gdje je: $G_{k,j}$ karakteristična vrijednost stalnog djelovanja; P odgovarajuća reprezentativna vrijednost prednapinjanja; $Q_{k,1}$ karakteristična vrijednost prevladavajućeg promjenjivog djelovanja; $Q_{k,i}$ karakteristična vrijednost pratećeg promjenjivog djelovanja; $\gamma_{G,j}$ parcijalni koeficijent za stalno djelovanje; γ_P parcijalni koeficijent za djelovanje prednapinjanja; $\gamma_{Q,1}$ parcijalni koeficijent za promjenjivo djelovanje 1; $\gamma_{Q,i}$ parcijalni koeficijent za promjenjivo djelovanje i ; ψ_0 faktor za kombinacijsku vrijednost promjenjivog djelovanja

Za granično stanje uporabljivosti koristi se nazovistalna kombinacija djelovanja za dugotrajne učinke i izgled konstrukcije (progib i raspucavanje).

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

gdje je: ψ_2 faktor za nazovistalnu vrijednost promjenjivog djelovanja

Kombinacije će se unesti preko modela u programu staad-pro.

Tablica 95: Popis kombinacija opterećenja provedenih za sve varijante konstrukcija

Br.	Kombinacija	Kratica
1.	stalno + snijeg simetrično	ST + SS
2.	stalno + snijeg nesimetrično 1	ST + SN1
3.	stalno + snijeg nesimetrično 2	ST + SN2
4.	stalno + vjetar pritisak	ST + VP
5.	stalno + vjetar odizanje $\theta=0^\circ$	ST + VO 0°
6.	stalno + vjetar odizanje $\theta=90^\circ$	ST + VO 90°
7.	stalno + snijeg simetrično + vjetar pritisak	ST + SS + VP
8.	stalno + snijeg nesimetrično 1 + vjetar pritisak	ST + SN1 + VP
9.	stalno + snijeg nesimetrično 2 + vjetar pritisak	ST + SN2 + VP
10.	stalno + vjetar pritisak + snijeg simetrično	ST + VP + SS
11.	stalno + vjetar pritisak + snijeg nesimetrično 1	ST + VP + SN1
12.	stalno + vjetar pritisak + snijeg nesimetrično 2	ST + VP + SN2
<p>Legenda: ST - stalno opterećenje SS - simetrično opterećenje snijegom SN1 - nesimetrično opterećenje snijegom (puno opterećenje na zapadnoj strani krovišta) SN2 - nesimetrično opterećenje snijegom (puno opterećenje na istočnoj strani krovišta) VP- opterećenje vjetrom - pritisak VO 0° - opterećenje vjetrom - odizanje (smjer vjetra $\theta=0^\circ$) VO 90° - opterećenje vjetrom - odizanje (smjer vjetra $\theta=90^\circ$)</p>		

PRILOG 1 – IZRAZI IZ HRN EN 1995

Izrazi iz HRN EN 1995 korišteni u proračunu [6]

Proračunska čvrstoća na savijanje: $f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,0,k}}{\gamma_M} * k_h$

gdje je: $k_{mod} = 0,9$ – faktor izmjene čvrstoće, za cjelovito drvo, razred uporabe 2 i za kratko trajanje opterećenja; $\gamma_M = 1,3$ – faktor sigurnosti za materijal; k_h – faktor visine presjeka

faktor visine presjeka za cjelovito drvo $k_h = \min\left(\left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}; 1,3\right)$

Izraz za proračunsko naprezanje na savijanje: $\sigma_{m,d} = \frac{M_{Ed}}{W}$

gdje je: W – moment otpora na savijanje

Moment otpora na savijanje oko osi y-y: $W_y = \frac{b * h^2}{6}$

Moment otpora na savijanje oko osi z-z: $W_z = \frac{b^2 * h}{6}$

Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi y-y: $\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y}$

Proračunsko naprezanje na savijanje oko osi z-z: $\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z}$

Provjera presjeka na koso savijanje oko osi y-y: $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$

Provjera presjeka na koso savijanje oko osi z-z: $k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$

gdje je: $k_m = 0,7$ – faktor oblika presjeka, za kvadratne poprečne presjeke

Proračunska čvrstoća na savijanje: $f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$

Izraz za proračunsko posmično naprezanje: $\tau_{v,d} = 1,5 * \frac{V_d}{A_{eff}}$

gdje je: A_{eff} – proračunska površina presjeka; $k_{cr} = 0,67$ – faktor utjecaja pukotina za cjelovito drvo

$A_{eff} = (b * k_{cr}) * h$

Provjera otpornosti presjeka na posmik: $\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} < 1$.

Izraz za proračun faktora izvijanja $k_{c,i}$:

$$k_{c,i} = \frac{1}{k_i + \sqrt{k_i^2 - \lambda_{rel,i}^2}}$$

gdje je: k_i – pomoćni faktor za izvijanje; $\lambda_{rel,i}$ – relativna vitkost izvijanja

Izraz za relativnu vitkost izvijanja:

$$\lambda_{rel,i} = \frac{\lambda_i}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

gdje je: $E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$ – karakteristični modul elastičnosti za CD C24; λ_i – vitkosti izvijanja

Izraz za dobijanje vitkosti izvijanja:

$$\lambda_i = l_i * \sqrt{\frac{A}{I_i}}$$

gdje je: l_i – duljina izvijanja; A – površina poprečno presjeka; I_y – moment tromosti

Izraz za proračun pomoćnog faktora izvijanja:

$$k_i = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,i} - 0,3) + \lambda_{rel,i}^2)$$

gdje je: $\beta_c = 0,2$ – faktor početnog deformiranja za CD

Provjera otpornosti interakcija tlak + izvijanje (oko osi y-y) i savijanje:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right) < 1$$

Provjera otpornosti interakcija tlak + izvijanje (oko osi z-z) i savijanje:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \right) + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d} * k_{crit}} \right)^2 < 1$$

PRILOG 3 – PRORAČUN OPLATE KROVIŠTA

Proračun oplate krovišta OSB/3 [3] ploča prema normi HRN EN 300 [7]. Specifikacije dimenzija su preuzete iz kataloga proizvođača, kao i upute za montažu. Ovo su nosive vodootporne ploče čija namjena i jest oblaganje krovnih / zidnih ploha. U naizmjeničnom rasporedu polaganja kakav je naznačen u Tablici 1, djeluju i kao krovne dijafragme, te je dostatna konstruktivna ("dodatna") stabilizacija čavlanim trakama. Proračun dijafragme / sprega je u ovoj analizi zanemaren.

Karakteristična opterećenja su navedena u Prilogu 1.

Tablica 96: Karakteristike i opis statičkog sustava OSB/3 ploča

Karakteristike OSB/3 ploča- kontinuirana ploča preko 2 raspona			
L=2x1,25 m			
Razred čvrstoće	OSB/3	Razred uporabe	2
Karakteristična gustoća		Trajanje opterećenja	kratko
ρ_k	550		
Duljina ploče		L	2,5 m
Širina ploče		b	1,25 m
Osni razmak između oslonaca		L₁	1,25 m
Proračunska širina		b_{ef}	1,25 m
Debljina ploče		d	2,2 cm
Srednji modul elastičnosti		E_{m,0,mean}	4930 N/mm ²
Srednji modul posmika		G_{r,mean}	50 N/mm ²
Moment tromosti		I	1109167 mm ⁴
Karakteristične čvrstoće			
Karakteristična čvrstoća na savijanje		f_{m,0,k}	14,8 N/mm ²
Karakteristična posmična čvrstoća		f_{r,k}	1 N/mm ²
Koeficijent potrebni za proračun			
Faktor izmjene čvrstoće		k_{mod}	0,9
Faktor sigurnosti za materijal		γ_M	1,3
Faktor deformiranja		k_{def}	2,25
Proračunske čvrstoće			
Proračunska čvrstoća na savijanje		f_{m,0,d}	10,25 N/mm ²
Proračunska posmična čvrstoća		f_{r,d}	0,69 N/mm ²

Kombinacije djelovanja prema Prilogu 1.

Tablica 97: Osnovna kombinacija za stalne/prolazne situacije (GSN)

Osnovna kombinacija za stalne/prolazne situacije (GSN)			
Kombinacija "stalno" + "snijeg"	$q_{y,d}$	1,40	kN/m
Kombinacija "stalno" + "vjetar(+)"	$q_{y,d}$	0,98	kN/m
Kombinacija "stalno" + "snijeg" + "vjetar(+)"	$q_{y,d}$	1,86	kN/m
Kombinacija "stalno" + "vjetar(+)" + "snijeg"	$q_{y,d}$	1,58	kN/m
Proračunsko opterećenje (GSN)	$\max q_{y,d}$	1,86	kN/m

Tablica 98: Nazovistalna proračunska kombinacija – početna deformiranja (GSU)

Nazovistalna proračunska kombinacija - početna deformiranja (GSU)			
Kombinacija "stalno" + "snijeg"	$q_{y,d}$	0,95	kN/m
Kombinacija "stalno" + "vjetar(+)"	$q_{y,d}$	0,67	kN/m
Kombinacija "stalno" + "snijeg" + "vjetar(+)"	$q_{y,d}$	1,26	kN/m
Kombinacija "stalno" + "vjetar(+)" + "snijeg"	$q_{y,d}$	1,07	kN/m
Proračunsko opterećenje (GSU-inst)	$\max q_{y,inst}$	1,26	kN/m

Tablica 99: Nazovistalna proračunska kombinacija – konačna deformiranja (GSU)

Nazovistalna proračunska kombinacija - konačna deformiranja (GSU)			
Kombinacija "stalno" + "snijeg"	$q_{y,d}$	1,30	kN/m
Kombinacija "stalno" + "vjetar(+)"	$q_{y,d}$	1,02	kN/m
Kombinacija "stalno" + "snijeg" + "vjetar(+)"	$q_{y,d}$	1,61	kN/m
Kombinacija "stalno" + "vjetar(+)" + "snijeg"	$q_{y,d}$	1,42	kN/m
Proračunsko opterećenje (GSU-fin)	$\max q_{y,fin}$	1,61	kN/m

Provjera graničnog stanja nosivosti

Tablica 100: Provjera otpornosti na savijanje OSB/3 ploča

Provjera na savijanje			
Proračunsko opterećenje	$\max q_{y,d}$	1,86	kN/m
Proračunski moment savijanja	$M_{y,Ed}$	0,29	kNm
Moment otpora na savijanje	W_{net}	90750	mm ³
Proračunsko naprezanje na savijanje	$q_{m,d}$	3,21	N/mm ²
Provjera nosivosti	$q_{m,d}/f_{m,0,d}$	0,31	< 1

Tablica 101: Provjera otpornosti na posmik OSB/3 ploča

Provjera posmika			
Proračunsko opterećenje	$\max Q_{y,d}$	1,86	kN/m
Proračunska posmična sila	V_{Ed}	1,40	kN
Proračunska površina presjeka	A_{eff}	27500	mm ²
Proračunsko posmično naprezanje	$\tau_{v,d}$	0,08	N/mm ²
Provjera nosivosti	$\tau_{v,d}/f_{r,d}$	0,11	< 1

OSB/3 ploče debljine 22 mm zadovoljavaju provjeru graničnog stanja nosivosti.

Provjera graničnog stanja uporabljivosti

Tablica 102: Prikaz dozvoljenih progiba OSB/3 ploča

Dozvoljeni progibi OSB/3 ploča			
Raspon polja	L	1,25	m
Početno nadvišenje	w_c	0	mm
Granični početni progib	L/300	4,17	mm
Granični neto konačni progib	L/250	5,00	mm

Tablica 103: Provjera GSU početnih i konačnih OSB/3 ploča

Provjera GSU - kriterij početnih progiba			
Proračunsko vertikalno opterećenje	$\max Q_{y,inst}$	1,26	kN/m
Moment savijanja	$M_{y,inst}$	0,16	kNm
Vertikalni početni progib	$w_{y,inst}$	3,03	mm
Provjera početnih progiba	$w_{y,inst}/(L/300)$	0,73	< 1
Provjera GSU - kriterij konačnih progiba			
Proračunsko vertikalno opterećenje	$\max Q_{y,fin}$	1,61	kN/m
Moment savijanja	$M_{y,fin}$	0,20	kNm
Vertikalni konačni progib	$w_{y,fin}$	3,88	mm
Provjera konačnih progiba	$w_{y,fin}/(L/250)$	0,78	< 1

OSB/3 ploče debljine 22 mm zadovoljavaju provjeru graničnog stanja uporabljivosti.

PRILOG 4 – PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG OKVIRA

Proračun prema normi HRN EN HRN EN 1992-1-1:2013 [6].

Tablica 104: Čvrstoće betona C20/25 i armature B500B

Karakteristike betona C20/25 i armature B500B				
Beton	C20/25	$f_{c,k}$	20	N/mm ²
Armatura	B500B	$f_{y,k}$	500	N/mm ²
Koeficijenti korišteni u proračunu				
Koeficijent sigurnosti za beton			γ_c	1,5
Koeficijent sigurnosti čelika za armiranje			γ_s	1,15
Proračunske čvrstoće				
Proračunska čvrstoća betona		$f_{c,d}$	1,33	kN/cm ²
Proračunska čvrstoća čelika		$f_{y,d}$	43,48	kN/cm ²

Tablica 105: Zaštitni sloj betona

Zaštitni sloj betona				
Najmanji zaštitni sloj		c_{min}	1,0	cm
Razred izloženosti	XC3	$c_{min,dur}$	2,5	cm
Razred konstrukcije	S4			
Zaštitni sloj betona		c_{nom}	3,5	cm
Statička visina grede		d	26	cm

Tablica 106: Dimenzije poprečnog presjeka grede i stupa

Dimenzije poprečnog presjeka armiranobetonske grede			
Širina presjeka	b	30	cm
Visina presjeka	h	30	cm
Dimenzije poprečnog presjeka armiranobetonskog stupa			
Širina presjeka	b	30	cm
Visina presjeka	h	30	cm

Tablica 107: Dimenzioniranje betonskog presjeka grede

Dimenzioniranje betonskog presjeka grede				
Proračunski moment savijanja		M_{Ed}	12,5	kNm
Bezdimenzionalni moment savijanja	μ_{Eds}	0,046	ξ	0,049
			ζ	0,979
Potrebna površina armature		A_{s1}	1,13	cm ²
Minimalna armatura		$A_{s1,min}$	1,01	cm ²
Odabire se:	A_{s1}	2 x $\phi 10$	1,57	cm ²
Odabrana armatura vrijedi u polju i iznad oslonca				
Ukupna uzdužna armatura u betonskom presjeku: 4 x $\phi 10$				

Napomena: moment u polju i iznad oslonca je približno isti, stoga je greda proračunata na onaj nepovoljniji

Tablica 108: Dimenzioniranje betonskog presjeka grede na poprečne sile

Dimenzioniranje na poprečne sile			
Proračunska poprečna sila	V_{Ed}	12,1	kN
Kriterij nosivosti tlačnih štapova			
Nagib tlačnih štapova	θ	40	°
Faktor smanjenja tlačne čvrstoće betona raspucanog od poprečnih sila		v_1	0,552
Nosivost tlačnih štapova	$V_{Rd,max}$	254,1	kN
Provjera nosivosti tlačnih štapova		0,05	<1
Proračun potrebne poprečne armature			
Pretpostavljena poprečna armatura	$A_{sw,1}$	0,56	cm ²
Najveći uzdužni razmak	$S_{l,max1}$	19,5	cm
	$S_{l,max2}$	41,67	cm
Minimalna armatura $\phi 6/19$ cm m=2			
Potrebna poprečna armatura	s	56,50	cm
Usvaja se minimalna poprečna armatura po cijeloj gredi			

Tablica 109: Proračun vitkosti stupa

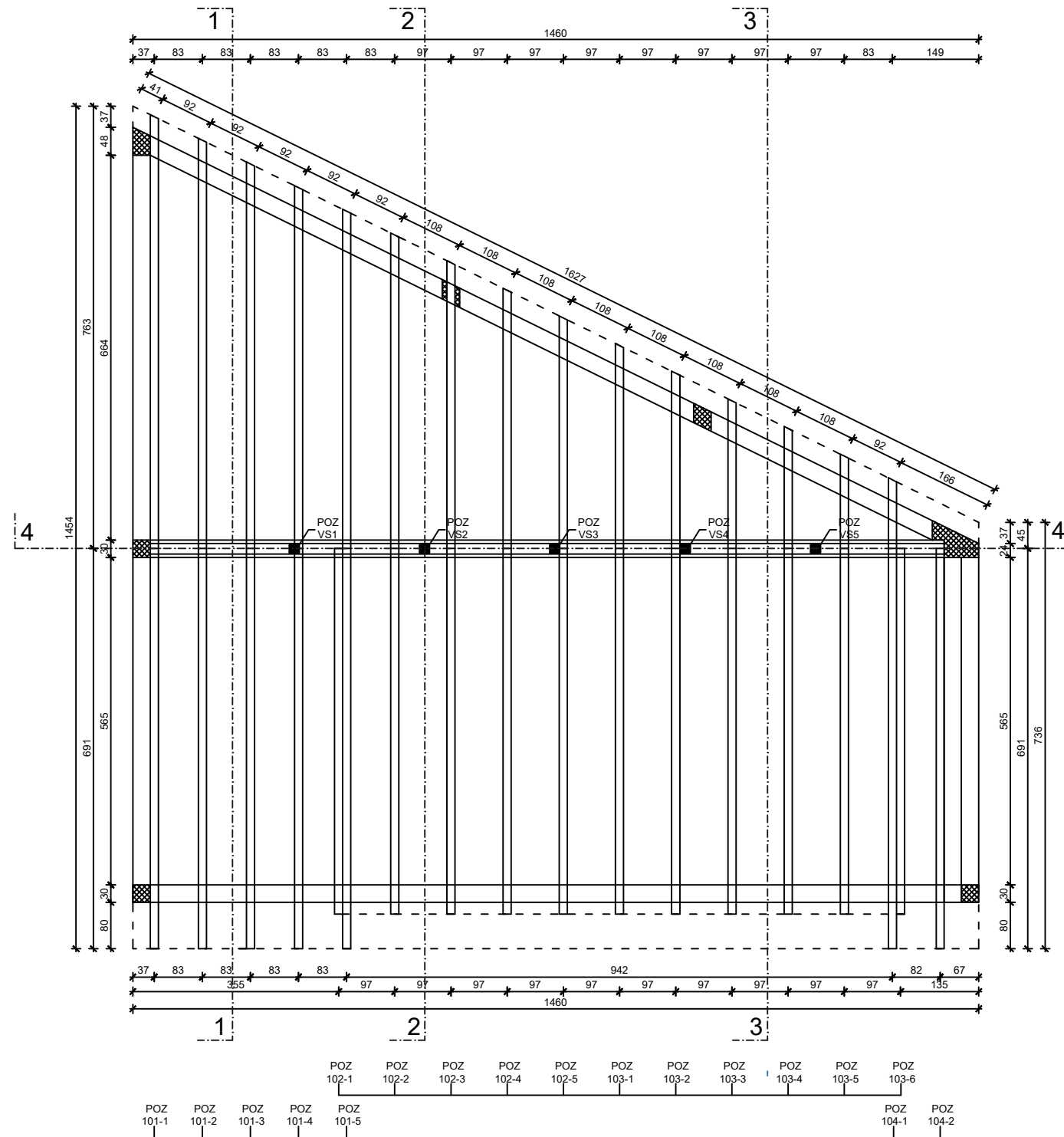
Proračun vitkosti stupa			
Duljina stupa	l_{col}	1,2	m
Efektivna duljina izvijanja (konzola)	l_0	2,40	m
Minimalan polumjer tromosti	i_{min}	8,67	cm
Vitkost stupa	λ	27,68	
Granična vitkost stupa			
Pojednostavljene vrijednosti koeficijenata za granične proračun vitkosti	A	0,7	
	B	1,1	
	C	0,7	
Uzdužna sila u stupu	N_{Ed}	43,52	kN
	n	0,036	
Granična vitkost stupa	λ_{lim}	56,606	
$\lambda < \lambda_{lim}$ - nije potrebno uzeti u obzir utjecaje teorije II. reda			

Tablica 110: Dimenzioniranje armiranobetonskog stupa

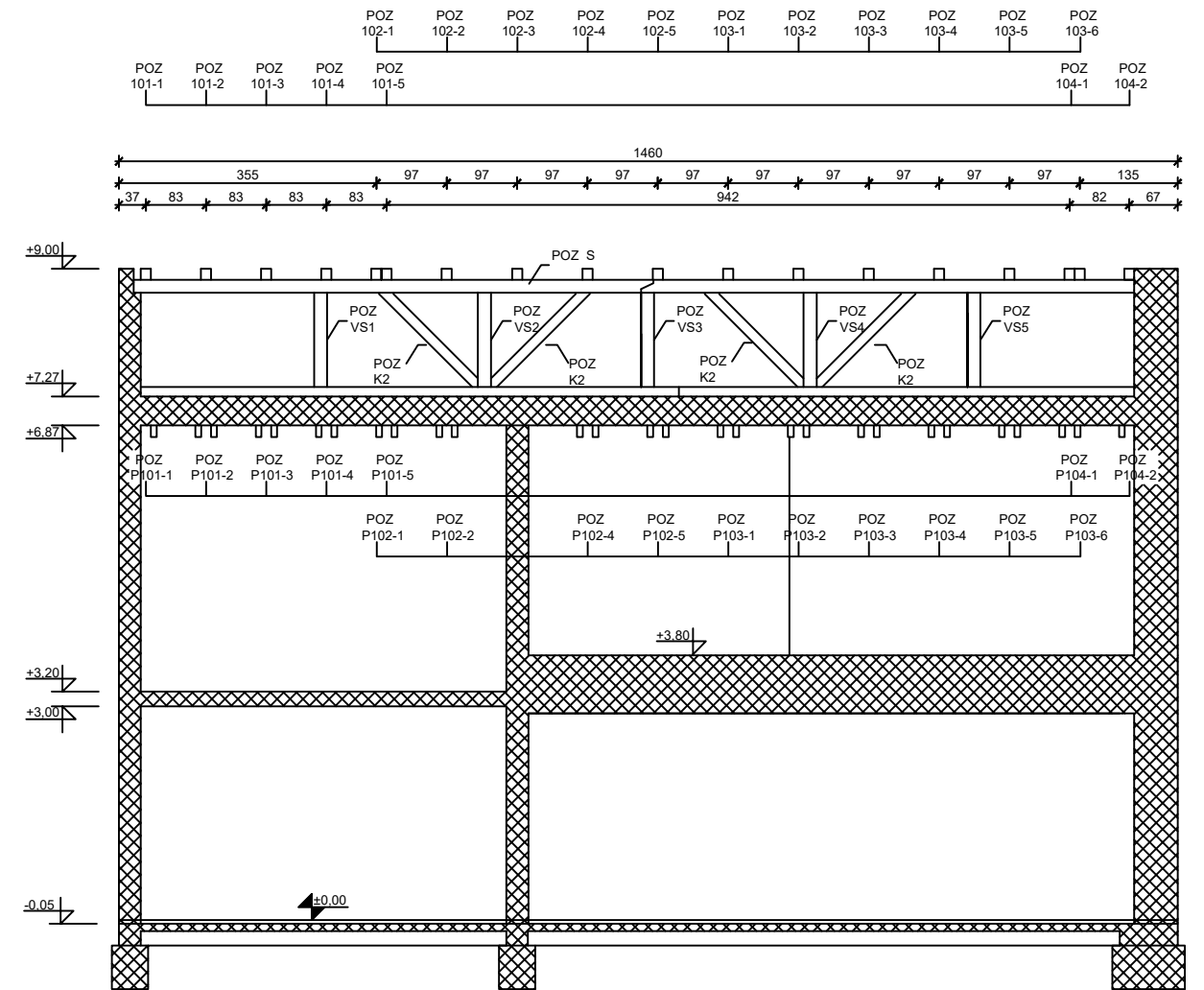
Dimenzioniranje armiranobetonskog stupa			
Uzdužna tlačna sila u stupu	N_{Ed}	43,52	kN
Moment savijanja na dnu stupa	M_{Ed}	54,24	kNm
Bezdimenzionalne vrijednosti momenta i	μ_{Eds}	0,151	ω 0,18
	ν_{Ed}	-0,036	
$\beta = 1 - A_{s1} = A_{s2}$			
Potrebna uzdužna armatura stupa	A_{s1}	4,968	cm ²
Minimalna armatura	$A_{s1,min}$	4,52	cm ²
Odabire se uzdužna armatura: $A_{s1} = A_{s2} = 4 \times \phi 14$ $A_{s1} = 6,16$ cm			
Proračun poprečne armature spona:			
Minimalni promjer armature	ϕ	6	mm
Razmaci poprečne armature	s	14	mm
Razmak pri dnu i vrhu stupa	s^*	8	mm
Odabrana poprečna armatura stupa:			
Armatura $\phi 6/14$ cm m=2			
Armatura $\phi 6/8$ cm m=2 na duljini od 40 cm od dna i vrha stupa			

PRILOG 5 - NACRTI

TLOCRTNA DISPOZICIJA

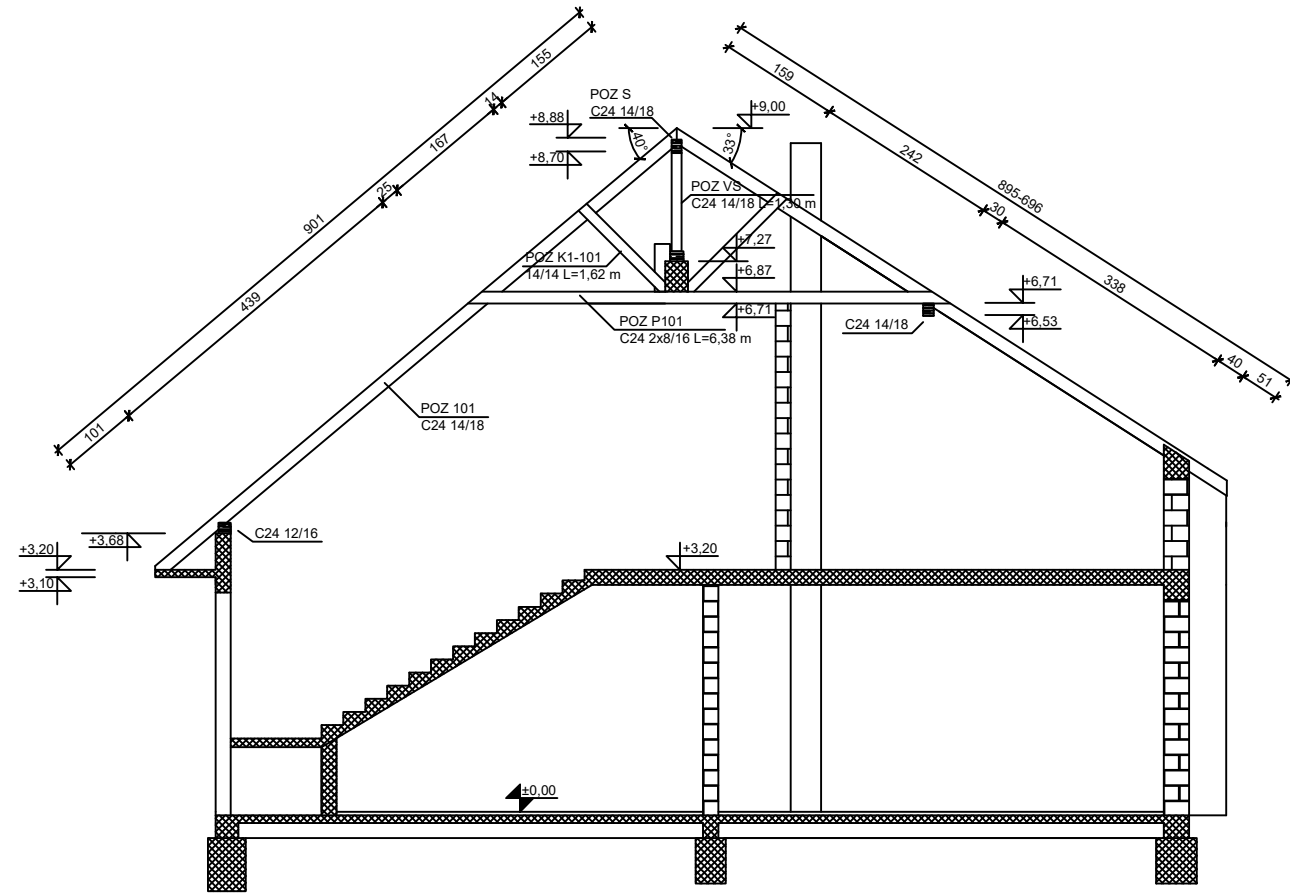


UZDUŽNA DISPOZICIJA - PRESJEK 4-4

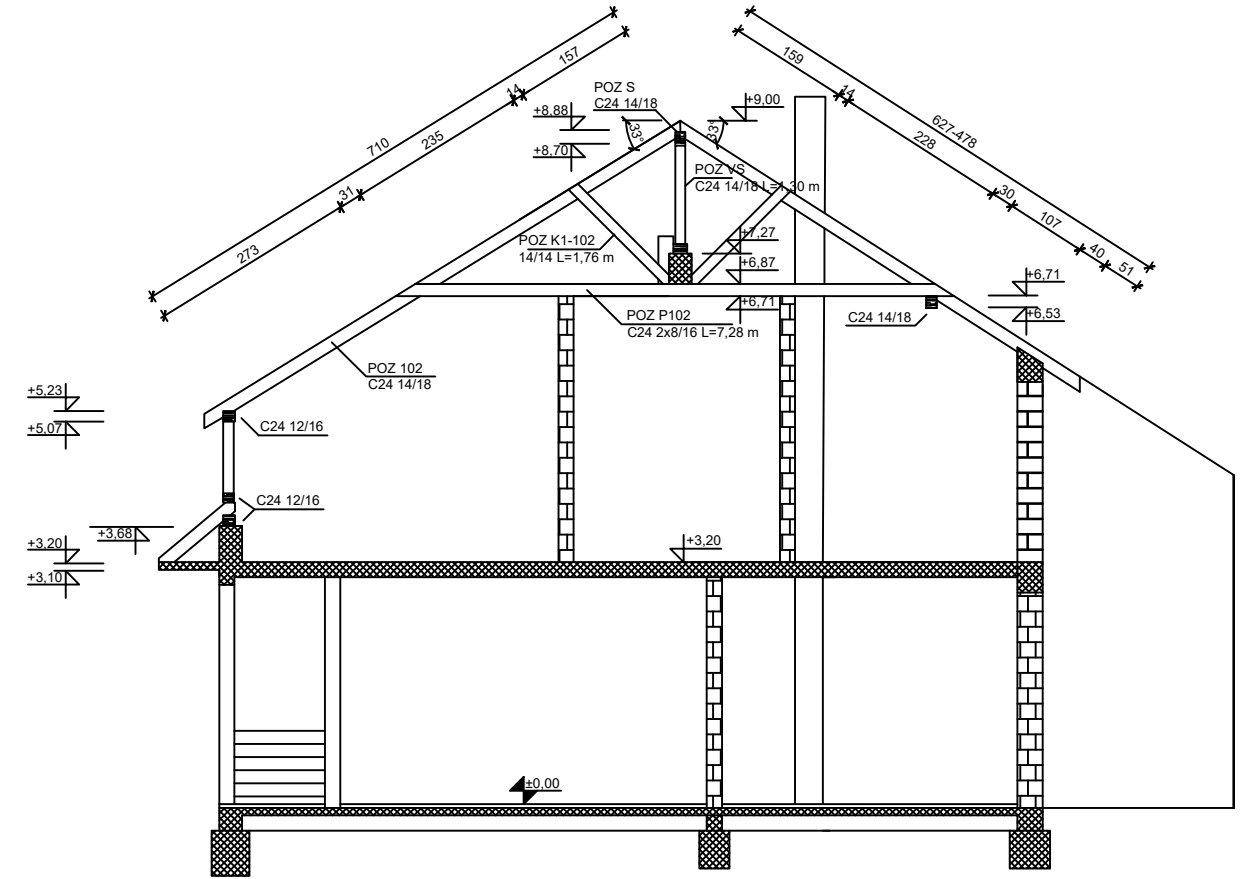


GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI		
	DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama prostojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti		SADRŽAJ NACRTA: Dispozicija i uzdužni presjek 4-4 početnog stanja
STUDENT: Robert Kocijan		KOLEGIJ: Drvene konstrukcije	
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović	DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:100	LIST: 1

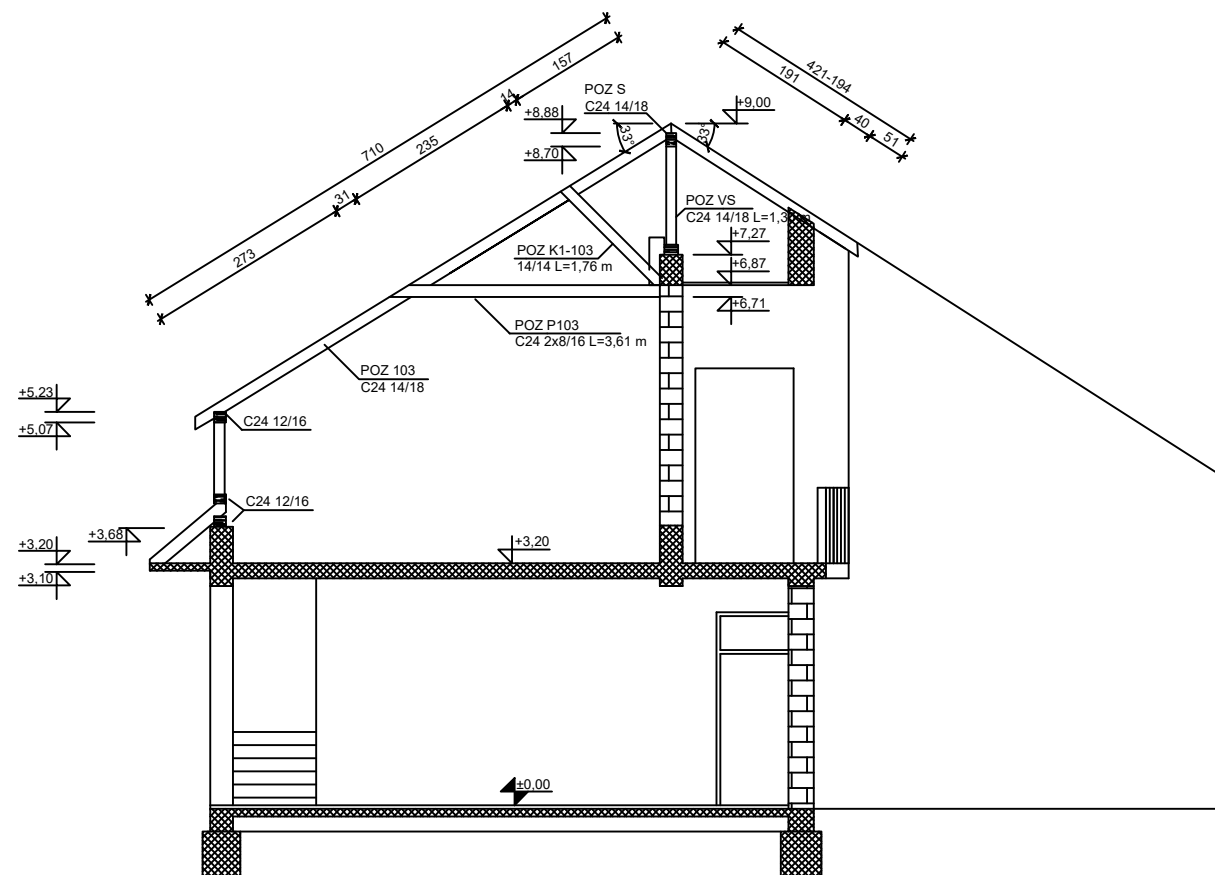
KARAKTERISTIČNI PRESJEK 1-1



KARAKTERISTIČNI PRESJEK 2-2

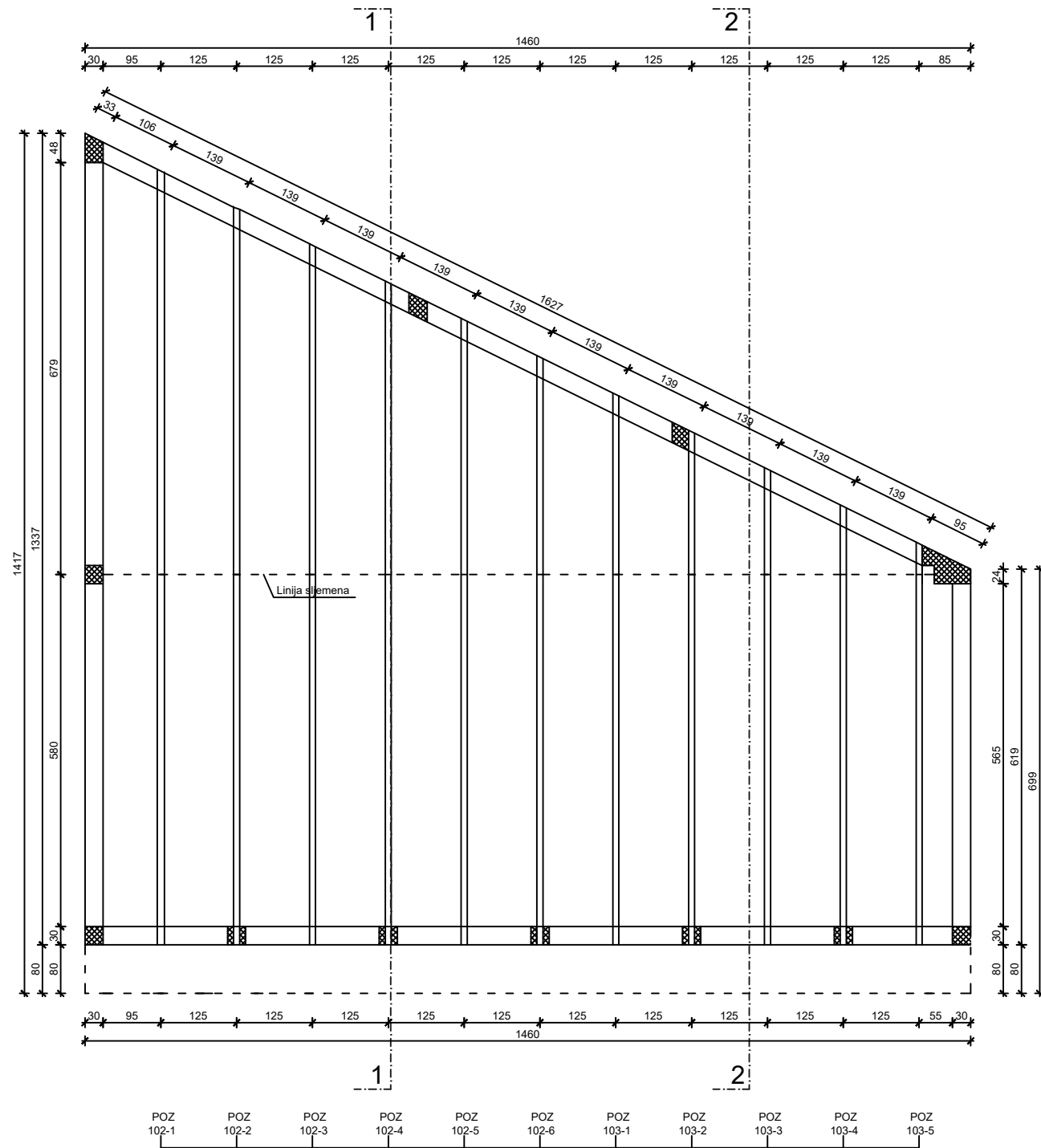


KARAKTERISTIČNI PRESJEK 3-3

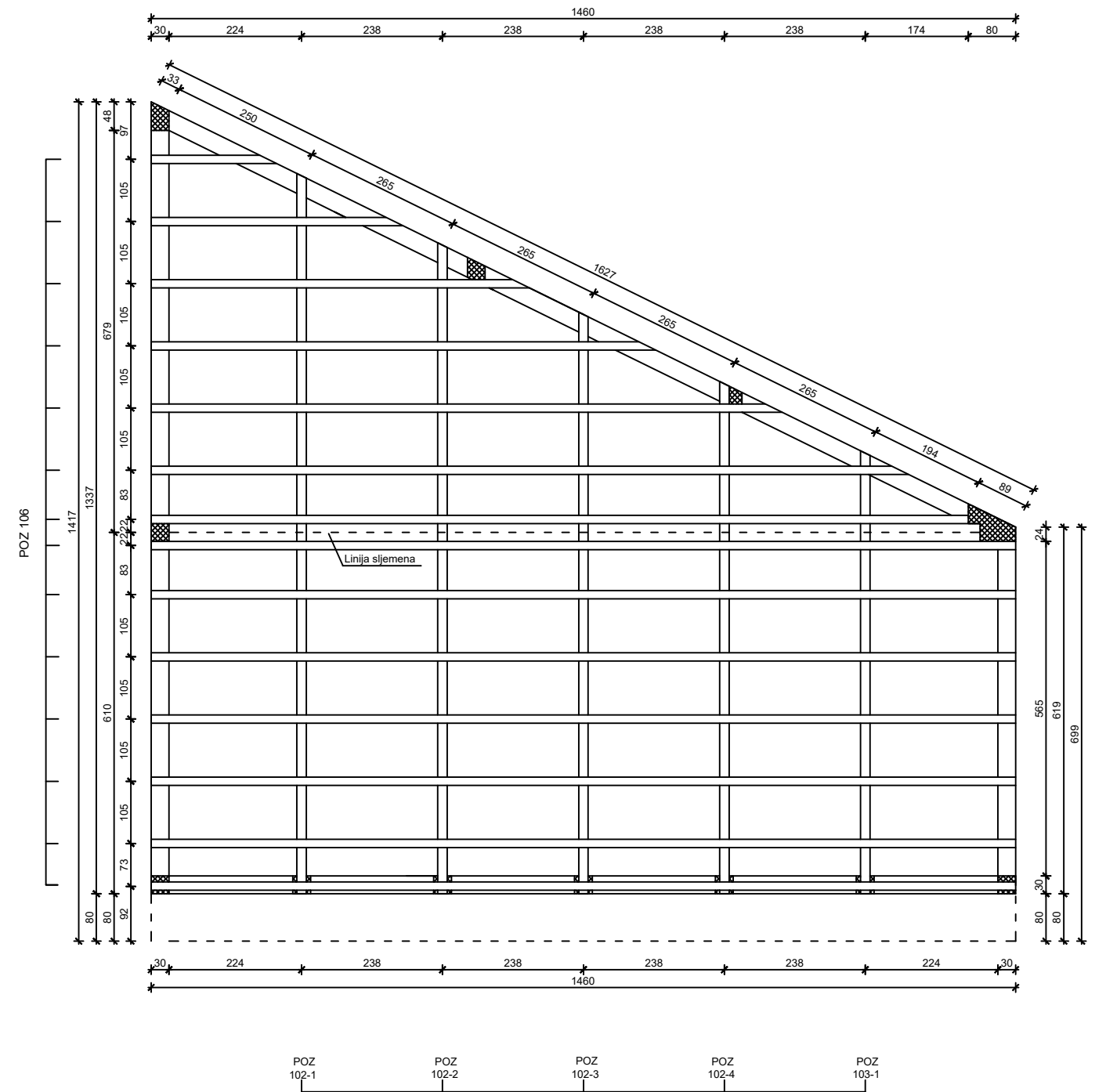


GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI		
	DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama postojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti		SADRŽAJ NACRTA: Karakteristični presjeci - početnog stanja
STUDENT: Robert Kocijan		KOLEGIJ: Drvene konstrukcije	
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović	DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:100	LIST: 2

TLOCRTNA DISPOZICIJA MODELA: A, B1, B2 I C1

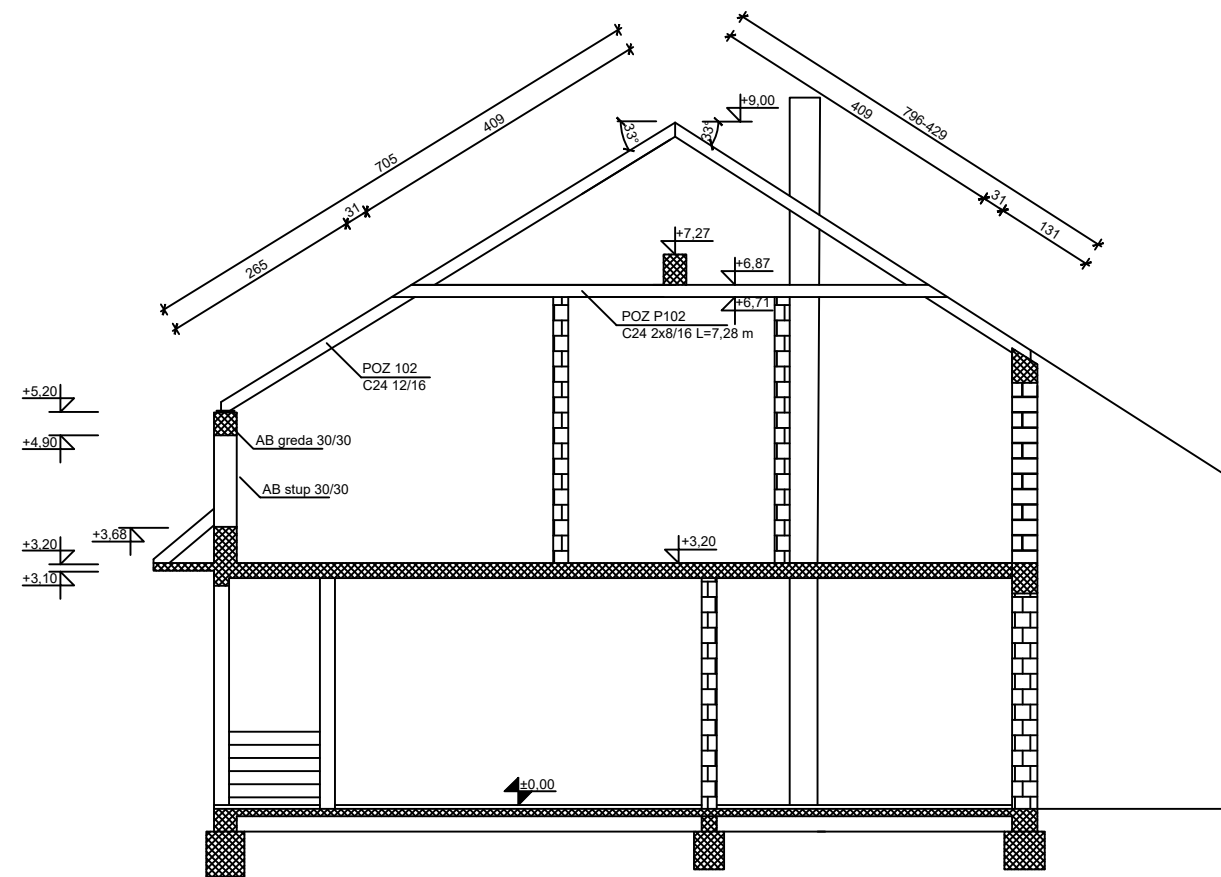


TLOCRTNA DISPOZICIJA MODELA C2

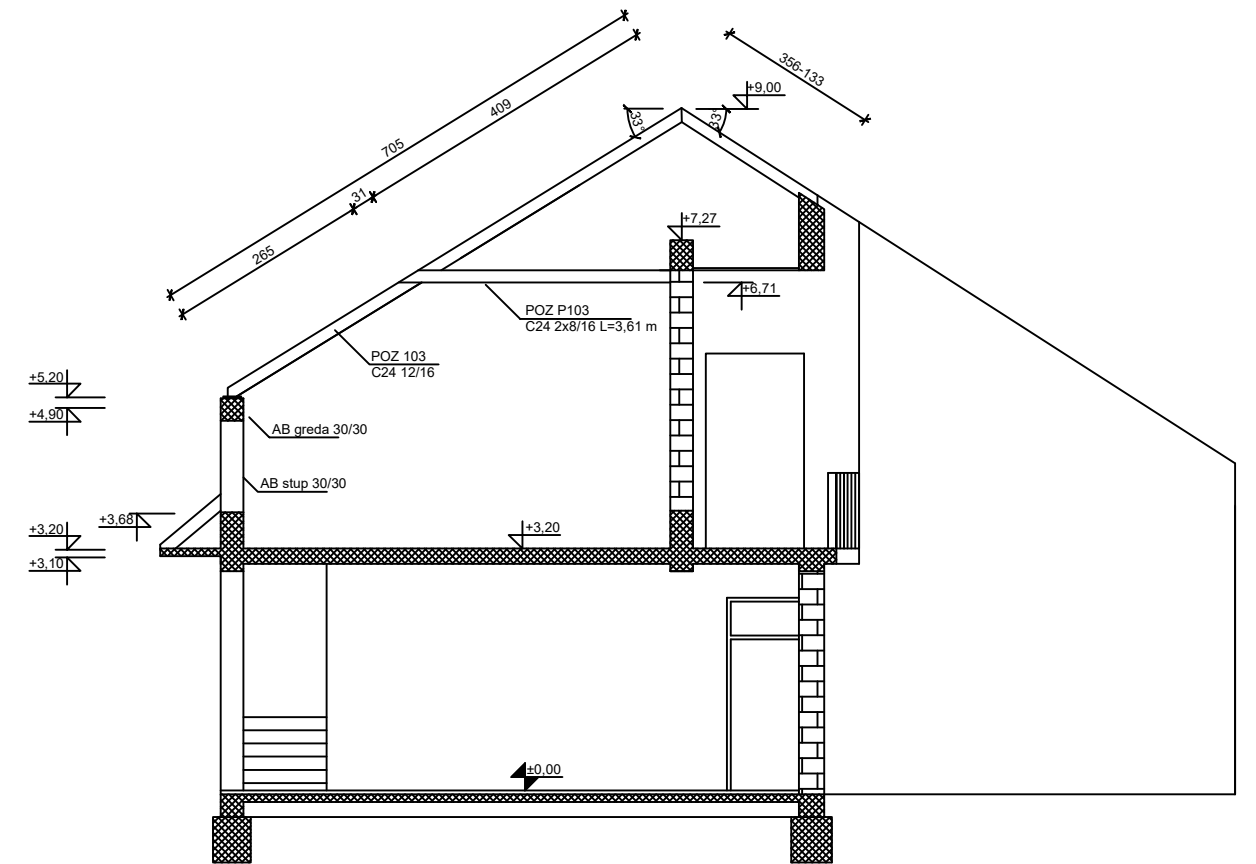


GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI		
	DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama prostojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti		SADRŽAJ NACRTA: Tlocrtna dispozicija Modela: A1, B1, B2, C1 i C2
STUDENT: Robert Kocijan		KOLEGIJ: Drvene konstrukcije	
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović	DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:100	LIST: 3

KARAKTERISTIČNI PRESJEK 1-1



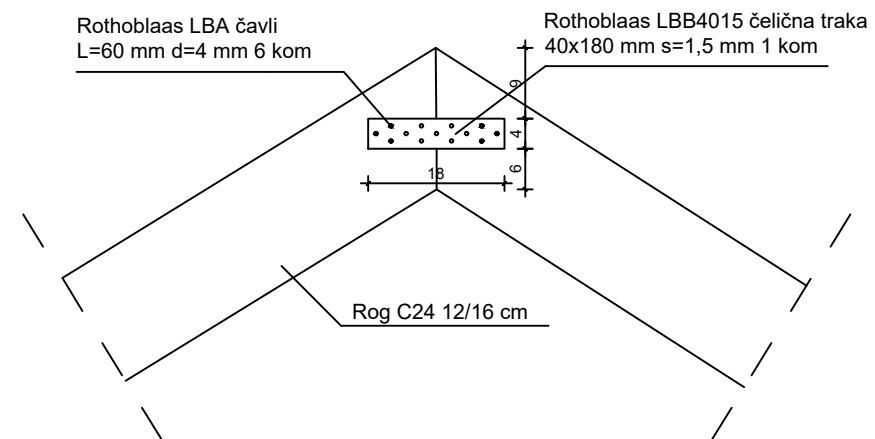
KARAKTERISTIČNI PRESJEK 2-2



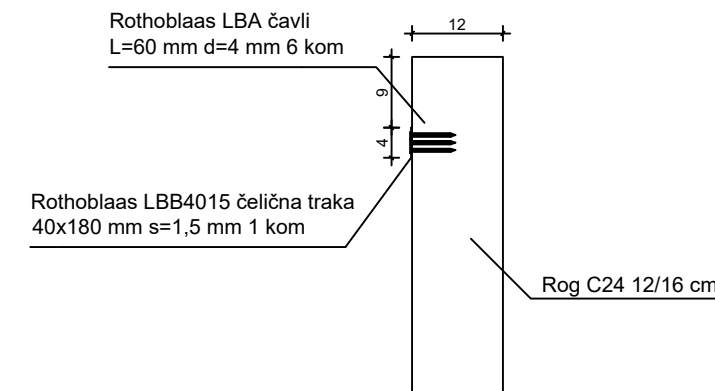
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI			
DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama postojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti	SADRŽAJ NACRTA: Karakteristični presjeci - Model C1		
STUDENT: Robert Kocijan	KOLEGIJ: Drvene konstrukcije		
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović	DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:100	LIST: 4

DETALJ SPOJA ROGOVA U SLJEMNU

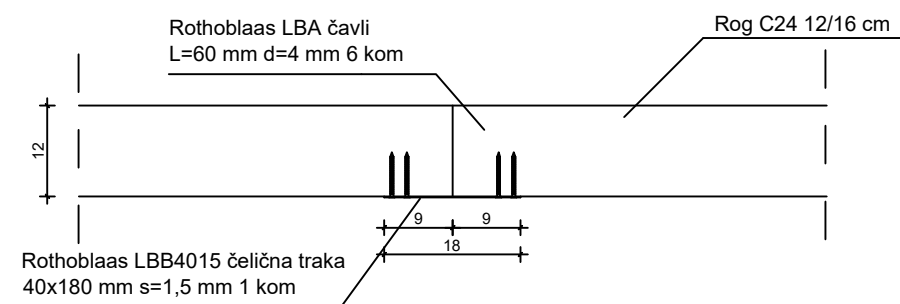
NACRT



BOČNI POGLED



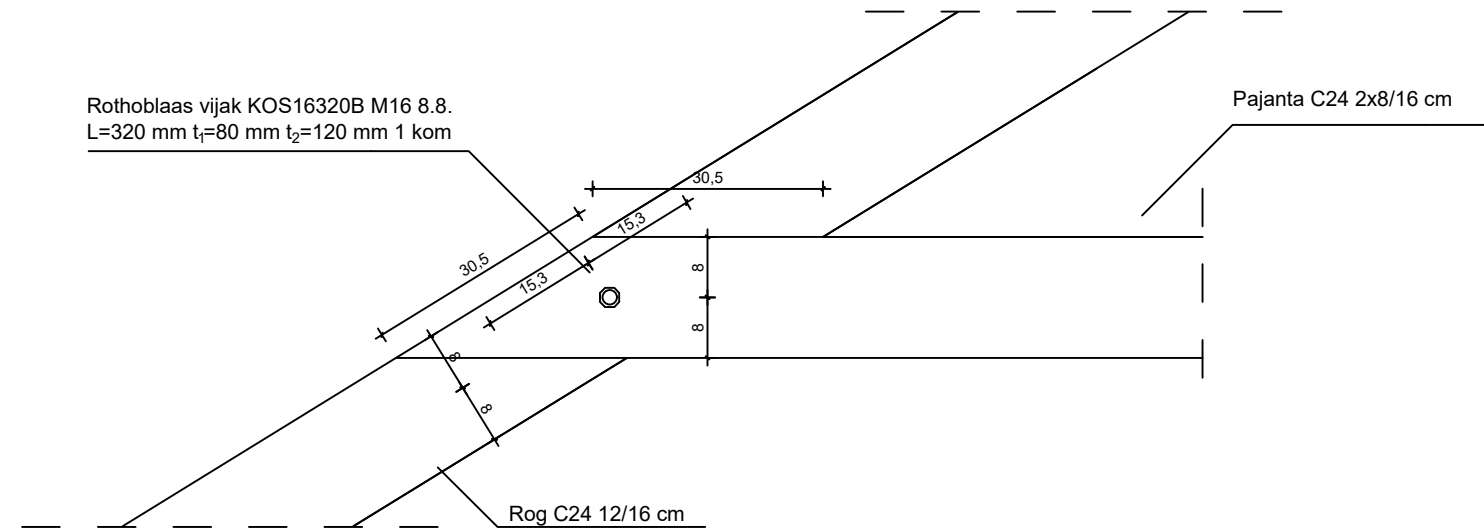
TLOCRT



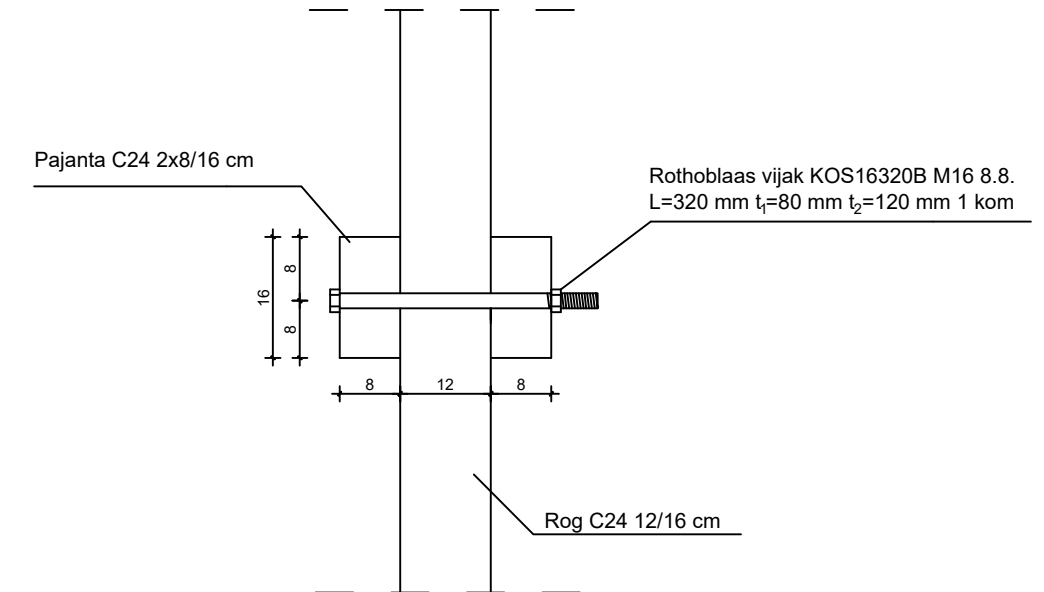
GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI		
DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama prostojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti	SADRŽAJ NACRTA: Detalj spoja rogova u sljemenu		
STUDENT: Robert Kocijan	KOLEGIJ: Drvene konstrukcije		
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović	DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:10	LIST: 5

DETALJ SPOJA ROGOVA U SLJEMNU

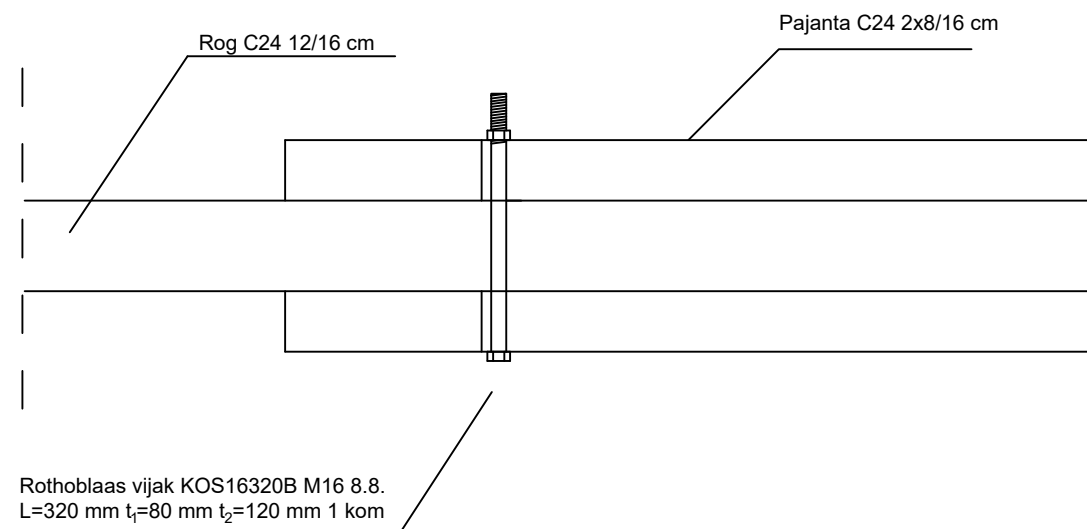
NACRT



BOČNI POGLED



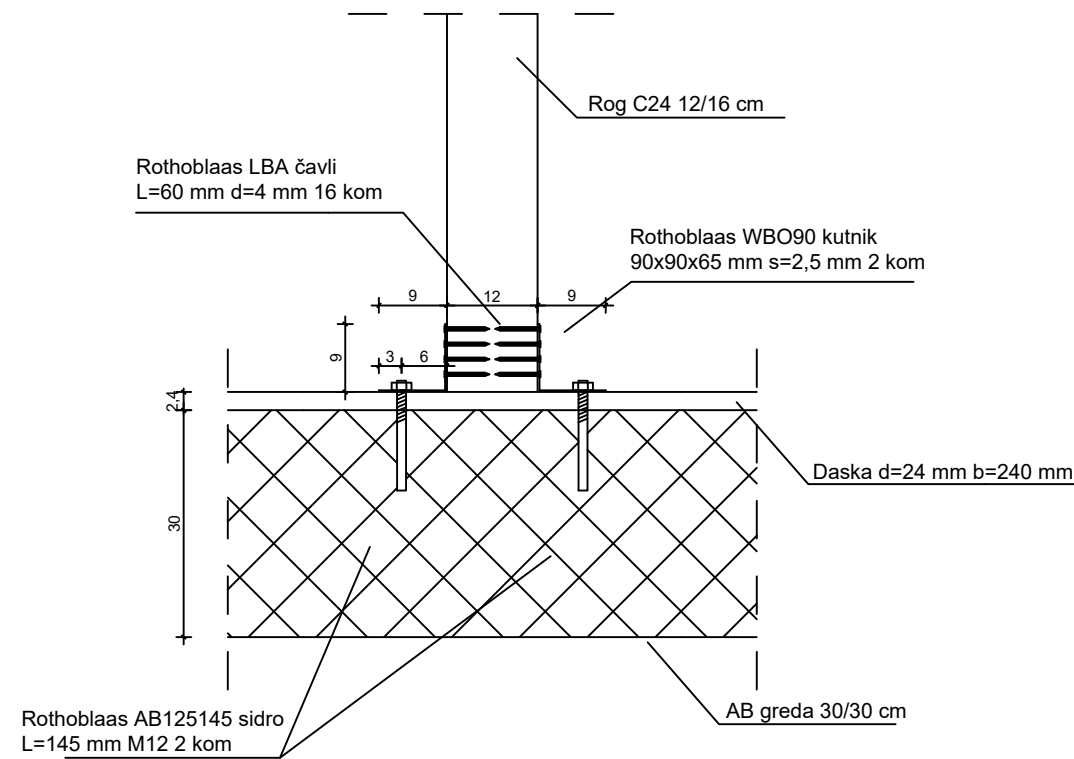
TLOCRT



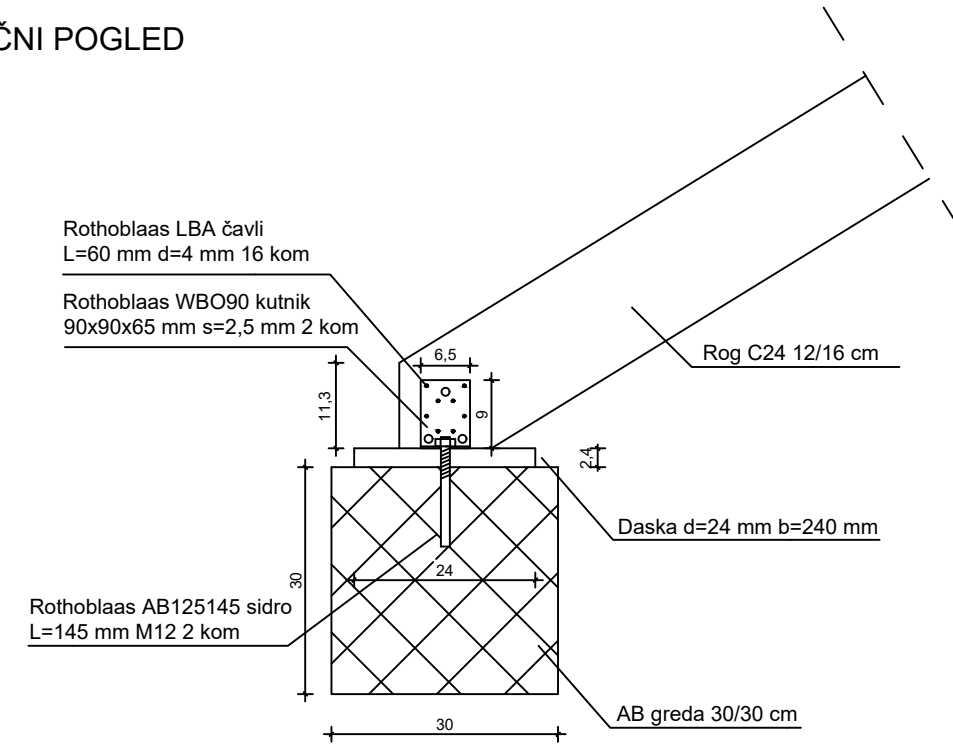
GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI		
	DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama prostojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti		SADRŽAJ NACRTA: Detalj spoja rogova i pajante
STUDENT: Robert Kocijan		KOLEGIJ: Drvene konstrukcije	
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović		DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:10
		LIST: 6	

DETALJ SPOJA ROGOVA I AB GREDE

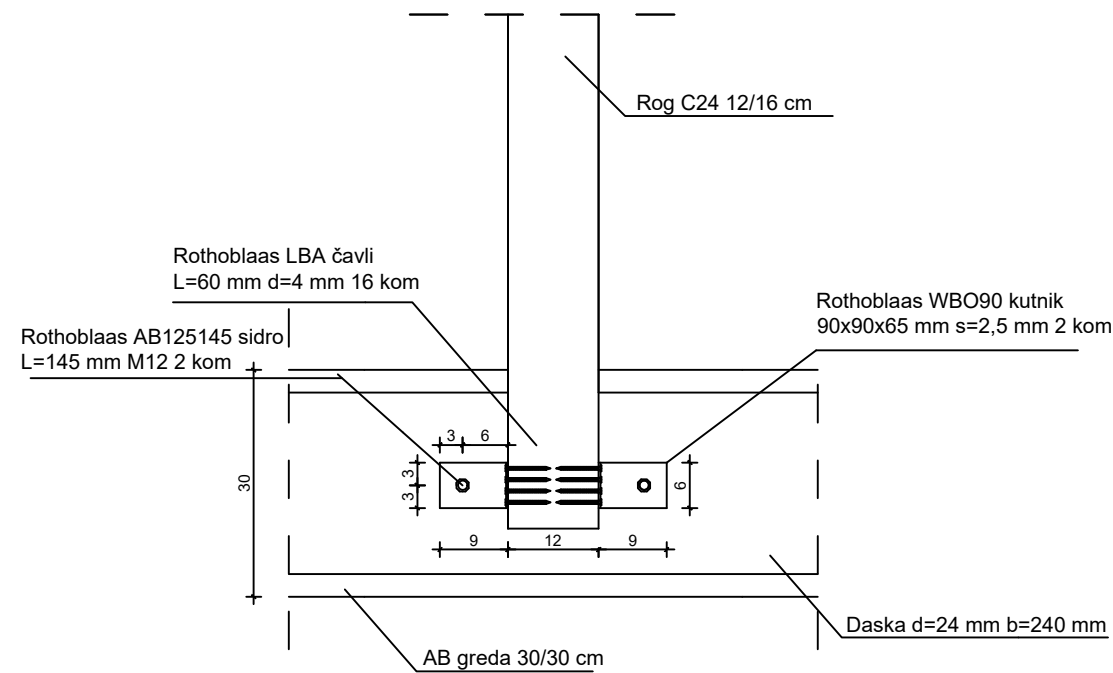
NACRT



BOČNI POGLED



TLOCRT



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVUČILIŠTA U RIJECI		
DIPLOMSKI RAD: Projekt drvenog krovišta obiteljske stambene zgrade s analizama postojeće konstrukcije i zamjenskih varijanti	SADRŽAJ NACRTA: Detalj spoja rogova i AB grede		
STUDENT: Robert Kocijan	KOLEGIJ: Drvene konstrukcije		
MENTOR: Izv.prof. dr. sc. Adriana Bjelanović	DATUM: 25.02.2020.	MJERILO: M 1:10	LIST: 7