

# Rekonstrukcija obiteljske kuće u Zamlaki

---

Mesarek, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:766210>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 99/GRAD/2024

**REKONSTRUKCIJA OBITELJSKE KUĆE U**  
**ZAMLAKI**

MARTINA MESAREK

Varaždin, siječanj 2021. godine



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij graditeljstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 99/GRAD/2024

**REKONSTRUKCIJA OBITELJSKE KUĆE U**  
**ZAMLAKI**

Student:

Martina Mesarek 1217/336D

Mentor:

doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, siječanj 2021. Godina



# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIC	Martina Mesarek	NATIČNI BROJ	1217/336D
DATUM	19.03.2024.	KOLEGIJ	Revitalizacije, konzervacije i restauracije građevina
NASLOV RADA	Rekonstrukcija obiteljske kuće u Zamlaki		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Reconstruction of the family house in Zamlaka		
MENTOR	Matija OREŠKOVIĆ	ZVANJE	izv.prof.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo SOLDO 2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ 3. izv.prof.dr.sc. Aleksej ANISKIN 4. izv.prof.dr.sc. Bojan ĐURIN 5.		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	99/GRD/2024
OPIS	Diplomskim radom potrebno je prikazati način potpune revitalizacije obiteljske kuće kontinentalnog dijela Hrvatske (Zamlaka) s prikazom detalja izvedbe. Rad se sastoji od: Uvod Tehnički opis građevine Pregled tehničkog stanja zgrade Tehničko stanje zgrade u cjelini Tehnički opis planirane rekonstrukcije Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima na obnovljenu zgradu Statički proračun i dokazi za temeljne zahtjeve za građevinu Izvođenje i obnova građevine u fazama Zaključak

ZADATAK UROČEN

09.07.2024.



*[Handwritten signature]*

## **Sažetak**

Ovaj rad predstavlja integrativni okvir koji obuhvaća strukturnu procjenu, detaljnu analizu te strategije rekonstrukcije i revitalizacije prilagođene samostojećoj obiteljskoj stambenoj zgradi u Zamlaci. Naglašavajući očuvanje baštine uz suvremene potrebe moderne obitelji, pristup osigurava strukturalni integritet, sigurnost i prilagodljivost stare strukture. Kroz rigoroznu strukturnu procjenu i analizu identificiraju se i provode ciljane intervencije obnove, dajući prioritet održivosti i otpornosti. Proces revitalizacije integrira načela dizajna usmjeren na korisnika kako bi se poboljšala pogodnost za život i estetska privlačnost. Studije slučaja uz korištenje profesionalnog programa STAAD.Pro potvrđuju učinkovitost ovog sveobuhvatnog pristupa pokazujući poboljšanu strukturnu izvedbu i energetska učinkovitost. Angažiranje građevinskih stručnjaka arhitekata i inženjera uz napredne digitalne alate i metodologije nudi nacrt za rekonstrukciju postojeće strukture u moderan dom.

**Ključne riječi:** procjena konstrukcije, analiza, rekonstrukcija, revitalizacija

## **Abstract**

This study presents integrative framework encompassing structural assessment, detailed analysis, and reconstruction and revitalization strategies tailored for single-family free-standing residential building in Zamlaka. Emphasizing the preservation of heritage alongside contemporary needs of modern family, the approach ensures the structural integrity, safety, and adaptability of aging structure. Through rigorous structural assessment and analysis, targeted reconstruction interventions are identified and implemented, prioritizing sustainability and resilience. The revitalization process integrates user-centric design principles to enhance livability and aesthetic appeal. Case studies using professional program STAAD.Pro validate the effectiveness of this comprehensive approach demonstrating improved structural performance and energy efficiency.

Engaging construction experts architects and engineers alongside advanced digital tools and methodologies offers a blueprint for reconstructing existing structure into a modern home.

**Key: words:** structural assessment, analysis, reconstruction, revitalization

## Popis korištenih kratica

k.č.br. – katastarska čestica – broj

k.o. – katastarska općina

m – metar

m<sup>2</sup> – metar kvadratni

m<sup>3</sup> – metar kubni

cm – centimetar

d – debljina

AB – armirani beton

$f_{m,k}$  - karakteristična čvrstoća na savijanje

$f_{t,0,k}$  - karakteristična vlačna čvrstoća paralelno s vlaknima

$f_{t,90,k}$  - karakteristična vlačna čvrstoća okomito na vlakna

$f_{c,0,k}$  - karakteristična tlačna čvrstoća paralelno s vlaknima

$f_{t,90,k}$  - karakteristična tlačna čvrstoća okomito na vlakna

$f_{v,k}$  - karakteristična vrijednost čvrstoće na posmik

$E_{0,mean}$  – srednja vrijednost modula elastičnosti paralelno s vlaknima

$\rho_{mean}$  - srednja gustoća

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Tehnički opis.....	2
2.1.	Opći podaci .....	2
2.2.	Makrolokacija.....	2
2.3.	Namjena građevine.....	3
2.4.	Položaj građevine na katastarskoj čestici .....	4
2.5.	Oblikovanje građevine .....	4
2.6.	Konstrukcija građevine .....	4
2.7.	Veličina i visina prostorija .....	4
2.8.	Način priključenja građevne čestice na infrastrukturu .....	4
2.9.	Način priključenja građevne čestice na prometnu infrastrukturu.....	5
3.	Pregled tehničkog stanja zgrade.....	6
3.1.	Konstruktivni elementi građevine .....	7
3.1.1.	<i>Podrum</i> .....	7
3.1.2.	<i>Prizemlje</i> .....	7
3.1.3.	<i>Potkrovlje</i> .....	8
3.2.	Tehničko stanje zgrade u cjelini .....	8
4.	Tehnički opis planirane rekonstrukcije .....	19
4.1.	Oblikovanje građevine .....	20
4.2.	Nosivost konstrukcije .....	20
4.3.	Obrada zidova, podova i stropa.....	39
4.4.	Prozori i vrata .....	40
5.	Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima na obnovljenu zgradu .....	41
6.	Proračun krovišta .....	55
6.1.	Proračun nosivosti krovne konstrukcije izvedene od drvenih elemenata .....	55
6.2.	Proračun krovišta u programu ojačanje drvene konstrukcije HEA profilom.....	71
7.	Zaključak.....	82
8.	Literatura.....	84

# 1. Uvod

U diplomskom radu će se opisivati postojeće stanje objekta te dati prijedlog rekonstrukcije krovišta s obzirom da postojeće stanje krovišta ne zadovoljava trenutne uvjete jer novi tlocrt zbog izrade stepeništa iziskuje zamicanje novog nosivog zida.

Rekonstrukcija objekta je promjena tehničkih specifikacija objekta i prilagođavanje postojećeg objekta promjeni namjene objekta ili promjeni projekta. Kod rekonstrukcije objekta bitno je da se u većoj mjeri ne mijenja veličina objekta, nego se mijenjaju konstruktivni elementi objekta. Kod rekonstrukcije zgrade volumen se ne smije promijeniti više od 10 %. Kod rekonstrukcije, važno je sačuvati sve ili što više nosivih zidova i stupova, a u slučaju rušenja statički se mora predvidjeti odgovarajuća zamjena nosivih elemenata.

Temeljna razlika između projektiranja novih konstrukcija i ispitivanja nosivosti postojećih je u tome što je u prvom slučaju već unaprijed specificirana određena razina pouzdanosti koja mora biti zadržana projektiranjem. U drugom slučaju potrebno je odrediti razinu pouzdanosti i usporediti je s dozvoljenim uvjetima. [2] Naglašavajući očuvanje baštine uz suvremene potrebe moderne obitelji, pristup osigurava strukturalni integritet, sigurnost i prilagodljivost stare strukture. Kroz rigoroznu strukturu procjenu i analizu identificiraju se i provode ciljane intervencije obnove, dajući prioritet održivosti i otpornosti. Proces revitalizacije integrira načela dizajna usmjeren na korisnika kako bi se poboljšala pogodnost za život i estetska privlačnost. Izrađena studija uz korištenje profesionalnog programa STAAD.Pro potvrđuju učinkovitost ovog sveobuhvatnog pristupa pokazujući poboljšanu strukturu izvedbu i energetska učinkovitost.

U daljnjem dijelu rada prikazat će se usporedba trenutno izvedenog krovišta sa rekonstruiranim. Na trenutno postojećem objektu je izrađeno krovište od drvenih greda i stupova koje će se zamijeniti sa čeličnim HEA profilima.

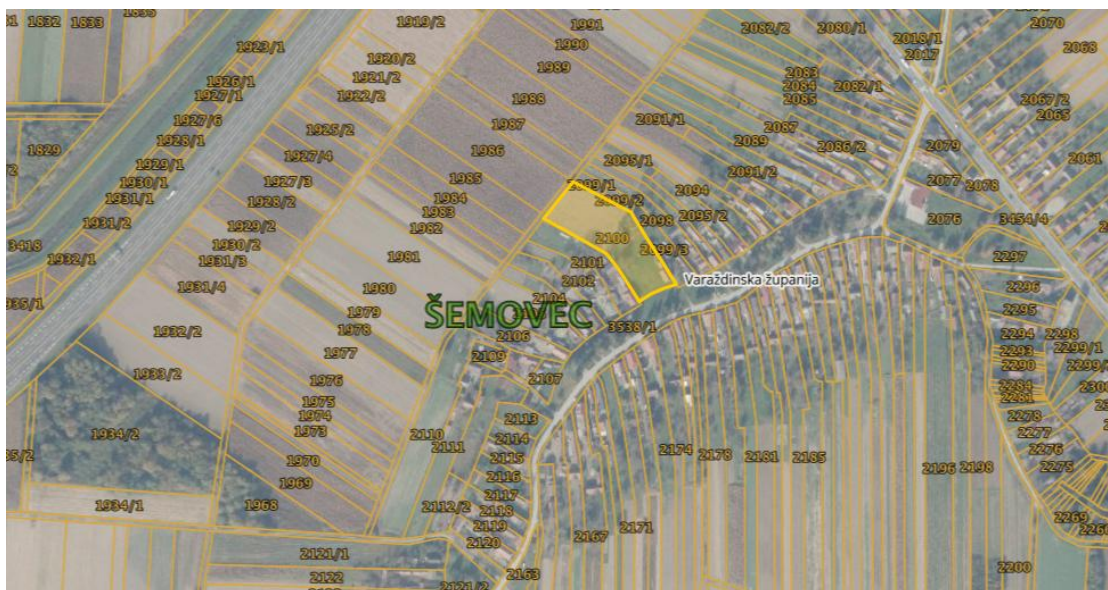
Postojeće krovište sastoji se od nadzidne grede 16/18 i središnje grede 16/18, a rogovi su 10/14 cm koji su povezani u ventilirani sustav krovne konstrukcije. Izvedena krovna konstrukcija će se zamijeniti sa HEA 140 profilima. Krovna konstrukcija je dodatno ojačana sa HEA 140 te novim stupovima sa novim razmacima. Cilj rada bio je kako očuvati postojeće krovište, a prostor prilagoditi uvjetima i potrebama modernog života.

## 2. Tehnički opis

Tehničkim opisom građevine odrediti će se točna lokacija odnosno makro i mikro lokacija, položaja građevine. Daljnjim opisom građevine opisati će se namjena te značenje građevine. Detaljnim tehničkim opisom biti će opisan način sanacije krovišta. Izvedeno stanje krovišta ne zadovoljava uvjete za stanovanje, stoga se pristupa zahtjevu rekonstrukcije. Rekonstrukcija će se izvršiti na način da se trenutni nosivi drveni stupovi zamijene čelikom. Detaljan opis biti će opisan u nastavku.

### 2.1. Opći podaci

Predmet proučavanja diplomskog rada je dvoetažna stambena građevina koja se nalazi u mjestu Zamlaka, Novakovečka ulica 30. Prema pronađenoj dokumentaciji građevina je izgrađena 1967. godine. Građevinska čestica se nalazi na ravnom terenu, nepravilnog oblika, ukupne površine k.č.br. 2100 k.o. Šemovec 6793 m<sup>2</sup>, u zoni mješovite, pretežno stambene namjene.



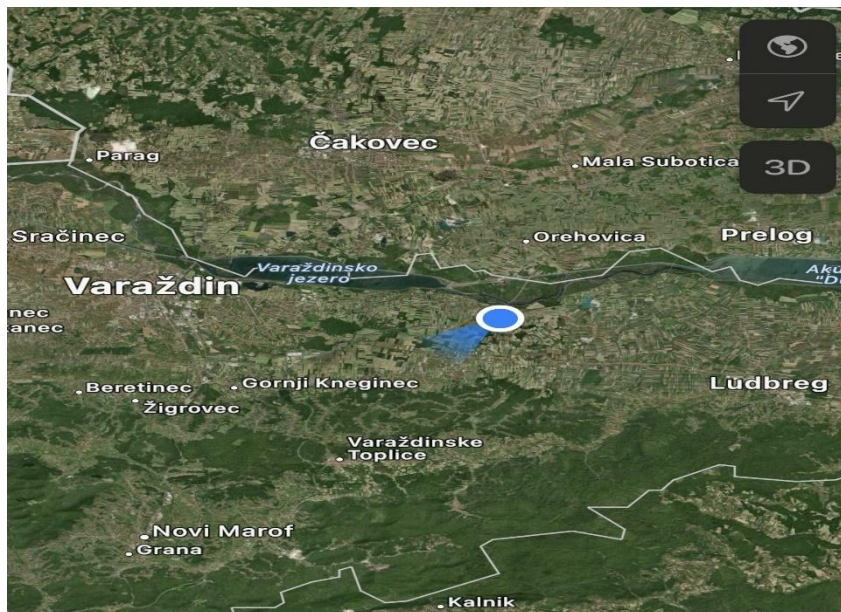
Slika 2.1 – Situacija plana područja

### 2.2. Makrolokacija

Predmetna građevina smještena je u općini Trnovec Bartolovečki. Općina je lokacijski pozicionirana u sjevernom središnjem dijelu Varaždinske županije, u neposrednoj blizini grada Varaždina. Sa sjeverne strane graniči sa Međimurskom županijom, s istočne strane graniči s Općinom Donji Martijanec, južne strane Općinom Jalžabet, dok se sa zapadne strane nalazi grad Varaždin.



Sjeverno od položaja predmetne građevine na udaljenosti približno dva kilometra nalazi se rijeka Drava. Predmetno naselje smješteno je u ravničarskom dijelu koje se naziva Varaždinsko polje. [2]



*Slika 2.2 - Makrolokacija*

### **2.3. Namjena građevine**

Predmetna građevina namijenjena je za stanovanje. U daljnjem tekstu Slika 2.3 Stambena zgrada prikazuje stambenu građevinu s pomoćnim prostorijama.



*Slika 2.3 – Stambena zgrada*



## **2.4. Položaj građevine na katastarskoj čestici**

Predmetna građevina odnosno obiteljska kuća smještena je na parceli tako da je udaljena od sjeveroistočne strane 0,30m, od jugoistočne 6,16m, od jugozapadne 32,02m i 118,00m od sjeverozapadne međe.

## **2.5. Oblikovanje građevine**

Građevina je tlocrtno razvedenog pravokutnog oblika dimenzija 8,00 m x 10,00 m, visine vijenca 3,00 m i visine poda prizemlja 0,70 m prema građevinskoj dozvoli od 1967 godine. Dok je prema zatečenom stanju tlocrtnih dimenzija 8,06 m x 11,28 m, visine do vijenca 5,38 m i do sljemena 8,11 m. Stambena građevina sastoji se od jedne stambene jedinice, potkrovlja i podruma u prvom dijelu kuće. Krov građevine je dvostrešan, a za pokrov je stavljen falc crijep.

## **2.6. Konstrukcija građevine**

Građevina je izrađena od zidane konstrukcije. Na građevini su izvedeni trakasti temelji, dok su konstruktivni zidovi od opeke punog formata. Sama krovna konstrukcija izgrađena je od drvene građe s crijepnim pokrovom.

Vanjska i unutarnja stolarija su PVC; prozori su ostakljeni dvostruko s ravnim staklom. Za ulaz u podrum i prizemlje izgrađene su betonske stepenice.

## **2.7. Veličina i visina prostorija**

Tlocrta površina prostorija unutar predmetne građevine veća je od minimalno potrebnih dimenzija te se time osigurava normalno i nesmetano korištenje prostora u smislu potrebnih količina volumena zraka kao i provjetravanje putem prozorskih otvora na fasadi. Minimalna svijetla visina prizemlja iznosi 2,60 m.

## **2.8. Način priključenja građevne čestice na infrastrukturu**

Stambena građevina ima priključak samo na električnu energiju dok za pitku vodu i tehničku vodu koriste hidropak. Odvodnja sanitarnih otpadnih voda izvodi se preko kanalizacijskog okna. Za zagrijavanje prostorija koriste se peći na drva.

## 2.9. Način priključenja građevne čestice na prometnu infrastrukturu

Kolni i pješački pristup na parcelu omogućen je sa Novakovečke ulice.



*Slika 2.4 – Kolni prilaz*

### 3. Pregled tehničkog stanja zgrade

Temeljna razlika između projektiranja novih konstrukcija i ispitivanja i procjene nosivosti postojećih je u tome što je u prvom slučaju već unaprijed specificirana određena razina pouzdanosti koja mora biti zadržana projektiranjem. U drugom slučaju, potrebno je odrediti tu razinu pouzdanosti i usporediti je s dozvoljenim uvjetima.

Razmatra se sustav sa sljedećom hijerarhijskom podjelom:

Prva razina – sustav koji opisuje jedan od pokazatelja uporabljivosti i njegovo usklađivanje (podudaranje) s graničnom vrijednošću

Druga razina – sustav koji opisuje skup pokazatelja uporabljivosti (prve ili druge skupine) Prva razina uključuje: pokazatelje čvrstoće normalnog i kosog presjeka, čvrstoća zglobnog elementa, širina pukotina, progibi elementa, otpornost na prijenos topline konstrukcije i sl. U procesu utvrđivanja tehničkog stanja zgrade (strukture) u cjelini, na prvoj razini se određuju svi pokazatelji uporabljivosti i uspoređuje ih se njihovim graničnim vrijednostima.

Druga razina uključuje: određeni niz pokazatelja uporabljivosti koji stvaraju dvije skupine takvih pokazatelja ne prekoračavajući pojedinačne pokazatelje njihovih graničnih vrijednosti te tako svrstavanje zgrade u ovo tehničko stanje. [2]

Tehničko stanje građevinskih konstrukcija:

I. skupina - zadovoljavajuće. U objektima koji se mogu pripisati tom stanju, indikatori uporabljivosti

I. i II. skupine ne prelaze granične vrijednosti;

II. skupina - neprikladno za normalnu eksploataciju. Pokazatelji uporabivosti (eksploatacije) skupine II u takvim objektima premašuju granične vrijednosti, ali PEP skupine I. - unutar dopuštenih granica;

III. skupina - vanredno stanje – hitna intervencija. Skupina I. premašuje njihove granične vrijednosti, dok Skupina II. može biti unutar prihvatljivih granica.[4]

Razina 0: neformalna kvalitativna ocjena - ocjene se temelje na iskustvu inženjera koji vizualno ocjenjuje učinke dotrajanja (pukotine, ljuštenje, odlamanje, korozija) – prethodno ocjenjivanje konstrukcije.

Razina 1: utvrđivanje učinka djelovanja mjerenjima - ocjenjuje se uporabljivost usporedbom izmjerenih i graničnih vrijednosti koje su ili dane propisima ili određene individualno.

Razina 2: ocjena pristupom parcijalnih koeficijenata temeljena na pregledu dokumentacije - ocjenjuje se nosivost i uporabljivost postojeće konstrukcije na jednostavnim proračunskim

modelima uporabom podataka o konstrukciji iz glavnih i izvedbenih projekata i inspekcijske dokumentacije.

Razina 3: ocjena pristupom parcijalnih koeficijenata temeljena na dodatnim ispitivanjima - ocjenjuje se nosivost i uporabljivost postojeće konstrukcije na poboljšanim i detaljnim proračunskim modelima uporabom podataka o konstrukciji dobivenih detaljnim nerazornim ispitivanjima.

Razina 4: ocjena ciljane pouzdanosti uz modificirane parcijalne koeficijente -vrijednosti parcijalnih koeficijenata prilagođavaju se za grupu konstrukcija sa sličnim konstrukcijskim ponašanjem ili djelovanjima. Usvaja se ciljana pouzdanost te se ocjena nosivosti i uporabljivosti provodi uzimajući u obzir vrijednosti prilagođene točno određenoj konstrukciji.

Razina 5: potpuna probabilistička ocjena - provodi se proračun pouzdanosti konstrukcije direktno (bez parcijalnih koeficijenata) za što je potrebno poznavati statistička svojstva svih osnovnih varijabli. Nesigurnosti se modeliraju probabilistički. [2]

### **3.1. Konstruktivni elementi građevine**

Konstrukcija građevine sastavljena je od pojedinih konstruktivnih elemenata.

Konstruktivne elemente možemo podijeliti u dvije skupine: vertikalne i horizontalne element. Vertikalnim elementima se smatraju elementi koji imaju ulogu na sebi nositi određeni teret, a ujedno tvore bočne granice građevine i tu se uvrštavaju zid, stup i stub (stup četvrtastog oblika). Horizontalnima zadatak zatvoriti neki volumen odnosno tvore gornju granicu i tu spadaju strop, svod i kupola. Prema navedenom će se u nastavku rada opisati sačinjavanje konstruktivnih elemenata po etažama građevine.

#### **3.1.1. Podrum**

Nosiva konstrukcija zatečenog stanja podruma izvedena je od betonskih zidova debljine 35 cm. Međukatna konstrukcija između podruma i prizemlja izvedena je od armirano-betonske debljine ploče 12 cm.

#### **3.1.2. Prizemlje**

Međukatna konstrukcija prizemlja i kata izvedena je kao FERT strop. FERT strop izveden je kod montažnih gredica i ispune te ojačano sa armiranim betonom. Nosivi dio konstrukcije

prizemlja sačinjen je od vertikalnih armirano betonskih stupova te horizontalnih armirano betonskih greda. Zidovi su izvedeni od blok opeke.

### **3.1.3. Potkrovlje**

Nosiva konstrukcija potkrovlja izvedena je od drvenog krovišta. Krovište se sastoji od drvenih greda i rogova povezanih drvenim stupovima.

## **3.2. Tehničko stanje zgrade u cjelini**

Zgrada, odnosno obiteljska kuća izgrađena je sredinom prošlog stoljeća. Vidimo kako je nosiva konstrukcija zgrade napravljena od zidova koji su zidani u vapnenom mortu s punom opekom formata 1/1.

Na prvi pogled, vidi se da u kuću već duže vrijeme nije ulagano te su godine i dotrajalost ostavile vidnih tragova. Drugim riječima, očigledna je manjkavost održavanje kuće i okućnice. Stambena zgrada tj. kuća je prema građevinskoj dozvoli tlocrtnih dimenzija 8,00 x 10,00 m, visina do vijenca je 3,00 m a visina poda prizemlja je 0,70 m dok je zatečeno stanje tlocrtnih dimenzija 8,06 x 11,28 m. Visina građevine do vijenca je 5,38 m a do sljemena 8,11 m.



*Slika 3.1 – Vanjski izgled građevine*



## **Okruženje građevina**

Parcela nije ograđena, hortikulturno je uređena travnjakom, voćnim nasadima i ukrasnim biljem.

Predmetna zgrada sastoji se od podruma, prizemlja i potkrovlja. Detalji zatečenog stanja pojedinog kata biti će opisani u nastavku rada.

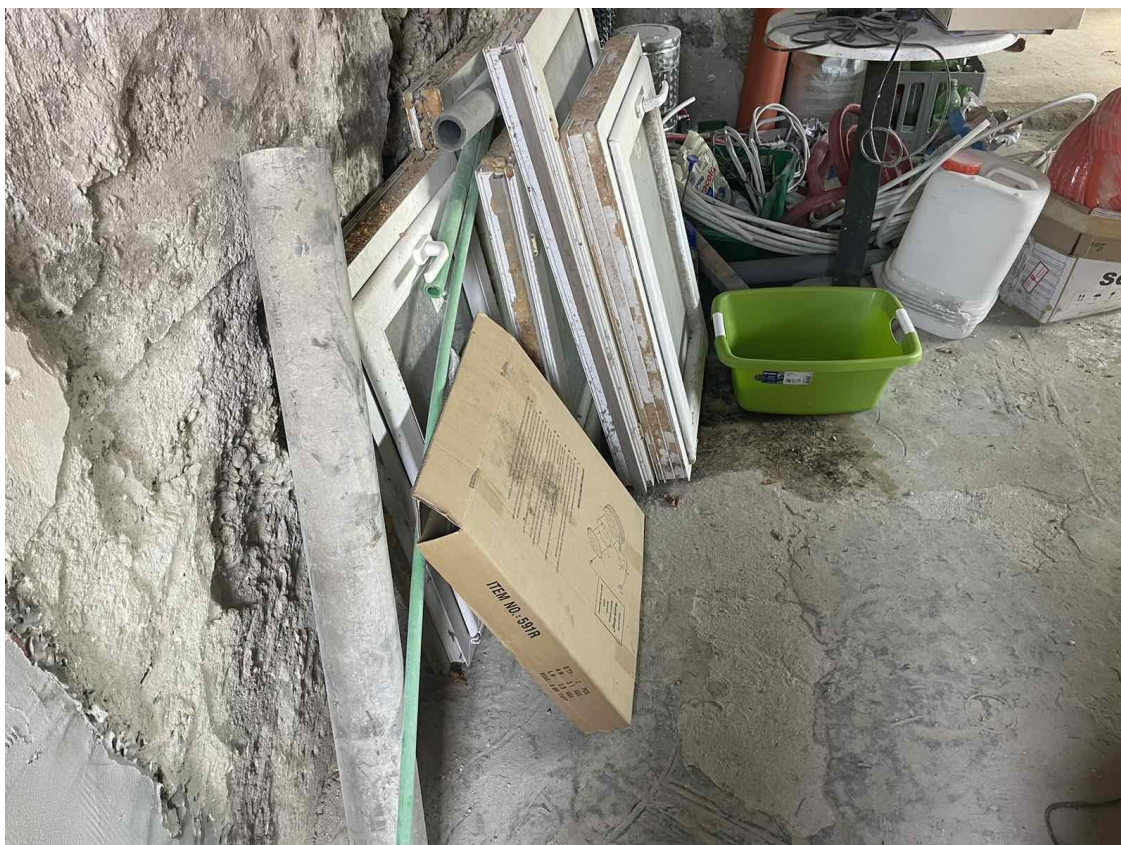
### **Podrum**

Podrum se nalazi u prednjem dijelu kuće s ulične strane. Ulaz u podrum izveden je pomoću betonskih stepenica i natkrivenog dijela ulaza. U natkrivenom dijelu ulaza u podrum vidi se pukotina koja je nastala na mjestu povezivanja natkrivenog djela podruma s kućom. Pukotina je nastala zbog ne izvedene delatacije između dograđenog dijela podruma i kuće.

Zidovi podruma su oštećeni, oronuli, osim vlage koju vidljiva odmah na ulazu u podrum Slika 3.3 – Tragovi vlage u daljnjem djelu podruma vidi se da je korišteni materijal je s vremenom izgubio svoja svojstva i počeo otpadati Slika 3.4 – Oronuli zidovi podruma.



*Slika 3.2 – Ulaz u podrum*



*Slika 3.3 – Tragovi vlage*



*Slika 3.4 – Oronuli zidovi podruma*

Tijekom vremena na temelj utječu mnogi drugi vanjski čimbenici, između ostalog i podzemne vode, oborine, odvodnja, potresi i sl. što uz slabe materijale koje karakteriziraju



tadašnjem vremenu izgradnje, navedeni čimbenici dodatno pospješuju utjecaj propadanja i slabljenja temelja.

Za očekivati je da su temelji mekani, nevezani i relativno malih dimenzija.

### **Prizemlje**

Na ulazu u prizemlje koji se nalazi s istočne strane izgrađene su armirano betonske stepenice na kojima se vide pukotine za koje pretpostavljamo da su isto tako nastala zbog slijeganja. Sve te pukotine su minimalne i ne utječu na samouporabljivost građevine.



*Slika 3.5 – Ulaz u kuću*

Prilikom ulaska u kuću osjeća se neugodan miris koji je nastao zbog vlage, po cijelom prizemlju vide se tragove i oštećenja na zidovima koja su posljedica kapilarne vlage.

Zbog ulaska vlage u kuću počelo je otpadanje žbuke, bubrenje, odnosno vlaga je za sobom ostavila kao posljedicu napuhavanje, raslojavanje i pucanje.

Najviše dolazi do izražaja u pomoćnim prostorijama gdje nema armirano betonske ploče već je samo zemljani pod, te sama vlaga dolazi iz zemlje i širi se po zidovima. Nešto više o vlazi spomenut će se u daljnjem dijelu.



*Slika 3.6 – Oštećenja od vlage*

U pojedinim prostorijama prizemlja već je djelom skinuta žbuka, što zbog samog otpadanja i dotrajalosti, što zbog radova i vibracija koji se odvijaju u kući. Na zidovima su vidljive sitne pukotine, nastale zbog slijeganja, te otpadanje vezivnog materijala između cigli zbog dotrajalosti.

Potres 22. ožujka 2020. epicentra 7 kilometra sjeverno od središta Zagreba ošteti je građevine i građevinski elementima u Zagrebu i širem području. Djelovanje potresa osjetilo se u mjestu Zamlaka što treba uzeti u obzir kod analize elemenata spomenute građevine.

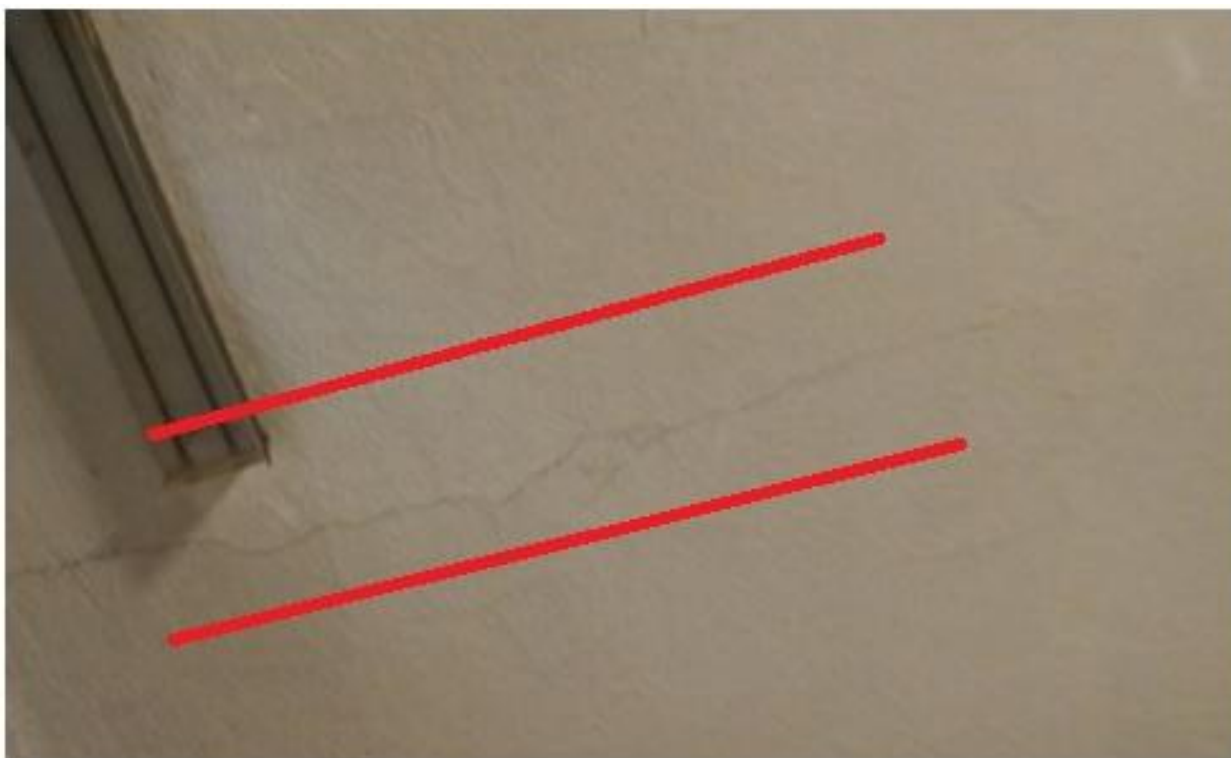


*Slika 3.7 – Zatečeno stanje zidova*



*Slika 3.8 – Soba sa ulične strane*





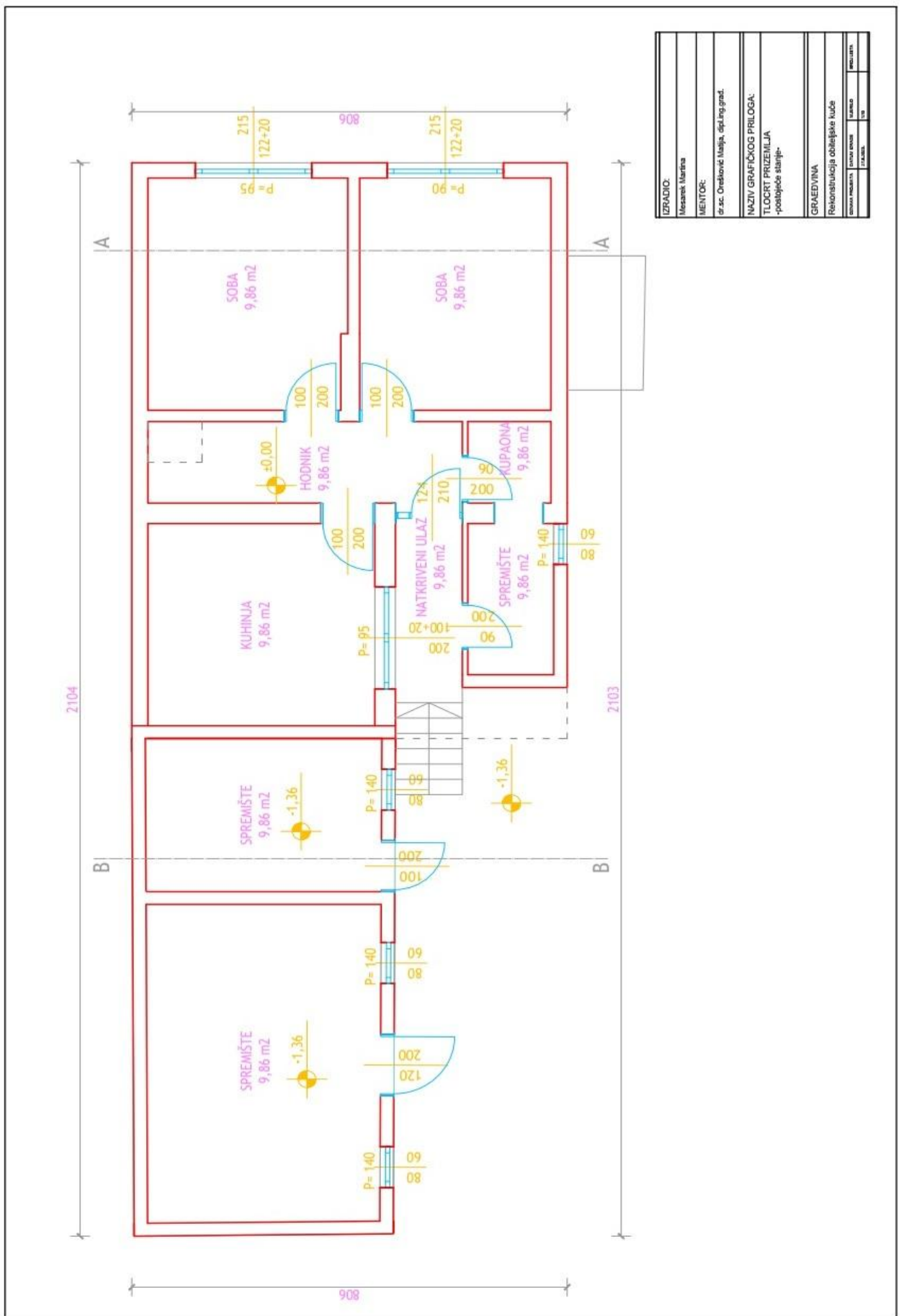
*Slika 3.9 – Pukotina na stropu*



*Slika 3.10 – Pukotine na zidovima*



*Slika 3.11 – Pukotina između zida i temeljne ploče*



Slika 3.12 – Tlocrt prizemlja

## Potkrovlje

Potkrovlje je naknadno dograđeno prije nekoliko godina, izvedeno je od cigle formata 19 x 19 x 25, dok su vanjski nosivi zidovi dodatno ojačani horizontalnim serklažem.

Nosivi dio krovne konstrukcije izveden je od drvenih elemenata odnosno sastoji se od nadzidne grede 16/18 c, koja je oslonjena na horizontalni serklaž i središnje grede 16/18cm a rogovi su 10/14 cm koji su povezani u ventilirani sustav krovne konstrukcije. Na krovnoj konstrukcije prema vizualnom pregledu nema vidljivih propusta, oštećenja ili tragova propuštanja vode. No, provjerom proračuna nosivosti krovne konstrukcije krovišta nisu zadovoljeni uvjeti progiba s obzirom da je potrebno razmaknuti stupove kako bi se dobio spavaći prostor s kupaonicom.



*Slika 3.13 – Krovna konstrukcija*



## 4. Tehnički opis planirane rekonstrukcije

Postojeća stambena zgrade zbog svoje dispozicije, dotrajalosti, ne korištenja i vremena izgradnje ne zadovoljava i ne odgovara potrebama i standardima suvremenog načina stanovanja. Zbog toga se predviđa njezina rekonstrukcija koja bi zadovoljavala sve željene potrebe današnjeg režima stanovanja.

Planiranom rekonstrukcijom predviđa se spajanje postojeće stambene i pomoćne građevine u jednu funkcionalnu stambenu cjelinu sa dogradnjom ulaznog dijela i natkrivene terase . Spajanje i oblikovanje prizemlja i potkrovlja iziskuje promjenu tlocrta kako bi se moglo povezati. U prizemlju će se srušiti postojeći središnji nosivi zid i pomaknuti će se za 30 cm kako bi se dobio prostor za stubište. Dok će se na preostalim zidovima skinuti stara žbuka, sanirati vlaga na način da se isušuje uređajima za isušivanje te se premažu zidovi određenim premazima. Kako bi se ojačali zidovi prizemlja na unutarne zidove postavila se armaturna mrežica za vrijeme žbukanja. Takvim načinom rješenja u prizemlju će se dobiti otvoren prostor dnevnog boravka i kuhinje, a u preostalom djelu kuće planiran je manji WC te gospodarski blok sa spremištem i tehnikom.



*Slika 4.1 – Priprema za dogradnju ulaznog dijela građevina*

Da bi se moglo početi sa planiranim radovima, koji na postojeću konstrukciju utječu ponajprije s povećanjem opterećenja onda nam je potrebno prije svega otkopati temelj oko kuće koji zahtjeva određenu sanaciju zbog dotrajalosti kako bi se povećala nosivost temelja i tla ispod njega.



Zbog trenutnog izvedenog stanja krovišta, potkrovlje nije funkcionalno za život i iz tog razloga drveno krovište osloniti će se na čelične stupove i grede. Samim time će se razmicanjem stupova dobiti na funkcionalnosti i u potpunosti iskorištenosti potkrovlja. Takvim načinom rješenja dobit će se tri spavaće sobe i dvije kupaonice. Svi pregradni zidovi potkrovlja izrađeni su od gipskartonskih ploča.

#### **4.1. Oblikovanje građevine**

Na prednjem dijelu kuće odnosno na uličnoj strani nalazi se podrum, a ostatak kuće prizemlje s katom. Planirani raspored prostorija u prizemlju čine dnevni boravak, kuhinja te gospodarski blok sa tehnikom, spremištem i WC-om. U potkrovlju se nalaze tri spavaće sobe, dvije kupaone i prostorija garderobnog ormara. Građevina se oblikovno sastoji od glavnog uličnog volumena kuće s dvostrešnim krovom koji je povezan s postojećim dvorišnim dijelom s dvostrešnim krovom te nadograđenim ulazom i terasom s ravnom krovom.

#### **4.2. Nosivost konstrukcije**

Predmetna građevina građena je prema standardima ondašnjeg vremena. Pa tako u podrumu imamo betonske zidove debljine 35 cm. No zidovi i sam temelj kuće sa podrumске strane su u nepovezanim i oštećenom stanju. Kod takve vrste rekonstrukcije treba težiti što manjem povećanju opterećenja zbog delikatnog stanja konstrukcije gdje se glavni fokus stavlja na temelj. Temelji su oštećeni, meki i nepovezani. Nužno nam je povećanje nosivosti temelja i tla ispod njega te kako bi se spriječila daljnja slijeganja usred novih opterećenja potrebno je napraviti sanaciju temelja. Neka od mogućih rješenja su:

- sanacija temelja mikropilotima,
- sanacija ekspandirajućim smjesama,
- sanacija podbetoniravanjem i sl.

Uzevši u obzir trenutno stanje temelja, želje i mogućnosti investitora, odlučeno je da se radi otkopavanje temelja i podbetoniravanje temelja podrumskog djela, čime dobivamo na nosivosti temelja i samom ojačavanju postojećih zidova.



*Slika 4.2 – Podbetoniravanje temelja*





*Slika 4.3 – Podbetonirani temelj*

Nakon izvršenog ojačanja, odnosno podbetoniravanja novi temelj premazao se bitumenskim premazom, na njega se postavio XPS debljine 10 cm i čepasta folija. Takvim načinom rješavanja, osim ojačanja temelja i cijele konstrukcije, riješili smo i prodor vlage u podrum.

Nosivi zidovi prizemlja izgrađeni su od pune opeke i žbuke, sa unutarnje strane, sveukupne debljine od 30 cm. Između podruma i prizemlja imamo betonsku ploču debljine 12 cm. Potkrovlje kuće rekonstruirano je na način da je dograđeno zidanom blok opekom d-25 cm. Krovna konstrukcija je drvena, a krovnište je dvostrešnog oblika prekriveno glinenim crijepom.

Međusobni spoj prizemlja i potkrovlja je izveden novim armirano-betonskim stubištem koje je izvedeno kao polukružno što znači da nema podest, a za koje nam je potreban otvor minimalne širine od 2 m. Činjenica jest da postojeća građevina ima otvor između prizemlja i potkrovlja, samo je otvor ispod minimalno potrebne širine. Ovo povlači za sobom da je potrebno širiti otvor. Širenje otvora između prizemlja i potkrovlja znači da je potrebno pomaknuti jedan od nosivih zidova za 30 cm.

Sami proces pomicanja nosivog zida potrebno je izvršiti u nekoliko faza, da se ne naruši statička sigurnost same konstrukcije:

- priprema i izrada temelja novog nosivog zida
- osiguravanje postojeće konstrukcije
- izrada novog nosivog zida

Jedan od prvih koraka jest rezanje postojeće betonske ploče i iskop novog trakastog temelja. Novi temelj se izradio na način da povezuje cijelu građevinu, u postojećem dijelu i u dograđenom dijelu, sve s ciljem povećanja statičke sigurnosti građevine. Za izradu samog temelja korišteno je armaturno željezo Ø14.



*Slika 4.4 – Izrada trakastog temelja*





*Slika 4.5 – Izrada temelja ispod postojećeg zida*



*Slika 4.6 – Priprema temelja za povezivanje s dograđenim dijelom*

Prije bilo kakvog zahvata na postojećim nosivim zidovima, cijela konstrukcija je poduprta da se ne naruši statička sigurnost konstrukcije.





*Slika 4.7 – Podupiranje postojeće konstrukcije*



*Slika 4.8 – Rušenje nosivog zida*





*Slika 4.9 – Izrada novog nosivog zida*



*Slika 4.10 – Greda novog nosivog zida*



*Slika 4.11 – Otvor stubišta*





*Slika 4.12 – Izrada novog stubišta*

Ispod postojećeg dijela ulaza bio je "slijepi podrum", prostorija podruma do koje nisu postojala vrata. Očito je ova prostorija nastala kao posljedica prethodnih rekonstrukcija na samoj građevini. Prema tome možemo zaključiti da prijašnjim vlasnicima nije služila svrsi. Postojeći vlasnik i investitor rekonstrukcije građevine također nema namjeru iskoristiti tzv. „slijepi podrum“, štoviše, isti predstavlja problem u novom tlocrtu građevine (na tom se predviđa nova kuhinja i hodnik). Iz tog razloga je potrebno spomenutu prostoriju na razini podrumskog dijela zatvoriti da bi isti prostor mogli koristiti u planiranim rekonstrukcijskim zahvatima.

Na tom je dijelu razbijena betonska ploča, a taj slijepi dio podruma se zatvorio dijelom od građevinskog otpada preostalog od rušenja zidova, a dijelom se zapunio šljunkom i pripremljeno se za betoniranje nove armirano-betonske ploče ispod koje je postavljen XPS debljine 10 cm.

Sami proces zatvaranja građevinskim otpadom i šljunkom odvijao se u nekoliko faza, gdje je svaki sloj opada i šljunka redovito zbijan sve sa ciljem dobivanja većeg faktora nosivosti i pripreme za betoniranje nove betonske ploče.



*Slika 4.13 – Ispuna „slijepog podruma“*





*Slika 4.14 – Ispuna „slijepog podruma“ – drugi dio*

Jedan od koraka planirane rekonstrukcije građevine jest povezivanje prijašnjih pomoćnih prostorija sa stambenim dijelom. U tim pomoćnim prostorijama nije bilo izrađene temeljne ploče već je bio samo zemljani pod, a iste su također imale najizraženijih problema sa vlagom.





*Slika 4.15 – Zemljani pod u pomoćnim prostorijama*

Vlaga je vodena para sadržana u nekom sredstvu ili voda sadržana u nekom sredstvu. Vlaga također označava prisutnost vode u nekom prostoru kao što je sada u ovom slučaju.

Postoje tri tipa vlage : kapilarna, hidroskopna i kondenzirana.

U slučaju predmetne građevine radi se o kapilarnoj vlazi gdje zidovi upijaju vodu iz zemlje i šire je prema materijalima iznad.

Kapilarna vlaga se pojavljuje u objektima bez hidroizolacije ili kod kojih je došlo do njezinog oštećenja uslijed dotrajalosti ili nekih drugih razloga. Prvenstveno je karakteristična za starije kuće, zgrade i sl. Sanacija kapilarne vlage može se izvesti na način da se;

- injektiraju zidova specijalnim smjesama koje sprečavaju daljnji prodor kapilarne vlage, sredstvo za injektiranje na osnovi koncentrirane silikonske mikro-emulzije za stvaranje kemijske

barijere protiv dizanja vlage u zidovima. MAPESTOP se koristi za stvaranje kemijske barijere protiv dizanja vlage preko kapilarnih pora prisutnih u građevinskim materijalima.

- isušivanje zidova zahvaćenih kapilarnom vlagom paropropusnim isušujućim žbukama.
- skidanje stare i dotrajale žbuke
- izrada sanacijskih i isušujućih vapnenih fasada specijalnim žbukama, isušujući, toplinsko izolacijski mort postojan na soli za saniranje vlažnih zidova od kamena, opeke i sadre koji se nanosi ručno ili strojno. Sastoji se od posebnih hidrauličkih veziva s pucolanskom reakcijom, prirodnog pijeska i posebnih dodataka. Poro Map Intonaco se koristi za saniranje zidova od kamena, opeke ili sadre izloženih kapilarnoj vlazi.

Rekonstrukcija je podrazumijevala izradu temeljne ploče i sanaciju problema sa vlagom.

Za način sanacije vlage iz zidova izabrala se metoda izrade sanacijskih i isušujućih vapnenih fasada specijalnim žbukama, isušujući toplinsko izolacijski mort. Na zidove se nanosi ručno u visini od jednog metra. Korišten je polimer cementne hidroizolacije Hidroflexkleber 2K, nanošena u 2 sloja. Takva hidroizolacija je vodonepropusna kod pozitivnog i negativnog pritiska vode te se može koristiti i za premošćivanje mrežastih pukotina.



*Slika 4.16 – Ručno nanošenje hidroizolacije*

Izrada temeljne ploče podrazumijeva da se izvrši iskop postojećeg zemljanog poda prilikom čega je potrebno izvršiti zamjenu materijala da se poveća nosivost temeljne ploče i smanji slijeganje temeljnog tla.

Nakon iskopa i navoza šljunka postavio se je XPS debljine 10 cm, na njega se je stavila građevinska folija na koju je išla armaturna mreža Q 188 15x15.





*Slika 4.17 – Priprema za izrada temeljne ploče*

Da bi se izgled građevine vizualno podigao i modernizirao, investitor je u sklopu rekonstrukcije građevine odlučio na svim otvorima kuće staviti francuske balkone. Francuski balkon je konstrukcija bez samog balkona, u klasičnom smislu riječi, gdje je sa vanjske strane balkonskog otvora pričvršćena ograda. Specifičnost francuskog balkona leži u činjenici da su balkonski otvori od poda do stropa.



Postojeća građevina ima otvore za prozore koji dimenzijama ne odgovaraju specifikacijama francuskih balkona. Za izgradnju francuskih balkona na postojećoj građevini, potrebno je proširenje otvorenja te ujedno ugradnja vertikalne i horizontalne serklaže na tim otvorima.



*Slika 4.18 – Proširivanje otvora*





*Slika 4.19 – Betoniranje vertikalnih i horizontalnih serklaža*

Dio stropa koji nije u ravni sa monta stropom je srušeni i na istom mjestu sagrađen novi strop od fert gredica koji je povezan sa novim natkrivenim dijelom ulaza.





*Slika 4.20 – Rušenje stropa*

Postojeće krovište sastoji se od nadzidne grede 16/18 i središnje grede 16/18 a rogovi su 10/14 cm koji su povezani u ventilirani sustav krovne konstrukcije. Krovna konstrukcija je dodatno ojačana sa HEA 140 te novim stupovima sa novim razmacima.

Pregradni zidovi bit će izvedeni od gipskartonskih ploča. U kupaonicu će se izvesti instalacijski zidovi od vlagootpornih gipskartonskih ploča.

### **4.3. Obrada zidova, podova i stropa**

Vanjski zidovi građevine izolirani su u sistemu termoizolacijske fasade ETICS sa završnim tankim slojem žbuke. Debljina toplinske izolacije iznosi 20 cm a u dijelu nadograđenog ulaza debljine 5 cm. Svi podovi izolirani u zoni iznad hidroizolacije od bitumenske ljepenke s tvrdim pločama EPS-a sa slojem za ublažavanja udarnog zvuka ukupne debljine 6,5 cm.

Svi unutarnji podovi izvedeni su kao plivajući podovi sa završnom oblogom od parketa ili keramičkih pločica. Nosivi zidovi obrađeni su žbukom, dok je završna obrada zidova izvedena u pojedinim prostorijama keramičkom obradom, a ostatak završnom bojom. Kosi krov je izoliran mineralnom vunom postavljenom u dva sloja debljine 25 cm. Na robove krovne konstrukcije postavljene su drvene daske, na to je izvedena parna brana. Pokrov krova je od glinenog crijepa.

#### **4.4. Prozori i vrata**

Na predmetnoj građevini postaviti će se prozori, vrata i stijene od PVC profila ostakljeni trostrukim IZO staklima s ispunom (4-16-4-16-4 mm) s Low-E premazom i ispunom od argon plina. Zaštita od sunca su vanjske rolete. Dok se na dva krovna prozora predviđa unutarnje sjenilo.

## 5. Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima na obnovljenu zgradu

Djelovanja nastaju općenito zbog nekog događaja na konstrukciji, tu se može podrazumijevati građenje, promjena temperature okoliša, snijeg ili vjetar. Potrebne numeričke vrijednosti za proračun dobivaju se promatranjem opterećenja snijega i vjetra ili proračunom specifične težine materijala ( vlastite težine ). Djelovanja na konstrukciju važna su za proračun zbog sprječavanja otkazivanja pojedinih elemenata konstrukcije ili prekomjernih deformacija uslijed djelovanja na konstrukciju. Načini proračuna djelovanja na konstrukciju dani su u Eurokodu 1.

### Stalno djelovanje

Krov

Vlastita težina rogova D24 [0,10 · 0,14 · 3,50]:0,81 0,06 kN/m<sup>2</sup>

Hidroizolacija [0,015 · 2 · 5,90] 0,18 kN/m<sup>2</sup>

Toplinska izolacija [0,1 · 0,3] 0,30 kN/m<sup>2</sup>

Parana brana [0,01 · 2 · 0,15] 0,03 kN/m<sup>2</sup>

Gips kartonska ploča [0,02 · 12] 0,24 kN/m<sup>2</sup>

Instalacije 0,10 kN/m<sup>2</sup>

---

$\Sigma g = 0,91 \text{ kN/m}^2$

Prizemlje

Podna obloga [0,02 · 28,0] 0,52 kN/m<sup>2</sup>

Estrih [0,06 · 12,0] 0,72 kN/m<sup>2</sup>

Toplinka izolacija [0,1 · 0,3] 0,03 kN/m<sup>2</sup>

AB ploča [0,20 · 25,0] 5,00 kN/m<sup>2</sup>

Gips kartonska ploča [0,02 · 12] 0,24 kN/m<sup>2</sup>

Instalacije 0,10 kN/m<sup>2</sup>

---

$\Sigma g = 6,61 \text{ kN/m}^2$



## Opterećenje od djelovanja snijega

Opterećenje snijegom na krov određuje se izrazom :

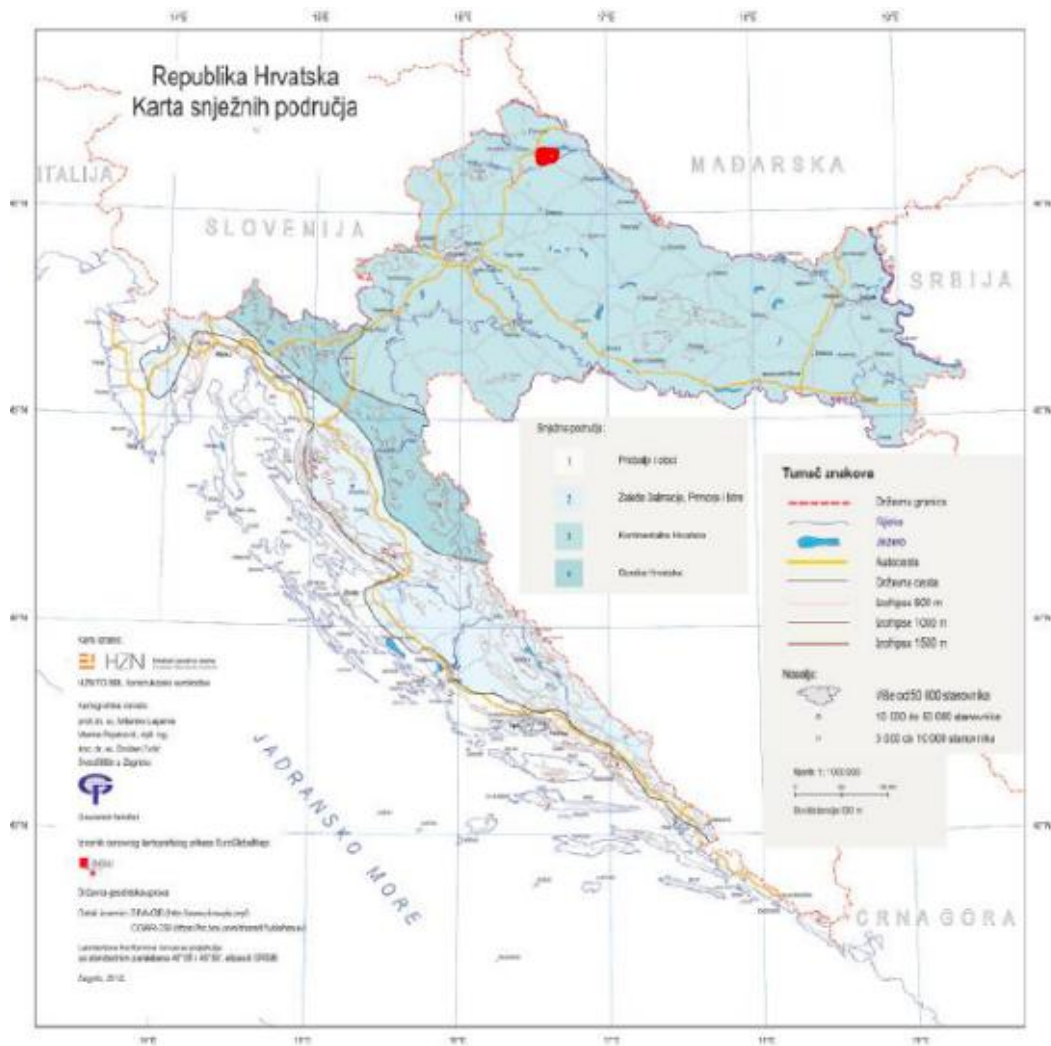
$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

Karakteristična vrijednost opterećenja snijega na tlo  $S_k$

Lokacija na kojoj se nalazi objekt: Zamlaka

Nadmorska visina: 200 m

ZONA I – Kontinentalna Hrvatska



Slika 5.1 – Karta snježnih područja

Nadmorska visina do [m]	1. područje-priobalja i otoci [kN/m <sup>2</sup> ]	2. područje-zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m <sup>2</sup> ]	3. područje-kontinentalna Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]	4. područje-gorska Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1000	2,00	4,00	3,50	5,00
1100	3,00	5,00	4,00	5,50
1200	4,00	6,00	4,50	6,00
1300	5,00	7,00		7,00
1400	6,00	8,00		8,00
1500		9,00		9,00
1600		10,00		10,00
1700		11,00		11,00
1800		12,00		

Tablica 5.1 – Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske

Oblik terena	Koeficijent izloženosti $C_e$
Izložen vjetru <sup>a</sup>	0,8
Uobičajen <sup>b</sup>	1,0
Zaklonjen <sup>c</sup>	1,2

<sup>a</sup> Izložen vjetru: ravan, nezaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem

<sup>b</sup> Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drvećem

<sup>c</sup> Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružen drugim višim drvećem

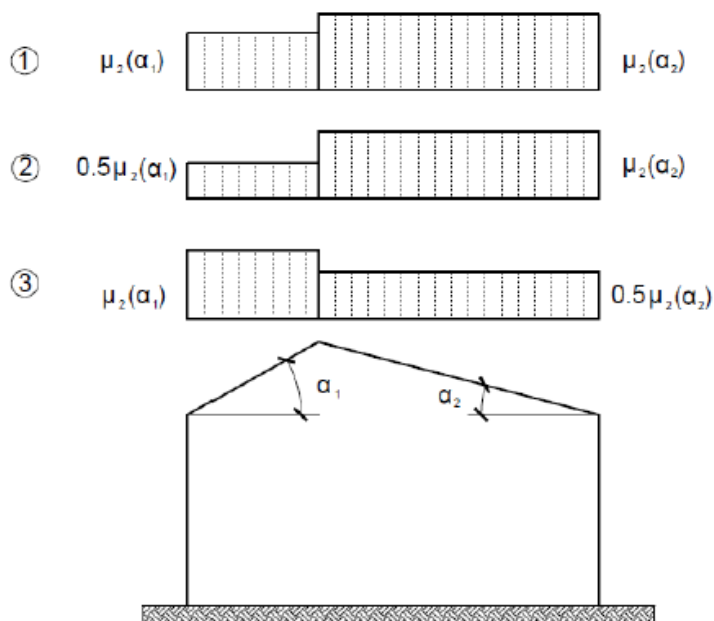
Tablica 5.2 – Koeficijent izloženosti  $c_e$

Kut nagib krova $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \cdot \frac{\alpha}{30^\circ}$	1,6	-

Tablica 5.3 – Koeficijent oblika opterećenja krova  $\mu_i$

$\mu_i$	koeficijent oblika opterećenja snijegom	0,8
$S_k$	karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu	1,25 kN/m <sup>2</sup>
$C_e$	koeficijent izloženosti	1,0
$C_t$	toplinski koeficijent	1,0

Tablica 5.4 – Podaci za računanje opterećenja snijegom



Tablica 5.5 – Varijante koeficijenta oblika opterećenja dvostrenih krovova

$$\mu_{\text{A}} \rightarrow s_1 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_{1\text{LIJEVO}} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \mathbf{1,00 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{1\text{DESNO}} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \mathbf{1,00 \text{ kN/m}^2}$$

$$\mu_{\text{B}} \rightarrow s_{2\text{LIJEVO}} = \mu_i \cdot 0,5 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_{2\text{LIJEVO}} = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \mathbf{0,5 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{2\text{DESNO}} = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_{2\text{DESNO}} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \mathbf{1,00 \text{ kN/m}^2}$$

$$\mu_{\text{B}} \rightarrow s_{2\text{LIJEVO}} = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$s_{2\text{LIJEVO}} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \mathbf{1,00 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{2\text{DESNO}} = \mu_i \cdot 0,5 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$



$$s_{2DESNO} = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \frac{kN}{m^2} = \mathbf{0,5 \text{ kN/m}^2}$$

## Opterećenje od djelovanja vjetra

Tlak vjetra na vanjske površine:

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

Tlak vjetra na unutarnje površine:

$$w_i = q_{ref} \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$$

Osnovni tlak izazvan srednjom brzinom vjetra:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2$$



Slika 5.2 – Karta brzine vjetra

$v_{ref}$	Referentna (osnovna) brzina vjetra	20,0 m/s
$\rho$	Gustoća zraka	1,25 kg/m <sup>3</sup>

Tablica 5.6 – Podaci za proračun vjetra

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2$$

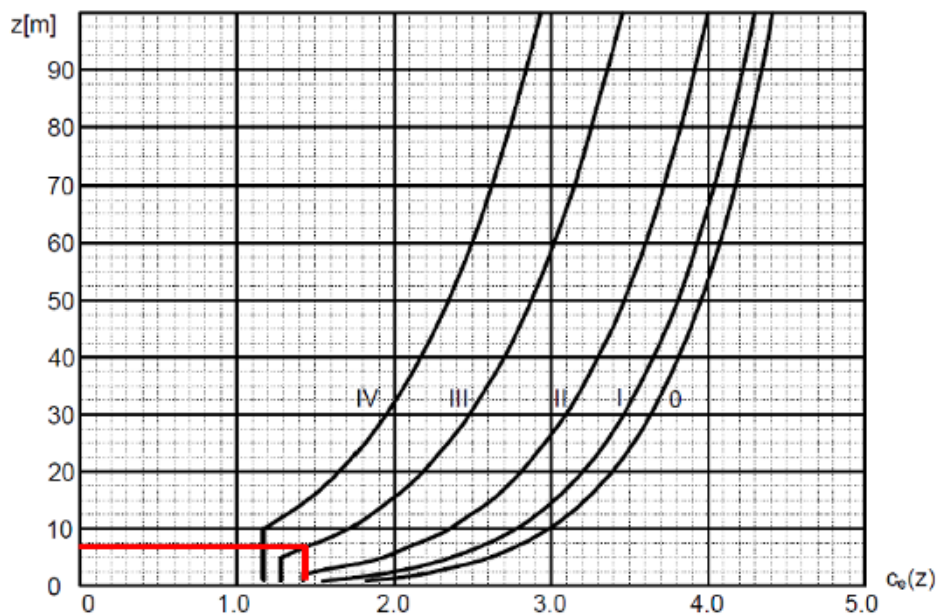
$$q_{ref} = \frac{1,25 \text{ kg/m}^3}{2 \cdot 1000} \cdot (20,0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2$$

$$q_{ref} = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

Kategorije terena	
0	More i priobalna područja izložena otvorenom moru.
I	Jezera ili ravna horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka.
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreka.
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreka (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)
IV	Područja s najmanje 15% površine pokrivena zgradama čija prosječna visina premašuje 15 metara.

Tablica 5.7 – Kategorije terena

### Tlak vjetra pri vršnoj brzini na Z visini



Slika 5.3 – Graf faktora izloženosti

Visina objekta:  $z = 7,83$  m

Očitano:  $C_e(Z) = 1,53$

$$q_{d(z)} = q_{ref} \cdot C_{e(z)}$$

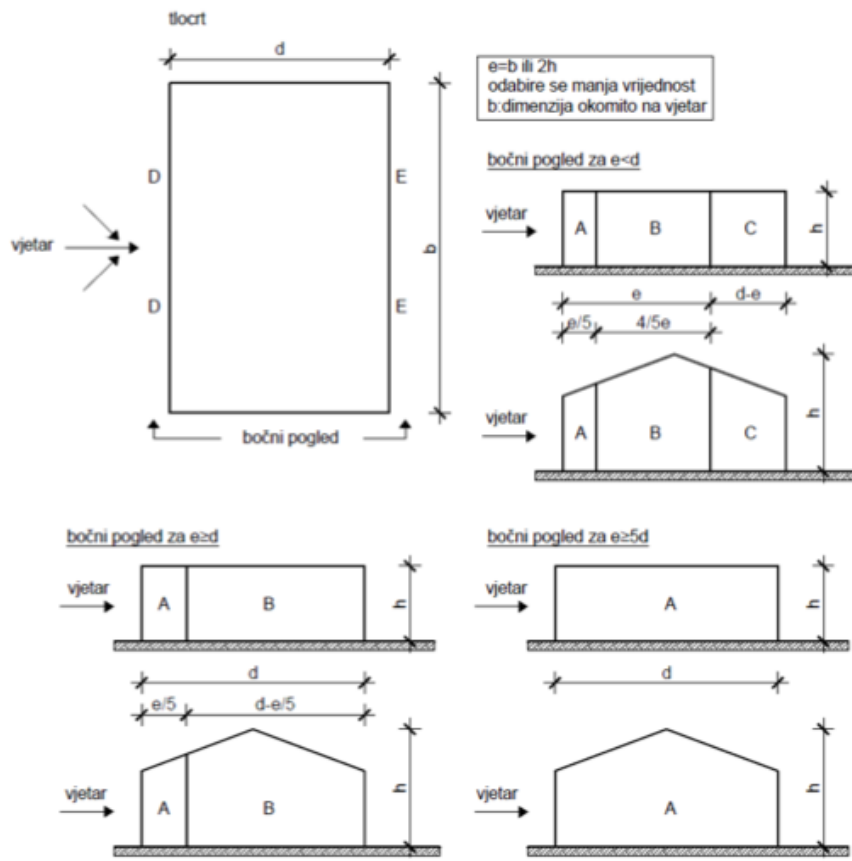
$$q_{d(z)} = 0,24 \cdot 1,53$$

$$q_{d(z)} = 0,37 \text{ kN/m}^2$$

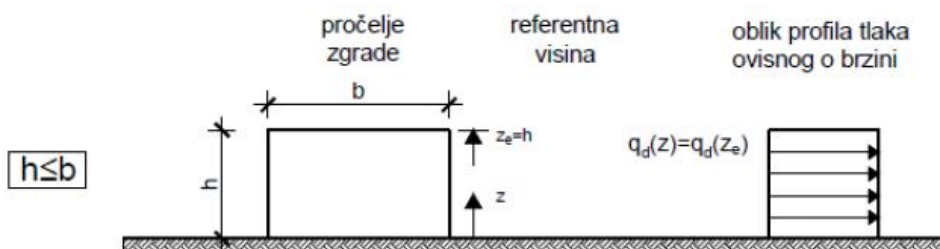


## Tlak vjetra na vanjske površine

### Koeficijent vanjskog tlaka za vertikalne zidove zgrada s pravokutnim tlocrtom



Slika 5.4 – Legenda za vertikalne zidove



Slika 5.5 – Referentna visina

$$b = 9,75 \text{ m}$$

$$h = 7,83 \text{ m}$$

$$d = 4,80 \text{ m}$$

$$e = b \text{ ili } 2h$$

$$e = b = 9,75 \text{ m}$$

$$e = 2h = 15,66 \text{ m}$$

$$e \geq d$$

$$15,66 \geq 4,80$$

$$A = \frac{15,66}{5} \text{ m} \cdot 7,83 \text{ m}$$

$$\rightarrow A = 24,52 \text{ m}^2$$

$$B = 4,80 - \frac{15,66}{5} \text{ m} \cdot 7,83 \text{ m}$$

$$\rightarrow B = 13,06 \text{ m}^2$$

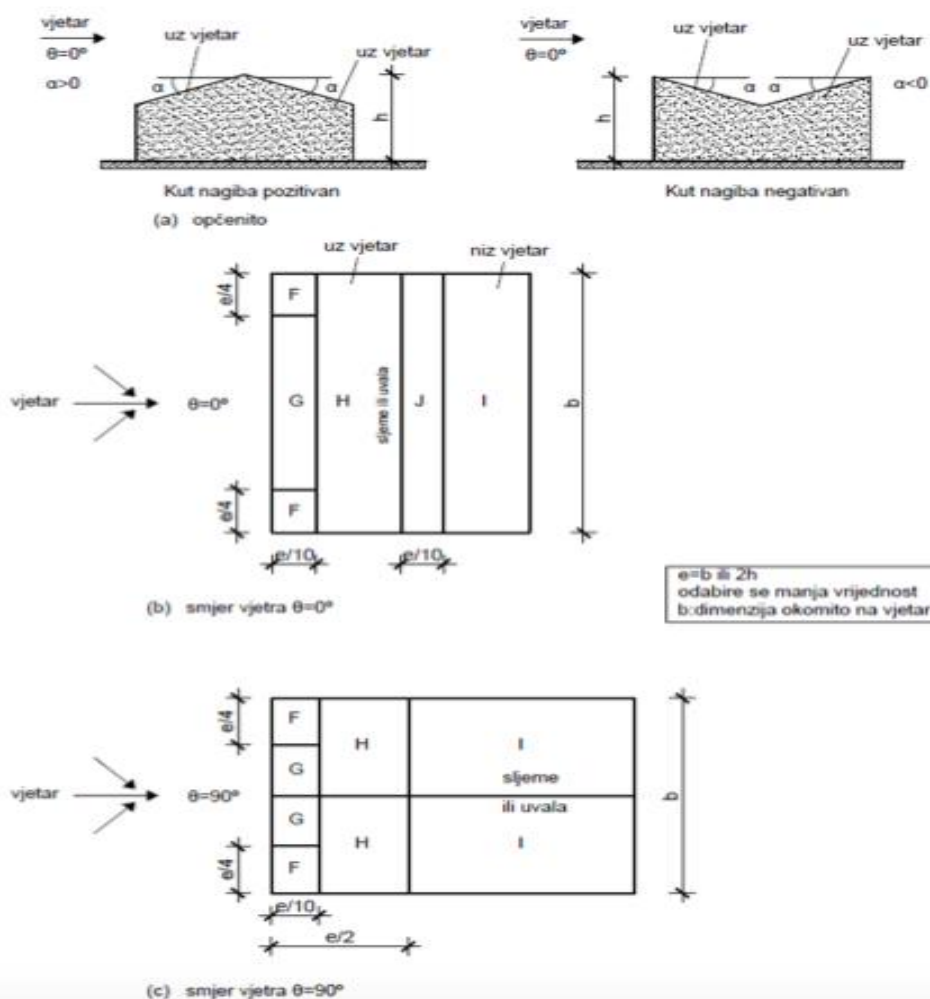
Područje	A		B		C		D		E	
h/d	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>
≥5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

Napomena 1: Za pojedinačne zgrade na otvorenom terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.

Tablica 5.8 – Vrijednosti koeficijenta C<sub>pe</sub>

POVRŠINA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )	C <sub>pe</sub>
A	24,52	-1,4
B	13,06	-0,8

Tablica 5.9 – Očitane vrijednosti koeficijenta C<sub>pe</sub> za proračunate vrijednosti



Slika 5.6 – Legenda za dvostrešne krovove

$$F = \frac{15,66}{4} \text{ m} \cdot \frac{15,66}{10} \text{ m} \quad \rightarrow \quad F = 6,13 \text{ m}^2$$

$$G = (9,75 \text{ m} - 2 \cdot \frac{15,66}{4}) \cdot \frac{15,66}{10} \text{ m} \quad \rightarrow \quad G = 3,01 \text{ m}^2$$

$$H = (\frac{15,66}{2} \text{ m} - \frac{15,66}{10} \text{ m}) \cdot 9,75 \text{ m} \quad \rightarrow \quad H = 61,10 \text{ m}^2$$

$$J = \frac{15,66}{10} \text{ m} \cdot 9,75 \text{ m} \quad \rightarrow \quad J = 15,27 \text{ m}^2$$

$$I = (4,80 - \frac{15,66}{2} + \frac{15,66}{10}) \text{ m} \cdot 9,75 \text{ m} \quad \rightarrow \quad I = 46,8 \text{ m}^2$$

Nagib $\alpha$	Područje za smjer vjetra $\theta=0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	0,0		0,0		0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		0,0		0,0	0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		0,0		0,0	
45°	0,0		0,0		0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		0,0		0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

NAPOMENA 1: Pri  $\theta=0^\circ$  tlak se naglo mijenja između pozitivnih i negativnih vrijednosti na strani uz vjetar oko nagiba  $\alpha=-5^\circ$  do  $\alpha=45^\circ$ , stoga su navedene i pozitivne i negativne vrijednosti. Za takve krovove treba uzeti u obzir četiri slučaja gdje su najmanje vrijednosti svih područja F, G i H kombinirane s najmanjim i najvećim vrijednostima. Ne dopušta se miješanje pozitivnih i negativnih vrijednosti na istom pročelju.

NAPOMENA 2: Smije se upotrebljavati linearna interpolacija vrijednosti istog predznaka za međuvrijednosti kutova nagiba istog predznaka. (Ne interpolira se za kutove između  $\alpha=-5^\circ$  i  $\alpha=5^\circ$  već se upotrebljavaju podaci za ravne krovove iz tablice 7). Vrijednosti 0,0 dane se za potrebe interpolacije.

Tablica 5.10 – Vrijednosti koeficijenta  $C_{pe}$  za smjer vjetra  $\theta=0$

POVRŠINA	POVRŠINA ( $m^2$ )	$C_{pe}$
F	6,13	0,7
G	3,01	0,7
H	61,1	0,6
J	15,27	0,0
I	46,8	0,0

Tablica 5.11 – Vrijednosti koeficijenta  $C_{pe}$



Nagib $\alpha$	Područje za smjer vjetra $\theta=90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2

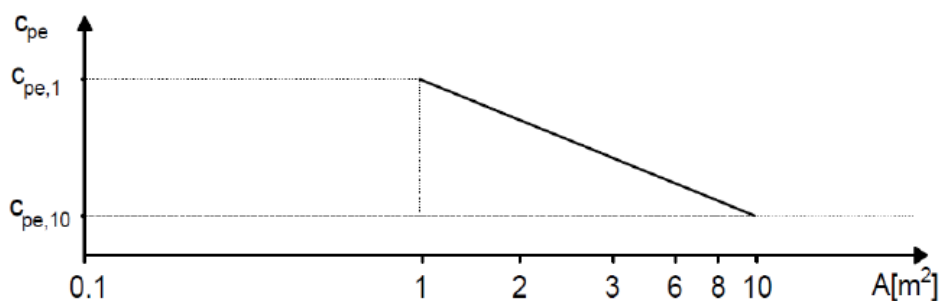
Tablica 5.12 – Vrijednosti koeficijenta  $C_{pe}$  za smjer vjetra  $90^\circ$

$$F = \frac{15,66}{4} \text{ m} \cdot \frac{15,66}{10} \text{ m} \quad \rightarrow \quad F = 6,13 \text{ m}^2$$

$$G = \frac{(15,66 \text{ m} - 2 \cdot \frac{15,66}{4}) \cdot \frac{15,66}{10} \text{ m}}{2} \quad \rightarrow \quad G = 6,13 \text{ m}^2$$

$$H = \frac{(\frac{15,66}{2} \text{ m} - \frac{15,66}{10} \text{ m}) \cdot 15,66 \text{ m}}{2} \quad \rightarrow \quad H = 49,08 \text{ m}^2$$

$$I = (9,75 - \frac{15,66}{2}) \text{ m} \cdot 15,66 \text{ m} \quad \rightarrow \quad I = 30,07 \text{ m}^2$$



Slika 5.7 – Graf vrijednosti koeficijenta  $C_{pe}$

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

$$y_G = -1,4 + \frac{-1,4 - (-2,0)}{10 - 1} (6,13 - 1)$$

$$y_G = -1,06$$

$$y_F = -1,1 + \frac{-1,1 - (-1,5)}{10 - 1} (6,13 - 1)$$

$$y_F = -0,87$$

POVRŠINA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )	C <sub>pe</sub>
F	6,13	-0,87
G	6,13	-1,06
H	49,08	-0,8
I	30,07	-0,5

Tablica 5.13 – Vrijednosti koeficijenta za C<sub>pe</sub> za smjer vjetra 90°

Rješenje tlaka na vanjske površine

$$w_e = q_{ref} \times c_e(z_e) \times C_{pe}$$

POVRŠINA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )	q <sub>ref</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>e(z)</sub>	C <sub>pe</sub>	w <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
A	24,52	0,24	1,53	- 1,4	-0,51
B	13,06	0,24	1,53	- 0,8	-0,30

Tablica 5.14 – Rezultati vanjskog tlaka

POVRŠINA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )	q <sub>ref</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>e(z)</sub>	C <sub>pe</sub>	w <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
F	6,13	0,24	1,53	0,7	0,26
G	3,01	0,24	1,53	0,7	0,26
H	61,1	0,24	1,53	0,6	0,22
J	15,27	0,24	1,53	0,0	0
I	46,8	0,24	1,53	0,0	0

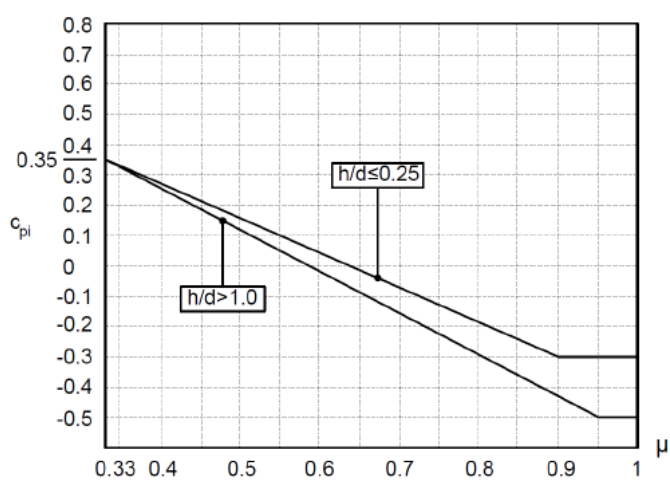
Tablica 5.15 – Rezultati vanjskog tlaka za smjer vjetra 0

POVRŠINA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )	q <sub>ref</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>e(z)</sub>	C <sub>pe</sub>	w <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
F	6,13	0,24	1,53	-0,87	- 0,32
G	6,13	0,24	1,53	-1,06	- 0,39
H	49,08	0,24	1,53	-0,8	- 0,30
I	30,07	0,24	1,53	-0,5	- 0,18

Tablica 5.16 – Rezultati tlaka za smjer vjetra 90

Tlak vjetra na unutarnje površine

Koeficijent unutarnjeg tlaka C<sub>pi</sub>



Slika 5.8 – Graf koeficijenta unutarnjeg pritiska vjetra

Za zgrade približno kvadratnog tlocrta s unutarnjim pregradama potrebno je uzeti vrijednosti za koeficijent izloženosti unutarnje plohe:

$$c_{pi} = 0,2 \quad c_{pi} = - 0,3$$

Rješenje tlaka na unutarnje površine

$$w_i = q_{ref} \times c_e(z_i) \times c_{pi}$$

q <sub>ref</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	C <sub>e(z)</sub>	C <sub>pi</sub>	w <sub>i</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
0,25	2,60	0,2	0,13
0,25	2,60	- 0,3	- 0,20

Tablica 5.17 – Rezultati unutarnjeg tlaka

## Uporabno djelovanje

Kategorija	Uporaba	Primjer
A	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Sobe u stambenim zgradama i kućama, sobe i odjeli u bolnicama, sobe u hotelima i prenoćištim, kuhinje i kupaonice
B	Uredski prostori	
C	Područja predviđena za okupljanje većeg broja ljudi, s iznimkom za prostore definirane u kategorijama A, B i D)	C1: Prostorije sa stolovima, npr. u školama, restoranima, čitaonicama, kafićima
		C2: Prostorije s nepomičnim sjedalima, npr. u crkvama, kazalištima, kinima, sobe za sastanke, dvorane za predavanje
		C3: Prostorije bez zapreka za kretanje ljudi, npr. u muzejima, izložbenim prostorima te pristupne prostorije u javnim i upravnim zgradama, hotelima, bolnicama i kolodvorima
		C4: Prostorije gdje su moguće fizičke aktivnosti, npr. plesne dvorane, gimnastičke dvorane, pozornice
		C5: Prostori za velika okupljanja ljudi, npr. u zgradama za javne priredbe, poput koncertnih i sportskih dvorana te gledališta, terase i željezničke platforme
D	Prodajni prostori	D1: Prostori u trgovinama
		D2: Prostori u robnim kućama
E1	Prostorije namijenjene gomilanju robe, uključivo pristupne prostorije	Prostorije za skladištenje, uključivo skladištenje knjiga i ostalih dokumenata
H	Neprohodni krovovi, osim za potrebe održavanja i popravaka	
I	Prohodni/pristupačni krovovi s okupiranošću koja odgovara kategorijama A – D	

Tablica 5.18 – Uporabna opterećenja s obzirom na namjenu zgrade

Kategorije		$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
Kategorija A:	stropovi	1,5 – <u>2,0</u>	<u>2,0</u> – 3,0
	stubišta	<u>2,0</u> – 4,0	<u>2,0</u> – 4,0
	balkoni	<u>2,5</u> – 4,0	<u>2,0</u> – 3,0
Kategorija B		2,0 – <u>3,0</u>	1,5 – <u>4,5</u>
Kategorija C	C1	2,0 – <u>3,0</u>	3,0 – <u>4,0</u>
	C2	3,0 – <u>4,0</u>	2,5 – 7,0 ( <u>4,0</u> )
	C3	3,0 – <u>5,0</u>	<u>4,0</u> – 7,0
	C4	4,5 – <u>5,0</u>	3,5 – <u>7,0</u>
	C5	<u>5,0</u> – 7,5	3,5 – <u>4,5</u>
Kategorija D	D1	<u>4,0</u> – 5,0	3,5 – 7,0 ( <u>4,0</u> )
	D2	4,0 – <u>5,0</u>	3,5 – <u>7,0</u>
Kategorija E1		7,5	7,0
Kategorija H	za nagibe < 20°	0,75	1,5
	za nagibe > 40°	0	1,5
Kategorija I		v. kategorije A – D	

Tablica 5.19 – Vrijednosti uporabnog opterećenja

Uporabno djelovanje : 6,5 kN/m<sup>2</sup>



## 6. Proračun krovšta

### 6.1. Proračun nosivosti krovne konstrukcije izvedene od drvenih elemenata

Kod izrade krovšta, vazdazelenog drveća najčešće se upotrebljava jela, smreka bor, a od listopadnog hrast i bukva. Kod drvenih konstrukcija razlikujemo piljenu drvenu građu i lijepljeno lamelirano drvo. Kod proračuna krovšta koji je predmet ovog rada uzeta je jelova drvena građa. Proračun drvnog dijela krovšta proračunat je prema Eurokodu 5. U nastavku su navedena mehanička svojstva korištena kod proračuna:

$f_{m,k}$  - karakteristična čvrstoća na savijanje

$f_{t,0,k}$  - karakteristična vlačna čvrstoća paralelno s vlaknima

$f_{t,90,k}$  - karakteristična vlačna čvrstoća okomito na vlakna

$f_{c,0,k}$  - karakteristična tlačna čvrstoća paralelno s vlaknima

$f_{t,90,k}$  - karakteristična tlačna čvrstoća okomito na vlakna

$f_{v,k}$  - karakteristična vrijednost čvrstoće na posmik

$E_{0,mean}$  - srednja vrijednost modula elastičnosti paralelno s vlaknima

$\rho_{mean}$  - srednja gustoća

Mehanička svojstva materijala iskazana su karakterističnim vrijednostima, Za provjeru graničnog stanja nosivosti koriste se računске vrijednosti čvrstoće materijala koje dobivamo tako da karakterističnu vrijednost podijelimo s koeficijentom sigurnosti za materijal  $\gamma_M$ . Kod proračuna se u obzir mora uzeti utjecaj vlažnosti drva i trajanje opterećenja, zbog toga se uvodi koeficijent  $k_{mod}$  koeficijent izmjene. Vrijednost koeficijenta izmjene može biti 0,6-0,9. U proračunu ovog rada uzeta je vrijednost 0,9.

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{X_k}{1,3}$$

Gdje su:

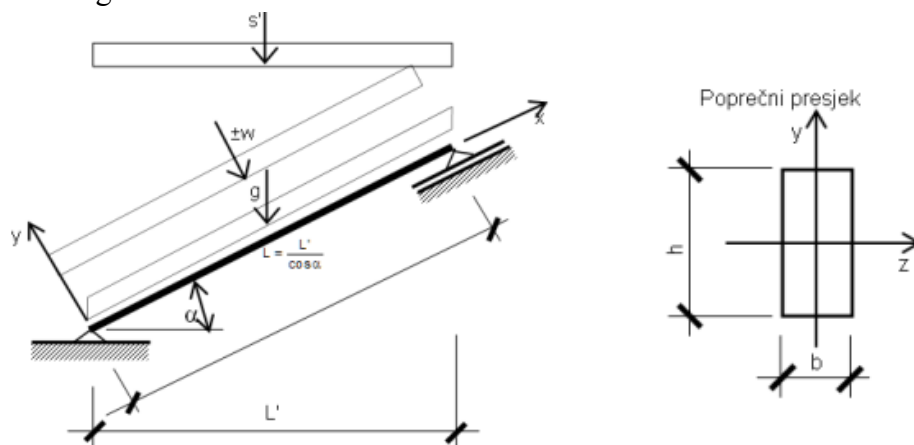
$X_k$  – karakteristična vrijednost svojstva čvrstoće

$k_{mod}$  – koeficijent izmjene koji obuhvaća utjecaj trajnih djelovanja i sadržaja vlage

$\gamma_M$  – parcijalni koeficijent za svojstvo materijala, za drvo iznosi 1,3.

Kontrola postojećeg stanja

## Proračun rogova



Razmak rogova

$$B = 0,81 \text{ m}$$

Horizontalna projekcija duljine

$$L' = 2,60 \text{ m}$$

Kut nagiba

$$\alpha = 29,0^\circ$$

Širina poprečnog presjeka

$$b = 10,0 \text{ cm}$$

Pretpostavljena visina poprečnog presjeka

$$h = 13,0 \text{ cm}$$

Dopušteni progib

$$u_{Q,inst} = \frac{L}{300}$$

$$L = \frac{L'}{\cos \alpha}$$

$$U_{fin} = \frac{L}{200}$$

$$L = 297,30 \text{ cm}$$

$$u_{Q,inst} = 0,99 \text{ cm}$$

$$U_{fin} = 1,49 \text{ cm}$$

## Djelovanja

Klase za meko drvo		C 14	C 16	C 18	C 20	C 22	C 24	C 27	C 30	C 35	C 40
<b>Čvrstoće</b>											
Savijanje $f_{m,k}$		14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	27,0	30,0	35,0	40,0
Vlak    $f_{t,0,k}$		8,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Vlak $\perp$ $f_{t,90,k}$		0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Tlak    $f_{c,0,k}$		16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	25,0	26,0
Tlak $\perp$ $f_{c,90,k}$		2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Posmik i torzija $f_{v,k}$		1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
<b>Moduli</b>											
Srednji E modul $E_{0,mean}$		7,00	8,00	9,00	9,50	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0
Karakteristični E modul    $E_{0,05}$		4,70	5,40	6,00	6,40	6,70	7,40	7,70	8,00	8,70	9,40
Srednji E modul $\perp$ $E_{90,mean}$		0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47
Srednji modul posmika $G_{mean}$		0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
<b>Gustoća</b> $\rho_k$		290	310	320	330	340	350	370	380	400	420
$\rho_{mean}$		350	370	380	390	410	420	450	460	480	500

Tablica 6.1 - Karakteristične vrijednosti čvrstoće u  $N/mm^2$ , krutost  $kN/mm^2$  i karakteristične gustoće u  $kg/m^3$  za puno drvo ( meko drvo i topla) prema HRN EN 1194

Opterećenje od krova	$q_p = 0,91$
Područje djelovanja snijega	I
Područje djelovanja vjetra	I
Nadmorska visina	170 m.n.m.
Visina iznad tla	6,4 m
Razred uporabljivosti	2
Razred drva	C 24
Karakteristična gustoća	$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$
Čvrstoća	$f_{m,k} = 24,0 \text{ MPa}$ $f_{c,0,k} = 21,0 \text{ MPa}$ $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$
Karakteristični modul elastičnosti paralelno vlaknima	$E_{0,05} = 740 \text{ MPa}$
Modul posmika	$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$

## Proračun

$$\text{Moment} \quad M_{z,d} = \frac{\max q_y \times L^2}{8} \quad \text{kNm}$$

$$Q_{d,z} = 1,35 \times G_k + 1,5 G_s = 2,73 \text{ kNm}'$$

$$M_{z,d} = \frac{2,73 \times 297,30^2}{8} = 3,01 \text{ kNm}$$

$$\text{Poprečne sile} \quad F_{v,y,d} = \frac{\max q_y \times L}{2} \quad \text{kN}$$

$$F_{v,y,d} = \frac{2,73 \times 297,30}{2} = 4,05 \text{ kN}$$

$$\text{Uzdužne sile} \quad F_{c,0,d} = \max q_x \times L \quad \text{kN}$$

$$q_{d,z,x} = 1,35 \times G_k + 1,5 Q_k \times \sin \alpha$$

$$q_{d,z,x} = 1,32$$

$$F_{c,0,d} = 1,32 \times 297,30 = 3,89 \text{ kN}$$

Provjera naprezanja

## IZVIJANJE

b- kraća stranica

$$\lambda_y = \frac{L \times \sqrt{12}}{b}$$

$$\lambda_y = \frac{297,30 \times \sqrt{12}}{10} = 103$$



$$\lambda_{\text{rel},y} = \lambda_y \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{n^2 \times E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = 103 \sqrt{\frac{21}{n^2 \times 7400}} = 1,75$$

$$k_y = \frac{1 + \beta_c \times (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2}{2}$$

$$k_y = \frac{1 + 0,2 \times (1,75 - 0,5) + 1,75^2}{2} = 2,16$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{2,16 + \sqrt{2,16^2 - 1,75^2}} = 0,29$$

Bočno izvijanje

$$\sigma_{m,\text{crit}} = \frac{n \times b^2 \times E_{0,05}}{L_{\text{ef}} \times h} \sqrt{\frac{G_{0,\text{men}}}{E_{0,\text{mena}}}}$$

$$\sigma_{m,\text{crit}} = \frac{n \times 100^2 \times 7400}{2973 \times 130} \sqrt{\frac{690}{11000}} = 150,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,\text{crit}}}}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{24}{150,65}} = 0,40$$

$$k_{\text{crit},y} = 1,00$$

$$\lambda_{\text{real},m} \leq 0,75$$

$$0,40 \leq 0,75$$

Savijanje s bočnim izvijanjem i tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{b \times h} = \frac{14,54}{10 \times 13} = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d} \times 6}{b \times h^2} = \frac{3,06 \times 6}{10 \times 13^2}$$

$$F_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{21,0}{1,3} = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \times k_h \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \times 1,029 \times \frac{24}{1,3} = 17,1 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\text{mod}} = 0,90$$

$$k_h = 1,029$$

$$\gamma_M = 1,3$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times F_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{\text{crit},y} \times f_{m,d}} = \frac{0,11}{0,29 \times 1,4} + \frac{10,86}{1,00 \times 17,1} = 0,66 \leq 1$$

Posmik

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 1,5 \times \frac{4,05}{10 \times 13} = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,90 \times \frac{2,5}{1,3} = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,5}{1,73} = 0,29 \leq 1$$

Zadržavaju se pretpostavljene dimenzije poprečnog presjeka.

## ANALIZA DJELOVANJA

### Parcijalni koeficijenti sigurnosti

Djelovanja	Stalno	Promjenjivo
	$\gamma_G$	$\gamma_Q$
GSN povoljan utjecaj	1,00	0,00
GSN nepovoljan utjecaj	1,35	1,50
GSU	1,00	1,00

### Koeficijenti kombinacije djelovanja

Vrsta promjenjivog djelovanja		Kombinacijska $\Psi_0$	Vrijednost česta $\Psi_1$	Nazovistalna $\Psi_2$
Dj. Na stropne konstr.	1.	0,70	0,50	0,30
	2.	0,80	0,80	0,50
	3.	0,80	0,80	0,80
Vjetar		0,60	0,50	0,00
snijeg		0,70	0,20	0,00
Sva ostala djelovanja		0,80	0,70	0,50

Tablica 6.2 - Vrijednosti koeficijenata sigurnosti

### Djelovanja

1. Stalna (g):		$k_{mod}$	$K_{def}$
Slojevi pokrova i podgled	$g_p = 1,00 \text{ kN/m}^2$	0,60	0,80
Vlastita težina	$g_{V.T.} = \frac{b \cdot h \cdot \rho_k}{B} = 0,06 \text{ kN/m}^2$ $g = 1,06 \text{ kN/m}^2$	0,60	0,80
2. snijeg (s):	$s = s' \cdot \cos \alpha = 0,91 \text{ kN/m}^2$	0,80	0,25
3. vjetar (w):	$\max w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot \max c_p = 0,40 \text{ kN/m}^2$ $\min w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot \min c_p = -0,20 \text{ kN/m}^2$	0,90	0,00

## A/ krajnje granično stanje

Kombinacije opterećenja	$q_y$ [kN/m1]	$q_x$ [kN/m1]
	$[(g+s) * \cos \alpha + w ] * B$	$(g+s) * \sin \alpha * B$
1. YG * g	1,02	0,57
2. YG * g + YQ * max w	1,50	0,57
3. 1 * g + YQ * min w	0,51	0,42
4. YG * g + YQ * s	1,99	1,10
5. YG * g + YQ * w + $\Psi_0$ * YQ * s	2,18	0,94
6. YG * g + YQ * s + $\Psi_0$ * YQ * W	2,28	1,10

Nema opasnosti od odizujućeg djelovanja vjetra.



B/ Granično stanje uporabljivosti – provjera pomaka

Srednji modul elastičnosti paralelno vlaknima

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

Progib

$$U_{inst,\sigma} + u_{inst,T} = \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot b \cdot h} * \left( \frac{5}{48} * \frac{L^2 \cdot 12}{E_{0,mean} \cdot h^2} + \frac{1,2}{G_{0,mean}} \right)$$

$$U_{fin} = U_{inst} * (1 + k_{def})$$

trenutno

U [mm]	stalno	snijeg	Vjetar - max	Vjetar - min
$U_{inst,\sigma}$	4,3	3,7	1,6	-0,8
$U_{inst,T}$	0,1	0,1	0,0	0,0
$U_{inst}$	4,5	3,8	1,7	-0,8

Kombinacije	$\sum u_{Q,inst}$	$\sum u_{Q,fin}$	$\sum u_{net,fin}$
	$\leq L/300$	$\leq L/200$	
	9,9 mm	14,9 mm	
1. uG	0,0	0,0	8,0
2. uG + u <sub>max</sub> W	1,7	1,7	9,7
3. uG + u <sub>min</sub> W	-0,8	-0,8	7,2
4. uG + u <sub>s</sub>	3,8	4,8	12,8
5. uG + $\Psi_1 * u_s + u_w$	2,4	2,6	10,7
6. uG + u <sub>s</sub> + $\Psi_1 * u_w$	4,7	5,6	13,7
	47%	38%	92%

(može se uporabiti  $\Psi_1$  umjesto  $\Psi_0$ )

Za najnepovoljnije kombinacije (apsolutna vrijednost)

$U_{Q,inst} = 4,7 \text{ mm}$	$U_{Q,inst} / (L/300) = 0,47$	$\leq 1$
$U_{Q,fin} = 5,6 \text{ mm}$	$U_{Q,fin} / (L/200) = 0,38$	$\leq 1$
$U_{net,fin} = 13,7 \text{ mm}$	$U_{net,fin} / (L/200) = 0,92$	$\leq 1$

Pretpostavljene dimenzije poprečnog presjeka zadovoljavaju.

## Proračun podrožnice (kontrola postojećeg stanja)

Ruke na razmaku od 1,00 m

### ZADANE VELIČINE

#### Geometrija



Razmak podrožnica	$B = 2,60 \text{ m}$	
Raspon	$L = 2,20$	
Kut nagiba	$\alpha = 0,0^\circ$	
Širina poprečnog presjeka	$b = 16,0 \text{ cm}$	
Pretpostavljena visina Poprečnog presjeka	$h = 16,0 \text{ cm}$	
Dopušteni progib	$U_{Q,inst} = \frac{L}{300} = 7,3 \text{ mm}$	trenutni
	$U_{fin} = \frac{L}{200} = 11,0 \text{ mm}$	konačni
Nadvišenje	$U_0 = 0,0 \text{ mm}$	

Slojevi pokrova i podgleda	$G_p = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Područje djelovanja snijega	I
Područje djelovanja vjetra	III
Nadmorska visina	167 m n.m.
Visina iznad tla (srednja)	7,0 m
Razred uporabljivosti	2 ( $12\% < u \leq 20\%$ )
Razred drva (PD)	C 24
Karakteristična gustoća	$P_k = 350 \text{ kg/m}^3$
Čvrstoće	$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$ $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ $f_{v,k} = 3 \text{ MPa}$

Karakteristični modul elastičnosti paralelno  
vlaknima

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

Modul posmika

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$$

## Proračun

Najveći statički utjecaj

Moment

$$M_{y,d} = \frac{\max q_y \times L^2}{8} = 6,28 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d} = \frac{\max q_z \times L^2}{8} = 0,0 \text{ kNm}$$

Poprečne sile

$$F_{v,y,d} = \frac{\max q_y \times L}{2} = 11,40 \text{ kN}$$

$$F_{v,z,d} = \frac{\max q_z \times L}{2} = 0,00 \text{ kN}$$

Uzdužne sile

$$F_{t,0,d} = 0,00 \text{ kN} - \text{vlačna}$$

$$F_{c,0,d} = 0,00 \text{ kN} - \text{tlačna}$$

## A/ KGS – provjera naprezanja

$$\lambda_y = \frac{L \times \sqrt{12}}{b} = 47,6$$

$$\lambda_y = \frac{L \times \sqrt{12}}{h} = 47,6$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \lambda_y \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{n^2 \times E_{0,05}}} = 0,81$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \lambda_z \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{n^2 \times E_{0,05}}} = 0,81$$

$$k_y = \frac{1 + \beta_c \times (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2}{2} = 0,86$$

$$k_z = \frac{1 + \beta_c \times (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2}{2} = 0,86$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}} = 0,87$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,87$$

Bočno izvijanje

$$\sigma_{m,y,crit} = \frac{n \times b^2 \times E_{0,05}}{L_{ef} \times h} \sqrt{\frac{G_{0,men}}{E_{0,mena}}} = 423,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,crit} = \frac{n \times b^2 \times E_{0,05}}{L_{ef} \times h} \sqrt{\frac{G_{0,men}}{E_{0,mena}}} = 423,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,y,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,24 \quad \lambda_{rel,y,m} \leq 0,75$$

$$\lambda_{rel,z,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,z,crit}}} = 0,24 \quad \lambda_{rel,z,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit,y} = 1,00$$

Koso savijanje s bočnim izvijanjem i vlak paralelno s vlakancima s izvijanjem

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{t,0,d}}{0,8 \times b \times h} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d} \times 6}{0,8 \times b \times h^2} = 11,5 \text{ Nmm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d} \times 6}{0,8 \times b \times h^2} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{t,0,d} = k_{mod} \times \frac{f_{t,0,k} \times k_h}{\gamma_M} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \times \frac{f_{m,k} \times k_h}{\gamma_M} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = 0,90$$

$$k_h = 1,029$$

$$\gamma_M = 1,3$$

$$k_h = 1,000$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \times \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) = 0,67 \leq 1$$



$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \times \left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) = 0,46 \leq 1$$

Koso savijanje s bočnim izvijanjem i tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{b \times h} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \times \frac{F_{c,0,k}}{\gamma_M} = 14,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} \right) + \left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit},y} \times f_{m,d}} + k_m \times \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{\text{crit},y} \times f_{m,d}} \right) = 0,67 \leq 1$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \times f_{c,0,d}} \right) + \left( k_m \times \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit},y} \times f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{\text{crit},y} \times f_{m,d}} \right) = 0,46 \leq 1$$

Posmik :

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \times \frac{\sqrt{F_{v,y,d} + F_{v,z,d}}}{b \times h} = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = 0,39 \leq 1$$

Pretpostavljene dimenzije poprečnog presjeka zadovoljavaju.

## ANALIZA DJELOVANJA

### Parcijalni koeficijenti sigurnosti

Djelovanja	Stalno	Promjenjivo
	$\gamma_G$	$\gamma_Q$
GSN povoljan utjecaj	1,00	0,00
GSN nepovoljan utjecaj	1,35	1,50
GSU	1,00	1,00

### Koeficijenti kombinacije djelovanja

Vrsta promjenjivog djelovanja		Kombinacijska $\Psi_0$	Vrijednost česta $\Psi_1$	Nazovistalna $\Psi_2$
Dj. Na stropne konstr.	1.	0,70	0,50	0,30
	2.	0,80	0,80	0,50
	3.	0,80	0,80	0,80
Vjetar		0,60	0,50	0,00
snijeg		0,70	0,20	0,00
Sva ostala djelovanja		0,80	0,70	0,50

Tablica 6.3 – Vrijednosti koeficijenata sigurnosti

### Djelovanja

1. Stalna (g):		kmod	Kdef
Slojevi pokrova i podgled	$g_p = 1,00 \text{ kN/m}^2$	0,60	0,80
Vlastita težina	$g_{V.T.} = \frac{b \cdot h \cdot \rho_k}{B} = 0,04 \text{ kN/m}^2$ $g = g_p + g_{v.t} = 1,04 \text{ kN/m}^2$		
2. snijeg (s):	$s = s' \cdot \cos \alpha = 1,04 \text{ kN/m}^2$	0,80	0,25
3. vjetar (w):	$\max w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot \max c_p = 1,00 \text{ kN/m}^2$	0,90	0,00
	$\min w = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot \min c_p = -10,14 \text{ kN/m}^2$		

Tablica 6.4 - Koeficijenti

### A/ krajnje granično stanje

	qy[kN/m1]	qx[kN/m1]
Kombinacije opterećenja	[(g+s) * cos α + w ] * B	(g+s) * sin α * B
1. YG * g	3,66	0,00
2. YG * g + YQ * max w	7,56	0,00
3. 1 * g + YQ * min w	-1,75	0,00
4. YG * g + YQ * s	7,71	0,00
5. YG * g + YQ * w + Ψ0 * YQ * s	10,39	0,00
6. YG * g + YQ * s + Ψ0 * YQ * W	10,05	0,00

Tablica 6.5 – Krajnje granično stanje

### B/ Granično stanje uporabljivosti – provjera pomaka

Srednji modul elastičnosti paralelno vlaknima.

Progib

$$u_{inst,y} = \frac{5}{384} \times \frac{L^4}{E_{0,mean} \times b \times h} \times \frac{q_y}{h^2} + \frac{3}{20} \times \frac{L^2 \times q_y^2}{G_{0,mean} \times b \times h}$$

$$u_{inst,z} = \frac{5}{384} \times \frac{L^4}{E_{0,mean} \times b \times h} \times \frac{q_z}{h^2} + \frac{3}{20} \times \frac{L^2 \times q_z^2}{G_{0,mean} \times b \times h}$$

$$u_{inst} = \sqrt{u_{inst,y}^2 + u_{inst,z}^2}$$

$$u_{fin} = \sqrt{\sum_i (\Psi \times (1 + k_{def,i}) \times u_{inst,i,y})^2 + \sum_i ((\Psi \times (1 + k_{def,i}) \times u_{inst,i,y})^2)}$$

Trenutno

U [mm]	stalno	snijeg	Vjetar - max	Vjetar - min
Uinst,y	1,3	1,3	1,2	-1,4
Uinst,z	0,0	0,0	0,0	0,0
Uinst	1,3	1,3	1,2	1,4

## Kombinacije

Kombinacije	$\Sigma u_{Q,inst}$ $\leq L/300$	$\Sigma u_{Q,fin}$ $\leq L/200$	$\Sigma u_{net,fin}$ $\leq L/200$
	7,3 mm	11,0 mm	
1. uG	0,0	0,0	2,5
2. uG + u <sub>max</sub> W	1,2	1,2	3,6
3. uG + u <sub>min</sub> W	-1,4	-1,4	1,0
4. uG + u <sub>s</sub>	1,4	1,7	4,2
5. uG + $\Psi_1$ * u <sub>s</sub> + u <sub>w</sub>	1,6	2,7	4,1
6. uG + u <sub>s</sub> + $\Psi_1$ * u <sub>w</sub>	2,0	2,0	4,8
	28%	18%	44%

(može se uporabiti  $\Psi_1$  umjesto  $\Psi_0$ )

Za najnepovoljnije kombinacije (apsolutna vrijednost)

$$\begin{aligned}
 U_{Q,inst} = 2,0 \text{ mm} & \quad U_{Q,inst}/(L/300) = & \leq 1 \\
 & \quad 0,28 \\
 U_{Q,fin} = 2,0 \text{ mm} & \quad U_{Q,fin} / (L/200) = & \leq 1 \\
 & \quad 0,18 \\
 U_{net,fin} = 4,8 \text{ mm} & \quad U_{net,fin} / (L/200) & \leq 1 \\
 & \quad =0,44
 \end{aligned}$$

Pretpostavljene dimenzije poprečnog presjeka zadovoljavaju

## 6.2. Proračun krovišta u programu ojačanje drvene konstrukcije HEA profilom

U prethodnom poglavlju izračunato je izvedeno drveno krovište, s obzirom da uvjeti nisu zadovoljavali uvjete nosivosti s razmicanjem stupova, krovište je ojačano HEA profilom.

Kod proračuna je korišten čelik S235. Oznaka S označava konstruktivni stupanj čelika dok brojčana oznaka 235 označava minimalnu granicu razvlačenja od 235 N/mm<sup>2</sup>, odnosno minimalni napon tečenja. Mehanička svojstva čelika prikazana su tablici u nastavku.

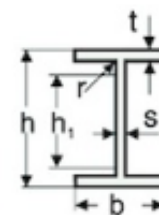
	Granica popuštanja [N/mm <sup>2</sup> ]	Vlačna čvrstoća [N/mm <sup>2</sup> ]	Modul elastičnosti [N/mm <sup>2</sup> ]	Gustoća [kg/m <sup>3</sup> ]
Oznake:	$f_y$	$f_u$	E	$\gamma$
<b>S235</b>	235	360	210 000	7 850
<b>S275</b>	275	430		
<b>S355</b>	355	510		

Tablica 6.6 – Mehanička svojstva konstruktivnih čelika

Za dimenzioniranje konstrukcije korišten je HEA profil 140. Dimenzije su prikazane u tablici u nastavku rada.



## HEA profili



HEA	G (kg/m)	h (mm)	h1 (mm)	b (mm)	s (mm)	t (mm)	r (mm)	Presjek (cm <sup>2</sup> )
100	16,70	96	56	100	5,00	8,00	12	21,20
120	19,90	114	74	120	5,00	8,00	12	25,30
140	24,70	133	92	140	5,50	8,50	12	31,40
160	30,40	152	104	160	6,00	9,00	15	38,80
180	35,50	171	122	180	6,00	9,50	15	45,30
200	42,30	190	134	200	6,50	10,00	18	53,80

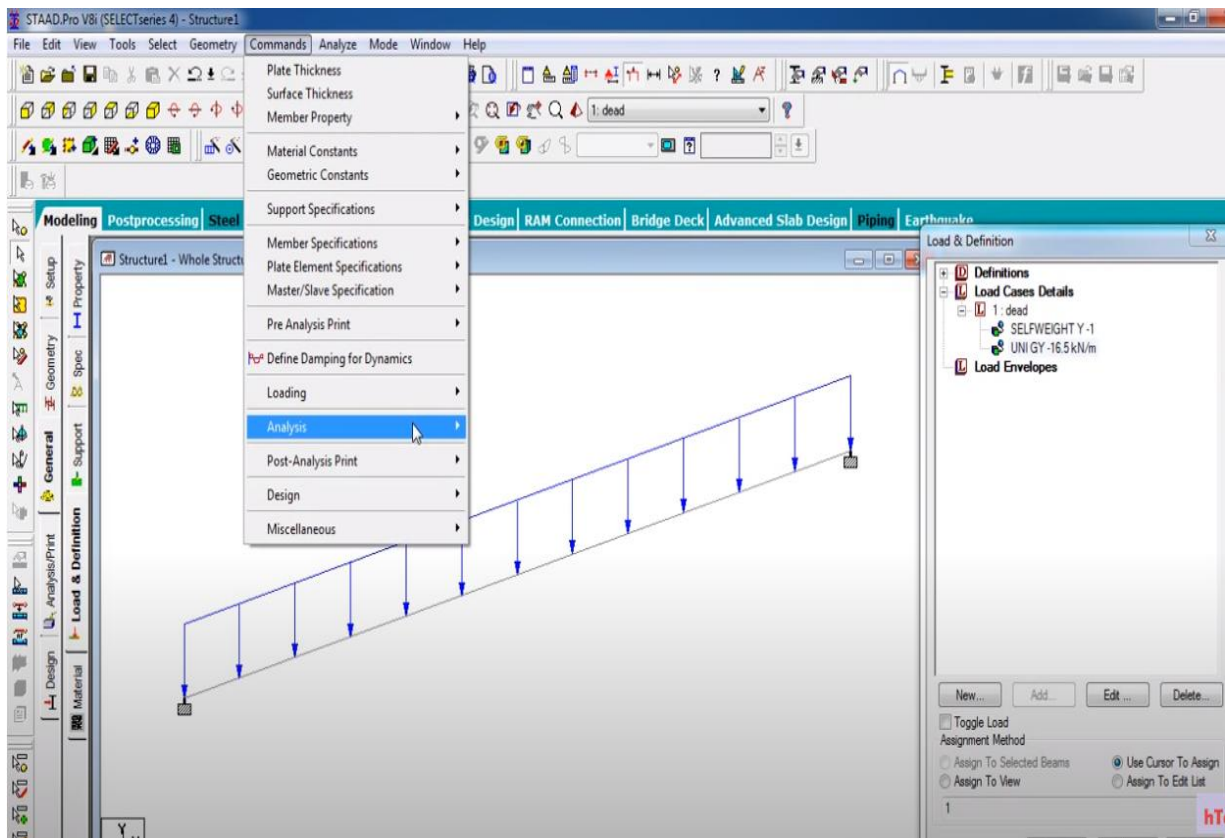
Tablica 6.7 – HEA profili dimenzije

Proračun je proveden programskim paketom za analizu i dimenzioniranje konstrukcija STAADPro V8i. STAAD (Structural Analysis And Desing) je softverska aplikacija za strukturnu analizu i projektiranje koju je izvorno razvila tvrtka Research Engineers International 1997. godine. Krajem 2005. tvrtka Research Engineers International kupila je Bentley Systems.[1][2]

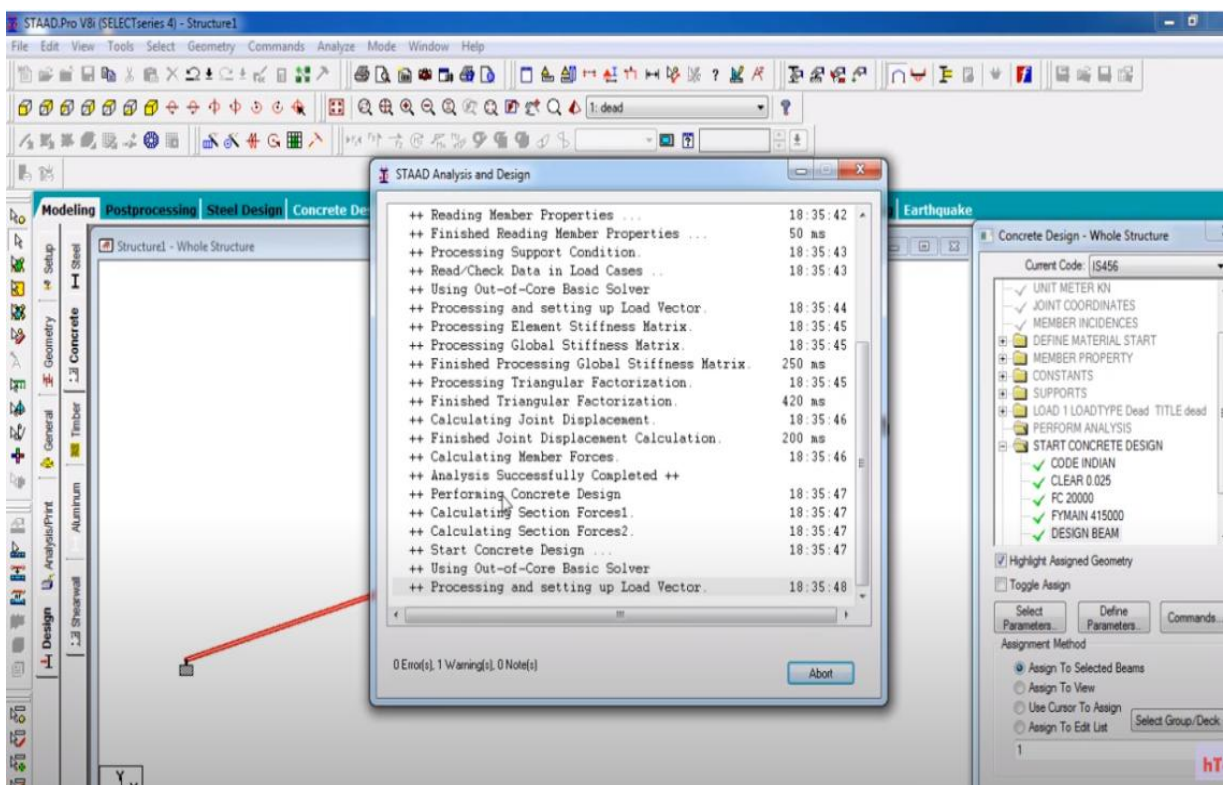
STAAD.Pro jedan je od najčešće korištenih softverskih proizvoda za strukturnu analizu i projektiranje u cijelom svijetu. Softver može primjenjivati više od 90 međunarodnih kodova za čelik, beton, drvo i aluminij.

Structural Analysis And Desing se koristiti različitim oblicima analize od tradicionalne statičke analize, geometrijska nelinearna analiza ili analiza izvijanja. Također se može koristiti različitim oblicima metoda dinamičke analize od analize vremenske povijesti do analize spektra odziva. Značajka analize spektra odziva podržana je i za korisnički definirane spektre kao i za brojne spektre specificirane međunarodnim kodom.

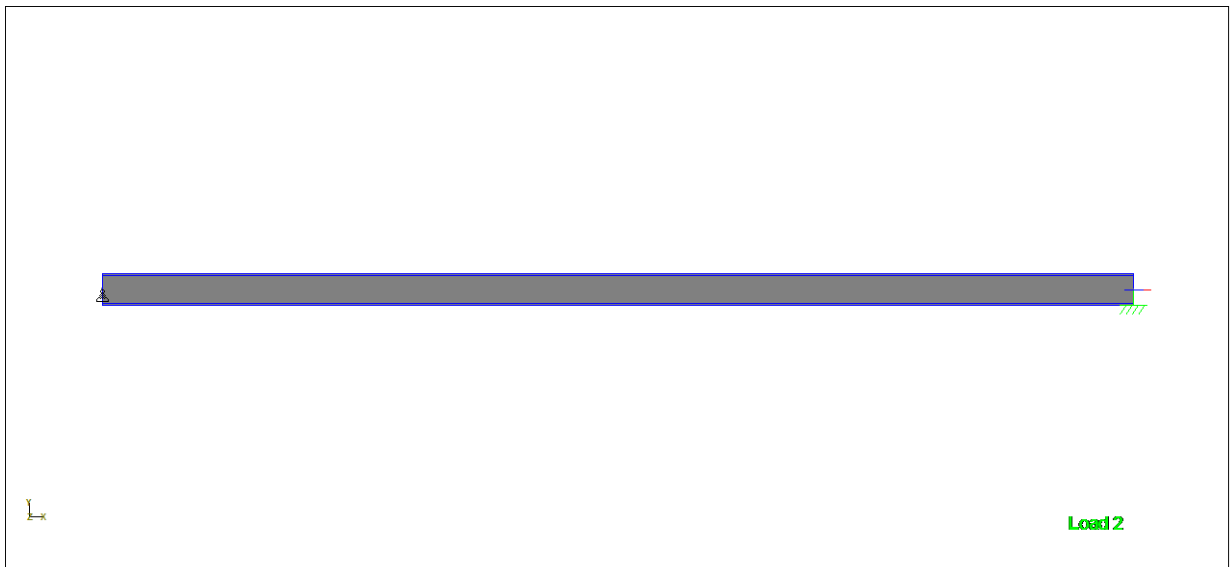
STAAD se može koristiti za analizu i dizajn svih vrsta strukturnih projekata od postrojenja, zgrada i mostova do tornjeva, tunela, metro stanica, postrojenja za pročišćavanje vode/otpadnih voda i više.



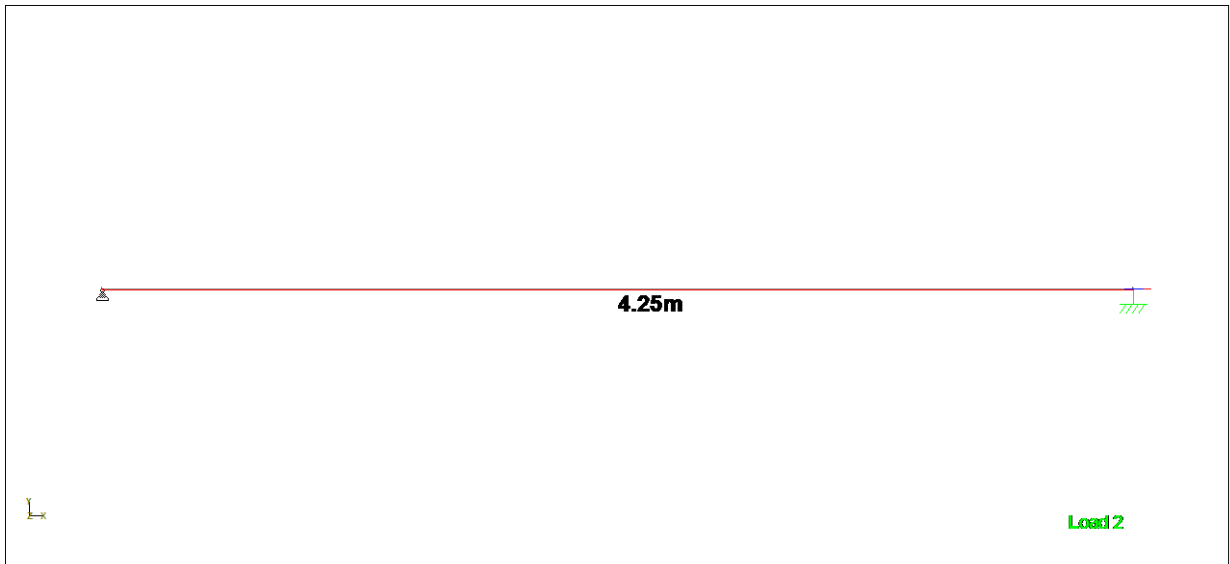
Slika 6.1 – Zadavanje parametara u programu



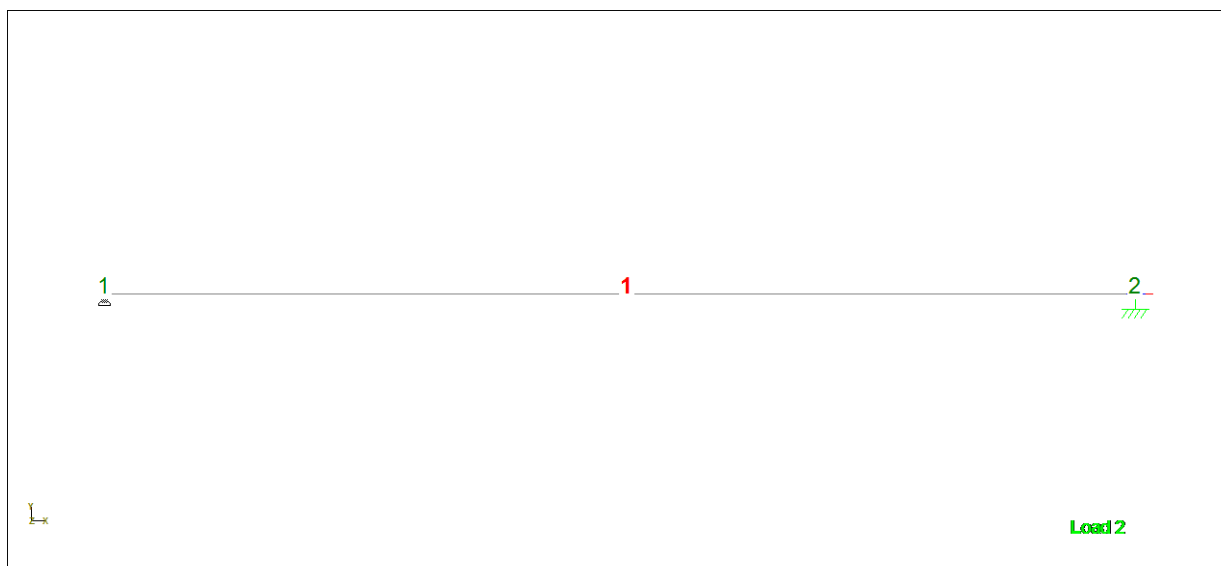
Slika 6.2 – Način dobivanja rješenja u programu



*Slika 6.3 – Statički sistem*



*Slika 6.4 – Raspon nosača*



Slika 6.5 – Oznaka čvorova i elemenata



Slika 6.6 – Oznaka profila – HEA140 S235JR

### Opterećenje unesena u program

SLS – Granično stanje uporabljivosti (Serviceability Limit States) – može se usporediti s dopuštenim naponom prema kojim je izrađen ručni proračun

USL – Granično stanje nosivosti (Ultimate Limit State) – skup HRN EN normi koje su ugrađene u novi Tehnički propis za građevinske konstrukcije

Number	Name
1	STALNO
2	SNIJEG

Tablica 6.8 – Osnovna opterećenja

Comb.	Combination L/C Name	Primary	Primary L/C Name	Factor
3	SLS 01	1	STALNO	1.00
		2	SNIJEG	1.00
4	ULS 01	1	STALNO	1.35
		2	SNIJEG	1.50

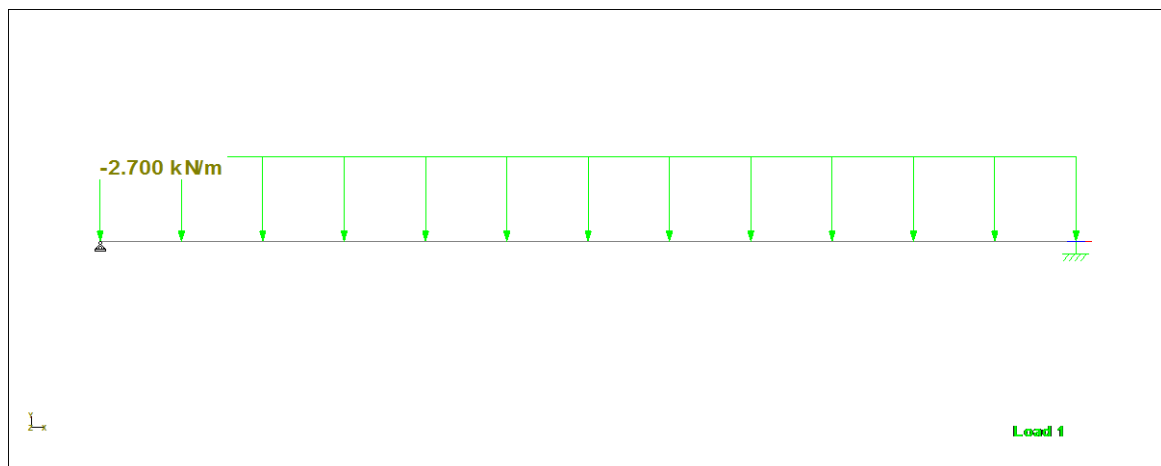
Tablica 6.9 – Kombinacija opterećenja

Beam	Type	Direction	Fa	Da (m)	Fb	Db	Ecc. (m)
1	UNI kN/m	GY	-2.700	-	-	-	-

Tablica 6.10 – Opterećenje na gredu stalno

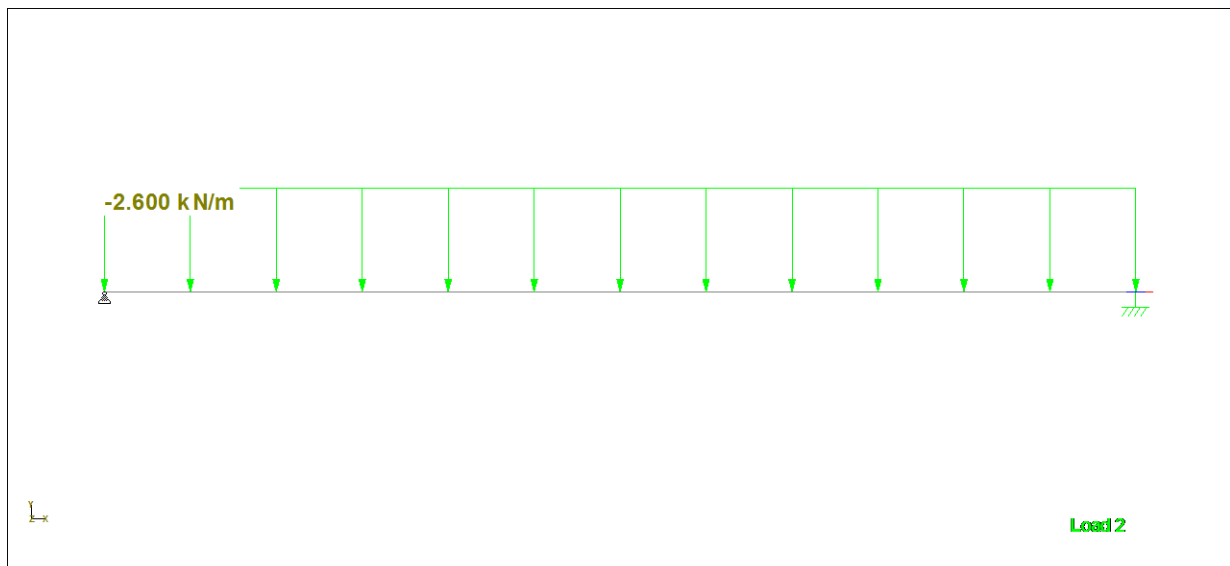
Beam	Type	Direction	Fa	Da (m)	Fb	Db	Ecc. (m)
1	UNI kN/m	GY	-2.600	-	-	-	-

Tablica 6.11 – Opterećenje na gredu snijeg



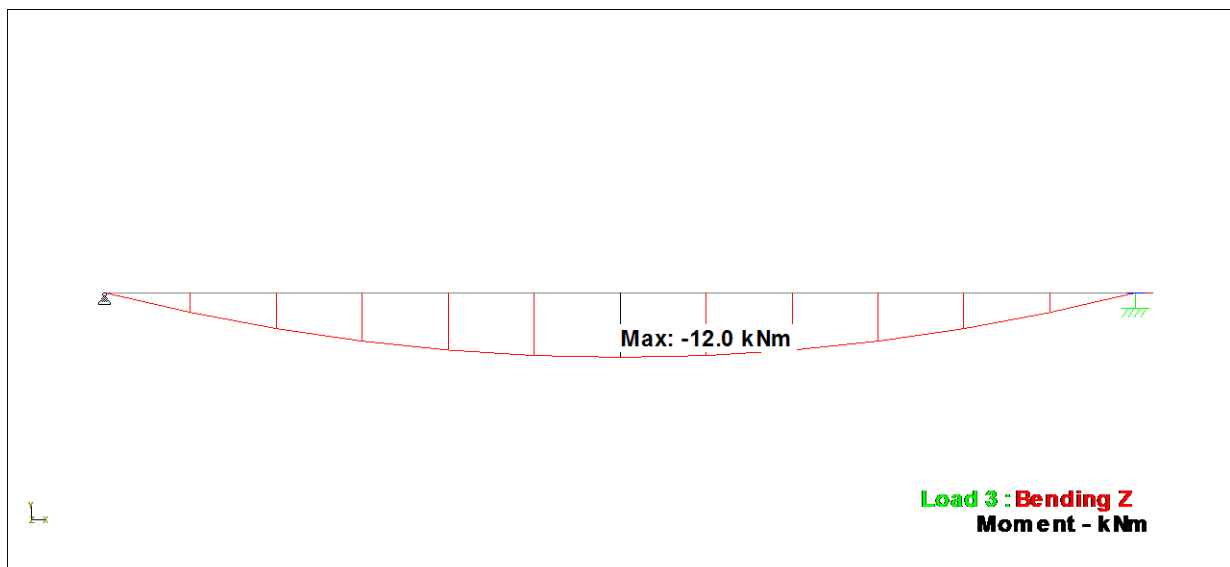
Slika 6.7 – Stalno opterećenje



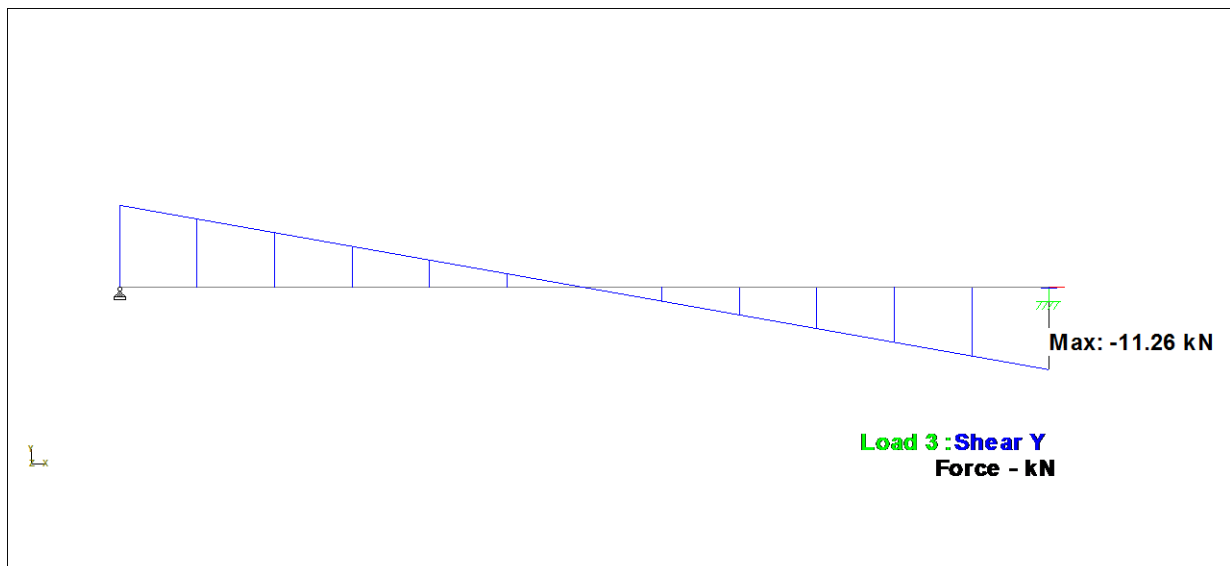


Slika 6.8 – Opterećenje snijega

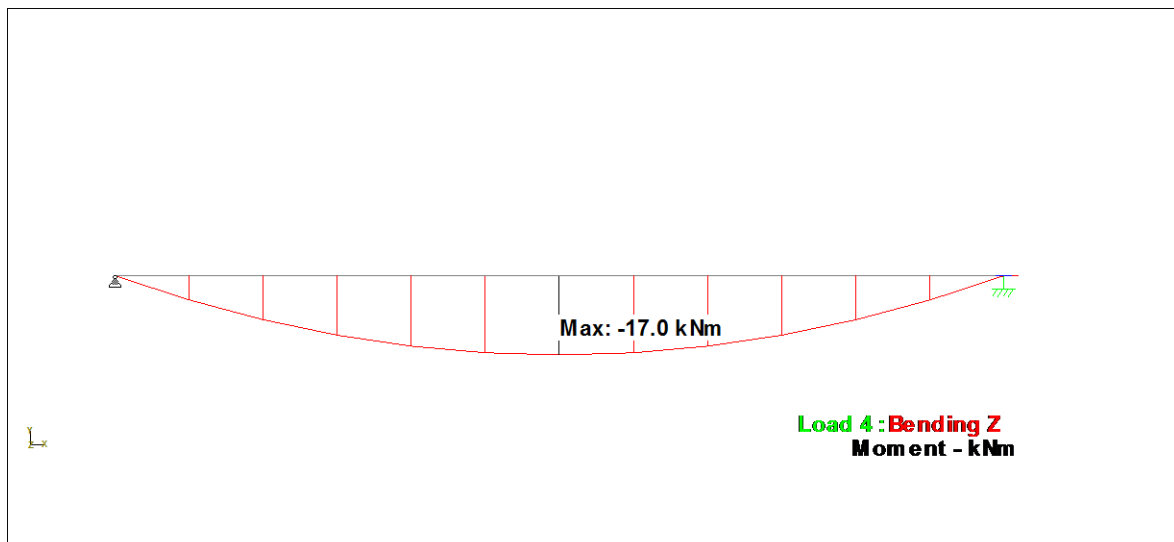
### Dijagrami



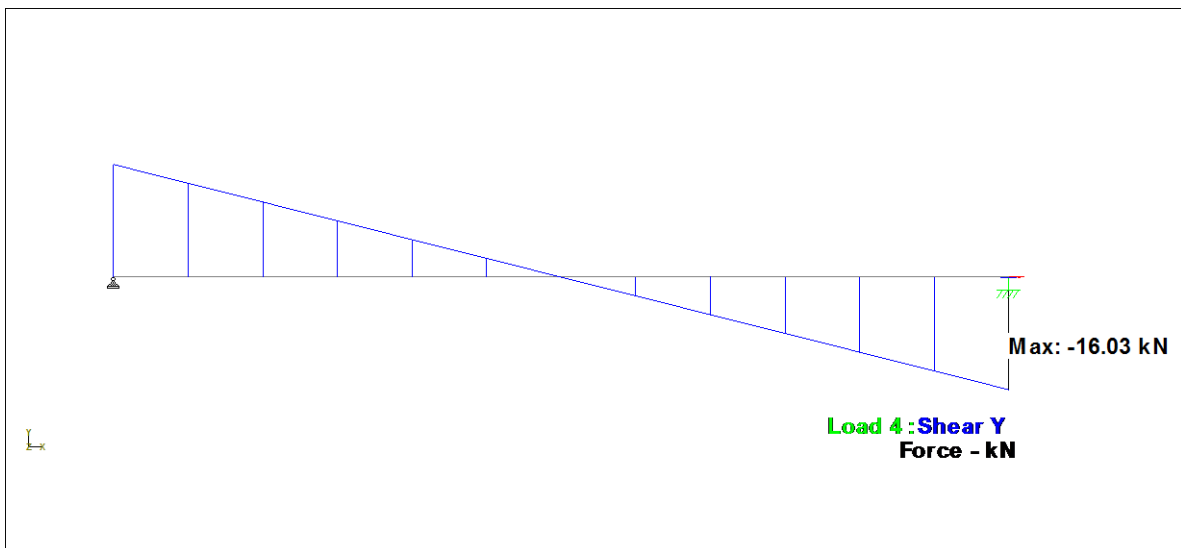
Slika 6.9 – Dijagram momenata savijanja za kombinaciju SLS 01  $M_{ma} = 12,0 \text{ kNm}$



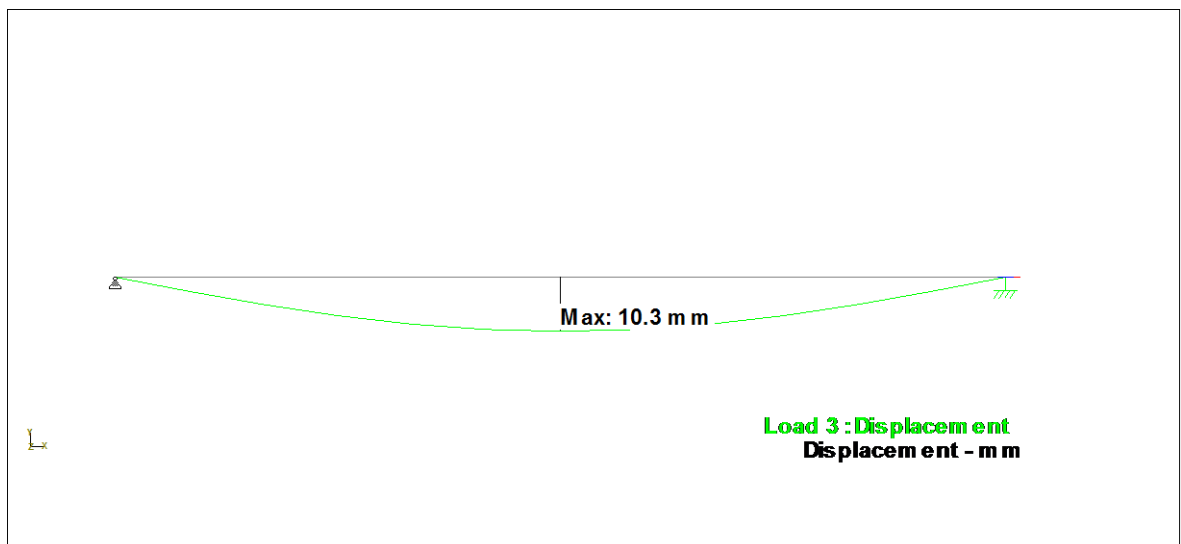
Slika 6.10 – Dijagram poprečnih sila za kombinaciju SLS 01  $T_{max} = 11,26 \text{ kN}$



Slika 6.11 – Dijagram momenata savijanja za kombinaciju ULS 01



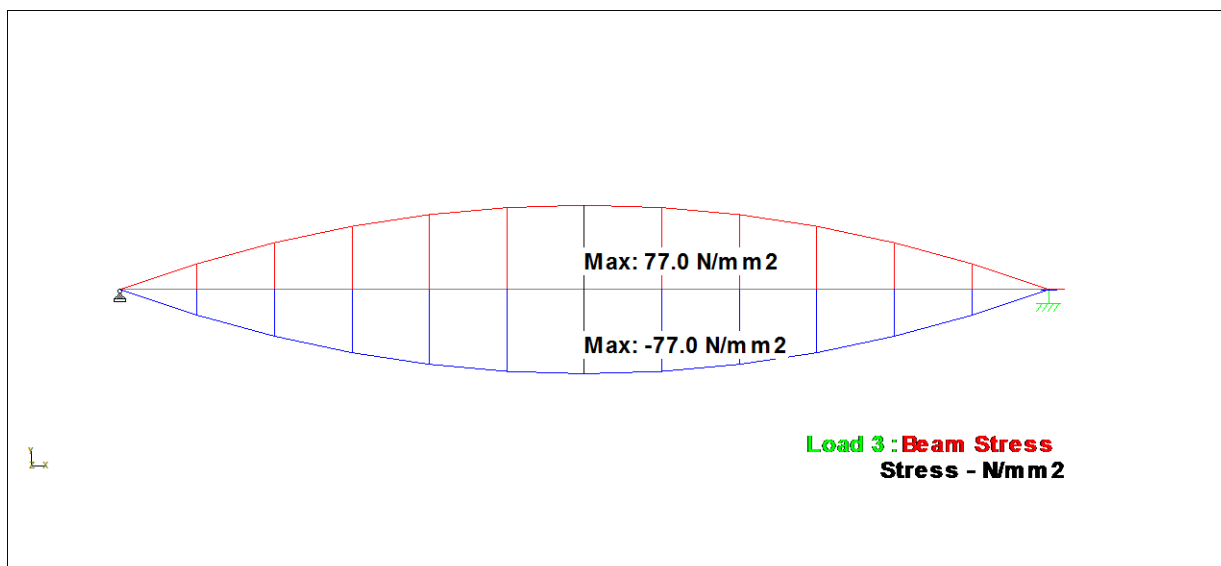
Slika 6.12 – Dijagram poprečnih sila za kombinaciju ULS 01



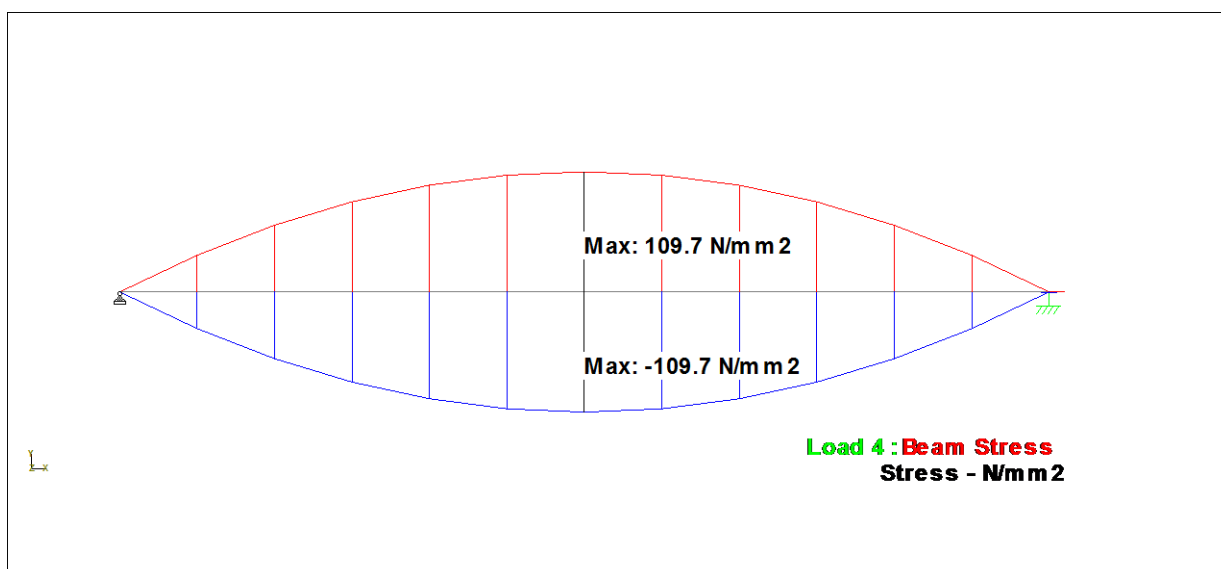
Slika 6.13 – Maksimalni vertikalni progib za kombinaciju SLS 01  $f_{max} = 10,3\text{mm} < L/300 = 14,2\text{ mm}$

### Dimenzioniranje

Dimenzioniranje nosača provedeno je prema starim propisima na nivou otpornosti poprečnog presjeka, nema problema bočne stabilnosti jer je nosač pridržan oko slabije osi krutom krovnom ravninom.



Slika 6.14 – Maksimalni naponi za kombinaciju SLS 01  $\sigma_{max} = 7,7 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{dop} = 16,0 \text{ kN/cm}^2$



Slika 6.15 – Maksimalni naponi za kombinaciju ULS 01



*Slika 6.16 – Postavljeni HEA profili*



## 7. Zaključak

Stambena zgrada izgrađena je krajem šezdesetih godina prošloga stoljeća. S obzirom na činjenicu da su prethodni vlasnici građevine preminuli, informacije o samoj izgradnji mogu se dobiti na temelju priča nasljednika i mještana i samim vizualnim pregledom građevine.

Temeljem dostupnih informacija (priča nasljednika i mještana) i vizualnim pregledom građevine utvrđeno je:

- Građevina je građena, odnosno rekonstruirana u više navrata pri čemu su se koristili materijali karakteristični u datum vremenskom razdoblju.
- Inicijalna izgradnja samog objekta vršena je opekom 25x12x6,5 te građevina nije povezana horizontalno i vertikalno.
- Zadnji zahvati/rekonstrukcija na građevini izvršena je unatrag desetak godina. Tom prilikom je izvedeno novo drveno krovište cijele građevine. U sklopu ove rekonstrukcije je korištena opeka 25x19x19, građevina je povezana s horizontalnim i vertikalnim serklažom te je izvedena nova armirano-betonska ploča.
- Nije utvrđeno tehničko stanje hitne intervencije, ali postojeći tlocrtni razmještaj ne zadovoljava želje novog investitora.

Izvršen je statički proračun te se dolazi do zaključka da izvedeno krovište s razmicanjem stupova ne zadovoljava propisane uvjete te je potrebno izvršiti višestruke zahvate na istom.

Jedna od opcija jest ojačavanje krovišta čeličnim HEA profilima. Pomoću programa STAAD pro provedena je analiza i proračun konstruktivnih elemenata HEA profila. Odabrani profil kojim bi se izvršilo ojačavanje krovišta jest HEA 140, koji prema proračunu zadovoljava nosivost.

Ojačanjem drvene krovne konstrukcije se dobiva zadovoljavanje ranije spomenutih uvjeta koji nisu bili ispunjeni. Ujedno se dobiva na funkcionalnosti potkrovlja, raspored prostorija po želji investitora, s ciljem maksimalnog oslobodjenja prostora.

HEA profil se čini kao skupo rješenje zbog visokih cijena na tržištu, samih komplikacija oko transporta i ugradnje na konstrukciju. No, na kraju ispada da je bilo jedino moguće rješenje koje udovoljava zahtjevima investitora i zadovoljava statički proračun. Cilj da se očuva postojeće krovište, a prostor prilagodi modernim uvjetima života će biti ispunjen.

Sama građevina je građena/rekonstruirana u više faza, u više navrata. U svakoj od tih faza su se koristili karakteristični materijali za dati period vremena. Kao rezultat takvih zahvata imamo situaciju da je građevina izgrađena različitim opekama i mortovima različitih tehničkih

karakteristikama. Iz tog razloga se preporučuje da se unutarnji dio građevine ožbuka sanacijskim žbukama.

Uzevši u obzir prethodno navedene preporuke u vidu ojačavanja krovišta HEA 140 profilima i žbukanjem unutrašnjosti građevine sanacijskim žbukama, kao rezultat dobivamo građevinu koja zadovoljava potrebe moderne obitelji, osigurava strukturalni integritet, sigurnost i prilagodljivost stare strukture dajući prioritet održivosti i otpornosti sve kako bi se poboljšala pogodnost za život i estetska privlačnost.

## 8. Literatura

- [1] Geoportal: <https://geoportal.dgu.hr/#/> (05.02.2022.)
- [2] Šavor Novak, M., Uroš, M.; Atalić, J., Herak, M., Demšić, M., Baniček, M., Lazarević, D., Bijalić, N., Crnogorec, M., Todorčić, M.: Potres u Zagrebu 22. ožujak 2020. – preliminarni izvještaj o seizmološkim istraživanjima i oštećenjima zgrada, GRAĐEVINAR 72 (2020) 10,843-876.
- [3] Velimir C. : Glavni projekt konstrukcije
- [4] Odjel za graditeljstvo, Kolegij: TEHNIČKA DIJAGNOZA; GRANIČNA STANJA, UPORABLJIVOST
- [5] Španić, M., Hadzima-Nyarko, M., Morić, D.: Ojačanje povijesnih građevina kompozitnim polimerima, E-gfos, Broj 5, godina 2012, Stranice 74-85
- [6] Tomažević, M., Protupotresna obnova postojećih zidanih građevina; Građevinar, 52 (2000) 11, 683-693
- [7] Galić, J., Vukić, H., Andrić, D., Stepinac, L., Tehnike popravka i pojačanja zidanih zgrada; Arhitektonski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2020
- [8] Tehnički propisi za građevinske konstrukcije NN 17/2017

## Popis slika

Slika 2.1 – Situacija plana područja .....	2
Slika 2.3 – Stambena zgrada.....	3
Slika 2.2 - Makrolokacija .....	3
Slika 2.4 – Kolni prilaz.....	5
Slika 3.1 – Vanjski izgled građevine .....	9
Slika 3.2 – Ulaz u podrum.....	10
Slika 3.3 – Tragovi vlage.....	11
Slika 3.4 – Oronuli zidovi podruma .....	11
Slika 3.5 – Ulaz u kuću.....	12
Slika 3.6 – Oštećenja od vlage.....	13
Slika 3.7 – Zatečeno stanje zidova .....	14
Slika 3.8 – Soba sa ulične strane .....	14
Slika 3.9 – Pukotina na stropu .....	15
Slika 3.10 – Pukotine na zidovima .....	15
Slika 3.11 – Pukotina između zida i temeljne ploče.....	16
Slika 3.12 – Tlocrt prizemlja .....	17
Slika 3.13 – Krovna konstrukcija .....	18
Slika 4.1 – Priprema za dogradnju ulaznog dijela građevina .....	19
Slika 4.2 – Podbetoniranje temelja .....	21
Slika 4.3 – Podbetonirani temelj.....	22
Slika 4.4 – Izrada trakastog temelja.....	24
Slika 4.5 – Izrada temelja ispod postojećeg zida.....	25
Slika 4.6 – Priprema temelja za povezivanje s dograđenim dijelom.....	26
Slika 4.7 – Podupiranje postojeće konstrukcije.....	27
Slika 4.8 – Rušenje nosivog zida.....	27
Slika 4.9 – Izrada novog nosivog zida.....	28
Slika 4.10 – Greda novog nosivog zida.....	29
Slika 4.11 – Otvor stubišta .....	29
Slika 4.12 – Izrada novog stubišta.....	30
Slika 4.13 – Ispuna „slijepog podruma“ .....	31
Slika 4.14 – Ispuna „slijepog podruma“ – drugi dio .....	32
Slika 4.15 – Zemljani pod u pomoćnim prostorijama .....	33
Slika 4.16 – Ručno nanošenje hidroizolacije.....	35

Slika 4.17 – Priprema za izrada temeljne ploče.....	36
Slika 4.18 – Proširivanje otvora .....	37
Slika 4.19 – Betoniranje vertikalnih i horizontalnih serklaža .....	38
Slika 4.20 – Rušenje stropa .....	39
Slika 5.1 – Karta snježnih područja.....	42
Slika 5.2 – Karta brzine vjetra.....	46
Slika 5.3 –Graf faktora izloženosti .....	47
Slika 5.4 – Legenda za vertikalne zidove .....	48
Slika 5.5 – Referentna visina.....	48
Slika 5.6 – Legenda za dvostrešne krovove .....	49
Slika 5.7 – Graf vrijednosti koeficijenta $C_{pe}$ .....	51
Slika 5.8 – Graf koeficijenta unutarnjeg pritiska vjetra.....	53
Slika 6.1 – Zadavanje parametara u programu .....	73
Slika 6.2 – Način dobivanja rješenja u programu.....	73
Slika 6.3 – Statički sistem.....	74
Slika 6.4 – Raspon nosača .....	74
Slika 6.5 – Oznaka čvorova i elemenata.....	75
Slika 6.6 – Oznaka profila – HEA140 S235JR .....	75
Slika 6.7 – Stalno opterećenje .....	76
Slika 6.8 – Opterećenje snijega .....	77
Slika 6.9 – Dijagram momenata savijanja za kombinaciju SLS 01 $M_{ma} = 12,0$ kNm.....	77
Slika 6.10 – Dijagram poprečnih sila za kombinaciju SLS 01 $T_{max} = 11,26$ kN.....	78
Slika 6.11 – Dijagram momenata savijanja za kombinaciju ULS 01 .....	78
Slika 6.12 – Dijagram poprečnih sila za kombinaciju ULS 01 .....	79
Slika 6.13 – Maksimalni vertikalni progib za kombinaciju SLS 01 $f_{max} = 10,3$ mm < $L/300 = 14,2$ mm.....	79
Slika 6.14 – Maksimalni naponi za kombinaciju SLS 01 $\sigma_{max} = 7,7$ kN/cm <sup>2</sup> < $\sigma_{dop} = 16,0$ kN/cm <sup>2</sup> .....	80
Slika 6.15 – Maksimalni naponi za kombinaciju ULS 01 .....	80
Slika 6.16 – Postavljeni HEA profili .....	81



## Popis tablica

Tablica 5.1 – Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske .....	43
Tablica 5.2 – Koeficijent izloženosti $c_e$ .....	43
Tablica 5.3 – Koeficijent oblika opterećenja krova $\mu_i$ .....	43
Tablica 5.4 – Podaci za računanje opterećenja snijegom .....	44
Tablica 5.5 – Varijante koeficijenta oblika opterećenja dvostrenih krovova .....	44
Tablica 5.6 – Podaci za proračun vjetra .....	46
Tablica 5.7 – Kategorije terena.....	47
Tablica 5.8 – Vrijednosti koeficijenta $C_{pe}$ .....	49
Tablica 5.9 – Očitane vrijednosti koeficijenta $C_{pe}$ za proračunate vrijednosti .....	49
Tablica 5.10 – Vrijednosti koeficijenta $C_{pe}$ za smjer vjetra $0=0$ .....	50
Tablica 5.11 – Vrijednosti koeficijenta $C_{pe}$ .....	50
Tablica 5.12 – Vrijednosti koeficijenta $C_{pe}$ za smjer vjetra $90^0$ .....	51
Tablica 5.13 – Vrijednosti koeficijenta za $C_{pe}$ za smjer vjetra $90^0$ .....	52
Tablica 5.14 – Rezultati vanjskog tlaka.....	52
Tablica 5.15 – Rezultati vanjskog tlaka za smjer vjetra 0 .....	52
Tablica 5.16 – Rezultati tlaka za smjer vjetra 90 .....	53
Tablica 5.17 – Rezultati unutarnjeg tlaka .....	53
Tablica 5.18 – Uporabna opterećenja s obzirom na namjenu zgrade .....	54
Tablica 5.19 – Vrijednosti uporabnog opterećenja.....	54
Tablica 6.1 - Karakteristične vrijednosti čvrstoće u $N/mm^2$ , krutost $kN/mm^2$ i karakteristične gustoće u $kg/m^3$ za puno drvo ( meko drvo i topla) prema HRN EN 1194 .....	57
Tablica 6.2 -Vrijednosti koeficijenata sigurnosti .....	61
Tablica 6.6 – Vrijednosti koeficijenata sigurnosti.....	68
Tablica 6.7 - Koeficijenti.....	68
Tablica 6.8 – Krajnje granično stanje .....	69
Tablica 6.9 – Mehanička svojstva konstruktivnih čelika .....	71
Tablica 6.10 – HEA profili dimenzije .....	72
Tablica 6.11 – Osnovna opterećenja.....	75
Tablica 6.12 – Kombinacija opterećenja .....	76
Tablica 6.13 – Opterećenje na gredu stalno .....	76
Tablica 6.14 – Opterećenje na gredu snijeg .....	76

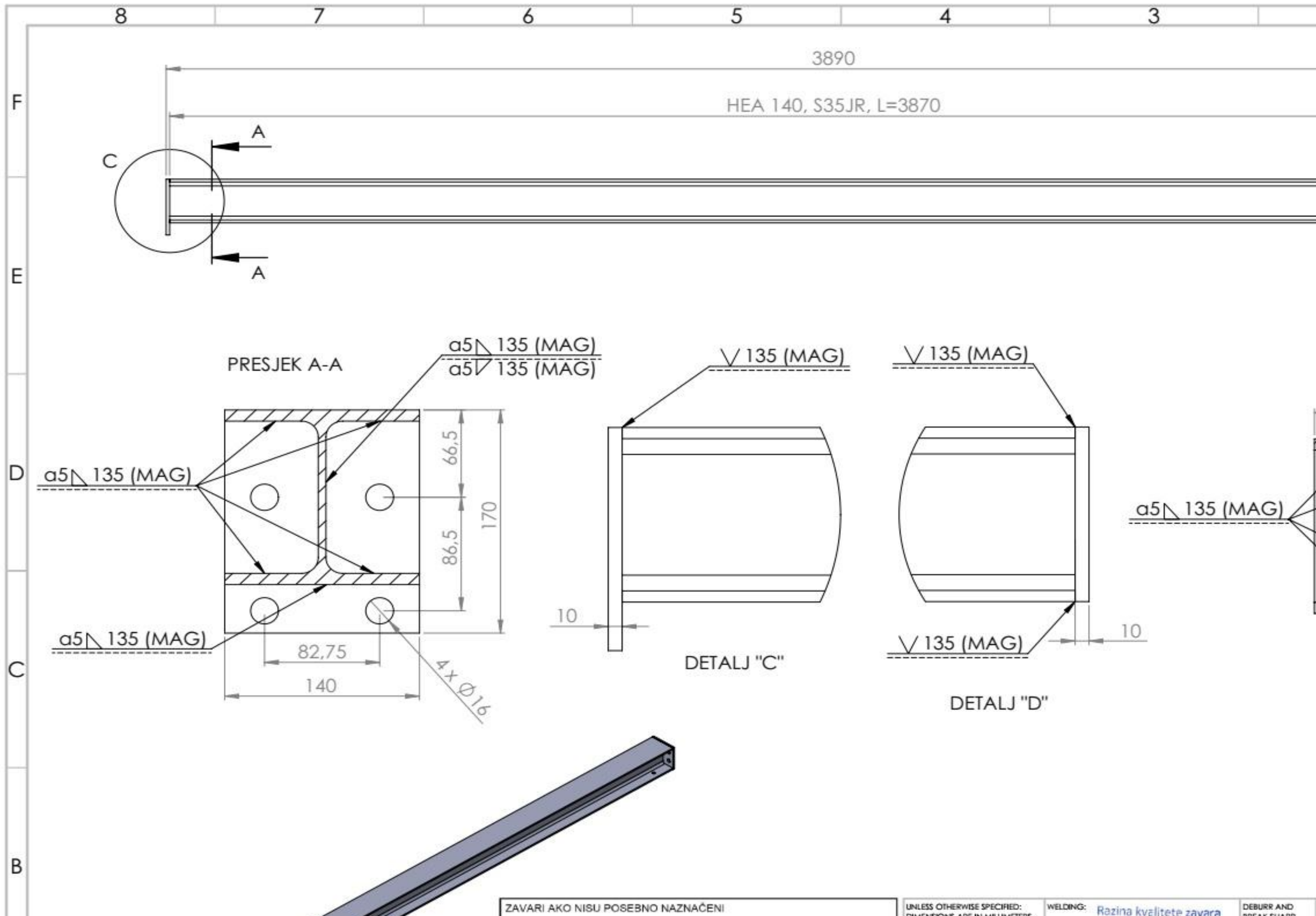
## **Prilozi**

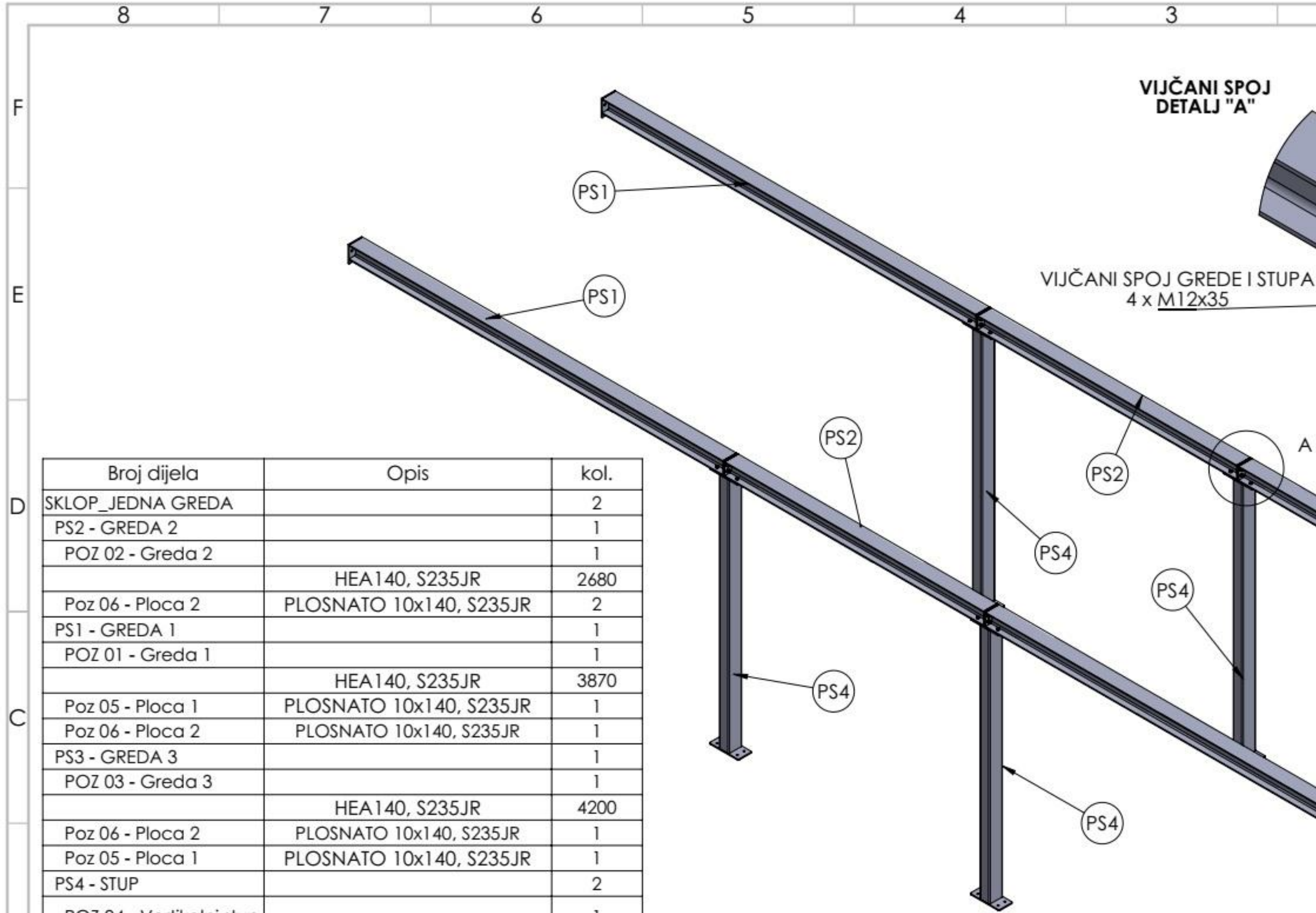
PRILOG 1 – Radionički nacrt- podsklop

PRILOG 2 – Radionički nacrt – sklop kompletan

PRILOG 3 – Tlocrt prizemlja

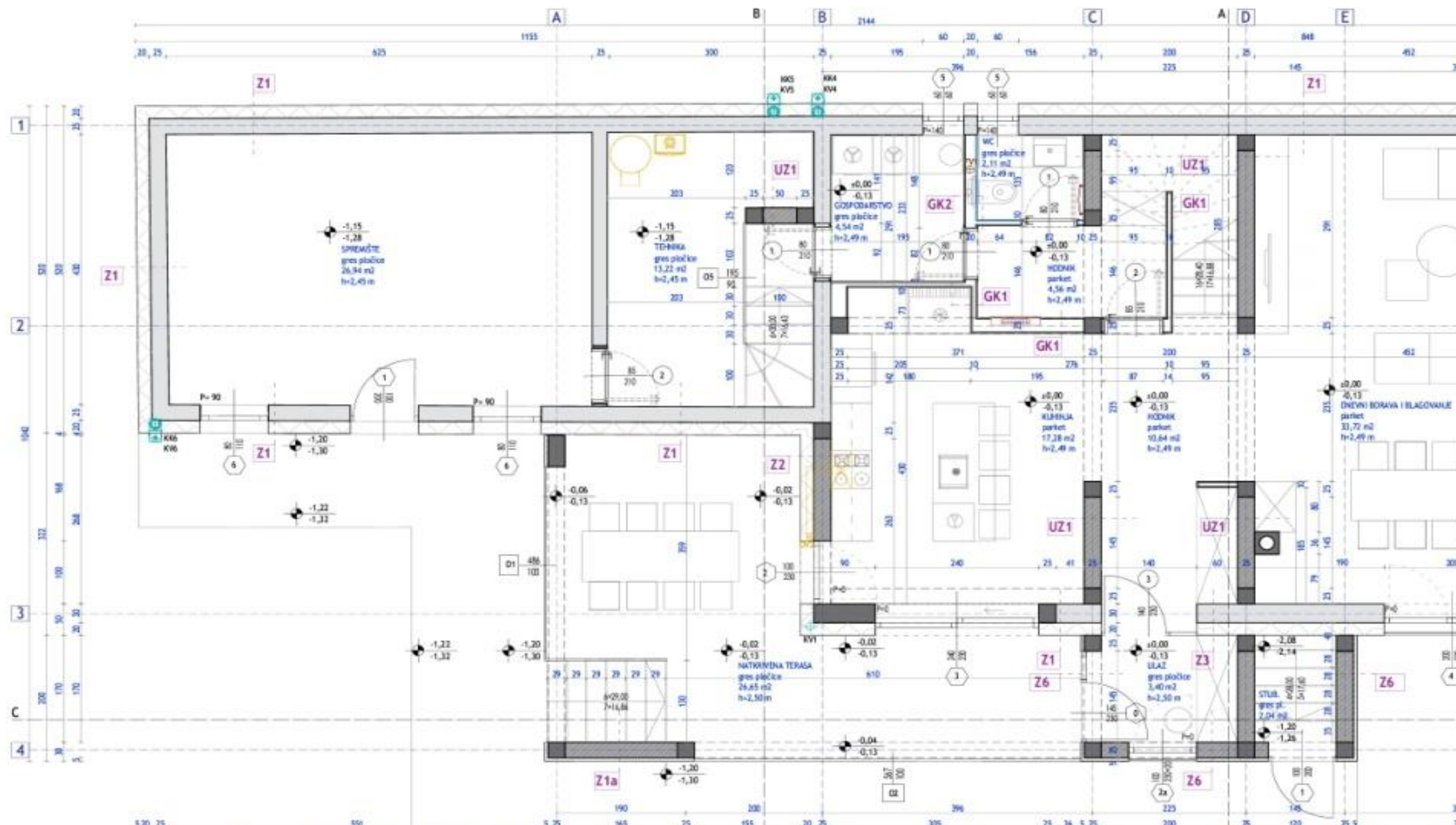
PRILOG 4 – Tlocrt potkrovlja



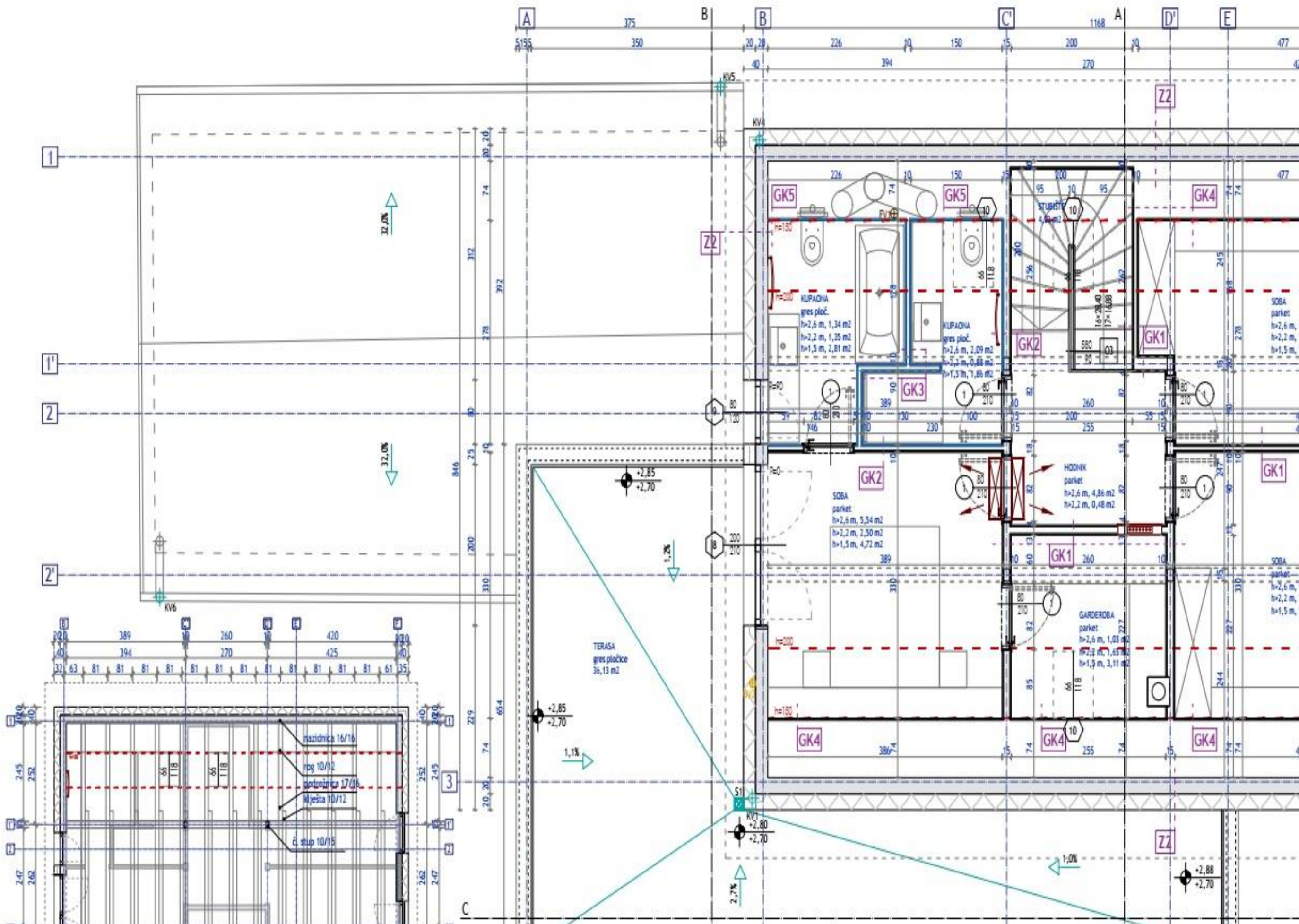


Broj dijela	Opis	kol.
SKLOP_JEDNA GREDA		2
PS2 - GREDA 2		1
POZ 02 - Greda 2		1
	HEA140, S235JR	2680
Poz 06 - Ploca 2	PLOSNATO 10x140, S235JR	2
PS1 - GREDA 1		1
POZ 01 - Greda 1		1
	HEA140, S235JR	3870
Poz 05 - Ploca 1	PLOSNATO 10x140, S235JR	1
Poz 06 - Ploca 2	PLOSNATO 10x140, S235JR	1
PS3 - GREDA 3		1
POZ 03 - Greda 3		1
	HEA140, S235JR	4200
Poz 06 - Ploca 2	PLOSNATO 10x140, S235JR	1
Poz 05 - Ploca 1	PLOSNATO 10x140, S235JR	1
PS4 - STUP		2
POZ 04 - Modifikacija		1









# Sveučilište Sjever

## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARTINA MESAREK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom REKONSTRUKCIJA OBITELJSKE KUĆE U ZAMLAZI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Mesarek  
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.