

# Rekonstrukcija i revitalizacija stare obiteljske kuće u Crkovcu, Kamenica

---

Štefičar, Anamarija

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:188073>

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

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

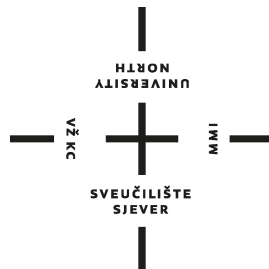


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



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



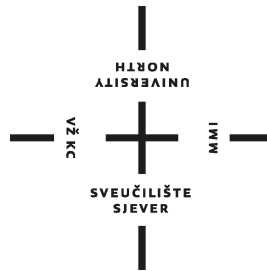
DIPLOMSKI RAD br. 56/GRD/2022

**Rekonstrukcija i revitalizacija stare obiteljske  
kuće u Crkovcu, Kamenica**

Anamarija Štefičar

Varaždin, rujan 2022.

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Graditeljstva**



DIPLOMSKI RAD br. 56/GRD/2022

**Rekonstrukcija i revitalizacija stare obiteljske  
kuće u Crkovcu, Kamenica**

Student:

Anamarija Štefičar 1616/336D

Mentor:

Doc.dr.sc. Matija Orešković

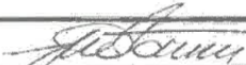
Varaždin, rujan 2022.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Anamarija Štefičar	MATIČNI BROJ	1616/336D
DATUM	15.04.2022.	KOLEGIJ	Revitalizacije, konzervacije i restauracije građevina
NASLOV RADA	Rekonstrukcija i revitalizacija stare obiteljske kuće u Crkovcu, Kamenica		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Reconstruction and revitalisation of an old family house in Crkovec, Kamenica		
MENTOR	Matija OREŠKOVIĆ	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo SOLDO 2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ 3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN 4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ 5.		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	56/GRD/2022		
OPIS	<p>U diplomskom radu je potrebno izraditi projekt obnove, rekonstrukcije te potpune revitalizacije stambene zgrade - stare obiteljske kuće. Stambena zgrada nalazi se u Crkovcu te je izgrađena 1910. godine. Uz kuću se nalaze i gospodarski objekti. Dimenzije građevinskog zemljišta su sa smjera, sjevera 49,18 m, zapada 70,26 m, istoka 60,58 m i juga 34,67 m. Sa istočne strane ima pristup glavnoj cesti. Njezina glavna obilježja su tradicionalni materijali i izgradnja.</p> <p>Pregledom oštećenja potrebno je izvesti zaključke o ugroženosti građevine prema današnjoj korištenoj regulativi uz prijedlog hitnih mjera sanacije i osnovnih radova koje je potrebno izvesti kako bi se objekt doveo u uporabljivo stanje.</p> <p>Potrebno je napraviti projekt potpune obnove te revitalizacije stambene zgrade. Objektu je projektom revitalizacije potrebno dati novu namjenu.</p> <p>U radu je potrebno detaljno odraditi statički proračun zgrade prije i poslije strukturalne obnove. Proračun je potrebno napraviti na bazi 3d modeliranja i simulacije na potres. Tip i vrste obnove je potrebno prikazati grafički, nacrtima i detaljima. Također je potrebno prikazati sve vrste radova koji bi se radili na zgradi.</p> <p>Diplomski rad mora biti rađen prema Uputama za izradu Diplomskog rada Sveučilišta Sjever.</p>		
ZADATAK URUČEN	29.08.2022.	POTPIS MENTORA	



## **Predgovor**

*Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Matiji Oreškoviću, na iznimnoj pomoći i svim profesorima Odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever na usvojenom znanju i predanosti. Najviše se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje te na velikoj podršci, strpljenju i razumijevanju tijekom mojeg obrazovanja.*

*Anamarija Štefičar*

## **Sažetak**

Ovim diplomskim radom opisan je tradicionalni način građenja u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Najčešći uzroci i posljedice propadanja starih objekta i primjeri sanacija. Za zadani primjer obiteljske kuće, prikazan je način građenja i konstrukcijski elementi od kojih se sastoji. Izvedena je tehnička dijagnoza postojećeg stanja i statički proračuni u programu Tower, te mogući način sanacije predmetne građevine.

Ključne riječi: tradicionalno građenje, vlaga, oštećenja, sanacija, Tower

## **Abstract**

This graduation these describes traditional way of building in the continental part od Croatia. As well as most common cause and effect of decay concerning old buildings and also their sanation. For the example listed in this thesis, the method of construction and structural building elements are presented along with technical diagnosis and static calculation that were performed in the Tower program. The example presented in this thesis also describes the means of its revitalisation.

Key words: traditional construction, humid, damages, sanation, Tower

## Popis korištenih kratica

$\gamma$	<i>Grčko slovo „gama“, obujamska težina</i>
$v_b$	<i>Osnovna brzina vjetra</i>
$C_{dir}$	<i>Faktor smjera vjetra</i>
$C_{seson}$	<i>Faktor godišnjeg doba</i>
$\varphi$	<i>Vrijednost gustoće zraka</i>
$q_d$	<i>Tlak pri osnovnoj brzini vjetra</i>
$c_e(z)$	<i>Faktor izloženosti</i>
$\mu_i$	<i>Koeficijent oblika opterećenja snijegom</i>
$C_t$	<i>Toplinski koeficijent</i>
$S_k$	<i>Karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlo</i>
$a_{gR}$	<i>Vršno ubrzanje tla</i>
$G_{SN}$	<i>Granično stanje nosivosti</i>
$H_{cr}$	<i>Bočni otpor zida</i>



## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TRADICIONALNI NAČIN GRAĐENJA – HRVATSKO ZAGORJE .....	2
3. OŠTEĆENJA STARIH GRAĐEVINA.....	6
3.1. PUKOTINSKA OŠTEĆENJA.....	7
3.2. SANACIJA OŠTEĆENJA .....	8
3.2.1. Sanacija zidanih konstrukcija .....	8
4. DJELOVANJA VLAGE NA GRAĐEVINE.....	15
4.1. OBLICI VLAGE .....	15
4.2. SANACIJA VLAGE .....	16
5. KUĆA U CRKOVCU .....	21
5.1. TEHNIČKI OPIS PREDMETNE GRAĐEVINE .....	21
5.1.1. Položaj građevinske čestice u prostoru .....	21
5.1.2. Opće karakteristike građevine.....	22
5.1.3. Konstrukcija građevine .....	25
5.2. TEHNIČKO STANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTA.....	32
5.2.1. Prikaz oštećenja - 1. Vanjska oštećenja .....	32
5.2.2. Prikaz oštećenja - 2. Unutarnja oštećenja .....	44
6. STATIČKI PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINE.....	58
6.1. OPĆENITO O PROGRAMU TOWER.....	58
6.2. PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINE .....	59
6.2.1. Opis i konstrukcijski sustav građevine .....	59
6.2.2. Djelovanja na konstrukciju .....	59
6.2.3. Analiza opterećenja.....	60
6.3. REZULTATI STATIČKOG PRORAČUNA POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINE .....	69
7. STATIČKI PRORAČUN GRAĐEVINE NAKON SANACIJSKIH ZAHVATA .....	73
7.1. PRENAMJENA I ANALIZA OPTEREĆENJA .....	73
7.1.1. Opis prenamjene i konstrukcijski sustav građevine.....	73
7.1.2. Analiza opterećenja.....	74

<i>7.2. REZULTATI STATIČKOG PRORAČUNA SANIRANOG STANJA</i> .....	77
7.2.1. Sanacijski zahvati na građevini.....	86
<i>8. OSVRT NA PREDMETNU GRAĐEVINU</i> .....	91
<i>9. ZAKLJUČAK</i> .....	94
<i>10. LITEATURA</i> .....	96
<i>POPIS SLIKA</i> .....	97
<i>PRILOZI - NACRTI</i> .....	100

## 1. UVOD

Arhitektura nastala bez arhitekta naziva se vernakularna arhitektura. Vernakularnu arhitekturu čini veliki dio arhitekture oko nas, najviše u udaljenim malim selima koja su izolirani od velikih gradova. Bez stručnog pristupa, samo sa naslijeđenim znanjem koje se prenosilo, nastajale su građevine koje i dan danas postoje i prkose vremenu. Pa tako mnoge stambene i gospodarske građevine, gradile su se kao jednostavne i skromne, ali sa potpunim ispunjavanjem njihove zadane svrhe.[1] U današnje vrijeme zbog neodržavanja i nebrige takvi objekti propadaju te nastupaju patološke pojave. Nekoliko glavnih uzroka patoloških pojava na starim građevina su, sama starost građevina, neprikladno korištenje i održavanje, nedostaci kod projektiranja i građenja, potresi i dr. Kao posljedica svih ovih nedostataka dolazi do velikih oštećenja građevine, djelovanja vlage i bioloških agensa, raspadanja zidanih i betonskih dijelova.[2] Takve objekte treba 'oživjeti', prije svega valjalo bi provesti tehničku dijagnozu. Pod pojmom tehničke dijagnoze, koja potječe od grčke riječi diagnosis, smatralo se prepoznavanje, zaključivanje i procjenjivanje. Tehnička dijagnoza predstavlja aktivnosti koje se rade nad određenim građevinskim objektom, zbog ocjene trenutnog stanja ili davanja prognoze ponašanja objekta u određenom vremenskom periodu.[3] Nakon tehničke dijagnoze pristupa se odgovarajućoj sanaciji građevine, koju nakon tog procesa smatramo revitaliziranom tj. "ponovno oživljenom".

## 2. TRADICIONALNI NAČIN GRAĐENJA – HRVATSKO ZAGORJE

Hrvatska je bogata zemlja sa velikim tradicijskim nasljeđem, kao što je navedno u knjizi Hrvatsko tradicijsko graditeljstvo, Živković Z. Nalazi se na specifičnom položaju, križanju triju kulturnih područja, a to je panonsko, dinarsko i mediteransko područje. Usmenom predajom prenosila se cjelokupna vještina građenja, od izbora materijala za građenje do smještaja građevine u prostoru te isto tako i njezinog oblikovanja. Postoje dvije skupine globalnih čimbenika koji su u mnogome utjecala na tradicijsko graditeljstvo pojedinoga kraja, a to je skupina prirodnih i društvenih čimbenika. Gradilo se po načelu same prirode i čovjekovog znanja.

Od svih tradicijskih kuća na hrvatskom području, zagorska stara hiža nije bila građena kao najveća niti najkomfortnija. Zagorske stare hiže pripadaju rubnom području panonske kulture sa malim utjecajem alpskog areala. Svako tradicijsko graditeljstvo odražava karakteristike tog kraja pa tako i zagorsko, prenapučenog i siromašnog. Do kraja 1848. godine kućna zadruga osnovna je organizacija obitelji. Tako je troprostorna zagorska kuća kakvu danas poznajemo kao tradicijsku, kuća iz vremena kućne zadruge. Bila je to troprostrana kuća s ulaznim prostorom u sredini iza kojeg je kuhinja i dvije sobe sa strane, jednom manjom i drugom većom koja se nalazila "prema putu". Ovaj raspored je karakterističan i za samu kuću koja je tema ovog rada, tj. takva raspodjela prostora osnovni je tip zagorske kuće. Ispod kuće se većinom nalazio podrum, a ponekad je zagorska kuća bila visoka prizemnica ili katnica s kamenim zidanim prizemljem.

Način građenja zagorskih kuća krećući od samih temelja, temeljile su se na velikim kamenim gromadama koje su ostajale iznad kote terena i nakon građenja, (slika 2.1.). Gdje god je u prirodi bilo kamena, temeljne su se jame zasipavale tim materijalom. U onim područjima gdje je bilo dovoljno kamena hrastove grede su se polagale na nadtemeljne zidove od lomljenog kamena, to je bio neki način horizontalne izolacije. Od sredine 19.st. kada se počinje proizvoditi pečena opeka, temeljne stope i nadozidi izvode se od novog materijala.[4]



*Slika 2.1. Temelji starih kuća*

Zidovi starih kuća gradili su se od drvenih hrastovih planjki. Uglovi su se većinom spajali preklopima s prepustima, (slika 2.2.) Svakim tehnološkim poboljšanjem planjki bile bi sve tanje, tako da je piljena planjka debela oko 7-10 cm. Planjke su se međusobno spajale okruglim drvenim moždanicima. Postojala su dva spoja uglovnog veza. Stari spoj „na prepust” koji se naziva i prosti sijek ili hrvatski vuglec. Za razliku od novijega koji je bez prepusta „lastin rep”, a u narodu se naziva i slijepim sijekom ili njemačkim vuglom, koji je nastao pod utjecajem doseljenika. Kada nije bilo dugačkih planjki, a to je bio najčešći slučaj stijenka se nastavljala sudaranjem odnosno vezanjem planjki „na pero” i utor u vertikalni stup zvan „poberuh”. Stup koji zapravo „pobire”, odnosno spaja planjke s jedne i s druge strane.[4]



*Slika 2.2. Ugao sa prepustom*

Stropove, odnosno međukatne konstrukcije u tradicijskome graditeljstvu, čine drveni grednici na kojima je daščana oplata. Drveni grednici postavljali su se najčešće na razmaku do jednog metra. Osim drvenih greda postavljala se i glavna greda tram, koja je po sredini kuće u uzdužnom smjeru pridržava stropne grede, tj. na sredini njihovog raspona, (slika 2.3.). Stare kuće sa unutrašnje strane bile su ožbukane mješavinom blata i vapna po presvlaci od koso postavljene trstike. A vanjske strane zidova bile su premazane samo vapnom. Podovi su bili od nabijene zemlje, ilovače s različitim dodacima koji su u održavanju zahtijevali veliku brigu. Samo podovi u kuhinji i ulaznom prostoru bili su od čvrsto nabijene homogene mješavine pepela i piljevine.[4]



*Slika 2.3. Prikaz glavne grede i grednika*

Konstrukcija krovišta u tradicijskom graditeljstvu starih hiža vrlo je jednostavna. Većinom su se gradila roženička drvena krovišta, a kod većih raspona koristila se pajanta. Krov zagorske hiže sastojao se od drvenih greda i letva u dva smjera te se tradicionalno pokrivao slamom. Oblik i nagib krova ovisili su o klimi i vrsti pokrova. Područja sa više oborina i pokrova osjetljivih na vlagu zahtijevali su strmije krovne plohe, kao što je to kod slame i trstike. Većini nagiba polazišna točka je bilo kut od 45°. Krov nije imao žljebove i voda se slobodno slijevala. U 19.stoljeću sa pojavom pečene cigle, tj. opeke pojavljuje se i crijep. Pojava biber crijep koji je bio dugotrajniji i vodootporniji od dotadašnjih pokrova. Karakteristično još za tradicijsko graditeljstvo, jesu mali otvori, prozori su bili uski i dvokrilni. Glavna ulazna vrata uvijek su se razlikovala od ostalih vrata u kući. Pridodavalo im se više pozornosti kao što je to ukrašavanje štukaturama.[4]

### 3. OŠTEĆENJA STARIH GRAĐEVINA

Oštećenja zidanih konstrukcija dijele se na konstrukcijska i nekonstrukcijska. Konstrukcija oštećenja mogu uzrokovati djelomično ili potpuno uništenje zidanih konstrukcija. Kao što izvijanje zidnih konstrukcijski elementa može prouzročiti konstrukcijska oštećenja. Pod nekonstrukcijska oštećenja spadaju manja pukotinska oštećenja, opadanje žbuke sa zidova i stropova. Takva oštećenja ne utječu na mehaničku otpornost i stabilnost konstrukcije.[5]

Navedeni su najčešći razlozi oštećenja zidanih konstrukcija [5]

#### *1. Nekvalitetna opeka ili mort*

Nosivi zidovi u kojima je korišten nekvalitetan mort mogu uzrokovati smanjenje vlačne i posmične čvrstoće nosivog zida, te su takvi zidovi podložni nastanka pukotina. Ako je čvrstoća elementa manja od projektirane, oštećenja mogu nastati uslijed smrzavanja i odmrzavanja.

#### *2. Loši konstrukcijski detalji*

Zbog nepoznavanja i neprimjernih izrada detalja dolazi do oštećenja zidanih konstrukcija, uslijed njihovog opterećenja.

#### *3. Greške u eksploataciji i održavanju građevine*

Promjena geometrije građevine, promjena namjene bez analize opterećenja ili pak promjena statičkog sustava, sve to može dovesti do oštećenja zidanih konstrukcija. Kako bi se osigurala dostatna nosivost spojevi zidova moraju biti kvalitetno izrađeni.

#### *4. Loše ponašanje zidova u potresu*

U potresu će se pojaviti dijagonalne x pukotine koje su nastale zbog lošeg ponašanja zidanih konstrukcijskih elemenata u posmiku. Pri čemu trokutovi između pukotina postaju nestabilni i mogu prouzrokovati rušenje konstrukcije.



### 3.1. PUKOTINSKA OŠTEĆENJA

Mnogi su razlozi nastanka pukotina na zidovima. Neki razlozi zahtijevaju jednostavne načine njihove sanacije, dok drugi zahtijevaju složenije planiranje i građevinske zahvate.

Najčešći razlozi nastanka pukotina su greške pri projektiranju i nedostaci u gradnji. Slijeganja temelja mogu biti jedan od razloga nastanka pukotina na zidovima. Reaktivno tlo, glina koja se širi kada je tlo vlažno, odnosno skuplja kada je tlo suho može biti uzrok nastanka. Također kao uzrok pukotina možemo navesti raspadanje građevinskog materijala. Razlog tomu su vremenske neprilike, loše održavanje i sama kvaliteta materijala. Pukotine mogu nastati i zbog pomaka tla, tj. potresa. Postoje još pukotine koje možemo nazvati kao najjednostavnije, a to su one koje nastaju zbog pucanja boje u zidu.[6]

Pukotine možemo podijeliti na više vrsta [7], pa tako još jedna od podjela je:

#### *1. Nazubljene ili stupnjevite kose pukotine*

Takve pukotine nastaju uslijed promjene u temperaturi i količini vlage, a građevinski materijali ovisno o godišnjem dobu se rastežu ili se skupljaju. Učinak se povećava što je veća količina vlage. Stupnjevite pukotine nastaju iznad otvora prozora i vrata.

#### *2. Vertikalne ili horizontalne pukotine*

Opadanje žbuke se često događa kod stariji objekta. Žbuka se odvaja od zidova pri čemu nastaju vertikalne ili horizontalne pukotine.

#### *3. Pukotine nastale uslijed velikog opterećenja materijala*

Ako građevinski materijal ne može podnijeti preveliko opterećenje nastaju pukotine.

#### *4. Pukotine uzrokovane pomacima tla ili potresima*

Pomaci tla uzrokuju razlike u napetosti unutar zidova građevine. Razlozi takvim kretnjama tla mogu biti prodiranje vlage ili rast korijenja drveća. U ovakvim slučajevima pukotine nastaju bliže dnu i šire horizontalno ili koso u visinu, s tim da udaljavanjem od dna postaju sve uže.

#### *5. Pukotine nastale kod novoizgrađenih objekta*

Vrsta pukotina koja nastaje u zidovima uslijed slijeganja pojedinih dijelova objekta. Pukotine mogu nastati iz više razloga, od kojih su to slijeganje temelja, neravnomjerna čvrstoća podloge, korijenje drveća, pritisak od susjednih građevina.

### **3.2. SANACIJA OŠTEĆENJA**

#### *3.2.1. Sanacija zidanih konstrukcija*

Cilj sanacije zidane konstrukcije je doprinijeti potrebnoj razini otpornosti i sigurnosti same konstrukcije. Tehnologiju sanacije i pojačanja nosive zidane konstrukcije možemo podijeliti na konvencionalne tehnike i specijalne tehnike. Konvencionalne tehnike sanacije dijelimo na lokalne i globalne. Takve tehnike ne zahtijevaju specijalne tehnologije i materijale te zbog toga se najviše primjenjuju u praksi.[5]

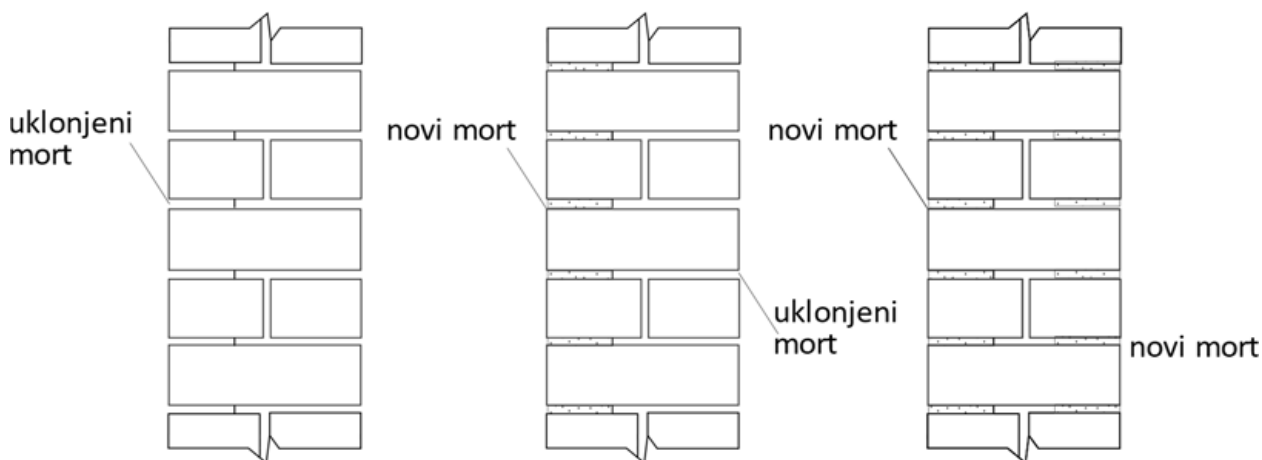
Lokalne tehnike poboljšanja stanja konstrukcije su sanacija dimnjaka, sanacija pukotina, popunjavanje sljubnica, injektiranje šupljih zidova, popunjavanje otvora u zidovima i nadvojima, poprečno povezivanje zidova, ojačanja konstrukcijskih detalja krovišta i dr. Globalne tehnike poboljšanja stanja konstrukcije su sva pojačanja konstrukcije zidanih zidova i pojačanja stropova.

Kod specijalnih tehnika sanacije i pojačanja koje su razvijene u novije vrijeme, uključuju posebno razvijene sustave i materijale, kao što je izoliranje temelja. U nastavku slijedi nekoliko primjera konvencionalnih tehnika.[5]

## LOKALNE INTERVENCIJE

### 1. Zapunjavanje sljubnica

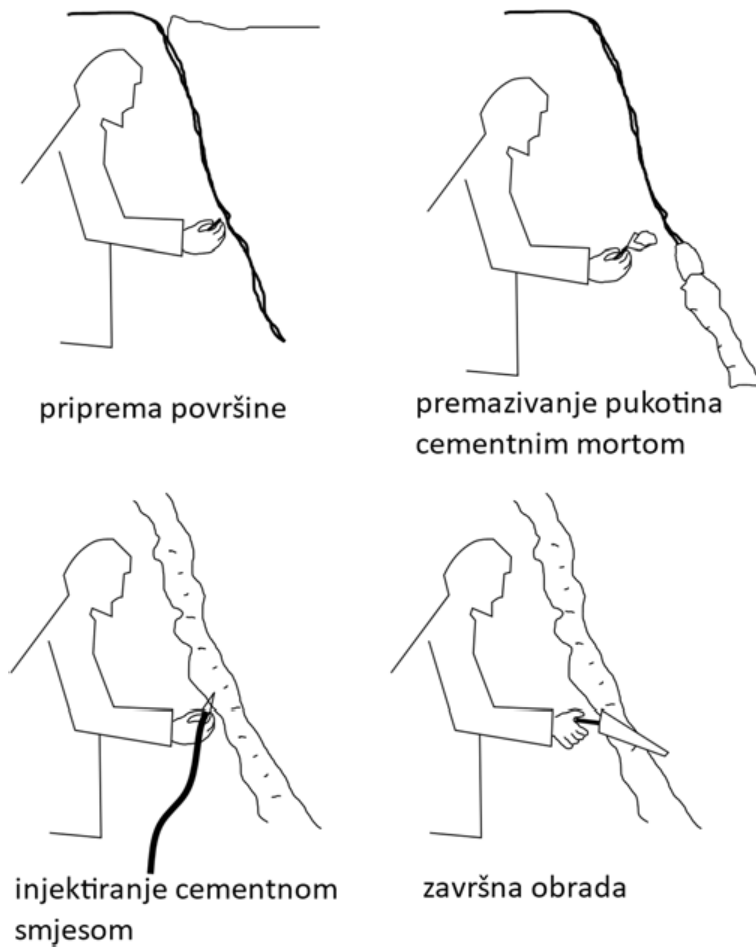
Kod ove tehnike prvo se ukloni postojeća oštećena žbuka. Očiste se sljubnice, zatim ispiru te se zapunjavaju novim mortom, (slika 3.1.). Mort treba ukloniti vodom s visokim tlakom od 40 bara, a dubina uklanjanja morta je maksimalno do trećine debljine zida.[5]



Slika 3.1. Čišćenja i ispiranja sljubnice te zapunjavanja novim mortom

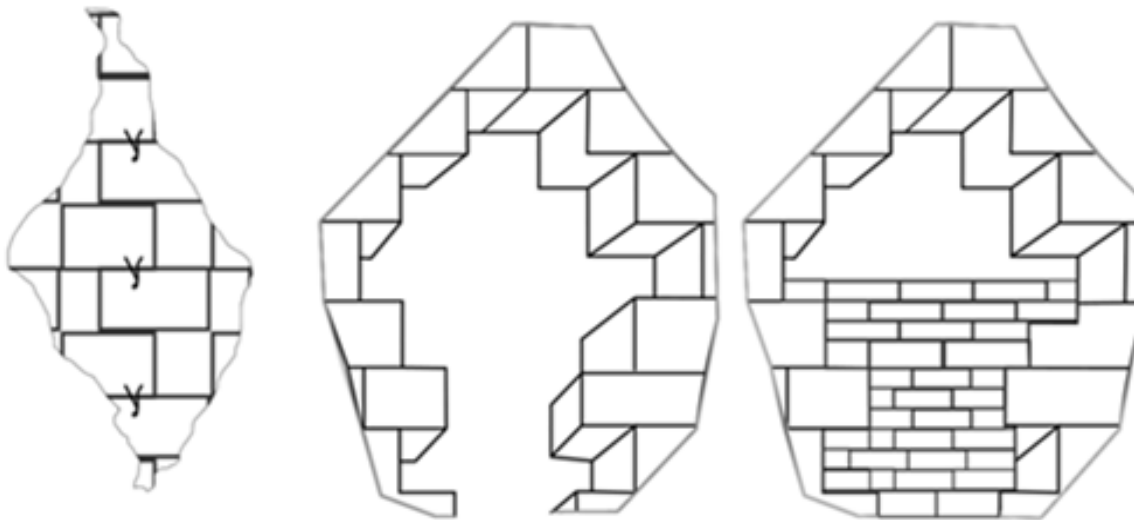
### 2. Sanacija pukotina – injektiranje i prezidavanje

Cilj same sanacije pukotina je vratiti postojeću čvrstoću i kompaktnost zidane konstrukcije, te se zbog toga provodi injektiranje pukotina, (slika 3.2.). Ovisno o vrsti zida i pukotina ovisi postupak injektiranja kao i vrste injekcijskih smjesa. Kod uskih pukotina širine do 0,5 mm injektiranje se odvija epoksi mortom. Pukotine šire od 0,5 mm do 10 mm tada se koristi smjesa morta od vapna, cementa i pijeska. Ako su pukotine širine veće od 10 mm, koriste se ekspanzijski materijali uz dodatno pojačanje ili prezidavanje. Postupak injektiranja provodi se na način da se prvo očisti zid od žbuke i prašine. Pukotine se injektiraju odozdo prema gore i to uglavnom s manjim tlakom od nekih  $0,03 \text{ N/mm}^2$ . Postoji više vrsta injektiranja, kao što je injektiranje pod tlakom, gravitacijsko, vakuumsko injektiranje.[5]

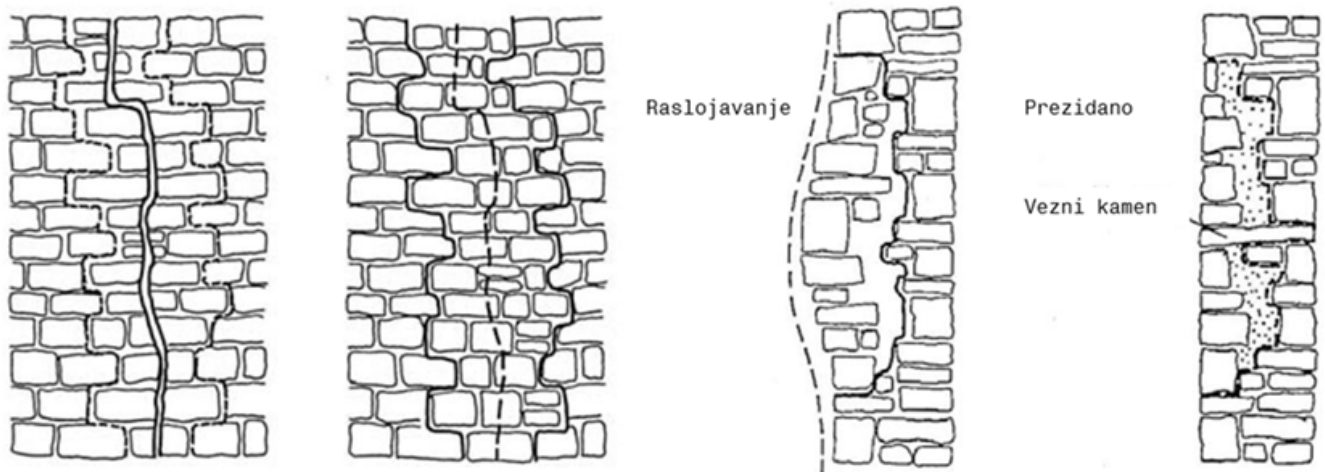


*Slika 3.2. Postupak injektiranja pod tlakom*

Ako na zidu postoje velika oštećenja tj. pukotine u tom slučaju dijelove takvog zida moguće je prezidati, kao što je prikazano na sljedećim slikama, (slika 3.4, 3.5.). Takav način sanacije najčešći je kod kamenog zida.[5]



*Slika 3.3. Prezidavanje oštećenog zida: 1.oštećeni dio zida  
2.uklanjanje oštećenog zida, 3.ispunjavanje zida*

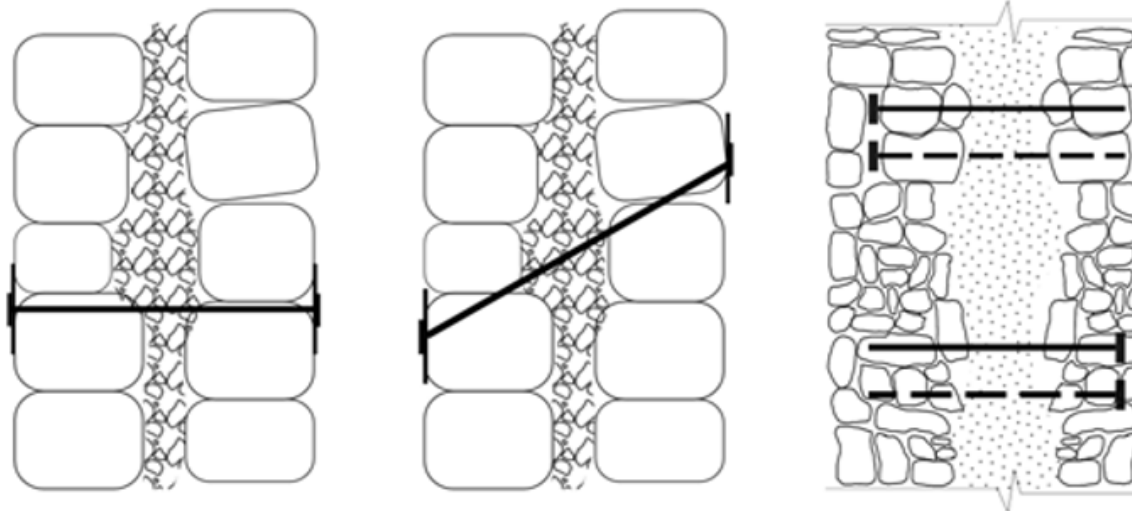


*Slika 3.4. Prezidavanje oštećenog zida i saniranje istim materijalom*

Kod starih građevina zidovi su građeni višeslojno i imaju nepravilne zidne vezove na vanjskim stranama. Takvi stari zidovi imaju veliku osjetljivost na potres i vertikalno opterećenje. Problem tih zidova se također rješava injektiranjem. Injektiraju se cementnom injekcijskom smjesom, a ovisno o debljini zida postupak injektiranja se provodi jednostrano ili dvostrano.

### 3. *Poprečno povezivanje zidova*

Ova metoda se koristi kod povezivanja dva sloja zida, (slika 3.5.). Kako bi izbjegli odvajanje od središnje jezgre koja je od grubljeg i slabijeg materijala. Metoda se može koristiti u kombinaciji sa injektiranjem. Ovo su samo neke od metoda lokalnih sanacija zidanih konstrukcija.[5]



*Slika 3.5. Poprečno povezivanje zida metalnim sidrima*

## GLOBALNE INTERVENCIJE

### *1. Pojačanje građevina horizontalnim zategama*

Cilj pojačanja građevine zategama je osigurati cjelovitost građevine tj. da ne dođe do razdvajanja pojedinih zidova. Radi se na način da se čelične šipke provlače uz nosive zidove ispod stupova i po visini.[5]

### *2. Pojačanje zidanih zidova dodavanjem armiranih cementnih slojeva*

Tehnika pojačanja zidanih zidova dodavanjem cementnih slojeva je jedna od najčešće primjenjivanih postupaka, (slika 3.6.). Primjenjuje se za pojačavanje zidova koji su građeni od kamena ili opeke. Koristi se kada je zid oštećen ili postoji potreba za posmičnim pojačanjem zidova u potresu ili uslijed drugih djelovanja. Pojačanje zidova radi se na način da se obostrano izvodi sloj cementne žbuke ili betona koji je armiran. Armatura sa slojem betona omogućuje prihvat posmičnih sila i cjelovitost nakon pojave pukotine. [5]



*Slika 3.6. Pojačanje armiranim slojem betona*

### *3. Pojačanje zidova prednapinjanjem i armiranjem*

Kada se zid prednapinje unosi se tlak u zid, time se povećava nosivost zida. Prednapinjanjem dolazi do sprječavanja nastanka vlačnih naprezanja i pojave pukotina na zidovima. Prednapinje se tako da se kroz zid ili pored zida provlače kabli koji se prednapinju, te se može horizontalno ili vertikalno prednapinjati.[5]

### *3. Pojačanje konstrukcije izvedbom armiranobetonski serklaža*

Dodavanjem armiranobetonskih vertikalnih i horizontalnih serklaža osigurava se cjelovitost zidane konstrukcije, te se postiže nosivost i duktilnost. Horizontalni serklaži izvode se na spoju zidova od sitnih elementa i međukatne konstrukcije i to na zidovima debljine od 19,0 cm. Vertikalni serklaži, izvode se kod svih nosivih zidova, na križanju, sudaru, uglu, slobodnom kraju zida i ako je zid duži od 5,0 m.[8]



## 4. DJELOVANJA VLAGE NA GRAĐEVINE

Najčešći uzrok propadanja građevinskog materijala je vlaga. Građevinski materijali kao što su opeka, mort, žbuka i kamen, podložni su procesu starenja i uništenja. Vlaga može djelovati izravno i neizravno na građevinske materijale. Izravno djelovanje vlage dolazi kod metala, koji izloženi vlazi korodiraju. Neizravno je štetno djelovanje vode na građevinske materijale, koje nastaje pri niskim temperaturama. Voda se u pukotinama i porama smrzava, te se tako nastali led pri topljenju širi i stvara visoki tlak u šupljinama.[9] Zbog tog procesa dolazi do lomljenja kamena, opeke i žbuke.

### 4.1. OBLICI VLAGE

Postoji više načina podjele vlage, kao što je navedeno u knjizi, Vlaga u povijesnim građevinama, Malinar M. Ali se sve svode na isto, a to je likvidna, higroskopna i kondenzna vlaga. U prvu skupinu pripada likvidna vlaga, to su oblici vlage koji su u zid dospjeli u obliku tekuće vode. A pod likvidnu vlagu smatramo kapilarnu vlagu, vlaga od prodora kiše i vlaga od curenja neispravnih vodnih instalacija. Kapilarna vlaga je vlaga koja iz tla kapilarnim silama ulazi u temelje zidova i postepeno se uspinje u više dijelove građevine. Vlaga donosi otopljene soli čiji kristali uzrokuju velika oštećenja. Znakovi kojima možemo prepoznati prisutnost kapilarne vlage su neugodan miris, plijesan, raslojavanje zida, hladne i mokre površine zidova na kojima se pojavljuju i soli te opadanje istih. Najčešći uzroci kapilarne vlage su vlažno nesaturirano tlo, visoka podzemna voda, poplave, visoka plima i otapanje velike količine snijega. Vlaga od prodora kiše uzrokovana je oštećenjima krovne konstrukcije i oštećenjima žlijebova. Žlijebovi od pocinčanog željeznog lima brzo korodiraju te tako voda kroz njih curi i natapa zid. Na većini starih građevina ni nema žlijebova pa se voda direktni s krova slijeva na zid. I vlaga od vodnih instalacija, koju je teško uočiti ako dolazi do sporog curenja vode.[9]

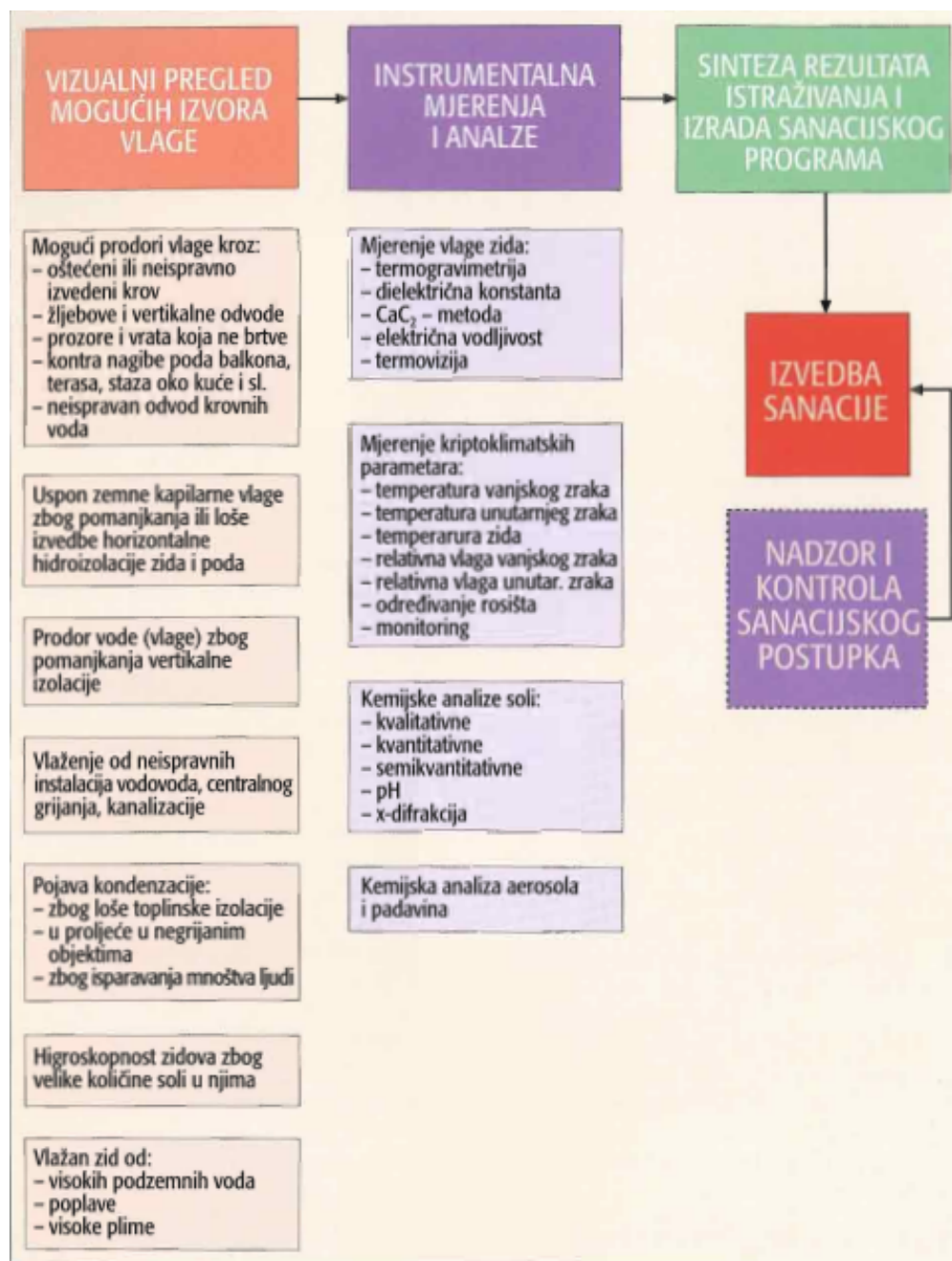
Higroskopna vlaga koja pripada drugoj skupini, nastaje tako da soli akumulirane u zidu zbog svoje higroskopnosti upijaju vodenu paru iz zraka. Ako je zrak vlažniji biti će i veća vlaga u materijalu, to će se još povećati ako građevinski materijali sadrže topljive higroskopne soli.

Te kondenzna vlaga koja također nastaje iz vodene pare u zraku, ali se manifestira na površini zida u obliku rose. Kada relativna vlaga dosegne iznos od 100% započinje proces kondenzacije vodene pare u zraku. Kondenzacija se događa kada je zid hladniji od okolnog zraka, odnosno kada topli zrak dolazi do površine hladnog zida. Postoji više oblika kondenzacije, a neki od njih su: kondenzacija nastala zimi u grijanom prostoru sa slabom termoizolacijom zida, kondenzacija nastala u proljeće u negrijanom prostoru, kondenzacija u strukturi zida i kondenzacija inicirana higroskopnim solima.[9]

U ovom čitavom procesu bitna stavka su soli, različite vrste soli mogu dospjeti u zid. Neki od načina prodora su preko portland cementa, soli od zimskog posipavanja cesta, inicijalne soli koje potječu iz građevinskog materijala, soli transportirane iz tla kapilarnom vlagom. Na takav način soli dospjele u zid, prilikom sušenja zida migriraju s vodom prema površini zida. Zatim te soli isparavanjem vlage zaostaju na površini zida. Soli se kristaliziraju i tako nastaju svijetle mrlje na zidu, ta se pojava naziva iscjetavanjem soli. Ako dolazi do čestih izmjena sušenja i vlaženja njihova se koncentracija povećava. Kada volumen kristala dostigne volumen pora u građevinskom materijalu, unutar pora počinju rasti kristalizacijski tlakovi koji se prenose na stijenke pora. Ako tlakovi dosegnu visoke vrijednosti koje nadmašuju čvrstoću građevinskog materijala, dolazi do pucanja, ljuštenja i osipavanja materijala.[9]

## **4.2. SANACIJA VLAGE**

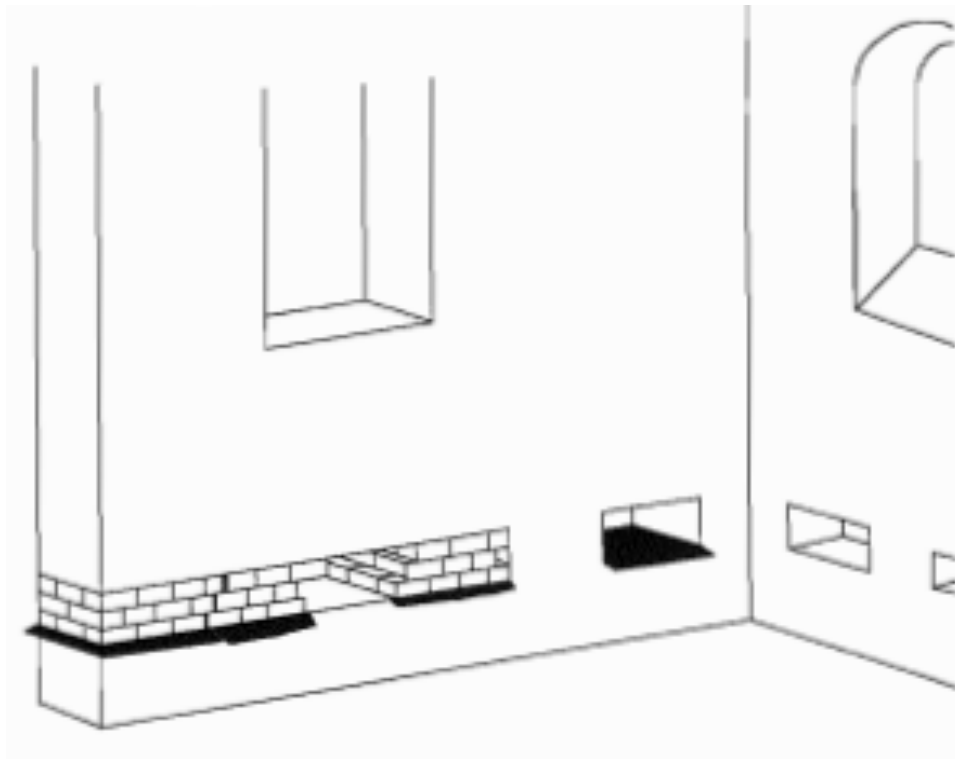
Istraživanje i izrada sanacijskog zahvata sastoji se od više koraka. Prvo se slijedi vizualni pregled mogućih izvora vlaženja. Zatim se pristupa instrumentalnim mjerenjima i analizama, te na kraju slijede detaljna istraživanja i izrada sanacijskog programa, kao što je detaljno prikazano na sljedećoj slici, (slika 4.1.)[9]



Slika 4.1. Prikaz postupka dijagnosticiranja vlage

Nakon vizualnog pregleda građevine i postavljanja tehničke dijagnoze, prvi korak je uklanjanje izvora vlaženja. Zatim slijedi odstranjivanje akumuliranih štetnih soli i stabilizacija klime radi sprječavanja daljnje kondenzacije i higroskopskog vlaženja. Sljedeći korak je sušenje zidova i obnova. Kada govorimo o vlazi najviše se spominje kapilarna vlaga. Sanacija kapilarne vlage se sastoji u tome da prvo treba iskopati drenažni kanal. Drenaža se primjenjuje za sprječavanje bočnog prodora površinskih voda koje nastaju uslijed jakih kiša. Također i za sprječavanje povišenja vodnog lica za vrijeme visokih voda. Jedan od najstarijih postupka sprječavanja kapilarnog uzdizanja je zamjena zida iznad temelja, koji se radi u kampadama i polaganje horizontalne hidroizolacije, (slika 4.2.). Naizmjenično se uzima opeka ili kamen i polaže bitumenska ljepenka, ali umjesto polaganja novih redova opeke ti se redovi često podbetoniravaju.

[9]



*Slika 4.2. Podsijecanje zida u kampadama i umetanje hidroizolacije*

Drugi način je da se izvodi kemijska horizontalna hidroizolacija zidova. Bušenjem niza bušotina iznad temelja i unošenjem hidroizolirajuće tekućine. Hidroizolirajuća se tekućina širi kapilarama i nakon nekog vremena se skrutnjava. Tako se u zidu stvara barijera za kapilarno uzdizanje vlage. To su samo jedni od načina sanacije kapilarne vlage. Kao hidroizolirajuće tekućine upotrebljavaju se otopine alkalnih silikata, bitumenske emulzije, otopine sintetičkih smola, vrući parafin. Ako je stupanj vlažnosti zida veći od 50% izvedba kemijske hidroizolacije neće biti uspješna jer nema dovoljno mjesta za ispunjenje pornog prostora impregnacijskom tekućinom. Zbog toga treba zid prije isušiti. Kapilarna vlaga iz tla prolazi kroz podrum i/ili prizemlje, isparavanjem povećava relativnu vlagu zraka u prostoru, pa tako treba izvesti i hidroizolaciju poda. Način obnove je takav da se stari pod ukloni i položi se na njegovo mjesto armiranobetonska ploča, sa višestrukim bitumenskim premazom. Na tako hidroizoliran pod izvodi se glazura na koju se polaže završni sloj, pločice ili parket.[9]

Za odstranjivanje vlage u zidu nije dovoljno samo odstraniti izvor vlaženja zida, već treba ukloniti i posljedice djelovanja vlage. A to su soli, topljive soli koje su dospjele pod površinu zida. Higroskopne soli kod velike vlažnosti privlače vlagu iz zraka i navlažuju zidove, iako je odstranjeni izvor vlaženja. Zbog toga se radi odsoljavanje ili desalinizacija, zahtjevan proces koji uključuje analize sustava i količine topljivih soli u zidu. Neki od načina uklanjanja akumuliranih soli iz zidova su četkanjem, ispiranjem, žrtvovanom žbukom, elektrokinetičkim metodama, kemijskim metodama i vakuumom. Uklanjanjem izvora vlaženja zida i saniranjem higroskopne vlage, sanacija zidova nije još u potpunosti gotova. U velikoj većini na zidovima će ostati zaostalih soli koje opet s vremenom mogu nanijeti štete. Pa se zbog toga koriste sanacijske žbuke, sa svojstvima vlagonepropusnosti, paropropusnosti i veliki porni prostor.[9]

Značajka vlagonepropusnosti je da neće doći do propuštanja likvidne vlage izvana u unutrašnjost žbuke. Paropropusnost žbuke je bitna jer omogućuje da se vlaga sadržana u zidu otpušta u obliku vodne pare. Te zadnja značajka veliki porni prostor, važan je zbog rezidualnih soli. U dugom procesu sušenja nakon eliminacije prirodnog izvora i odsoljavanja zaostale soli će migrirati iz dubljih dijelova zidova prema površini. Zbog toga ako žbuka ima veliki porni prostor te će se soli zadržavati u njemu. Porni prostor je dovoljno velik da se kristalizacijski i hidratacijski tlakovi neće prenosi na stijenke pora. Tada će se taj proces sam po sebi završiti jer zid nema dovoljno soli.[9]

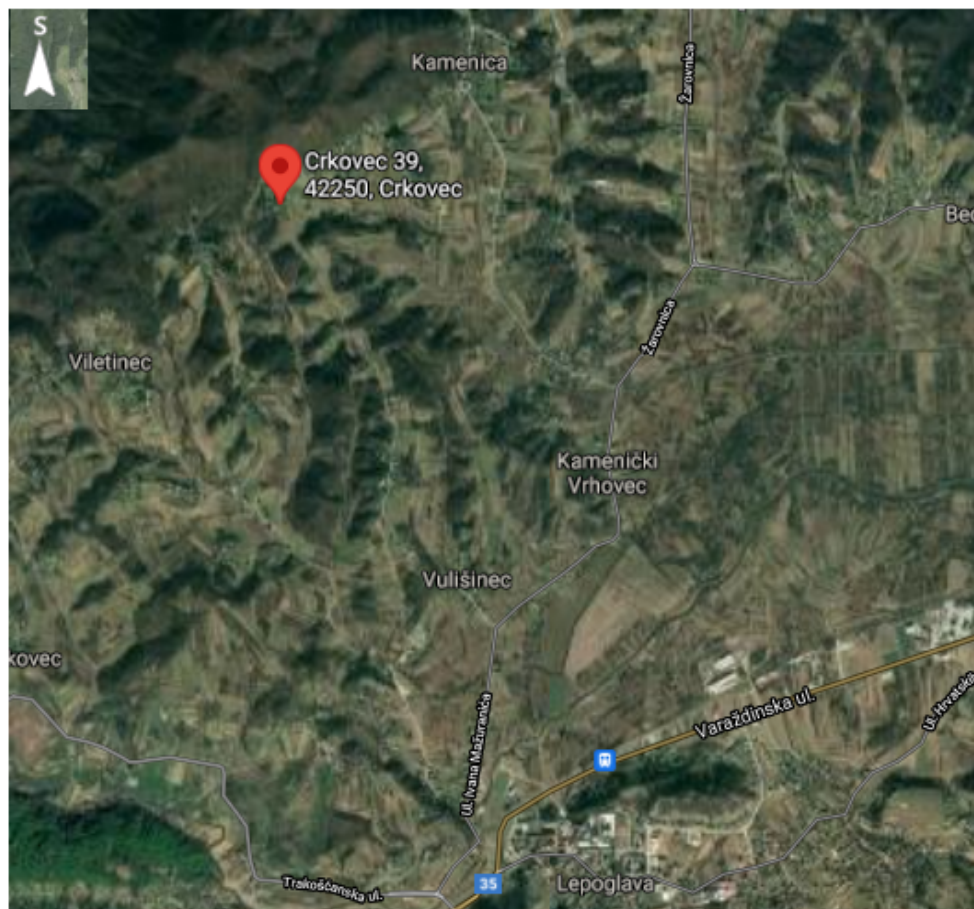
Preostala sanacija kondenzne vlage, koja nastaje u prostorima s nedovoljno toplinske izolacije, te se na takvim mjestima pojavljuju tamne mrlje od plijesni. Kondenzacija je najizraženija zima, a rješenje sanacije takvog oblika vlage je nanošenje toplinske izolacije na vanjskoj strani zida. Sanacija ostalih oblika kondenzne vlage kao što je kondenzacija u strukturi zida, sanirati će se postavljanjem parne brane s unutarnje strane zida. Općenito za sanaciju kondenzne vlage preporučuje se uklanjanje izvora isparavanja, toplinsko izoliranje zidova, grijanje prostora, ventiliranje ili ovlaživanje zraka.[9]

## 5. KUĆA U CRKOVCU

### 5.1. TEHNIČKI OPIS PREDMETNE GRAĐEVINE

#### 5.1.1. Položaj građevinske čestice u prostoru

Predmetna građevina smještena je na građevinskoj čestici k.č.br. 3669 k.o. Kamenica. Građevina se nalazi unutar građevinske zone pretežito stambena, određena iz prostornog plana uređenje grada Lepoglave, (slika 5.1.)



Slika 5.1. Smještaj kuće- nedaleko grada Lepoglave

Izvor: Google maps



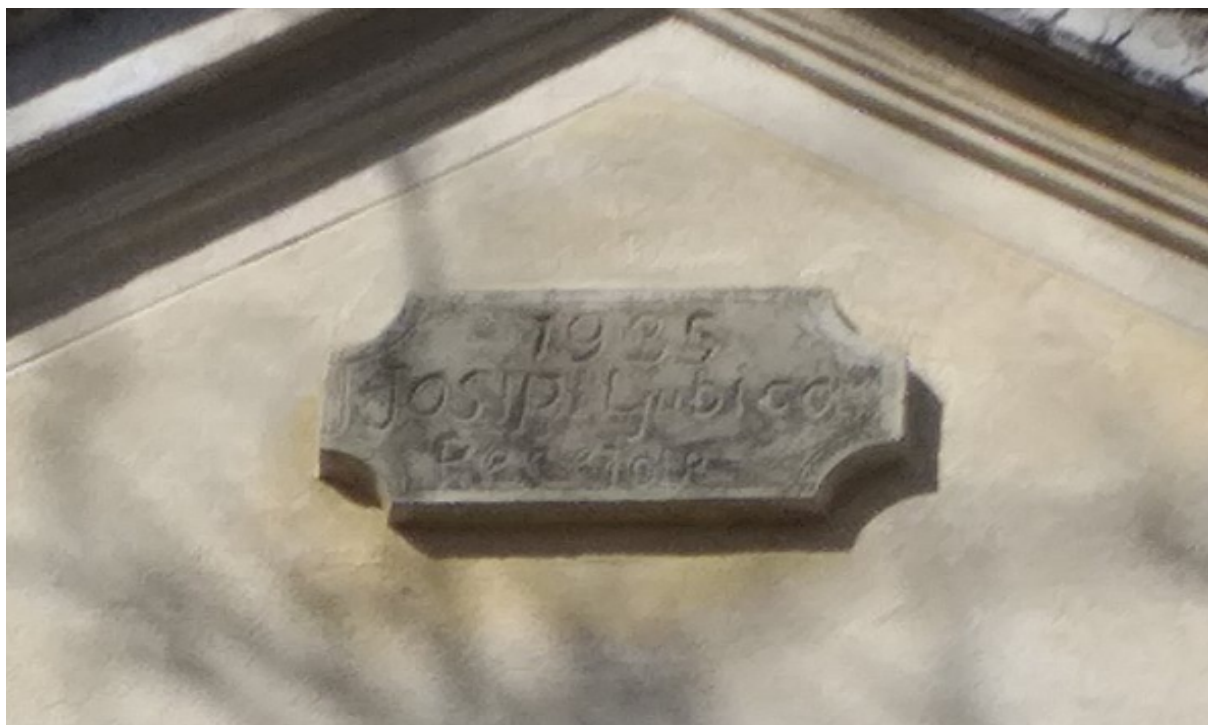
*Slika 5.2. Prikaz čestice k.č.br.3669 k.o. Kamenica  
Izvor: geoportal.dgu.hr*

Prikaz predmetne građevine



### *5.1.2. Opće karakteristike građevine*

Predmetna građevina je obiteljska kuća, prvi put je obnovljena 1935. godine, (slika 5.3.), a izgrađena je oko 1910.-1915. godine. Uz kuću se nalaze i gospodarski objekti. Dimenzije građevinskog zemljišta su sa smjera, sjevera 49,18 m, zapada 70,26 m, istoka 60,58 m i juga 34,67 m. Sa istočne strane ima pristup glavnoj cesti.



*Slika 5.3. Godina obnove kuće*



*Slika 5.4. Prikaz južnog pročelja*

Glavno pročelje obiteljske kuće je orijentirano prema jugu, (slika 5.4.). Vanjske dimenzije kuće su: sjever-zapad 17,30 m, istok-zapad 5,60 m. Kuća je sa dvije strane prizemnica, a u sredini je dvoetažna. Izgrađena je u skladu s tadašnjim potrebama ljudi, a njezina glavna obilježja su tradicionalni materijali i izgradnja. U njoj se nalaze tri prostorije od kojih su to kuhinja, hodnik i dvije spavaće sobe. Kao što sam i navela u drugom poglavlju, ovo je osnovni tip raspodjele prostora starih hiža. Visina prostorija u prizemlju i potkrovlju je 2,60 m. Od 1935. godine pa do danas na pročeljima kuće nisu izvršeni radovi, jedino je djelomično obnovljen hodnik i kuhinja.

### 5.1.3. Konstrukcija građevine

Temelji su izrađeni od velikih kamenih blokova koji su sa svih strana obloženi manjim kamenjem, to možemo vidjeti u podrumu, a širina temelja je oko 50 cm. Povezani su samo vapnom i šljunkom bez cementa, (slika 5.5.).

Sa istočne strane kuće iskopani je podrum. Karakteristično je da većina starih kuća ima ulaz u podrum sa vanjske strane. U podrumu postoje dva potporna stupa koji su zazidani od stare pune opeke, na podu se nalazi zemlja. Strop u podrumu nalik je bačvastom svodu koji je izrađen od opeke, koja je postavljena "na kant", (slika 5.6.). Opeka je tada bila nešto većih dimenzija nego sada. Između opeka na stropu još se nalazi željezno ojačanje od starih tračnica.



Slika 5.5. Potporni stup



*Slika 5.6. Bačvasti svod i željezno ojačanje*

Iznad bačvastog svoda nalazi se lagani materijal koji ima svrhu izolacije, "rajmuška". Taj materijal je uvlačo vlagu u sebe. Iznad tog sloja nalaze se poprečne grede u razmaku oko 1,0 m, zatim se na te grede stavljaju drvene daske u nivou terena.

Iznad temelja na onim dijelovima gdje nema podruma, zasipala se "rajmuška". Iznad nje se zasipala zemlja, te iznad toga dolaze drvene grede i daske. Pod u svim prostorijama je drven, od kestena ili hrasta. Samo u dijelu hodnika i kuhinje pod je naknadno obnovljen i sastoji se od cementnog estriha i keramičkih pločica.

Zidovi, vanjski i unutarnji izrađeni su od kamena i opeke. Prvi sloj se sastoji od kamena, kuća je većim dijelom sagrađena od kamena, a ponegdje se može vidjeti opeka. Najviše opeke možemo vidjeti oko otvora i uglova. Drugi sloj se sastoji od žbuke, kamene granulacije 0,4 bez cementa samo se koristilo gašeno vapno. Visina vanjskih zidova je 3,30 m, širina vanjskih zidova je 47 cm, a unutarnjih 41 cm. Sa svih strana vanjskih zidova su štukature. Zidovi su sa unutarnje strane svi ožbukani i okrečeni gašenim vapnom u koje se dodala boja. U kući se još nalazi drveno jednokrako stubište.

Strop iznad svih prostorija sastoji se od drvenih daska i greda nakon njih postavlja se trstika i na kraju žbuka. Trstika je imala ulogu da sprječava opadanje žbuke sa drvenih daska.



*Slika 5.7. Prikaz štukatura na zapadnom zidu*

Prozori i vrata, unutarnja i vanjska su izrađeni od drva, (slika 5.8., 5.9.). Prozori su dvokrilni sa dvostrukim staklom, sa vanjske strane i unutarnje strane zida. Dimenzije prozora su 90 x 120 cm, a visina parapeta je različita jer teren pada, od 90-190 cm. Oko prozora i vrata nalaze se štukature širine oko 20 cm. Na istočnoj strani pročelja, (slika 5.7.), nalaze se tri slijepa prozora, kojima je jedina funkcija uljepšanje kuće.



*Slika 5.8. Prozor s štukaturom*



*Slika 5.9. Ulazna vrata sa štukaturom*



Krovna konstrukcija sastoji se od masivnih greda koje su se stavljale na vanjski zid. Grede su dimenzija 14 x 14 od hrastovine. Na grede su postavljeni rogovi pa zatim letve dimenzija 3 x 5 i na kraju je postavljen stari crijep, (slika 5.10.). Kuća je u novije vrijeme opskrbljena vodovodom, prije se voda uzimala iz zdenca, te ima izvedenu instalaciju struje.



*Slika 5.10. Krovna konstrukcija*

## 5.2. TEHNIČKO STANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTA

### 5.2.1. Prikaz oštećenja - 1. Vanjska oštećenja

Nakon tehničkog pregleda, prvo što možemo vidjeti je da na svim dijelovima pročelja fasada skroz uništena. Došlo je do raspucavanja, raslojavanja fasade i žbuke od zida te u najvećem djelu otpadanje fasade. Na sljedećih nekoliko slika to možemo najbolje vidjeti.



*Slika 5.11. Južno pročelje*



*Slika 5.12. Sjeverno pročelje*



*Slika 5.13. Istočno pročelje*



*Slika 5.14. Zapadno pročelje*

Na prvom katu kuće južnog pročelja može se najbolje vidjeti da je kuća nekad imala fasadu žute boje, (slika 5.11.). Na ostalim dijelovima pročelja ona se nadzire na visini iznad 3,0 metra. Razlog tomu je što na tim mjestima još u potpunosti vlaga nije dosegla. Sa svih strana pročelja uz odvajanje fasade jako je izraženo odvajanje žbuke od zida i morta, a na većini dijelova i odvajanje štukatura od zida. Na tim mjestima možemo vidjeti slojeve od kojih je kuća izgrađena. Ovom velikom uništenju vanjskih zidova uzrok je kapilarna vlaga. Na istočnom pročelju, (slika 5.13.) koje je najviše pocrnjelo od vlage te gdje se nalazi podrum također možemo vidjeti posljedice kapilarne vlage. Zidovi su u lošem stanju, sa vanjske strane podrumnog zida odvađa se kamenje od zida, a prije toga se odvojila i žbuka od zida te se nadzire rupa u zidu.

U unutrašnjosti podruma svo kamenje je zbog vlage pocrnjelo (slika 5.6.). Raslojavanje i odvajanje zida kao posljedica kapilarne vlage najviše se izražava na južnom pročelju i to uz otvore, (slika 5.16.).



*Slika 5.15. Istočno pročelje-zidovi podruma*

Pojava rupe u zidu

Osipavanje slojeva zida

Kapilarna vlaga je uzrokovana tekućom vodom, oborinskom i podzemnom vodom. Zapravo kapilarama koje vodu transportiraju kroz temelje sve do zida i vlaga od kiše nošene vjetrom na vanjsku površinu zida. Kapilarna vlaga se karakteristično pojavljuje kod starih građevina kod kojih ne postoji nikakva izolacija kao u ovom primjeru. Krećući od temelja nije napravljena drenaža koja bi spriječila prodor površinskih voda nastalih od jakih kiša i podzemnih voda. Tako voda ne bi mogla dosegnuti temelje, podrumске zidove i uspinjati se kapilarnim pute na ostale zidove. Tada zidovi i podovi ne bi došli u direktni dodir sa zemljom, ne postoji ni hidroizolacija, koja bi zaštitila kuću od nastanka vlage. Iz svega navedenog zaključujemo da zbog kapilarne vlage dolazi do osipavanja, raslojavanja, odvajanja i na kraju opadanja dijela zida.



*Slika 5.16. Raslojavanje zida na južnom pročelju- (oznaka na tlocrtu 5a)*

Veliko raslojavanje zida

Uz navedene posljedice kapilarne vlage na vanjskim zidovima možemo vidjeti i posljedice slijeganja. Ispucanost zidova sa svih strana koja se malo manje izražava na katu kuće, te odlamanje od zida. Najmanje oštećenja uočeno na zapadnom pročelju gdje nema otvora u zidu. Prema procjeni najveća oštećenja su na sjevernom i južnom pročelju. Na tim mjestima se pružaju najveće uzdužne pukotine. Uzdužnih pukotina ima sa svih strana kuće, ali na djelu iznad podruma tj. na uglovima kuće sjevernog i južnog pročelja su najizraženije. Po cijeloj visini kuće protežu se velike duboke uzdužne pukotine i odvajanje od zida koje prodiru u strukturu zida, tj. prodiru i do unutarnje strane. Sve je posljedica slijeganja koje je pak nastalo zbog visoke razine podzemnih voda, dubokog korijenja borova. Naredne slike prikazuju detaljno posljedice slijeganja.

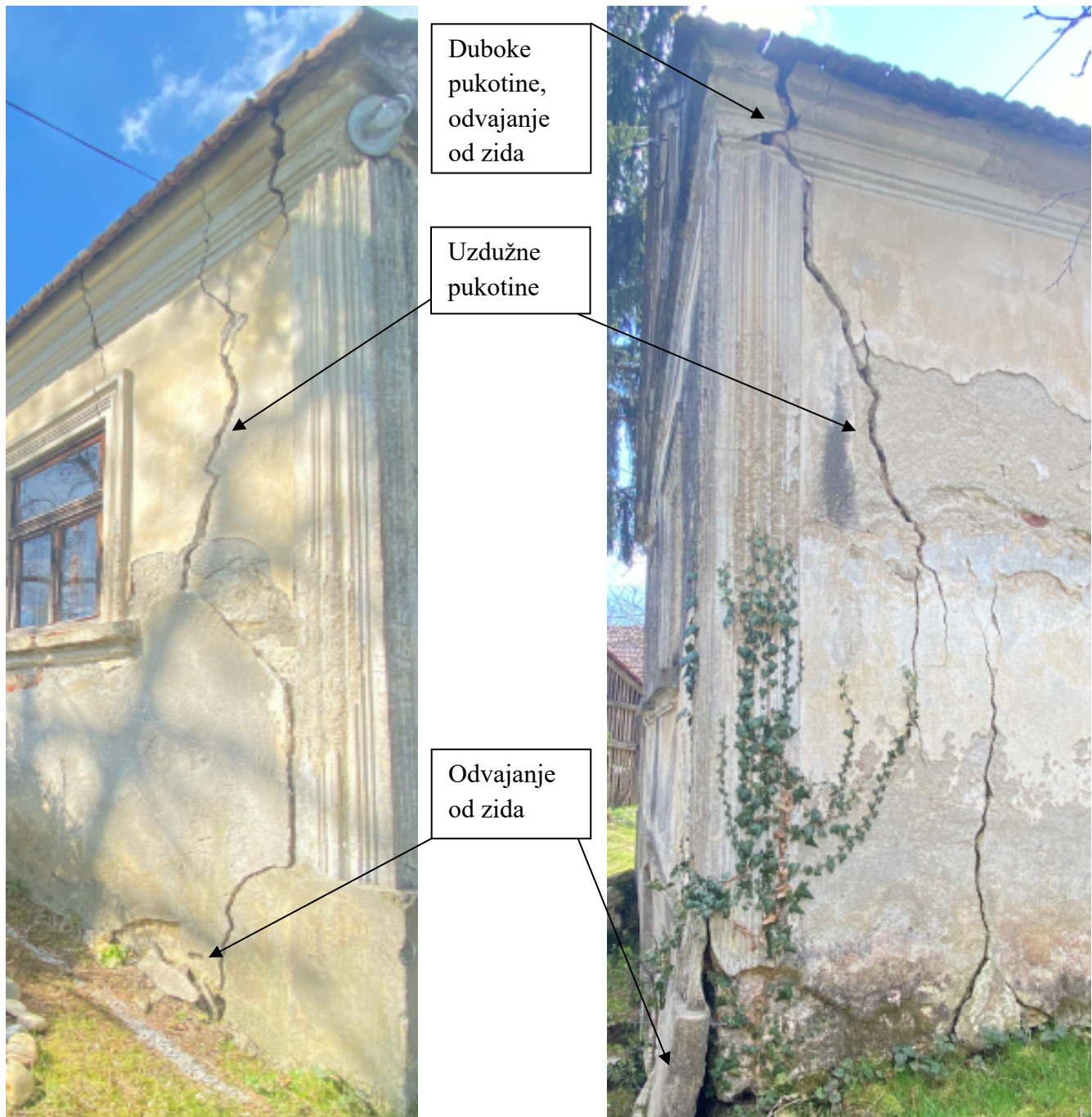




*Slika 5.17. Oštećenja na sjevernom pročelju-  
(oznaka na tlocrtu 5c)*



*Slika 5.18. Oštećenja na južnom pročelju -  
(oznaka na tlocrtu 5b)*



*Slika 5.19. Detaljni prikaz oštećenja južnog pročelja (lijevo)  
i sjevernog pročelja (desno)*



Slika 5.20. Detaljni prikaz slike 5.18., južno pročelje

Duboke uzdužne pukotine-  
prodiru u strukturu zida



*Slika 5.21. Detaljni prikaz slike 5.18.*

Na svim dijelovima pročelja  
uz teren, vidno je izraženo  
pucanje i odvajanje dijelova  
zida

### 5.2.2. Prikaz oštećenja - 2. Unutarnja oštećenja

Na unutarnjoj strani svih zidova nalaze se isti uzročnici oštećenja kao i sa vanjske strane zidova. Na vanjskom zidu sa unutarnje strane (slika 5.22.) prvo možemo u uglovima vidjeti plijesan, zatim crne zidove i strop, (slika 5.23.). Plijesan se pojavljuje kod prevelike vlage u zraku i kod nedovoljnog prozračivanja prostorija. Ima negativne učinke na ljudsko zdravlje sa popratnim neugodnim mirisom. Te druga stvar koju zamjećujem su poprečne pukotine, (slika 5.24.).



Pojava crnih mrlja od  
plijesni

Slika 5.22. Prikaz plijesni na vanjskom zidu, jug-  
(oznaka na tlocrtu 1c)



*Slika 5.23. Prikaz vlage –  
(oznaka na tlocrtu 1a)*

Crne površine zidova i stropa



*Slika 5.24. Prikaz pukotina-  
(oznaka na tlocrtu 1b)*

Pojava poprečnih pukotina



Na unutrašnjem zidu (slika 5.25.,5.26.) na koji je naknadno stavljena glet masa i boja za zid također se vidi posljedica kapilarne vlaga koja se manifestira kao bubrenje završnog sloja (boje i glet mase), te opadanje istog. Površine su mokre, to se isto može primijetiti i sa druge strane tog istog zida.



*Slika 5.25. Prikaz vlage na unutarjem zidu-  
(oznaka na tlocrtu 2a)*

Naglašeno bubrenje zida



*Slika 5.26. Prikaz vlage sa druge strane zida slike 5.25.-  
(oznaka na tlocrtu 3a)*

Ljuštenje završnog sloja boje

Mokre površine zida

Kao i kod prijašnjih slika i na ovom vanjskom zidu (slika 5.27.), sa unutarne strane zbog kapilarne vlage primjećuje se opadanje zavšnog sloja, (boje i glet mase) i pojava crnih mrlja.



*Slika 5.27. Vlaga na istočnom i južno zidu-  
(oznaka na tlocrtu 2b)*

U sljedećoj prostoriji (slika 5.28.), nalaze se najveća oštećenja. Također zid je vanjski, a na njemu prvo uočavamo veliko raslojavanje. Kapilarna vlaga uzrokovala je odlijepljene tapeta, skidanje završnog sloja, tj. raslojavanje zida do kojeg se može vidjeti žbuka.



*Slika 5.28. Prikaz vlage sa unutarnje strane zida-  
(oznaka na tlocrtu 4a,b)*

Uzdužne pukotine i  
poprečne pukotine

Raslojavanje zida

Mogu se primijetiti hladne površine zidova i jaki neugodni miris vlage, kao i u prostoriji sa slike 5.23., razlog tom mirisu je ustajala i pokvarena voda u zidovima. Voda evaporira iz zidova u prostor, sa sobom donosi bakterije i gljivice sa kojima zasićuje prostor i povećava atmosfersku vlagu.



*Slika 5.29. Detaljni prikaz slike 5.28.*

U toj istoj prostoriji sa istočne strane kroz cijeli zid prostiru se duboke pukotine. U uglu kuće i na stropu, a taj dio kuće se nalazi iznad podruma. Na slici 5.28. možemo vidjeti manje poprečne pukotine, sve pukotine su posljedica slijeganja tla, zbog visoke razine podzemnih voda te blizina drveća. Nedaleko od istočne strane kuće nalaze se borovi, koji imaju duboko korijenje.

Zasigurno neke pukotine su i posljedica potresa, ne samo potresa koje se dogodio prošle godine, već i onog koji se dogodio 70- tih godina. Na stropu prostorije (slika 5.30.) se zamjećuju mokre površine zbog prodora oborinske vode kroz krovnište koje prokišnjava, te na kući ne postoje žlijebovi za odvod oborinske vode.



*Slika 5.30. Pukotine na istočnom pročelju (desni ugao)-  
(oznaka na tlocrtu 4d)*

Velike pukotine sa unutarnje strane zida slika 5.30., nadovezuju se na pukotine prikazane na slici 5.20.



*Slika 5.31. Detaljni prikaz slike 5.30.*



*Slika 5.32. Detaljni prikaz slike 5.30.*

Duboke uzdužne pukotine

Tamne mrlje na stropu





*Slika 5.33. Prikaz pukotina na istočnom zidu (lijevi ugao)-  
(oznaka na tlocrtu 4f)*



*Slika 5.34. Pukotine na stropu –  
(oznaka na tlocrtu 4e)*

Pukotine koje se pružaju cijelom dužinom strop

Prozori i vrata su također zbog vlage koja se izdiže uz zidove svi istrunuli. Krovna konstrukcija je u relativno dobrom stanju, ali oni dijelovi uz dimnjak prokišnjavaju.

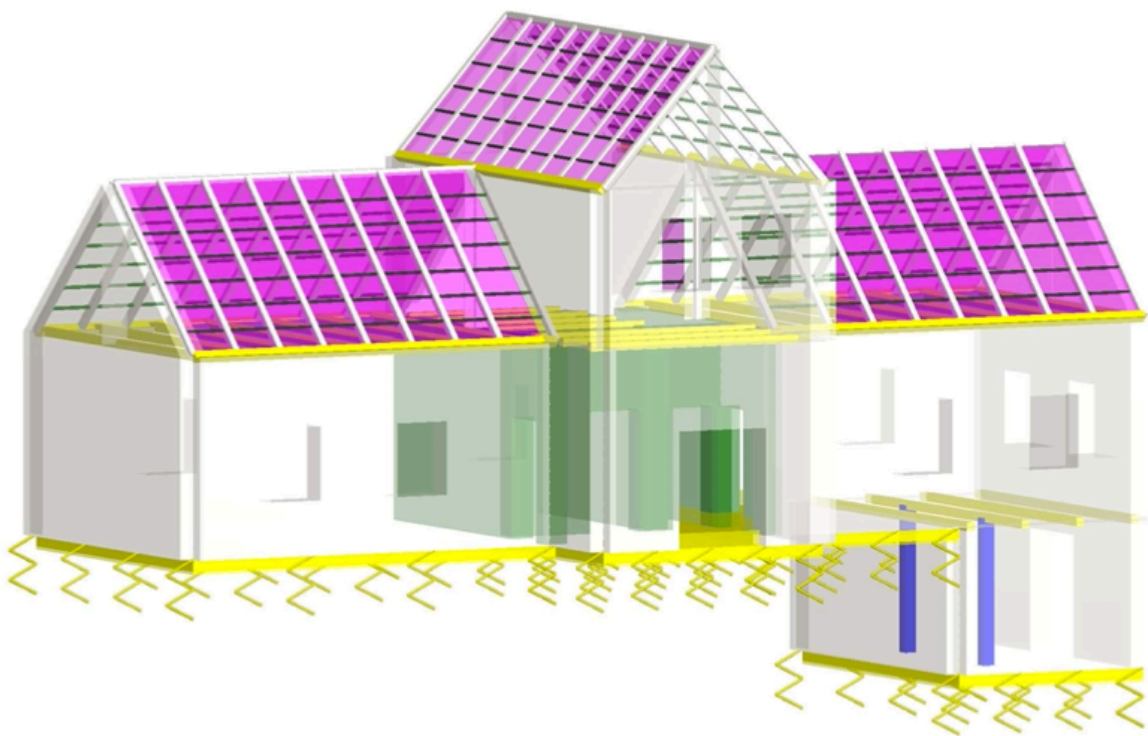


*Slika 5.35. Prikaz istrunulih drvenih prozora*

## 6. STATIČKI PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINE

### 6.1. OPĆENITO O PROGRAMU TOWER

Za statički proračun građevine korišten je program Tower. Program je namijenjen za statičku i dinamičku analizu konstrukcija te za dimenzioniranje drvenih, betonskih i čeličnih elemenata. Tower je jedan od programa koji koristi metodu konačnih razlika. Metoda konačnih elemenata je numerička metoda koja se koristi za rješavanje složenih inženjerskih problema. Osnovni koncept metode je da se realni model kontinuuma s beskonačno mnogo stupnjeva slobode podijeli na više manjih dijelova. Tako da se svaki dio ponaša kao samostalan, a s ostalima je povezan pomoću čvorova. Kontinuum s beskonačno mnogo stupnjeva slobode svodi se na konačan broj elemenata međusobno povezanih u čvorovima.[10]



*Slika 6.1. Prikaz predmetne građevine  
u programu Tower*

## 6.2. PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINE

### 6.2.1. Opis i konstrukcijski sustav građevine

Predmetna građevina je stambene namjene, a sastoji se od prizemlja i potkrovlja. Temeljena je na velikim kamenim blokovima. Glavni nosivi konstrukcijski sustav građevine je zidana konstrukcija, izrađena od opekarskih blokova i kamena. Stropna međukatna konstrukcija prizemlja izrađena je od drvenih dasaka i greda te trstike. Zatim stropna međukatna konstrukcija podruma, osim drvenih greda i dasaka nalazi se opeka i željezna ojačanja. Krovna konstrukcija sastoji se od masivnih drvenih greda, rogova, letva i crijepa.

### 6.2.2. Djelovanja na konstrukciju

Djelovanja na konstrukciju možemo podijeliti na izravna i neizravna djelovanja (slijeganje temelja, temperatura). U ovom primjeru djelovanja se prema promjeni u vremenu dijele na stalna, promjenjiva i izvanredna.

Stalna opterećenja su ona za koja se smatra da će vjerojatno djelovati na konstrukciju tijekom cijeloga vijeka trajanja. U stalna djelovanja ubrajamo: vlastitu težinu i nepokretnu opremu (dodatno stalno). U promjenjiva opterećenja svrstavaju se uporabna opterećenja te snijeg i vjetar. Uporabno opterećenje u zgradama jest ono koje proizlazi iz samoga korištenja građevine.[11]

Djelovanje	$\gamma_f$	GSN	GSU
Stalno opterećenje (vl. težina, slojevi, pregrade i dr.)	$\gamma_G$	1,35	1,00
Promjenjivo opterećenje I (dominantno – uporabno, snijeg ili vjetar)	$\gamma_{Q,I}$	1,50	1,00
Promjenjivo opterećenje II (prateće - uporabno, snijeg ili vjetar)	$\gamma_{Q,II}$	0,9	0,6

Slika 6.2. Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja  
u proračunu ovisno o graničnom stanju

### 6.2.3. Analiza opterećenja

#### 1. Opterećenje prizemlja

##### a) Stalno opterećenje

drvene daske	d= 2,5 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drvene grede	d= 14,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drvene daske	d= 2,5 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
trstika	d= 1,0 cm	$\gamma=1,5 \text{ kN/m}^3$
žbuka	d= 2,0 cm	$\gamma=17,0 \text{ kN/m}^3$

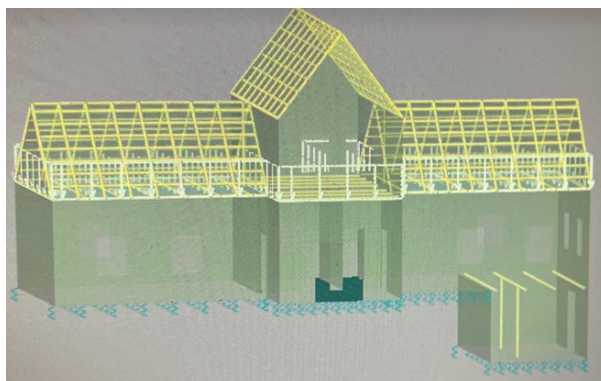
$$\Sigma g_{\text{stalno}} = 1,88 \text{ kN/m}^2$$

##### b) Promjenjivo opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

$$q_{\text{priz.}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma q_{\text{uporabno}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$



#### 2. Opterećenje potkrovlja

##### a) Stalno opterećenje

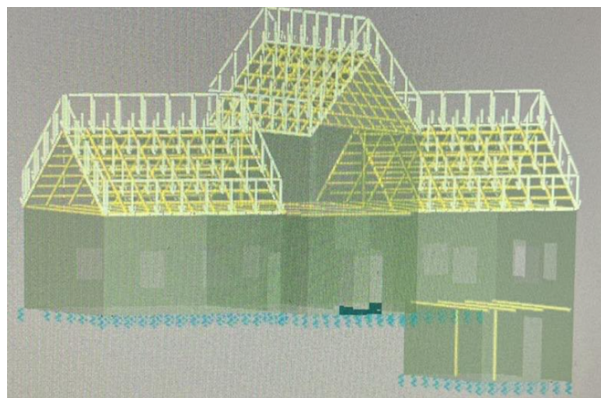
drvene grede	d= 14,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drvene letve	d= 3,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drveni rogovi	d= 12,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
crijep	d= 3,0 cm	$\gamma=6,0 \text{ kN/m}^3$

$$\Sigma g_{\text{stalno}} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

##### b) Promjenjivo opterećenje

q kat= snijeg + vjetar

$$\Sigma q_{\text{promjenjivo}} = 1,38 \text{ kN/m}^2$$



## Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom određeno je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetra i Europskoj normi EN 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećenje vjetrom, te Nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj. Građevina je na poziciji gdje je uglavnom zaštićena od djelovanja vjetra. Prema navedenim normama, predmetna lokacija je smještena u III područje djelovanja vjetra.[12]



Slika 6.3. Karta osnovnih brzina vjetra

Osnovna brzina vjetra  $v_b$

$$v_b = v_{b,0} \times C_{dir} \times C_{seson}$$

$v_{b,0}$  = očitano iz karte za područje Lepoglave

$C_{dir}$  = faktor smjera vjetra

$C_{seson}$  = faktor godišnjeg doba

$$v_b = v_{b,0} \times C_{dir} \times C_{seson}$$

$v_b = 20 \times 1,0 \times 1,0 = 25$  m/s- osnovna brzina vjetra

Tlak pri osnovnoj brzini vjetra

$$q_d = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2$$

$\rho$  = vrijednost gustoće zraka, 1,25 kg/m<sup>3</sup>

$$q_d = \frac{1,25}{2 \times 1000} \times (20,0)^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2 - \text{dobiveni tlak}$$

Tlak pri vršnoj brzini

$$q_d(z) = q_d \times c_e(z)$$

$q_d$  = tlak pri osnovnoj brzini vjetra

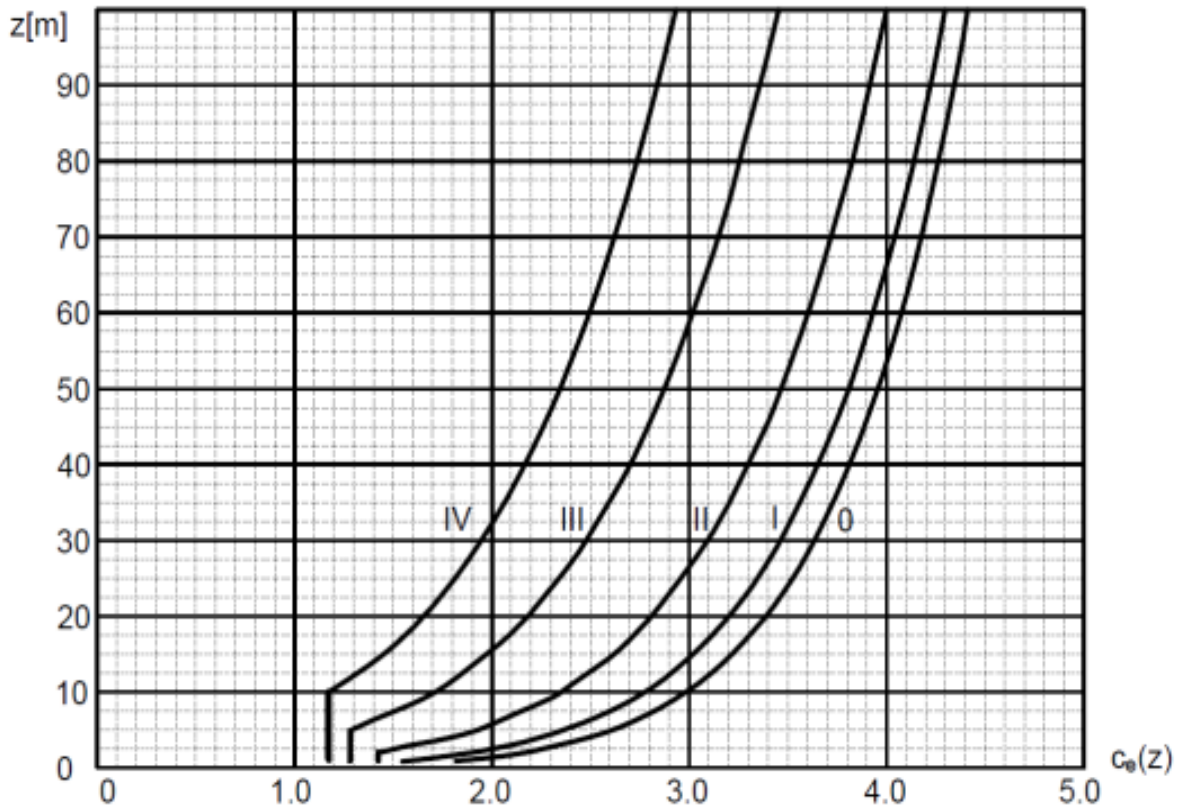
$c_e(z)$  = faktor izloženosti

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

Slika 6.4. Prikaz kategorija terena

Sa slike 6.2., odabrana kategorija tla je III, područja sa stalnim pokrovom od vegetacije, sela.





Slika 6.5. Grafički prikaz faktora izloženosti  $c_e(z)$

Prema kategorije terena III iz grafičkog prikaza sa slike 6.3. odabran je faktor izloženosti 1,5

Odabrana III kategorija zemljišta

$Z=8,10$  m

$C_e(z)=1,5$  očitano

$q_d(z)=q_d \times c_e(z)$

$q_d(8,10)= 0,25 \text{ kN/m}^2 \times 1,5=0,375 \text{ kN/m}^2$

## Opterećenje snijegom

Snijeg koji djeluje na konstrukcije definira se kao promjenjivo opterećenje, a prema odzivu konstrukcije može se klasificirati kao statičko opterećenje. Opterećenja snijegom proračunavaju se na osnovi karakterističnog opterećenja snijega na krovu, koje se određuje na temelju statističkih meteoroloških podataka količine padaline pri mirnim vremenskim uvjetima na ravno tlo.[12]

Opterećenje snijegom na krov određuje se izrazom:

$$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k$$

$\mu_i$  = koeficijent oblika opterećenja snijegom

$C_e$  = koeficijent izloženosti

$C_t$  = toplinski koeficijent

$S_k$  = karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlo

$S_k$  – Snježno područje: 3.kontinentalni dio,

očitano iz karte  $S_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$

$C_e$ -koeficijent izloženosti iznosi 1,0

$C_t$ -toplinski koeficijent iznosi 1,0

$\mu_i$ -koeficijent oblika opterećenja krova iznosi 0,80

$$S = 0,80 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,25 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum g_{snijeg} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$



Slika 6.6. Karta snježnih područja u Hrvatskoj

### 3. Opterećenje podruma

#### a) Stalno opterećenje

drvene daske  $d = 2,5 \text{ cm}$   $\gamma = 8,0 \text{ kN/m}^3$

drvene grede  $d = 14,0 \text{ cm}$   $\gamma = 8,0 \text{ kN/m}^3$

opeka  $d = 12,0 \text{ cm}$   $\gamma = 16,0 \text{ kN/m}^3$

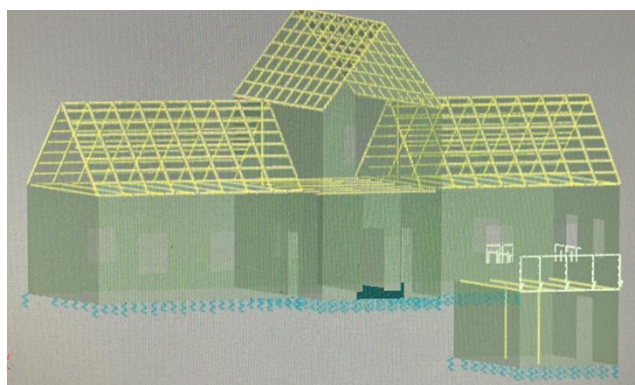
$$\Sigma g_{\text{stalno}} = 3,24 \text{ kN/m}^2$$

#### b) Promjenjivo opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

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

$$\Sigma q_{\text{promjenjivo}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$



#### 4. Opterećenje tla

##### a) Stalno opterećenje

drvene daske	d= 2,5 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drvene grede	d= 14,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
zemlja	d= 30,0 cm	$\gamma=16,0 \text{ kN/m}^3$
temelj (kamen)	d= 50,0 cm	$\gamma=20,0 \text{ kN/m}^3$

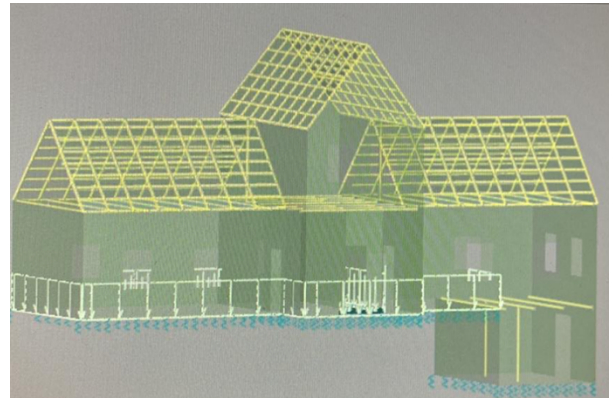
$$\sum g_{\text{stalno}} = 16,12 \text{ kN/m}^2$$

##### b) Promjenjivo opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

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

$$\sum q_{\text{promjenjivo}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

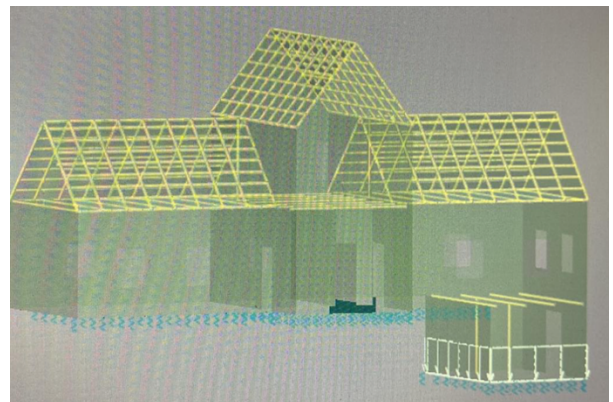


#### 5. Opterećenje tla (podrum)

##### a) Stalno opterećenje

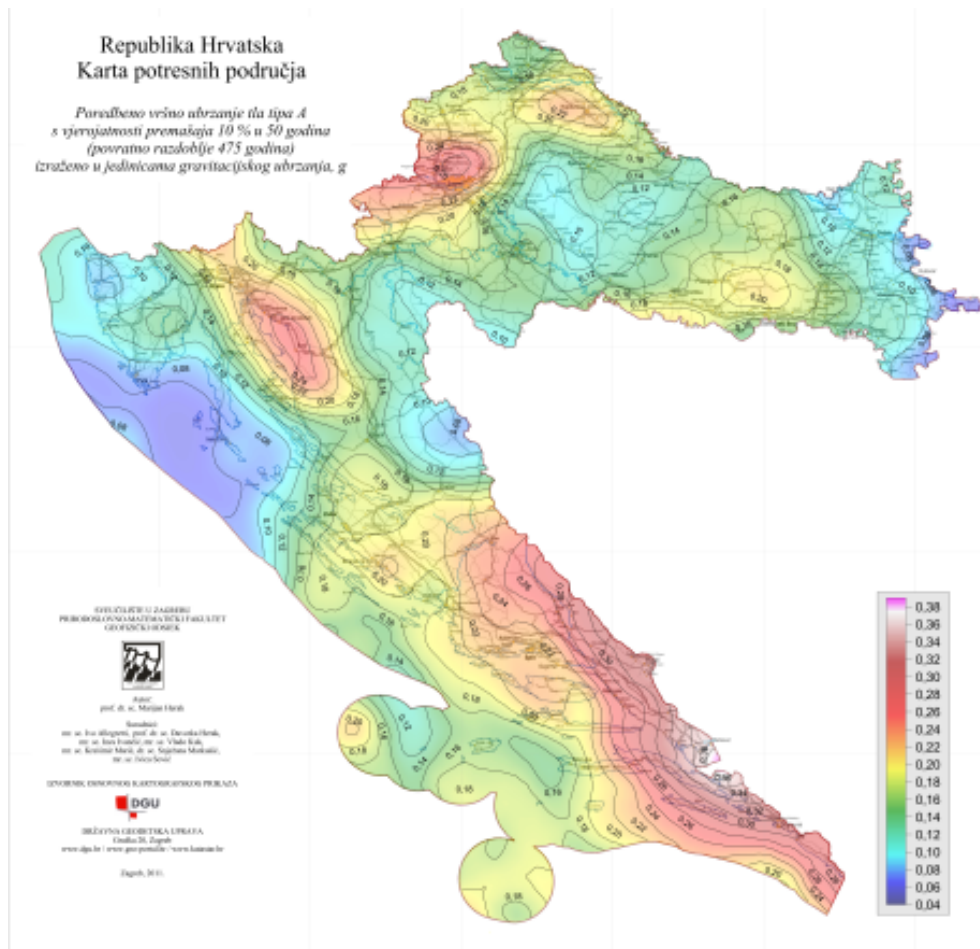
zemlja	d= 30,0 cm	$\gamma=16,0 \text{ kN/m}^3$
temelj (kamen)	d= 50,0 cm	$\gamma=20,0 \text{ kN/m}^3$

$$\sum g_{\text{stalno}} = 14,80 \text{ kN/m}^2$$



## Seizmičko opterećenje na građevinu

Građevina se nalazi na području Crkovca (Lepoglava), gdje je provedeno vršno ubrzanje tla, koje iznosi  $a_{gR} = 0,184g$  prema seizmološkoj karti (slika 6.5.), računsko ubrzanje je očitano za povratni period od 475 godina. Građevina je temeljena na kategoriji tla B, provedena je multi modalna analiza građevine.



Slika 6.7. Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 6.8. Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Promatrana lokacija

Prema multi modalnoj analizi:

Kategorija tla: I

Seizmička zona: VII

Vrsta konstrukcije: 3

### 6.3. REZULTATI STATIČKOG PRORAČUNA POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINE

#### 1. Granično stanje nosivosti GSN-1

Osnovna kombinacija:

$$1.35(g+\Delta g)+1.5q$$

$g$ -Stalno djelovanje = vlastita težina +  $\Delta g$ -dodatno stalno opterećenje

$q$ - Promjenjivo djelovanje = uporabno opterećenje + snijeg i vjetar

GSN-1 koristi se za: proračun ploča, stupova i zidova na vertikalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu

#### 2. Granično stanje nosivosti GSN-2

Potres:

$$1.0(g+\Delta g)+0.3q+1.0S$$

$g$ -Stalno djelovanje = vlastita težina +  $\Delta g$ -dodatno stalno opterećenje

$q$ - Promjenjivo djelovanje = uporabno opterećenje + snijeg i vjetar

GSN-2 koristi se za: proračun zidova i stupova na djelovanje potresa kontrola naprezanja u tlu

Pomoću graničnog stanja GSN-1 i GSN-2 izrađena je anvelopa koja prikazuje najnepovoljnija djelovanja na građevinu, prikazana u sljedećim slikama. Slijedi prikaz dobivenih rezultata proračuna u programu Tower:

## Modalna analiza

Potresno opterećenje je generirano na temelju sudjelujućih masa generiranih iz opterećenja vlastita težina i dodatno stalno opterećenje i dijela korisnog opterećenja: 1,0 mg (vlastita težina, dodatno stalno) + 0,3 Q(korisno). Na temelju tih podataka napravljena je modalna analiza iz koje su dobiveni vlastiti oblici konstrukcije i njima pripadajući periodi sa sudjelujućim masama.

Faktori opterećenja za proračun masa		
No	Naziv	Koeficijent
1	Stalno opt.- djeluje na tlo u podrumu (g)	1.00
2	Stalno opt.- djeluje na tlo u prizemlju (g)	1.00
3	Promjenjivo opt.- djeluje na tlo u prizemlju	0.30
4	Stalno opt.- djeluje na podrum (g)	1.00
5	Promjenjivo opt.- djeluje na podrum	0.30

No	Naziv	Koeficijent
6	Stalno opt.- djeluje na potkrovlje (g)	1.00
7	Promjenjivo opt.- (vjetar+snijeg) djeluje na p	0.30
8	Stalno opt.- djeluje na prizemlje (g)	1.00
9	Promjenjivo opt.- djeluje na prizemlje	0.30

Raspored masa po visini objekta					
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m <sup>2</sup>
4- sljeme	10.50	3.60	-8.62	29.05	
3- sljeme+potkrovlje	8.30	3.91	-8.60	253.88	
1- potkrovlje	5.70	4.14	-8.60	855.90	8.66
0'- prizemlje	2.40	4.30	-8.52	1394.47	13.45
0- podrum	0.00	4.49	-15.55	263.61	14.05
Ukupno:	3.80	4.23	-9.21	2796.90	

Položaj centara krutosti po visini objekta (približna metoda)			
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
4- sljeme	10.50	3.61	-8.60
3- sljeme+potkrovlje	8.30	4.07	-8.60
1- potkrovlje	5.70	6.53	-8.67
0'- prizemlje	2.40	6.69	-11.37
0- podrum	0.00	4.50	-14.24

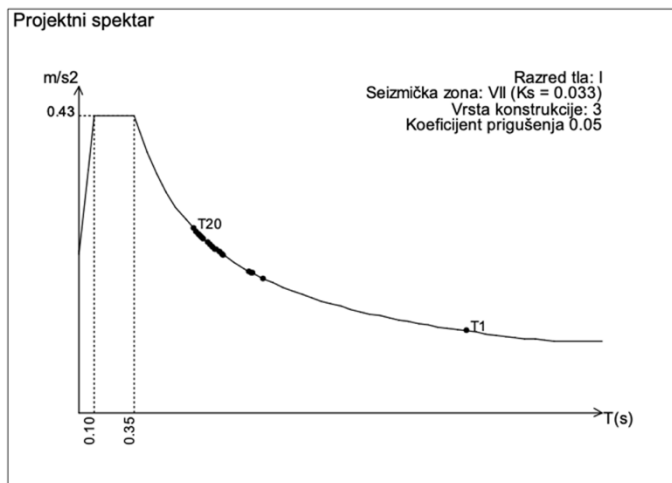
Ekscentricitet po visini objekta (približna metoda)			
Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
4- sljeme	10.50	0.01	0.02
3- sljeme+potkrovlje	8.30	0.16	0.00
1- potkrovlje	5.70	2.39	0.07
0'- prizemlje	2.40	2.39	2.85
0- podrum	0.00	0.01	1.31

## Seizmički proračun

Seizmički proračunom odredili smo razred tla, seizmičku zonu, vrstu konstrukcije te koeficijent prigušenja. Kao rezultat dobiven je projektni spektar koji daje iznos projektne potresne sile ili pomaka kao funkcije vlastitog perioda i prigušenja za određeno područje.[13]

Seizmički proračun: HRN (Multi modalna analiza)	
Razred tla:	I
Seizmička zona:	VII (Ks = 0.033)
Vrsta konstrukcije:	3
Koeficijent prigušenja	0.05

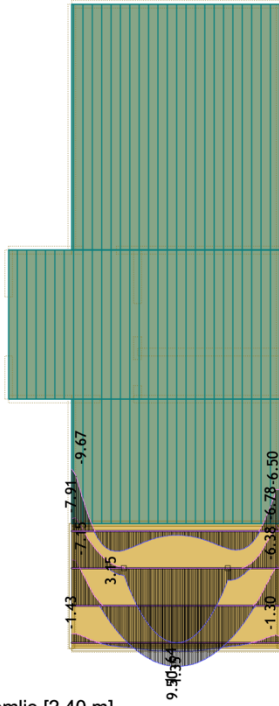
Kut djelovanja potresa:				
Naziv	Kut α [°]	k <sub>α</sub>	k <sub>α+90°</sub>	K <sub>z</sub>
ex	0	1.000	0.000	0.000
ey	90	1.000	0.000	0.000



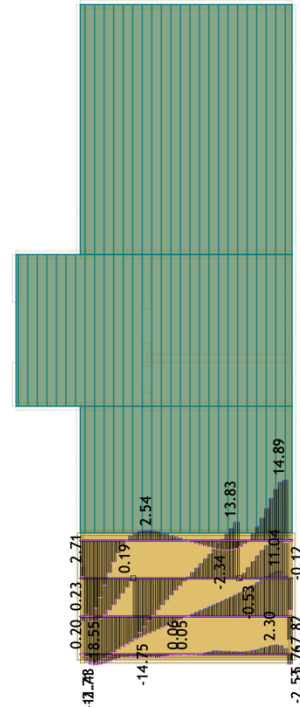


## Utjecaji u gredama

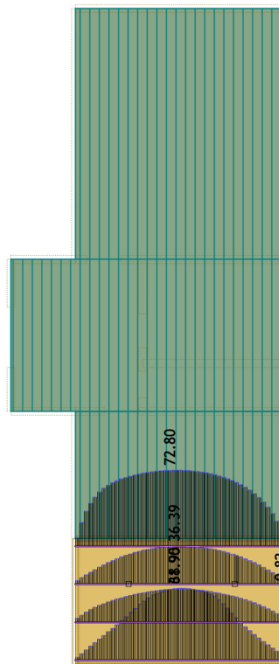
Na sljedećim slikama prikazani su maksimalni utjecaji u drvenim gredama na međukatnu konstrukciju ispod koje se nalazi podrum. Djelovanje maksimalnog momenta od 11.64 kNm, poprečne sile od 14.89 kN, uzdužne sile od 72.80 kN.



Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
Utjecai u oredi: max M3= 11.64 / min M3= -9.67 kNm

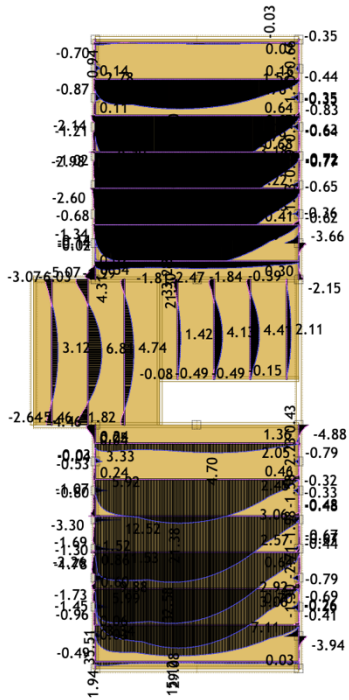


Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
Utjecai u oredi: max T2= 14.89 / min T2= -18.55 kN

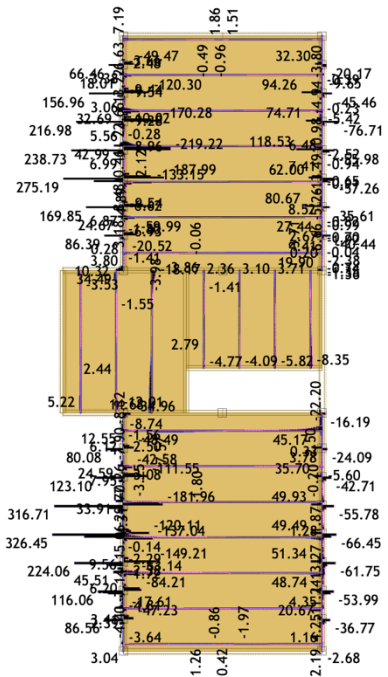


Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
Utjecai u oredi: max N1= 72.80 / min N1= -0.82 kN

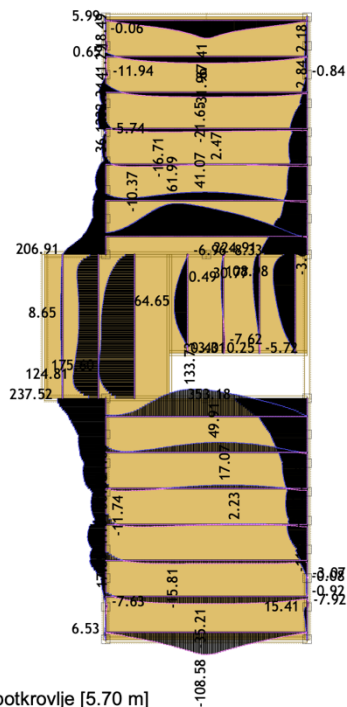
Također i na sljedećim slikama prikazani su maksimalni utjecaji u drvenim gredama na međukatnu konstrukciju ispod koje se nalazi prizemlje. Djelovanje maksimalnog momenta od 35.84 kNm, poprečne sile od 326.45 kN, uzdužne sile od 353.18 kN.



Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Utjecaji u gredi: max M3= 35.84 / min M3= -6.03 kNm



Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Utjecaji u gredi: max T3= 326.45 / min T3= -219.22 kN



Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Utjecaji u gredi: max N1= 353.18 / min N1= -108.58 kN

## 7. STATIČKI PRORAČUN GRAĐEVINE NAKON SANACIJSKIH ZAHVATA

### 7.1. PRENAMJENA I ANALIZA OPTEREĆENJA

#### 7.1.1. Opis prenamjene i konstrukcijski sustav građevine

Predmetna postojeća građevina biti će prenamijenjena u etno muzej. Time će se postići u očuvanju starina i tradicijskih obilježja tog kraja. Građevina će ostati u svom karakterističnom izvornom duhu, ali sa promjenom konstrukcijskog sustava. Ojačanja građevine dodavanjem serklaža i injekcijskih smjesa, pa do cjelokupne promjene međukatne konstrukcije i poboljšavanja krovišta. Za sve betonske radove predviđen je beton C 30/37 i predviđena armatura je B500B.



*Slika 7.1. Prikaz predmetne građevine u programu Tower*

### 7.1.2. Analiza opterećenja

#### 1. Opterećenje prizemlja

##### a) Stalno opterećenje

završna podna obloga	d= 2,0 cm	$\gamma=12,0 \text{ kN/m}^3$
cementni estrih	d= 6,0 cm	$\gamma=25,0 \text{ kN/m}^3$
PE folija	d= 0,02 cm	
EPS zvučna izolacija	d= 3,0 cm	$\gamma=5,0 \text{ kN/m}^3$
AB stropna ploča	d= 16,0cm	$\gamma=25,0 \text{ kN/m}^3$
žbuka	d= 2,0 cm	$\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$

$$\Sigma g_{\text{stalno}} = 6,27 \text{ kN/m}^2$$

##### b) Promjenjivo opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

$$q_{\text{priz.}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma q_{\text{uporabno}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

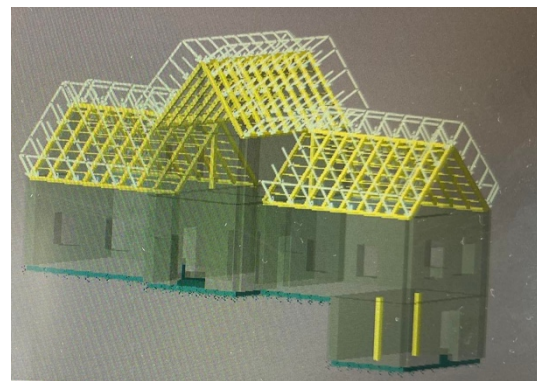
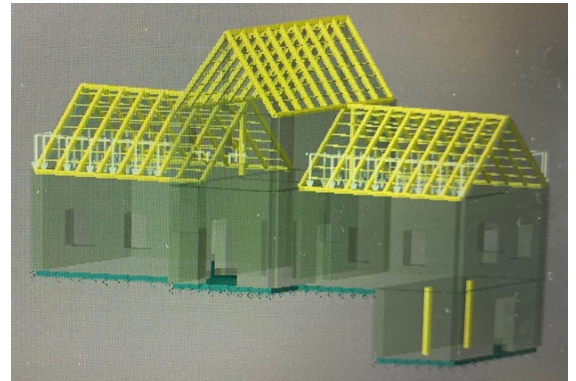
Opterećenje snijegom, vjetroom i seizmičko opterećenje proračunato je na isti način kao i kod prijašnjeg proračuna tj. proračuna za postojeće stanje građevine. Podaci su preuzeti na stanicama 61.-64.i 67.-68. stranice

#### 2. Opterećenje potkrovlja

##### a) Stalno opterećenje

drveni rogovi	d= 12,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drvene grede	d=14,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
drveni daske	d=3,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
parna brana	d=0,5 cm	$\gamma=1,0 \text{ kN/m}^3$
toplinska izolacija	d=12,0 cm	$\gamma=5,0 \text{ kN/m}^3$
kontra letve	d=5,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
krovnna folija	d= 0,02 cm	
drvene letve	d=3,0 cm	$\gamma=8,0 \text{ kN/m}^3$
crijep	d= 3,0 cm	$\gamma =6,0 \text{ kN/m}^3$

$$\Sigma g_{\text{stalno}} = 3,75 \text{ kN/m}^2$$



b) Promjenjivo opterećenje

$q_{kat} = \text{snijeg} + \text{vjetar}$

$$\Sigma q_{promjenjivo} = 1,38 \text{ kN/m}^2$$

### 3. Opterećenje podruma

a) Stalno opterećenje

završna podna obloga       $d = 2,0 \text{ cm}$        $\gamma = 12,0 \text{ kN/m}^3$

cementni estrih               $d = 6,0 \text{ cm}$        $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$

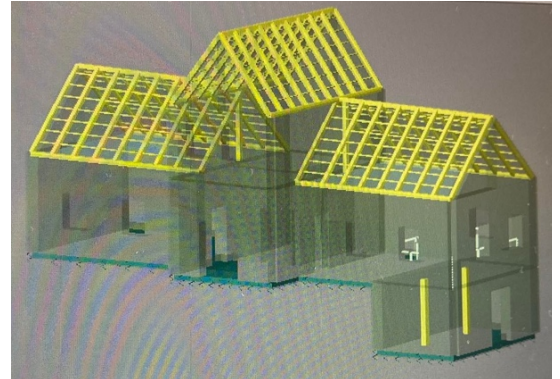
PE folija                       $d = 0,02 \text{ cm}$

EPS zvučna izolacija       $d = 3,0 \text{ cm}$        $\gamma = 5,0 \text{ kN/m}^3$

AB stropna ploča           $d = 16,0 \text{ cm}$        $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$

žbuka                           $d = 2,0 \text{ cm}$        $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$

$$\Sigma g_{stalno} = 6,27 \text{ kN/m}^2$$



b) Promjenjivo opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

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

$$\Sigma q_{promjenjivo} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

#### 4. Opterećenje tla

##### a) Stalno opterećenje

završna podna obloga	d= 2,0 cm	$\gamma=12,0 \text{ kN/m}^3$
cementni estrih	d= 6,0 cm	$\gamma=25,0 \text{ kN/m}^3$
PE folija	d= 0,02 cm	
toplinska izolacija	d= 8,0 cm	$\gamma=5,0 \text{ kN/m}^3$
hidroizolacija	d= 1,0 cm	$\gamma=20,0 \text{ kN/m}^3$
betonska podloga	d= 10,0 cm	$\gamma=25,0 \text{ kN/m}^3$
nabijeni šljunak	d= 30,0 cm	$\gamma=20,0 \text{ kN/m}^3$

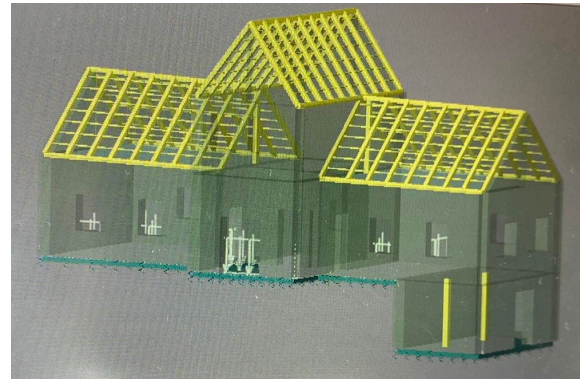
$$\Sigma g_{\text{stalno}} = 10,84 \text{ kN/m}^2$$

##### b) Promjenjivo opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

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

$$\Sigma q_{\text{promjenjivo}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$



## 7.2. REZULTATI STATIČKOG PRORAČUNA SANIRANOG STANJA

### 1. Granično stanje nosivosti GSN-1

Osnovna kombinacija:

$$1.35(g+\Delta g)+ 1.5q$$

g-Stalno djelovanje = vlastita težina +  $\Delta g$ -dodatno stalno opterećenje

q- Promjenjivo djelovanje = uporabno opterećenje + snijeg i vjetar

GSN-1 koristi se za: proračun ploča, stupova i zidova na vertikalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu

### 2. Granično stanje nosivosti GSN-2

Potres:

$$1.0(g+\Delta g)+0.3q +1.0S$$

g-Stalno djelovanje = vlastita težina +  $\Delta g$ -dodatno stalno opterećenje

q- Promjenjivo djelovanje = uporabno opterećenje + snijeg i vjetar

GSN-2 koristi se za: proračun zidova i stupova na djelovanje potresa kontrola naprezanja u tlu

Pomoću graničnog stanja GSN-1 i GSN-2 izrađena je anvelopa koja prikazuje najnepovoljnija djelovanja na građevinu, prikazana u sljedećim slikama. Slijedi prikaz dobivenih rezultata proračuna u programu Tower.

Kod modalne analize i seizmičkog proračuna vrijede isti podaci koji su prethodno navedeni u poglavlju 6.3.

## Modalna analiza

Faktori opterećenja za proračun masa		
No	Naziv	Koeficijent
1	Stalno opt.- djeluje na tlo u prizemlju (g)	1.00
2	Promjenjivo opt.- djeluje na tlo u prizemlju	0.30
3	Stalno opt.- djeluje na tlo u podrumu (g)	1.00
4	Stalno opt.- djeluje na prizemlje (g)	1.00
5	Promjenjivo opt.- djeluje na prizemlje	0.30

No	Naziv	Koeficijent
6	Stalno opt.- djeluje na podrum (g)	1.00
7	Promjenjivo opt.- djeluje na podrum	0.30
8	Stalno opt.- djeluje na potkrovlje (g)	1.00
9	Promjenjivo opt.- djeluje na potkrovlje (g)	0.30

Raspored masa po visini objekta					
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m <sup>2</sup>
4- sjeme	10.50	3.65	-8.60	29.35	
3- sjeme + potkrovlje	8.30	3.88	-8.61	281.53	
1- potkrovlje	5.70	4.13	-8.61	1253.92	12.68
0- prizemlje	2.40	4.31	-8.87	1431.77	13.81
0- podrum	0.00	4.50	-15.57	263.13	14.03
<b>Ukupno:</b>	<b>4.06</b>	<b>4.21</b>	<b>-9.29</b>	<b>3259.70</b>	

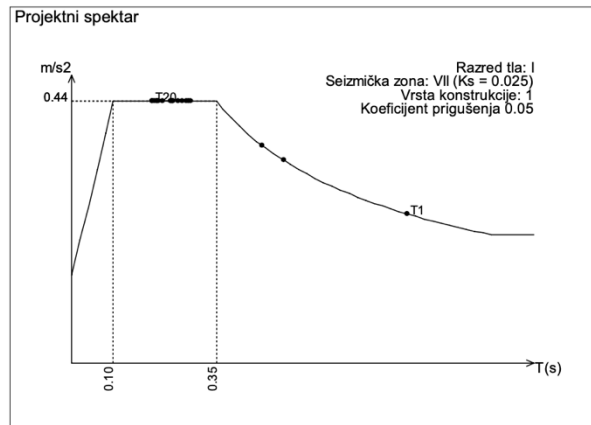
Položaj centara krutosti po visini objekta (približna metoda)				
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	
4- sjeme	10.50	3.61	-8.60	
3- sjeme + potkrovlje	8.30	3.90	-8.60	
1- potkrovlje	5.70	6.47	-8.68	
0- prizemlje	2.40	6.63	-11.24	
0- podrum	0.00	4.50	-14.51	

Ekscentricitet po visini objekta (približna metoda)			
Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
4- sjeme	10.50	0.04	0.00
3- sjeme + potkrovlje	8.30	0.02	0.01
1- potkrovlje	5.70	2.34	0.06
0- prizemlje	2.40	2.32	2.37
0- podrum	0.00	0.00	1.06

## Seizmički proračun

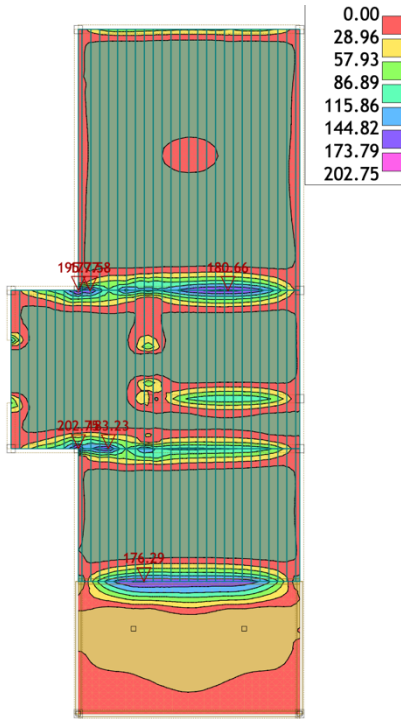
Seizmički proračun: HRN (Multi modalna analiza)	
Razred tla:	I
Seizmička zona:	VII (Ks = 0.025)
Vrsta konstrukcije:	1
Koeficijent prigušenja:	0.05

Kut djelovanja potresa:				
Naziv	Kut α [°]	k <sub>α</sub>	k <sub>α+90°</sub>	K <sub>z</sub>
ex	0	1.000	0.000	0.000
ey	90	1.000	0.000	0.000

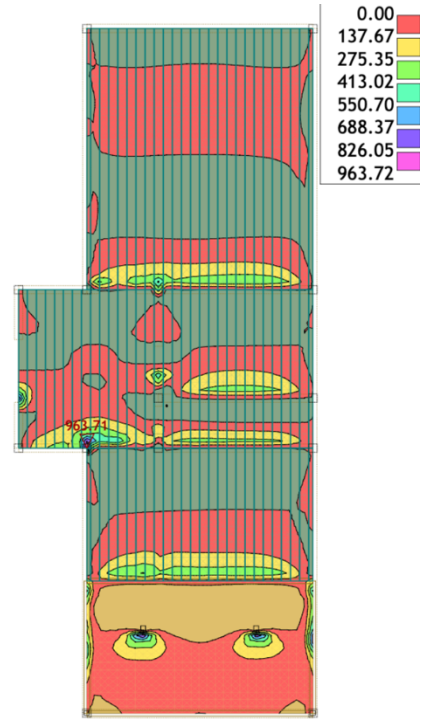




Rezultatima proračuna (nakon sanacijskih zahvata) dobili smo maksimalne utjecaje u pločama, koji djeluju na međukatnu konstrukciju ispod koje se nalazi podrum. Navedeno je prikazano na sljedećim slikama. Djelovanje maksimalnog momenta u smjeru-y od 176.29 kNm, poprečne sile od 413,02 kN.

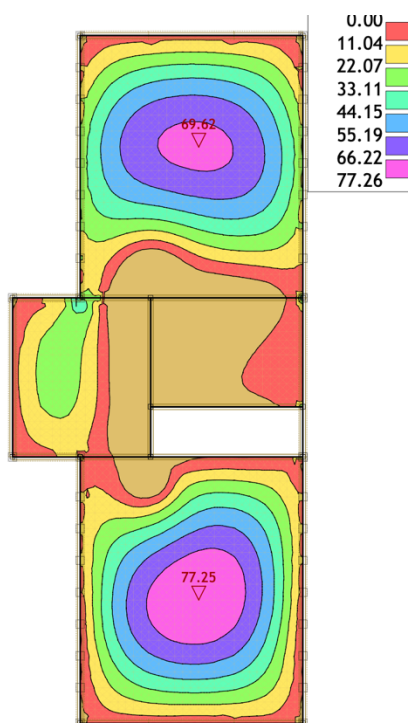


Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
 Utjecaji u ploči: max My= 202.75 / min My= 0.00 kNm/m

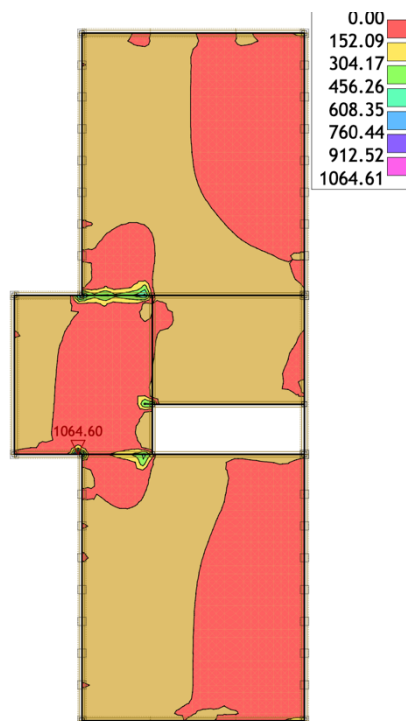


Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
 Utjecaji u ploči: max Tz,v= 963.71 / min Tz,v= 0.00 kN/m

Rezultatima proračuna (nakon sanacijskih zahvata) dobili smo maksimalne utjecaje u pločama, koji djeluju na međukatnu konstrukciju ispod koje se nalazi prizemlje. Navedeno je prikazano na sljedećim slikama. Djelovanje maksimalnog momenta u smjeru-x od 77.25 kNm, poprečne sile od 1064.60 kN.

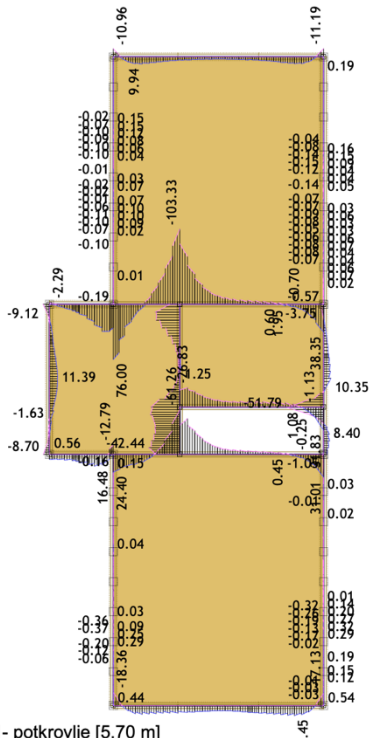


Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Utjecaji u ploči: max  $M_x = 77.25$  / min  $M_x = 0.00$  kNm/m

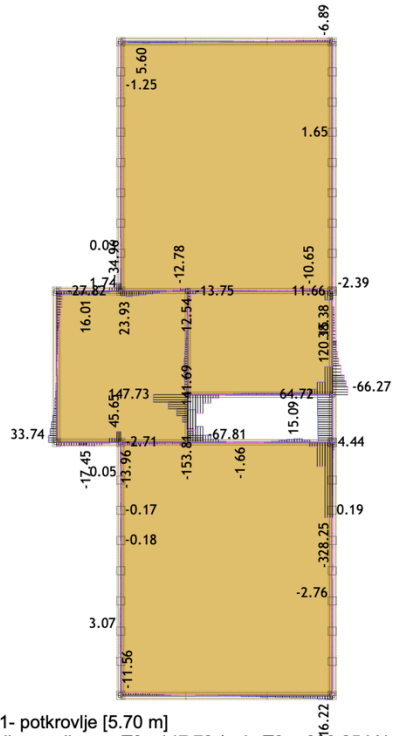


Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Utjecaji u ploči: max  $T_{z,x} = 1064.60$  / min  $T_{z,x} = 0.00$  kN/m

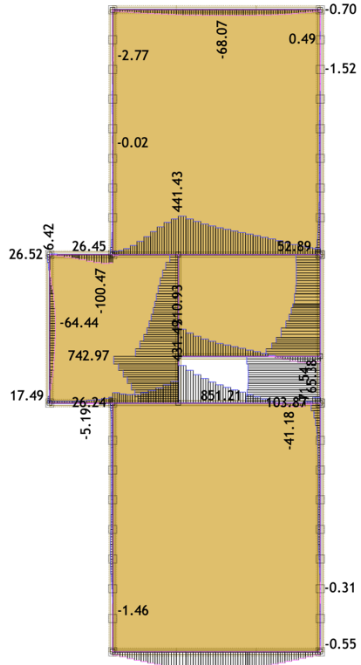
Proračunom (nakon sanacijskih zahvata) smo dobili i maksimalne utjecaje u gredama, koji djeluju na međukatnu konstrukciju ispod koje se nalazi prizemlje. Navedeno je prikazano na sljedećim slikama. Djelovanje maksimalnog momenta od 76.00 kNm, poprečne sile od 147.73 kN i uzdužne sile od 851.21 kN.



Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
 Utjecaji u gredi: max M3= 76.00 / min M3= -103.33 kNm

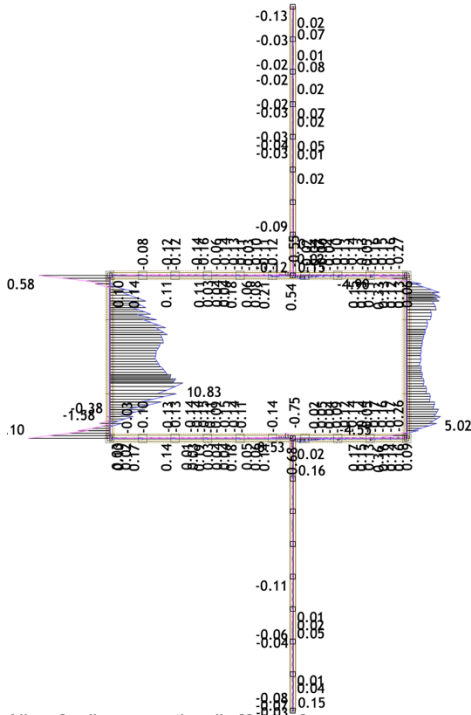


Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
 Utjecaji u gredi: max T3= 147.73 / min T3= -328.25 kN

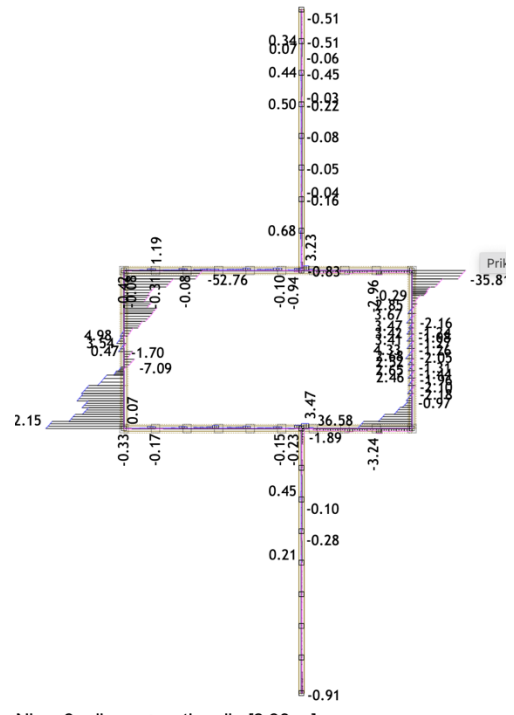


Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
 Utjecaji u gredi: max N1= 851.21 / min N1= -196.33 kN

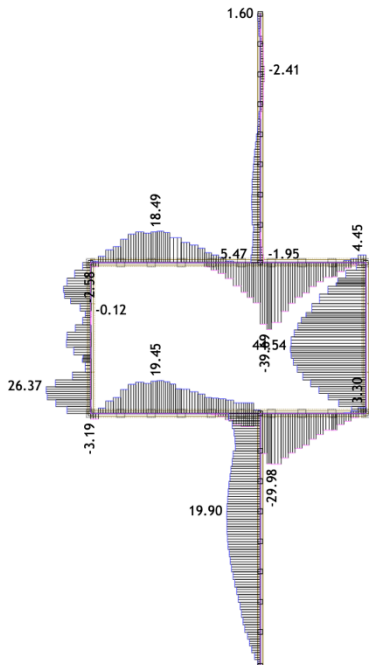
Također proračunom (nakon sanacijskih zahvata) dobili smo maksimalne utjecaje u gredama, koji djeluju na međukatnu konstrukciju ispod koje se nalazi potkrovlje. Navedeno je prikazano na sljedećim slikama. Djelovanje maksimalnog momenta od 10.83 kNm, poprečne sile od 52.15 kN i uzdužne sile od 44.54 kN.



Nivo: 3- sljeme + potkrovlje [8.30 m]  
 Utjecaji u gredi: max M3= 10.83 / min M3= -12.10 kNm



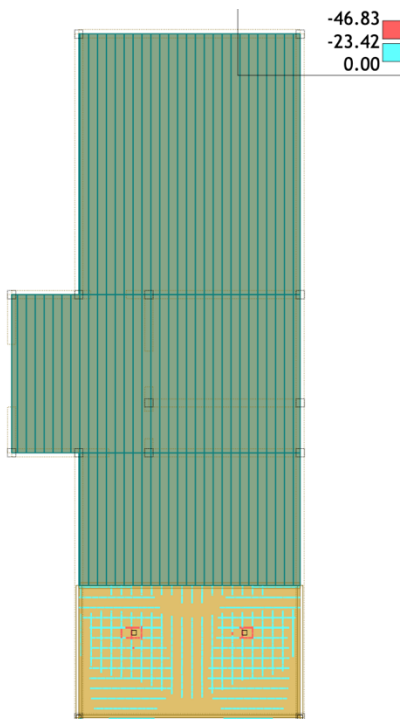
Nivo: 3- sljeme + potkrovlje [8.30 m]  
 Utjecaji u gredi: max T2= 52.15 / min T2= -52.76 kN



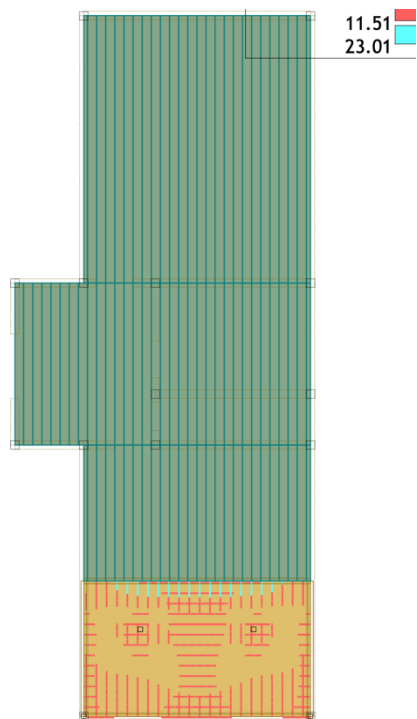
Nivo: 3- sljeme + potkrovlje [8.30 m]  
 Utjecaji u gredi: max N1= 44.54 / min N1= -39.69 kN

## Potrebna količina armature u pločama i gredama

Potrebna količina armature ploče, za nivo 0' tj. međukatna konstrukcija ispod koje se nalazi podrum je  $46.83 \text{ cm}^2/\text{m}$  u gornjoj zoni,  $23.01 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

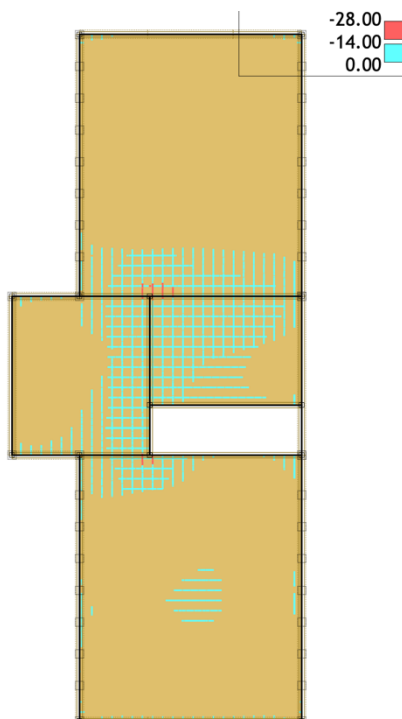


Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
Aa - g.zona - max Aa,q=  $-46.83 \text{ cm}^2/\text{m}$

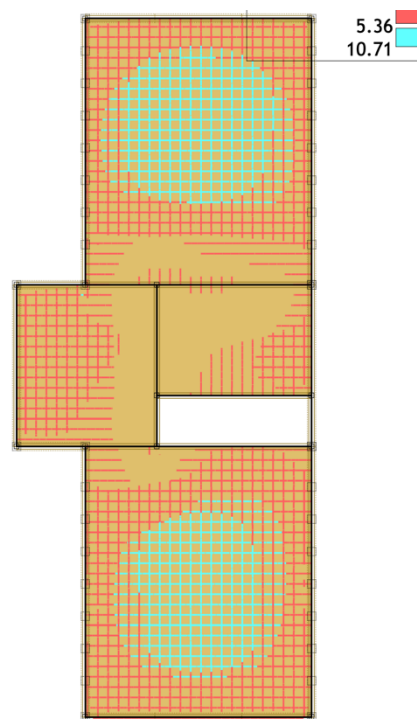


Nivo: 0'- prizemlje [2.40 m]  
Aa - d.zona - max Aa,d=  $23.01 \text{ cm}^2/\text{m}$

Potrebna količina armature ploče, za nivo 1 tj. međukatna konstrukcija ispod koje se nalazi prizemlje je  $28,00 \text{ cm}^2/\text{m}$  u gornjoj zoni,  $23.01 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

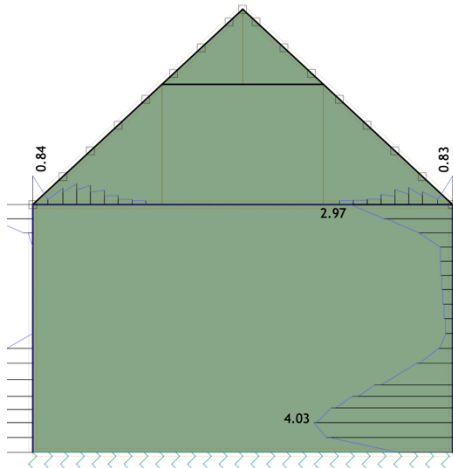


Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Aa - g.zona - max Aa,q=  $-27.99 \text{ cm}^2/\text{m}$

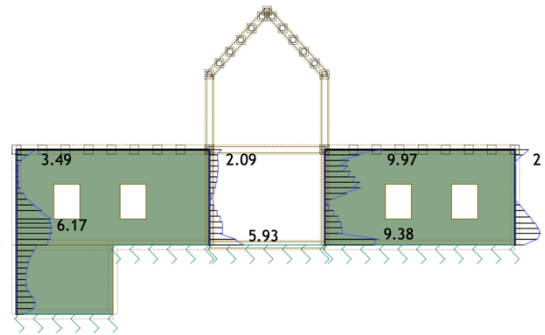


Nivo: 1- potkrovlje [5.70 m]  
Aa - d.zona - max Aa,d=  $10.71 \text{ cm}^2/\text{m}$

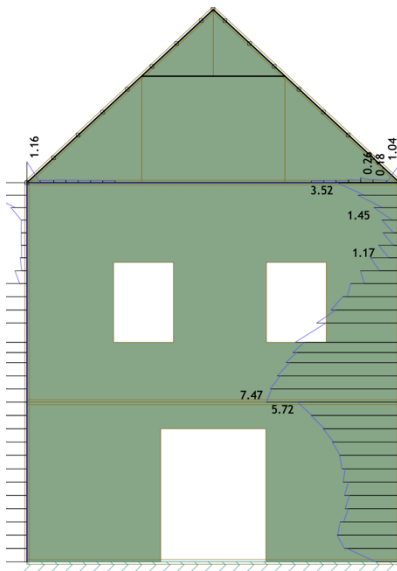
Potrebna količina armature koja će se stavljati u horizontalne i vertikalne serklaže, također je prikazana u sljedećim slikama.



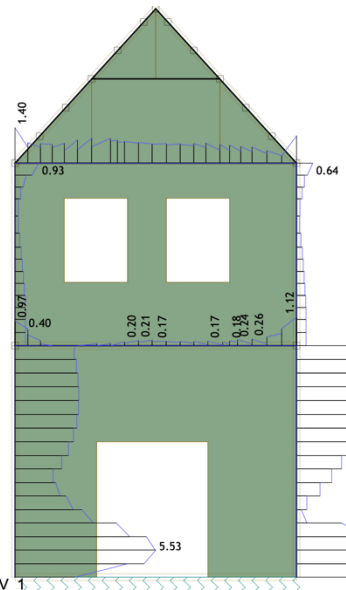
Okvir: H\_5  
Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 4.36 \text{ cm}^2$



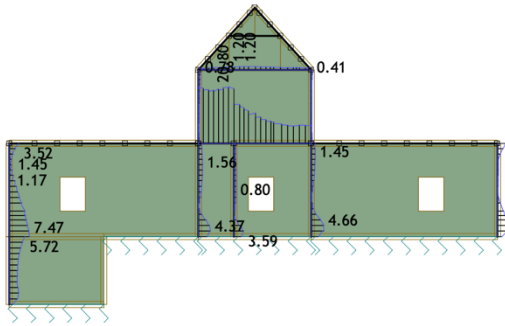
Okvir: V\_2  
Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 9.97 \text{ cm}^2$



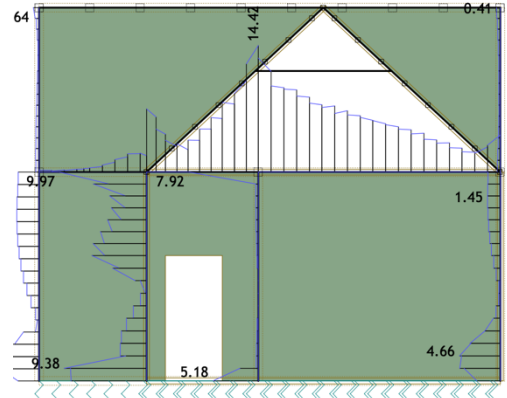
Okvir: H\_1  
Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 7.47 \text{ cm}^2$



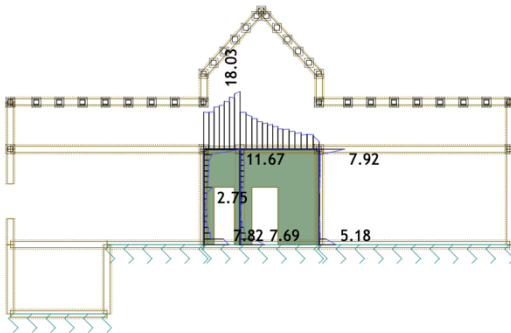
Okvir: V\_1  
Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 5.53 \text{ cm}^2$



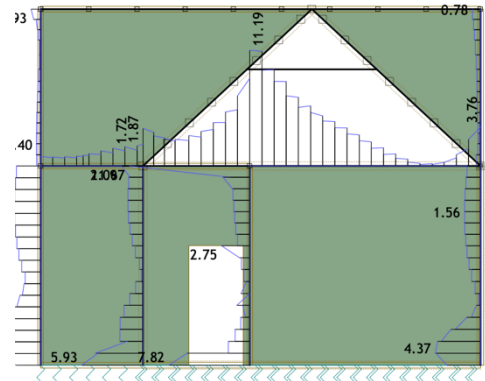
Okvir: V\_3  
 Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 20.80 \text{ cm}^2$



Okvir: H\_4  
 Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 14.42 \text{ cm}^2$



Okvir: V\_4  
 Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 18.03 \text{ cm}^2$



Okvir: H\_3  
 Armatura u gredama: max  $\Sigma A_a = 11.67 \text{ cm}^2$

### 7.2.1. Sanacijski zahvati na građevini

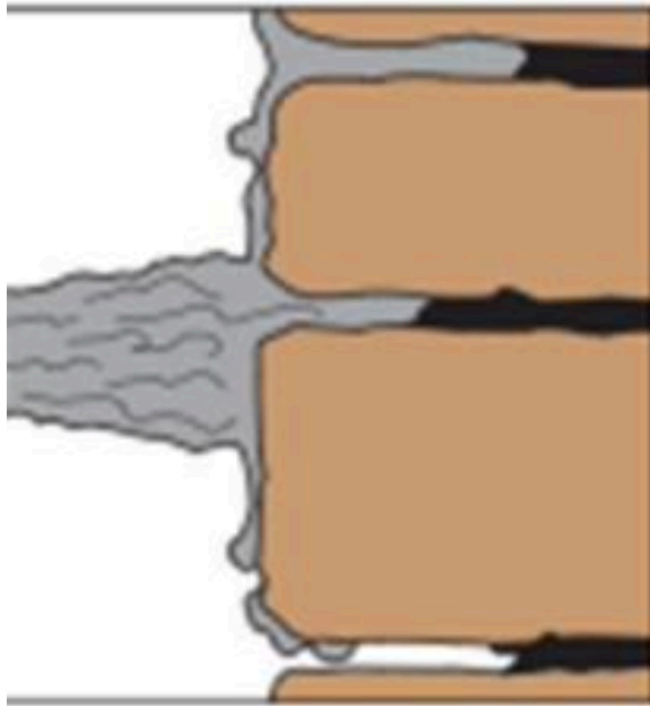
Sanacijskim zahvatim postigla se određena mehanička otpornosti i stabilnost građevine. Zahvati poboljšanja i pojačanja građevine sastojali su se od sanacije temelja. Temelji građevine se mogu sanirati na način da se u njih injektira ekspandirajuća smola, (slika 7.2.). Rezultat ove metode je da će se tlo zbiti i ojačati, te će mu se na taj način trajno povećava nosivost, čak do 5 puta. Proces injektiranja započinje kada je smola u tekućem stanju, nakon stvrdnjavanja ona povećava svoj volumen i do 15 puta. Injektiranje se provodi neposredno ispod temelja ili do dubine 3 metara ispod temelja.[14]



*Slika 7.2. Injektiranje smolom*



Zidovi podruma će se također injektirati u svrhu horizontalnog prekida kapilarnog uzdizanja vlage. Ovim postupkom zapuniti će se velike šupljine koje prodiru u dubinu zida. Kamenim zidovima u podrumu povećati će se nosivost, stabilizirati će se zid i produljiti njegovo korištenje. Osim popunjavanja velikih šupljina, popuniti će se i sve sljubnice u zidu, (slika 7.3.). Kao što je prije navedeno u poglavlju, sanacija oštećenja. Stare sljubnice će se ukloniti i zapuniti novim mortom.



*Slika 7.3. Zapunjavanje sljubnica*

Izradit će se drenažni sustav koji se uobičajeno sastoji od drenažnog kanala, drenažnih cijevi, okana, batude (nasipa riječnog šljunka ili kamenog drobljenca) te geotekstila, i izvest će se cijelim djelom kuće. Nadalje, sanacija vanjskih i unutarnjih zidova sastojat će se od sanacije pukotina i sanacije vlage. Prvobitno kod vanjskih i unutarnjih zidova skinut će se završni sloj, fasada i žbuka. Dijelovi zidova gdje se nalaze velike strukturne pukotine ojačat će se injektiranjem cementne smjese. Popuniti će se velike praznine u konstrukcijskim elementima. Injektiranjem statički ojačavamo strukturu, sprječavamo kapilarno dizanje vlage i postizemo vodonepropusnost konstrukcije.

Zidani zidovi će se ojačati i dodavanjem armiranih cementnih slojeva. Takva vrsta tehnike koristi se kod zidanih zidova koji su od kamena ili opeke. Prvo se uklanja žbuka i injektira morta, zatim se kroz zidove izbuše rupe i postave šipke. Nakon što je postavljena armatura, torkretira se zid ili se postavlja oplata i betonira novi sloj zida, (slika 7.4.). Potrebno je torkretiranje izvesti s obje strane zida da se dobije kompaktnost zida. Time će se značajno pojačati zid oštećen pukotinama.[5] Dodatno ojačavanje zida će se postići izradom armiranobetonskih serklaža. U spojevima zidova tj. u uglovima, križanjima, sudarima dodati će se vertikalni serklaž. A isto tako na spoju zidova od sitnih elemenata i međukatne konstrukcije izvest će se horizontalni serklaž, (slika 7.5.).

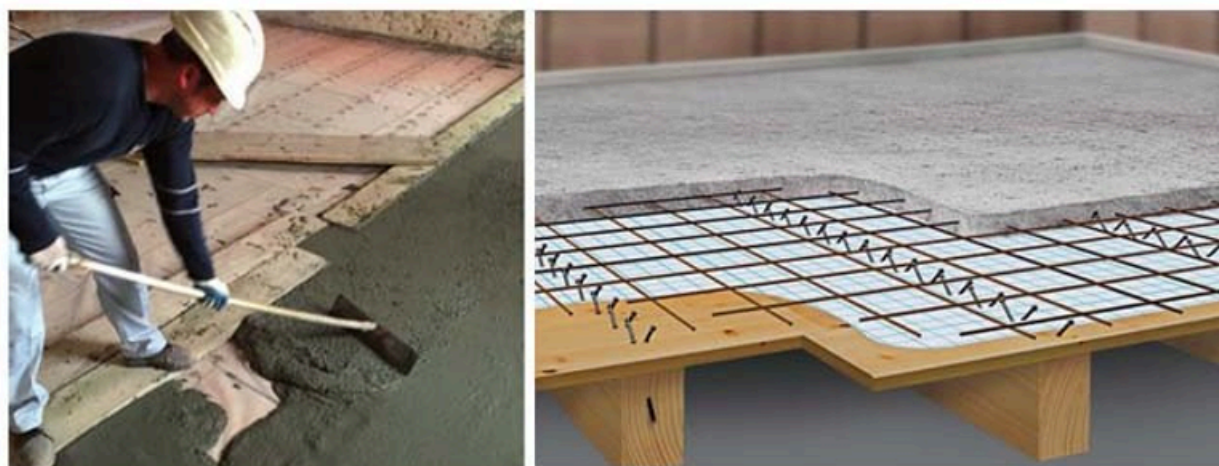


*Slika 7.4. Pojačanje armiranim slojem betona*



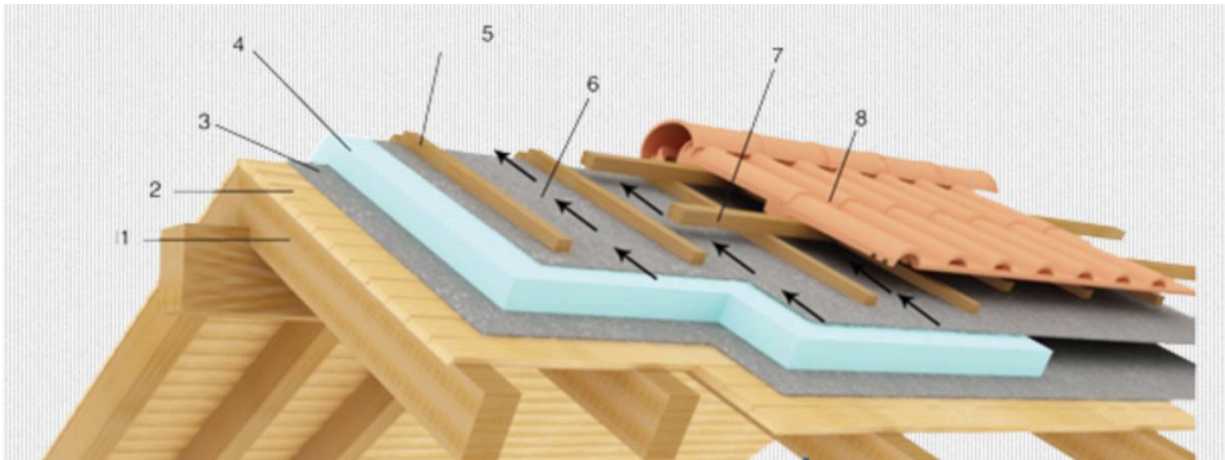
*Slika 7.5. Prikaz vertikalnog i horizontalnog serklaža*

Sanacija vlage će se postići postavljanjem horizontalne i vertikalne hidroizolacije te primjenom sanacijskih žbuka. Sanacijskim žbukama, na svim zidovima će se postići postojanost i otpornost sanirane površine na utjecaj soli. Također će se u zidu uspostaviti temperaturna difuzijska ravnoteža. Kod sanacije međukatne konstrukcije odstranit će se svi dotadašnji slojevi. Stropna međukatna konstrukcija izvest će se kao armiranobetonska ploča, (slika 7.6.).



*Slika 7.6. Prikaz armiranobetonske ploče*

Sanacija krovišta sastoji se od zamjene starih dotrajalih elementa krovišta novim, dodavanjem pajante i izvedbom ventiliranog krovišta, (slika 7.7.). Svrha ventiliranog krovišta je omogućavanje strujanja zraka po cijeloj površini ispod pokrovnog materijala i konstrukcije krova, te poboljšavanje dužeg vijek trajanja konstrukcije. U ljetnom razdoblju akumulirana toplina se neće prenositi u unutarnji prostor, već će se provjetravati strujanjem zračnog sloja. A u zimskom razdoblju strujanje zraka će isušiti vlagu ispod pokrova i zaštititi drvenu konstrukciju.[15]



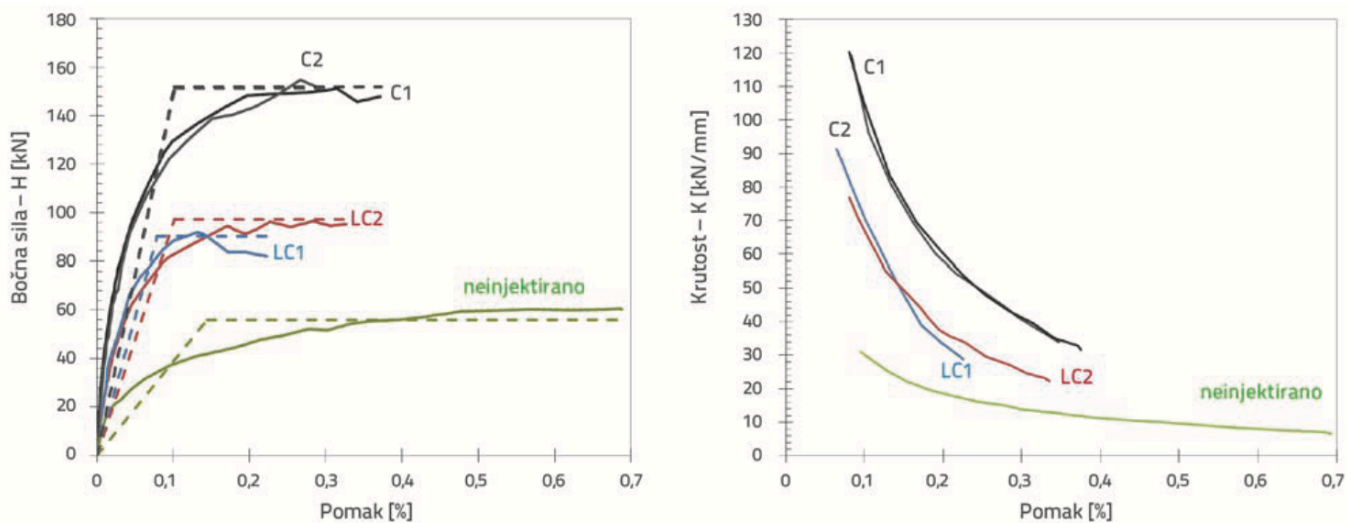
1. Rogovi, 2. Daske, 3. Folija, 4. Izolacija, 5. Kontra letve, 6. Folija, 7. Letve, 8. Crijep

*Slika 7.7. Prikaz ventiliranog krovišta*

## 8. OSVRT NA PREDMETNU GRAĐEVINU

Analizom građevine uspostavilo se da ne ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu. Nije pogodna za daljnje korištenje, a razlozi su kapilarna vlaga, gljivice i plijesan koje su uzrok zdravstvenih bolesti. Zatim stare instalacije, prokišnjavanje krovšta i doticaj vode sa instalacijama, nedostatak sanitarnog čvora, duboke strukturne pukotine, loši dotrajali otvori. Prije svega ne zadovoljava u pogledu ispunjavanja mehaničke otpornosti i stabilnost građevine. Opterećenja, deformacije ili dodatna oštećenja koja bi mogla djelovati na građevinu dovela bi zasigurno do rušenja dijela građevine. Nosivost konstrukcije u slučaju izbijanja požara nije zajamčena, a postoji i velika mogućnost požara zbog loših instalacija. I među prva tri zahtjeva za građevinu pripada, higijena, zdravlje i okoliš. Također ovaj zahtjev nije ispunjen jer predstavlja veliku prijetnju zdravlju korisnika zbog prisutnosti vlage, od podruma do krova građevine. Prije svega, samim odabirom predmetne građevine nastojalo se očuvati nasljeđe tok kraja. Malo gdje se može vidjeti ovako stara, a opet donekle očuvana kuća. Zbog toga tijekom sanacije će se potpuno očuvati vanjski izgled građevine, bez promjena gabarita ili nadogradnje, te isto tako i tipičan raspored prostorija. Revitalizacijom ove građevine pridonijet će se u očuvanje kulturne baštine. Sanacijskim mjerama postignuti će se da građevina bude sanirana na način da tijekom svog daljnjeg trajanja, tj. korištenja ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu. Cjelokupnom izvedbom radova, tj. spojem novih metoda sanacije i stogodišnje građevine nastojat će se što kvalitetnije postići njezinu obnovu. Injektiranje temelja smolom zasigurno je velika prednost u odnosu na ostale metode. Prvenstveno smola ne otežava tlo, smjesa je lagana i u tlu ne stvara dodatna opterećenja. Smola će nakon bubrenja popuniti sve praznine i šupljine u tlu. Također prednost je da ne zahtjeva kopanje, potkopavanje ili druge detaljne građevinske radove koji bi mogli utjecati na samu građevinu. Takvom metodom će se postići brzo ojačavanje temeljnog tla, bez štetnog utjecaja na konstrukciju.[14] Injektiranje zidova je zasigurno jedna od najdjelotvornijih metoda u ojačavanja starih zidanih građevina. Metoda sanacije injektiranja zidova prizemlja, sastoji se od unošenja cementne injekcijske smjese, kojom će se postići velika seizmička otpornost.

Postoji više različitih injekcijskih smjesa koje se koriste kod injektiranja, ali jedan od razloga odabira cementne smjese je sljedeći. U znanstvenom radu, Seizmička otpornost zidanih kamenih građevina i utjecaj injektiranja, uspoređivalo se korištenje više vrsta injekcijskih smjesa. Neki autori, kao što su Tomažević i Apih smatraju da se seizmička otpornost kamenih zidova bitno povećava nakon unosa cementne injekcijske smjese. Dok drugi tvrde kako tlačna čvrstoća uzorka raste nakon injektiranja pomoću dviju vrsta injekcijskih smjesa. Kao što sam navela ispitivalo se pet različitih injekcijskih smjesa. Od kojih su to, smjesa hidrauličkog vapna i pucolana, dvije kombinacije smjesa vapna i cementa, dvije cementne smijese. Najveće vrijednosti tlačne, savojne i vlačne čvrstoće pri cijepanju dobivene su kod cementne injekcijske smjese. Tijekom ispitivanja mjereni su pomaci na donjim, srednjim i gornjim dijelovima uzorka. Zabilježeno je da su se kod injektiranih uzoraka pukotine počele javljati pri sili  $H_{cr} = 0,80 \cdot H_{max}$  kod pomaka od 0,10 %. A kod neinjektiranog uzorka, značajnije pukotine počele su se pojavljivati pri nižim bočnim silama  $H_{cr} = 0.61 \cdot H_{max}$ , te pri većem pomaku od 0,14 %, što možemo vidjeti na sljedećoj slici.



Slika 8.1. Vrijednosti horizontalnog otpora i smanjenja krutosti uzoraka zida dobivene ispitivanjem posmika in situ

Na slici 8.1. vidljivo je kako sa povećanjem pomaka dobivamo smanjenje krutosti zidova. Jer sa pojavom značajnih pukotina došlo je do smanjenja krutosti i pada krivulje. Uočene razlike kako u slučaju ispitivanja tlačne čvrstoće, vlačne čvrstoće pri cijepanju tako je uočena i razlika kod ispitivanja posmične čvrstoće zidova. Rezultatima ispitivanja prikazano je kako do sloma najčešće dolazi na vezi između kamena i injekcijske smjese, no i ovdje je prednost imala cementna injekcijska smjesa u odnosu na smjesu s cementom i vapnom. Također kod seizmičke otpornosti građevine, postignuta je veća otpornost nakon injektiranja cementne smjese. Možemo zaključiti da mehanička svojstva, prije svega starih zidova uvelike ovise o vrsti i svojstvima injekcijske smjese. Isto tako kod odabira odgovarajuće injekcijske smjese trebalo bi uzeti u obzir udio šupljina, debljina spojeva sa mortom, mehanička svojstva konstruktivnih materijala.[16] Dodatno ojačanje građevine postignut će se primjenom armiranobetonskih serklaža. Izvedbom vertikalnih serklaža na određenim djelovnim građevine povećati će se nosivost i duktilnost. Te isto tako postavljanjem horizontalnog serklaža, povezat će se svi nosivi zidovi i ravnomjerno će se prenijeti opterećenje međukatne konstrukcije. Kao što je prethodno napisano, vlaga u ovoj građevini nije samo ugrozila zidove u podrumu i prizemlju, već je naštetila i krovnoj konstrukciji. U sanaciji krovišta neki od očuvanih elementa krovišta će se zadržati, ali veći dio će se promijeniti i izvesti ventilirani tip krovišta. Izvedbom ventiliranog krovišta glavna prednost je cirkulacija zraka, time se sprječavanja plijesni i truljenja konstrukcije krova. Još jedna bitna stavka ventiliranog krovišta je sprječavanje gubitka energije i ono najvažnije, doprinos smanjenju visokih troškova. Kao zaključak možemo se osvrnuti na rezultate proračuna iz programa Tower. Došlo je do preraspodijele unutarnjih sila u pločama i gredama. Kod primjera utjecaji greda, značajno se razlikuju u odnosu na postojeće stanje i stanje nakon sanacijskih zahvata. Razlika je što su se grede kod proračuna postojećeg stanja građevine odnosile na dio međukatne konstrukcije. Prije svega su bile drvene i manjih dimenzija, a sanacijom međukatne konstrukcije drvene grede zamijenjene su armiranobetonskom pločom. A kod proračuna greda nakon sanacije, one se odnose na nove elemente građevine, koje čine beton i armatura, što možemo vidjeti na stranicama 81 i 82. Ovom izvedbom sanacijskih mjera, postignuti će se zadana realizacija projekta.

## 9. ZAKLJUČAK

Starošću građevine nastupaju mnoge patološke bolesti, time i vlaga. Jedna od karakterističnih pojava kod starih objekta, kada graditelji nisu poznavali vodonepropusne materijale, tj. u ovom slučaju takvi materijali još nisu postojali. Osnovni materijali kojima je izgrađena predmetna kuća su kamen, cigla i mort. Materijali su u većoj mjeri porozni te se kroz mikrokapilare koje postoje u njihovoj strukturi podiže vlaga iz tla i postepeno uspinje prema slojevima materijala iznad. Uz djelovanje vlage zamijećene su velike strukturne pukotine. Takva djelovanja na građevinu uvelike su umanjila njezinu mehaničku otpornost i stabilnosti. Da bi nadomjestili nedostatak temeljnih zahtjeva za građevnu, građevina je ojačana izvedbom armiranobetonskih horizontalnih i vertikalnih serklaža, armiranobetonske međukatne konstrukcije te injektiranjem.





Sveučilište  
Sjever



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, ANAMARIJA ŠTEFIČAR (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom REKONSTRUKCIJA I REVITALIZACIJA STARE ORNTELIJSKE KUĆE U ČERNOVCU, KAMENICA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Anamarija Štefičar  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANAMARIJA ŠTEFIČAR (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom REKONSTRUKCIJA I REVITALIZACIJA STARE ORNTELIJSKE KUĆE U ČERNOVCU, KAMENICA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Anamarija Štefičar  
(vlastoručni potpis)

## 10. LITEATURA

- [1] <https://www.gradecki-projekt.hr/>
- [2] Muhovec I. (2020.): Patologija u graditeljstvu, Sveučilište Sjever, Varaždin.
- [3] [https://www.researchgate.net/publication/271700876\\_Tehnicka\\_dijagnostika](https://www.researchgate.net/publication/271700876_Tehnicka_dijagnostika)
- [4] Živković Z. (2013.): Hrvatsko tradicijsko graditeljstvo
- [5] Galić J., Vukić H., Andrić D., Stepinac L. (2020): Tehnike popravka i pojačanja zidanih zgrada, Arhitektonski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- [6] <https://www.mipcro.hr/>
- [7] <https://www.planradar.com/>
- [8] Kalac M. (2017.): Arhitektonske konstrukcije I
- [9] Malinar H. (2003.): Vlaga u povijesnim građevinama
- [10] Pleše D., Barić I., Sigmund V. (2012.): Usporedba rezultata numeričkog proračuna zgrade dobivenih različitim programima
- [11] Turčić N., Vukić H., Andrić D. (2019.): Nosive konstrukcije II, Drvene i čelične Konstrukcije, Arhitektonski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- [12] Čizmar D., Volarić I. (2017.): Drvene konstrukcije priručnik za vježbe, Tehničko Veleučilište u Zagrebu, Zagreb.
- [13] Vuletić M. (2022.): Komparativna analiza projektnih pristupa dimenzioniranja AB zgrada prema HRN EN 1998-1, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Split.
- [14] <https://www.geotech.hr/dubinsko-injektiranje-ekspandirajucih-smola/>
- [15] <https://www.potkrovlje.hr/ventilirani-krov-za-osiguranje-trajnosti-kosog-krova/>
- [16] Uranjek M., Žarnić R., Bokan-Bosiljkov V., Bosiljkov V. (2014.): Seizmička otpornost zidanih kamenih građevina i utjecaj injektiranja, Znanstveni rad-prethodno priopćenje, Građevinar.

## **POPIS SLIKA**

Slika 2.1. Temelji starih kuća

Slika 2.2. Ugao sa prepustom

Slika 2.3. Prikaz glavne grede i grednika

Slika 3.1. Čišćenja i ispiranja sljubnice te zapunjavanja novim mortom

Slika 3.2. Postupak injektiranja pod tlakom

Slika 3.3. Prezidavanje oštećenog zida: 1.oštećeni dio zida

2.uklanjanje oštećenog zida, 3.ispunjavanje zida

Slika 3.4. Prezidavanje oštećenog zida i saniranje istim materijalom

Slika 3.5. Poprečno povezivanje zida metalnim sidrima

Slika 3.6. Pojačanje armiranim slojem betona

Slika 4.1. Prikaz postupka dijagnosticiranja vlage

Slika 4.2. Podsijecanje zida u kampadama i umetanje hidroizolacije

Slika 5.1. Smještaj kuće- nedaleko grada Lepoglave

Izvor: Google maps

Slika 5.2. Prikaz čestice k.č.br.3669 k.o. Kamenica

Izvor: geoportal.dgu.hr

Slika 5.3. Godina obnove kuće

Slika 5.4. Prikaz južnog pročelja

Slika 5.5. Potporni stup

Slika 5.6. Bačvasti svod i željezno ojačanje

Slika 5.7. Prikaz štukatura na zapadnom zidu

Slika 5.8. Prozor s štukaturom

Slika 5.9. Ulazna vrata s štukaturom

Slika 5.10. Krovna konstrukcija

Slika 5.11. Južno pročelje

Slika 5.12. Sjeverno pročelje

Slika 5.13. Istočno pročelje

Slika 5.14. Zapadno pročelje

Slika 5.15. Istočno pročelje-zidovi podruma

Slika 5.16. Raslojavanje zida na južnom pročelju

Slika 5.17. Oštećenja na južnom pročelju

Slika 5.18. Oštećenja na sjevernom pročelju

Slika 5.19. Detaljni prikaz oštećenja na južnog pročelja (lijevo)  
i sjevernog pročelja (desno)

Slika 5.20. Detaljni prikaz slike 5.18., južno pročelje

Slika 5.21. Detaljni prikaz slike 5.18.

Slika 5.22. Prikaz plijesni na vanjskom zidu (jug)

Slika 5.23. Prikaz vlage

Slika 5.24. Priikaz pukotina

Slika 5.25. Prikaz vlage na unutarnjem zidu

Slika 5.26. Prikaz vlage sa druge strane zida slike 5.25.

Slika 5.27. Vlaga na istočnom i južno zidu

Slika 5.28. Prikaz vlage sa unutarnje strane zida

Slika 5.29. Detaljni prikaz slike 5.28.

Slika 5.30. Pukotine na istočnom pročelju (desni ugao)

Slika 5.31. Detaljni prikaz slike 5.30.

Slika 5.32. Detaljni prikaz slike 5.30.

Slika 5.33. Prikaz pukotina na istočnom zidu (lijevi ugao)

Slika 5.34. Pukotine na stropu

Slika 5.35. Prikaz istrunulih drvenih prozora

Slika 6.1. Prikaz predmetne građevine u programu Tower

Slika 6.2. Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja  
u proračunu ovisno o graničnom stanju

Slika 6.3. Karta osnovnih brzina vjetra

Slika 6.4. Prikaz kategorija terena

Slika 6.5. Grafički prikaz faktora izloženosti ce(z)

Slika 6.6. Karta snježnih područja u Hrvatskoj

Slika 6.7. Seizmološka karta Republike Hrvatske

Slika 6.8. Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Slika 7.1. Prikaz predmetne građevine u programu Tower

Slika 7.2. Injektiranje smolom

Slika 7.3. Zapunjavanje sljubnica

Slika 7.4. Pojačanje armiranim slojem betona

Slika 7.5. Prikaz vertikalnog i horizontalnog serklaža

Slika 7.6. Prikaz armiranobetonske ploče

Slika 7.7. Prikaz ventiliranog krovišta

Slika 8.1. Vrijednosti horizontalnog otpora i smanjenja krutosti uzoraka zida dobivene  
ispitivanjem posmika in situ

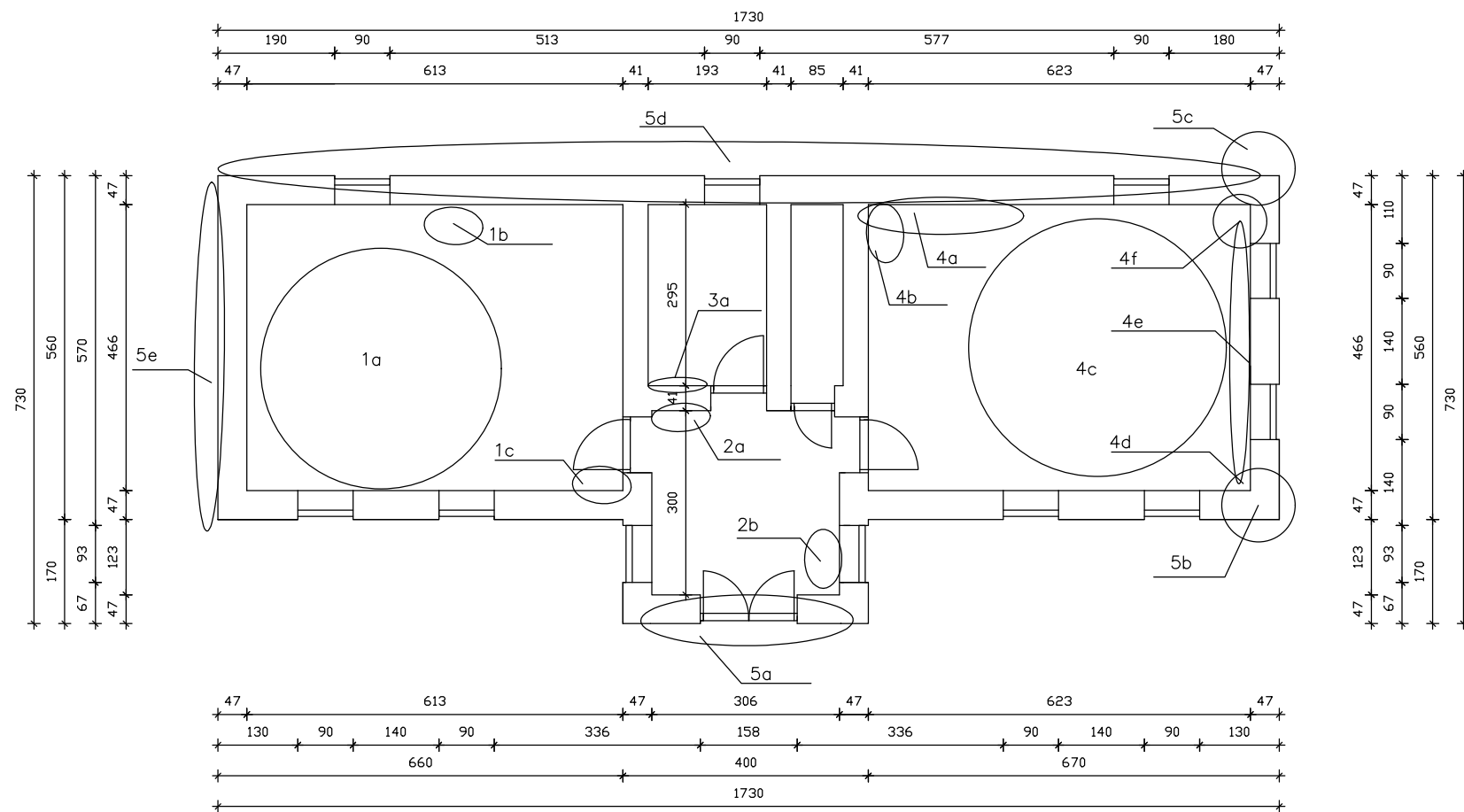
## **PRILOZI - NACRTI**

Prilog 1. Tlocrt prizemlja sa oznakama oštećenja

Prilog 2. Pročelja građevine sa oznakama oštećenja

Prilog 3. Detalji A i B

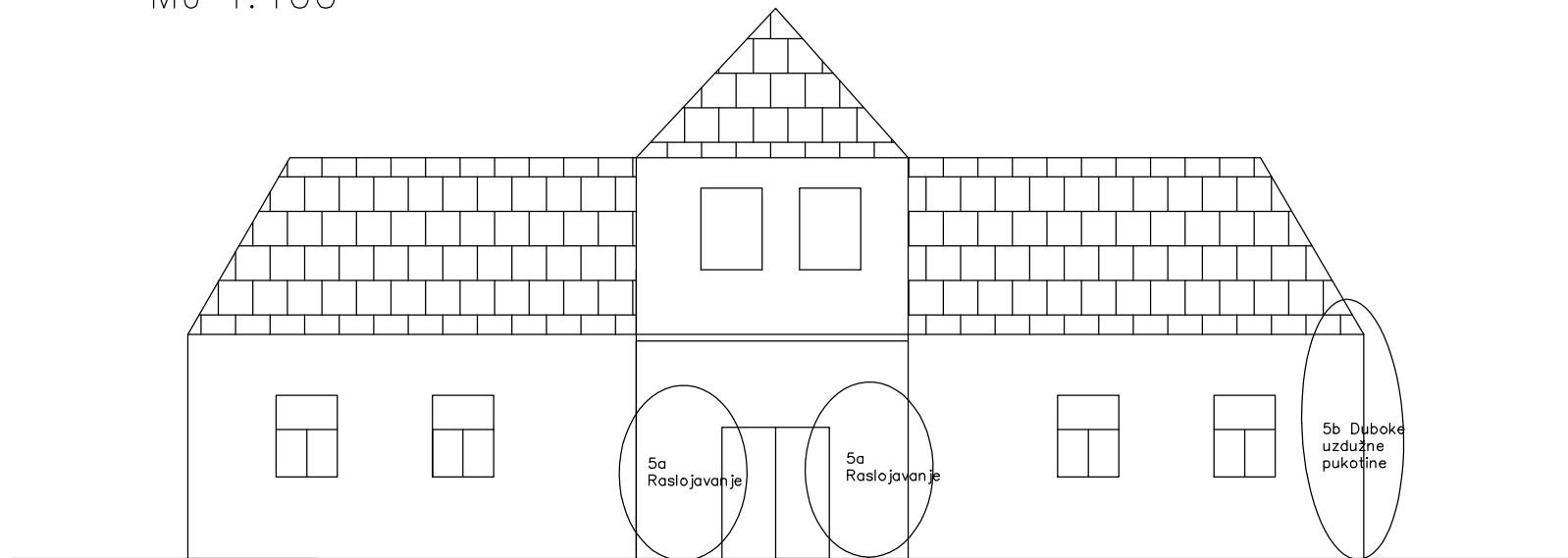
TLOCRT PRIZEMLJA  
MJ 1:100



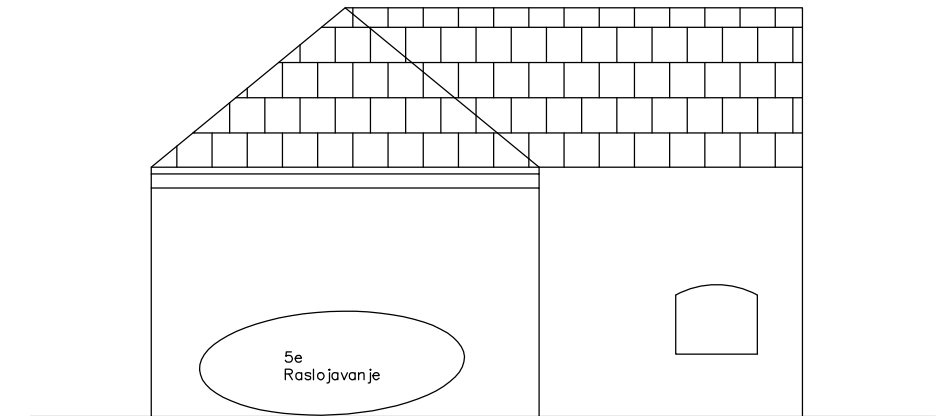
Legenda:

- 1a—Crne površine stropa
- 1b—Poprečne pukotine
- 1c—Crna plijesan
- 2a—Bubrenje završnog sloja
- 2b—Crne površine zida
- 3a—Opadanje završnog sloja i mokre površine
- 4a—Veliko raslojavanje
- 4b—Uzdužne i poprečne pukotine
- 4c—Crne površine stropa
- 4d—Uzdužne pukotine
- 4e—Pukotine koje se pružaju kroz cijelu dužinu stropa
- 4f—Uzdužne pukotine
- 5a—Raslojavanje, južno pročelje
- 5b,c—Duboke uzdužne pukotine, prodiru u strukturu zida i odlamanje od zida
- 5d—Raslojavanje, sjeverno pročelje
- 5e—Raslojavanje, zapadno pročelje

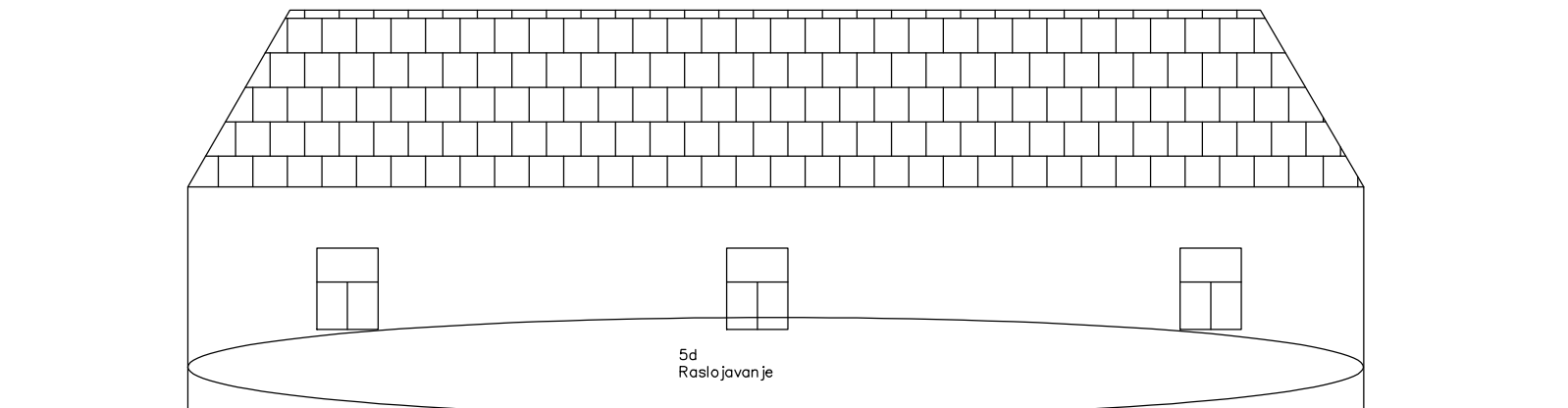
PROČELJE JUG  
MJ 1:100



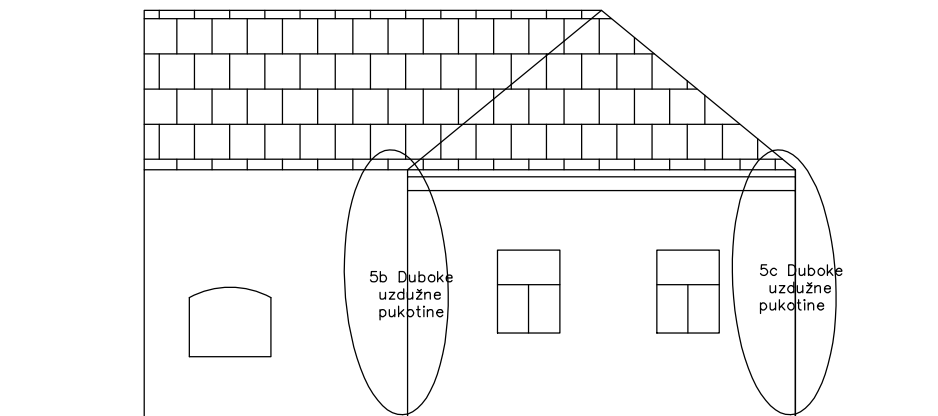
PROČELJE ZAPAD  
MJ 1:100



PROČELJE SJEVER  
MJ 1:100

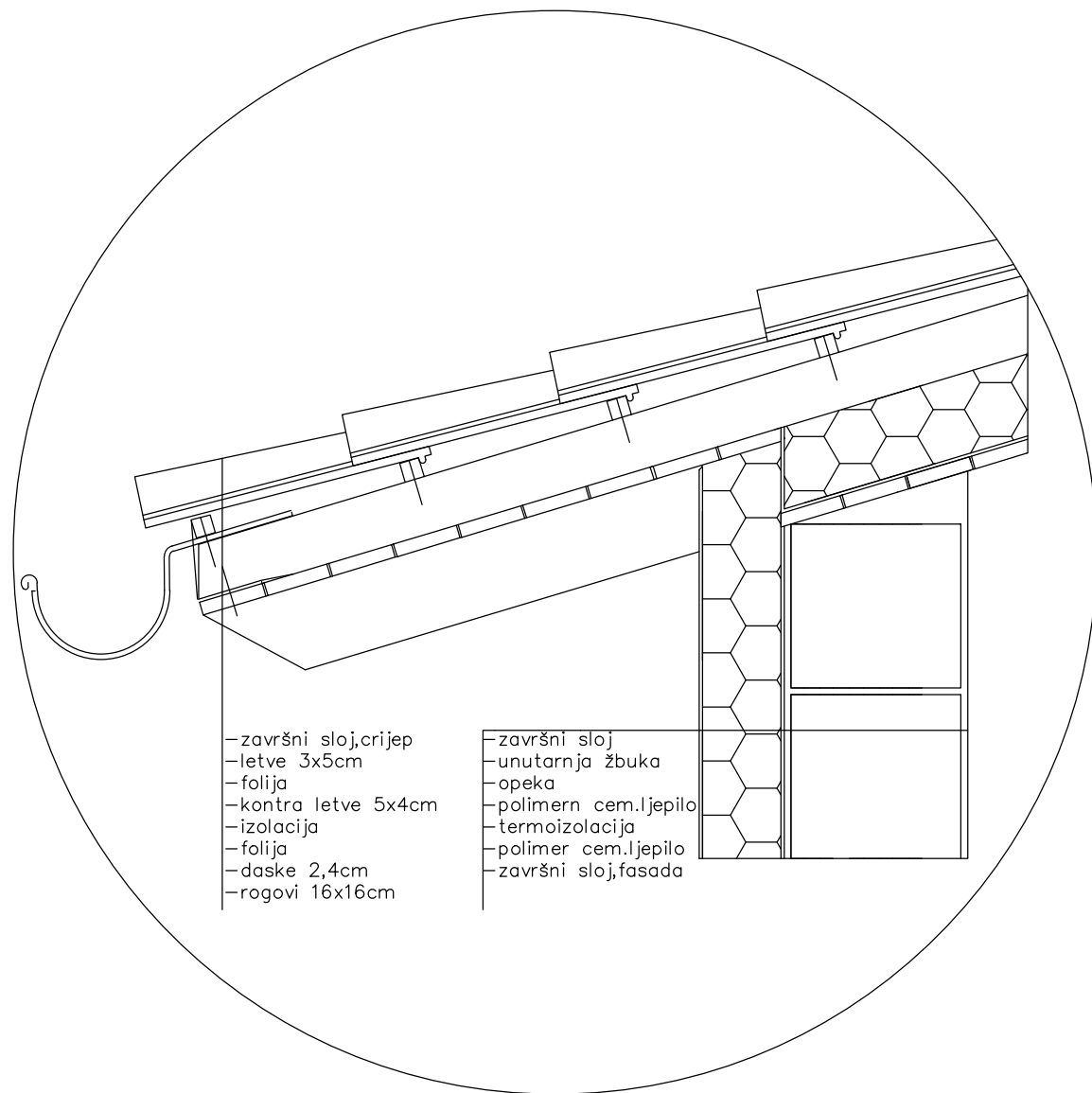


PROČELJE ISTOK  
MJ 1:100





DETALJ A – spoj krova i fasade  
MJ 1:10



DETALJ B – drenažni sustav,slojevi poda i zida  
MJ 1:10

