

Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće

Puljiz, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:401619>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

DIPLOMSKI RAD

Matija Puljiz

Split, rujan 2020.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Matija Puljiz

**Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza
kamene kuće**

Diplomski rad

Split, 2020.

Zahvala:

„Korijeni učenja su gorki, ali plodovi su slatki.“ - Aristotel

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svojem mentoru, prof. dr. sc. Borisu Trogrliću, na stručnom savjetovanju i podršci te prije svega pristupačnosti, strpljenju i izdvojenom vremenu tijekom pisanja ovog diplomskog rada. U radu mi je omogućio samostalnost i kreativnu slobodu. Njegovi konkretni stručni savjeti i sposobnost da identificira problem, uvijek su mi bili velika pomoć u radu. Profesore, hvala Vam na svemu!

Zahvaljujem se i svim profesorima, asistentima, kolegama te djelatnicima Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, na suradnji i na prenesenim znanjima.

Također, želim se zahvaliti svim svojim prijateljicama i prijateljima, najboljoj prijateljici Andrei, dečku Pavi te sestri Miji i bratu Ivanu, koji su uvijek bili uz mene i koji su učinili sve ove godine studiranja nezaboravnima ali i na najljepši način oblikovali moj život proteklih godina. Zahvaljujem vam na svim druženjima, zajedničkim učenjima i lijepim trenucima tijekom studiranja. To su zasigurno oni trenutci života, koji ostaju u najboljem sjećanju.

Hvala cijeloj obitelji na razumijevanju, pomoći i moralnoj podršci.

Naposljetku, najveću zahvalnost ipak dugujem svojim roditeljima, mami Jadranki i tati Nikici, koji su najbolje iskusili sve muke mog studiranja. Hvala vam što ste me uvijek podržavali i vjerovali u mene. Hvala vam na ohrabrenjima koja ste mi pružali kad god bih posustala. Hvala što se radujete svakom mom uspjehu. Bez vas ne bi bilo ovog diplomskog rad, zato ga posvećujem vama.

Veliko HVALA svima!

Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće

Sažetak:

U radu je prikazan proračun nosive konstrukcije kamene kuće te toplinska analiza. Građevina se sastoji od prizemlja, dvije etaže i kosog krova. Nosiva konstrukcija građevine izvedena je od kamenog zida u tradicionalnom troslojnom vezu, međukatne konstrukcije su drvene. Projekt sadrži: tehnički opis, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata, karakteristične građevinske nacрте i proračun provođenja topline s naglaskom na važnost energetske obnove.

Ključne riječi:

Kamena kuća, proračun konstrukcije, metoda naguravanja, toplinska zaštita

Design of structure and heat transfer analysis of an apartment building

Abstract:

The design of stone house and heat transfer analysis is presented in this work. The building consist of two stories, ground floor and sloping roof. The load-bearing structure of the building is made of stone masonry in a traditional three-layer connection and the mezzanine structures are wooden. The project contains: technical description, calculation of load-bearing structural elements, characteristic construction plans, and calculation of heat conduction with emphasis on the importance of energy renovation.

Keywords:

Stone house, construction analysis, push over, thermal protection

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT: Matija Puljiz
BROJ INDEKSA: 771
KATEDRA: **Katedra za teoriju konstrukcija**
PREDMET: Zidane konstrukcije

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće

Opis zadatka: Na temelju postojećeg tlocrtnog stanja, potrebno je izraditi novorojektirano stanje i proračun zidane zgrade metodom naguravanja. Na temelju dobivenih rezultata proračunavaju se određeni nosivi elementi zgrade te krovna i međukatna konstrukcija. Također je potrebno izračunati gubitke topline tijekom cijele godine, kao i potrošnju električne energije za održavanje projektne temperature u objektu tijekom cijele godine. Svi podaci o prosječnoj godišnjoj temperaturi se iščitavaju relevantnih baza podataka.

Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- proračun
- građevne nacрте

U Splitu, rujan 2020.

Voditelj Diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Boris Trogrlić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:
Doc. dr. sc. Ivo Andrić

SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS	2
1.1 Postojeće stanje.....	2
1.2 Sanacija.....	5
1.3 Novo projektirano stanje.....	12
2. PRORAČUNSKI MODEL GRAĐEVINE	15
2.1 Prostorni proračunski model (proračun zidova)	15
2.2 Ravninski proračunski model (proračun krova i međukatne konstrukcije)	16
3. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA	17
3.1 Podaci o osnovnim djelovanjima.....	17
3.2 Stalno djelovanje (G).....	17
3.3 Promjenjivo uporabno - djelovanje (Q)	19
3.4 Izvanredno djelovanje.....	29
4. KOMBINACIJE DJELOVANJA.....	33
4.1 Međukatna konstrukcija.....	33
4.2 Krovna konstrukcija.....	33
4.3 Nosivi zidovi.....	34
5. PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE	35
5.1 Prikaz modela i rezultati proračuna.....	35
5.2 Dimenzioniranje.....	39
6. PRORAČUN KROVNE KONSTRUKCIJE.....	42
6.1 Prikaz modela i rezultati proračuna.....	42
6.2 Dimenzioniranje.....	46
7. PRORAČUN ZIDOVA.....	50
7.1 Opis postupka metode naguravanja	50
7.2 Proračun po metodi naguravanja.....	59
8. PRORAČUN TEMELJA.....	75
9. UŠTEDA ENERGIJE I TOPLINSKA ZAŠTITA	78
9.1 Energetska obnova.....	78
9.2 Pregled važeće regulative.....	86
9.3 Proračun energetske bilance građevine	92
9.3.1 Ulazni podaci.....	92
9.3.2 Rezultati proračuna i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.....	95
10. ZAKLJUČAK.....	106
11. LITERATURA	107
12. GRAFIČKI PRILOZI	109

1. TEHNIČKI OPIS

1.1 Postojeće stanje



Slika br.1 Satelitski snimak čestice

Stara kamena kuća nalazi se na području Imotskog, u općini Runovići na nadmorskoj visini od oko 250 metara. Runoviće obilježava sredozemna klima. Zime su kišne i blage, a ljeta vruća. Oborinski je ovaj kraj zbog orografije i reljefa jedan od najvlažnijih dijelova Dalmacije. Danas su Runovići urbanizirano naselje u lijepom prirodnom ambijentu, leđima naslonjeno na Mračaj i njegove obronke, a licem okrenuto Imotskom polju.

Građevina se sastoji od dvokatnice i prizemnice, ukupnih tlocrtnih dimenzija 9,90 x 5,90 m, prosječne visine kata 2,40 m. Građena je u kamenu, zidovi su zidani s dva lica, uz napomenu da je na vanjskom dijelu uvijek kvalitetniji slog. Za uglove u se rabili veći i bolje obrađeni komadi kamena. Prizemnica smještena uz katnicu je služila kao „kužina“, prostorija s vatrom, tj. ognjištem (komin u suhom). Katnica je također jednodnostorna, u prizemlju je bila smještena stočarska štala, a na katu je bio boravišni prostor i prostor za spavanje. Prizemlje i kat su vertikalno povezani vanjskim skalama

koje su uništene u potresu, dok je veza kata i visokog potkrovlja ostvarena s unutarnjim drvenim skalama. Sa strane pročelja vidljive su kamene strukture sa manje urednim slogom (vezom) nepravilnih korševa i ispunom sljubnica u vapnenom mortu.



Slika br.2 Južno pročelje (gore) i zapadno pročelje (dolje)

Na zidove s unutarnje strane navučen je sloj vapnene žbuke te su obijeljeni vapnom u svrhu zaštite od propuha, vlage i kukaca. Debljina zidova je kao i kod drugih tradicionalno građenih seoskih kamenih kuća na našem području cca 60 cm.



Slika br.3 Unutarnji zidovi i međukatna konstrukcija

Međukatne konstrukcije su drveni grednici i daščana oplata. Grednici su raspona oko 5,3 m raspoređeni na nepravilnom razmaku.

Krovna konstrukcija na prizemnom objektu prvobitno je bio jednostavni jednostrešni krov, koji je u potpunosti urušen, te je taj dio kuće izložen svim vanjskim utjecajima. Krovna konstrukcija na katnici je dvostrešni krov pojačan s pajantom. Dvostrešni krov ima nazidnice u istoj visini, a rogovi se sudaraju u sljemenoj gredi i povezani su pajantom. Razmak između rogova je cca 60cm. Preko rogova se pribijaju letvice-štapovi od joprine, u razmacima 15-25 cm. U krovištu nije izvedena završna obloga pa je vidljiva gornja daščana oplata. Svi spojevi učvršćuju se vučenim ili kovanim čavlima 7-15 cm duljine. Nosivi elementi su u trošnom stanju te ih je potrebno zamijeniti novim.



Slika br.4 Krovna konstrukcija [15]

Nosiva konstrukcija temelji se u temeljnim jamama kamenim lomljenjakom u vapnenom mortu širine nešto veće od širine zidova. Nalaze se ispod svih nosivih zidova prizemlja. Temelji su širine oko 0,8 m i visine 0,8 m, duljina im varira.

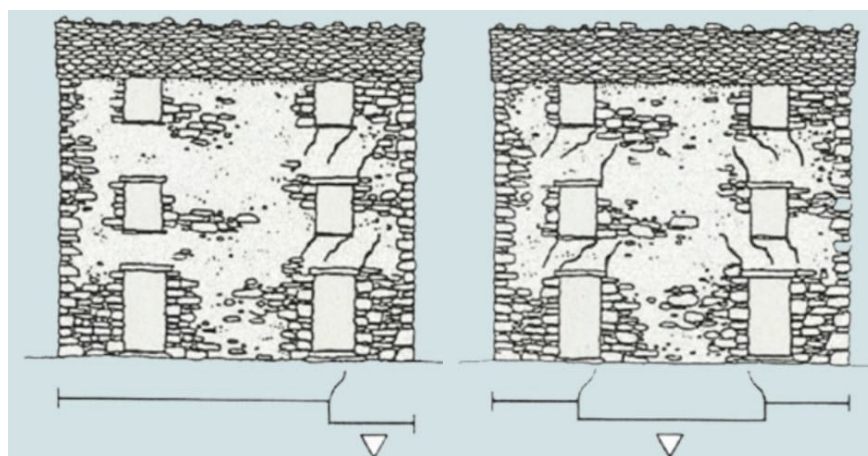
Unutrašnja i vanjska stolarija je stara drvena, dotrajala i gotovo u potpunosti propala. Dimenzije otvora prozora su 60/85cm, a vrata otprilike 95/175 cm.



Slika br.5 Prozori i vrata

1.2 Sanacija

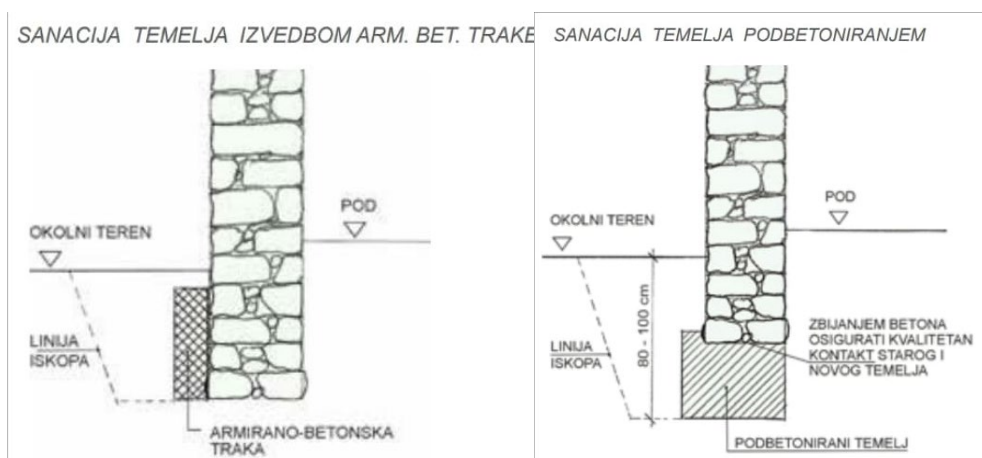
Rijetkost su slučajevi popuštanja temelja starih kamenih kuća. Razlog tomu je čvrsto stjenovito tlo. Problemi postoje kada su temelji kuće na nejdolikom tlu. Koji dio temelja popušta može se zaključiti po položaju kosih pukotina uz prozore i vrata.



Slika br.6 Kose pukotine uz otvore [1]

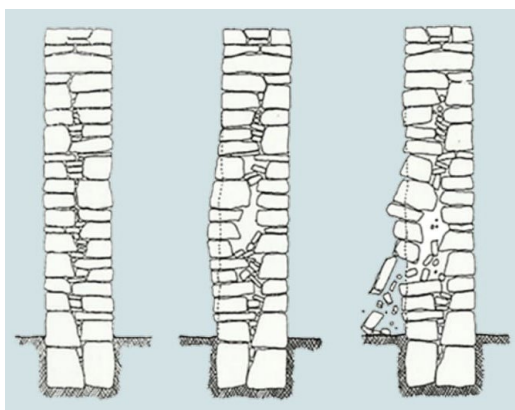
Potrebno je utvrditi stvarno stanje temeljenja, kakve je građe temelj, koja mu je dubina i u kakvom je tlu. Uz sam temelj na jednom, ili ako je potrebno, na više mjesta iskopa se sondažna jama do dna temelja. Ako je temelj plitak ili ako mu je građa trošna najčešće je dovoljno po vanjskom obodu izvesti tanji AB plašt koji će obuhvatiti postojeći temelj. Pri tome nije potrebno

otkopati temelj u punoj dužini, već to raditi u kampadama u duljini od 3 do 5 metara. Također je moguće podbetoniranje temelja u kampadama duljine oko 1 do 1,5 m. odstrani se tlo ispod temelja do potrebne dubine i ispod temelja se izlije beton.



Slika br.7 Sanacija temelja [1]

Trošne, oslabljene ili nedostavno kvalitetne zidove ojačavamo ovisno o karakteru oštećenja. Kose ili vertikalne pukotine javljaju se kao posljedica popuštanja temelja, djelovanjem potresa, opterećenja... Trbušaste izbočine nastaju uslijed popuštanja vezivnog sredstva, dok nagnuće zidova može nastati ili popuštanjem tla ili popuštanjem krovne konstrukcije, što izaziva horizontalne potiske.



Slika br.8 Najčešća oštećenja zidova [1]

Osnovni sanacijski zahvat ojačanja zidova jest odgovarajuća obrada sljubnica. Kada nedostaje vezivnog sredstva u sljubnicama ili je ono izrazito trošno, obnova sljubnica je mnogo učinkovitiji sanacijski zahvat, i u smislu osiguranja trajnosti, i u statičkom smislu, nego li se to na prvi pogled čini. Sljubnice je potrebno očistiti u dubini od 2 do 3 cm i u njih ugraditi novo vezivo, vapneni mort. Za fugiranje kamenih zidova preporučuje se uporaba „mekane“ vapnene žbuke koja

je slabija od kamena. Na taj način će vlaga iz zida kroz fuge isparavati prema van, soli se taložiti na fugama i one će brže propadati od osnovnog materijala(kamena), što je povoljno jer se fuge mogu obnavljati. Preporučuje se jednostavno fugiranje, 1 do 2 mm upušteno od lica zida. Ako je lice zida lošije kvalitete, žbuka može i prekriti dio kamena.

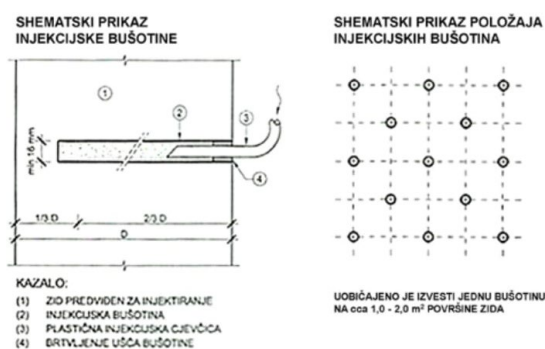


Slika br.9 Ispravni načini fugiranja (mort malo uvučen u odnosu na površinu kamena) [1]

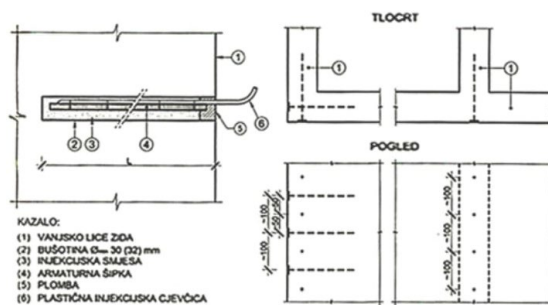


Slika br.10 Neispravni načini fugiranja [1]

Slijedeći zahvat je injektiranje čime se mogu sanirati pukotine ali i cjelovita struktura građe zida. Injektiranje se najčešće izvodi preko niza injekcijskih bušotina raspoređenih po šah-shemi. Broj bušotina se računa na načina da jedna bušotina na 1-2m² zida. Smjese za injektiranje ne bi smjele biti na bazi cementa.



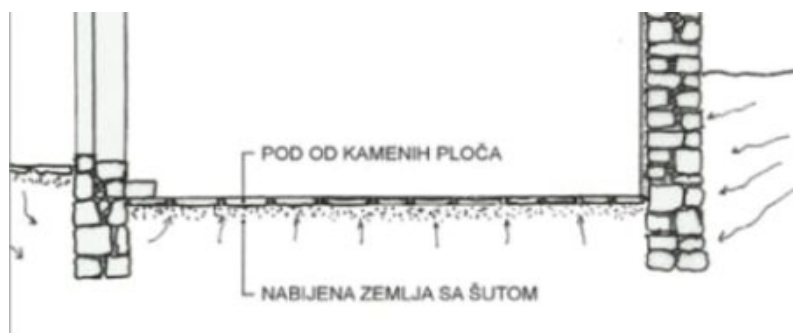
Slika br.11 Shematski prikaz injekcijske bušotine i položaja injekcijskih bušotina [1]



Slika br12. Ugradnja štapnih sidara [1]

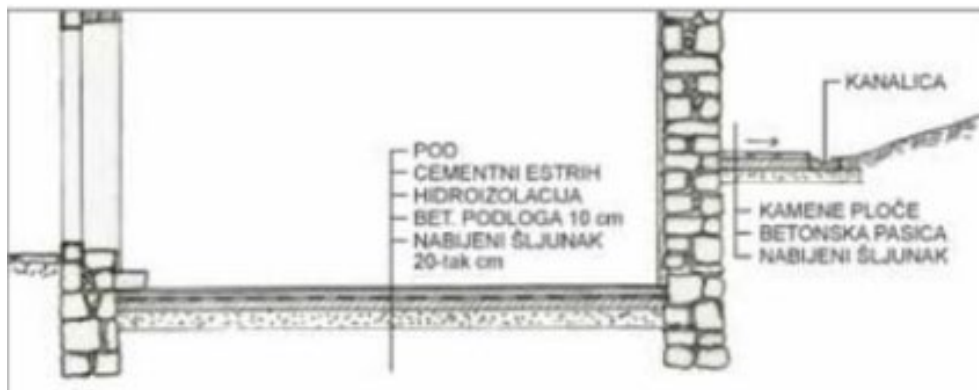
Oslabljene uglove zidova ojačavamo ugradnjom štapnih sidara kako je prikazano na prethodnoj slici. Štapna sidra se obično izrađuju od rebraste armature, šipke promjera 14 do 20 mm, a duljine 1 do 2 m. Sidra se ugrađuju u prethodno izvedene bušotine, a nakon ugradnje sidra bušotina se zapunjava injekcijskim smjesama (obavezno odozdo prema gore). Na mjestima gdje su oštećenja izrazita jedino preostalo rješenje je prezidavanje, odnosno rušenje zida i ponovno zidanje istim kamenom uz napomenu da će biti potreban i dio novog kamena. Pri prezidavanju mora se poštovati slog zidanja uklonjenog zida.

U starim kamenim kućama čest je problem temeljne (zemne) vlage zbog zbog nepostojanja hidroizolacijskih materijala. Vlaga se iz tla kapilarno diže u zidove i podove.



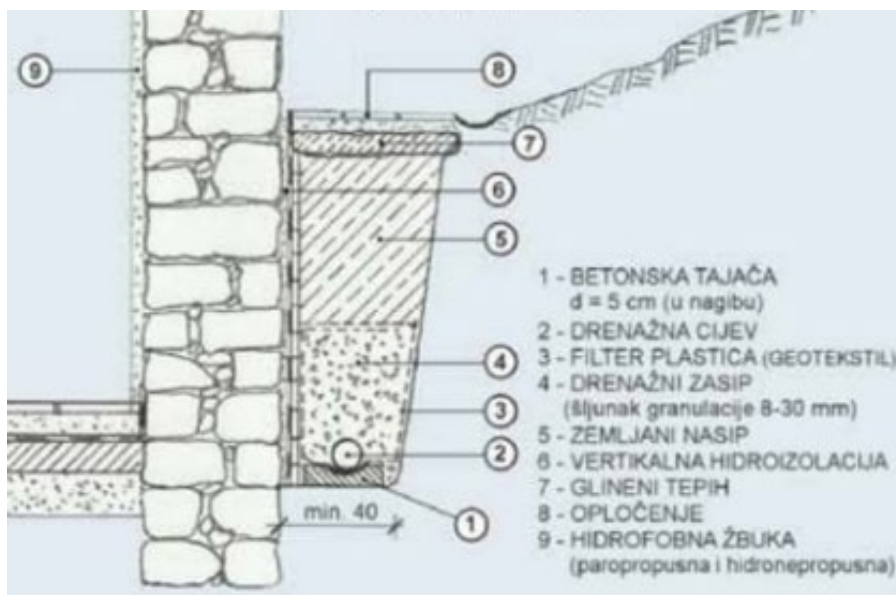
Slika br.13 Presjek kroz prizemnicu pokrivenu kamenim pločama, stražnjom stranom ukopanu u tlo [1]

Ne preporučuje se podsjecanje zidova i umetanje hidroizolacije već je svrha, ako ne u potpunosti odstraniti onda bar optimalno smanjiti vlagu. Hidroizolacija podova je jednostavna, ukloni se postojeći pod, iskopa u dubinu 20ak cm te izvedu slojevi kako je prikazano na slici.



Slika br.14 Jednostavan način izolacije poda od vlage [1]

U funkciji isušivanja zidova je i kontrolirana odvodnja vode s krovova pomoću žljebova. Dodatno poboljšanje je ako se uokolo kuće izvede pasica u širini najmanje 80 cm s nagibom od kuće prema kanalu. Također je potrebno ožbukati unutarnje zidove hidrofobnom žbukom da bi se smanjilo ili u potpunosti uklonilo prodiranje vlage u unutrašnjost. Na dijelovima gdje je situacija s vlagom (koju prouzrokuje procjeđivanje oborinskih voda) drastična, vlaga se može eliminirati drenažom.

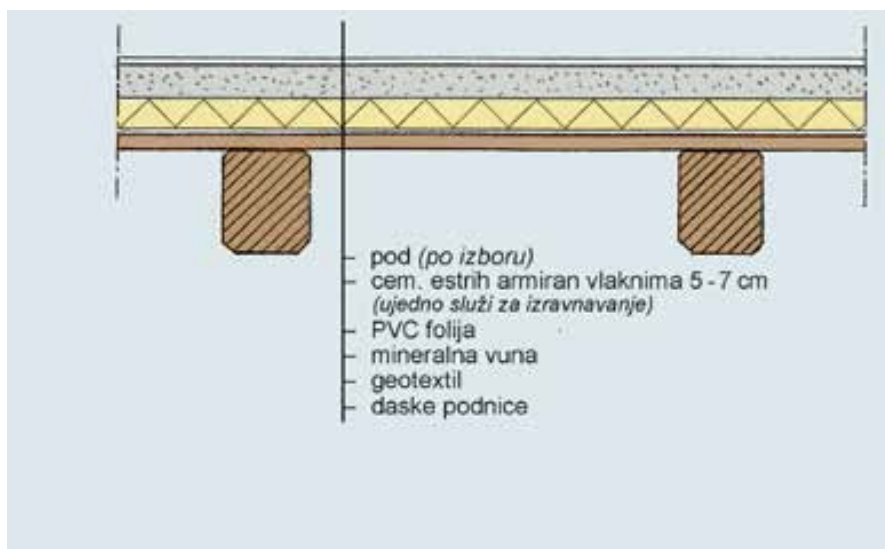


Slika br.15 Drenaža [1]

Za kamene zidove debljine 60 cm u termičkom smislu može se reći da su dostatni. Termička svojstva može umanjiti vlaga. Kada bismo htjeli poboljšati termička svojstva vanjskih zidova, termo izolacija bi po fizikalnim načelima trebala biti s vanjske strane, što ne dolazi u obzir. S druge strane toplinska izolacija s unutarnje strane bi donijela više negativnih nego pozitivnih učinaka.

Trebalo bi poštovati tradicijski status podova jer u prostorijama želimo sačuvati „dah starine“, kameni podovi u prizemljima, a daščani na katu. Na podovima novih sadržaja kao što su kuhinja, kupaonica, sanitarni čvor, ne bi trebalo biti ograničenja u smislu upotrebe keramičkih pločica.

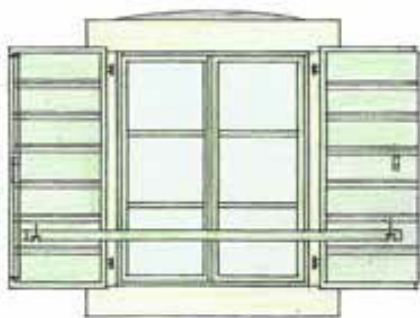
Stropovi su u starim kamenim kućama jednostavni, drveni grednici s daščanim podnicama. Oni imaju i određene manjkavosti kao što je vibriranje poda, loša toplinska i zvučna izolacija, otežano održavanje... Tamo gdje se to može treba sačuvati podgled starog patiniranog drvenog grednika, a eventualno trulu gredu zamijeniti novom iste ili slične vrste i obrade.



Slika br.16 Mogućnost kada je, osim toplinske i zvučne izolacije, potrebno sprječavanje vibracije stropa [1]

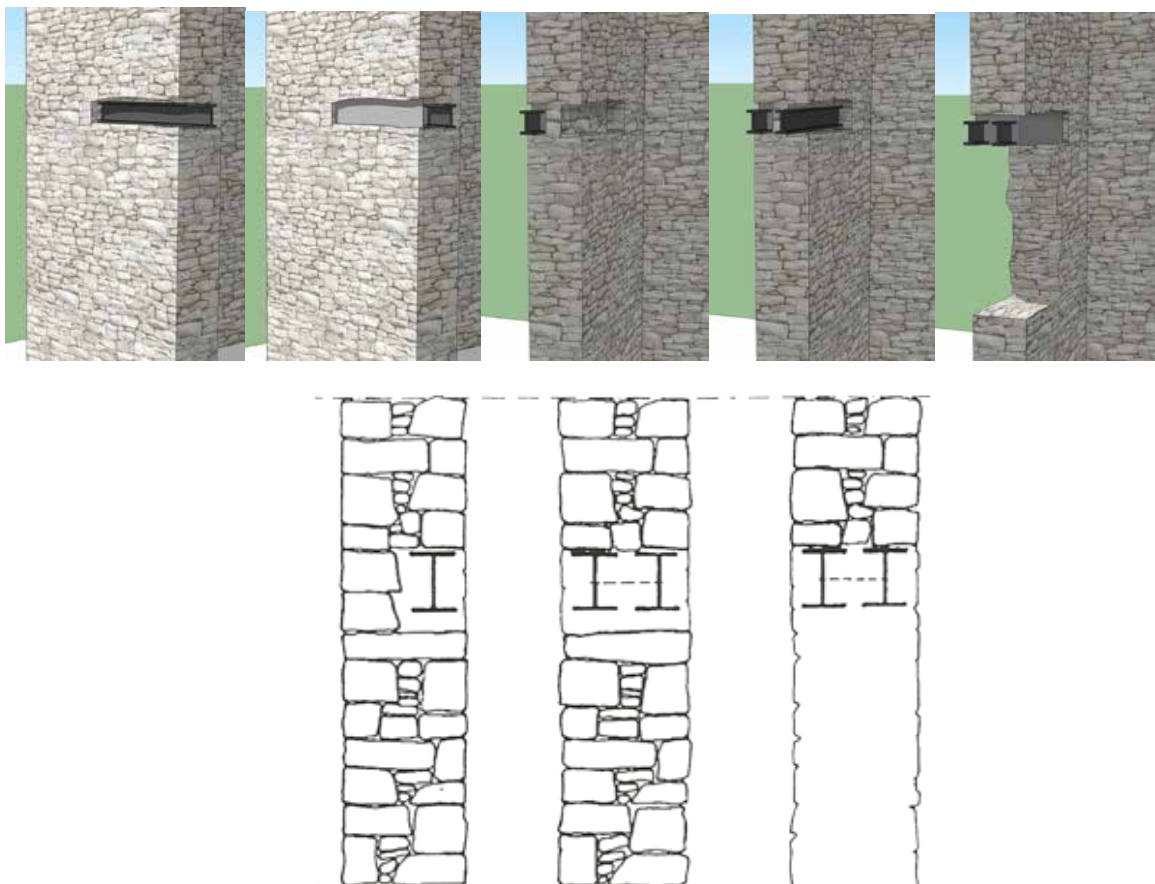
Kupaonice i WC-i su najzahtjevnije inovacije u starim kamenim kućama bez kojih je život danas nezamisliv. Kod sanitarnih čvorova koji se izvode na katu nužno je na podu izvesti vodonepropusnu armiranobetonsku ploču kako bi se spriječilo močenje i propadanje drvenog grednika, a odvodna cijev se mora spustiti između greda. Podove i zidove treba obložiti keramičkim pločicama do željene visine.

Vrata i prozori vrlo su bitni elementi za čuvanje vrijednosnoga statusa tradicijske kuće i treba ih čuvati koliko je to god moguće. Istrunule dijelove stare stolarije odstraniti i zamijeniti novim (kopijama), u istom obliku kakav je bio odstranjeni dio.



Slika br.17 Najčešći tip prozora sa škurama i tankim šprljcima (lijevo) i vrata(desno) [1]

Potrebno je dodati proboj rupe (za vrata i prozore). Njih treba započeti u gornjem dijelu, i to na jednom licu zida i tu umetnuti čeličnu poprečnu gredu (traverzu) (I-profil). Zatim treba probiti i drugo lice zida, umetnuti drugu traverzu te nastaviti probijanje prema dolje. U otvore treba umetnuti kamene erte, po obliku, obradi, veličini i vrsti kamena slične ostalima na kući.



Slika br.18 Proboji za vrata i prozore u kamenim zidovima [1]

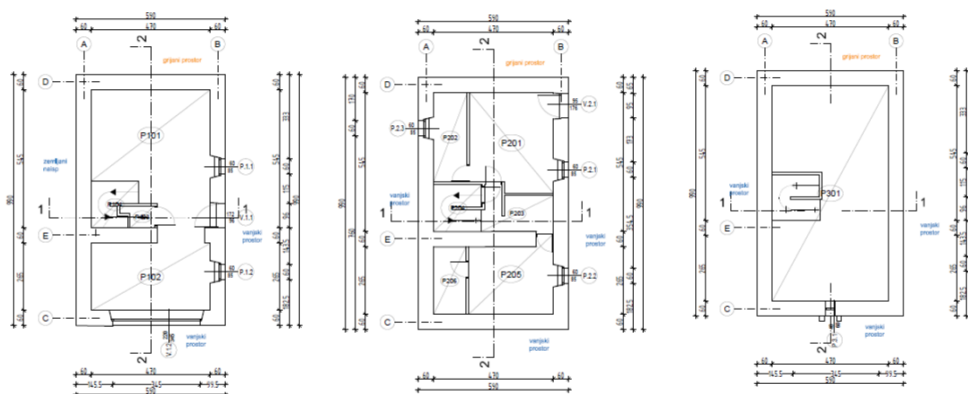
Žbukanje unutarnjih prostorija starih kamenih kuća je žbukanje vapnenim mortom „pod mistriju“ ili „fratunom“ prateći neravnine zida s vidljivim tragovima alata. Da se dobije željena boja u žbuku odnosno mort se mogu dodati bojila.

Kod izrada jednostavnog dvostrešnog krova zidni vijenac mora biti uredan, kako bi bankine (vjenčanice, nazidnice) dobro legle, a zabat mora biti čvrst. Prvo se postave bankine, zatim se postavlja sljemenjača koja mora dobro leći na zabatne kamene. Rogovi se postavljaju na pravilne razmake od 60 cm, od jednog zabata prema drugom.

Kod uvođenje električne, vodovodne i kanalizacijske instalacije, kao i grijanja određena ograničenja mogu biti samo „estetske“ naravi. Dakle instalacije (struja, voda...) na žbukanim zidovima se vode ispod žbuke, a na zidovima na kojima je vidljiv kamen treba paziti da vodovi ne budu na eksponiranim mjestima. Što se grijanja tiče, centralno grijanje radijatorima.

1.3 Novoprojektirano stanje

Predmetna građevina ukupno se sastoji od 3 etaže: prizemlja, kata i potkrovlja. Građevina je tlocrtno pravokutnog oblika dimenzija oko 9,90 x 5,90. Pravilna je u tlocrtu, osi svih glavnih nosivih zidova poklapaju se po visini objekta. Ukupna visina zgrade je 7,90 m mjereno od poda prizemlja do sljemena. Visina prostora razlikuje se po etažama te se kreće od 240 cm (prizemlje) do 280 cm (potkrovlje).



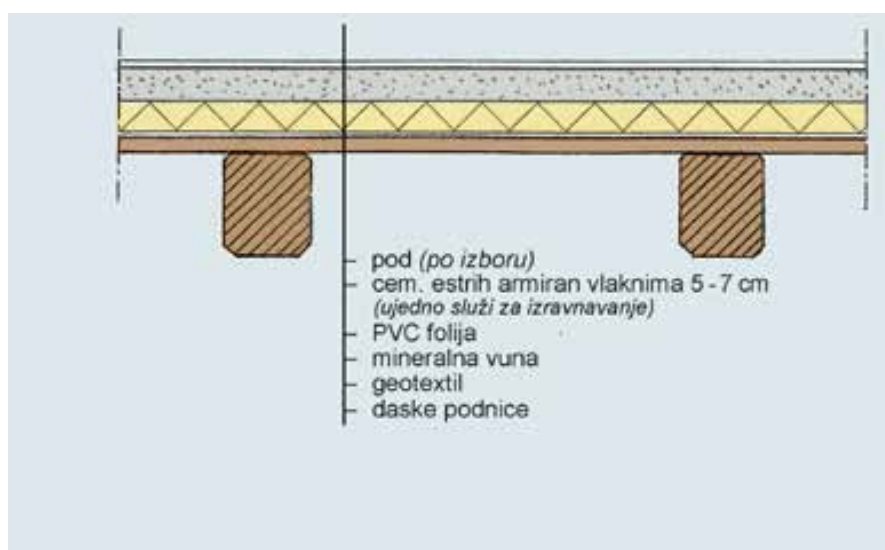
Slika br.19 Tlocrtni prikaz prizemlja, kata i potkrovlja

Građevina se nalazi u području za koje se uz povratni period od 475 godina očekuje potres sa ubrzanjem tla od $a_g=0.2g$. Računalni proračuni su izvršeni u programima "SciaEngineer19.1" i AmQquake.

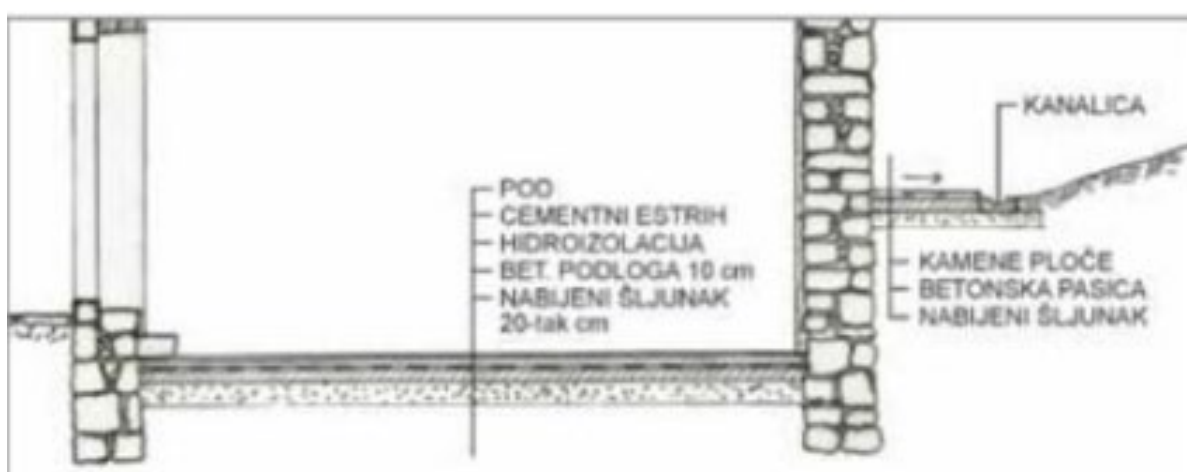
Nosiva konstrukcija sastoji se od nosivih zidova te međukatnih konstrukcija. Vertikalna nosiva konstrukcija građevine su unutarnji i vanjski kameni zidovi debljine 60 cm. Stropne ploče prizemlja i kata izvedene su od drvenih grednika s daščanom oplatom.

Temeljenje je izvršeno na stjenovitom tlu tipa A na dubini od 0,8m. Temelji su nešto veće širine od zidova ispod kojih se nalaze, oko 1 m, a duljina im varira.

Podna obloga u prizemlju su keramičke pločice koje imitiraju kamen, a na katu, podna obloga u sobama i hodniku su pločice s imitacijom drveta.

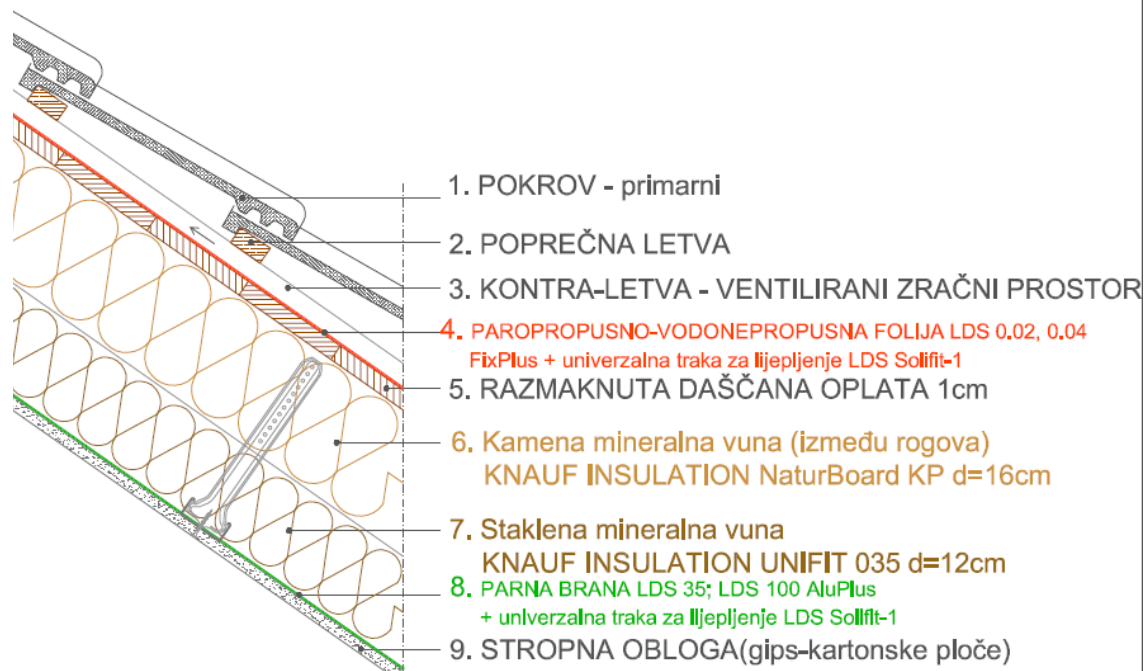


Slika br.20 Slojevi međukatne konstrukcije [1]



Slika br.21 Slojevi poda na tlu (prizemlje) [1]

Krovna konstrukcija je dvostrešni krov. Krov ima nazidnice u istoj visini, a rogovi se sudaraju u sljemenoj gredi i povezuju kliještima. Razmak između rogova je 60cm. Pokrov krovne konstrukcije je glineni crijep, a slojevi krova su prikazani na slici.



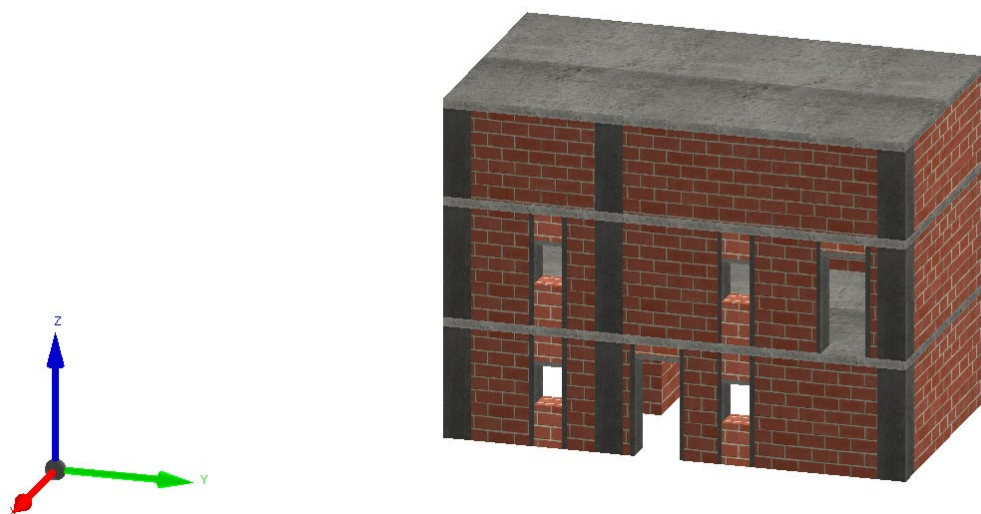
Slika br.22 Slojevi krovništa [16]

Prozori su drvenog okvira i dvoslojnog stakla dobrih termičkih svojstava. Svi prozori kuće zaštićeni su vanjskim drvenim roletama od nepovoljnog utjecaja Sunčevog zračenja. Ulazna i sobna vrata su također drvena.

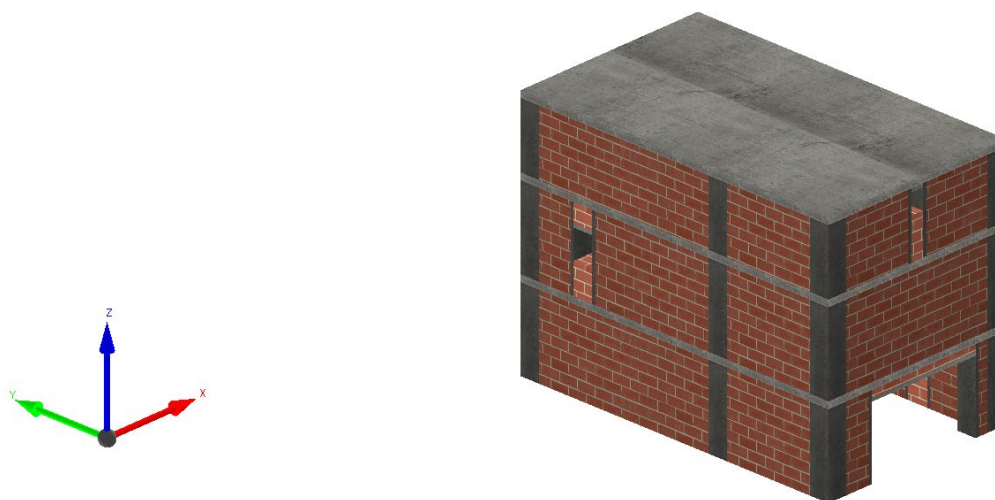
2. PRORAČUNSKI MODEL GRAĐEVINE

Arhitektonski nacrti zgrade priloženi su u grafičkim priložima. Na temelju njih napravljen je 3-D proračunski model u programu "AmQuake" na kojem će biti izvršene analize vezane uz statički proračun zidova građevine te 2-D proračunski modeli krovne i međukatne konstrukcije u programu „SCIA Engineer“.

2.1 Prostorni proračunski model (proračun zidova)

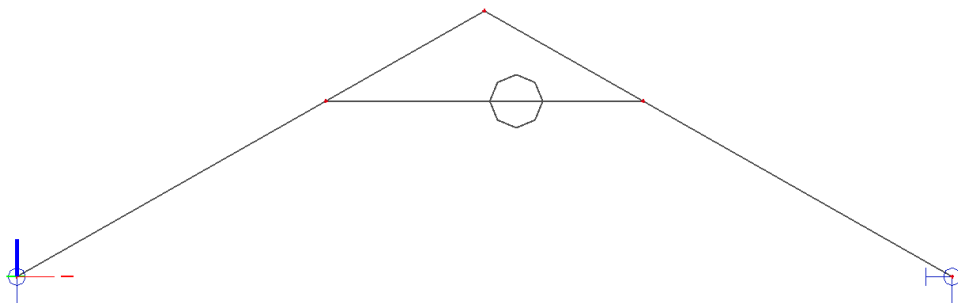


Slika br.23 Proračunski model zidane konstrukcije – pogled 1



Slika br.24 Proračunski model zidane konstrukcije – pogled 2

2.2 Ravninski proračunski model (proračun krova i međukatne konstrukcije)



Slika br.25 Proračunski model krova



Slika br.26 Proračunski međukatne konstrukcije

3. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA

3.1 Podaci o osnovnim djelovanjima

Osnovna opterećenja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine, podijeljena su prema slijedećem:

- **stalna djelovanja G** (vlastita težina, nepokretna oprema (dodatno stalno), pritisak tla, pritisak vode, prednapinjanje, slijeganje oslonaca, deformacije uslijed načina izgradnje konstrukcije) djelovanja za koje se smatra da će vjerojatno djelovati na konstrukciju u cijelom vijeku trajanja, ili imati promjenu intenziteta ali su te promjene zanemarive u odnosu na srednju vrijednost.

- **promjenljiva djelovanja Q** (uporabno opterećenje, opterećenje snijegom i opterećenje vjetrom, djelovanje temperature, opterećenje ledom, promjena razine površine vode, opterećenje valovima) djelovanja za koje je vjerojatno da će djelovati tijekom zadane proračunske situacije te da će imati promjenu intenziteta tijekom vremena.

- **izvanredna djelovanja A** (eksplozije, udar vozila, potres, požar, slijeganje i klizanje terena) su općenito kratkog vremena trajanja, a vjerojatnost njihovog nastupanja u planiranom vijeku trajanja je mala

3.2 Stalno djelovanje (G)

Vlastita težina elementa konstrukcije (G₀)

Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije uključena je preko specifičnih težina za:

Kameno zide: $\gamma=20.0 \text{ kN/m}^3$

Međukatnu konstrukciju - drvo: $\gamma=4,2 \text{ kN/m}^3$

Krovnu konstrukciju- drvo: $\gamma=4,2 \text{ kN/m}^3$

Napomena: Vlastita težina zadaje se izravno u proračunskom modelu, sukladno dimenzijama elemenata konstrukcije.

Ostalo stalno djelovanje (G1)

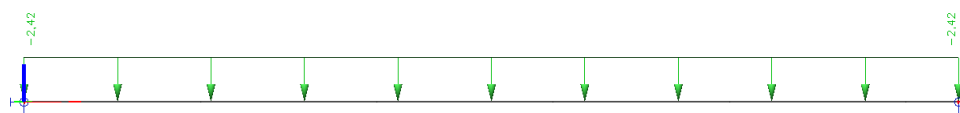
– međukatne konstrukcije	q(kN/m ²)
Pregradni zidovi / laka fiksna oprema	0.75
Završna podna obloga (parket/ker.pločice) u odgovarajućem vezivu 2.0 cm	0.40
Cenemtni estrih, armirani 5 cm	1.33
Folija, mineralna vuna, geotekstil	0.10
Daske podnice	0,45
Drvene grede- nosači	1,20
	<hr/>
	4,23

Ukupno stalno opterećenje bez vlastite težine $g = 3,03 \text{ kN/m}^2$

Napomena: u dodatno stalno opterećenje spadaju instalacije, ostali stalni teret.

Međusobni razmak nosača 0.8 m;

Linijsko djelovanje: $g_1 = 3,03 * 0.8 = 2,42 \text{ kN/m}$



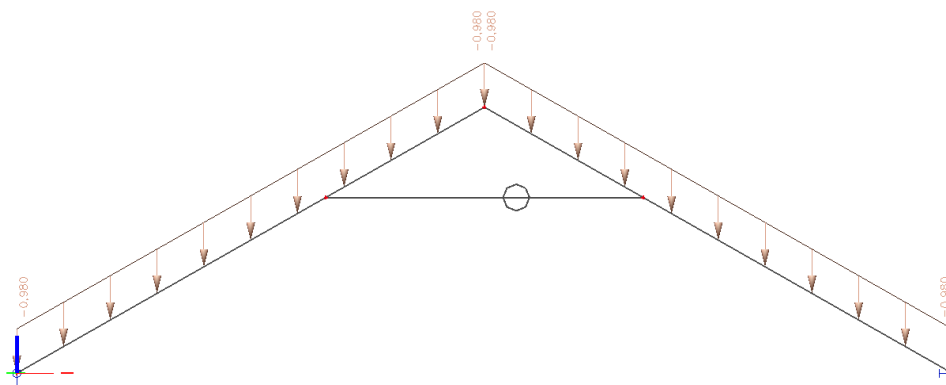
Slika br.27 Dodatno stalno djelovanje G1 (kN/m)

– krovna konstrukcija	q(kN/m ²)
Glineni crijep	0.70
Kontra letve za crijep	0.23
Drvene letve 5x5	0,23
Toplinska izolacija 8cm	0,13
Drvene letve u smjeru pada krova 5x8	0,23
Parna brana	0.02
Daščana oplata	0,09
Drvene grede	0,80
	<hr/>
	2,43

Ukupno stalno opterećenje bez vlastite težine $g = 1,63 \text{ kN/m}^2$

Međusobni razmak nosača 0.6 m;

Linijsko djelovanje: $g_1' = 1,63 \cdot 0,6 = 0,98 \text{ kN/m}$



Slika br.28 Dodatno stalno djelovanje G_1 (kN/m)

3.3 Promjenjivo uporabno - djelovanje (Q)

– međukatne konstrukcije

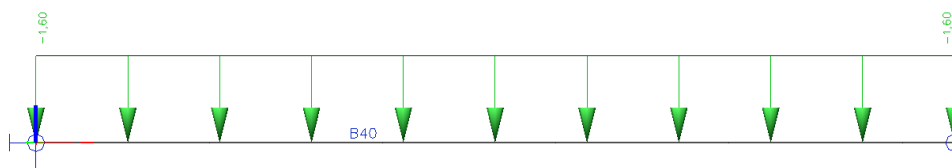
Stupac	1	2	3	4	5
Redak	Kategorija	Namjena	Primjer	q_k [kN/m ²]	Q_k ³ [kN]
1	A1	Nestambena potkrovlja	Neprikladna za stanovanje no pristupačna potkrovlja do 1,8 m svijetle visine	1,5	1
2	A	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Stropovi sa zadovoljavajućom poprečnom raspodjelom opterećenja ^b u stambenim zgradama i kućama, sobama s krevetima, bolnicama (spavaonicama), sobama u hotelima i prenoćištima i pripadajuće kuhinje i kupaonice	1,5	–
3			A2, ali bez zadovoljavajuće poprečne raspodjele opterećenja	2,0 ^c	1

Tablica 1 Uporabna opterećenja stropova

Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja: $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Međusobni razmak nosača 0.8 m;

Linijsko djelovanje: $g_1' = 2,0 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ kN/m}$



Slika br.29 Promjenjivo djelovanje Q (kN/m²)

– krovna konstrukcija

Opterećenje snijegom (S)

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

koef. izloženosti: C_e

koef. gubitka topline kroz krov: C_t

karakteristično opterećenje snijegom ovisno o nadmorskoj visini: s_k

koef. oblika opterećenja snijegom (učinak oblika krova) μ_i

Područje: Grad Imotski

Nadmorska visina: 250,0 m.n.m

Nadmorska visina do (m)	ZONA	ZONA	ZONA	ZONA
	A (I) [kN/m ²]	B (II) [kN/m ²]	C (III) [kN/m ²]	D (IV) [kN/m ²]
100	1,10	1,10	0,45	0,35
200	1,30	1,40	0,80	0,50
300	1,55	1,75	1,20	0,70
400	1,80	2,20	1,65	0,90
500	2,05	2,65	2,15	1,15
600	2,35	3,15	2,70	2,70
700	2,65	3,70	3,30	3,30
800	2,95	4,25	3,95	3,95
900	3,25	4,90	4,65	4,65
1000	3,60	5,55	5,40	5,40
1100	3,95	6,25	6,20	6,20
1200	4,30	7,00	7,05	7,05
1300		7,80	7,95	7,95
1400		8,65	8,90	8,90
1500		9,50	9,90	9,90
1600		10,40	10,95	10,95
1700		11,40	12,05	12,05
1800			13,20	13,20

Tablica 2 Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom

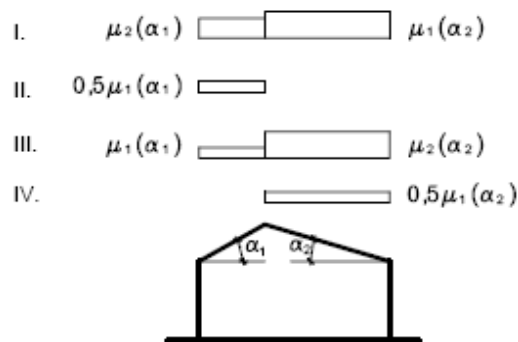


Slika br.29 Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom [14]

Interpolacijom za zonu (IV) i nadmorsku visinu od 250 m.n.m. izračunavamo: $s_k = 0,6 \text{ kN/m}^2$

<i>Kut nagiba krova</i>	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\geq 60^\circ$
μ_1	0,8	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0
μ_2	0,8	$0,8+0,6 (\alpha-15)/30$	$1,1(60-\alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8+0,8\alpha/30$	$0,8+0,8\alpha/30$	1,6	

Tablica 3 Koeficijenti oblika opterećenja snijegom za dvostrešne krovove



Slika br.30 Koeficijenti opterećenja od snijega – dvostrešni krov[14]

Opterećenje snijegom na krovnim ploham

I.	$\mu_1 =$	0,8	$\mu_2 = 0,8 + 0,6(19-15)/30 =$	0,88
II.	$\mu_1 = 0,5 \cdot 0,8 =$	0,4	$\mu_2 =$	0
III.	$\mu_1 =$	0,8	$\mu_2 = 0,8 + 0,6(19-15)/30 =$	0,88
IV.	$\mu_1 =$	0	$\mu_2 = 0,5 \cdot (0,8 + 0,6(19-15)/30) =$	0,44

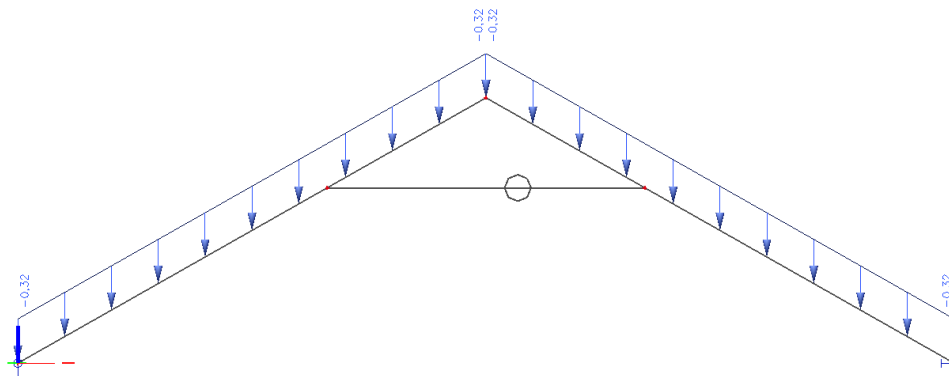
I.	$s_1 = \mu_1 \cdot s_k =$	2	III.	$s_1 = \mu_1 \cdot s_k =$	2
	$s_2 = \mu_2 \cdot s_k =$	2		$s_1 = \mu_1 \cdot s_k =$	2
				$s_2 = \mu_2 \cdot s_k =$	2
II.	$s_1 = \mu_1 \cdot s_k =$	2	IV.	$s_1 = \mu_1 \cdot s_k =$	2
	$s_2 = \mu_2 \cdot s_k =$	2		$s_1 = \mu_1 \cdot s_k =$	2
				$s_2 = \mu_2 \cdot s_k =$	2

Mjerodavne su I. i III. kombinacija opterećenja.

Međusobni razmak nosača 0.6 m;

Djelovanje: $q_1=0,53 \text{ kN/m}^2$;

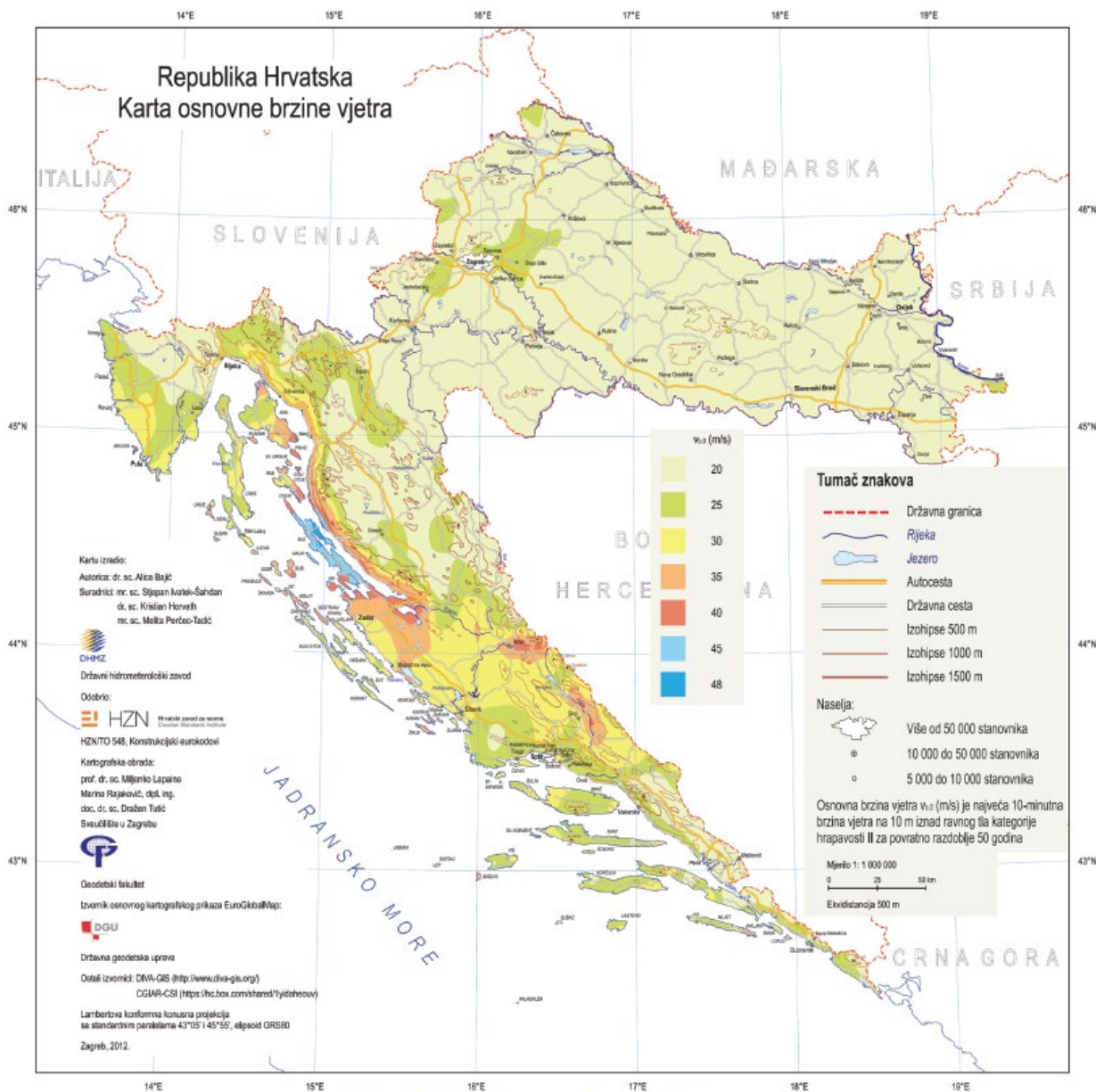
Linijsko djelovanje: $g_1'=0,53 \cdot 0,6=0,32 \text{ kN/m}$



Slika br.31 Promjenjivo djelovanje S

Opterećenje vjetrom (W)

Primjenjuje se sljedeća karta osnovne brzine vjetra [HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012]:



Slika 1(HR) – Osnovna brzina vjetra $v_{b,0}$

Slika br.32 Karta osnovne brzine vjetra $v_{b,0}$

Proračun poredbenog tlaka i brzine vjetra

Promatrana građevina se nalazi na lokaciji grada Imotskog.

$a_s = 250,0$ m.n.m.

$$c_{ALT} = 1 + 0,001 \cdot a_s = 1,25$$

Očitavamo osnovnu poredbenu brzinu s obzirom na područje promatrane građevine:

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

$$v_{ref} = c_{ALT} \cdot v_{ref,0} = 31,25 \text{ m/s}$$

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = 610,35 \text{ N/m}^2 = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

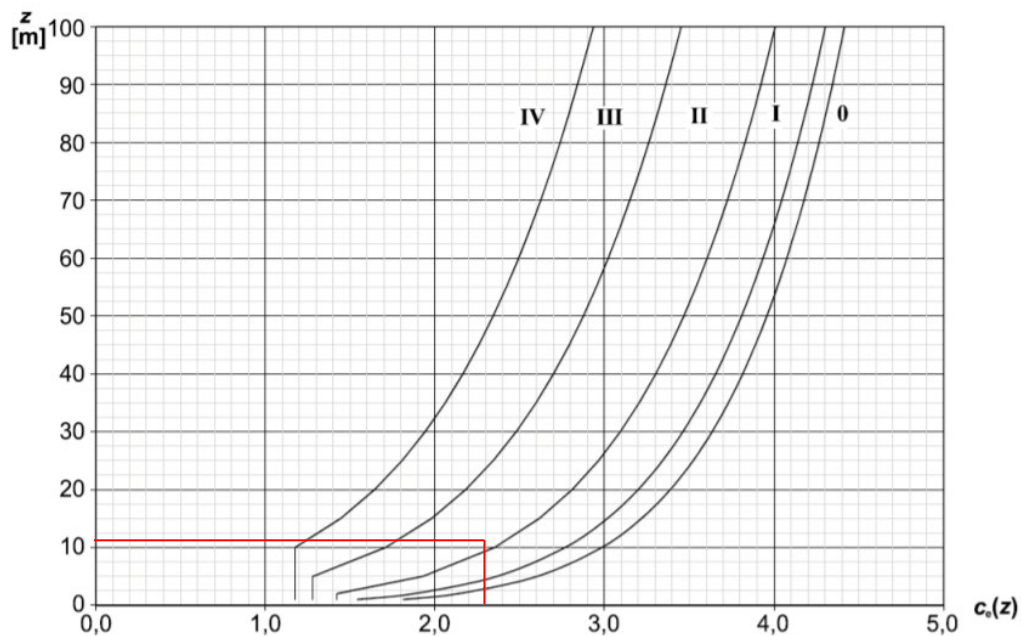
Proračun koeficijenta izloženosti

Koeficijent izloženosti $C_e(z)$ očitavamo iz ovisnosti od zone, tj. visine objekta z i kategorije terena u kojem se promatrana nalazi građevina.

Regija: Dalmacija i otoci

Građevina spada u II. kategoriju terena.

Visina objekata iznad terena: $h = 8,10$ m



Slika br.33 Faktor izloženosti $c_e(z)$

Iz dijagrama, uzimajući u obzir visinu konstrukcije $h=8,10$ m i kategoriju terena II. očitano je koeficijent $c_e(z_e) = 2,2$.

Proračun koeficijenta vanjskog tlaka i unutarnjeg tlaka

Pritisak vjetra na vertikalne zidove građevine pravokutnog tlocrta - vanjski tlak

$h=8,10$ m ukupna visina građevine mjereno od terena

$h_{zida}=6,6$ m visina zida građevine

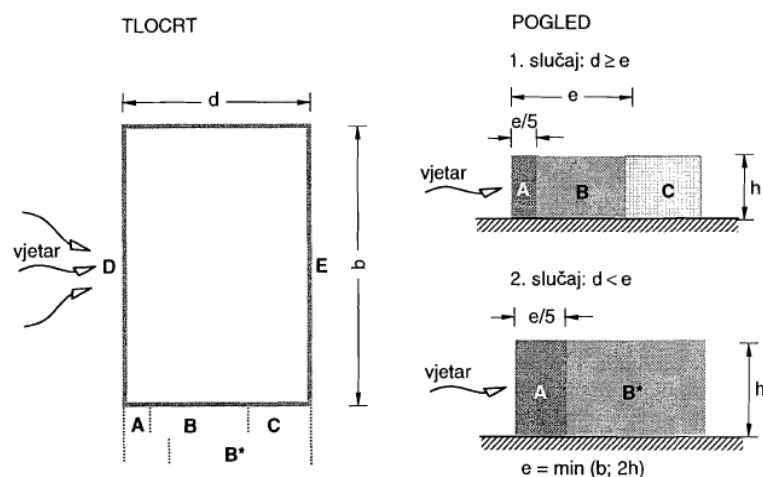
$d=9,90$ m dužina građevine (strana paralelna djelovanju vjetra)

$b=5,90$ m širina građevine (strana izložena djelovanju vjetra)

$e = \min(b; 2h) = 5,90$ m

$e/5 = 1,18$ m

$d/h = 1,22$



Slika br.34 Odnosi dimenzija za vertikalne zidove građevina pravokutnog tlocrta[14]

$$A_A = e/5 \times h_{zida} = 7,79 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad C_{pe} = C_{pe,10} = -1,00$$

$$A_B = e \times h_{zida} = 38,94 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad C_{pe} = C_{pe,10} = -0,80$$

$$A_C = (d-e) \times h_{zida} = 26,40 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad C_{pe} = C_{pe,10} = -0,50$$

$$A_D = b \times h_{zida} = 38,94 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad C_{pe} = C_{pe,10} = 0,79$$

$$A_E = b \times h_{zida} = 38,94 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad C_{pe} = C_{pe,10} = -0,3$$

$$w_e(A) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(A) = -1,34 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(B) = -1,07 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(C) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(C) = -0,67 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(D) = 1,05 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(E) = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

Vanjski pritisak vjetra na dvostrani krov nagiba 30° - poprečni smjer vjetra ($\Theta = 0^\circ$)

$h = 8,10 \text{ m}$ ukupna visina građevine mjereno od terena

$h_{krova} = 1,5 \text{ m}$ visina krova od sljemena do kraja zida građevine

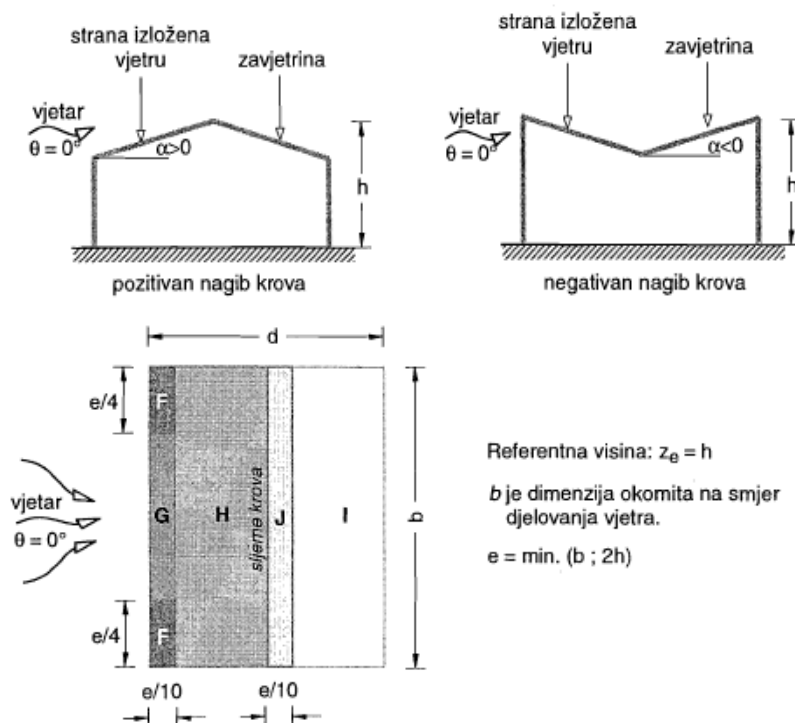
$d = 9,90 \text{ m}$ dužina građevine (strana paralelna djelovanju vjetra)

$b = 5,90 \text{ m}$ širina građevine (strana izložena djelovanju vjetra)

$e = \min(b; 2h) = 5,90 \text{ m}$

$e/4 = 1,48 \text{ m}$

$e/10 = 0,59 \text{ m}$



Slika br.35 Odnosi dimenzija dvostrešne krovove[14]

$A_F = e/4 \times e/10 = 0,87 \text{ m}^2$	$C_{pe} \rightarrow$	$C_{pe,10(+)} = 0,70$	$C_{pe,10(-)} = -1,10$
$A_G = (b - e/2) \times e/10 = 1,74 \text{ m}^2$	$C_{pe} \rightarrow$	$C_{pe,10(+)} = 0,70$	$C_{pe,10(-)} = -0,80$
$A_H = b \times (d/2 - e/10) = 25,72 \text{ m}^2$	$C_{pe} \rightarrow$	$C_{pe,10(+)} = 0,40$	$C_{pe,10(-)} = -0,80$
$A_I = b \times (d/2 - e/10) = 25,72 \text{ m}^2$	$C_{pe} \rightarrow$	$C_{pe,10(+)} = 0,00$	$C_{pe,10(-)} = -0,60$
$A_J = b \times e/10 = 3,48 \text{ m}^2$	$C_{pe} \rightarrow$	$C_{pe,10(+)} = 0,00$	$C_{pe,10(-)} = -0,80$

$$w_e(F+) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(F) = 0,94 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(F-) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(F) = -1,48 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G^+) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(G) = 0,94 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G^-) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(G) = -1,07 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H^+) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(H) = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H^-) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(H) = -1,07 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I^+) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(I) = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I^-) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(I) = -0,81 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(J^+) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(J) = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

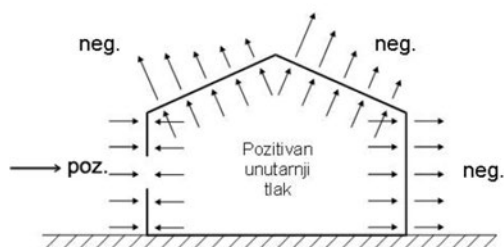
$$w_e(J^-) = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_{pe,10}(J) = -1,07 \text{ kN/m}^2$$

ZONA	DVOSTRANI KROV $\alpha = 30^\circ$				
	F	G	H	I	J
w_e [kN/m ²]	0,94	0,94	0,54	0,00	0,00
w_i [kN/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w [kN/m ²]	0,94	0,94	0,54	0,00	0,00

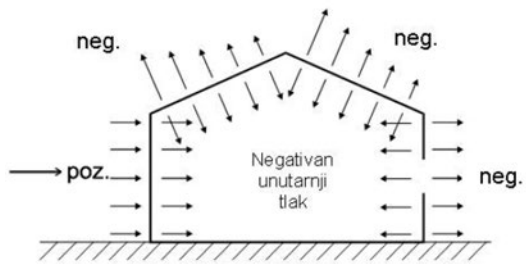
Tablica 4 Rezultantni pritisak vjetra - poprečno djelovanje vjetra [$\Theta=0^\circ$] i pozitivan unutarnji pritisak / ispuh

ZONA	DVOSTRANI KROV $\alpha = 30^\circ$				
	F	G	H	I	J
w_e [kN/m ²]	-1,48	-1,07	-1,07	-0,81	-1,07
w_i [kN/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w [kN/m ²]	-1,48	-1,07	-1,07	-0,81	-1,07

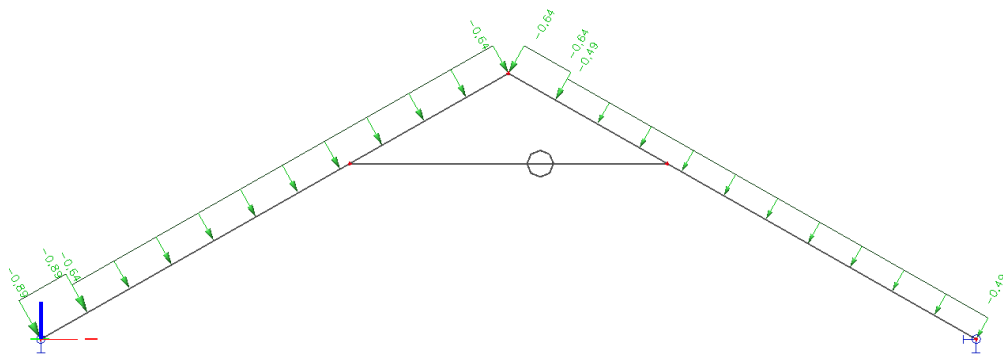
Tablica 5 Rezultantni pritisak vjetra - poprečno djelovanje vjetra [$\Theta=0^\circ$] i negativan unutarnji pritisak / usis



Ovo djelovanje nije mjerodavno obzirom na gravitacijsko djelovanje G_0 (1.0 kN/m²) i G_1 (1.0 kN/m²).



Ovo djelovanje će se uzeti kao mjerodavno opterećenje vjetrom (W).



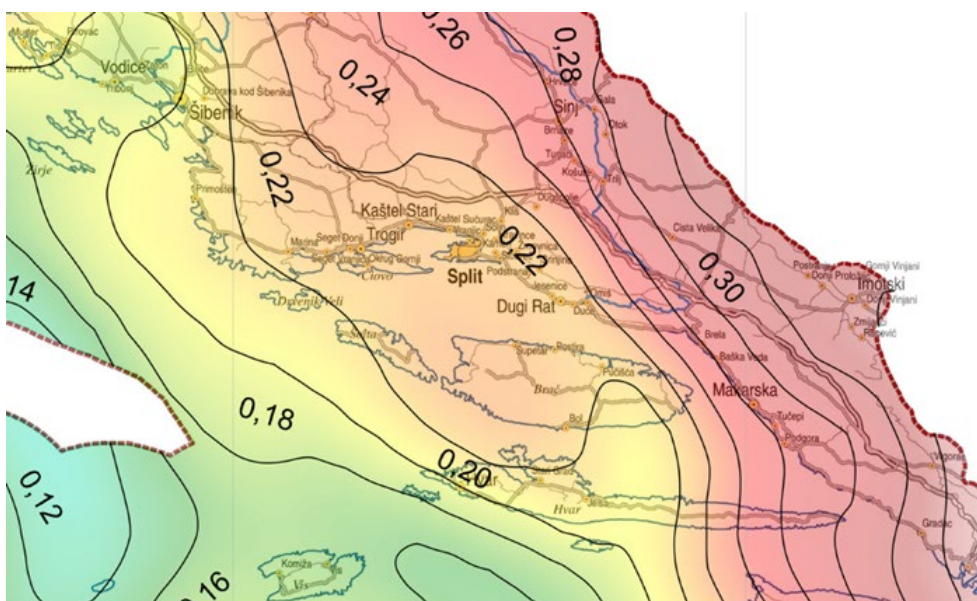
Slika br.36 Promjenjivo djelovanje W

3.4 Izvanredno djelovanje

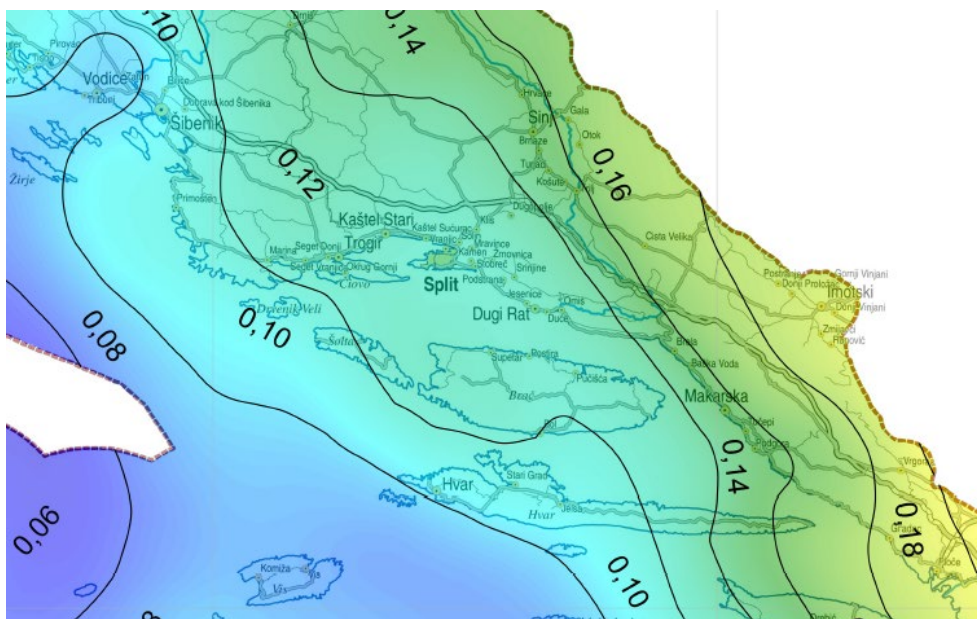
Potres

Potresno djelovanje određujemo iz računskog ubrzanja tla koje a_g , koje odgovara povratnom periodu potresa od 475 godina.

Za područje Imotskog poredbeno vršno ubrzanje iznosi $a_g = 0,30$ g.

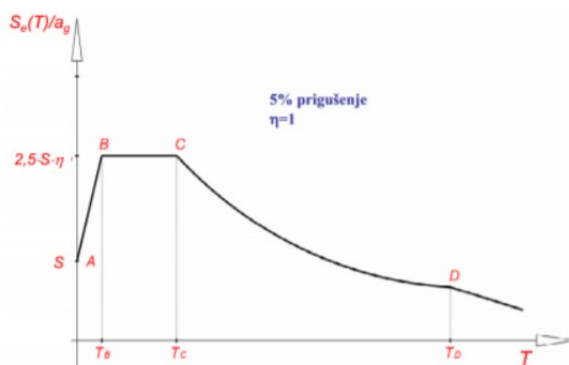


Slika br.37 Karta potresnih područja (izvadak) [Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A s vjerojatnošću premašaja 10% u 50 godina, **povratno razdoblje 475 god.**, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g]



Slika br.38 Karta potresnih područja (izvadak) [Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A s vjerojatnošću premašaja 10% u 10 godina, **povratno razdoblje 95 god.**, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g]

Horizontalno gibanje tla na površini Zemlje uzrokovano potresom modelira se s elastičnim spektrom odgovora ubrzanja podloge. Računsko ubrzanje tla a_g ovisi o stupnju seizmičkog rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seizmoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim vrijednostima za seizmička područja državnog teritorija. Seizmičko djelovanje obično se predstavlja sa tri komponente (gibanje točke opisuje s dvije horizontalne i jednom vertikalnom komponentom). Za određivanje jedne komponente seizmičkog djelovanja obično se koristi spektar seizmičkog ubrzanja tla u jednom translacijskom smjeru. Elastični spektar odgovora (ubrzanja) definira se analitički i kvalitativno prema crtežu:



Slika br.39 Elastični spektar odgovora za horizontalno seizmičko djelovanje

Faktor važnosti građevine:

$\gamma_I=1.0$ (razred važnosti: II - Obične zgrade: stambene zgrade, poslovne zgrade, proizvodne zgrade, trgovačke zgrade, hoteli, zgrade sveučilišta, zgrade istraživačkih instituta, hale, skladišta, stadioni, javne garaže).

Računsko ubrzanje tla:

Granično stanje nosivosti: ($T_{NCR}=475$ godina; 50 godina; $P_{NCR}=10\%$):

$$a_{gR}=0,30 \text{ g}$$

$$a_g = \gamma_I * a_{gR} = 1.0 * 0.30 \text{ g} = 0.30 \text{ g}$$

Granično stanje uporabljivosti: ($T_{NCR}=95$ godina; 10 godina; $P_{NCR}=10\%$):

$$a_{gR}=0.18 \text{ g}$$

$$a_g = \gamma_I * a_{gR} = 1.0 * 0.18 \text{ g} = 0.18 \text{ g}$$

Poprečna sila:

$$F_{bk} = \Sigma S_d(T_k) * m_k$$

$S_d(T_k)$ = ordinata proračunskog spektra

m_k = proračunska modalna masa

Kategorija tla:

A (Stijena ili druga geološka formacija slična stijeni, uzimajući u obzir najviše 5 m slabijeg materijala na površini.)

Parametar tla: $S=1.0$

Faktor ponašanja:

$$q = q_0 k_w = 3.3 * 0.67 = 2.2$$

Sustavi nepovezanih zidova:

$$\alpha_0/\alpha_1 = 1.1;$$

$$q_0 = 3.0 * \alpha_0/\alpha_1 = 3.0 * 1.1 = 3.3$$

Zidni sustavi:

$$k_w = 0.5 \leq (1 + \alpha_0)/3 \leq 1;$$

$$\alpha_0 = \Sigma h_w / \Sigma L_w$$

$$\alpha_0 \cong 1.0;$$

$$k_w = (1+1.0)/3 = 0.67$$

Faktor ponašanja odražava duktilnost konstrukcije, odnosno njenu sposobnost da prihvaća reducirane seizmičke sile bez krkih lomova u postelastičnom području deformacija.

Napomena: Djelovanje vjetra i snijega na konstrukciju je zanemarivo malo, u odnosu na potresno djelovanje, zbog čega se ne uzima u proračun.

4. KOMBINACIJE DJELOVANJA

Za dokaz nosivosti elemenata konstrukcije predmetne građevine osnovna djelovanja kombiniraju se za pojedina granična stanje.

4.1 Međukatna konstrukcija

Granično stanje uporabljivosti :

a) kombinacija za granično stanje uporabljivosti

$$GSU \quad 1,0*(G_0+G_1) + 1,0*Q$$

Koristi se za proračun progiba.

Granično stanje nosivosti:

b) kombinacija za granično stanje nosivosti

$$GSN1 \quad 1,35*(G_0+G_1) + 1,5*Q$$

4.2 Krovna konstrukcija

Granično stanje uporabljivosti :

c) kombinacija za granično stanje uporabljivosti

$$GSU \quad 1,0*(G_0+G_1) + 0,6*S + 0,6*W$$

Koristi se za proračun progiba.

Granično stanje nosivosti:

d) kombinacija za granično stanje nosivosti

$$GSN1 \quad 1,35*(G_0+G_1) + 1,5*S + 1,5*0,6*W$$

$$GSN2 \quad 1,35*(G_0+G_1) + 1,5*W + 1,5*0,6*S$$

4.3 Nosivi zidovi

Granično stanje uporabljivosti :

a) kombinacija za granično stanje uporabljivosti

$$\text{GSU} \quad 1,0*(G_0+G_1)+1,0*Q$$

Koristi se za proračun progiba i kontrolu naprezanja u tlu.

Granično stanje nosivosti:

b) kombinacija za granično stanje nosivosti

$$\text{GSU1} \quad 1,35*(G_0+G_1)+1,5*Q$$

Koristi se za proračun ploča i zidova na vertikalna djelovanja.

c) Kombinacija opterećenja za potres:

$$\text{GSN2} \quad 1,0*(G_0+G_1)+1,0*Q+1,0*S_x+0,3*S_y$$

$$\text{GSN3} \quad 1,0*(G_0+G_1)+1,0*Q +1,0*S_y+0,3*S_x$$

5. PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE

U nastavku će se prikazati unutarnje sile i progibi za model međukatne konstrukcije. Međukatna konstrukcija je pojednostavljeno prikazana pomoću proste grede.

5.1 Prikaz modela i rezultati proračuna

Nosiva konstrukcija međukatne ploče se sastoji od drvenih greda - nosača. Grede su paralelne u tlocrtu i postavljene na međusobnom osnom razmaku od 80 cm. Provodi se pojednostavljeni proračun grede u jednom karakterističnom presjeku (pozicija G1).

Pretpostavke:

- a) geometrija modela izrađena je prema priloženim nacrtima
- b) nosači se modeliraju štapnim elementima dimenzija poprečnih presjeka prema priloženim nacrtima

Prikaz modela



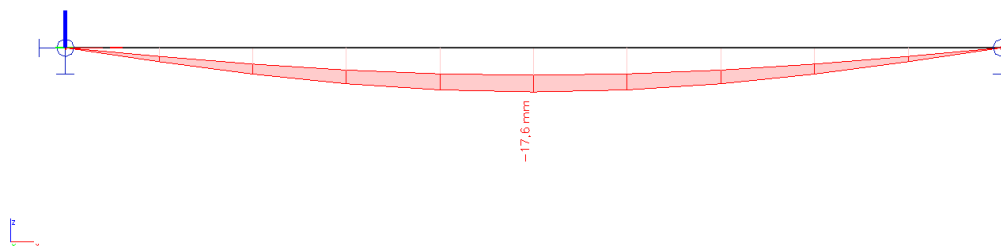
Slika br.41

Ravninski model krovne konstrukcije

Za proračun statičkog odgovora konstrukcije i izračun unutarnjih sila (momenti savijanja, poprečne i uzdužne sile) korišten je kompjutorski program ("SCIA"). Cilj ovog proračuna je prostorna stabilizacija konstrukcije.

Prikaz rezultata

1D deformations
 Values: u_z
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Slika br.42 Progibi za GSU [mm]Maksimalni progib: $U_{Zmax}=17,6$ mm

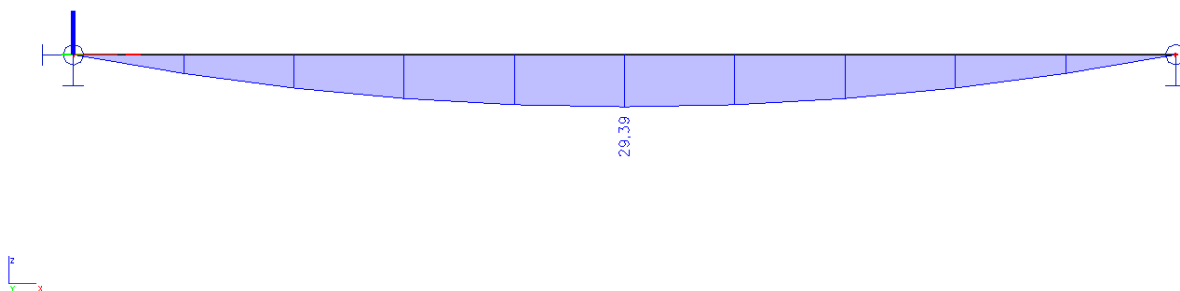
Konstrukcija	w_{max}	w_2, w_3
krovišta	L/20 0	L/250
Prohodna krovišta	L/25 0	L/300
stropovi	L/25 0	L/300
stropovi/krovovi sa žbukom ili drugim krhkim završnim slojevima ili nesavitljivim pregradama	L/30 0	L/350
stropovi koje podupiru stupovi (osim ako je progib uzet u obzir u sklopu proračuna za granično stanje nosivosti)	L/40 0	L/500
kada w_{max} može narušiti izgled zgrade	L/25 0	-

Tablica 6 Ograničenje vertikalnih progiba za karakterističnu kombinaciju

Dopušteni progib: $L=5300$ mm; $U_{Zdop}=L/250=5300/300=21,2$ mm

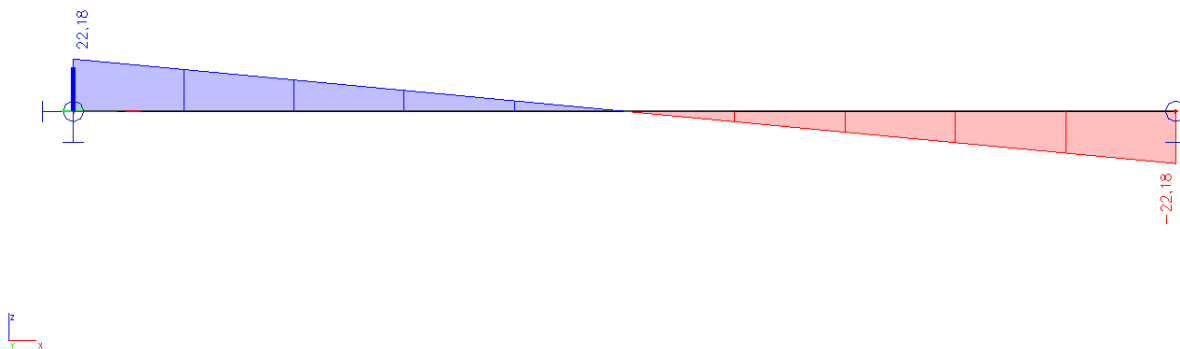
$$U_{Zmax}= 17,6 \text{ mm} < U_{Zdop}= 21,2 \text{ mm}$$

1D internal forces
Values: M_y
Linear calculation
Class: A
Coordinate system: Member
Extreme 1D: Member
Selection: All



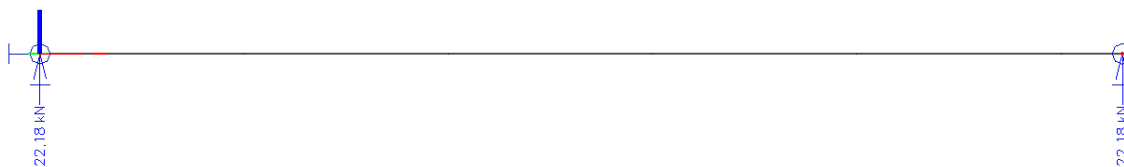
Slika br.43 Momenti savijanja M_{sa} [kNm] za anvelopu A (GSN1 i GSN2)

1D internal forces
Values: V_z
Linear calculation
Class: A
Coordinate system: Member
Extreme 1D: Member
Selection: All

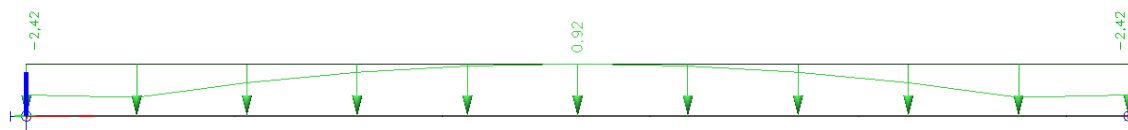


Slika br.44 Poprečne sile V_{sa} [kN] za anvelopu (GSN1 i GSN2)

Reactions
Values: R_z
Linear calculation
Class: A
System: Global
Extreme: Member
Selection: All



Slika br.46 Reakcije R_{sa} [kN] za anvelopu A (GSN1 i GSN2)



Slika br.47 Iskorištenost poprečnih presjeka [%]

5.2 Dimenzioniranje

Uporabna klasa 1

Kratkotrajno opterećenje

$$k_{\text{mod}} = 0.9$$

$$\gamma_M = 1.3$$

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od C24, Uporabne klase 1. Karakteristične vrijednosti za ovu klasu:

$$f_{m,k} = 24.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2.70 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{mean} = 690 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Proračunske vrijednosti :

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24.0}{1.3} = 16.6 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{V,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2.70}{1.3} = 1.9 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{21.0}{1.3} = 14.5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{14.0}{1.3} = 9.7 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{0.05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11000 = 7333,33 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{0.05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 690 = 460 \text{ N} / \text{mm}^2$$



Slika br.78 Oznake presjeka

GREDA

Name	MK	
Type	RECT	
Detailed	200; 240	
Item material	C24 (EN 338)	
Fabrication	timber	
Use 2D FEM analysis	<input checked="" type="checkbox"/>	
A [m ²]	4,8000e-02	
A _{y, z} [m ²]	4,0083e-02	4,0043e-02
I _{y, z} [m ⁴]	2,3040e-04	1,6000e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	3,7609e-08	3,1839e-04
W _{el, y, z} [m ³]	1,9200e-03	1,6000e-03
W _{pl, y, z} [m ³]	2,3527e-03	1,9608e-03
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	100	120
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	8,8000e-01	8,8000e-01
M _{ply} +, - [Nm]	4,94e+04	4,94e+04
M _{plz} +, - [Nm]	4,12e+04	4,12e+04

Slika br.49 Pretpostavljeni poprečni presjek i njegove karakteristične vrijednosti

Proračun sila u štapu: (najveće naprezanje u štapu R1)

$$M_{O1,Ed} = 29,39 \text{ kNm}$$

$$V_{O1,Ed} = 22,18 \text{ kN}$$

DOKAZ STABILNOSTI ZA POPREČNU SILU

$$V_{O1,v,d} = 22,18 \text{ kN}$$

Proračun naprezanja:

$$\tau_d = 1.5 \cdot \frac{V_{O1,Ed}}{A_{01}} = 1.5 \cdot \frac{22,18 \cdot 10^3}{384 \cdot 10^2} = 0.57 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\tau_{O1,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.57}{1.9} = 0.30 < 1$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

6. PRORAČUN KROVNE KONSTRUKCIJE

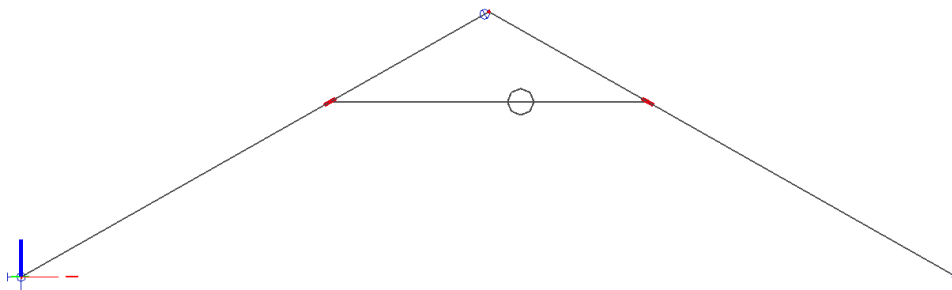
U nastavku će se prikazati unutarnje sile i progibi za model međukatne konstrukcije. Međukatnu konstrukciju ćemo pojednostavljeno prikazati pomoću proste grede.

6.1 Prikaz modela i rezultati proračuna

Kut nagiba krova prema horizontali iznosi 30° . Rogovi su paralelni u tlocrtu i nalaze se na međusobnom razmaku 60 cm. Provodi se pojednostavljeni proračun rogova u jednom karakterističnom presjeku (pozicija R7). Pretpostavke:

- geometrija modela izrađena je prema priloženim nacrtima
- nosači se modeliraju štapnim elementima dimenzija poprečnih presjeka prema priloženim nacrtima
- vezna gređica je za rogove vezana zglobno
- rogovi su međusobno vezani zglobno

Prikaz modela

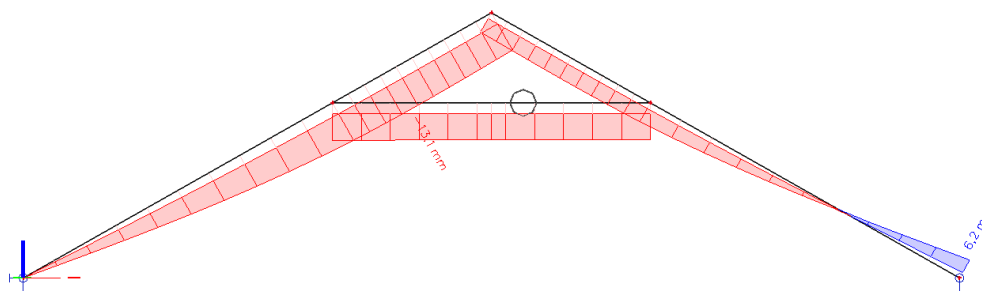


Slika br.50 Ravninski model krovne konstrukcije

Za proračun statičkog odgovora konstrukcije i izračun unutarnjih sila (momenti savijanja, poprečne i uzdužne sile) korišten je kompjutorski program ("SCIA"). Cilj ovog proračuna je prostorna stabilizacija konstrukcije.

Prikaz rezultata

1D deformations
 Values: u_z
 Linear calculation
 Combination: GSU
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Global
 Selection: All



Slika br.51 Progibi za GSU [mm]

Konstrukcija	w_{max}	w_2, w_3
krovišta	L/20 0	L/250
Prohodna krovišta	L/25 0	L/300
stropovi	L/25 0	L/300
stropovi/krovovi sa žbukom ili drugim krhkim završnim slojevima ili nesavitljivim pregradama	L/30 0	L/350
stropovi koje podupiru stupovi (osim ako je progib uzet u obzir u sklopu proračuna za granično stanje nosivosti)	L/40 0	L/500
kada w_{max} može narušiti izgled zgrade	L/25 0	–

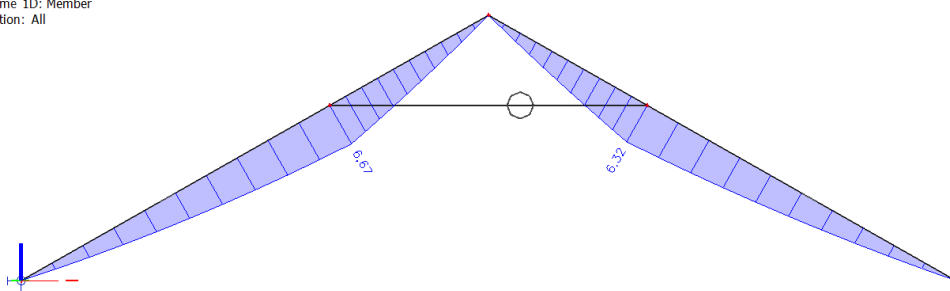
Tablica 7 ograničenje vertikalnih progiba za karakterističnu kombinaciju

Maksimalni progib: $U_{Zmax}=13,1$ mm

Dopušteni progib: $L=3400$ mm; $U_{Zdop}=L/200=3400/200=17$ mm

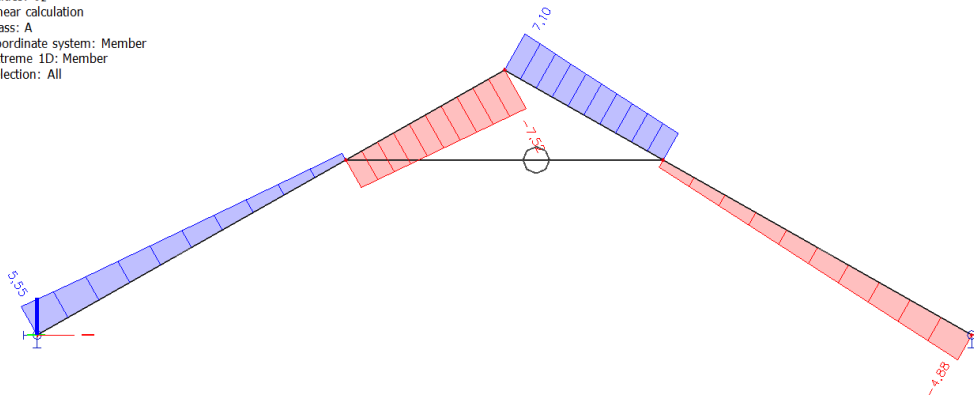
$$U_{Zmax}= 13,1 \text{ mm} < U_{Zdop}= 17 \text{ mm}$$

1D internal forces
 Values: M_y
 Linear calculation
 Class: A
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Member
 Selection: All



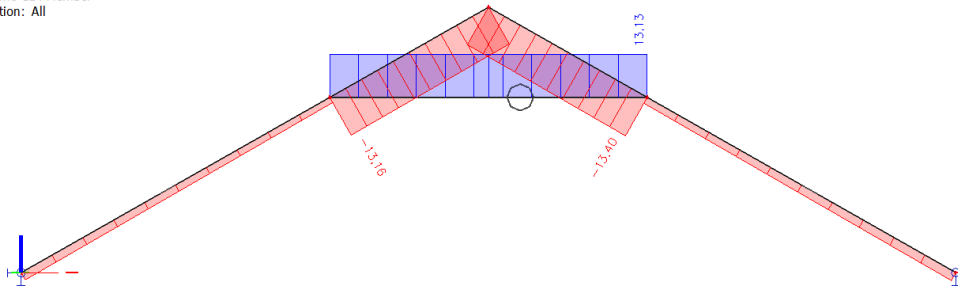
Slika br.52 Momenti savijanja M_{sd} [kNm] za anvelopu A (GSN1 i GSN2)

1D internal forces
 Values: V_z
 Linear calculation
 Class: A
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Member
 Selection: All



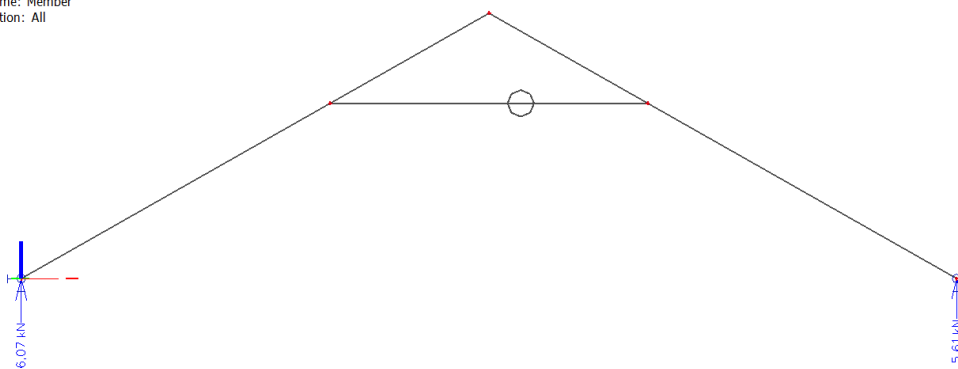
Slika br.53 Poprečne sile V_{sa} [kN] za anvelopu (GSN1 i GSN2)

1D internal forces
 Values: N
 Linear calculation
 Class: A
 Coordinate system: Member
 Extreme 1D: Member
 Selection: All

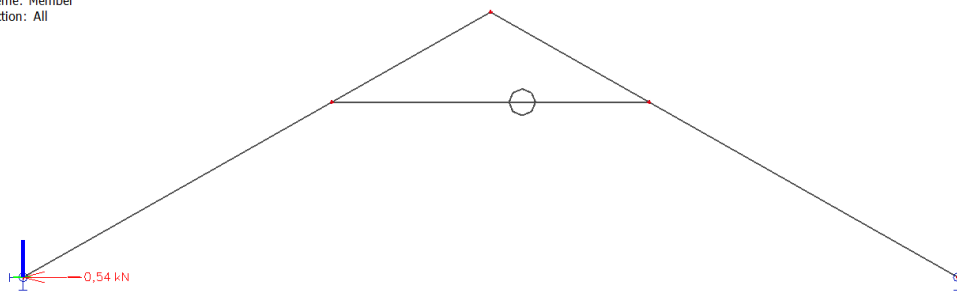


Slika br.54 Uzdužne sile N_{sa} [kN] za anvelopu (GSN1 i GSN2)

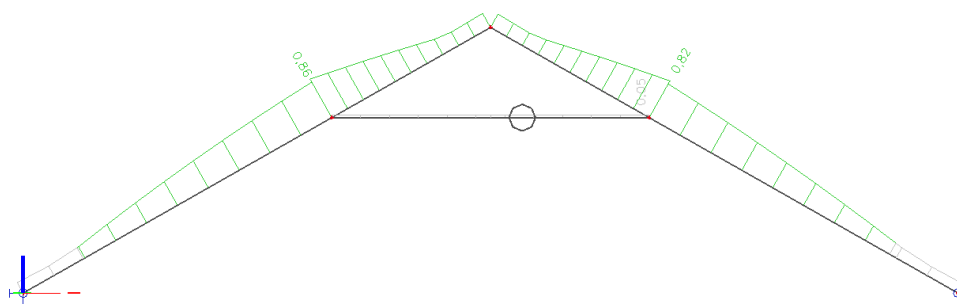
Reactions
 Values: R_z
 Linear calculation
 Class: A
 System: Global
 Extreme: Member
 Selection: All



Reactions
Values: R_x
Linear calculation
Class: A
System: Global
Extreme: Member
Selection: All



Slika br.55 Reakcije R_{sd} [kN] za anvelopu A (GSN1 i GSN2)



Slika br.56 Iskorištenost poprečnih presjeka [%]

6.2 Dimenzioniranje

Uporabna klasa 1

Kratkotrajno opterećenje

$$k_{\text{mod}} = 0.9$$

$$\gamma_M = 1.3$$

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od C24, Uporabne klase 1.

Karakteristične vrijednosti za ovu klasu:

$$f_{m,k} = 24.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2.70 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{mean} = 690 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Proračunske vrijednosti :

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{24.0}{1.3} = 16.6 \text{ N} / \text{mm}^2$$

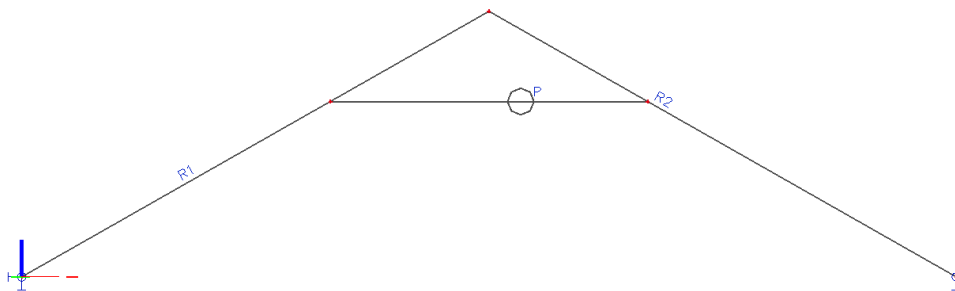
$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{2.70}{1.3} = 1.9 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{21.0}{1.3} = 14.5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{14.0}{1.3} = 9.7 \text{ N} / \text{mm}^2$$

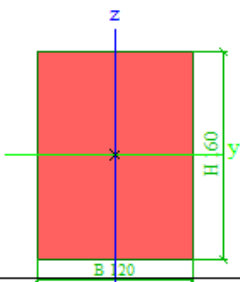
$$E_{0.05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11000 = 7333.33 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{0.05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 690 = 460 \text{ N} / \text{mm}^2$$



Slika br.57 Oznake presjeka

ROG

Name	rog	
Type	RECT	
Detailed	120; 160	
Item material	C24 (EN 338)	
Fabrication	timber	
Use 2D FEM analysis	<input checked="" type="checkbox"/>	
		
A [m ²]	1,9200e-02	
A _{y, z} [m ²]	1,6025e-02	1,6014e-02
I _{y, z} [m ⁴]	4,0960e-05	2,3040e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	4,5711e-09	4,9814e-05
W _{el} y, z [m ³]	5,1200e-04	3,8400e-04
W _{pl} y, z [m ³]	6,2738e-04	4,7054e-04
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	60	80
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,6000e-01	5,6000e-01
M _{ply} +, - [Nm]	1,32e+04	1,32e+04
M _{plz} +, - [Nm]	9,88e+03	9,88e+03

Slika br.58 Pretpostavljeni poprečni presjek i njegove karakteristične vrijednosti

Proračun sila u štapu: (najveće naprezanje u štapu R1)

$$M_{01,Ed} = 6,67kNm$$

$$N_{01,c,o,d} = -13,16kN$$

$$V_{01,Ed} = 7,52kN$$

DOKAZ STABILNOSTI ZA TLAK I MOMENT SAVIJANJA

$$M_{01,Ed} = 6,67kNm$$

$$N_{01,c,o,d} = -13,16kN$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{01,c,o,d} = \frac{N_{01,c,o,d}}{A_{01}} = \frac{13,16 \cdot 10^3}{192 \cdot 10^2} = 0,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{01,M,d} = \frac{M_{01,y,d}}{W_{01,y}} = \frac{6,67 \cdot 10^6}{512 \cdot 10^3} = 13,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{01,Ed}}{A_{01}} = 1,5 \cdot \frac{7,52 \cdot 10^3}{192 \cdot 10^2} = 0,59 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent izvijanja oko kraće osi:

$$l_{ef,y} = 1,75 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_i}{i_{min}} = \frac{1,03 \cdot 100}{0,289 \cdot 12} = 50,46$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{E_{0,05}}} = \frac{50,46}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21,0}{7333,33}} = 0,86$$

$$\beta_c = 0,2$$

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0,5[1 + 0,2(0,86 - 0,3) + 0,86^2] = 0,92$$

$$k_{01,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,86^2}} = 0,80$$

Budući da je $\frac{l_{ef}h}{b^2} = \frac{175 \cdot 16}{12^2} = 19,44 < 140$ uzimamo $k_m=1,0$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\sigma_{01,c,o,d}}{k_{01,c} \cdot f_{c,o,d}} + \frac{\sigma_{01,m,d}}{k_{01,m} \cdot f_{m,d}} = \frac{0,69}{0,80 \cdot 14,5} + \frac{13,03}{1,0 \cdot 16,6} = 0,84 < 1$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

Presjek zadovoljava iskoristivost 84%.

DOKAZ STABILNOSTI ZA POPREČNU SILU

$$V_{O1,v,d} = 7,52kN$$

Proračun naprezanja:

$$\tau_d = 1.5 \cdot \frac{V_{O1,Ed}}{A_{O1}} = 1.5 \cdot \frac{7,52 \cdot 10^3}{192 \cdot 10^2} = 0.59N/mm^2$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\tau_{O1,d}}{f_{v,d}} = \frac{0.59}{1.9} = 0.31 < 1$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

DOKAZ STABILNOSTI ZA VLAČU

Dokaz stabilnosti na vlačnu silu nije potreban jer se ne javlja vlačna sila.

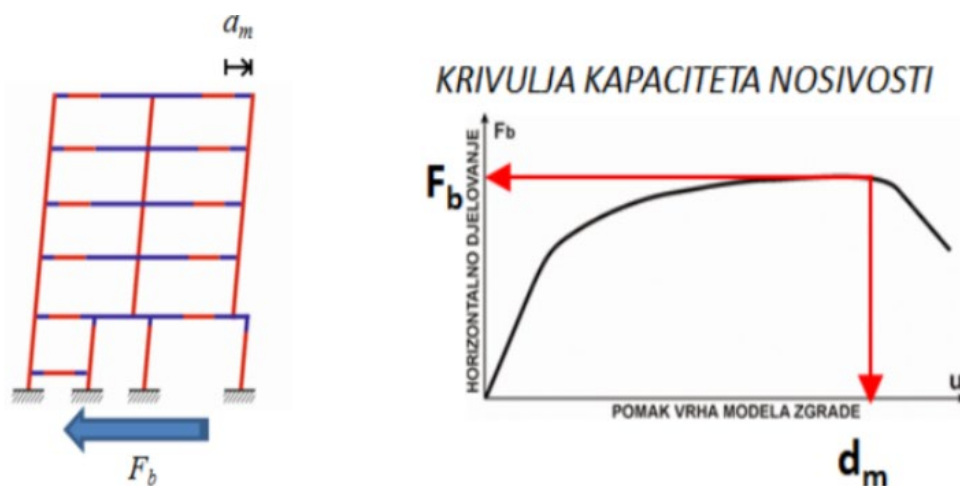
7. PRORAČUN ZIDOVA

7.1 Opis postupka metode naguravanja

Metoda naguravanja ili pushover metoda je nelinearna statička metoda proračuna novih ili postojećih objekata. Glavni je princip metode da se prati odgovor sustava za rastuću horizontalnu silu uz konstantno vertikalno opterećenje. Potresna otpornost sustava se može odrediti iz dobivenog odnosa horizontalne sile i referentnog pomaka. Usporedbom deformabilne sposobnosti konstrukcije sa zahtjevanim stupnjem deformabilnosti pod utjecajem normiranog potresnog djelovanja moguće je odrediti sigurnost objekta u odnosu na potres. Pri provođenju analize dopušteno je primjeniti nelinearni model pri čemu se za pojedinačne strukturne elemente pretpostavlja bilinearno, linearno elastično, idealno plastično ponašanje.

Potresno opterećenje se inkrementalno nanosi na sustav koji je prethodno u potpunosti opterećen na vertikalna djelovanja. Na ovaj način, simuliraju se inercijalne sile koje se javljaju u sustavu prilikom potresnog opterećenja. Povećavanjem inkrementalnog opterećenja dolazi do otkazivanja pojedinih elemenata konstrukcije, što uzrokuje smanjenje krutosti sustava.

Metoda je nastala na temelju postupaka za projektiranje i saniranje oštećenih građevina, koji sadrže inženjerske koncepte osnovane na ponašanju konstrukcije.



Slika br.59 Prikaz višestupnjevnog sustava sa poprečnom silom u razini temelja i krivulja kapaciteta nosivosti [9]

Ocjena otpornosti na potres daje se na temelju praćenja jednog karakterističnog čvora – kontrolnog čvora. Kontrolni čvor je najčešće centar masa najvišeg kata. Na osnovu putanje

kontrolnog čvora konstruira se krivulja nosivosti iz koje se može ocijeniti potresna otpornost sustava.

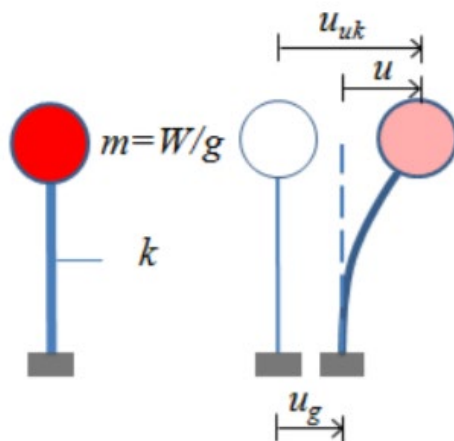
Metoda naguravanja se provodi prema sljedećim koracima:

- određivanje spektralnog ubrzanja iz elastičnog spektra odgovora jednostupnjevnog sustava,
- određivanje pseudosile iz spektralnog ubrzanja, te određivanje odnosa spektralnog ubrzanja i spektralnog pomaka,
- određivanje ciljanog pomaka jednostupnjevnog sustava,
- transformacija višestupnjevnog sustava u idealizirani jednostupnjevni sustav,
- određivanje idealiziranog (ekvivalentnog) elastoplastičnog dijagrama,
- određivanje perioda idealiziranog (ekvivalentnog) sustava,
- određivanje ciljanog pomaka idealiziranog (ekvivalentnog) sustava,
- određivanje ciljanog pomaka višestupnjevnog sustava.

Kad govorimo o potrebama proračuna, sustave možemo podijeliti na: jednostupnjevne i višestupnjevne.

Jednadžba gibanja JS modela:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g$$

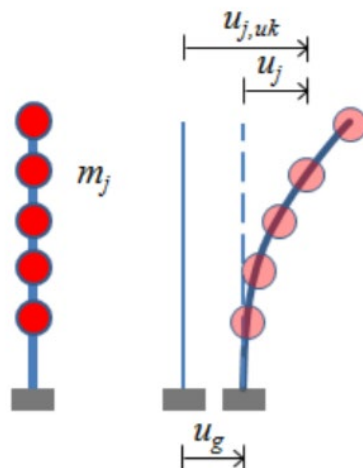


Slika br.60 Jednostupnjevni model – jednostupnjevni sustav [9]

gdje su : u_g - pomaci tla pri seizmičkom djelovanju, u - relativni pomaci, u_{uk} - ukupni pomaci, m – masa, k – krutost, c - prigušenje.

Jednadžba gibanja VS modela:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g$$



Slika br.61 Jednostupnjevni model – jednostupnjevni sustav[9]

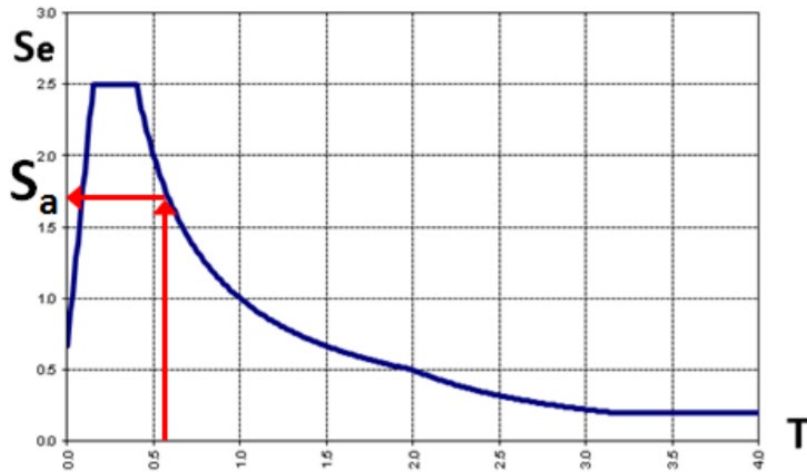
gdje su : u_g –pomaci tla pri seizmičkom djelovanju, u_j - relativni pomaci, $u_{j,uk}$ - ukupni pomaci, m_j – matrica masa, c – prigušenje, k – matrica krutosti.

Osnovno fizikalno svojstvo svakog sustava je njegova vlastita frekvencija. Ona je u vezi s masom i krutosti. Ukoliko na je poznata vlastita frekvencija možemo odrediti i vlastiti period JS sustava.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} - \text{kružna frekvencija}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} - \text{vlastiti period}$$

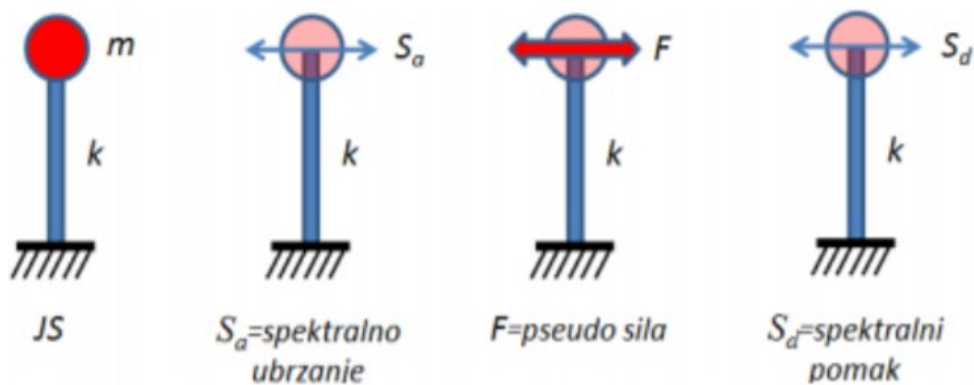
Iz prethodno navedenih izraza može se zaključiti da je vlastiti period sustava također fizikalna karakteristika sustava koja je određena masom i krutošću sustava. Ovisno o vlastitom periodu sustava razlikuju se pomaci i ubrzanja koja će JS doživjeti pod utjecajem ubrzanja tla u_g . To se može vidjeti u elastičnom spektru odgovora, gdje je prikazana ovisnost ubrzanja JS- a u odnosu na vlastiti period T. Iz poznatog vlastitog perioda sustava lako se može odrediti spektralno ubrzanje.



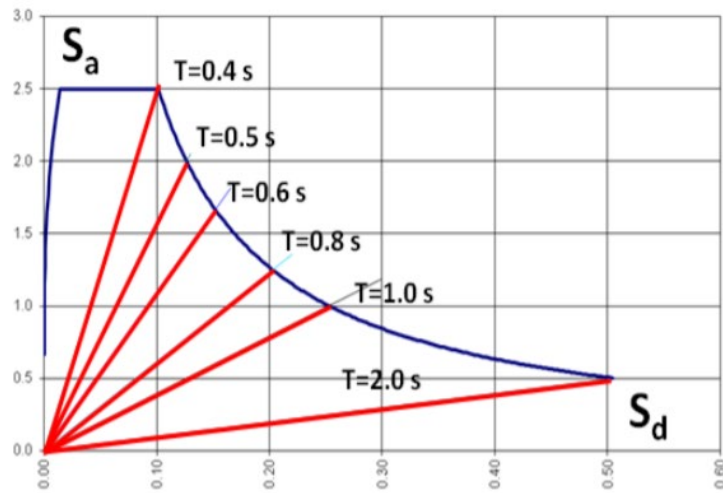
Slika br.62 Određivanje spektralnog ubrzanja na temelju poznatog vlastitog perioda [9]

Iz poznatog spektralnog ubrzanja može se odrediti pseudosila $F = m S_a$ koja je jednaka umnošku mase JS-a i spektralnog ubrzanja. Pseudosilu F može se prikazati i na sljedeći način: $S_d F = k \cdot$, tj. kao produkt krutosti JS-a i spektralnog pomaka S_d . Sad se lako može odrediti odnos između spektralnog ubrzanja i spektralnog pomaka na temelju sljedećeg izraza:

$$S_d = \frac{F}{k} = m S_a \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{S_a T^2}{4\pi^2}$$



Slika br.63 Shematski prikaz određivanja spektralnog pomaka [9]

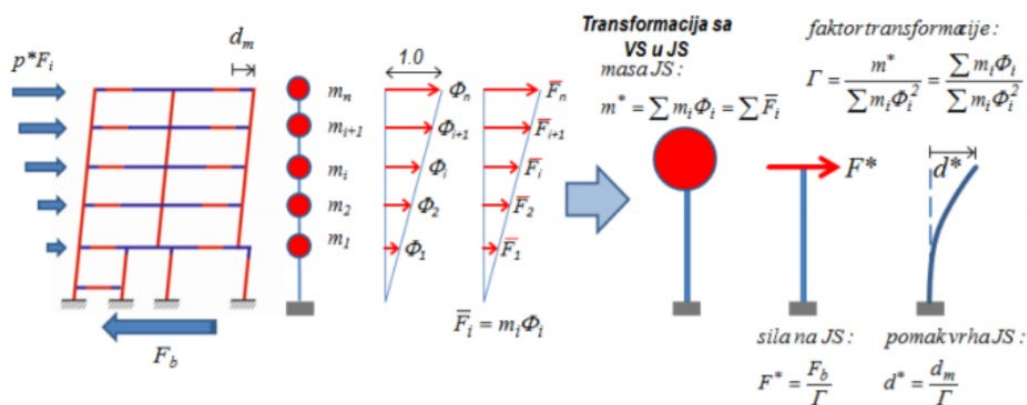


Slika br.64 Različiti periodi su predstavljeni pravcima [9]

Kao što je prikazano na prethodnoj slici, svaki period je predstavljen pravcem koji počinje u ishodištu koordinatnog sustava i čiji je nagib jednak:

$$\frac{S_a}{S_d} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

Potrebno je za kontrolni čvor sustava konstruirati krivulju putanje uslijed inkrementalnog povećanja horizontalnog opterećenja za određivanje ciljanog pomaka. Sve se to odnosi na jednostupnjevne sustave. Budući se realne konstrukcije tretiraju kao višestupnjevni sustavi, potrebno je sve svesti na ekvivalentne jednostupnjevne sustave. Transformacija se vrši na sljedeći način:



Slika br.65 Shematizirani prikaz transformacije višestupnjevnog sustava u ekvivalentni jednostupnjevni [9]

Pretpostavlja se sljedeća veza između normalizirane horizontalne sile \bar{F}_i i normaliziranog pomaka Φ_i :

$$\bar{F}_i = \mathbf{m}_i * \Phi_i,$$

gdje je m_i masa i-tog kata.

Pomaci se normaliziraju tako što se postavi da je $\Phi_n = \mathbf{1}$, gdje je n kontrolni čvor (uobičajeno se n odnosi na krovnu razinu).

Posljedica toga je izraz:

$$\bar{F}_n = \mathbf{m}_n.$$

Masa ekvivalentnog jednostupnjevnog sustava se određuje na sljedeći način:

$$\mathbf{m}^* = \Sigma \mathbf{m}_i * \Phi_i = \Sigma \bar{F}_i,$$

pri čemu su m^* - masa ekvivalentnog JS-a, a Γ - transformacijski faktor:

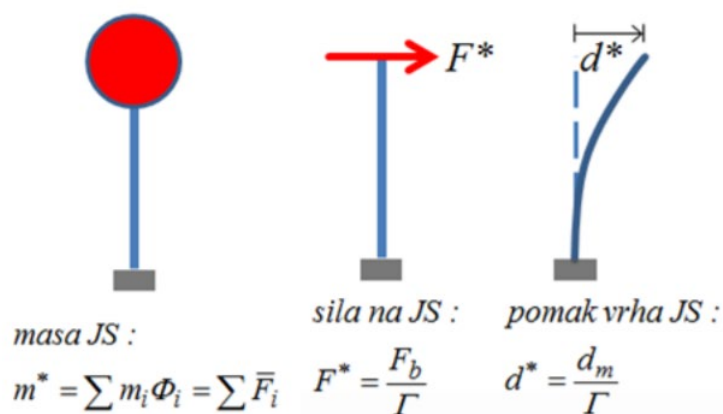
$$\Gamma = \frac{\mathbf{m}^*}{\Sigma \mathbf{m}_i * \Phi_i^2} = \frac{\Sigma \bar{F}_i}{\Sigma \left(\frac{\bar{F}_i^2}{\mathbf{m}_i} \right)}$$

Iz ovih izraza može se zaključiti da u masi ekvivalentnog JS- a najviše sudjeluju mase VS-a koje su pri vrhu sustava jer imaju najveće pomake, dok najmanje sudjeluju mase pri dnu sustava koje imaju najmanje pomake.

Nadalje, sila i pomak ekvivalentnog JS-a se određuju na sljedeći način:

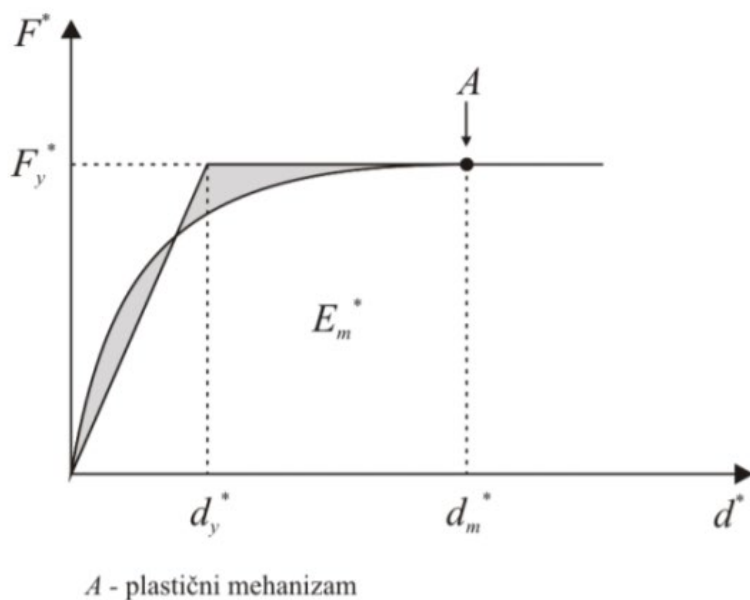
$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma}; \quad d^* = \frac{d_n}{\Gamma},$$

gdje su F_b - poprečna sila pri bazi i d_n - pomak kontrolnog čvora VS-a.



Slika br.66 Prikaz ekvivalentnog jednostupnjevnog sustava sa silom F^* i pomakom d^* [9]

Sila tečenja F_y^* predstavlja maksimalnu nosivost idealiziranog sustava i jednaka je poprečnoj sili pri bazi, pri formiranju plastičnog mehanizma. Početna krutost idealiziranog sustava se određuje na način da površine ispod stvarne i idealizirane krivulje sila-pomak budu jednake, tj. pod pretpostavkom očuvanja ukupne energije sustava.

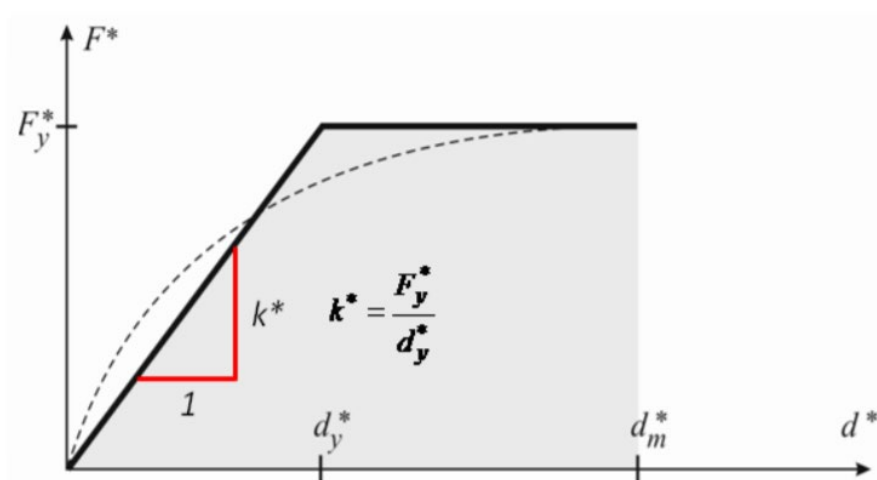


Slika br.67 Određivanje idealnog elasto-plastičnog dijagrama [9]

Temeljem ove pretpostavke, pomak plastifikacije idealiziranog JS-a d_y^* je dat izrazom:

$$d_y^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right),$$

gdje je E_m^* - energija deformacije do formiranja plastičnog mehanizma, d_y^* - točka aproksimacije pojave plastičnog zgloba, a A - točka pojave mehanizma.



Slika br.68 Prikaz početne krutosti idealiziranog JS-a [9]

Kao što se može vidjeti na slici, početna krutost idealiziranog JS-a je jednaka omjeru sile tečenja F_y^* i pomaka plastifikacije idealiziranog JS-a. Stoga se period idealiziranog ekvivalentnog JS-a može odrediti kao:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}}$$

Nakon što se odredi period idealiziranog ekvivalentnog JS-a, preostaje još odrediti ciljani pomak ekvivalentnog JS-a. Ciljani pomak konstrukcije perioda T^* i neograničenog elastičnog ponašanja se određuje pomoću izraza:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2,$$

gdje je $S_e(T^*)$ elastični spektar ubrzanja za period T^* .

Za određivanje ciljanog pomaka d_t^* kod konstrukcija u području malih perioda i kod konstrukcija u području srednjih i većih perioda primjenjuju se različiti izrazi. Period koji dijeli male od srednjih perioda je period T_C .

$T < T_C^*$ (područje malih perioda)

Ako je $F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$, odgovor je linearan te slijedi:

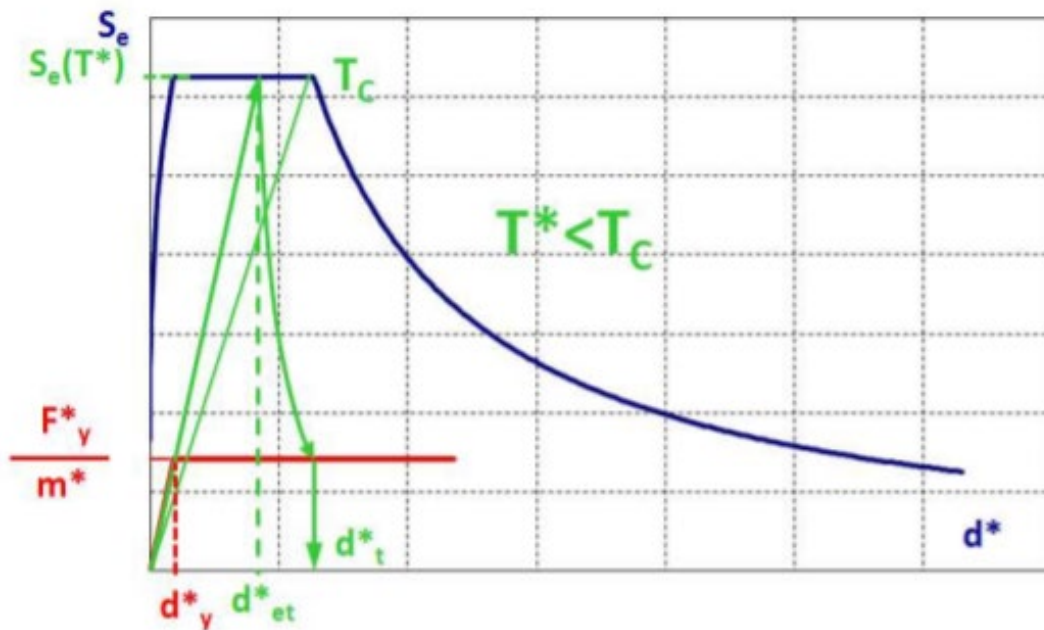
$$d_t^* = d_{et}^*.$$

Ako je $F_y^*/m^* < S_e(T^*)$, odgovor je nelinearan te slijedi:

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \left(1 + (q_u - 1) \frac{T_C}{T^*} \right) \geq d_{et}^*$$

gdje je q - omjer ubrzanja u konstrukciji s neograničenim elastičnim ponašanjem $S_e(T^*)$ i u konstrukciji s ograničenom čvrstoćom F_y^*/m^* .

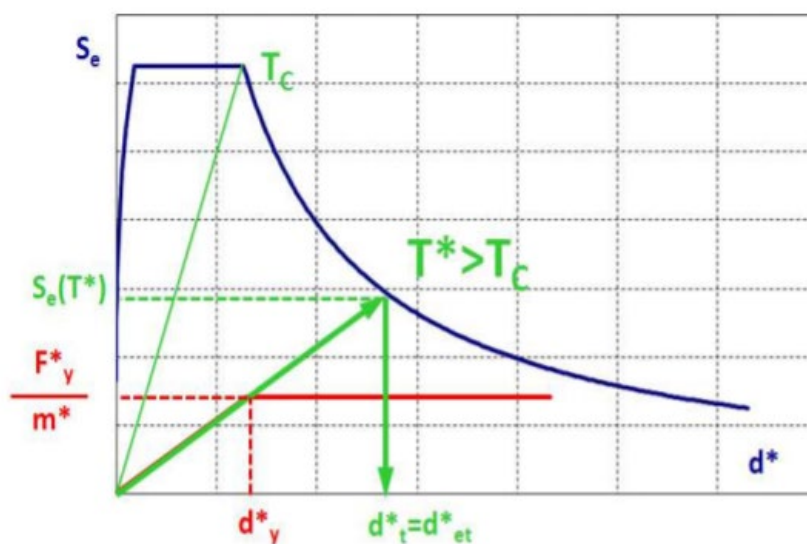
$$q_u = \frac{S_e(T^*) m^*}{F_y^*}$$



Slika br.69 Grafički prikaz određivanja ciljanog pomaka za područje malih perioda [9]

$T \geq T_c$ (srednji i veliki periodi)

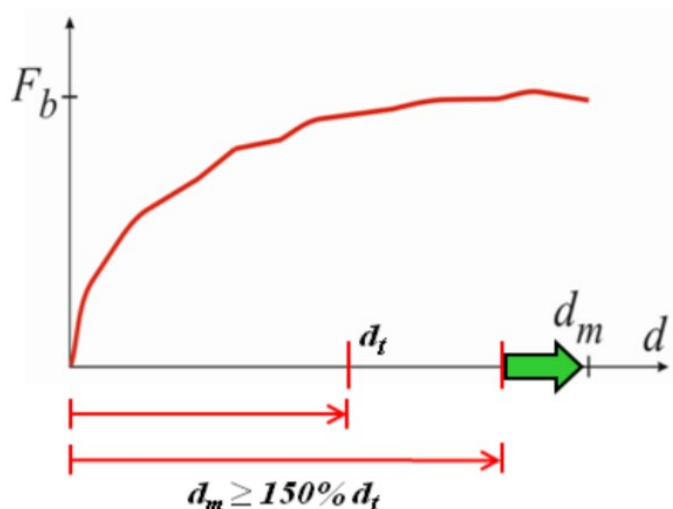
$$d_t^* = d_{et}^*, \text{ uz uvjet } d_t \leq 3 * d_{et}^*.$$



Slika br.70 Grafički prikaz određivanja ciljanog pomaka za područje srednjih i velikih perioda [9]

Preostaje još odrediti ciljani pomak VS-a. On se lako može odrediti pomoću faktora transformacije, kao produkt ciljanog pomaka idealiziranog ekvivalentnog JS-a i faktora transformacije: $d_t = \Gamma d_t^*$

Ciljani pomak se odnosi na kontrolni čvor.



Slika br.71 Grafički prikaz rezerve nosivosti izražene kroz ciljani pomak [9]

Ciljani pomak kod dokazivanja graničnog stanja nosivosti predstavlja onaj pomak vrha konstrukcije koji se očekuje za zadani potres i svojstva konstrukcije. Smatra se da konstrukcija zadovoljava GSN ako je pomak vrha konstrukcije pred kolaps barem 150% veći od ciljanog pomaka.

7.2 Proračun po metodi naguravanja

Proračun metodom naguravanja napravljen je u programu „AmQuake“ koji kombinirajući metodu ekvivalentnog okvira i metodu naguravanja provodi dokaz potresne otpornosti. Napravljen je model za predmetnu kuću, sa tri etaže, tlocrtno pravokutnu, dimenzija 9,9 m x 5,9 m. Debljina međukatne ploče iznosi 20 cm. Svijetla visina prve i druge etaže iznosi 2,4 m, a visina treće je uzeta ako srednja vrijednost i iznosi 1,9 m. Što daje ukupnu visinu objekta od 7,3 m.

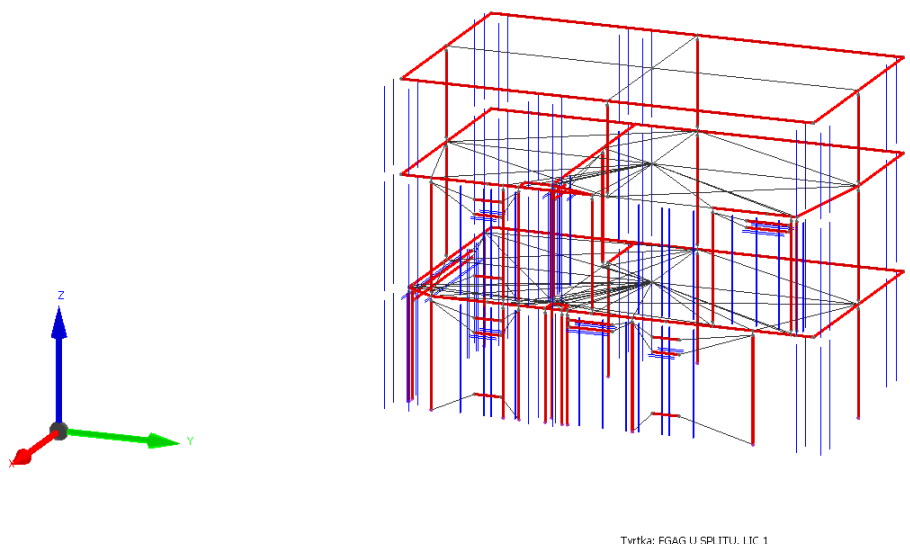
Na rezultate proračuna utječu postavke vezane za mrežu konačnih elemenata, pa je zato potrebno s posebnom pozornošću odabrati pojedine opcije u programu.

Osnovna ideja leži u modeliranju svih nosivih elemenata 1D grednim elementima. To se

odnosi na vertikalne i horizontalne elemente poput zidova, vertikalnih serklaža, horizontalnih serklaža, nadvoja nad vratima i sl.

Iduća pretpostavka odnosi se na međukatnu konstrukciju, koja je u svojoj ravnini beskonačno kruta, dok je izvan te ravnine njena krutost zanemariva.

Provedba navedenog modela i nelinearnog proračuna zahtijeva upotrebu kvalitetne mreže KE, te prikladno modeliranje krutih veza između grednih elemenata.



Slika br.72 Prikaz mreže konačnih elemenata za proračunsku konstrukciju

Potresni parametri

Potresno područje 0

Kategorija tla:: A

Tip spektra: 1

Omjer prigušenja : 5,000

Najveće ubrzanje: 3,000

Ubrzanje ua GSU: 1,500

Faktor tla (S):: 1,000

Period B: 0,100

Period C: 0,400

Period D: 2,000

Dinamički amplif. faktor beta0: 2,500

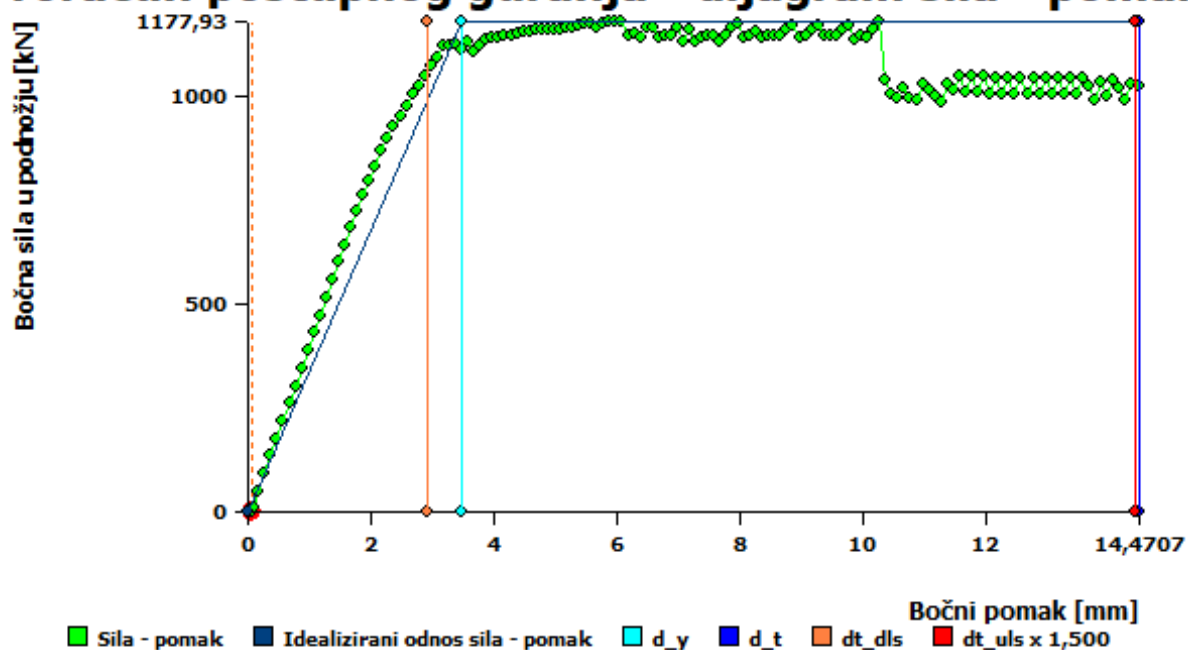
Rezultati proračuna postupnog naguravanja

Jednoliko opterećenje – smjer X

Ciljani pomak za GSU [mm]: = dt_dls	2,944
GSU kapacitet [mm]	13,671
Ciljani pomak za GSN x 1,50 [mm] = dt_uls x 1,50:	14,411
GSN - kapacitet [mm] = d_t	14,471
Zaliha sigurnosti DLS [%]	78,465
Zaliha sigurnosti ULS [%]	0,413
Max pogreška [%]	0,971
Kat	3
RShift	0,00494
Dls Kriterij	4,644
RShift Kriterij	0,989
Uls Kriterij	1,004
Dls Korak Id	138
Uls Korak Id	146
Period T Norm.	0,157
Max referentno ubrzanje tla [m/s ²]	3,008
Duktilnost	5,209
Faktor prekoračenja čvrstoće	1,635
Elastic displacement [mm] = d_y	3,474

Tablica 8 Sažetak

Proračun postupnog guranja - dijagram sila - pomak



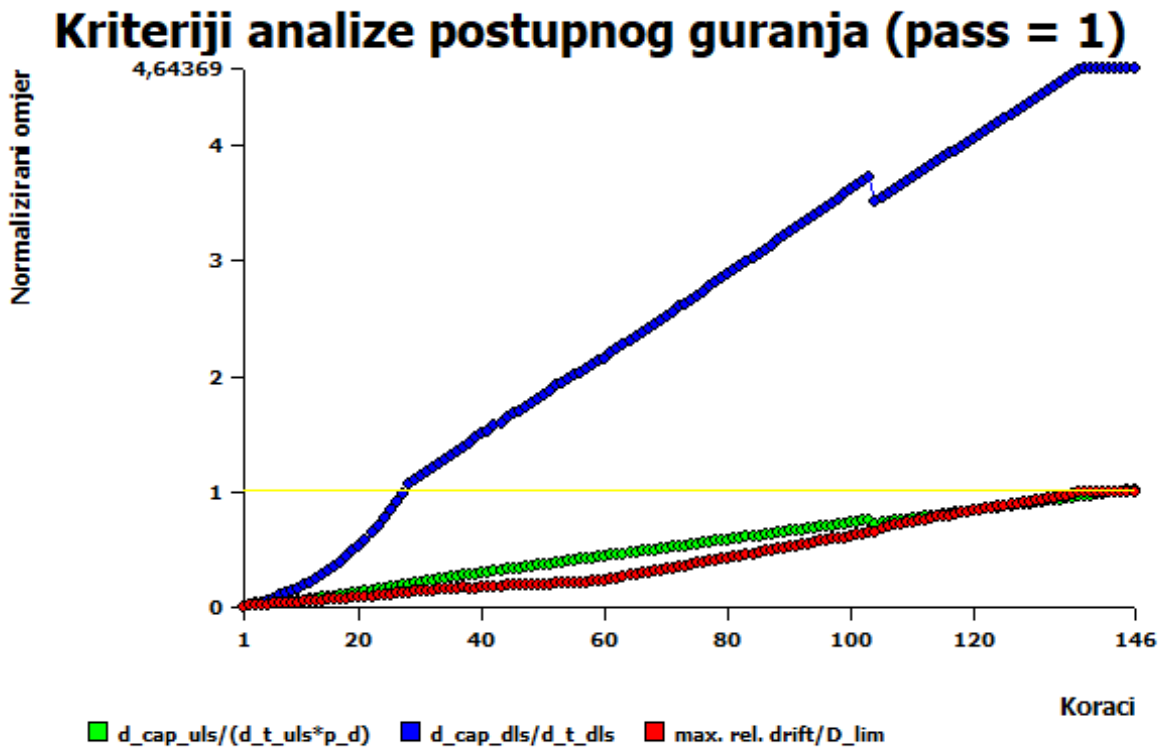
Slika br.73 Proračun postupnog guranja, dijagram sila – pomak

(2) X+, exc. pos, tri	
Ciljani pomak za GSU [mm]:	2,944
Kapacitet za GSU [mm]:	13,671
Granično stanje uporabljivosti	Ispravno
Ciljani pomak za GSN x 1,50	14,411
Kapacitet za GSN [mm]:	14,471
Granično stanje nosivosti:	Ispravno

Slika br.74 Rezultati proračuna, jednoliko opterećenje, smjer X

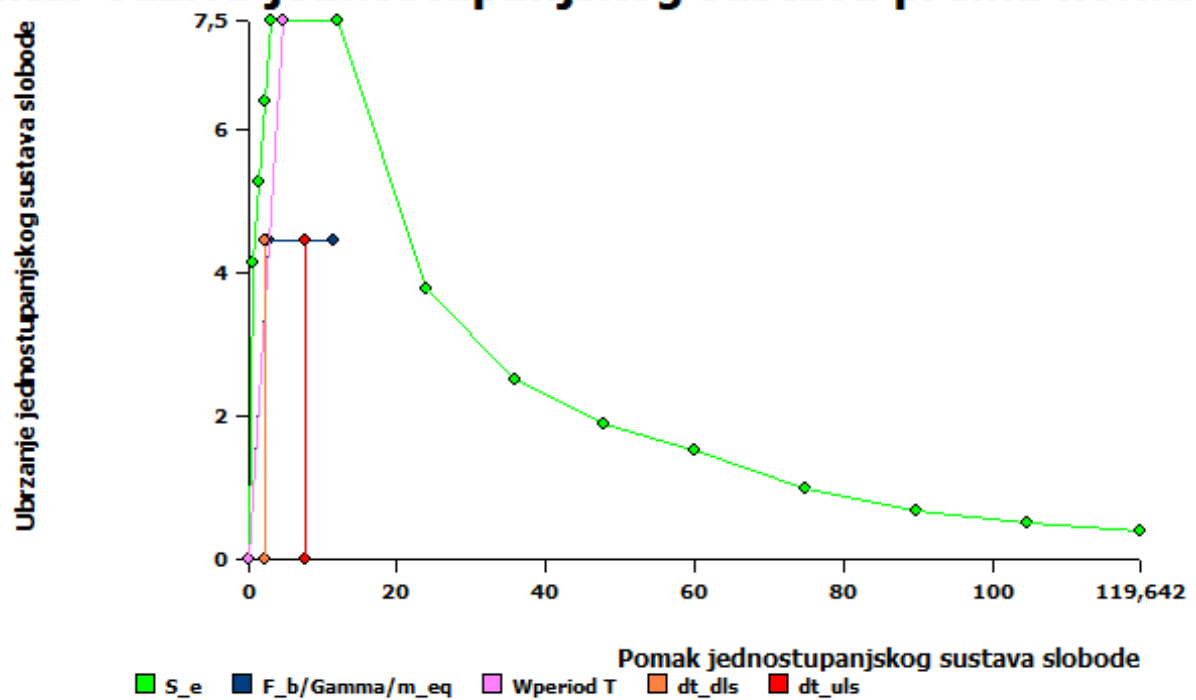
Iz dobivenih rezultata, za smjer X, vidi se da ciljani pomak za granično stanje uporabljivosti (GSU) iznosi 2,944 mm, dok kapacitet za GSU iznosi 13,671 mm što znači da proračunska konstrukcija zadovoljava granično stanje uporabljivosti.

Ciljani pomak pomnožen s faktorom 1,50 za granično stanje nosivosti (GSN) iznosi 14,411 mm, dok kapacitet za GSN iznosi 14,471 mm što znači da proračunska konstrukcija zadovoljava i granično stanje nosivosti.

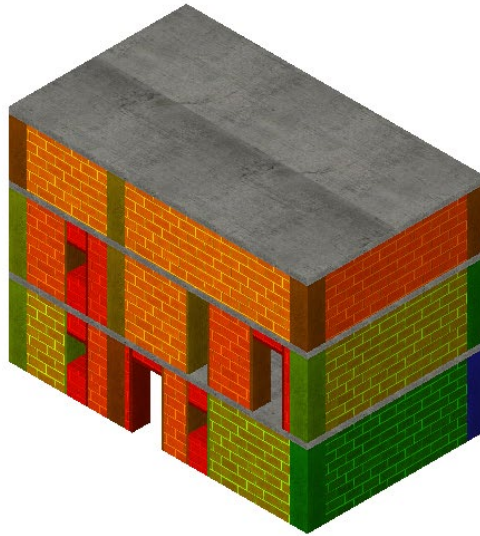
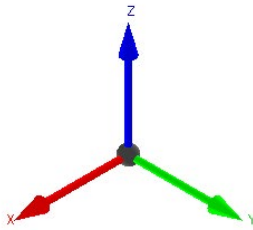
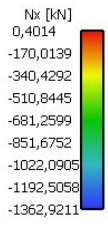


Slika br.75 Kriterij analize postupnog guranja, kapacitet – ciljani dijagram

ktar odziva jednostupanjskog sustava prema norm.

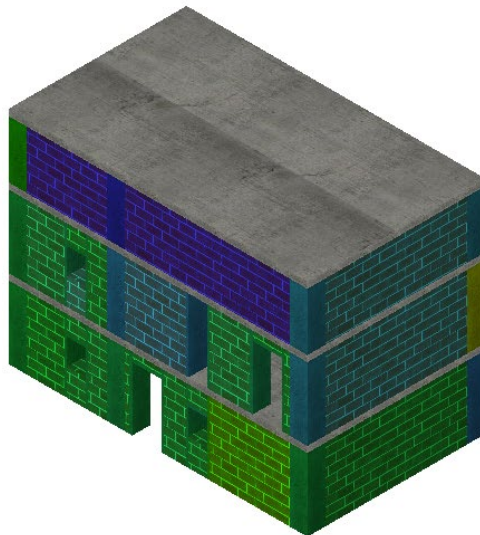
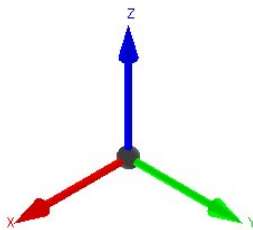
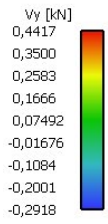


Slika br.76 Spektar odziva jednostupnjevnog sustava prema norm pomaku



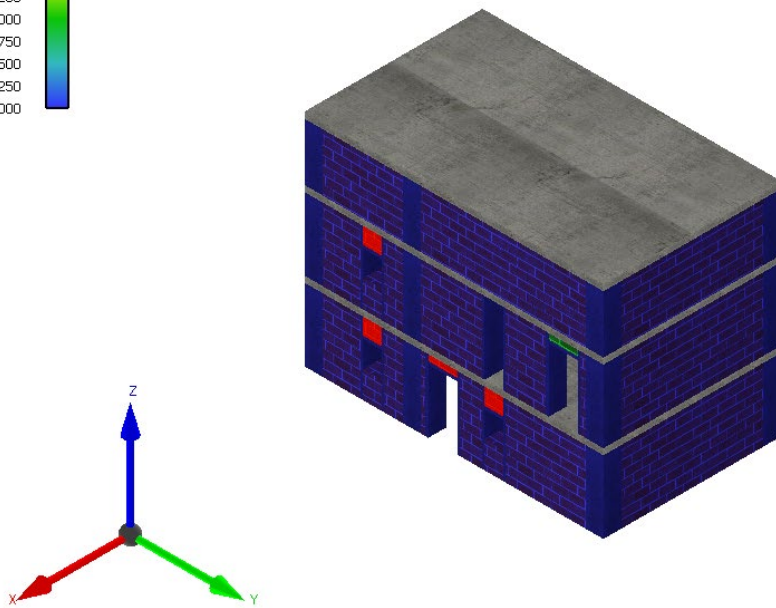
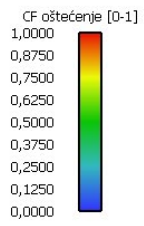
Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.77 Uzdužne sile N



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

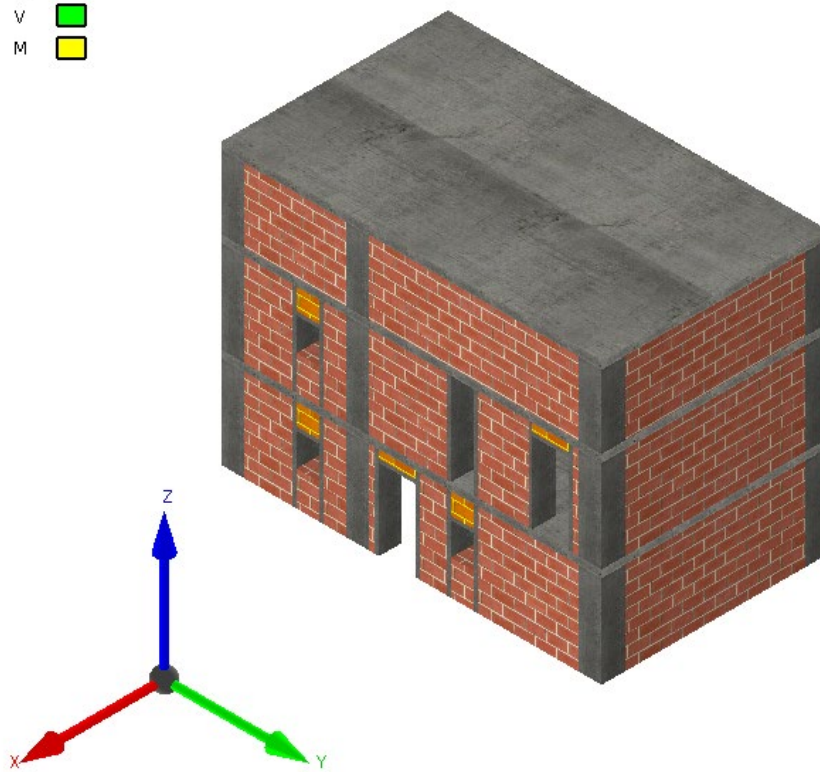
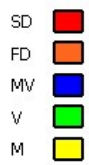
Slika br.78 Poprečne sile Vy



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.79 pregled oštećenja

Status oštećenja



Slika br.80 status oštećenja

Stanje oštećenja:

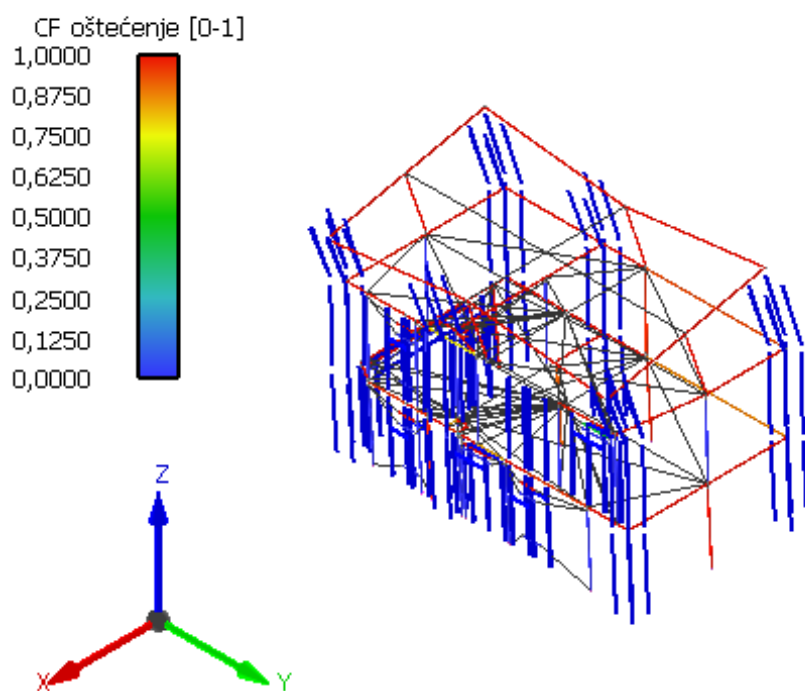
SD= slom uslijed posmika

FD= slom savijanjem

MV= plastifikacija uslijed momenta i poprečne sile

V= dosegnuta nosivost na poprečnu silu

M= dosegnuta nosivost na moment savijanja



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

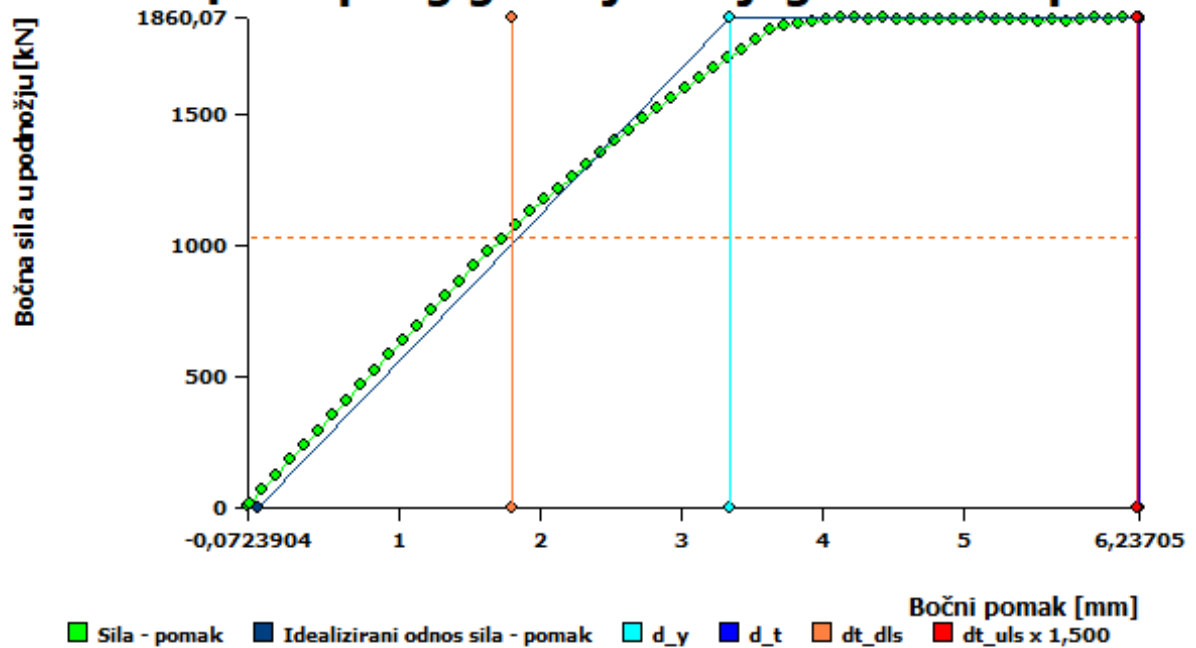
Slika br.81 Oštećenje u zadnjem koraku, deformacija

Jednoliko opterećenje – smjer y

Ciljani pomak za GSU [mm]: = dt_dls	1,799
GSU kapacitet [mm]	6,237
Ciljani pomak za GSN x 1,50 [mm] = dt_uls x 1,50:	6,227
GSN - kapacitet [mm] = d_t	6,237
Zaliha sigurnosti DLS [%]	71,161
Zaliha sigurnosti ULS [%]	0,168
Max pogreška [%]	0,710
Kat	2
RShift	0,00148
Dls Kriterij	3,468
RShift Kriterij	0,295
Uls Kriterij	1,002
Dls Korak Id	65
Uls Korak Id	65
Period T Norm.	0,123
Max referentno ubrzanje tla [m/s ²]	3,002
Duktilnost	2,327
Faktor prekor. čvrstoće	2,170
Elastic displacement [mm] = d_y	3,351

Tablica 9 Sažetak

Proračun postupnog guranja - dijagram sila - pomak

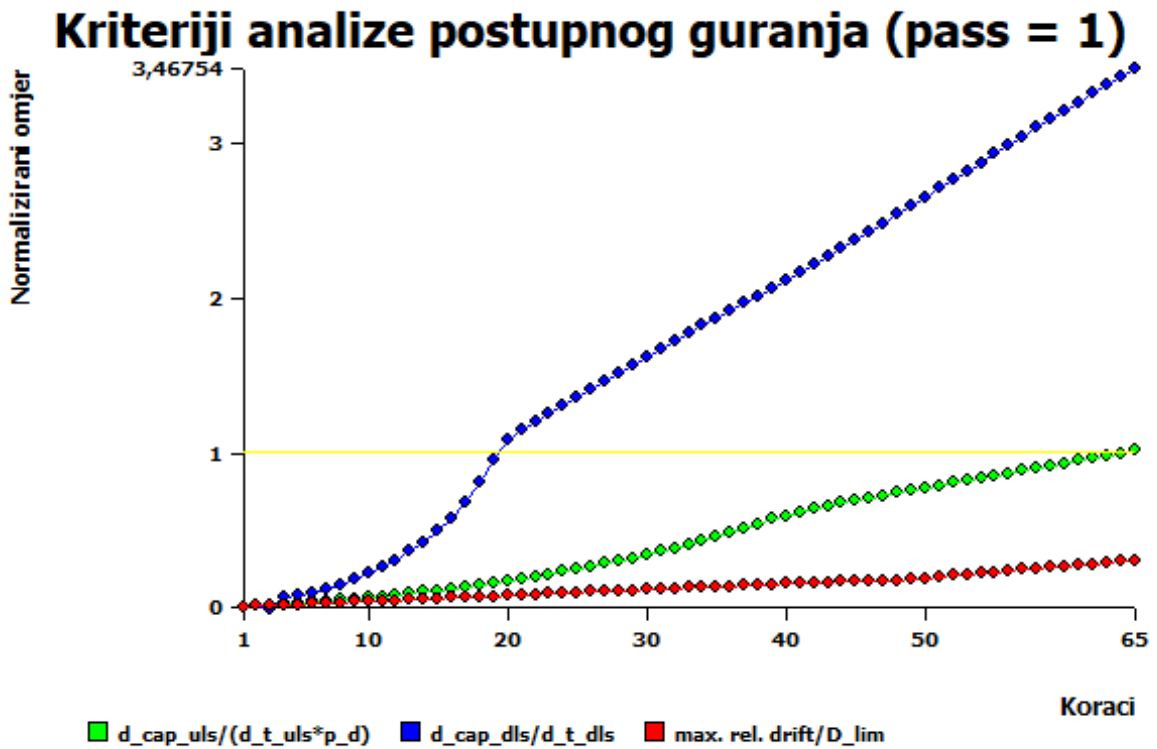


Slika br.82 Proračun postupnog guranja, dijagram sila – pomak

(10) Y+, exc. pos, tri	
Ciljani pomak za GSU [mm]:	1,799
Kapacitet za GSU [mm]:	6,237
Granično stanje uporabljivosti	Ispravno
Ciljani pomak za GSN x 1,50	6,227
Kapacitet za GSN [mm]:	6,237
Granično stanje nosivosti:	Ispravno

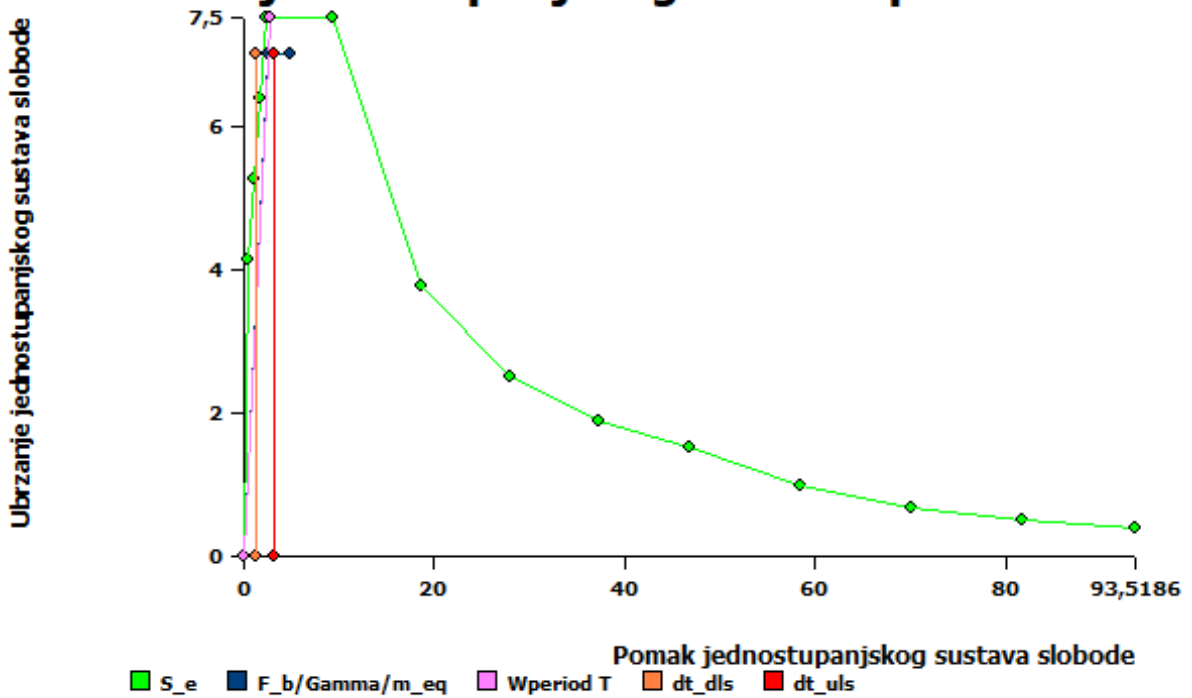
Slika br.83 Rezultati proračuna jednoliko opterećenje, smjer Y

Za smjer Y ciljani pomak za granično stanje uporabljivosti (GSU) iznosi 1,799 mm, dok kapacitet za GSU iznosi 6,237 mm što znači da proračunska konstrukcija zadovoljava granično stanje uporabljivosti. Ciljani pomak pomnožen s faktorom 1,50 za granično stanje nosivosti (GSN) iznosi 6,227 mm, dok kapacitet za GSN iznosi 6,237 mm što znači da proračunska konstrukcija zadovoljava i granično stanje nosivosti.

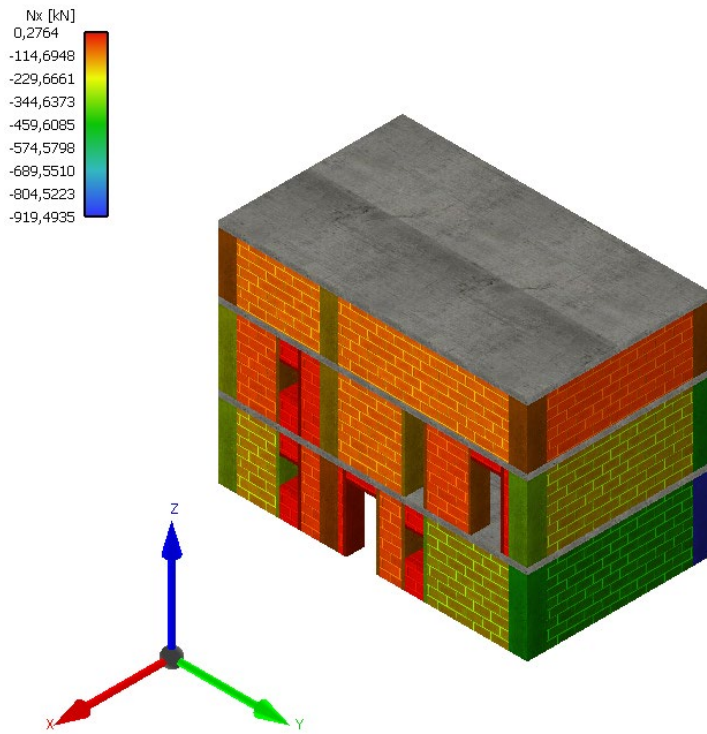


Slika br.84 Kriterij analize postupnog guranja, kapacitet – ciljani dijagram

ktar odziva jednostupanjskog sustava prema norm.

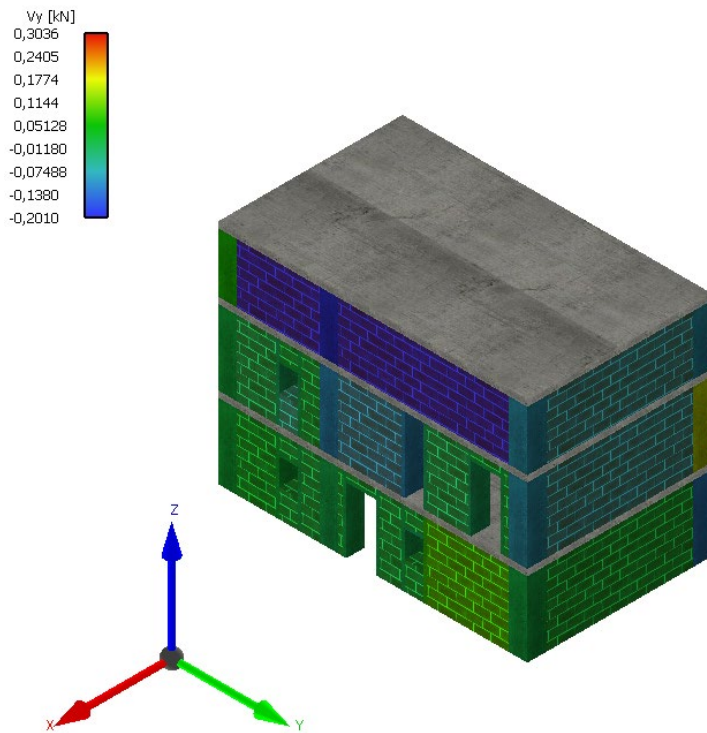


Slika br.85 Spektar odziva jednostupnjevnog sustava prema norm pomaku



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

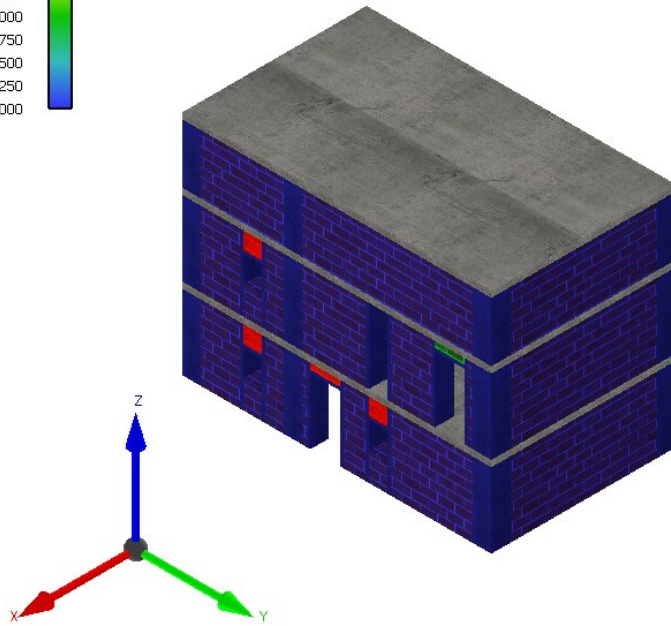
Slika br.86 Uzdužne sile N



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.87 Poprečne sile Vy

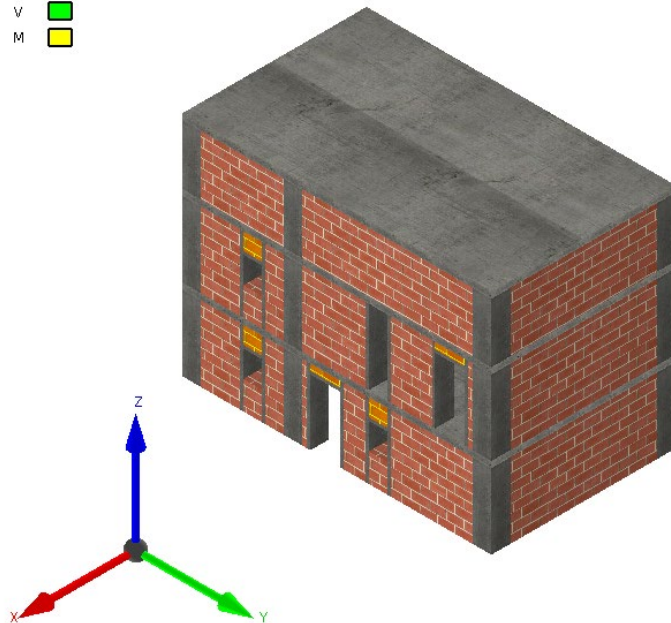
CF oštećenje [0-1]
 1,0000
 0,8750
 0,7500
 0,6250
 0,5000
 0,3750
 0,2500
 0,1250
 0,0000



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.88 pregled oštećenja

Status oštećenja
 SD ■
 FD ■
 MW ■
 V ■
 M ■



Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.89 status oštećenja

STANJE OŠTEĆENJA:

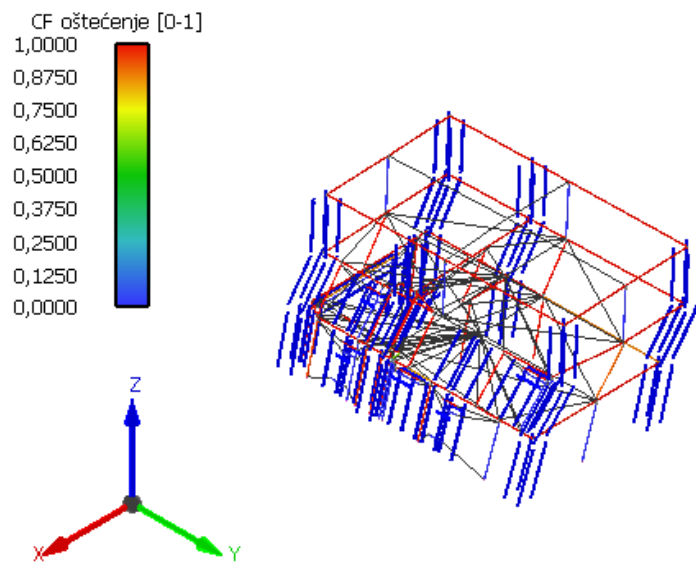
SD= slom uslijed posmika

FD= slom savijanjem

MV= plastifikacija uslijed momenta i poprečne sile

V= dosegnuta nosivost na popreču silu

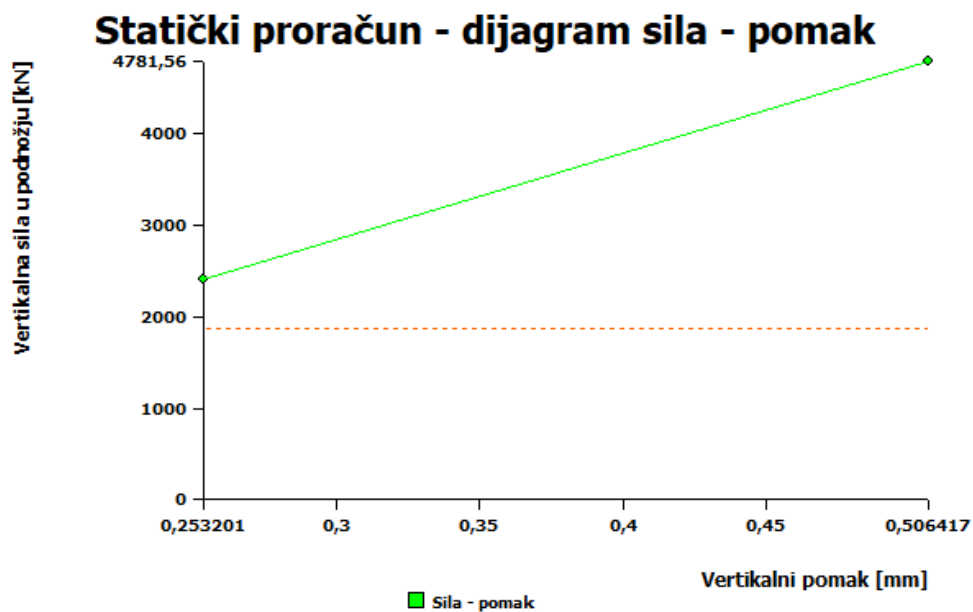
M= dosegnuta nosivost na moment savijanja



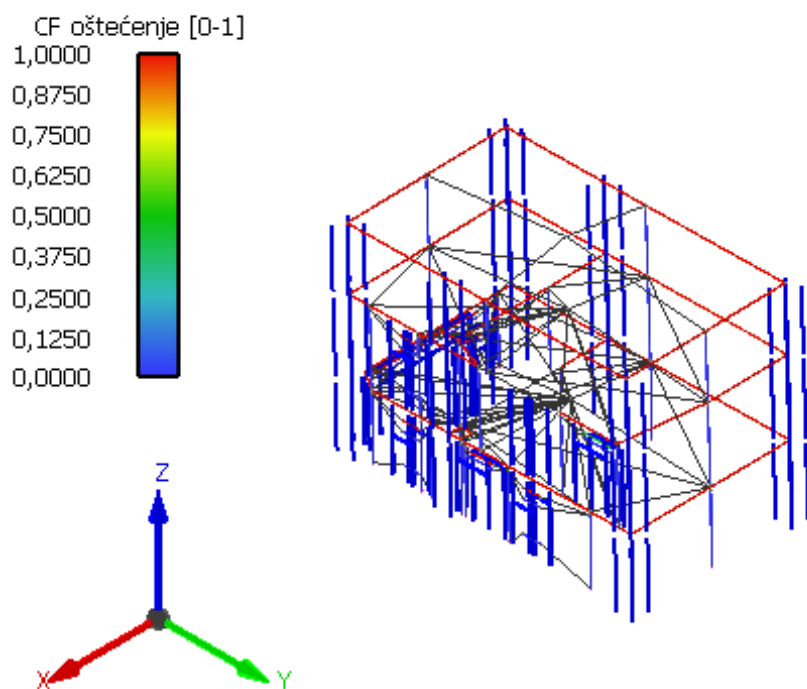
Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.90 Oštećenje u zadnjem koraku, deformacija

Proračun statika

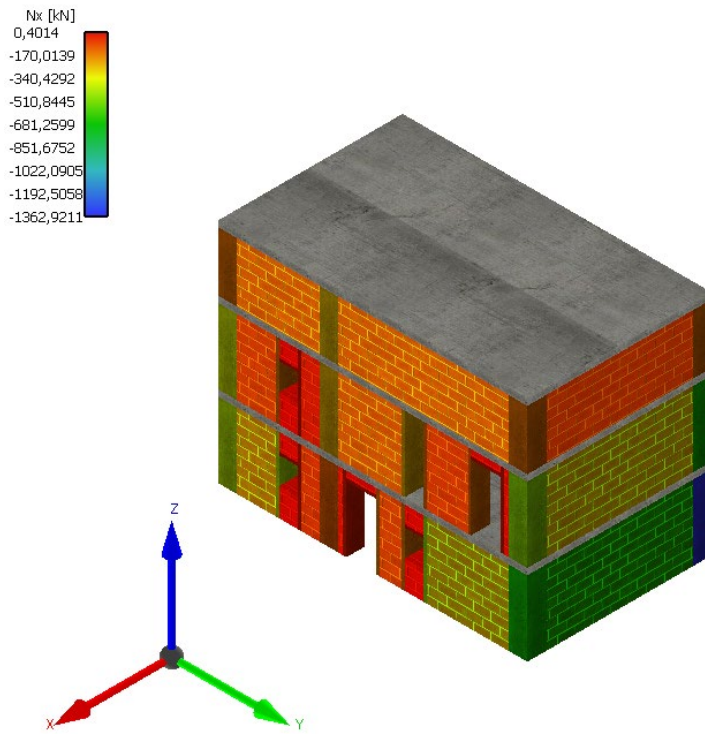


Slika br.91 Statički proračun, dijagram sila – pomak



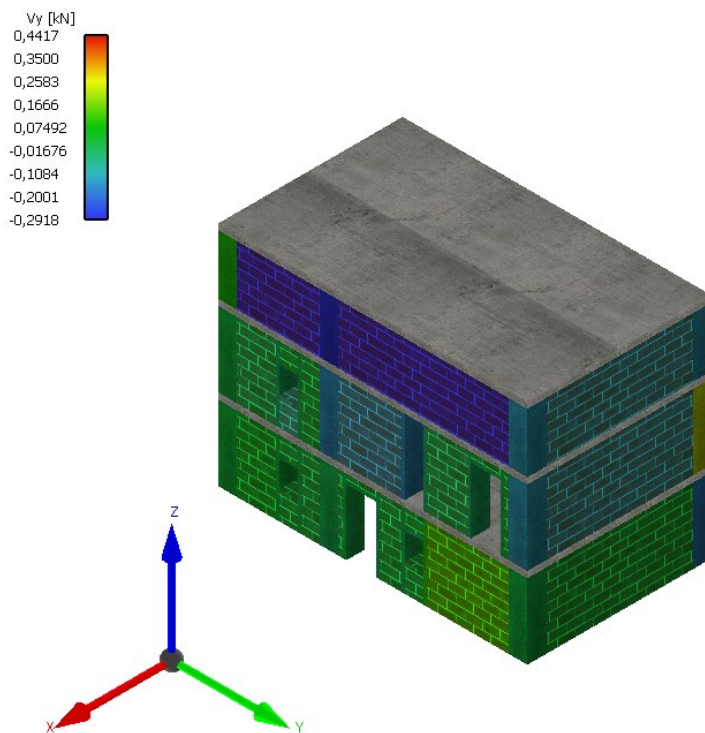
Tvrtka: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.92 Oštećenja u zadnjem koraku, deformacija



Tvrтка: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.93 Uzdužne sile N



Tvrтка: FGAG U SPLITU, LIC 1

Slika br.94 Poprečne sile Vy

8. PRORAČUN TEMELJA

Na potres(globalni)

Dozvoljeno opterećenje na temeljno tlo : $\sigma_d = 350.00 \text{ kPa}$

W = računski težina zgrade:

3. ETAŽA I KROV:

krov: $(g+\varphi*\psi_2i q) * A$	19,7 kN
grede krova: $b*h*L_{uk}*\gamma_c$	2,8 kN
zidovi 3. etaže: $g_z*h_z*L_{uk}$	568,8 kN
<hr/>	
	W4 = 591,3 kN

2. ETAŽA I MK2:

Slojevi strop: $(g+\varphi*\psi_2i q) * A$	123,4 kN
grede MK: $b*h*L_{uk}*\gamma_c$	11,8 kN
zidovi 2. etaže: $g_z*h_z*L_{uk}$	1609,9 kN
<hr/>	
	W3 = 1745,1 kN

1. ETAŽA I MK1:

Slojevi stropa: $(g+\varphi*\psi_2i q) * A$	123,4 kN
grede MK: $b*h*L_{uk}*\gamma_c$	11,8 kN
zidovi 1. etaže: $g_z*h_z*L_{uk}$	1670,8 kN
<hr/>	
	W2 = 1806,0 kN

Ukupna težina građevine $G = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + G_{tem} = 4862,4 \text{ kN}$

Težina temelja $G_{tem} = 720 \text{ kN}$

Ukupna potresna poprečna sila na razini temelja iznosi:

$$F_b = S_d(T_1) * m = 0,3 * 4862,4 = 1458,7 \text{ kN}$$

Ukupan moment savijanja na temeljima:

$$M_{Ed} = F_b * (2/3H + h_{tem}) = 1458,7 * (4,13 + 0,8) = 7191,5 \text{ kNm}$$

----- REGIONS -----	
Area:	962227.4462
Perimeter:	6580.4806
Bounding box:	X: -304.3534 -- 305.6726 Y: -504.6707 -- 506.8582
Centroid:	X: 0.2340 Y: 6.8401
Moments of inertia:	X: 74826590153.4082 Y: 24859506438.0313
Product of inertia:	XY: -71998292.9746
Radii of gyration:	X: 278.8619 Y: 160.7339
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 74781669261.9241 along [1.0000 -0.0014] J: 24859354288.8628 along [0.0014 1.0000]

Smjer x:

$$W_g^x = \frac{I_x}{y_g} = \frac{748,26}{5,06} = 147,88m^3$$

$$W_d^x = \frac{I_x}{y_d} = \frac{748,26}{5,04} = 148,46m^3$$

$$\sigma_g = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_g} = \frac{4862,4}{96,22} \pm \frac{7191,5}{147,88} =$$

$$\sigma_g = 99,16kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_g = 1,9kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_d = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_d} = \frac{4862,4}{96,22} \pm \frac{7191,5}{148,46} =$$

$$\sigma_d = 98,97kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_d = 2,09kPa \leq \sigma_{dop}$$

Smjer y:

$$W_d^y = \frac{I_y}{y_d} = \frac{248,59}{3,05} = 81,50m^3$$

$$W_l^y = \frac{I_y}{y_l} = \frac{248,59}{3,04} = 81,77m^3$$

$$\sigma_d = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_d} = \frac{4862,4}{96,22} \pm \frac{7191,5}{81,50} =$$

$$\sigma_d = 138,77kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_d = 37,71kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_l = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W_l} = \frac{4862,4}{96,22} \pm \frac{7191,5}{81,77} =$$

$$\sigma_l = 138,48kPa \leq \sigma_{dop}$$

$$\sigma_l = 37,41kPa \leq \sigma_{dop}$$

9. UŠTEDA ENERGIJE I TOPLINSKA ZAŠTITA

9.1 Energetska obnova

Pod pojmom „energetska obnova“ smatra se povećanje toplinske zaštite vanjske ovojnice zgrade, zamjena vanjske stolarije ili poboljšanje uvjeta grijanja. Isto tako moguće je uključivanje korištenja obnovljivih izvora energije i ugradnja sustava za centralno upravljanje sustavom centralnog grijanja ili hlađenja.

Energetskom obnovom zgrada postižu se znatne financijske uštede. Energetski učinkovite zgrade pružaju viši standard stanovanja te se na grijanju ili hlađenju ostvaruju uštede od 30% do čak 60%. [22]

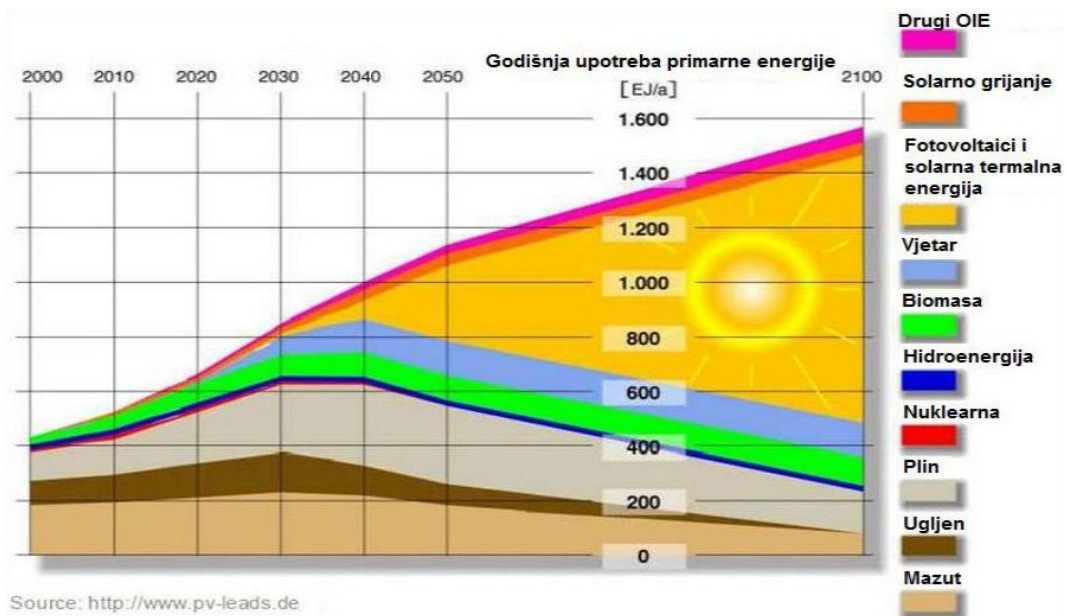
Veliki dio obiteljskih kuća građen je 1980-ih godina pa zbog toga nemaju nikakvu ili imaju minimalnu toplinsku izolaciju, jer se u to vrijeme nije pridavala pažnja toplinskoj izolaciji ovojnice zgrade. Navedene zgrade mogu trošiti i do 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu tople vode. Cilj obnove obiteljskih kuća je povećanje energetske učinkovitosti, smanjenje potrošnje energenata, smanjenje emisija ugljičnog dioksida u atmosferu. Sve navedeno kao posljedicu ima smanjenje mjesečnih troškova za energente kao i poboljšanje uvjeta života. [24]

Obnovljivi izvori energije

Obnovljivim izvorima energije smatraju se: energija vjetra, sunčeva energija, vodna i plimna snaga te geotermalna energija i biomasa. Obnovljivi nefosilni izvori energije su aerotermalna, energija iz biomase, energija iz biotekućine, energija mora, hidroenergija, energija vjetra, geotermalna i hidrotermalna energija, energija plina iz deponija otpada, plin iz postrojenja za obradu otpadnih voda i bioplina, sunčeva energija i biorazgradivi dio certificiranog otpada za proizvodnju energije na gospodarski primjeren način, sukladno propisima iz upravnog područja zaštite okoliša. [23]

U skladu s Direktivom 2009/28/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora energije, RH se obvezala dostići udio od 20% energije iz obnovljivih izvora u konačnoj bruto potrošnji energije. Ti rezultati omogućuju potrošaču manju ovisnost o uvezenoj energiji, potiču rast industrije koja se bavi proizvodnjom sustava za korištenje

obnovljivih izvora energije te potiču daljnja zapošljavanja u tom sektoru. [12]



Slika br.95 Dugoročno predviđanje korištenja izvora energije u svijetu [18]

Toplinska izolacija

Zadovoljavajuća debljina toplinske izolacije svih vanjskih elemenata neophodna je za uštedu energije jer se najviše energije gubi kroz ovojnicu zgrade, odnosno kroz zidove, podove i krov s tim da je dominantan gubitak energije kroz zidove i prozore (staklene stijenke, vanjska vrata) koji graniče sa vanjskim prostorom što je ilustrirano na slici.



Slika br.96 Položaji gubitaka toplinske energije na ovojnici zgrade

Toplinska izolacija smanjuje pregrijavanje tijekom vrućih ljetnih mjeseci i smanjuje gubitak toplinske energije iz unutrašnjosti tijekom hladnih zimskih mjeseci. Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti. Koeficijent toplinske vodljivosti λ , [W/mK] je količina topline koja prođe u jedinici vremena kroz sloj materijala površine 1 m², debljine 1 m kod razlike temperature od 1 K. Što je toplinska provodljivost materijala manja, to je materijal bolji izolator stoga se za toplinsku izolaciju koriste materijali sa što manjom vrijednosti toplinske vodljivosti, poput kamene vune, ekspaniranog polistirena itd. Osim toplinske provodljivosti, na izbor vrste toplinske izolacije utječu još i vrsta i paropropusnost, akustična svojstva, način proizvodnje, razred otpornosti na požar, cijena i dr. [2]

Koeficijent prolaska topline kroz element (oznaka U) je količina topline koja prođe kroz građevni element jedinične površine u jedinici vremena, kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m²K. Propisan je zakonom za svaki građevni dio i razlikuje se od države do države i klimatske zone u kojoj se zgrada nalazi.

Najveći potencijal uštede je na građevinama koje nemaju nikakvu toplinsku izolaciju, a kao što je prethodno spomenuto, takvih je u Hrvatskoj mnogo jer su građene prije 1987.god. Već se malom debljinom toplinske izolacije postižu znatna smanjenja prolaska topline kroz građevni element.

Prozori i vrata visokoenergetskih svojstava

Prozori su najdinamičniji dio vanjske ovojnice kuće jer djeluju kao prijemnik koji propušta sunčevu energiju u prostor te kao zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka.

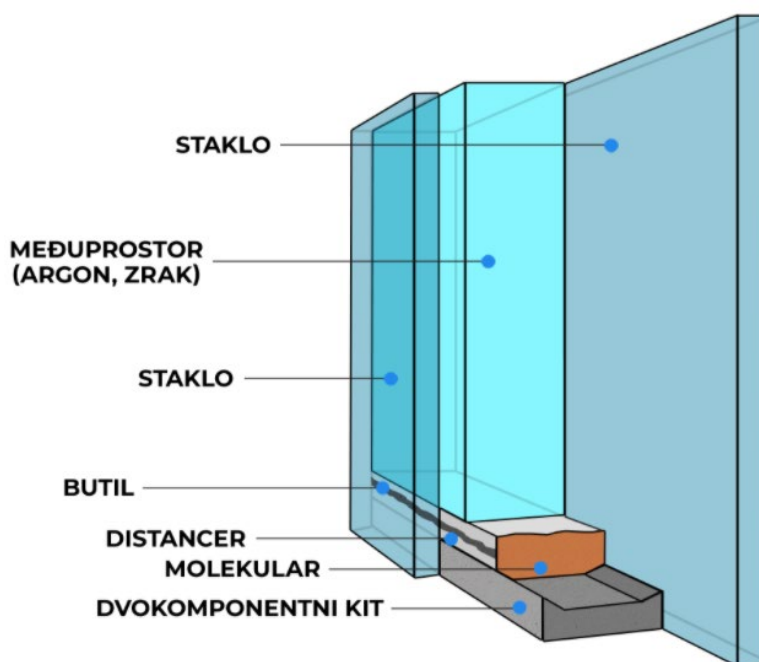
Gubici kroz prozore mogu biti:

1. Transmisijski gubici – utjecaj stakla (jednostruko, dvostruko, trostruko, sa ili bez ispune) i prozorskog profila (drvo, PVC i dr.) uz prekid toplinskog mosta,
2. Gubici ventilacijom, tj. provjetravanjem – iznimno velik gubitak toplinske energije zbog čega je najčešće potrebna mehanička ventilacija sa povratom topline.

U skladu s novim Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno $U = 1,80$ W/m²K. Koeficijent prolaska topline prozora starih zgrada iznosi 3,00-3,50 W/m²K i više. Na suvremenim, niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između 0,80-1,40 W/m²K. Tako nizak koeficijent prolaska topline

postiže se većim brojem međuprostora čim veće širine između ostakljenja (npr. 6+10+6+10+6 što označava 3 stakla, debljine 6mm, na međusobnom razmaku od 10mm). Međuprostor može biti ispunjen plinom (argon) u svrhu još bolje toplinske izoliranosti.

Izo stakla su premazana sa strane međuprostora posebnim, oku nevidljivim, metalnim filmom (low E premazom). Premaz propušta zračenja kratke valne duljine (sunčeva svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenja). Na taj se način sprečava ulazak sunčeve energije tijekom ljetnih mjeseci, a zadržava toplina iz unutrašnjosti tijekom zimskih mjeseci.



Slika br.97 Presjek izo stakla [17]

Rješavanje detalja toplinskih mostova

Toplinski mostovi su po definiciji danoj u Tehničkom propisu, manja područja u ovojnici zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela, odnosno mjesto smanjenog otpora prolasku topline od osnovne konstrukcije u kojoj se nalazi.

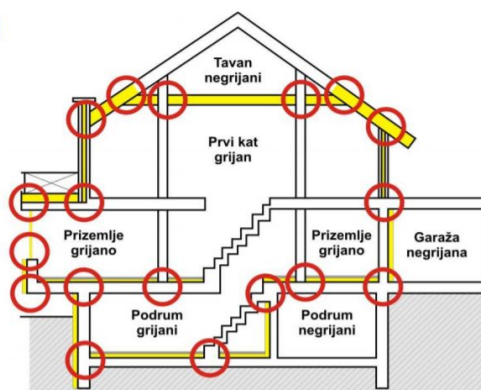
Toplinski most je primjer vođenja topline kondukcijom - vođenjem - prijenos između dva tijela koja se dodiruju. Ovim načinom vođenja topline najveću ulogu ima toplinska vodljivost materijala koja je jednaka količini topline koja se provodi kroz jedinicu površine, u jedinici vremena, a da se pritom vrijednost temperature smanji za jedan stupanj (1 K) u smjeru strujanja

topline. Jedinica za toplinsku vodljivost je W/mK .] [3]

Količina toplinskog toka proporcionalna je toplinskoj provodljivosti materijala i razlici temperature između dvije strane toplinskog mosta, odnosno što je toplinska provodljivost materijala ili razlika temperatura veća, toplinski tok će biti veći te prema 2. zakonu termodinamike uvijek će se odvijati u smjeru tijela više temperature prema tijelu niže temperature. Toplinski mostovi prema obliku: linijski i točkasti. Po mjestu nastanka na ovojnici zgrade dijele se na:

1. Geometrijski toplinski mostovi – u kutevima zidova
2. Toplinski mostovi uvjetovani materijalom – mjesta spajanja različitih materijala
3. Kombinirani toplinski mostovi – najčešći
4. Konstruktivni toplinski mostovi – mjesta proboja konstrukcije kroz ovojnicu zgrade
5. Zračni toplinski mostovi – gubici uslijed nekontroliranih propuhivanja i utjecaj zračnih šupljina na mjestima toplinske izolacije
6. Toplinski mostovi uvjetovani okolinom – gubici uslijed pojačanog zagrijavanja pojedinih mjesta na ovojnici zgrade. [4]

- uglovi zgrada
- spojevi unutrašnjih i vanjskih zidova
- spoj drvenih področnica i rogova s AB serklažima
- spoj stropa i vanjskog zida
- spoj zida i krova
- spoj zida i plohe poda/stropa podruma
- spojevi prozora i vrata (nadvoji, ograde i sl.)
- proboji izolacijskih slojeva



Slika br.98 Mjesta pojave toplinskih mostova [5]

Toplinski mostovi jesu slaba mjesta na ovojnici zgrade. U smislu energetske učinkovitosti njihov utjecaj u ukupnim transmisijskim gubicima topline nije zanemariv, a zbog neznanja pri projektiranju ili nestručne izvedbe njihov udio u ukupnim gubicima je u porastu. Zbog toga po Tehničkom propisu građevina mora biti projektirana s pažljivom izvedbom detalja uz korištenje svih dostupnih tehničkih i tehnoloških rješenja tako da se utjecaj toplinskih mostova na ukupnu potrošnju energije za grijanje ili hlađenje svede na minimum.

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti rješavanju toplinskih mostova koji su veći problem kod nZEB-a nego kod tradicionalnih zgrada zbog toga što se kroz toplinske mostove kod tradicionalnih zgrada gubi mali postotak energije (dominantni gubici kroz ovojnicu i otvore), dok su kod zgrada visokih energetske svojstava toplinski mostovi dominantna mjesta gubitka energije.

Osim povećanih gubitaka topline toplinski mostovi stvaraju problem kondenziranja vodene pare na unutrašnjoj površini zidova. Većina zida je zagrijana na temperaturu iznad temperature rosišta, dok na dijelu toplinskog mosta ta temperatura može pasti ispod temperature rosišta. Kada vlažni topli zrak dođe do hladne površine (koja može upiti manju količinu vlage) dolazi do kondenzacije vlage. Što je stupanj toplinske izolacije veći, to ovaj problem postaje izražajni. Na vlažna područja se navlači prašina, a u određenim uvjetima može doći i do pojave gljivica i plijesni.

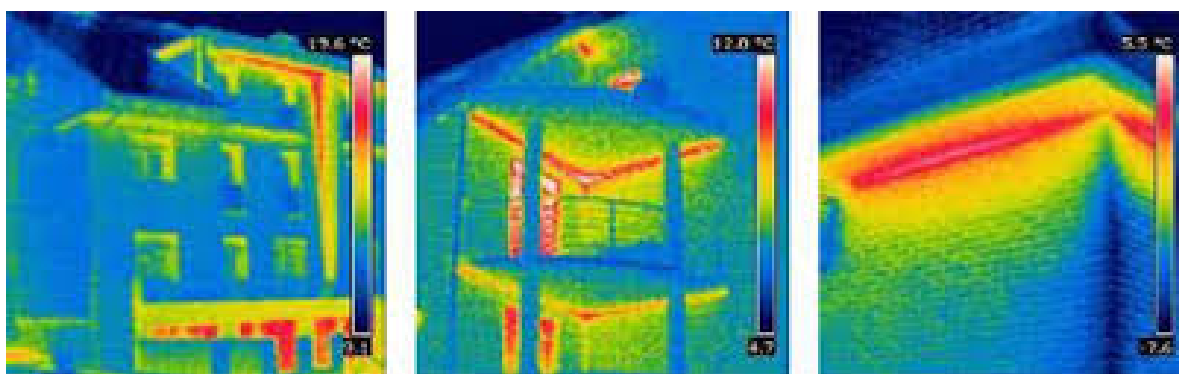
Postojanje i točan položaj toplinskih mostova može se utvrditi ispitivanjem infracrvenom termografijom. To je beskontaktno ne razorno ispitivanje koje daje uvid u temperaturu i njen raspored na površini nekog tijela. Osim mogućnosti određivanja položaja toplinskog mosta i mjesta kondenzacije vlage na velikim površinama, prednosti ove metode uključuju to da se može koristiti i za teško dostupna mjesta kao i za predmete u pokretu u realnom vremenu, te se na jednostavan način može utvrditi kvaliteta ugrađenih prozora i vrata. Koristi se i za provjeru ugrađenih termotehničkih sustava.

Nije jednostavno odrediti točnu temperaturu objekta stoga je uz potrebnu mjernu opremu obavezno iskusno i kvalificirano osoblje za pravilno interpretiranje rezultata i uspješnu provedbu ove metode. [4]

Uobičajeni prikaz rezultata ICT-a je termogram. Slika koja prezentira registriranu energiju zračenja u tonovima sive boje ili nekoga drugog koda boja. Termogram je vizualni prikaz raspodjele temperature na površini tijela. Uvjet je poznavanja vrijednosti određenih fizikalnih veličina: temperatura i vlažnost zraka, emisivnost objekta, udaljenost mjerenja i dr.

Raspodjela temperature na površini objekta mjerenja određena je procesima u samom objektu mjerenja. Znajući fiziku procesa i raspodjelu temperature površine, moguće je odrediti stanje objekta mjerenja. Iznos i raspodjela temperature na površini posredno daju informaciju o stanju same površine i odraz su strukture i unutrašnjeg stanja promatranog objekta ispod te

površine. [5]



Slika br.99 Termografski snimak ovojnice [19]

Zrakonepropusnost

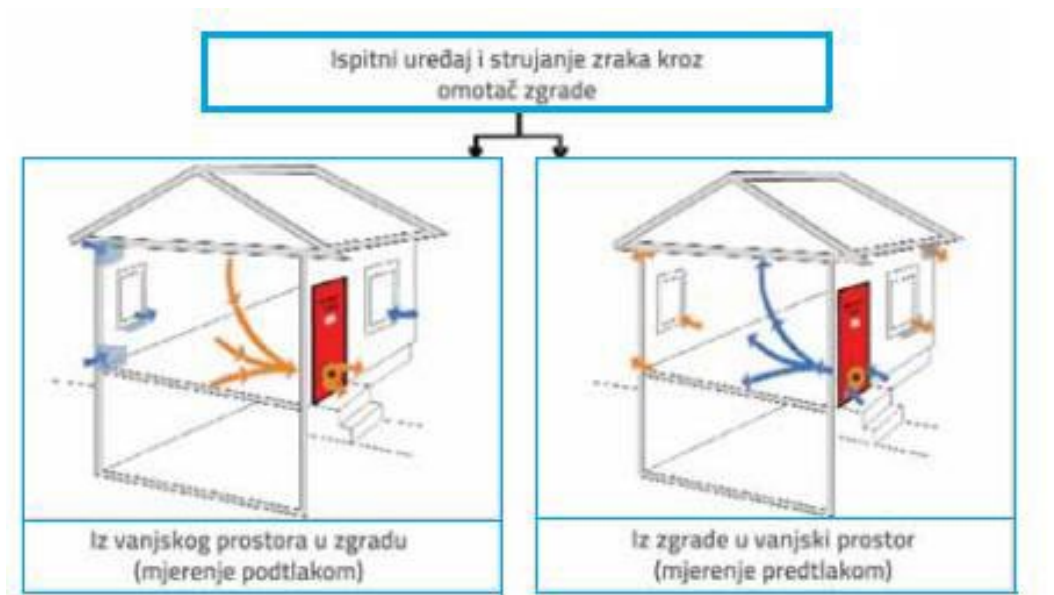
Vanjska ovojnica, zajedno sa otvorima, čini zrakonepropusnu sredinu u svrhu sprječavanja nekontroliranog strujanja zraka (infiltracije) kroz zgradu. Na taj način odnosi toplinsku energiju iz unutrašnjosti zimi, a dovodi toplinu iz vanjskog prostora ljeti. Strujanje zraka - infiltracija odvija se zbog razlike u tlakovima kroz nenamjerne otvore u zgradi, a to osim značajnog gubitka energije, za posljedicu ima i ulazak vlage u prostor kao i narušena akustična svojstva. Infiltracija ovisi o razlici temperature, brzini vjetra i lokaciji. [6]

Br.	Tip zrakonepropusnosti	n_{uz} [1/h]
1	Bez prozora i vrata prema vanjskom okolišu, svi spojevi dobro završeni, bez ventilacijskih otvora prema vanjskom okolišu	0,1
2	Svi spojevi dobro završeni, bez ventilacijskih otvora prema vanjskom okolišu	0,5
3	Svi spojevi dobro završeni, mali ventilacijski otvori	1
4	Postoji zrakonepropusnost zbog pojedinih otvorenih spojeva ili stalno otvorenih ventilacijskih otvora	3
5	Postoji zrakonepropusnost zbog brojnih otvorenih spojeva ili velikih ili brojnih stalno otvorenih ventilacijskih otvora	10

Tablica 10 Broj izmjena zraka u ovisnosti o zrakonepropusnosti (HRN EN 13789)

„Blower door“ test

Ispitni uređaj sastoji se od okvira s nepropusnim platnom, ispitnog ventilatora, upravljačke jedinice povezane s računalom i programom za upravljanje. Stvara se razlika tlakova između vanjskog i unutarnjeg prostora zbog čega dolazi do strujanja zraka u unutrašnjost ili prema vani. [7]



Slika br.100 Ispitivanje podtlakom i predtlakom prema HRN EN 13829:2002 [21]

Pri razlici tlakova od 50 Pa, detektiraju se mjesta na kojima dolazi do strujanja zraka i to pomoću infracrvene kamere, generatora dima ili anemometrom. Za razliku tlakova između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa, izmjereni tok zraka, sveden na volumen grijanog zraka, po Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, ne smije biti veći od:

- $n_{50}=3h-1$ - kod zgrada bez mehaničkog uređaja za provjetranje,
- $n_{50}=1,5h-1$ - kod zgrada s mehaničkim uređajem za provjetranje

Minimalan broj izmjena zraka u prostorijama gdje borave ili rade ljudi mora iznositi $n=0,5h-1$.

Ventilacija

Za zadovoljavanje higijenskih uvjeta i ugodnosti prostora, potreban je dovod svježeg atmosferskog zraka. Ako se radi o NZEB zgradama koje su zabrtvljene i zrakonepropusne, nužna je mehanička ventilacija sa rekuperacijom zraka koja dovodi svježi zrak, ali i po potrebi zagrijava zrak i odstranjuje višak vlage te na taj način osigurava ugodnu klimu u prostoru. Prirodna ventilacija putem otvaranja vrata i prozora nije energetski prihvatljiva zbog velikog gubitka topline.

9.2 Pregled važeće regulative

Za daljnje proučavanje teme ovog rada potrebno je poznavati važeću regulativu, koja se odnosi na temu diplomskog rada.

Zakonsku regulativu u Republici Hrvatskoj čine zakoni i razni podzakonski akti koji su hijerarhijski raspoređeni.

Zakonska regulativa Europske unije

Temelji energetske politike EU utvrđeni su u Ugovoru o funkcioniranju EU, u kojem je istaknuto sljedeće:

- osigurati funkcioniranje energetskeg tržišta
- osigurati sigurnost opskrbe energijom u Uniji
- promicati energetske učinkovitost i uštedu energije te razvoj novih i obnovljivih oblika energije
- promicati međupovezanost energetske mreža

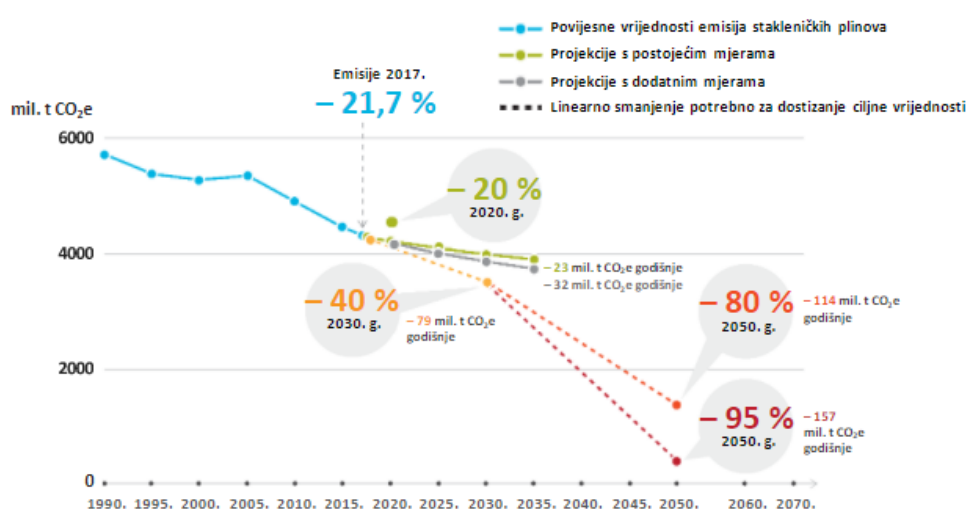
U skladu sa dopunom Kyoto protokola u Dohi 2012god., predložen je plan „20-20-20“ kojim je predviđeno smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20%, povećanje udjela obnovljivih izvora energije za 20% i 20% smanjenja potrošnje energije što je za tadašnje vrijeme bio ambiciozan pothvat.

Najvažniji dokument donesen u Europskoj uniji za smanjenje potrošnje energije i energetske učinkovitost u sektoru zgradarstva je Direktiva 2012/27/EU Europskog parlamenta i vijeća koja je na snazi od 25. listopada 2012. o energetske učinkovitosti. Njome se od država članica zahtjeva utvrđivanje okvirnih nacionalnih ciljeva, sustava i programa za povećanje energetske učinkovitosti i smanjenja emisije stakleničkih plinova kao i povećanje stope energetske obnova postojećih zgrada u svrhu ispunjenja kriterija danih Kyoto protokolom i Pariškim sporazumom.

Direktiva 2012/27/EU, izmijenjena je Direktivom 2018/2002, zajedno s revidiranom Direktivom o obnovljivim izvorima energije i novom Uredbom o upravljanju i postaje dijelom paketa „Čista energija za sve Europljane“. Glavne izmjene i dopune uključuju:

- postizanje cilja povećanja energetske učinkovitosti za 32,5% do 2030.

- uklanjanje prepreka na energetskom tržištu koje ometaju učinkovitost u opskrbi i uporabi energije
- postavljanje vlastitih nacionalnih doprinosa država članica EU-a za 2020. i 2030.
- od 2020. države članice EU-a zahtijevat će od komunalnih poduzeća da svojim potrošačima pomognu potrošiti 0,8% manje energije svake godine
- države članice EU-a moraju imati transparentna, javno dostupna nacionalna pravila o raspodijeli troškova usluga grijanja, hlađenja i tople vode u zgradama s više stanova i višenamjenskim zgradama u kojima se te usluge dijele
- jačanje socijalnih aspekata energetske učinkovitosti pri izradi programa energetske učinkovitosti i alternativnih mjera



Slika br.101 Trendovi i predviđanja razine emisija stakleničkih plinova u Europskoj [13]

Zakonska regulativa Republike Hrvatske

Direktive i zahtjevi Europske Unije vezane za energetska učinkovitost u Republici Hrvatskoj implementirani su najvećim djelom kroz Zakon o gradnji, Zakon o energiji i Zakon o energetska učinkovitosti. Osim navedenih zakona, bitan je i dokument pod nazivom „Strategija energetska razvoja Republike Hrvatske“ (NN 25/2020) koji je donesena za razdoblje do 2030. s pogledom na 2050.

Strategija predstavlja širok spektar inicijativa energetska politike, kojima će se ojačati sigurnost opskrbe energijom, postupno smanjiti gubici energije i povećavati energetska učinkovitost, smanjivati ovisnost o fosilnim gorivima, povećati domaća proizvodnja i korištenje

obnovljivih izvora energije.

Potrebno je naglasiti kako je Republika Hrvatska trenutačno iznad prosjeka EU u ostvarenju ciljeva po pitanju udjela OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije (engl. Gross Final Energy Consumption), kao i emisijama CO₂ po stanovniku.

Propisi iz područja energetske učinkovitosti:

Zakoni

Zakon o energetske učinkovitosti (NN 127/2014)

Zakon koji uređuje učinkovito korištenje energije, donošenje planova na lokalnoj i regionalnoj razini sa svrhom poboljšanja energetske učinkovitosti i njihovo provođenje. Ovim zakonom u hrvatsko zakonodavstvo donosi se direktiva Europske unije 2012/27/EU o energetske učinkovitosti. U svrhu ostvarivanja ciljeva održivog energetske razvoja poboljšanje sigurnosti opskrbe energijom, zadovoljavanje potreba potrošača energije te ispunjavanja obveza RH u području smanjenja emisije stakleničkih plinova, poticanjem mjera energetske učinkovitosti u svim sektorima potrošnje energije. Ovim zakonom određeno je da ministarstvo nadležno za energetiku donosi Nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti u suradnji sa ministarstvom nadležnim za poslove graditeljstva, zaštite okoliša i Nacionalnim tijelom za energetske učinkovitost .

Prema članku 4. EU Direktive o energetske učinkovitosti sve članice Europske unije dužne su izraditi dugoročnu strategiju za poticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada. Cilj strategije je ustanoviti djelotvorne mjere za dugoročno poticanje obnove zgrada Republike Hrvatske do 2050. godine. Pregledom nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske i klasifikacijom zgrada napravljena je podjela građevina prema namjeni u slijedeće kategorije:

- višestambene zgrade
- obiteljske kuće
- zgrade javne namjene
- zgrade komercijalne namjene.
-

Također, napravljena je klasifikacija građevina prema razdoblju građenja čime su zgrade svrstane u jednu od pet kategorija:

- do 1940. godine,
- 1941. – 1970. godine
- 1971. – 1987. godine
- 1988. – 2005. godine
- od 2006. godine do danas.

Republika Hrvatska je podijeljena na dvije klimatske zone. U kontinentalnu klimatsku zonu pripadaju gradovi koji imaju 2.200 i više stupanj dana grijanja godišnje. U primorsku klimatsku zonu pripadaju gradovi i mjesta koji imaju manje od 2.200 stupanj dana grijanja godišnje. Podaci o podjeli zgrada bazirani su na ljetopisima zavoda za statistiku, nacrtu programa energetske obnove i registru javnih zgrada središnje države i izračuna ciljeva prema direktivi o energetskej učinkovitosti. [11]

Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17)

Zakon o gradnji stupio je na snagu 1. siječnja 2014. godine. Njime se određuje projektiranje, građenje, uporaba i održavanje građevina te provedba postupaka radi osiguranja zaštite i uređenja prostora u skladu s propisima koji određuju prostorno uređenje. Ovim zakonom propisani su temeljni zahtjevi za građevinu kojim svaka građevina, ovisno o svojoj namjeni, mora biti projektirana i izgrađena:

- mehanička otpornost i stabilnost
- sigurnost u slučaju požara
- higijena, zdravlje i okoliš
- sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe
- zaštita od buke
- gospodarenje energijom i očuvanje topline
- održiva uporaba prirodnih izvora. [10]

Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17)

Uredbe

- Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru (NN 11/2015-212)

Pravilnici

- Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN 88/2017-2093)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - fotonaponskih sustava (NN 79/2013-1646)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - solarnih toplinskih sustava (NN 12/2017-304)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - manjih kotlova i peći na biomasu (NN 39/2015-813)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - plitkih geotermalnih sustava i dizalica topline (NN 56/2015-1106)
- Pravilnik o uvjetima i načinu izdavanja potvrde hrvatskim državljanima i pravnim osobama za ostvarivanje prava pružanja usluga regulirane profesije energetskeg certificiranja i energetskeg pregleda zgrade u državama ugovornicama Ugovora o Europskom ekonomskom prostoru (NN 47/2014-894)
- Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN 88/2017-2093)
- Pravilnik o sustavnom gospodarenju energijom u javnom sektoru (NN 18/2015-389)
- Pravilnik o kontroli energetskeg certifikata zgrade i izvješća o redovitom pregledu sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi (NN 54/2020-1086)
- Pravilnik o osobama ovlaštenim za energetskeg certificiranje, energetskeg pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi (NN 73/2015-1392)

Tehnički propisi

- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskeg zaštiti u zgradama (NN 86/2018-1705)
- Tehnički propis za prozore i vrata (NN 69/06)

Energetsko certificiranje zgrada

Energetski certifikat je dokument kojim se prikazuju energetska svojstva zgrade, a sadrži kriterije i kategorije energetskeg razreda u koje je zgrada smještena. Na certifikatu je prikazan energetskeg razred građevine s potrebnom toplinskom energijom, za neku specifičnu zgradu, u periodu jedne godine.

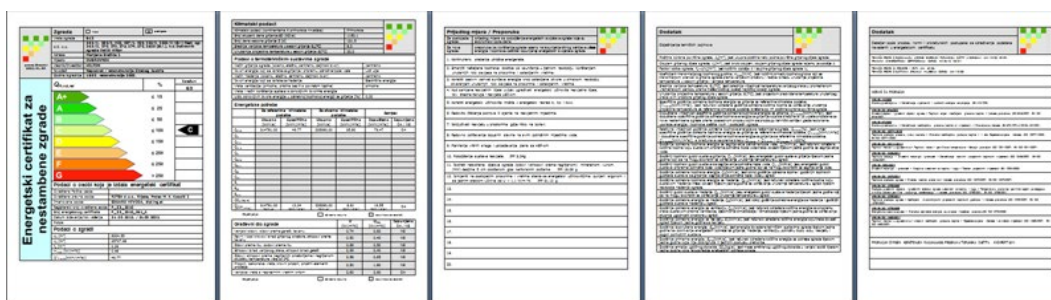
Energetski razredi su označeni slovima A+ do G. A+ najbolji je energetski razred, a G najlošiji, odnosno zgrada u tom energetskom razredu je najslabije toplinski izolirana. U novije vrijeme sve se više teži prema izgradnji objekata energetskog razreda A ili A+.

Energetskim certifikatom se vlasniku zgrade pruža informacija o energetskom svojstvu zgrade, učinkovitost zgrade, kvalitetu i svojstva ovojnice zgrade. Važi deset godina od dana njegovog izdavanja, a izgled energetskog certifikata propisuje ministar, pravilnikom.

Da bi se ustanovilo postojeće stanje objekta potrebno je obaviti zakonom propisani energetski pregled zgrade. Energetski pregled zgrade završava izvješćem o energetskom pregledu, a vlasnik zgrade dužan je čuvati izvješće o energetskom pregledu najmanje deset godina. Energetsko certificiranje zgrade, energetski pregled ili redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi može obaviti isključivo osoba koja je ovlaštena od ministarstva za obavljanje energetskog certificiranja zgrada.

Ovlaštenje izdaje ministarstvo rješenjem, a izdaje se na rok od pet godina. Ovlaštenje može dobiti osoba koja ispunjava sljedeće uvjete:

- Završen diplomski sveučilišni studij arhitektonske, građevinske, strojarske ili elektrotehničke struke ili specijalistički diplomski stručni studij arhitektonske, građevinske, strojarske ili elektrotehničke struke i koja je stekla najmanje 300 ECTS bodova
- Ima najmanje pet godina radnog iskustva u struci
- Ima sklopljen ugovor o osiguranju od profesionalne odgovornosti
- Je uspješno završila program osposobljavanja Modul 1 ili Modul 2



Slika br.102 Primjer energetskog certifikata [20]

9.3 Proračun energetske bilance građevine

Računalni program ‘KI Expert Plus’, predstavlja alat za proračun i izradu projekata u odnosu na toplinsku zaštitu i racionalnu uporabu energije, i energetske certifikata u Hrvatskoj, te ga kao takvog koriste brojni ovlašteni projektanti i energetske certifikatori.

Isti je izrađen u skladu s najnovijom regulativom po pitanju proračuna toplinske zaštite i racionalne uporabe energije, prihvaćenim i harmoniziranim europskim normama, te službenim algoritmom donesenim od strane Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja.[14]

9.3.1 Ulazni podaci

- Klimatološki podaci lokacije objekta

Predmetna građevina se nalazi u 4. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\Theta_{e,mj,min} > 3^{\circ}C$ i unutarnjom temperaturom $\Theta_i \geq 18^{\circ}C$.

Referentna postaja: Imotski

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Temperature zraka (° C)													
m	5,1	5,5	8,6	12,3	17,6	21,6	24,3	24,4	18,8	14,6	9,5	5,7	14,1
min	-5,2	-5,9	-4,6	0,2	6,4	9,6	15,1	14,1	10,1	3,7	0,2	-5,6	-5,9
max	11,7	13,7	17,2	21,2	25	30,9	31,7	32,4	28,8	22,2	20,6	14,2	32,4
Tlak vodene pare (Pa)													
m	600	630	710	860	1150	1400	1490	1480	1340	1100	870	670	1020
Relativna vlažnost zraka (%)													
m	75	72	70	73	67	65	58	59	68	73	77	76	69
Brzina vjetra (m/s)													
m	1,9	2,2	2,1	1,8	1,4	1,3	1,6	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	1,7
Broj dana grijanja													
Temperatura vanjskog zraka											≤ 10 ° C	136,7	
											≤ 12 ° C	163,7	
											≤ 15 ° C	193,8	

Tablica 11 Srednje mjesečne temperature za Imotski

- **Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada**

Definirani slojevi građevnog dijela (u smjeru toplinskog toka) prikazani za građevne dijelove grupirane prema zonama i prema vrsti građevnog dijela.

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.01 Gipskartonske	1,250	0,250	8,00	0,10	900,00
2	Knauf Insulation CLT-C1 lamela od kamene vune jednostрана	10,000	0,040	1,10	0,11	85,00
3	Polietilenska folija 0,25	0,250	0,500	400000,00	250,00	980,00
4	1.15 Prirodni kamen	60,000	1,400	50,00	30,00	2000,00
Definirane ploštine [m ²]:				Siever	39,50	
				Zapad	40,89	
				Jug	56,42	

Tablica 12 Vanjski zidovi 1 - vanjski zid

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,250	0,250	8,00	0,10	900,00
2	Urbanscape GreenRoof	10,000	0,035	1,10	0,11	110,00
3	Polietilenska folija 0,25 mm	0,250	0,500	400000,00	250,00	980,00
4	1.15 Prirodni kamen	60,000	1,400	50,00	30,00	2000,00
Definirana ploština [m ²]:					16,83	

Tablica 13 Zidovi prema tlu 1 - zid prema tlu

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	2,000	1,300	200,00	4,00	2300,00
2	Armirani cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
3	Polietilenska folija 0,25 mm	0,100	0,500	400000,00	100,00	980,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	10,000	0,038	1,00	0,10	135,00
5	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,900	0,200	1000,00	9,00	900,00
6	4.05 Drvo - meko -	2,000	0,130	70,00	1,40	500,00
Definirana ploština [m ²]:					74,88	

Tablica 14 Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 – strop

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	2,000	1,300	200,00	4,00	2300,00
2	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
3	Tekući hidroizolacijski	0,100	0,250	6000,00	6,00	1200,00
4	2.01 Armirani beton	15,000	2,600	110,00	16,50	2500,00
5	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
6	1.15 Prirodni kamen	50,000	1,400	50,00	25,00	2000,00
Definirana ploština [m ²]:					39,04	

Tablica 15 Podovi na tlu 1 - pod na tlu

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Crijep (krovni) glina	2,000	1,000	40,00	0,80	2000,00
2	4.05 Drvo - meko -	10,000	0,130	70,00	7,00	500,00
3	Knauf Insulation ploča za kose krovove NaturBoard	10,000	0,037	1,10	0,11	45,00
4	4.05 Drvo - meko -	8,000	0,130	70,00	5,60	500,00
5	HOMESEAL LDS 100 AluPlus narna brana	0,190	0,500	350000,00	190,00	450,00
6	4.05 Drvo - meko -	2,000	0,130	70,00	1,40	500,00
Definirane ploštine [m ²]:				Siever	29,70	
				Jug	29,70	

Tablica 16 Kosi krovovi iznad grijanog prostora 1 - kosi korv

Napomena: Ukoliko se namjerava iz bilo kojeg razloga mijenjati projektirani toplinsko izolacijski materijal, ugrađeni materijal ne smije biti slabije kvalitete od projektom predviđenog niti po jednom od bitnih parametara (koeficijent toplinske provodljivosti, paropropusnost, klasa gorivosti,..). Za sve ugrađene toplinsko izolacijske materijale moraju se priložiti valjane potvrde, a za one koji ne odgovaraju projektom predviđenim sve potrebne suglasnosti i dokazi da isti ne narušavaju proračunom dokazane vrijednosti.

Naziv otvora	Uw [W/m ² K]	Orientacija	Aw [m ²]	n
prozori 60x85cm	1,60	Siever	0,51	1,00
	1,60	Jug	0,51	4,00
ulazna vrata	2,40	Jug	1,70	1,00
prozor 40x60cm	1,60	Zapad	0,24	1,00
balkonska stijenka	1,60	Zapad	7,80	1,00

Tablica 17 Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

- **Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)**

Naziv prostorije	Orijentacija	A [m ²]	A _g [m ²]	f	g _{tot}	f _{max}	Zadovoljava
zapad	Zapad	48,69	6,24	0,13	0,09	0,20	Da
siever	Siever	40,01	0,41	0,01	0,00	0,45	Da
jug	Jug	58,46	1,63	0,03	0,01	0,20	Da

Tablica 18 Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.

Naziv prostorije	Naziv otvora	fc	A _g [m ²]	g _⊥	n
zapad	balkonska stijenska	1,00	6,24	0,80	1
siever	prozori 60x85cm	0,30	0,41	0,80	1
jug	prozori 60x85cm	0,30	0,41	0,80	4

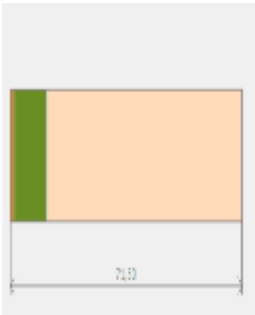
Tablica 19 Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.

9.3.2 Rezultati proračuna i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

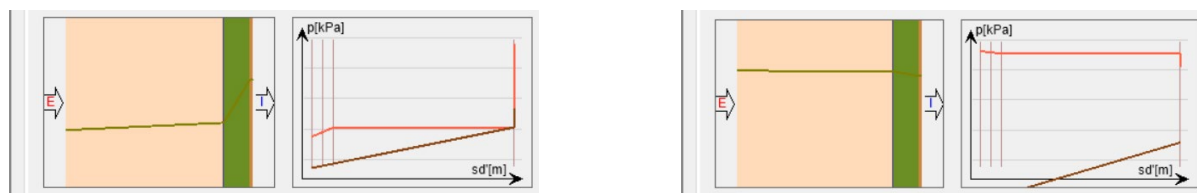
Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	OK
vanjski zid	136,81	0,32	0,45	✓
zid prema tlu	16,83	0,29	0,50	✓
strop	74,88	0,32	0,80	✓
pod na tlu	39,04	1,36	0,50	✗
kosi korv	59,40	0,23	0,30	✓

Tablica 20 Rezultati proračuna (sažetak)

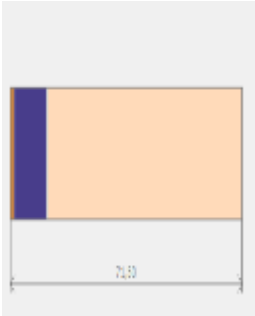
- Proračun građevnih dijelova zgrade

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	136,81	0,00	40,89	39,50	56,42	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,32 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,60 \leq 0,96$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0$			NE ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			$1222,20 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,32 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA				
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog				d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	R[m² K/W]			
1	4.01 Gipskartonske ploče			1,250	900,00	0,250	0,050			
2	Knauf Insulation CLT-C1 lamela od kamene vune jednostrano obrađenih rubova sa silikatnim			10,000	85,00	0,040	2,500			
3	Polietilenska folija 0,25 mm			0,250	980,00	0,500	0,005			
4	1.15 Prirodni kamen			60,000	2000,00	1,400	0,429			
							$R_{si} = 0,130$			
							$R_{se} = 0,040$			
							$R_T = 3,154$			
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K]$				$U = 0,32 \leq U_{max} = 0,45$			ZADOVOLJAVA			
Plošna masa građevnog dijela 1222,20 [kg/m²]				$1222,20 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,32 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA			

Tablica 21 Vanjski zidovi 1 - vanjski zid

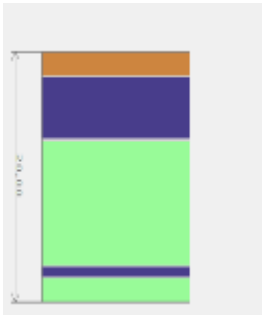


Slika. br.103 Proračun difuzije – vanjski zid, unutarnja kondenzacija za mjesec siječanj (lijevo) i za lipanj (desno)

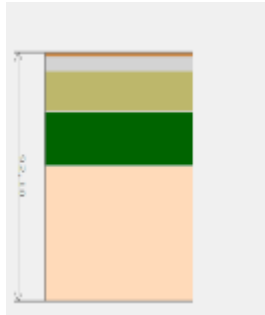
Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	16,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,29 \leq 0,50$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,00 \leq 0,93$			ZADOVOLJAVA			
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog				d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	R[m² K/W]			

1	4.01 Gipskartonske ploče	1,250	900,00	0,250	0,050
2	Urbanscape GreenRoof kamena vuna	10,000	110,00	0,035	2,857
3	Polietilenska folija 0,25 mm	0,250	980,00	0,500	0,005
4	1.15 Prirodni kamen	60,000	2000,00	1,400	0,429
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,000$
					$R_T = 3,471$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K]		$U = 0,29 \leq U_{max} = 0,50$		ZADOVOLJAVA	

Tablica 22 Zidovi prema tlu 1 - zid prema tlu


Opći podaci o građevnom dijelu									
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	74,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:		U [W/m ² K] = 0,32 ≤ 0,80				ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog			d [cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]		
1	4.03 Keramičke pločice			2,000	2300,00	1,300	0,015		
2	Armirani cementni estrih			5,000	2000,00	1,600	0,031		
3	Polietilenska folija 0,25 mm			0,100	980,00	0,500	0,002		
4	7.01 Mineralna vuna (MW)			10,000	135,00	0,038	2,632		
5	Geotekstil 150-200 g/m ²			0,900	900,00	0,200	0,045		
6	4.05 Drvo - meko - crnogorica			2,000	500,00	0,130	0,154		
							$R_{si} = 0,170$		
							$R_{se} = 0,100$		
							$R_T = 3,149$		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K]		$U = 0,32 \leq U_{max} = 0,80$		ZADOVOLJAVA					

Tablica 23 Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 – strop

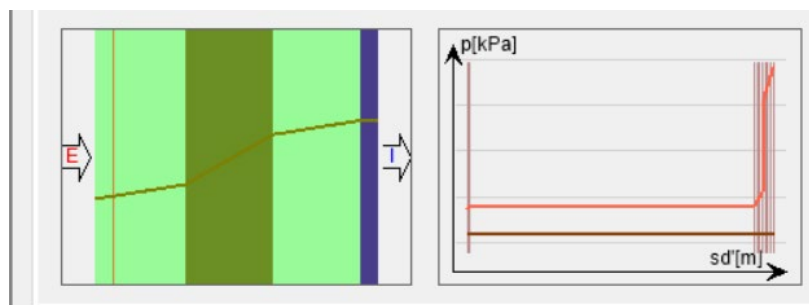
Opći podaci o građevnom dijelu									
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	39,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:		U [W/m ² K] = 1,36 ≤ 0,50				NE ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)		$fR_{si} = 0,00 \leq 0,66$				ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog			d [cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]		
1	4.03 Keramičke pločice			2,000	2300,00	1,300	0,015		

2	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
3	Tekući hidroizolacijski premaz	0,100	1200,00	0,250	0,004
4	2.01 Armirani beton	15,000	2500,00	2,600	0,058
5	Pijesak i šljunak	20,000	1700,00	2,000	0,100
6	1.15 Prirodni kamen	50,000	2000,00	1,400	0,357
					$R_{si} = 0,170$
					$R_{se} = 0,000$
					$R_T = 0,735$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m^2]		$U = 1,36 \geq U_{max} = 0,50$		NE ZADOVOLJAVA	

Tablica 24 Podovi na tlu 1 - pod na tlu

Opći podaci o građevnom dijelu									
	A_{gd} [m^2]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}
	59,40	0,00	0,00	29,70	29,70	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [$W/m^2 K$] = $0,23 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,00 \leq 0,94$			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA		
	Dinamičke karakteristike:			$145,36 \geq 100$ kg/m^2 $U = 0,23 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog			d [cm]	ρ [kg/m^3]	λ [W/mK]	R [$m^2 K/W$]		
1	Crijep (krovni) glina			2,000	2000,00	1,000	0,020		
2	4.05 Drvo - meko - crnogorica			10,000	500,00	0,130	0,769		
3	Knauf Insulation ploča za kose krovove			10,000	45,00	0,037	2,703		
4	4.05 Drvo - meko - crnogorica			8,000	500,00	0,130	0,615		
5	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana			0,190	450,00	0,500	0,004		
6	4.05 Drvo - meko - crnogorica			2,000	500,00	0,130	0,154		
							$R_{si} = 0,100$		
							$R_{se} = 0,040$		
							$R_T = 4,405$		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [$W/m^2 K$]				$U = 0,23 \leq U_{max} = 0,30$			ZADOVOLJAVA		
Plošna masa građevnog dijela 145,36 [kg/m^2]				$145,36 \geq 100$ kg/m^2 $U = 0,23 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA		

Tablica 25 Kosi krovovi iznad grijanog prostora 1 - kosi korv



Slika. br.104 Proračun difuzije – kosi krov, unutarnja kondenzacija za mjesec siječanj

- **Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)**

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline U $W/(m^2 K)$, tada se može umjesto točnog proračuna ili Tablice 4.2, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem U , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za $UTM = 0,05 W/(m^2 K)$.

- **Koeficijenti transmisijskih gubitaka**

Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka	
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	127,402
Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	49,039
Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K]	0,000
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0,000
Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, H_{Tr} [W/K]	176,441

Tablica 26 ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline

- **Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade**

Naziv građevnog dijela	$(U + 0,05) \cdot A$
vanjski zid	50,223
zid prema tlu	5,691
pod na tlu	55,034
kosi korv	16,455

Tablica 27 Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun H_D

- **Gubici topline kroz vanjske otvore**

Naziv otvora	n	A_w	U_w	H_D
prozori 60x85cm	5,00	0,51	1,60	4,08
ulazna vrata	1,00	1,70	2,40	4,08
prozor 40x60cm	1,00	0,24	1,60	0,38
balkonska stijenka	1,00	7,80	1,60	12,48

Tablica 28 Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade

- Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tlo (HRN EN ISO 13370)

Korištene kratice:

K.p. – Koeficijent toplinske provodljivosti nesmrznutog tla

R.i. – Odabrana rubna izolacija

Gubitak	Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U [W/m]	Hg
G1	Podovi na tlu	0,91	49,04

Stacionarni koeficijenti transmisijske izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, $H_{g,m,H}$ [W/K]												
Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	45,58	45,78	47,85	52,48	120,69	-85,39	-7,76	-6,68	203,06	58,54	48,68	45,87

Stacionarni koeficijenti transmisijske izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, $H_{g,m,C}$ [W/K]												
Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	35,93	35,88	35,42	34,54	45,26	56,92	-111,27	-73,51	46,86	33,63	35,25	35,84

Tablica 29 Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

- Toplinski gubici

Uključivanje grijanja: Temperatura manja od 10 °C

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu $H_{g,avg}$ - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H_{Tr} - Koeficijent transmisijske izmjene topline	176,441 [W/K]

Tablica 30 Transmisijski gubici

Proračun protoka zraka	
Referentna površina zone	$A = 120,00 [m^2]$
Neto volumen zone	$V = 209,76 [m^3]$
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	$n_{50} = 2,00 [h^{-1}]$
Površina kanala	$A_{duct} = 0,00 [m^2]$
Površina kanala smještenih unutar zone	$A_{indoorduct} = 0,00 [m^2]$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$e_{wind} = 0,03 [-]$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$f_{wind} = 20,00 [-]$
Dnevno vrijeme korištenja zone	$t_{Kor} = 24,00 [h]$
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	$t_{v,mech} = 24,00 [h]$
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	$V_A = 0,00 [m^3 / (hm^2)]$
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	$n_{req} = 0,50 [h^{-1}]$
Mehanička ventilacija	
Minimalno potrebni volumni protok zraka	$V_{req} = 104,88 [m^3 / h]$

Faktor propuštanja razvodnih kanala	$C_{ductleak} = 1,15 [-]$
Faktor propuštanja jedinice za obradu zraka	$C_{AHUleak} = 1,06 [-]$
Koeficijent propuštanja u zonu	$C_{indoorleak} = 1,22 [-]$
Koeficijent propuštanja izvan zone	$C_{outdoorleak} = 1,00$
Ukupni koeficijent propuštanja	$C_{leak} = 1,22 [-]$
Broj izmjena zraka dovedenog meh. ventilacijom	$n_{meh,sup} = 0,00 [-]$
Ukupni protok zraka koji propuštaju kanali	$V_{duct,leak} = 0,00 [m^3/h]$
Ukupni protok zraka koji propušta jedinica za obradu zraka	$V_{AHU,leak} = 0,00$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom u vremenu rada meh. ventilacije (za satnu metodu)	$V_{meh,sup} = 0,00 [m^3/h]$
Volumni protok zraka odvedenog meh. ventilacijom u vremenu rada meh. ventilacije (za satnu metodu)	$V_{meh,ext} = 0,00 [m^3/h]$

Infiltracija												
Faktor korekcije zbog mehaničke ventilacije												$f_{v,mech} = 0,00 [-]$
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije - u mjesecu uprosječeni [h⁻¹]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
n_{inf,H}	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
n_{inf,C}	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Prozračivanje												
Korekcija izmjena zraka uslijed mehaničke ventilacije												$\Delta n_{win,mech} = 0,38 [h^{-1}]$
Korekcija izmjena zraka uslijed infiltracije - u mjesecu uprosječeni [h⁻¹]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Delta n_{win,H}$	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
$\Delta n_{win,C}$	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju [kWh]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{ve,inf,H}	1,53	1,49	1,17	0,79	0,25	-0,16	-0,44	-0,45	0,12	0,55	1,08	1,47
Q	12,30	11,97	9,41	6,35	1,99	-1,32	-3,55	-3,64	0,99	4,45	8,67	11,79
Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q_{ve,H}	428,63	376,76	327,97	214,30	69,26	-44,53	-123,78	-126,78	33,51	155,18	292,34	411,13
Q_{ve,inf,C}	1,94	1,90	1,58	1,20	0,66	0,25	-0,03	-0,04	0,53	0,96	1,49	1,88
Q	15,60	15,27	12,71	9,65	5,29	1,98	-0,25	-0,34	4,29	7,75	11,97	15,09
Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q_{ve,C}	543,66	480,66	443,01	325,63	184,30	66,80	-8,75	-11,74	144,84	270,21	403,67	526,17

Tablica 31 Gubici provjetranjem

Mjesec	Toplinski gubici hlađenja [kWh]	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za	Koef. topl. gubitka za
Siječanj	2840,91	2346,75	201,99	211,63
Veljača	2511,08	2064,75	201,94	211,84
Ožujak	2309,08	1814,93	201,48	213,91
Travanj	1689,79	1211,55	200,59	218,53
Svibanj	1007,50	513,79	211,31	286,74
Lipanj	385,31	0,00	222,98	80,67
Srpanj	0,00	0,00	54,78	158,29
Kolovoz	0,00	0,00	92,54	159,37
Rujan	797,80	320,03	212,92	369,12
Listopad	1395,90	901,63	199,68	224,59
Studeni	2102,25	1624,04	201,31	214,74
Prosinac	2748,25	2254,03	201,90	211,92

Tablica 32 Ukupni mjesečni gubici topline

	Toplinski gubici hlađenja	Toplinski gubici grijanja
Godišnje	17787,86	13051,50

Tablica 33 Ukupni godišnji gubici topline

- Toplinski dobici

Solarni toplinski dobici [kWh]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{sol,k}$	205	284	373	508	577	607	657	585	487	392	213	197
$Q_{sol,u,l}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_{sol}	205	284	373	508	577	607	657	585	487	392	213	197

Tablica 34 Solarni dobici

Rezultati proračuna unutarnjih dobitaka topline	
Tip proračuna unutarnjih dobitaka	Proračun unutarnjih dobitaka prema Annexu G
Podvrsta proračuna	Metabolički dobici i dobici od uređaja
Objekt	Stambene zgrade
Dnevna soba i kuhinja	40,00 %
Ostale prostorije	60,00 %
Ploština korisne površine grijanog dijela A_K	120,00
Ukupni unutarnji dobici - Q_{int}	5.676,48 kWh

Tablica 35 Unutarnji dobici topline

Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	2473,95	687,21
Veljača	2591,52	719,87
Ožujak	3078,42	855,12
Travanj	3509,83	974,95
Svibanj	3811,84	1058,84
Lipanj	3866,51	1074,03
Srpanj	4099,34	1138,70
Kolovoz	3842,75	1067,43
Rujan	3431,00	953,06
Listopad	3146,01	873,89
Studen	2446,17	679,49
Prosinac	2443,31	678,70

Tablica 36 Ukupni mjesečni dobici topline

	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	38740,64	10761,29

Tablica 37 Ukupni godišnji dobici topline

- Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	1.918	429	2.347	205	482	687	0,29	0,998	1,00	31,00	1.561
Veljača	1.688	377	2.065	284	435	720	0,35	0,996	1,00	28,00	1.267
Ožujak	1.487	328	1.815	373	482	855	0,47	0,986	1,00	31,00	906
Travanj	997	214	1.212	508	467	975	0,80	0,905	1,00	25,00	202
Svibanj	445	69	514	577	482	1.059	2,06	0,477	1,00	0,00	0
Lipanj	- 48	- 45	- 93	607	467	1.074	1.000,00	0,001	1,00	0,00	0
Srpanj	- 383	- 124	- 507	657	482	1.139	1.000,00	0,001	1,00	0,00	0
Kolovoz	- 396	- 127	- 523	585	482	1.067	1.000,00	0,001	1,00	0,00	0
Rujan	287	34	320	486	467	953	2,98	0,335	1,00	0,00	0
Listopad	746	155	902	392	482	874	0,97	0,841	1,00	19,00	39
Studen	1.332	292	1.624	213	467	679	0,42	0,991	1,00	30,00	887
Prosinac	1.843	411	2.254	197	482	679	0,30	0,998	1,00	31,00	1.481
UKUPNO											6344

Tablica 38 Potrebna energija za grijanje

Mjesec	$Q_{C,tr}$	$Q_{C,ve}$	$Q_{C,ht}$ [kWh]	$Q_{C,sol}$	$Q_{C,int}$	$Q_{C,gn}$ [kWh]	γ_c	$\eta_{C,ls}$	$\alpha_{red,C}$	$Q_{C,nd}$ [kWh]
MJESEČNO										
Siječanj	2.297	544	2.841	205	482	687	0,24	0,242	1,00	0
Veljača	2.030	481	2.511	284	435	720	0,29	0,286	1,00	0
Ožujak	1.866	443	2.309	373	482	855	0,37	0,368	1,00	0
Travanj	1.364	326	1.690	508	467	975	0,58	0,559	1,00	0
Svibanj	823	184	1.008	577	482	1.059	1,05	0,848	1,00	66
Lipanj	319	67	385	607	467	1.074	2,79	0,995	1,00	638
Srpanj	- 4	- 9	- 12	657	482	1.139	1.000,00	1,000	1,00	1.072
Kolovoz	- 16	- 12	- 28	585	482	1.067	1.000,00	1,000	1,00	1.022
Rujan	653	145	798	486	467	953	1,19	0,893	1,00	160
Listopad	1.126	270	1.396	392	482	874	0,63	0,600	1,00	0
Studeni	1.699	404	2.102	213	467	679	0,32	0,322	1,00	0
Prosinac	2.222	526	2.748	197	482	679	0,25	0,247	1,00	0
UKUPNO										2958

Tablica 39 Potrebna energija za hlađenje

Potrebni podaci	
Broj dana sezone grijanja - d_g	195,00 dan
Broj dana izvan sezone grijanja - d_{ng}	170,00 dan
Ploština korisne površine grijanog dijela zone - A_k	120,00 m ²
Tip zgrade: Stambena zgrada s 3 i manje stambene jedinice	
Specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV - $Q_{w,A,a}$	12,50 kWh/m ² a
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni grijanja) - $Q_{w,g}$	801,37 kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone grijanja) - Q	698,63 kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - Q_w	1500,00 kWh

Tablica 40 Potrebna energija za zagrijavanje vode

- Rezultati proračuna


Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 339,25$ [m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 276,00$ [m ³]
Faktor oblika zgrade	$f_o = 1,23$ [m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 120,00$ [m ²]
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k' = 120,00$ [m ²]
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 6344,11$ [kWh/a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 52,87$ (max = 60,00) [kWh/m ² a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće od	$Q'_{H,nd} = -$ (max = -) [kWh/m ³ a]
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 2957,83$ [kWh/a]
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 3024,54$ [kWh/a]
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine	$E''_{del} = 25,20$ [kWh/m ² a]
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 4881,61$ [kWh/a]
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E''_{prim} = 40,68$ (max = 80,00) [kWh/m ² a]
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,52$ (max = 0,59) [W/m ² K]

Tablica 41 Rezultati proračuna potrebne potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više

Energent	Svrha / Potrošač	E_{del} [kWh]	Faktor f_p	E_{prim} [kWh]
Električna energija	Energija za grijanje	1776,35	1,614	2867,03
Električna energija	Energija za hlađenje	828,19	1,614	1336,70
Električna energija	Energija za PTV	420,00	1,614	677,88
Ukupno		3.024,54		4.881,61

Tablica 42 Rezultati proračuna godišnje primarne energije E_{prim}

Iz prethodno navedenih podataka izrađen je energetska certifikat u kojem je vidljivo u koji energetski razred je smještena predmetna građevina.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^{*}$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]
	30,89	37,00
		A
	B	
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]	22,93	
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]	5,38	
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika br. 105 Isječak iz energetska certifikata

10. ZAKLJUČAK

Prema pojednostavljenom proračunu predmetna građevina, tradicijska kamena kuća je zadovoljila na vertikalna djelovanja. Proračun je proveden u programskom paketu „AmQuake“. Može se zaključiti da zidane zgrade u seizmički aktivnim područjima trebaju imati pravilnu geometriju, tj. pravilnost u tlocrtu i po visini, postići pravilnosti u krutosti zidova i temelja u dva ortogonalna pravca. Krutost određuje vlastite periode konstrukcije, a o njihovom odnosu s predominantnim periodima potresa ovisi dinamičko povećanje opterećenja na konstrukciju. Tijekom potresa bitno se mijenja krutost zgrada. Pojavom oštećenja krutost se smanjuje, čime se povećavaju vlastiti periodi. Iz tog razloga će se kod duktilnih konstrukcija javljati veća redukcija sila od potresa za razliku od pretežno elastičnih konstrukcija sa punim inercijalnim silama.

Međukatna i krovna konstrukcija, drvena greda, proračunate su u softveru „SCIA Engineer“. Za sve kombinacije opterećenja progibi su bili manji od dopuštenih.

Zbog sve veće svijesti o posljedicama klimatskih promjena i negativnom utjecaju ljudi na okoliš, sve se više vodi briga o održivom razvoju i zelenoj gradnji. Postojeće zgrade su jedan od najvećih zagađivača okoliša u sektoru građevinarstva. Upravo je iz tog razloga prepoznata nužnost ušteda u potrošnji energije za grijanje i hlađenje zgrada, na što otpada najveći dio ukupne potrošnje energije. To se može postići putem energetske obnove postojećih zgrada, prvenstveno u vidu smanjenja toplinskih gubitaka, dodavanjem toplinske izolacije potrebne debljine i zamjenom postojećih otvora koji su često loših energetskih svojstava i velikog stupnja infiltracije zraka, kao i postavljanjem novih i učinkovitih termotehničkih sustava za grijanje, hlađenje i ventilaciju.

U obnovi tradicijskog graditeljstva važno je, uz primjereno očuvanje tradicije građenja, istančano provesti povezivanje nužnih sadržaja potrebnih za suvremeni život. Mnogo se toga može uskladiti potrebnim adaptacijama, „pomiriti“ staro i novo. Ove zgrade zbog načina i vremena gradnje najčešće spadaju u najlošiji energetski razred zbog čega ih je potrebno energetski obnoviti na adekvatan način, poštujući zakone i propise. Konstrukcijska rješenja, materijal i funkcija zadržali se se i očuvali tijekom dugih godina i daju pečat tipu kuća i seoskih naselja. Prostor dalmatinskog zaleđa ima svoj identitet kojeg mu je dao čovjek. Danas je znatno narušen i ako ga ne budemo čuvali može biti trajno izgubljen. Izgubiti identitet znači izgubiti zavičaj.

11. LITERATURA

1. Zdravko Živković; **Tradicijska kamena kuća dalmatinskog zaleđa**
2. mr.sc. Vesna Bukarica, dr.sc. Damir Dović, Željka Hrs Borković, dr.sc. Vladimir Soldo, mr.sc. Boris Sučić, dr.sc. Srećko Švaić; **Priručnik za energetske savjetnike**. 2008.
3. **Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama**
4. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za materijale; **Toplinski mostovi** - predavanje iz kolegija Građevinska fizika, 2018.
5. Termografsko snimanje; **New concept training for energy efficiency**, 2018.
6. S. Gumbarević, doc. dr. sc. Bojan Milovanović; **Utjecaj zrakopropusnosti ovojnice na energijsko svojstvo zgrada**
7. dipl.ing.građ. Hrvoje Pešut; **Zrakopropusnost omotača zgrade**
8. **Analiza energetske učinkovite gradnje u prekograničnoj regiji**
9. prof. dr. sc. / dipl.ing.građ. Boris Trogrlić; **Zidane zgrade-projektiranje i proračun** (zapisi s predavanja s kolegija Zidane konstrukcije), 2018.
10. **Zakon o gradnji** (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
11. **Zakon o energetske učinkovitosti** (NN 127/14, 116/18, 25/20)
12. **Dugoročna strategija za poticanje ulaganja u obnovu nacionalnog fonda zgrada Republike Hrvatske**
13. Europski revizorski sud, na temelju **Izvjешća EU-a o inventarima stakleničkih plinova** iz 2019. (podatci o emisijama 2017.), nacionalno priopćenje i dvogodišnja izvješća EU-a UNFCCC-u za 2017. (podatci o projekcijama) i izvješće EEA-e Trends and projections in Europe 2018 – Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets (Trendovi i projekcije za Europu 2018. – praćenje napretka u dostizanju klimatskih i energetskih ciljnih vrijednosti Europe” (godišnja smanjenja potrebna za dostizanje ciljnih vrijednosti).
14. S. Novak, Z. Stapić, K. Lenić, M. Mijač, M. Džeko, D. Jeđud; **Upute za rad s računalnim programom KI Expert Plus**
15. Institut za turizam, Zagreb; **Meditranska kamena kuća, tehnike gradnje i obnove**
16. **Knauf insulation autocad detalji 2018**
17. <http://www.ze-ma.hr/staklo-izo>
18. <https://www.hgk.hr/documents/171120jurcic5a12f75c2b908.pdf>
19. http://gfosweb.gfos.hr/portal/images/stories/studij/strucni/zgradarstvo-i-završni-radovi/24.-25.%20Toplinski%20mostovi%20u%20zgradarstvu_Primjeri.pdf
20. <https://www.energetskocertificiranje.com.hr/energetski-certifikat/>
21. http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE_64_2012_7_615_617_Energijska_ucinkovitost2.pdf

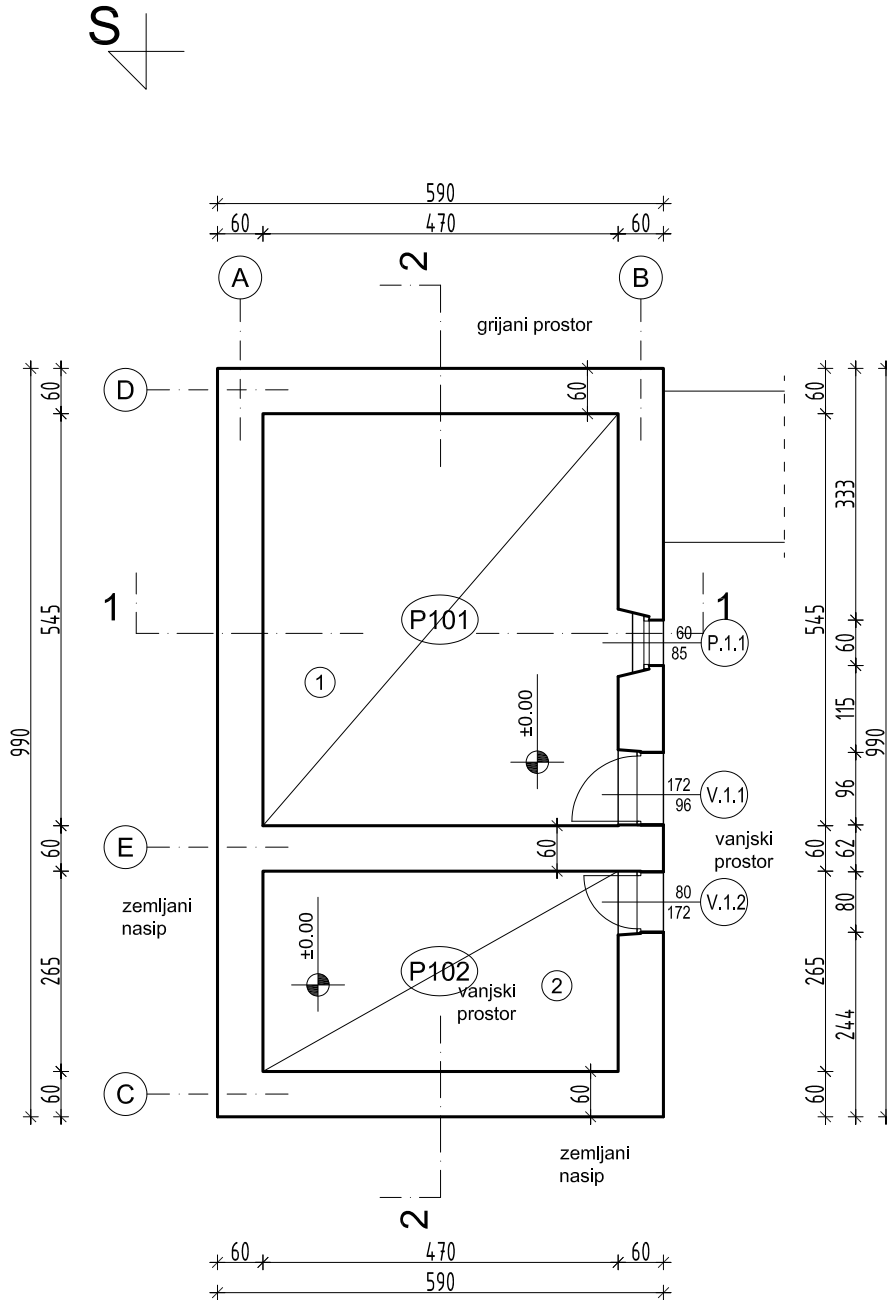
22. [http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija- vanjskogzida](http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-vanjskogzida)
(22.11.2017.)
23. <http://www.zelenaenergija.org/clanak/toplinska-ovojnica-zgrade-i-energetskaucinkovitost/5819>
24. <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=3654>

12. GRAFIČKI PRILOZI

Redom su priloženi:

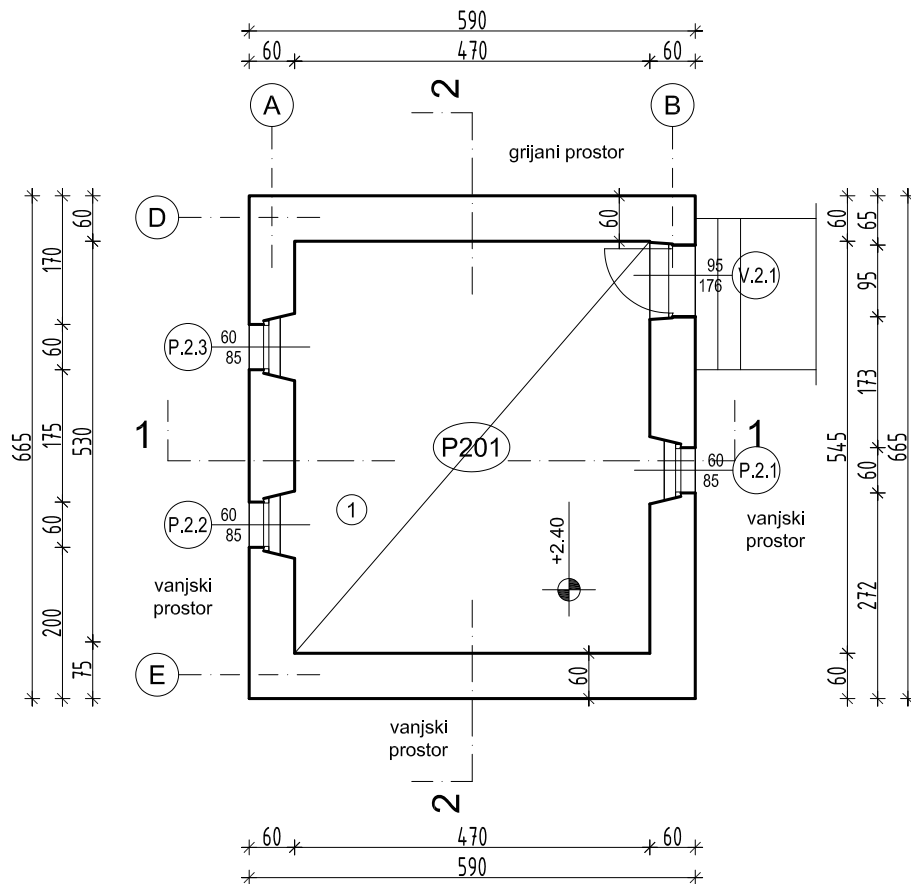
- Postojeće stanje - Tlocrt prizemlja	M1:100
- Postojeće stanje - Tlocrt kata	M1:100
- Postojeće stanje - Tlocrt potkrovlja	M1:100
- Postojeće stanje - Tlocrt krova	M1:100
- Postojeće stanje - Presjek 1-1	M1:100
- Postojeće stanje - Presjek 2-2	M1:100
- Postojeće stanje - Sjeverno pročelje	M1:100
- Postojeće stanje - Južno pročelje	M1:100
- Postojeće stanje - Zapadno pročelje	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Tlocrt prizemlja	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Tlocrt kata	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Tlocrt potkrovlja	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Tlocrt krova	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Presjek 1-1	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Presjek 2-2	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Sjeverno pročelje	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Južno pročelje	M1:100
- Novoprojektirano stanje - Zapadno pročelje	M1:100
- Tlocrt temelja	M1:100

TLOCRT PRIZEMLJA MJ 1:100



KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Tlocrt prizemlja	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 1

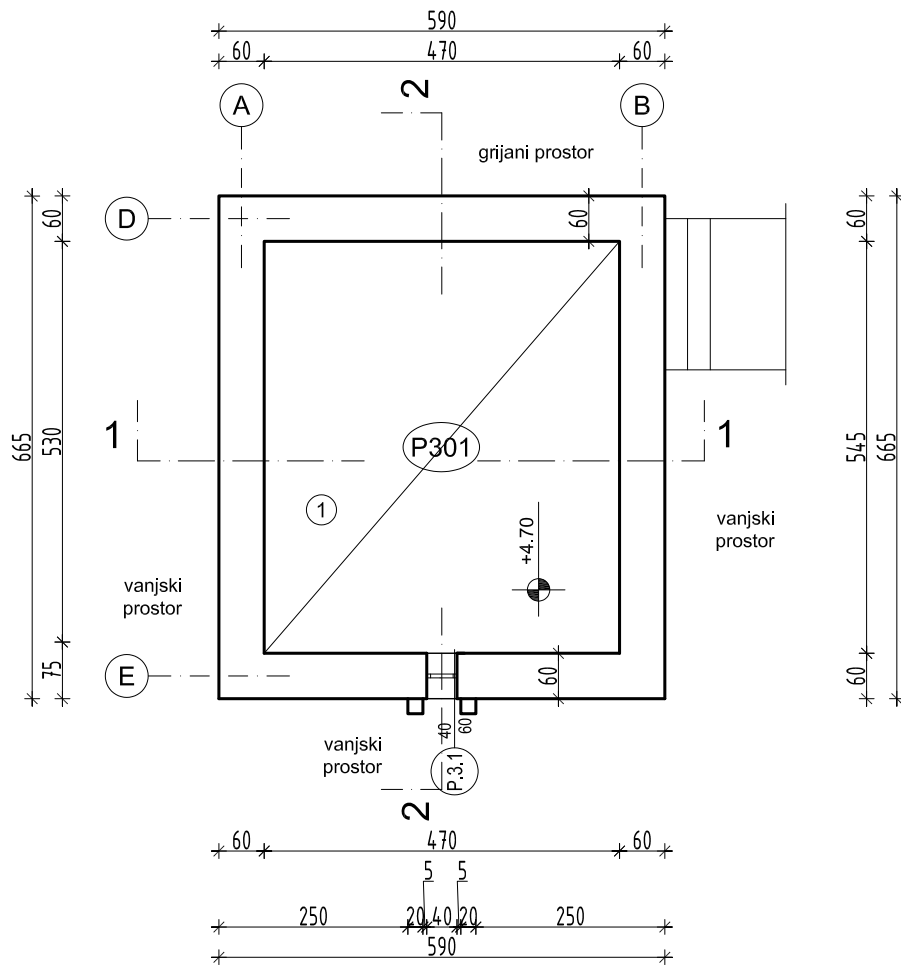
TLOCRT KATA MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Tlocrt kata	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 2

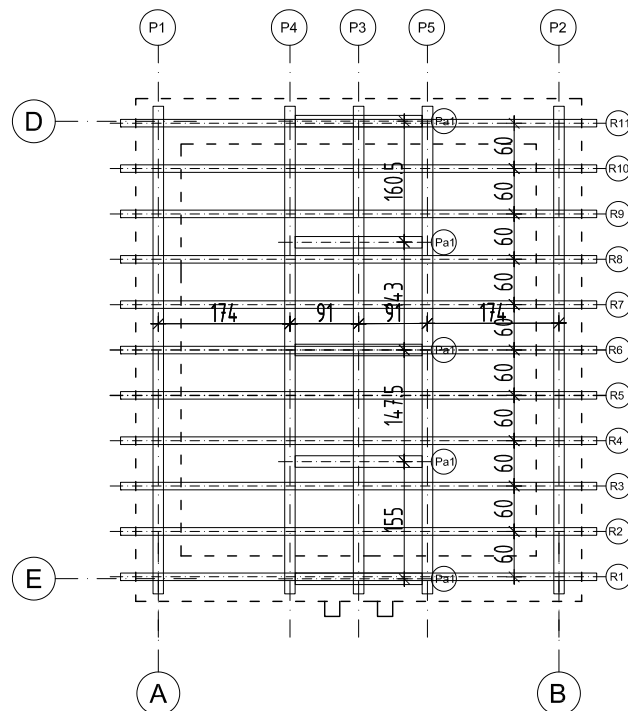
TLOCRT POTKROVLJA MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Tlocrt potkrovlja	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 3

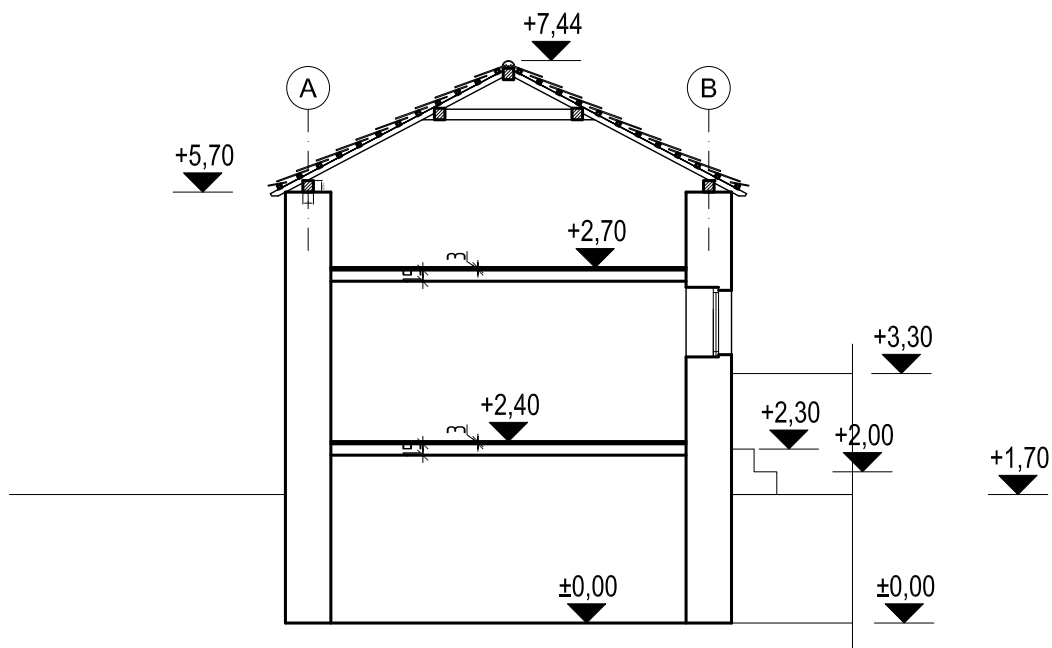
TLOCRT KROVA MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Tlocrt krova	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 4

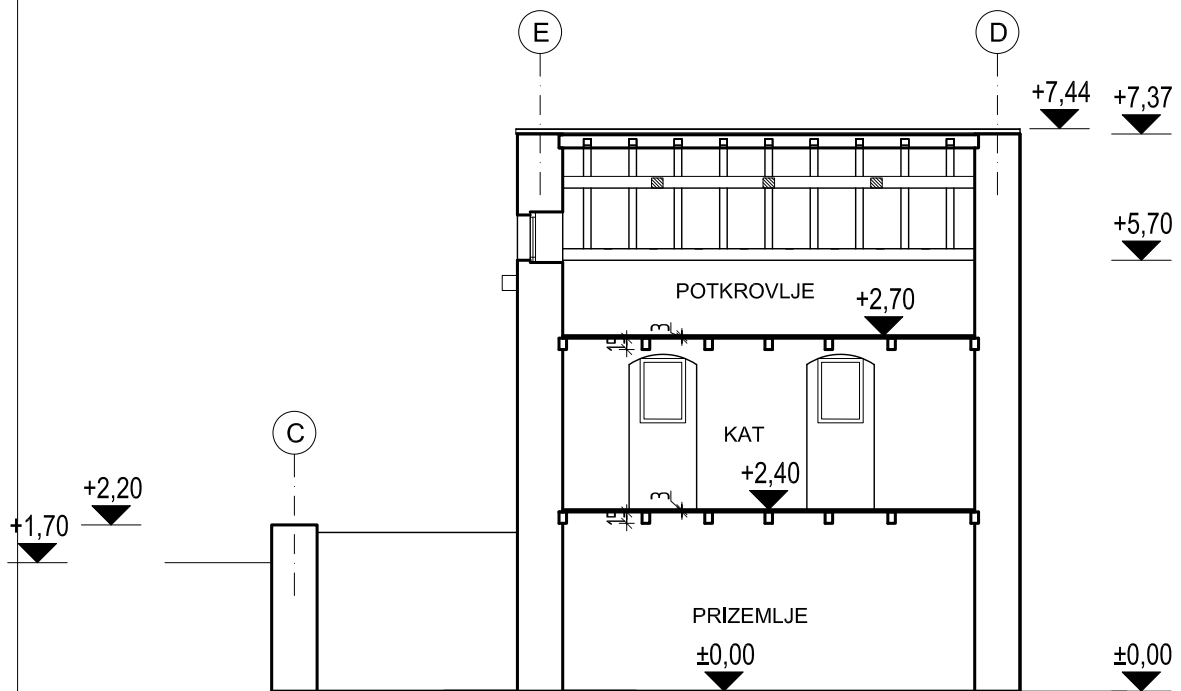
PRESJEK 1-1 MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Presjek 1-1	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 5

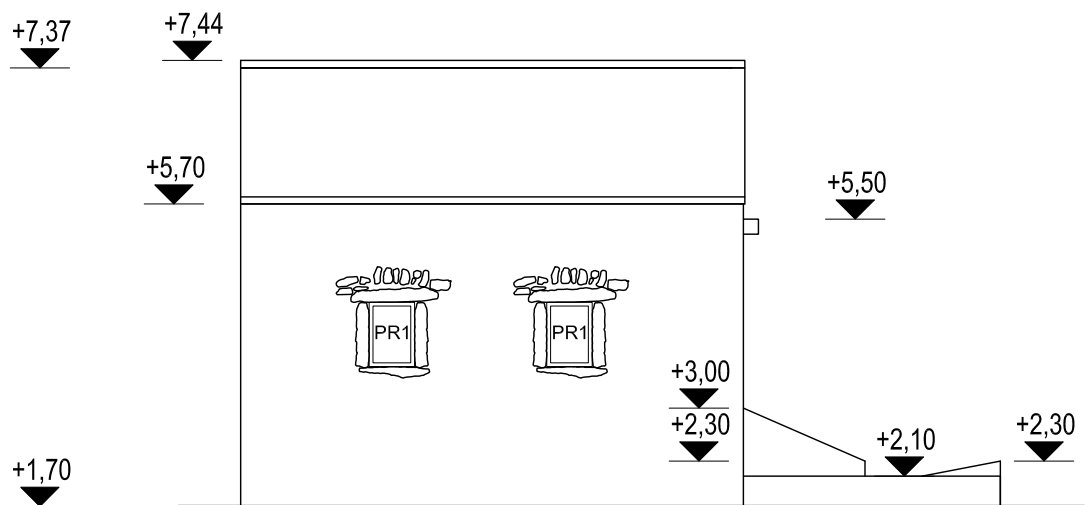
PRESJEK 2-2 MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Presjek 2-2	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 6

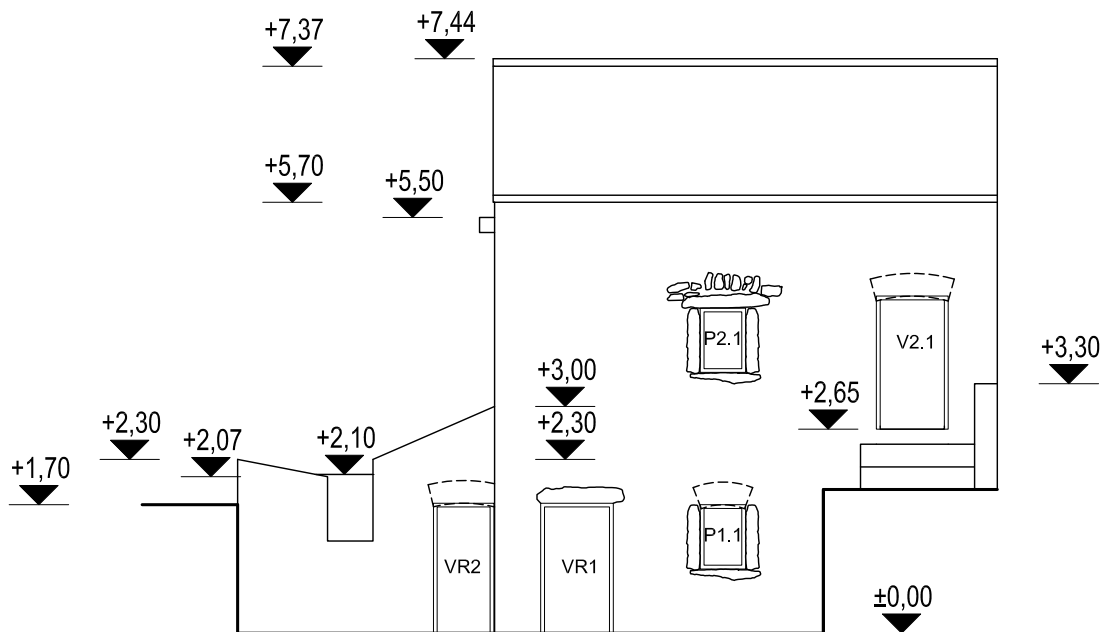
SJEVERNO PROČELJE MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Sjeverno pročelje	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 7

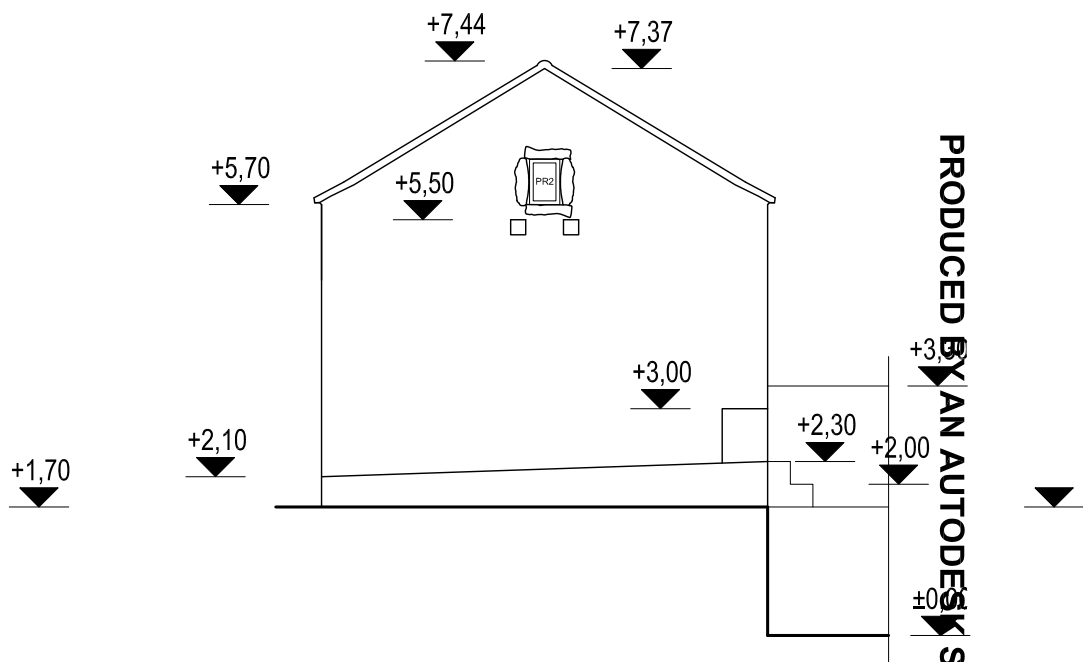
JUŽNO PROČELJE MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Južno pročelje	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 8

ZAPADNO PROČELJE MJ 1:100



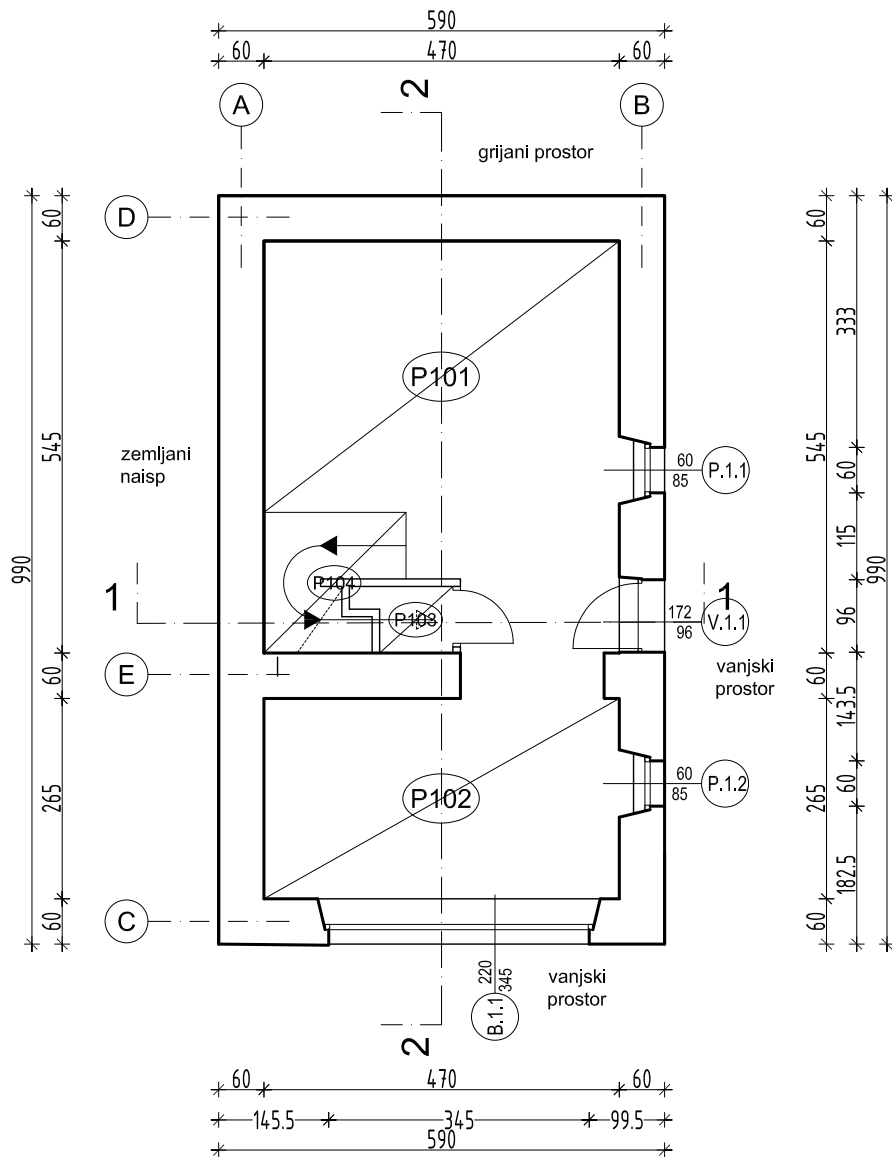
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	Proračun nosive konstrukcije i toplinske izolacije	
TEMA	DIPLOMSKI RAI	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Postojeće stanje Zapadno pročelje	MJE
DATUM	rujan, 2020.	BRC

TLOCRT PRIZEMLJA MJ 1:100



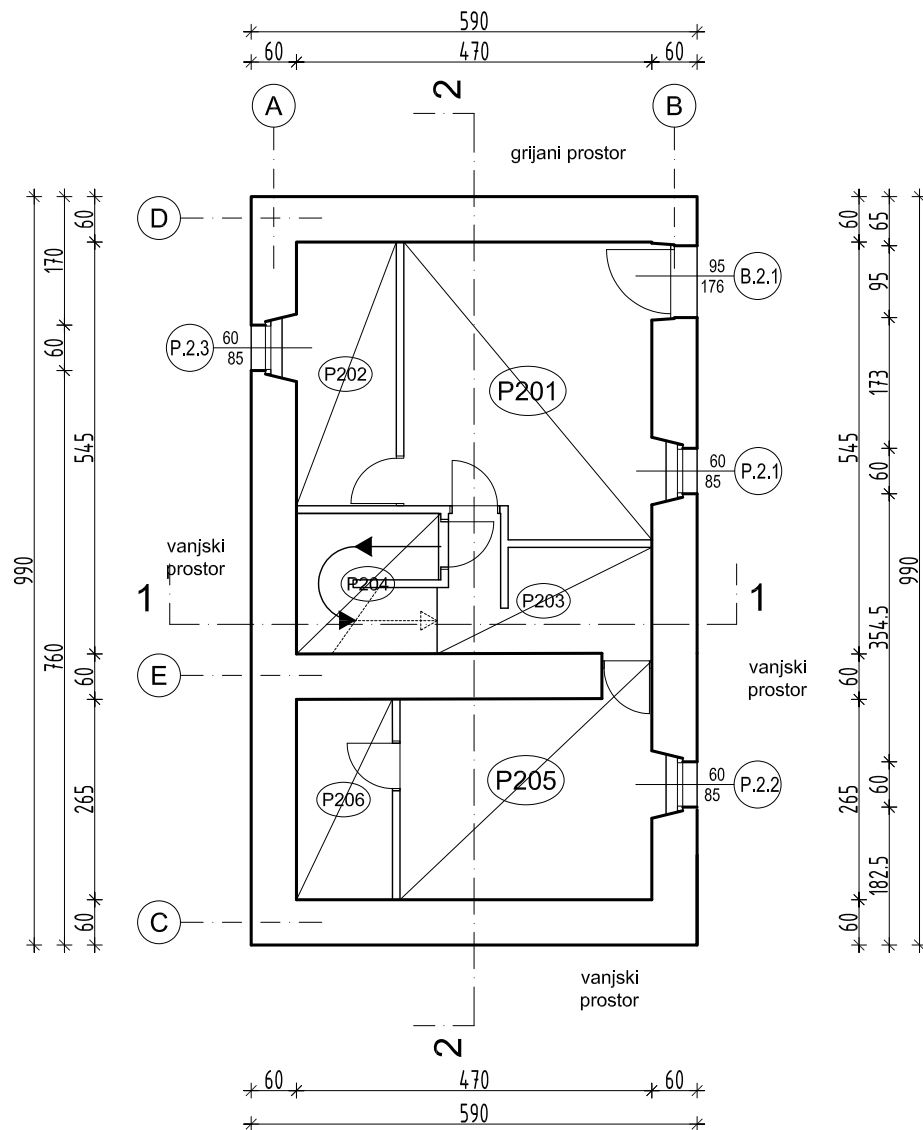
- P101 - Dnevna soba
- P102 - Kuhinja i blagavaonica
- P103 - WC
- P104 - Stubište



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Tlocrt prizemlja	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 10

TLOCRT KATA MJ 1:100



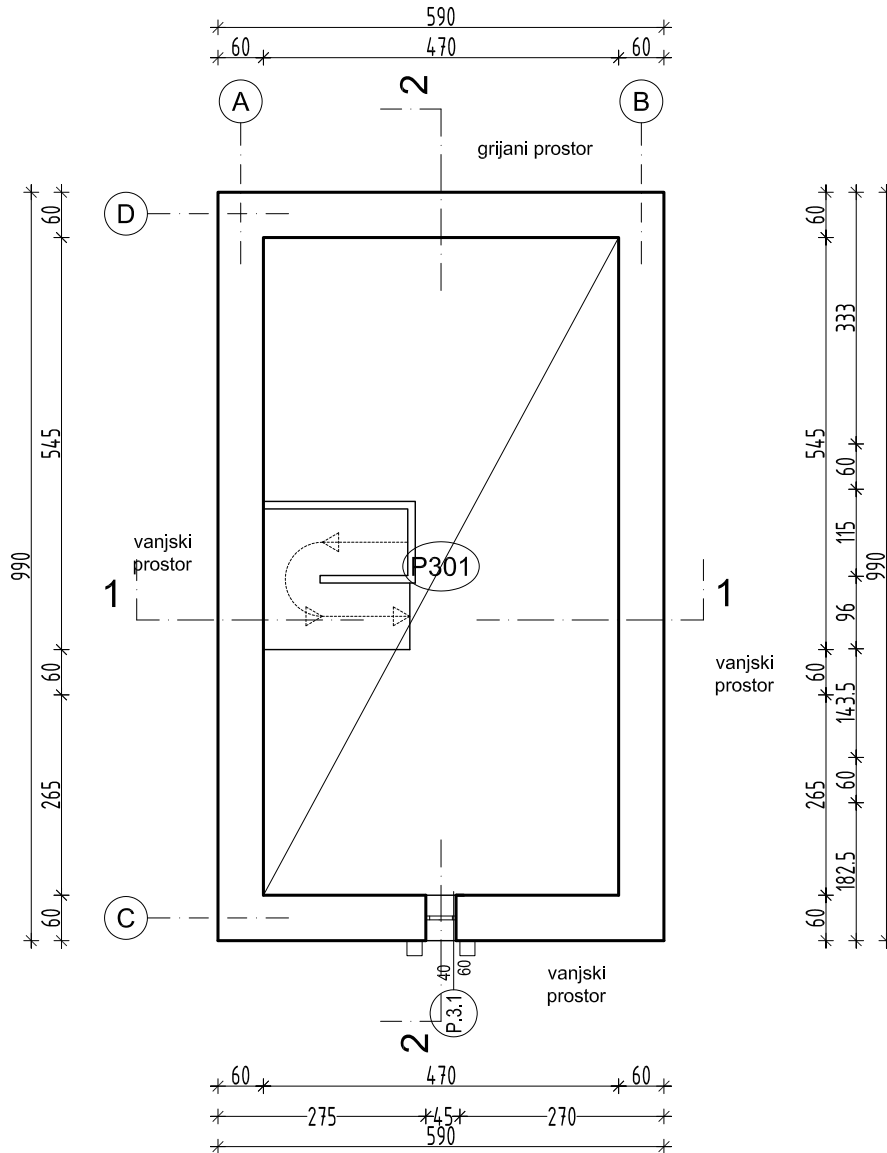
- P201 - Spavaća soba 1
- P202 - Kupaonica 1
- P203 - Hodnik
- P204 - Stubište
- P205 - Spavaća soba 2
- P206 - Kupaonica 2



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Tlocrt kata	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 11

TLOCRT POTKROVLJA MJ 1:100



P301 - Ostava



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ

DIPLOMSKI RAD

TEMA

Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće

STUDENT

Matija Puljiz, 771

SADRŽAJ

Novoprojektirano stanje
Tlocrt potkrovlja

MJERILO

1:100

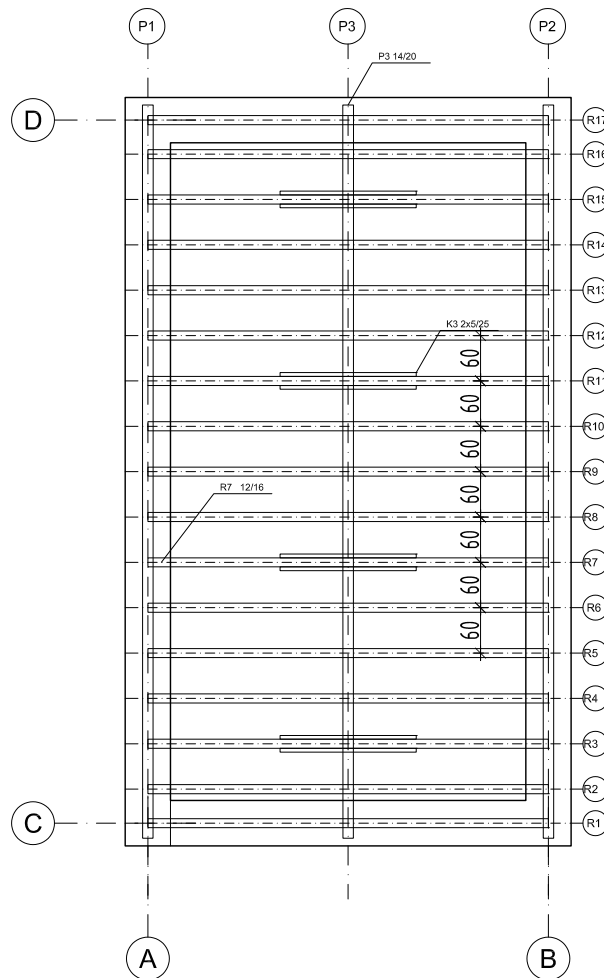
BROJ PRILOGA

12

DATUM

rujan, 2020.

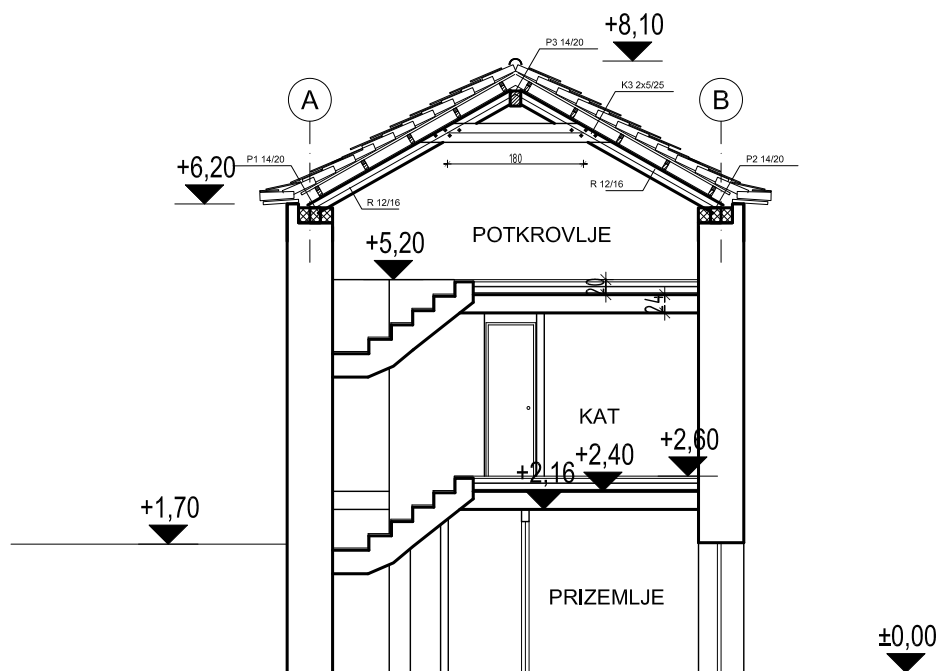
TLOCRT KROVA MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Tlocrt krova	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 13

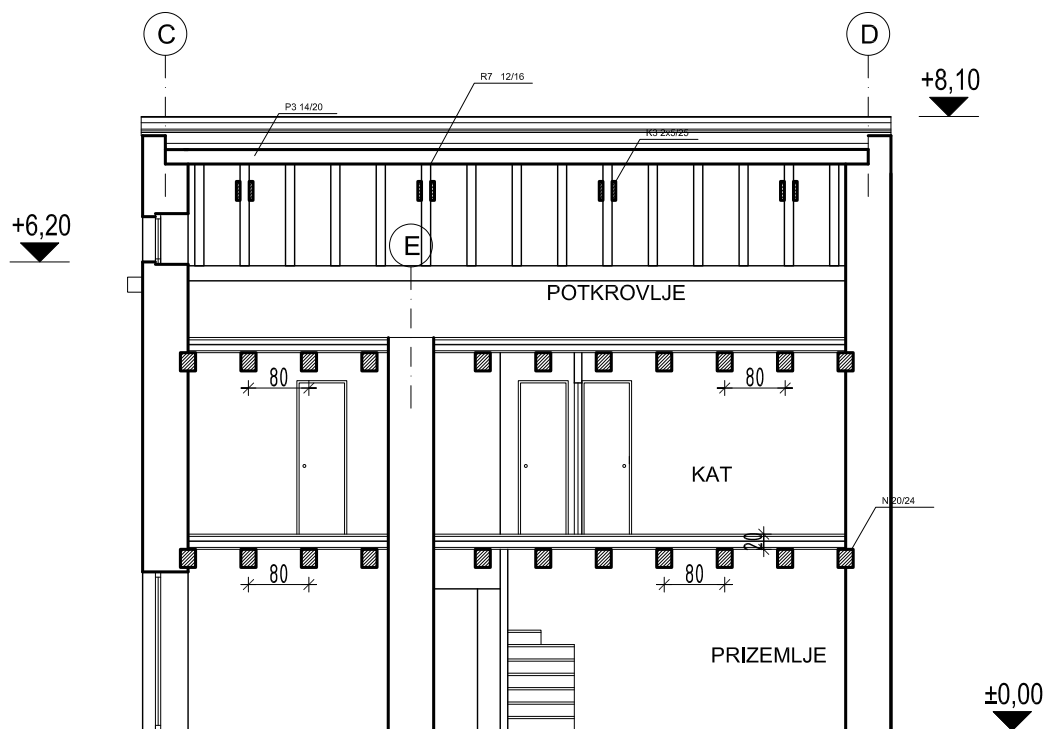
PRESJEK 1-1 MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Presjek 1-1	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 14

PRESJEK 2-2 MJ 1:100



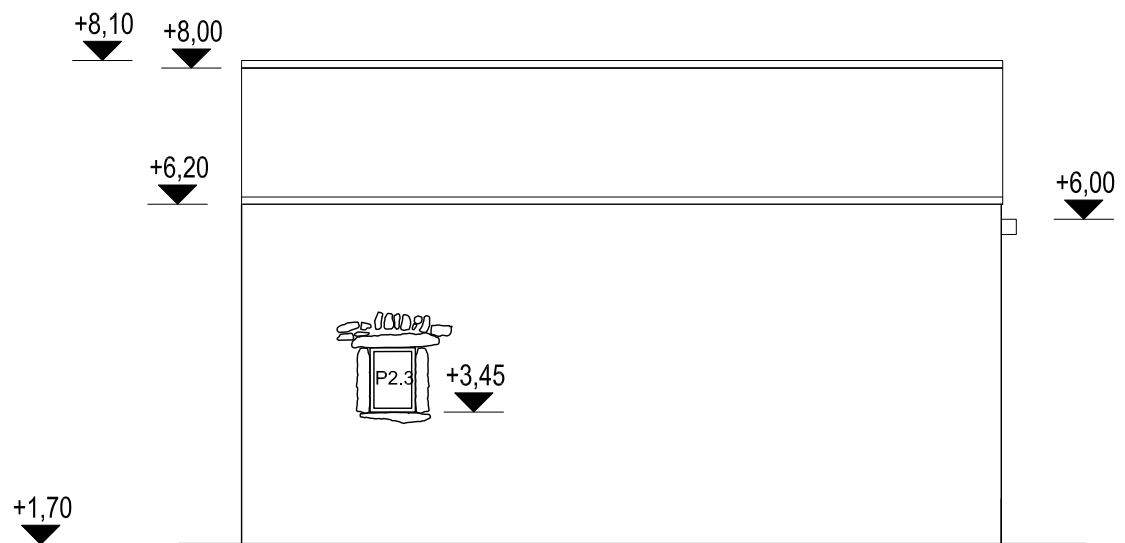
80



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Presjek 2-2	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 15

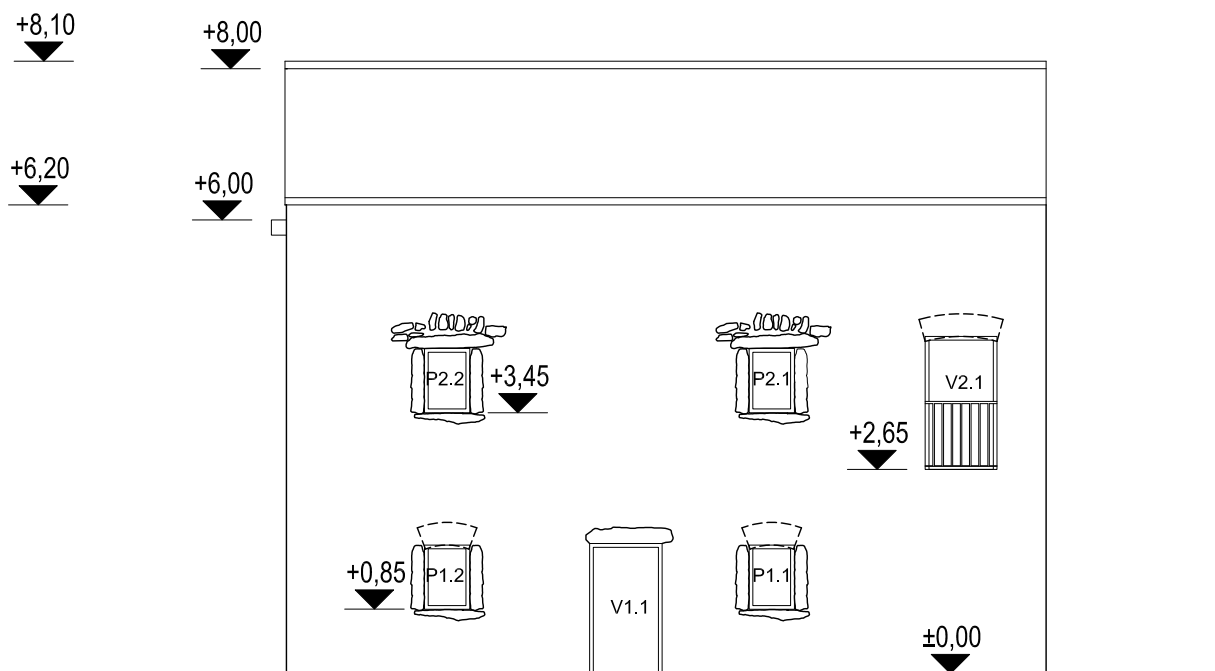
SJEVERNO PROČELJE MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Sjeverno pročelje	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 16

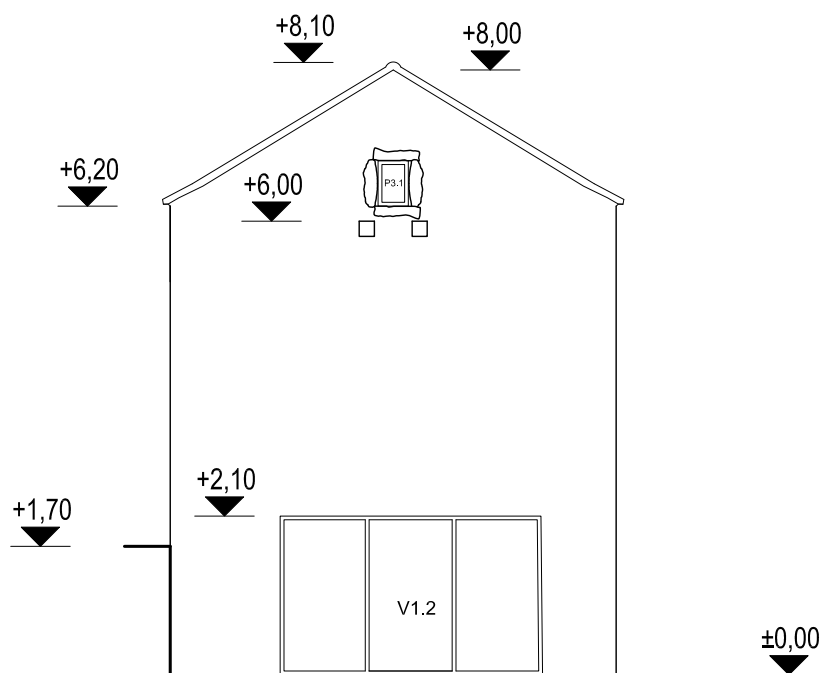
JUŽNO PROČELJE MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Južno pročelje	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 17

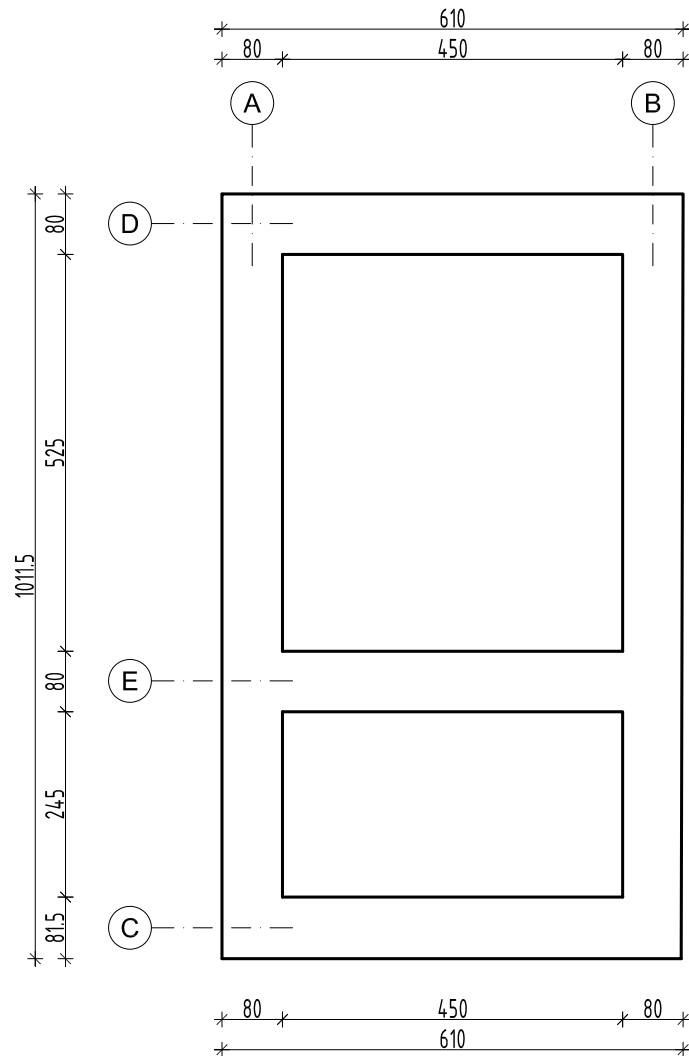
ZAPADNO PROČELJE MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Novoprojektirano stanje Zapadno pročelje	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 18

TLOCRT TEMELJA MJ 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE

KOLEGIJ	DIPLOMSKI RAD	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i toplinska analiza kamene kuće	
STUDENT	Matija Puljiz, 771	
SADRŽAJ	Tlocrt temelja	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 19