

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvorna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Hvala, S., 2016. Analiza izbranih ukrepov in potek sanacije dvorca Drnča. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šelih, J., somentor Kušar, M.): 40 str.

Datum arhiviranja: 02-02-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Hvala, S., 2016. Analiza izbranih ukrepov in potek sanacije dvorca Drnča. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J., co-supervisor Kušar, M.): 40 pp.

Archiving Date: 02-02-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

**SIMON HVALA**

**ANALIZA IZBRANIH UKREPOV IN POTEK SANACIJE  
DVORCA DRNČA**

Diplomska naloga št.: 115/OG-MO

**ANALYSIS OF REFURBISHMENT AND EXECUTION -  
CASE STUDY OF DRNČA CASTLE**

Graduation thesis No.: 115/OG-MO

**Mentorica:**

izr. prof. dr. Jana Šelih

**Somentor:**

asist. dr. Matej Kušar

Ljubljana, 29. 01. 2016



»Ta stran je namenoma prazna.«

## **IZJAVA**

Spodaj podpisani Simon Hvala izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
»Analiza izbranih ukrepov in potek sanacije dvorca Drnča«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 11. 1. 2016

Simon Hvala

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **BIBLIOGRAFSKA – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

<b>UDK</b>	<b>699.8:728.82(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtor</b>	<b>Simon Hvala</b>
<b>Mentorica</b>	<b>izr. prof. dr. Jana Šelih</b>
<b>Somentor</b>	<b>asist. dr. Matej Kušar</b>
<b>Naslov</b>	<b>Analiza izbranih ukrepov in potek sanacije dvorca Drnča</b>
<b>Tip dokumenta</b>	<b>Diplomska naloga – visokošolski študij</b>
<b>Obseg in oprema</b>	<b>40 str., 31 sl.</b>
<b>Ključne besede</b>	<b>dvorec Drnča, sanacija stavb, utrditveni ukrepi, izvedba del</b>

### **Izvleček**

V diplomski nalogi so opisani načini sanacije starejših zidanih stavb na primeru dvorca Drnča v Dvorski vasi na Gorenjskem. Dvorec je starejši, spomeniško zaščiten objekt, ki je bil zaradi dotrajanosti potreben skrbne in celovite obnove. Iz opisa stanja dvorca in predlogov za sanacijo, ki jih je predpisal Gradbeni inštitut ZRMK, smo podrobneje obravnavali predpisane sanacijske in utrditvene ukrepe. Opisani so postopki utrditve kamnitih zidov s pomočjo injektiranja, izvedba armiranih ometov na stikih zidov, sidranje stropov v stene, razbremenitev stropov, zapolnitev dimničnih tuljav, sidranje kapnih leg, izvedba novih AB vencev ter obnova fasade. V zadnjem poglavju so obravnavane še alternativne možnosti utrditve zidanih sten in sanacij lesenih stropnih nosilcev.

»Ta stran je namenoma prazna.«



## **BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC</b>	<b>699.8:728.82(497.4)(043.2)</b>
<b>Autor</b>	<b>Simon Hvala</b>
<b>Supervisor</b>	<b>assoc. prof. Jana Šelih Ph.D.</b>
<b>Co-advisor</b>	<b>assist. Matej Kušar Ph.D.</b>
<b>Title</b>	<b>Analysis of refurbishment and execution – case study of Drnča castle</b>
<b>Document type</b>	<b>Graduation thesis – higher professional studies</b>
<b>Notes</b>	<b>40 p., 31 fig.</b>
<b>Key words</b>	<b>Drnča castle, restored buildings, reinforcement measures, execution of works</b>

### **Abstract**

The thesis describes different approaches to restoring older masonry buildings, based on the case of Drnča castle, which lies in Dvorska vas in Upper Carniola. The castle is an older building under monument protection programme and it required thorough and complete renovation since it was showing signs of damage. By using the condition description and suggestions for the restoration, prescribed by Building and Civil Engineering Institute, the restoration and reinforcement measures were examined in detail. The thesis describes reinforcement of stone walls by means of injecting, the execution of reinforced cement coating on the wall contacts, anchoring ceilings to the walls, reducing the burden of ceilings, filling in the chimneys, anchoring the purlins, the execution of the new reinforced concrete bonds and the restoration of the facade. The last chapter discusses the alternative possibilities for the reinforcement of masonry walls and the renovation of structural timber.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **ZAHVALA**

Mentorici, izr. prof. dr. Jani Šelih, se zahvaljujem za pomoč in napotke pri pisanju diplomske naloge.

Posebno zahvalo namenjam somentorju, asist. dr. Mateju Kušarju, za gradivo, nasvete, hitro odzivnost pri odgovorih na vprašanja in strokovno pomoč pri nastajanju te diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so mi kakor koli pomagali v času študija in pri pisanju diplomske naloge.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE .....	I
IZJAVA.....	III
BIBLIOGRAFSKA – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM .....	V
BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....	VII
ZAHVALA .....	IX
KAZALO VSEBINE .....	XI
KAZALO SLIK .....	XIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XIV
1 UVOD.....	1
1.1 Opredelitev problema .....	1
1.2 Cilj naloge .....	2
1.3 Zasnova naloge.....	2
2 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBJEKTA .....	3
2.1 Zgodovina .....	3
2.2 Obstoječe stanje pred obnovo .....	3
2.3 Opis poškodb.....	4
2.3.1 Temeljenje.....	4
2.3.2 Nosilno zidovje .....	4
2.3.3 Stropne konstrukcije .....	6
2.3.4 Strešna konstrukcija .....	8
2.3.5 Fasada.....	9
3 PREDLOGI ZA SANACIJO .....	11
4 OPIS IZVEDBE PREDLAGANIH NAČINOV SANACIJE.....	12
4.1 Injektiranje zidov .....	12
4.2 Armirani ometi .....	15
4.3 Podaljški stropnikov .....	18
4.4 Pozidava dimničnih tuljav.....	21
4.5 Razbremenitev lesenih stropov.....	22
4.6 Sidranje kapnih leg .....	23
4.7 Obnova fasade.....	25
5 DRUGI NAČINI IZVEDBE SANACIJSKIH UKREPOV.....	28
5.1 Oblaganje zidov z mrežico iz ogljikovih vlaken.....	28
5.2 Ojačitev zidov s svedrastimi palicami.....	29
5.3 Ojačitev zidov v jedru .....	30

---

5.4 Ojačitev zidov s FRP kompoziti .....	30
5.5 Ojačitev zidov s FRP in PP kompoziti .....	31
5.6 Ojačitev lesenih nosilcev s pomočjo privitih jeklenih trakov.....	32
5.7 Utrditev primarnih lesenih nosilcev s pomočjo jeklene opore.....	33
5.8 Utrjevanje stropov z jeklenim paličjem .....	33
5.9 Ojačitev lesenih nosilcev s pomočjo FRP kompozitov .....	33
5.10 Zamenjava propadlega dela lesenega elementa.....	34
5.11 Opiranje lesenih nosilcev z dodatnimi lesenimi elementi.....	35
6 ZAKLJUČEK .....	36
7 VIRI.....	37

## KAZALO SLIK

Slika 1: Pogled na dvorec pred obnovo (ZRMK, 2007) .....	4
Slika 2: Zidna sonda 1. nadstropja na mestu dimniške tuljave (ZRMK 2007) .....	5
Slika 3: Shematični prerez in sestava stropa P-S1 .....	6
Slika 4: Shematični prerez in sestava stropa P-S2 .....	7
Slika 5: Shematični prerez in sestava stropa N1-S1 .....	7
Slika 6: Shematični prerez in sestava stropa N1-S2 .....	7
Slika 7: Shematični prerez in sestava stropa N1-S3 .....	8
Slika 8: Shematični prerez in sestava stropa N2-S1 .....	8
Slika 9: Manjkajoča ročica (ZRMK 2007) .....	9
Slika 10: Deformirani elementi (ZRMK 2007) .....	9
Slika 11: Južna stran fasade (ZRMK 2007) .....	10
Slika 12: Okno s poškodovanim kamnitim portalom (ZRMK 2007) .....	10
Slika 13: Shematični prikaz sistematičnega injektiranja .....	12
Slika 14: Prikaz različnih slojev na zidu pri oblaganju z armiranim cementnim ometom .....	15
Slika 15: Detajl armaturne kletke .....	16
Slika 16: Detajl obojestranske armiranocementne obloge na vogalnem stiku dveh zidov .....	17
Slika 17: Detajl obojestranske armiranocementne obloge na pravokotnem stiku dveh zidov .....	17
Slika 18: Detajl obojestranske armiranocementne obloge na križanju dveh zidov .....	18
Slika 19: Shematični prikaz podaljška stropnika .....	19
Slika 20: Sidranje dveh sosednjih stropnikov v zid z lesenim elementom .....	20
Slika 21: Sidranje s posebno oblikovanim tekstilom »nogavico« ( <a href="http://www.bossong.co.uk">http://www.bossong.co.uk</a> ) .....	21
Slika 22: Primer možne nove sestave stropa z uporabo lažjega polnila .....	22
Slika 23: Prikaz sidranja AB vezi ter kapne lege .....	24
Slika 24: Postopek oblaganja z mrežico iz ogljikovih vlaken (Retrofitting Masonry Walls with Carbon Mesh) .....	29
Slika 25: Vgradnja svedraste palice ( <a href="http://www.helifix.com">www.helifix.com</a> ) .....	30
Slika 26: Nanos lamelnega traku ( <a href="http://www.gi-zrmk.si/">http://www.gi-zrmk.si/</a> ) .....	31
Slika 27: Spajanje mreže (levo), namestitev na zid (desno) ( <a href="http://www.mdpi.com/2073-4360/7/5/963/htm">http://www.mdpi.com/2073-4360/7/5/963/htm</a> ) .....	32
Slika 28: Jeklana opora in ojačitev stika primarnega nosilca s sekundarnimi ( <a href="http://www.buildingconservation.com">http://www.buildingconservation.com</a> ) .....	33
Slika 29: Prikaz postopka zamenjave lesenega elementa ( <a href="http://www.diydoctor.org.uk">http://www.diydoctor.org.uk</a> ) .....	34
Slika 30: Stropnik z dodatnimi lesenimi oporami .....	35
Slika 31: Dvorec po obnovi ( <a href="http://www.uzivac.si/lambergh-chateau-hotel-begunje-na-gorenjskem/">http://www.uzivac.si/lambergh-chateau-hotel-begunje-na-gorenjskem/</a> ) .....	36

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

AB	Armiran beton
PE	Polietilen
FRP	Fibre-reinforced polymer
PP	Polipropilen



## 1 UVOD

### 1.1 Opredelitev problema

V preteklosti so bile stavbe grajene večinoma na podlagi izkušenj in tradicije, zato so bile posledično grajene samo za prevzem vertikalnih obremenitev. Med gradnjo niso mislili na ukrepe, ki bi pripomogli k izboljššanemu obnašanju stavbe med potresom. Materiali, ki so jih poznali in uporabljali za gradnjo, so dobro prenašali tlačne obremenitve, niso pa imeli ustrezne odpornosti za prenašanje strižnih in nateznih obremenitev. Med potresom se take stavbe poškodujejo, v najslabšem primeru se zaradi izgube sposobnosti prenašanja vertikalnih obtežb začnejo rušiti.

Zelo problematične so stavbe, zidane iz kamna, saj so grajene iz več slojev, ki med seboj niso povezani. Pri potresu se začnejo take strukture razslojevati oziroma pri dolgih potresih razpadati. Oslabitev oziroma razpadanje nosilne konstrukcije je tudi posledica neprimerne vzdrževanja objektov. Zaradi atmosferskih vplivov zaščita ovoja stavbe razpada, v zidovih pa se začne nabirati vlaga. Med potresi mora stavba delovati kot celota, deli stavbe morajo biti povezani. Tega ne moremo pričakovati pri stavbah, ki nimajo izvedenih ustreznih povezav. Pri takih objektih vsak nosilni element deluje sam in izgubi stabilnost. Povezanost in dobra zasnova še ne pomenita potresne varnosti stavbe, saj je vse odvisno tudi od mehanskih lastnosti zidovja [1].

Na Slovenskem imamo kar nekaj objektov, ki so bili grajeni v prejšnjih stoletjih z drugačnimi tehnikami, materiali in pravili, kot smo jim priča danes. Ti objekti pogosto niso potresno varni, saj takrat še ni bilo znanja o protipotresni gradnji. Ker so preživeli že kar nekaj zim, jih je načel tudi zob časa. Vzdrževanju se ni posvečalo pretirane pozornosti, kar pa samo poslabšuje stanje objektov. Investitorji se odločajo za obnovo teh objektov predvsem zaradi ohranitve kulturne dediščine in zagona turistične dejavnosti, saj so tovrstni objekti privlačni. Obnove starejših objektov se moramo lotiti celovito, saj lahko le tako dosežemo, da bo objekt varen in uporaben. Vseeno se dogaja, da se obnovi le vidni del stavbe, npr. fasada in streha, obnovo nosilne konstrukcije pa se zanemari, saj je finančno obsežnejša. Pri tem se pri nestrokovnih delih in rušenju posameznih zidov poslabšuje že tako slaba potresna varnost teh objektov. Oslabitev zidov povzročajo tudi morebitni novi instalacijski vodi, ki jih potrebujemo zaradi sprememb namembnosti, vplivov sodobnega časa in novih življenjskih standardov [2].

Da bi objekte izboljšali in jim zagotovili potresno varnost, moramo zagotoviti povezanost konstrukcije, saj bo le tako med potresom delovala kot celota. Zidovje je treba medsebojno

povezati, utrditi stropne konstrukcije, tako da zagotavljajo togost, in jih sidrati v zidovje. Po potrebi zazidamo odprtine, ki povzročajo oslabitve, pri tem pa moramo uporabljati material s podobnimi lastnostmi, kot jih imajo že obstoječi materiali. Na novo zazidane dele moramo dobro povezati s starimi deli. Za izboljšanje odpornosti zidanih stavb obstajajo različne tehnologije, ki morajo biti prilagojene vrsti zidovja, da ne povzročamo večje škode kot koristi. Konstrukcije je treba utrditi do mere, da zadostijo zahtevam standarda EUROCODE. Pri prenovi in obnovi stavb moramo starim stavbam zagotoviti enako potresno varnost kot pri novogradnji. S tem zagotavljamo stanovalcem enako varnost kot pri novih hišah. Pri stavbah kulturne dediščine je dosledno izpolnjevanje zahtev iz standarda za potresno varnost v velikem navzkrižju z načeli spomeniškega varstva. Stroka se tako trudi zagotoviti ustrezno varnost stavb in ohranjanje kulturne dediščine [1].

## **1.2 Cilj naloge**

Cilj naloge je, da se z izbiro ukrepov za sanacijo vzpostavi stanje objekta, ki bo ustrezal današnjim standardom in zahtevam. Prenovljena konstrukcija bo po prenovi zagotavljala enako stopnjo potresne varnosti, kot če bi bila grajena danes [3]. Naloga obravnava dvorec Drnča v Dvorski vasi. Na podlagi poročila o opravljenem pregledu stanja nosilne konstrukcije dvorca Drnča s statično, strokovnim mnenjem o stanju in varnosti zgradbe ter idejnimi smernicami za izvedbo sanacijskih ojačitvenih del v sklopu adaptacije, ki ga je opravil Gradbeni inštitut ZRMK, smo obravnavali izbrane ukrepe za sanacijo dvorca ter način njihove izvedbe [4]. Poleg opisov ukrepov za ojačitev konstrukcije smo obravnavali tudi sanacijo ostalih nekonstrukcijskih elementov, ki so potrebni obnove oziroma zamenjave.

## **1.3 Zasnova naloge**

V začetnem poglavju je na kratko opisana zgodovina izbranega objekta. V nadaljevanju diplomske naloge smo se posvetili opisu stanja objekta pri pregledu s strani Gradbenega inštituta ZRMK. Na podlagi pregleda so bile podane tudi smernice za sanacijo in ojačitev objekta. V osrednjem delu naloge smo se posvetili obravnavi predlaganih postopkov za sanacijo in ojačitev. Iz razpoložljive literature smo pridobili podatke o načinih izvedbe predlaganih sanacijskih ukrepov. Opisali smo tudi nekatere probleme, ki se lahko pojavijo ob nepravilni ali nepazljivi izvedbi del.

## **2 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBJEKTA**

### **2.1 Zgodovina**

Dvorec Drnča je bil zgrajen v Dvorski vasi blizu Radovljice. Prve omembe dvorca v virih segajo že na konec 13. stoletja, skozi svojo zgodovino pa je dvorec zamenjal tudi veliko lastnikov. Med drugim je bila v 19. stoletju v dvorcu tudi suknjarna, za izdelavo suknje pa so uporabljali stroje. Po prvi svetovni vojni je dvorec postal rezidenca. Ko je po drugi svetovni vojni dvorec prešel v roke občine Radovljica, so v njem ustanovili klimatsko zdravilišče. Dvorec štejemo za prvi tovrstni primer renesančnega dvorca na naših tleh, razširjen je bil predvidoma v 17. stoletju [5].

### **2.2 Obstoječe stanje pred obnovo**

Objekt sestavljajo pritličje, dve nadstropji in neizkoriščeno podstrešje. Tloris objekta je pravokotne oblike, dimenzij 12,5 m x 21 m. Na južnem delu objekta sta dva vogalna stolpiča in balkon (Slika 1). Celotna višina objekta je 17,1 m. Svetla višina pritličja meri 2,70 m, prvega nadstropja 3,10 m, drugega nadstropja pa 3,15 m. Temelji objekta so na globini približno 1,5 m, gledano od nivoja notranjega tlaka. Do globine 0,7 m je kamniti temeljni zid debeline 0,85 m, nato se razširi predvidoma na vsako stran za 0,2 m. Obodno zidovje je grajeno predvsem iz delno obdelanega kamna. Opeka je bila uporabljena le pri gradnji obokov, tanjših sten in dveh stolpičev na dveh vogalih objekta. Uporabljena je bila polna opeka starega formata. Sistem nosilnih zidov zgradbe je dokaj homogen, vendar grajen brez vertikalnih in horizontalnih AB vezi. Debelina nosilnega zidu se z višino manjša. Ta je v razponu od 80 do 85 cm v pritličju, od 70 do 75 cm v 1. nadstropju ter med 60 in 70 cm v 2. nadstropju. Stropna konstrukcija nad pritličjem je skoraj v celoti obokana, lesen strop se nahaja v jugovzhodnem prostoru. V 1. nadstropju se to razmerje zamenja, saj so oboki le še v osrednjem delu objekta, ostali stropi so leseni. Nad 2. nadstropjem so stropi v celoti leseni. Ostrešje objekta predstavlja dvojno trapezno vešalo [4].



Slika 1: Pogled na dvorec pred obnovo (ZRMK, 2007)

### 2.3 Opis poškodb

Na objektu je bilo prisotno večje število poškodb različnih jakosti, od katerih ni nobena bistveno zmanjševala stabilnosti in statične varnosti objekta. Največje poškodbe so se pojavljale na fasadi. Te poškodbe so nastale zaradi kombinacije starosti fasade in atmosferskih vplivov. V notranjosti objekta so bile na zidovju vidne poškodbe ometa, medtem ko globlje konstrukcijske napake niso bile evidentirane. Leseni stropniki so bili povečini dobro ohranjeni, problematična pa je bila majhna dolžina naleganja stropnikov na nosilne zidove. V povprečju naleganje znaša le okoli 10 cm. Obokani stropi niso imeli nobenih konstrukcijskih poškodb [4].

#### 2.3.1 Temeljenje

Po pregledu temeljev na podlagi globinske sonde na notranji strani južnega zunanjega zidu je bilo s strani pregledovalcev ugotovljeno, da je temeljenje izvedeno primerno glede na višino in težo objekta. Temelji niso potrebovali nobenih posegov za sanacijo in ojačitev. Mnenje je bilo podprto tudi z dejstvom, da je bil temeljni zid brez opaznih razpok, ki bi bile posledica diferenčnih posedkov objekta ali slabega temeljenja [4].

#### 2.3.2 Nosilno zidovje

##### Kamnito zidovje

Na nosilnih zidovih je bilo s strani pregledovalcev ugotovljeno stanje na podlagi 18 preiskovalnih sond. V pritličju je bilo izvedenih 8 sondiranj sten, v prvem nadstropju 5 in v drugem prav tako 5. Ker gre za zelo star objekt, ta nima horizontalnih in vertikalnih AB vezi. Kamniti zidovi so bili sezidani iz delno klesanega kamna. Na mestih stikov med posameznimi

zidovi so bili kamniti bloki obdelani natančneje, medtem ko so bili v ostalem delu zidu uporabljeni tudi popolnoma neobdelani kamni. Zidarske zveze so bile izvedene na stikih zunanjih zidov, vendar neregularno, saj se je s sondiranjem ugotovilo, da sega zidarska zveza le do globine 10 cm v zid. Zidarska zveza na stiku med notranjimi nosilnimi zidovi in na stiku med zunanjim ter notranjim zidom pa sploh ni bila izvedena. Kamniti bloki so bili med seboj povezani z apneno malto. Na podlagi raziskav je bilo ugotovljeno, da so v malti prisotne tudi organske primesi. Fuge med gradivom so bile večinoma dobro zapolnjene, opaženo je bilo več manjših praznin med samim gradivom [4].

#### Zidovje iz polne opeke

Vsi opečni zidovi v stavbi so bili grajeni iz opeke starega formata, dimenzij 29 x 14 x 7 cm. Malta, ki povezuje opeke, je bila apnena, med fugami ni bilo praznin. Na podlagi zidnih sond, na opečnih nosilnih zidovih in na stikih nosilnih sten je bilo s strani pregledovalcev ugotovljeno, da zidarska zveza ni bila izvedena. Pregledovalci so ugotovili, da problem predstavljajo tudi zidovi, v katerih so dimne tuljave, saj je teh kar precej (Slika 2). Te praznine predstavljajo oslabitve, kar lahko zelo neugodno vpliva pri prenosu potresne obtežbe [4].

Pregledovalci so na podlagi meritev vlage ugotovili izrazito povečanje vlage v območju pritličnih zidov, še posebej na severnem zidu. Na ostalih zidovih je bila vlaga prav tako povečana tik nad koto terena, vendar se je z višino zmanjševala in je na višini 1,5 do 2 m že dosegla naravno stopnjo vlažnosti. Podali so mnenje, da je presežena normalna vlažnost posledica slabe izvedbe oziroma neizvedbe horizontalne in vertikalne hidroizolacijske bariere. V severozahodnem pritličnem delu je bil sicer že izveden hidroizolacijski sloj, vendar zaradi načina izvedbe ne preprečuje prehoda vlage iz temeljnih tal v zidovje [4].



Slika 2: Zidna sonda 1. nadstropja na mestu dimniške tuljave (ZRMK 2007)

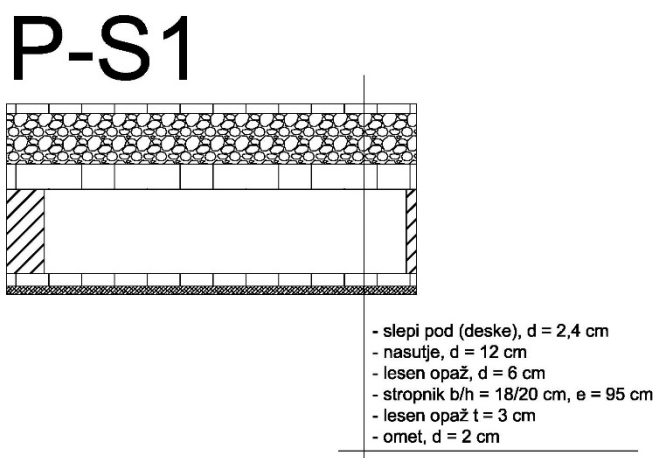
### 2.3.3 Stropne konstrukcije

#### Oboki

Pregledovalci so podali mnenje, da so oboki dokaj ugodne oblike, saj so puščice zelo izrazite, tako da problemov z nosilnostjo ne pričakujejo. Kljub temu pa so na mestu obokov izvedli stropno sondo v temenu največjega oboka. Ugotovili so, da je opeka v oboku slabe kakovosti, saj je dokaj prhka. Iz sonde so določili tudi sestavo stropa. Z izračunom so dokazali, da nosilnost obokov prenese predvideno stalno in koristno obtežbo [4].

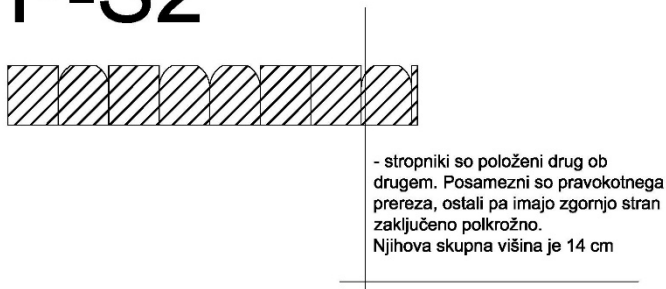
#### Leseni stropi

Pregledovalci so preverili vse lesene strope (Slike 3–8). Izkazalo se je, da je bil strop P-S1 najbolj problematičen. Z izračunom so dokazali, da so prekoračene tako upogibne napetosti kot tudi pomiki. To so opazili tudi med ogledom objekta, saj je bil strop povešen. Leseni elementi so bili po mnenju pregledovalcev dobro ohranjeni, saj niso kazali sledov trohnobe, lesne gobe ali drugih škodljivcev. Kot največji problem so izpostavili naleganje stropnikov na zidovje, saj so nekateri nalegali pod določenim kotom ali pa so bili celo v zraku. Pri vseh stropnikih je bil problem prekratko naleganje na zidovje, ki je znašalo le okoli 10 cm [4].



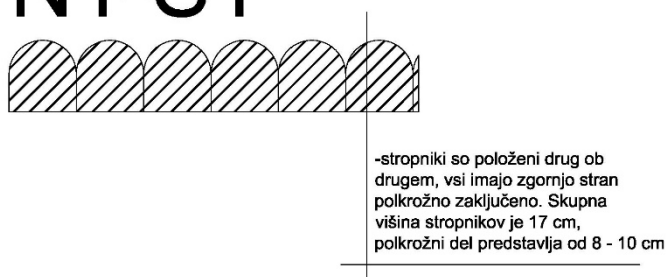
Slika 3: Shematični prerez in sestava stropa P-S1

## P-S2



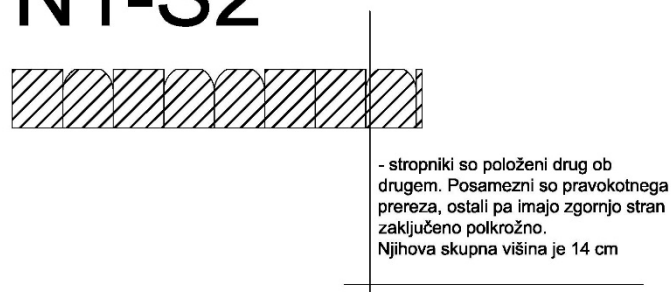
Slika 4: Shematični prerez in sestava stropa P-S2

## N1-S1



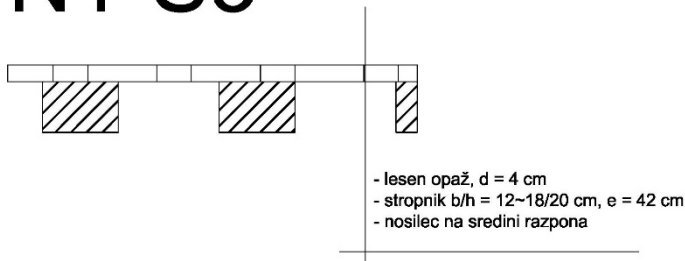
Slika 5: Shematični prerez in sestava stropa N1-S1

## N1-S2



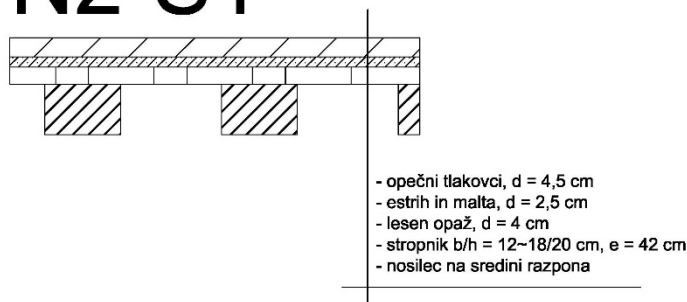
Slika 6: Shematični prerez in sestava stropa N1-S2

## N1-S3



Slika 7: Shematični prerez in sestava stropa N1-S3

## N2-S1



Slika 8: Shematični prerez in sestava stropa N2-S1

### 2.3.4 Strešna konstrukcija

Pregledovalci so ugotovili, da so bili posamezni elementi lesene strešne konstrukcije v zelo slabem stanju. Evidentirano je bilo, da so bili upogibni elementi vidno deformirani; nekaterim soham so manjkale ročice, določeni elementi so bili izmaknjeni iz svoje lege in nepravilno pritrjeni (Sliki 9 in 10). Vprašljivo je bilo tudi sidranje kapnih leg v nosilno zidovje, saj ni imelo horizontalne AB vezi [4].





*Slika 9: Manjkajoča ročica (ZRMK 2007)*



*Slika 10: Deformirani elementi (ZRMK 2007)*

### **2.3.5 Fasada**

Fasada objekta je bila zelo dotrajana in razpadajoča (Slika 11). Iz fotodokumentacije je opaziti kar nekaj delov, kjer je omet že odpadel. Prav tako je bilo na več mestih videti posledice zamakanja vode iz dotrajanih žlebov ter strehe. Na severni strani fasade so se nabirale razne plesni. Mestoma je bilo opaziti tudi globlje poškodbe. Kamniti okenski okviri so bili močno poškodovani in potrebni obnove (Slika 12). Prav tako je bilo treba zamenjati okna. Žlebove in strešno kritino je bilo treba odstraniti in jo nadomestiti z novo.



*Slika 11: Južna stran fasade (ZRMK 2007)*



*Slika 12: Okno s poškodovanim kamnitim portalom (ZRMK 2007)*

### 3 PREDLOGI ZA SANACIJO

Za zapolnitev praznin med kamnitim materialom je projektant predvidel sistematično injektiranje zidov z navadno silikatno injekcijsko maso. Da bi zagotovili še hidrofolno bariero, je bilo predvideno injektiranje zidov do višine 1 m z maso s hidrofolnim dodatkom. V območju 1,5 m nad nivojem terena zunaj in 1,2 m nad nivojem tlaka znotraj je bila ugotovljena potreba po izvedbi hidrofolnega ometa.

Objektu je bilo treba zagotoviti povezanost v celoto, ker AB vertikalnih in horizontalnih vezi ni moč izvesti. Zaradi prevelikih posegov v objekt je bila v vogalih predlagana izvedba armiranega cementnega ometa, približno 1 m na vsako stran. Tako se bi zagotovila ustrezna povezanost objekta v primeru vpliva horizontalne potresne obtežbe.

Stropnike bi bilo treba sidrati v zidovje, zato je projektant predlagal, da bi se to izvedlo s pomočjo jeklene palice, ki bi bila na zunanji strani zidu pritrjena na sidrno ploščico z dimenzijami vsaj 150/150/15 mm, na notranji strani zidu pa privarjena na ploščico dimenzij 500/100/10 mm. Ta ploščica je s štirimi svorniki M12 povezana v drugo tako ploščico, ki leži na spodnji strani stropnika.

V projektu je bila predvidena zapolnitev zidov, v katerih so bile izvedene dimne tuljave, tako da bi tudi ta stena pripomogla k potresni odpornosti stavbe. Za potrebo odvajanja dima pa je bilo predlagano, naj se izvede nove manjše tuljave.

Za razbremenitev nosilnih stropnikov je projektant zahteval odstranitev nenosilnih slojev in zamenjavo težkega polnila z novim, lahkim polnilom.

Predlagana rešitev za kolenčne zidove in zatrepe je bila, da se jih po celotnem obodu zaključi s horizontalnimi oziroma poševnimi AB vezmi. Za kontakt med novimi vezmi in kamnitim zidom je zahtevano skrbno injektiranje. Projektant je predvidel, da se strešne lege sidrajo v AB vezi s svorniki premera 14 mm na približno 1,5 m razdalje [4].

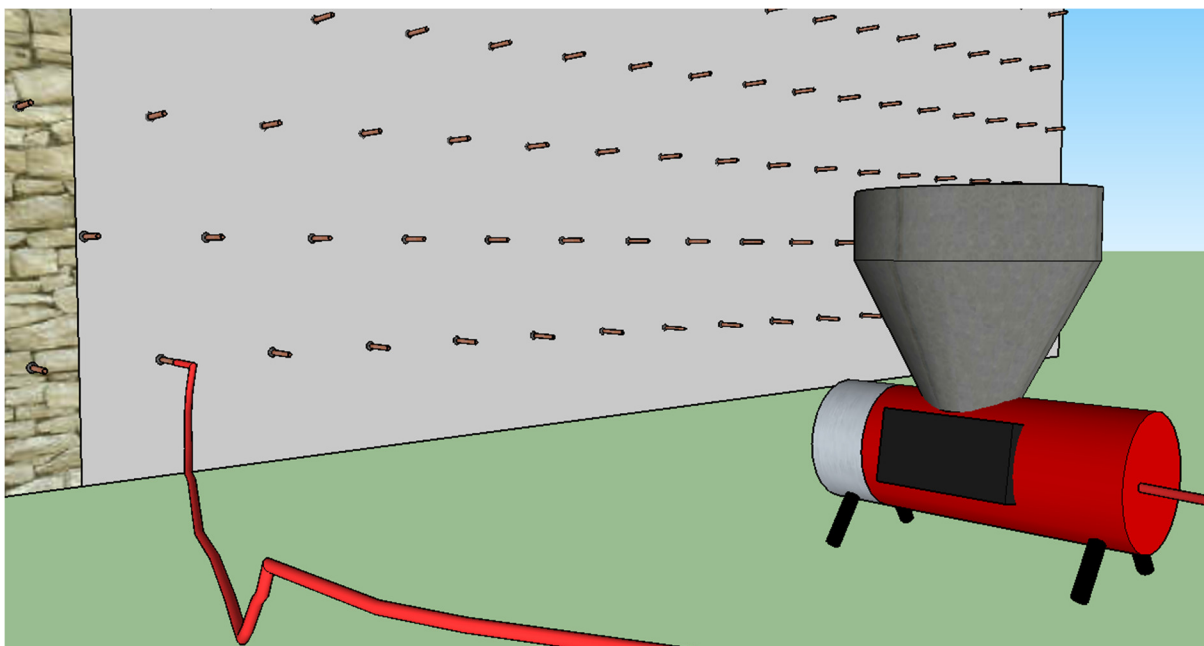
Predvideli smo da se odstrani omet na fasadi in se ga nadomestiti z novim, da se zamenjajo okna ter obnovijo kamniti portali okoli oken in vrat.

## 4 OPIS IZVEDBE PREDLAGANIH NAČINOV SANACIJE

### 4.1 Injektiranje zidov

Injektiranje je vtiskanje suspenzije vode, veziv in polnilnih materialov pod pritiskom v votline zidovja. Zidovje je po injektiranju povezano v monolitno strukturo, s čimer je preprečeno razpadanje in razslojevanje zidu med potresom. Povezan zid povečuje odpornost stavbe proti potresni obtežbi. Injekcijska mešanica mora biti prilagojena zidu, ki ga injektiramo. Tako sprojektirana mešanica ne bo imela neugodnih stranskih učinkov na konstrukcijo. Cement v mešanici lahko zamenjamo tudi z nekaterimi drugimi vezivi, pogosto se uporablja apno. Nosilnost zidu pri taki mešanici ni zmanjšana.

V delu nad terenom dodajamo mešanici tudi dodatke za hidrofobiranje. Mešanica mora priti do vseh votlin, ne da bi se prej odfiltrirala in da bi se v globlje dele zidu izcejala samo voda. V primeru, da mešanica ne bi bila primerno sprojektirana in vgrajena, tvegamo še večje propadanje konstrukcije, povečanje vlažnosti in podobno [3]. Z injektiranjem se izognemo rušenju in ponovni pozidavi oziroma prezidavi zidov. Poznamo tri osnovne metode injektiranja, in sicer gravitacijski sistem injektiranja, injektiranje s pomočjo črpalk ter podtlačni sistem injektiranja. Izbira sistema je odvisna od sestave zidu. Gravitacijsko injektiranje je uporabno tam, kjer je zidovje zelo občutljivo na pritisk. Črпно injektiranje različnih oblik je primerno v večini primerov (Slika 13). Podtlačni način pa je lahko uporaben tam, kjer so razpoke drobne in votline majhne [6].



Slika 13: Shematični prikaz sistematičnega injektiranja



Za zagotovitev kakovostnega sistematičnega injektiranja je predhodno treba izvesti morfološke raziskave zidu ter ugotoviti njegove mehanske lastnosti. Prav tako morajo biti poznane mehansko-fizikalne lastnosti injekcijske mešanice in njena sestava. Za ugotavljanje lastnosti zidu se uporabljajo različne metode preiskav, kombinacija teh pa nam prinese uporabne rezultate. V splošnem se preiskave ločijo na nedestruktivne, destruktivne in delno destruktivne [7].

### Postopek injektiranja

Za uspešno sistematično injektiranje je treba izvesti testna polja na zidovih objekta. Iz testnih polj in rezultatov preiskav na zidovih se lahko pridobi podatke, s katerimi se določijo ustrezna globina in raster vrtin, pritisk injektiranja, poraba injekcijske mase in količina vode za omočenje zidu. Splošni postopek priprave na injektiranje je sledeč: če je treba, moramo s kamnitih zidov najprej odstraniti odstopajoče in poškodovane omete, v kolikor to ni v nasprotju z varstvom kulturne dediščine. Odstranjeni omet se nadomesti s cementnim obrizgom, da se prepreči puščanje injekcijske mešanice [6]. V zid se na medsebojni razdalji od 0,5 do 1,0 m (4 vrtine na m<sup>2</sup> zidu) navrta poševne luknje, v katere se vstavi cevke za injektiranje. Vrste morajo biti medsebojno zamaknjene. Izvrtane luknje med kamni morajo segati vsaj od polovice debeline zidu do 2/3 debeline zidu. Pri debelinah zidov, tanjših od 1 m, se injektiranje izvaja enostransko, pri večjih debelinah pa dvostransko. Kovinske ali plastične cevke vstavimo nekaj centimetrov globoko v luknje, nato jih obdamo s hitrovezočo malto.

Kadar moramo zaradi varstva kulturne dediščine paziti na površino in je ne smemo poškodovati, izberemo eno izmed metod zavarovanja, katero, je odvisno od primera. Redkeje uporabljena metoda vključuje prekritje površin z glinenim ometom, ki ga pozneje speremo z zidu [3]. Bolj primerna metoda za zaščito fresk in poslikav je s pomočjo lesenega opaža, na katerega položimo prožen material, ki omogoča enakomerno podpiranje ometa in ga hkrati varuje pred površinskimi poškodbami. Obstaja tudi možnost snemanja freske z zidu in njena ponovna namestitev po končani sanaciji [7].

Zidovje moramo v notranjosti pogosto predhodno tudi omočiti, predvsem v primerih, ko gre za troslojni zid. Srednji del, kjer se nahaja nasutje, mora biti dovolj vlažen, da injekcijska masa ustrezno prepoji vse delce [3]. V drugih virih [6] pa je zapisano, da moramo pred injektiranjem sprati vrtine. Proces spiranja vrtin poteka tako, da v zgornje vrtine s cevjo dovajamo vodo, ta proces pa naj bi potekal tako dolgo, dokler skozi spodnje vrtine ne priteče čista voda [6]. Omočenje lahko zaradi kemičnih reakcij za nekatere zidove pomeni poškodovanje obstoječih materialov in zaključnih slojev [7]. Za injektiranje navadno ne

rabimo večjega tlaka kot 1 bar, saj je v zidovju veliko votlin. Pogosto si lahko pri injektiranju pomagamo s težnostjo, in sicer tako, da maso za injektiranje vlivamo v cevke z višjih nadstropij, pri tem pa ne potrebujemo naprave za injektiranje. Vtiskanje mase v eno cevko se vrši toliko časa, dokler iz sosednje cevke ne začne iztekati material. Cevko nato zamašimo in postopek nadaljujemo pri cevki, skozi katero je začelo iztekati. S suhim cementom si pomagamo pri preprečevanju izcejanja injekcijske mase iz zidu. Količina suhe mešanice, ki se jo v naših razmerah potrebuje za sistematično injektiranje zidovja, znaša 50–150 kg na m<sup>3</sup> zidu [3].

Injektiranje se vedno izvaja od spodnjih vrtin proti zgornjim, saj bi nam v nasprotnem primeru mešanica lahko zamašila poti do votlin. Pri injektiranju visokih zidov z velikim deležem votlin je potrebno postopno segmentno izvajanje. V nasprotnem primeru bi se lahko poškodbe povečale ali pa nastale nove zaradi kombinacije hidrostaticnega pritiska mešanice in pritiska injektiranja [7]. Pri izvedbi sistematičnega injektiranja kamnitih zidov lahko naletimo tudi na težave: s tem ko smo zapolnili praznine v zidovih, smo povečali tudi toplotno prevodnost zidov in ustvarili pogoje za kapilarni vlek vlage. Težava s kapilarnim vlekem je lahko večja, vendar to rešimo z dodajanjem hidrofobnih dodatkov v delu, kjer injektiramo pri tleh. Velik problem se lahko pojavi ravno zaradi vode, ki jo vnesemo v zidovje pri samih postopkih pred izvedbo injektiranja in z injekcijsko maso. Problem nastane, če ne zagotovimo zadostnega časa sušenja, še zlasti pri parozapornih ometih ali zaščitnih premazih. Pojavi se lahko cvetenje ometov, gnitje lesenih stropnikov v ležiščih, rjavenje starih zidnih vezi in podobno [8].

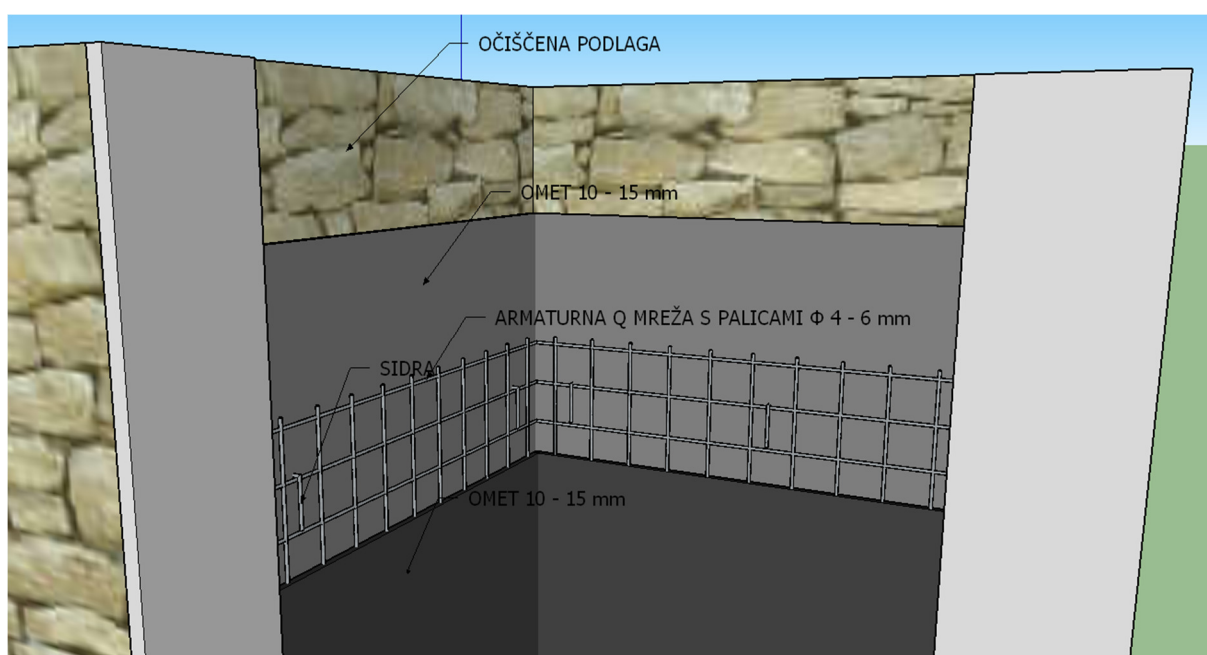
Pojavijo se lahko tudi napake zaradi nestrokovnosti izvajalcev, npr. neustrezno pripravljena injekcijska mešanica, v katero so izvajalci dodali več vode, kot bi bilo treba, z namenom boljše zapolnitve votlin in razpok, s čimer pa se povečata segregacija in izločanje vode, zmanjša pa se sprijemnost med kamni in malto. Če pride do zaustavitve delovnih procesov med injektiranjem, se lahko mešanica začne strjevati in ima tako slabše obdelavnosti in pretočnosti. Napačen je lahko že začetni pristop k pripravi zidov, sem sodijo nepravilen raspored in naklon vrtin ter neprimerna količina vode za omočenje. Napake se lahko pojavijo že v fazi projektiranja in se kasneje odražajo s propadanjem konstrukcije. To se lahko zgodi, če se za injektiranje uporabljajo materiali, ki niso kompatibilni z obstoječimi. V primeru nepoznavanja morfologije zidu je odločitev za injektiranje zidu lahko napačna in zato z njo ne dosežemo želenih učinkov. Saniranje vlažnega zidu z injektiranjem brez poznavanja vzroka vlažnosti je lahko usodno, saj lahko s tem le še pospešimo propadanje zidu [7].

## 4.2 Armirani ometi

Armirane cementne ali betonske omete se uporabljajo predvsem pri opečnih stavbah, kjer z injektiranjem ne moremo zagotoviti ustrezne povezanosti. Ojačitev z oblogami se uporablja pri bolj poškodovanih zidovih in lokalno pri ojačitvi stikov med nosilnimi zidovi, kar je uporabno za naš primer. Za zagotavljanje potresne odpornosti lahko obložimo tudi celotne površine nosilnih zidov, običajno v pritličju. Ojačitev se izvaja obojestransko, v nekaterih primerih je dovoljeno tudi enostransko oblaganje [9].

### Postopek oblaganja

Najprej je treba pripraviti podlago za nov armirani cementni omet. To storimo tako, da odstranimo obstoječi omet, nato odstranimo malto iz reg med kamni do globine 10–15 mm. Zid je treba pred izvedbo ometa omočiti ter obrizgati s cementnim obrizgom. Pri uporabi cementnega ometa najprej nanese prvi 10–15 mm debel sloj ometa, nato se nanj položi armaturna mreža s palicami, premera 4–6 mm na medsebojni razdalji 100–150 mm. Postopek običajno izvajamo obojestransko. Mrežo se poveže z jeklenimi sidri, ki jih že pred izvedbo prvega sloja vstavimo v izvrtane luknje. Za medsebojno povezavo mrež je navadno dovolj 4–6 palic premera 6 mm na m<sup>2</sup> zidu. Ko mrežo enkrat zasidramo, sledi nanos drugega sloja ometa (Slika 14). Končna debelina ometa znaša približno 30 mm. Na vogalnih delih armaturo sidramo proti uklonu. Detajli sidranja armature na stikih zidov so prikazani v nadaljevanju (Slike16–18).

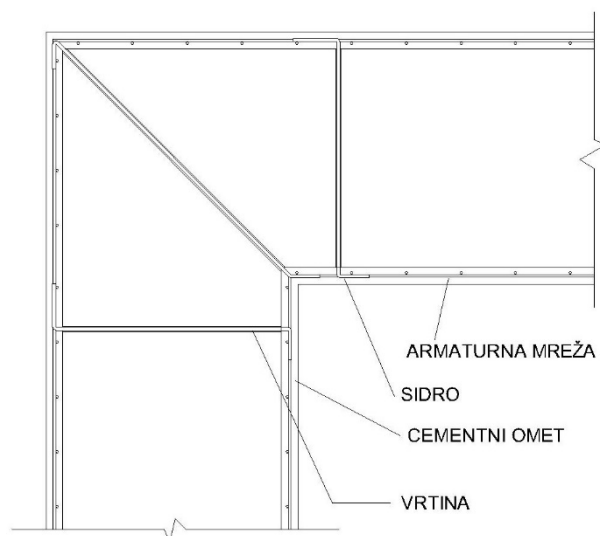


Slika 14: Prikaz različnih slojev na zidu pri oblaganju z armiranim cementnim ometom

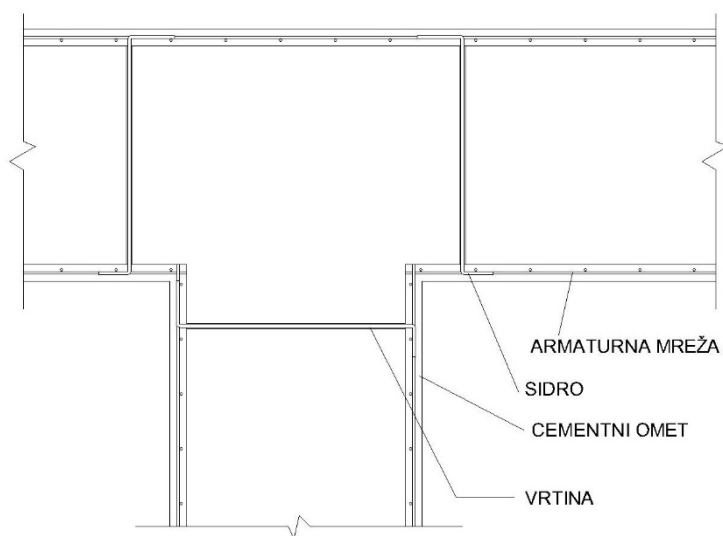
Poleg cementnega ometa se uporabljajo tudi drugačne tehnološke rešitve oblaganja zidu. V primeru, da uporabljamo AB omet, se debelina obloge zaradi tehnologije nanašanja poveča



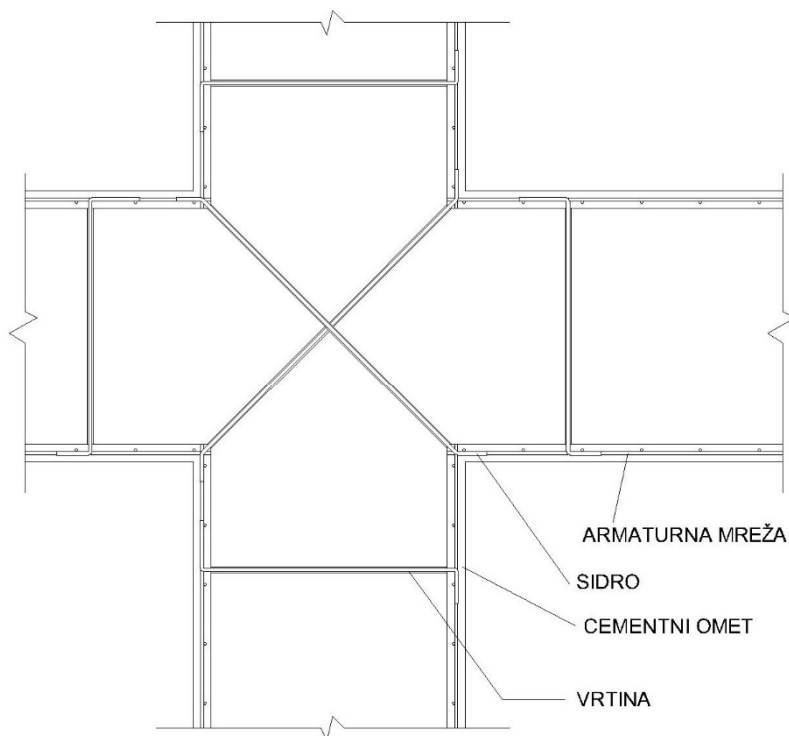




Slika 16: Detajl obojestranske armiranocementne obloge na vogalnem stiku dveh zidov



Slika 17: Detajl obojestranske armiranocementne obloge na pravokotnem stiku dveh zidov



Slika 18: Detajl obojestranske armiranocementne obloge na križanju dveh zidov

### 4.3 Podaljški stropnikov

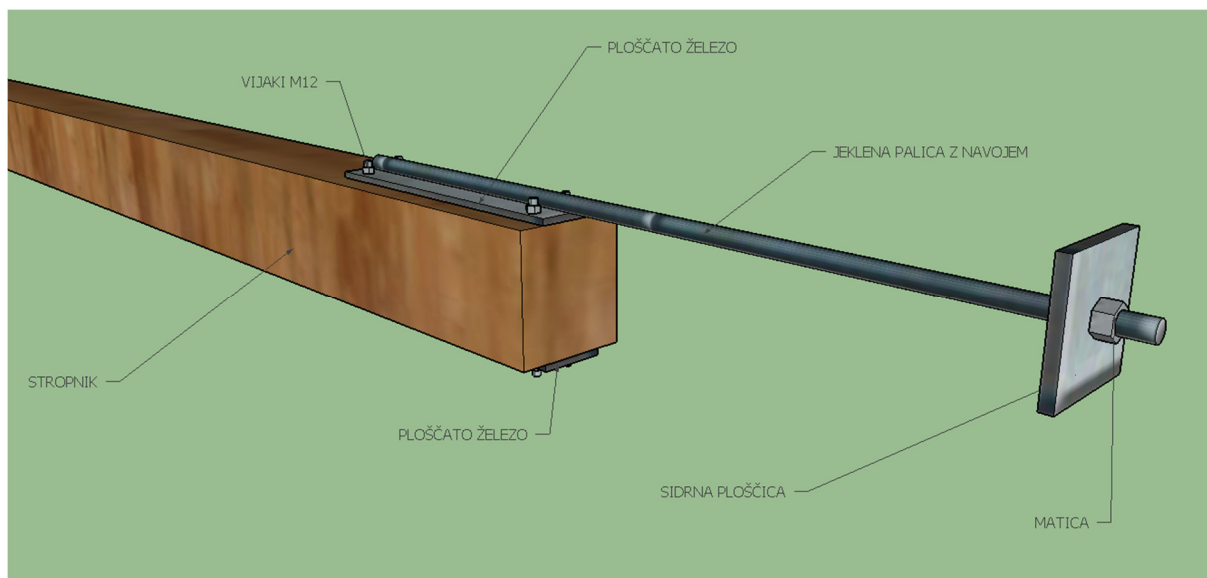
Pri obravnavanem primeru se pojavlja problem prekratke dolžine naleganja stropnikov na zidove, saj ta v povprečju znaša zgolj 10 cm. Ob močnejšem nihanju zidov pri potresih bi se lahko zgodilo, da bi ti stropniki izpadli iz stene in s tem ogrozili stabilnost stropne konstrukcije. Hkrati se s podaljšanjem stropnikov medsebojno poveže zidovje in stropne.

#### Postopki sidranja

Stropnike sidramo v zunanje stene s pomočjo jeklene palice, ki leži nad stropnikom in je na notranji strani zidu privarjena z obojestranskim kotnim zvarom na ploščato železo dimenzij 500/100/10 mm. Na spodnjo stran stropnika dodamo še eno ploščato železo dimenzij 500/100/10 mm. Stropnik in plošče skupaj povežemo s štirimi vijaki M12. Skozi plošči in stropnik morajo biti predhodno izvrtane luknje, v katere vstavimo vijake. Dva vijaka morata biti na levi strani od jeklene palice, dva pa na desni strani. Jeklena palica mora imeti na eni strani navoj, da lahko z matico privijemo sidrno ploščico (Slika 19). V zidu predhodno izvrtamo vrtino, skozi katero bomo potisnili jekleno palico. Na zunanjem delu zidu pripravimo ležišče za sidrno ploščico dimenzij vsaj 150/150/15 mm [4].

Pripravljen ležišče pomeni, da je podlaga, kamor položimo sidrno ploščico, izravnana s cementno malto. Matico privijemo do sidrne ploščice in jo napnemo. Po končanem

napenjanju moramo matico privariti na sidrno ploščico, da zaradi vibracij ne pride do razrahljanja. V primeru, kjer stropniki ležijo en poleg drugega oziroma zelo blizu skupaj, sidranje izvajamo na 1 m [9].

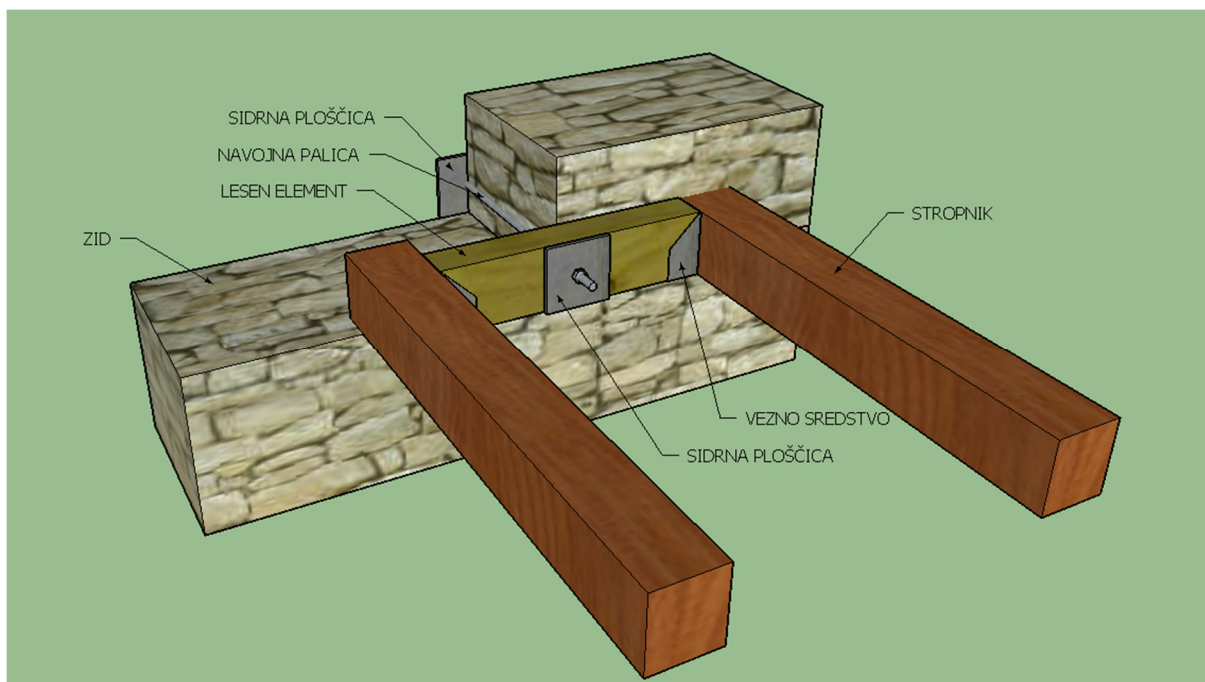


Slika 19: Shematični prikaz podaljška stropnika

V literaturi lahko zasledimo tudi druge načine sidranja stropnikov v zidano steno. Na stropnik tako pritrdimo sidra s strani, na vsaki strani stropnika je jeklena ploščica. Ti dve jekleni ploščici sta skozi stropnik medsebojno povezani z vijaki. Na vsako izmed teh ploščic je privarjena jeklena palica z navojem. Skozi zid se izvrtata dve luknji na vsaki strani stropnika. Skozi te luknje se vstavi jekleni palici, na kateri na zunanji strani zidu vstavimo še sidrno ploščico na pripravljeno podlago. Ploščica tako povezuje obe jekleni palici, ki ju z maticami privijemo na sidrno ploščico. Stropnike sidramo vsaj na 2 m.

Mogoče je tudi enostransko pritrjevanje sidra v stropnik, za kar rabimo ploščico dolžine 910 mm + debelina zidu, debeline 5 mm in širine 80 mm. V tej ploščici je izvrtanih 7 lukenj na medsebojni razdalji 150 mm v 800-mm delu, ki je na strani stropnika, na tem mestu z vijaki privijemo ploščico na stropnike. Skozi zid mora biti izvrtana luknja, skozi katero spravimo ploščico. Na zunanji strani zidu je na pripravljeno podlago vgrajena sidrna ploščica debeline 10 mm. V delu ploščice, ki gleda na zunanjo stran objekta, mora biti odprtina 30/50 mm, skozi katero vstavimo jekleni klin in s tem zasidramo stropnik na zid. Vendar pa je za navedena načina pritrditve zahtevano naleganje stropnikov na zid vsaj 15 cm, kar pa v obravnavanem primeru ni dejansko stanje. Stropnike, ki slonijo na notranje stene, bi lahko medsebojno povezali z jeklenimi sidri, vendar v našem primeru zaradi različnosti stropov in drugačne lege stropnikov na vsaki strani zidu to ni mogoče [10].

Za tehnično ugodno rešitev sidranja med zidovji in stropniki se navaja tudi sidranje s pomočjo dodatnega prečnega lesenega elementa, ki je na vsaki strani povezan z enim stropnikom, ta element pa je sidran v zid (Slika 20). Ta način zagotavlja povezavo enega sidra z več stropniki. Sidro je odmaknjeno stran od ležišča stropnikov in leži v sredini polja med stropnikoma in v polju med zgornjim ter spodnjim delom stropnika, kar nam ne prinaša dodatne debeline stropa v primeru izvedbe takšne variante. Za sidro uporabljamo navojno palico, ki je z obeh strani privita s sidrno ploščico in matico. Na zunanji strani zidu uporabimo ploščico velikosti vsaj 150/150/15 mm, medtem ko v notranjosti na lesenem delu uporabimo kvadratno ploščico, ki je po višini enaka, kot je visok dodaten element, ta pa je odvisen od višine stropnikov. Dodaten lesen element in stropnike med seboj povežemo z ustreznimi veznimi sredstvi [11].



Slika 20: Sidranje dveh sosednjih stropnikov v zid z lesenim elementom

Naslednji opisani primer podaja morebitno rešitev tudi za sidranje stropnikov, ki nalegajo na notranje zidovje. Na delu zidov, kjer prej naštetih načinov sidranja ne moremo zagotoviti zaradi razlogov, kot so varstvo kulturne dediščine, nedostopnost z obeh strani zidu ali pa preprosto tam, kjer so predvideni le minimalni posegi, lahko uporabimo sidranje s pomočjo jeklene palice, zavite v posebno tkanino, v katero se pozneje z nizkim tlakom injektira posebno vezivo (razvito prav v ta namen), ki se ne krči. V obravnavanem primeru bi lahko ta način uporabili za sidranje stropnikov na notranjih zidovih. Postopek sidranja sestoji iz več korakov: v zid horizontalno izvrtamo luknjo s svedri z diamantnimi glavami brez pomoči vibracij. Izvajamo lahko suho vrtanje z zračnim hlajenjem ali mokro vrtanje, odvisno od vrste

zidu in zahtev za varstvo kulturne dediščine. Premer luknje mora biti trikrat večji od premera sidra. Globina sidranja je  $\frac{2}{3}$  debeline zidu. V zid vstavimo sidro s posebno nogavico, vanjo pa začnemo s pomočjo cevi črpati injekcijsko maso. Nogavica se tako v vrtini razširi in zaklini (Slika 21). Tlak injektiranja je od 1–3 bare in ga je treba prilagoditi glede na stanje zidu. Po končni strditvi mase je tako sidro mehansko sidrano v zid [12]. Za pritrditev sidra na stropnik lahko uporabimo že prej opisani postopek.



Slika 21: Sidranje s posebno oblikovanim tekstilom »nogavico« (<http://www.bossong.co.uk>)

#### 4.4 Pozidava dimničnih tuljav

Veliko število dimničnih tuljav predstavlja precejšno oslabitev dveh nosilnih zidov, ki v primeru potresa ne bi bila sposobna dobro delovati z ostalo konstrukcijo, zato jih je treba z ustreznim ukrepom zapolniti.

##### Postopek pozidave

Obstoječe dimnike je treba porušiti in porušen del na novo zazidati. Rušenje začnemo izvajati z vrha proti temeljem. Ob rušenju bo treba sproti podpirati strop nad porušenim delom. Običajno se pri prezidavanju uporablja kar obstoječe ruševine, vendar jih v primeru dimnika ne moremo ponovno uporabiti za zidanje, saj so onesnažene s sajami. Za pozidavo tako uporabimo drug material, ki je po obliki in lastnostih podoben originalnemu. Zidake ali kamen moramo pred uporabo namočiti in jih pustiti nekaj minut, da odteče površinska voda. Omočitev izvajamo zato, da opeka ali kamen iz malte ne posrkata vode in jo tako ne zasušita prehitro. V primeru, da pride do prehitre zasušitve, material ne služi svojemu namenu in začne propadati. Stik med obstoječim in novim zidom moramo posebej obdelati »na zob«, pri zidanju pa moramo upoštevati uveljavljena pravila, ki zagotavljajo dobro povezanost uporabljenega materiala. Območje prezidanega dela utrdimo še z armiranocementnim

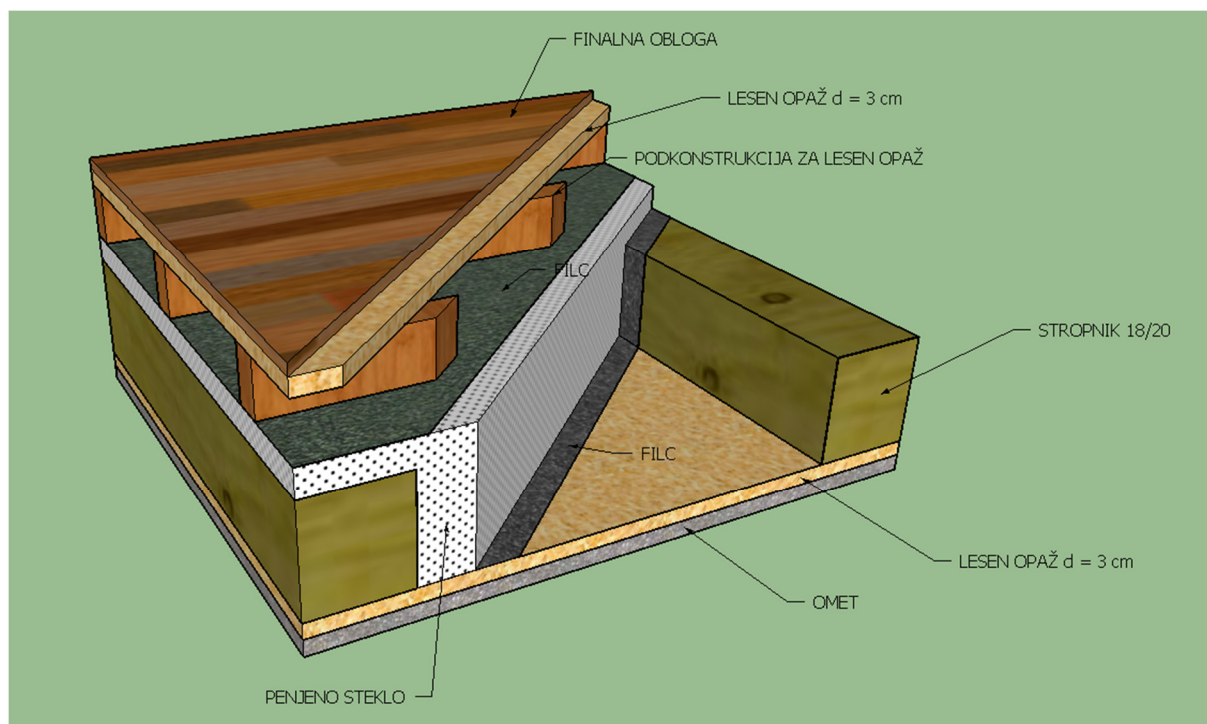
ometom [3]. Za potrebe odvajanja dima se lahko na porušenem delu vzida tudi nove, manjše dimnike.

#### 4.5 Razbremenitev lesenih stropov

Pri lesenih stropih predstavljajo največjo obremenitev nasutja iz peska, ki se nahaja v notranjosti stropov. Z zamenjavo tega sloja z lažjim nasutjem bistveno razbremenimo stropnike. Samim stropnikom se nosilnost sicer ne spremeni, vendar pa se zaradi zmanjšane teže samega jedra stropa lahko povečana koristna obtežba oziroma na primeru stropa, kjer nam je obtežba že predstavljala težave, le-teh več nimamo.

##### Postopek razbremenitve stropa

Lesenim stropom odstranimo nenosilne sloje, očistimo nasutje iz peska, kar pri takih stropih predstavlja največjo obremenitev. Po odstranitvi vseh nenosilnih slojev lahko pregledamo stropnike in jih impregniramo. Z odstranitvijo nasutja iz peska smo odstranili tudi zvočno izolacijo za hrup, ki se širi po zraku. Za novo nasutje moramo tako izbrati material, lažji od peska, ki pa mora ustaviti zvok, ki se širi po zraku. Med lažje agregate sodi penjeno steklo, ki je po lastnostih dober zvočni in tudi toplotni izolator. Preden vgradimo agregat, po površini razgrnemo gradbeni filc. Nasujemo penjeno steklo in ga prekrijemo z gradbenim filcem. Na nasutje lahko vgradimo tramove in leseno talno konstrukcijo (Slika 22) [13].



Slika 22: Primer možne nove sestave stropa z uporabo lažjega polnila

Strop se lahko še dodatno utrdi s tem, da se deske opaža pribije na stropnike v dveh med seboj pravokotnih si smereh [3]. S tem se medsebojno poveže stropnike, da delujejo enotno. Obtežba se tako namesto lokalno na en stropnik porazdeli na več stropnikov.

V praksi se pogosto odločamo tudi za ojačitev lesenih stropov z izvedbo AB estriha. S tem se z ustreznim sidranjem zagotovi dobra povezava nosilnih zidov. Pred posegom je treba preveriti nosilnost stropnikov. V primeru dotrajanosti jih je treba ojačiti ali z drugimi ukrepi zagotoviti dodatno nosilnost. Ko se odstrani zgornje plasti stropne konstrukcije, je treba vse lesene elemente premazati s primernimi impregnacijskimi sredstvi proti lesnim škodljivcem in vlagi. Med stropnike se položi PE folija ter toplotna izolacija. Na stropnike se položi deske, ki služijo kot opaž AB estriha in se jih z žebli zabije na stropnike. Čez celotno površino opaža se razgrne folija, ki zagotovi, da se leseni elementi med betoniranjem in nego betona ne namočijo. Nato se položi armaturo po pravilih za armiranje in po načrtu, ki ga pripravi statik. V stropnike se na ustreznih razdaljah namesti povezovalne moznike, ki morajo segati v stropnike najmanj 12 cm, v AB estrih pa najmanj 4 cm globoko. Debelina estriha mora biti vsaj 6 cm.

Če so leseni stropi poddimenzionirani ali dotrajani, se izvede samonosilna AB plošča. Pri tem moramo pripraviti ležišča, ki pa jih ne smemo sočasno izvajati na obeh straneh posameznega zidu [9]. Pri tako izvedenih stropih moramo zagotoviti ustrezno zračenje stropnikov, saj smo jih z zgornje strani zaprli in tako preprečili zračenje, kar pa lahko privede do gnitja stropnikov [8]. Zaščita lesenih delov pred živalskimi škodljivci in gobami je potrebna, saj si ne smemo privoščiti, da nam uničijo nosilno konstrukcijo. Kadar se okužbo opazi, je že prepozno, saj je škoda že napravljena. Ker zajedavcem les služi kot hrana, jim jo moramo zastrupiti preden se pojavijo na njem oziroma v njem. Les je treba, če je to mogoče, prepojiti oziroma prebarvati z ustreznimi kemičnimistrupi. S premazovanjem zaščitnih sredstev les zaščitimo zgolj površinsko. Največjo zaščito lesa se tako zagotavlja s prepojitvijo, vendar za naš primer tak postopek ni smiseln, saj se les nahaja v suhem in zračnem prostoru. V primeru, da bi šlo za vlažen les, ga ne smemo premazati z zaščitnimi sredstvi, ki površino zaprejo. Pri tem bi v les zaprli vlago in škodljivci bi se nemoteno razvijali. Stropnikov, ki so že vgrajeni, zaradi tehnologije ne moremo prepojiti, jih pa lahko večkrat premažemo z zaščitnimi sredstvi, da se v les vsrka dovolj impregnacije [14].

#### **4.6 Sidranje kapnih leg**

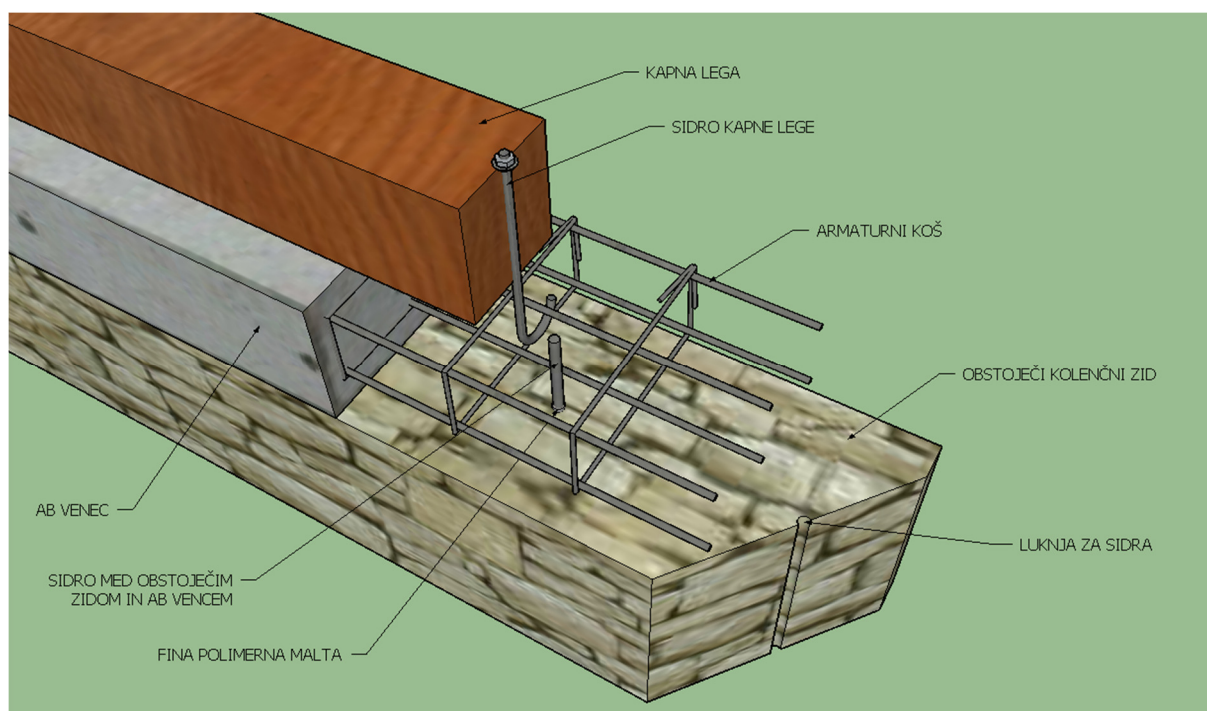
AB venec ima nalogo povezovati vse nosilne zidove na zgornjem delu, vanj pa tudi sidramo ostrešje in ga tako povežemo s preostalim delom objekta. Teoretično venec velikosti 20 x 20 cm zadošča za povezovanje zidov in sidranje, vendar pa se običajno izvede po



celotni širini zidu. Horizontalni venec se najpogosteje vgradi ob zamenjavi ostrešja, izdelava se ga lahko tudi v primeru, da se ostrešja ne odstranjuje. AB venec se tako izdeluje po kampadah [15]. Strešna konstrukcija dvorca Drnča je v slabem stanju in ker bo podstrešje po prenovi postalo uporabno, smo predpostavili, da se jo bo zamenjalo z novo. Z odstranitvijo strešne konstrukcije se bo lahko na enostaven način tudi saniralo oziroma ojačalo kolenčne zidove in zatrepe.

### Izvedba AB vezi in postopki sidranja

Po celotni dolžini zidov se izdelava AB vez, ki jo s kemičnimi sidri pričvrstimo v osnovni zid. Projektant je predlagal, da morajo biti sidra dolžine 0,8 m na medsebojni razdalji 0,5 m [4]. Vrtine velikosti 25 mm razprašimo, odstranimo odpadajoče dele in površino lukenj očistimo z okroglo ščetko ter ponovno razprašimo s pomočjo komprimiranega zraka. Armaturne palice, ki jih bomo vstavili v luknje, morajo biti očiščene in razmaščene [16]. Pred zapolnitvijo s fino polimerno malto moramo luknje še namočiti, vendar se v njih ne sme zadrževati voda. Ko je luknja popolnoma zapolnjena z vezivom, vanjo z vrtenjem vstavimo armaturno palico, pri tem pa odstranimo odvečen zrak, ki se je nabral pri polnjenju luknje. Paziti moramo na čas vezanja, saj mora biti palica v luknjo vstavljena pred začetkom vezanja [17]. Za novo horizontalno in poševno vez pripravimo opaž in armaturo ter zapolnimo z ustreznim betonom. Stike med starim zidom in AB vezjo še dodatno skrbno injektiramo. V nove AB vezi sidramo kapne lege s sidri premera 14 mm na približno 1,5 m razdalje (Slika 23) [4].



Slika 23: Prikaz sidranja AB vezi ter kapne lege



AB vez lahko na obstoječi zid vgradimo na več načinov, kar je odvisno tudi od debeline zidu. Možnost brez rušenja zidu: AB venec vgradimo čez celotno širino zidu, pri tem pa tudi nekoliko povišamo višino kolenčnega zidu. Opažiti moramo obojestransko. Možnosti z rušenjem: če ne smemo spreminjati višine kolenčnega zidu, porušimo del obstoječega zidu. Primer: če bo AB venec višine 20 cm, porušimo 20 cm obstoječega zidu. Prav tako lahko po celotni širini zidu vgradimo AB venec, tudi tokrat pa moramo opažiti obojestransko. Tretji način je, da zid samo delno porušimo na notranji strani zidu, zunanji del zidu pa pri tem ostane nepoškodovan. Če je zid zidan v treh slojih, tako ostane originalen zunanji sloj. AB venec se tako izvede na notranji strani zidu. Pri tem načinu je potrebno samo enostransko opaženje na notranji strani, na zunanji strani pa beton zadrži sloj kamna. Obstaja še možnost, da porušimo oziroma odstranimo samo osrednji sloj zidu, pri tem za betoniranje opaž ni potreben [18].

Za sidranje lesenih strešnih elementov na AB venec obstaja na trgu kar nekaj oblik prefabriciranih sider, ki so izdelana iz hladno oblikovane jeklene pločevine in protikorozijsko zaščitena. Ta sidra se lahko vgradijo pred betoniranjem ali pa se jih pritrdi v že strjen beton. Obstaja več vrst oblik, prednost pa je ta, da ni potrebno vrtanje skozi lege, saj se jih z vijaki preprosto privije v lesene elemente oziroma se jih objame s posebno oblikovanimi kovinskimi ploščicami [19]. V praksi se za sidranje pogosto uporablja palice, zvite v obliki črke U, ki imajo na zgornjem delu navoj. Spodnji del U-palic je položen v beton. Ko vstavljamo lege, jih vstavimo med ti dve palici oziroma v odprtino zgornjega dela U-ja, na palice pa se nasadi jeklen U profil, ki ima izvrtani luknji na mestu palic. Tak profil leži pravokotno na lego, nato na navoj palic privijemo matice in tako dobimo objeto in dobro zasidrano lego [20].

#### **4.7 Obnova fasade**

Fasada predstavlja zaščito zunanjega zidu proti vremenskim vplivom in daje zunanji izgled objektu. Pogosto si želimo odstraniti fasade z zidov, še posebej, ko so na njej grde zaplate. Če je bil zid saniran z napačno malto, je le-to pogosto smiselno odstraniti in jo zamenjati z ustrežnejšo. Če uporabljamo pregoste malte, te razpokajo in dopuščajo, da voda prodira v notranjost zidov, ta voda pa ne more uiti iz zidov. Ometi morajo biti takšni, da preprečijo direkten vdor vode v zid, vendar pa morajo biti sposobni absorbiranja in pozneje izhlapevanja vlage iz površine kamnitega zidu. Da bi ugotovili, kakšen je originalen omet, moramo izvesti podrobne študije. Star omet se lahko preuči zelo natančno, vendar pa sestava novega ometa pogosteje temelji na dobri praksi kot na rezultatih analiz. Vzorci novega ometa morajo biti izvedeni na fasadi. Ko se ta posuši, lahko potrdimo, ali sta barva in tekstura pravi.

Priprava zidu za večino primerov sledi istim principom:

- celotno zidno površino zdrgnemo s krtačami s trdnimi ščetinami ali nerjavečimi žičnimi krtačami. S tem odstranimo alge, lišaje in nekakovostno sprijete dele. Nato zid operemo z vodo ali visokotlačnim vodnim čistilcem. Ko se stena posuši, jo premažemo z ustreznim biocidom.

Drug način je, da celoten zid operemo z vodo z visokim pritiskom. Pri 35 barih očistimo fasado nekakovostnih sprijetih delov. Ko se stena posuši, jo premažemo z ustreznim biocidom.

Tretji način je, da celotno površino očistimo z mokrim peskanjem. S tem odstranimo vse nekakovostno sprijete dele. Površino operemo z vodo in ko se stena posuši, jo premažemo z ustreznim biocidom;

- vse odprte stike med kamni zadelamo z apneno malto. Luknje in majhne kamne omečemo z apneno malto, da dobimo grobo strukturo;
- dele lesa, kovine, betona in ostalih materialov, ki imajo drugačno poroznost kot osnovna površina, moramo preplastiti s približno 5 mm plastjo hidravličnega apna;
- pred nanosom ometa moramo navlažiti površino, s čimer zmanjšamo tveganje, da se nam omet ne zasuší («zažge«).

Če je treba popraviti samo del fasade, lahko to izvedemo tako, da v pravokotni obliki, najbolje med arhitekturnimi elementi, izrežemo območje, ki je poškodovano. Nato pripravimo površino po prej naštetih točkah. Ko je površina pripravljena, z lopatico omečemo površino in jo približno poravnamo. V omet z glajenjem zatopimo armirno mrežico iz steklenih vlaken. Ko je površina poravnana, jo napraskamo in s tem zagotovimo sprijemno površino za naslednji sloj. Pred naslednjo fazo se mora sloj posušiti. Na navlaženo podlago naneseemo nov sloj ometa in ga napraskamo, da zagotovimo dober stik za naslednji sloj. Za nadaljevanje se mora sloj posušiti. Pred začetkom nanašanja zaključnega sloja moramo površino navlažiti. Zaključni sloj moramo nanašati na celotni površini oziroma mora biti ta površina omejena z arhitekturnimi elementi. Če bi sloj zaključili na sredi ploskve in ga nadaljevali, ko se bi že osušil, bi se na fasadi poznal stik. Pred barvanjem z ustreznimi barvami se mora omet posušiti. V normalnih pogojih se sloj debeline 25 mm suši približno 4 tedne [6].

Posebno obdelavo potrebuje del fasade tik nad terenom, do višine 1,5 m. Tam je treba odstraniti celoten omet in ga zamenjati s hidrofobnim. Pred nanosom hidrofobnega ometa moramo očistiti površino in poglobiti rege. Čiščenje izvajamo po prej naštetih postopkih. Na mestih, kjer potekajo inštalacije, je treba odstraniti vse na vlago občutljive materiale, to so predvsem materiali na osnovi mavca, saj so zelo higroskopični. Zid navlažimo in ga obdelamo z veznim obrizgom. Ko je vezni obrizg dovolj suh, lahko začnemo nanašati naslednje sloje ometa [21]. Pri nanašanju vseh novih slojev ometa na celotni fasadi moramo

zagotoviti zaščito pred dežjem, vetrom in soncem. Omet se mora sušiti počasi. To omogočimo s ponjavami, ki jih namestimo na gradbene odre. Hidrofobni ometi zmanjšajo vpijanje vode, s čimer je onemogočena rast plesni. Napram navadnemu apneno-cementnemu ometu se pri hidrofobnih ometih zmanjša kapilarni vlek, s čimer je preprečen prehod vode in z njo soli na površino. Paropropustnost ostane enaka kot pri apneno-cementnem ometu [22].

V času obnove fasade je priporočljivo zamenjati in na novo vgraditi vsa okna ter obnoviti oziroma zamenjati poškodovane kamnite okenske portale. Pri zamenjavi kamnitih okvirjev je treba poiskati kamne, ki so po barvi in teksturi podobni obstoječim v mokrem in suhem stanju. Najbolj primerljiv kamen bi dobili iz istega kamnoloma, kot je bil izviren. Raziskati bi morali, ali so znani podatki o izvoru kamnov obravnavanega ali pa kakšnega drugega objekta, zgrajenega v okolici v istem času. Pri tem je zelo verjetno, da so uporabljali isti kamnolom. Po izbiri pravega tipa kamna, ki se ujema z obstoječim, je treba posvetiti pozornost pričakovani življenjski dobi, ko bo ta kamen uporabljen na objektu. Ne smemo vgrajevati kamna, ki bi začel propadati že v kratkem. Obstočnost kamna je odvisna od agresivnosti okolja in vzdržljivosti kamnine same, ki pa je odvisna od njenih mineraloških, kemičnih in fizičnih lastnosti. Te kamnine je treba ustrezno preiskati, saj se lahko le tako prepričamo, da bodo služile svojemu namenu [6].

## 5 DRUGI NAČINI IZVEDBE SANACIJSKIH UKREPOV

Z razvojem tehnologij in novih materialov, tudi na področju gradbeništva, se pojavljajo novi načini sanacije stavb. Nove metode stremijo k temu, da so cenejše, učinkovitejše in čistejše kot tradicionalne metode. Zaradi teh lastnosti se v uporabi pojavljajo utrditve s pomočjo novodobnih kompozitnih materialov, kot so na primer z vlakni ojačene plastike (Fibre Reinforced Polymers, FRP). Za delo s FRP materiali večinoma ne potrebujemo drage in zahtevne strojne opreme, delo večinoma poteka hitreje kot pri tradicionalnih načinih izvedbe sanacije, uporaba stavb med sanacijo pa lahko poteka dokaj nemoteno. Našteto prinaša tudi nižje stroške. FRP materiale izbiramo v odvisnosti od potreb za sanacijo. Z njimi lahko na primer dosežemo boljšo požarno, alkalno ali korozijsko zaščito. Običajne utrditve z metodami FRP kompozitov nam ne spreminjajo oblike in površine bivalnega prostora, kar je z vidika varstva kulturne dediščine velika prednost. Masa celotne stavbe se bistveno ne poveča, s tem pa se izognemo dodatnim ukrepom utrditve zidov, ki bi bili pri klasičnih metodah izvedbe sanacijskih del potrebni [23].

### Kompoziti

Materiale, ki so sestavljeni iz dveh ali več komponent, imenujemo kompoziti. Sestavljajo se lahko v različne vrste sklopov, pri tem pa se posamezne komponente optimalno izkoristi. Projektantu je tako omogočeno načrtovanje lastnosti kompozita. Material ima lahko na različnih delih drugačne lastnosti, ki so odvisne od predvidenih obremenitev. Kompozitni material ima boljše lastnosti od lastnosti njegovih osnovnih materialov. Za sestavo večino kompozitov, ki se jih uporablja v praksi, sta potrebna osnovni material ter armatura, ki povečuje trdnost in togost. V gradbeništvu se za osnovni material (matrico) najpogosteje uporablja epoksidna smola, kot armatura pa karbonska vlakna in E-steklo [23].

### **5.1 Oblaganje zidov z mrežico iz ogljikovih vlaken**

Sistem vsebuje plast mrežice iz ogljikovih vlaken, ki je vgrajena v visokokakovostno brizgano malto.

### Vgradnja

Pred nanosom prvega sloja malte je treba opečni zid očistiti z visokotlačnim vodnim čistilcem. Nato se strojno z brizganjem nanese prvi sloj visokokakovostne malte. Z gladilko potopimo mrežico iz ogljikovih vlaken v prvi sloj malte. V primeru, da uporabljamo sistem z mehanskim sidranjem mrežice, le-to sidramo v sidrni profil. Ko je mrežica vgrajena, je potreben nanos drugega sloja visokokakovostne malte (Slika 24). Debelina nove obloge

znaša med 15 in 25 mm. Če je treba, lahko vgradimo dva sloja mrežice, pri tem pa se nam debelina poveča na 25 do 35 mm.



Slika 24: Postopek oblaganja z mrežico iz ogljikovih vlaken (Retrofitting Masonry Walls with Carbon Mesh)

Za mehansko sidranje mrežice se uporablja aluminijasti profil. Mrežico ovijemo okoli profila in jo s tem prednapnemo. Na profil je pritrjena z majhno kovinsko ploščico. Celotno sidro je pritrjeno v betonski del. Opisani sistem je še v fazi preiskav, zato ga v praksi še ni zaslediti [24].

## 5.2 Ojačitev zidov s svedrastimi palicami

Sistem ojačitve zidov s svedrastimi palicami (Helifix) stavbam poveča trdnost in duktilnost. S palicami povežemo vse nosilne sisteme. Stavbi zagotovimo, da v primeru potresa deluje kot celota. Palice lahko uporabljamo za povezavo med lesom, opeko, betonom in jeklom.

### Vgradnja

Palice lahko vgradimo horizontalno v rege zidov. Rega se očisti s kotnim brusilnikom, nato se spere z vodo. Rego se do 2/3 globine zareze enakomerno zapolni z vezivom. V vezivo nato potisnemo svedrasto palico (Slika 25). Preostali prazen del zapolnimo z vezivom, ki je bil tudi prvotno uporabljen za zidanje opek. Isti postopek vgrajevanja lahko uporabljamo pri sanaciji razpok, nastalih na zidovih [25]. S pomočjo svedrastih palic lahko zidovje sidramo direktno v stropnike. Skozi zidake zvrtno luknjo, nakar svedrasto palico preprosto zavrtamo pravokotno skozi dva stropnika. Del svedraste palice, ki je v opeki, se zapolni z vezivom [26].



Slika 25: Vgradnja svedraste palice ([www.helifix.com](http://www.helifix.com))

### 5.3 Ojačitev zidov v jedru

Ojačitev zidov v jedru prereza je ena izmed naprednih metod, ki se uporabljajo. To metodo lahko uporabljamo na objektu tudi med njegovo uporabo, kar omogoča sočasno bivanje v stavbi med izvajanjem sanacije.

#### Potek izvedbe

Vertikalno v sredini prereza zidu so na predpisanih intervalih izvrtane vrtine, od vrha zidu pa vse do temeljev. Premer vrtin sega 50–125 mm. V vrtine so vstavljene armaturne palice premera 6–8 mm. Palice morajo biti v sredini luknje, kar se zagotovi z ustreznimi distančniki. Z materialom ustrezne konsistence in sestave zapolnimo luknjo. Ko se vezivo strdi, je zagotovljen dober stik med armaturno palico in zidom. Z obstoječo tehnološko opremo je mogoče natančno vrtati skozi celotno višino dvo- oziroma trinadstropne stavbe. Luknje vrtamo po suhem postopku s sprotnim odsesavanjem, s čimer zagotavljamo minimalno prašenje v okolici. Po namestitvi armaturne palice se luknja zapolnjuje z materialom, ki je črpan z vrha zidu. Pritisk črpanja je kontroliran in odvisen od višine zidu. Material zapolni tudi votline, ki so v območju vrtine. Material, s katerim polnimo luknje, vsebuje vezni material, ki je lahko cement, epoksi ali poliester in polnilni material, običajno pesek. Prednost tega sistema je predvsem v tem, da povzroča v okolici malo motenj, prav tako pa je nemotena uporaba (notranjost) objekta med sanacijo [27].

### 5.4 Ojačitev zidov s FRP kompoziti

Zidove lahko s pomočjo FRP kompozitov utrjujemo na več načinov in v različnih smereh. Enosmerne ali dvosmerne trakove se lepi na zid. Tanjše trakove se lepi horizontalno, vertikalno ali kombinirano, širše pa diagonalno. Uporablja se tudi večje površine tkanin, vendar se je treba zavedati, da pri prekrivanju večjih površin bistveno zmanjšamo



paropropustnost površine. V svetu se vršijo številne raziskave z uporabo FRP za utrditev konstrukcij. Pojavljajo se tudi take z možnostjo uporabe FRP palic. Med metode utrjevanja, ki so že dovolj raziskane in se uporabljajo v praksi, sodijo: metoda z uporabo ogljikovih ali steklenih vlaken in nekaj manj metoda z uporabo aramidnih vlaken; za uporabo so dokaj enostavne kompozitne lamele, ki se jih nalepi na konstrukcijo; za boljšo in zahtevnejšo metodo pa velja metoda z uporabo tkanine. Ker se nego pri tkanini izvaja na gradbišču, je postopek zahtevnejši [23].

### Vgradnja

V obeh primerih je treba najprej poskrbeti za pripravo površine. Znebiti se moramo ostrih robov in zgladiti neravnine. Opeka ne sme vsebovati glazure, zato jo je treba s pomočjo kombinacije brušenja in peskanja odstraniti. Ko se zaključi s prašnimi deli, je treba s površine odstraniti prah. Na pripravljeno površino se z ustrezno tehnologijo začne nanašati impregnacijo oz. lepilo in kompozitne lamele ali tkanino (Slika 26). Z ustrezno nego med nanašanjem se vlakna popolno obdajo z epoksidno matrico. Ustrezno pripravljena površina in nega nam zagotavljata dobro sprijemnost med zidom in FRP materialom. Pri tkaninah ne prihaja do odlepljenja v območju konic napetosti, kar nam zagotavlja višjo duktilnost [23].



Slika 26: Nanos lamelne traku (<http://www.gi-zrmk.si/>)

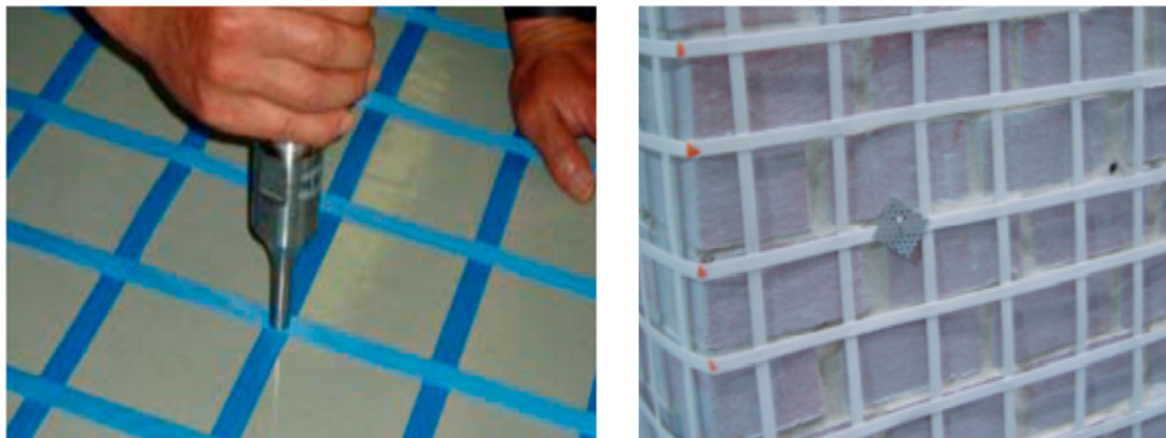
### **5.5 Ojačitev zidov s FRP in PP kompoziti**

Glavna značilnost ojačitve zidov s FRP kompoziti in PP pasom je povečanje trdnosti in deformacijske kapacitete zidanih zidov. FRP kompozit daje zidovom trdnost, PP pas pa poveča deformacijsko kapaciteto in kapaciteto disipacije energije. Če bi želeli doseči podoben učinek le s FRP kompozitom, bi ga bilo treba namestiti na celotno površino. To bi znatno povečalo stroške, duktilna porušitev pa kljub temu še vedno ne bi bila zagotovljena.

PP mrežni pasovi so cenovno ugodni, zato lahko celotno stavbo brez večjih težav ovijemo s PP mrežami.

### Vgradnja

Namestitev FRP trakov je opisana že v prejšnji točki, zato v nadaljevanju sledi le obravnava PP mrež, ki jih namestimo nad FRP trakove. Za izdelavo mreže so potrebni PP trakovi širine 50 mm. Izdelovanje mreže je preprosto in ne zahteva kvalificirane delovne sile. Trakovi se postavijo v mrežo, čemur sledi njihovo spajanje na stikih s pomočjo prenosnega ultrazvočnega varilnika (Slika 27, levo). Ko je mreža pripravljena, se jo s pomočjo pritrdilnih sredstev namesti na zid (Slika 27, desno). Na vogalih zidov se posamezne mreže medsebojno prav tako spoji s pomočjo prenosnega ultrazvočnega varilnika. Po namestitvi mreže se površino zidu obdela z običajnim ometom [28].



Slika 27: Spajanje mreže (levo), namestitev na zid (desno) (<http://www.mdpi.com/2073-4360/7/5/963/html>)

### **5.6 Ojačitev lesenih nosilcev s pomočjo privitih jeklenih trakov**

Jekleni trakovi so lahko s pomočjo vijakov pritrjeni na stranska robova ali pa na spodnji rob nosilca. Trakovi so s tako postavitvijo v natezni coni. Slabost pritrjevanja jeklenih trakov z vijaki je napad korozije, ki se lahko pojavi na stiku z nosilcem s povečano vlažnostjo. Za takšne primere se uporablja korozijsko zaščitene kovinske dele.

### Priprava ojačitve

V jeklen trak izvrtamo luknje. Na začetku in na koncu traku so luknje medsebojno na razdalji 10 cm, na sredini pa se razdalja poveča na 20 oz. 40 cm. Trak širine 50 mm se z vijaki pritrdi na sredino spodnje površine nosilca. Postopek ojačitve je enostaven in cenovno ugoden [29].



### 5.7 Utrditev primarnih lesenih nosilcev s pomočjo jeklene opore

Jeklene plošče lahko uporabimo za ojačitev primarnega nosilca in hkrati ojačitev stika med primarnim in sekundarnimi nosilci. Plošča, ki ima enako širino kot nosilec, je z zgornje strani položena nanj. Z dodatnimi jeklenimi trakovi, ki so privarjeni na ploščo, je z vijaki pritrjena v nosilec. Za povezovanje sekundarnih nosilcev s primarnimi se prav tako uporabi jeklene trakove, privarjene na ploščo. Del trakov, ki sega na sekundarne nosilce, je z zgornje strani pritrjen nanje (Slika 28) [29].



Slika 28: Jeklena opora in ojačitev stika primarnega nosilca s sekundarnimi (<http://www.buildingconservation.com>)

### 5.8 Utrjevanje stropov z jeklenim paličjem

Pri velikih razponih se strop lahko utrdi z jeklenim paličjem, ki je povezano s stropniki in sidrano v zid. Tak strop predstavlja sovprežno konstrukcijo med jeklom in lesom. Les prevzame tlačne obremenitve, jekleni trakovi pa natezne. Trakove se na stikih medsebojno zvari ali pa se jih z vijaki pritrdi na stropnike. Jekleni trakovi so lahko skriti v pod in ostanejo nevidni [3].

### 5.9 Ojačitev lesenih nosilcev s pomočjo FRP kompozitov

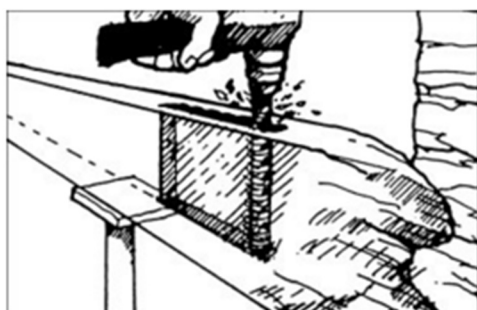
Optimalni postopki ojačitve lesenih nosilcev s FRP so še v fazi raziskav, zato se v praksi še ne uporabljajo. Izvedljivih je več vrst ojačitev. V nosilce se lahko naredi utore na straneh ali na spodnji strani. Utor je treba pred nanosom lepila premazati z zaščitnim premazom za les. Utor se delno zapolni z lepilno pasto iz epoksidne smole in trdilcem. V lepilo se potisne palica, nato se utore zapolni do površine. Dodatna možnost je, da se nosilec ovije še v tkanino, ki je vtisnjena v plast epoksidne smole, premazane po nosilcu. Metoda je bolj kot za obnovo nosilcev primerna za nove nosilce [30].

### 5.10 Zamenjava propadlega dela lesenega elementa

Zamenjava celotnega elementa je lahko težavna, hkrati pa prinaša tudi dodatne stroške. Leseni elementi so pogosto dotrajani samo na manjšem delu, pri stropnikih se tako zaradi neustreznega prezračevanja pogosto pojavi gnitje le v ležišču elementa, zato lahko zamenjamo samo ta del stropnika. Do vseh delov lesenih elementov ni mogoče dostopiti enako, posledično je možnosti za zamenjavo delov več. V nadaljevanju je opisan postopek poteka dela na stropniku, do katerega lahko dostopamo z vrha.

#### Potek dela

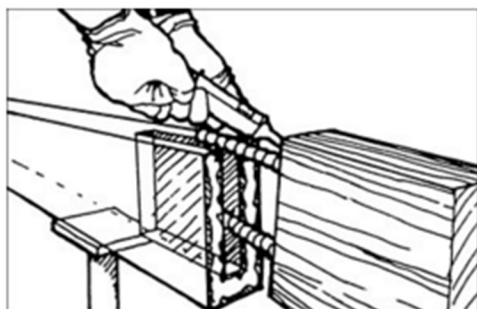
Obdelovani stropnik najprej podpremo z ustreznimi podporami. Na začetku zdravega dela stropnika izvrtamo luknjo. Z vrtanjem napravimo žleb v zdravem delu stropnika (Slika 29 - vrtanje). Luknja ne sme segati skozi stropnik. Z žago se odstrani poškodovani del (Slika 29 – žaganje). Nadomestni del mora biti ustreznih mer, da nadomesti poškodovani del. V nadomestnem delu so vstavljene in zlepljene armaturne palice, ki segajo v pripravljen žleb na obstoječem stropniku. Pred montažo novega dela se z ustreznim lepilom namaže čelni stik starega in novega dela (Slika 29 - lepljenje). Ko je novi del postavljen na mestu in pritrjen, je treba z epoksidno smolo zapolniti luknjo, v kateri so armaturne palice (Slika 29 - polnjenje z epoksidno smolo) [31].



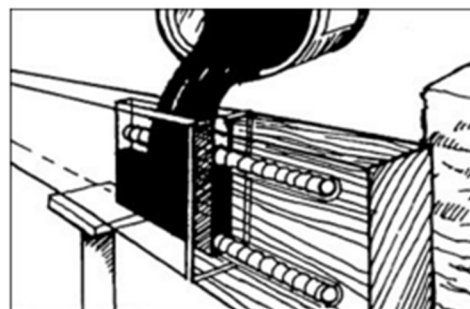
a) vrtanje



b) žaganje



c) lepljenje



d) polnjenje z epoksidno smolo

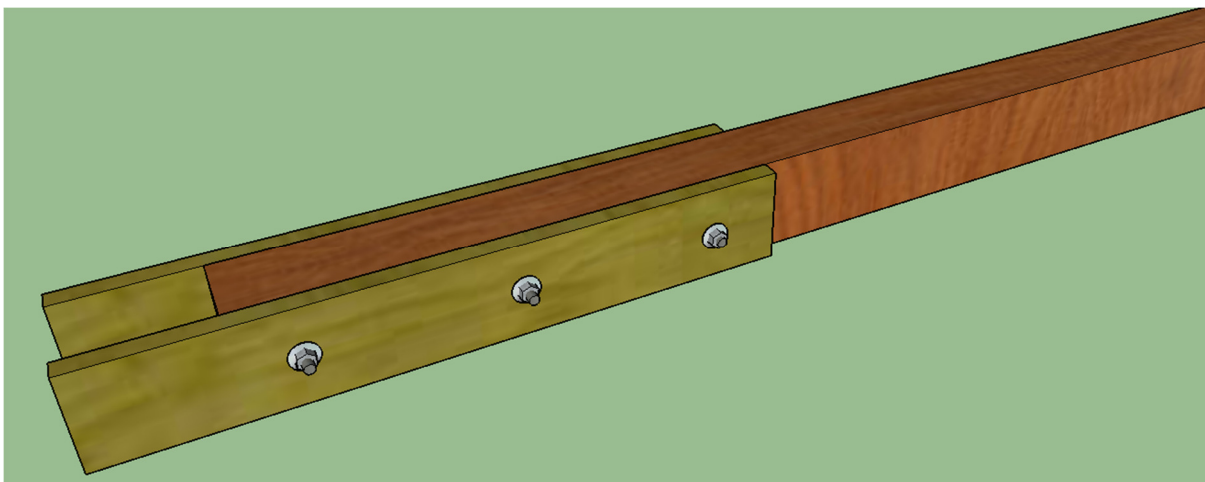
Slika 29: Prikaz postopka zamenjave lesenega elementa (<http://www.diydoctor.org.uk>)

### 5.11 Opiranje lesenih nosilcev z dodatnimi lesenimi elementi

Nosilce lahko preprosto ojačimo z dodajanjem novih lesenih elementov. Ta način lahko uporabimo tudi v primeru, ko propade del nosilca ob podpori in ga, kot v prejšnji točki, odstranimo. V nadaljevanju je opisan postopek opiranja ob podporah, podobne načine pa lahko uporabljamo tudi za druge elemente ter na drugih mestih. Opiranje lahko v določenih primerih poteka tudi enostransko.

#### Potek

Ko je nosilec ustrezno podprt in njegov poškodovani del odstranjen, moramo skozi nosilec na bočni strani napraviti luknje. Na ustreznem mestu so luknje tudi v novih lesenih elementih. Za opiranje starega nosilca potrebujemo dva lesena elementa, ki sta po višini identična obstoječemu nosilcu. Elementa postavimo, vsakega z ene strani, poleg obstoječega nosilca. Skozi pripravljene luknje potisnemo navojno palico in jo s podložkami in maticami privijemo z obeh strani (Slika 30) [32].



Slika 30: Stropnik z dodatnimi lesenimi oporami

## 6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo natančneje obravnavali postopke, ki so se izvedli pri obnovi dvorca Drnča. Na podlagi izvedenih preiskav in predlaganih predlogov za sanacijo, ki jih je izdelal Gradbeni inštitut ZRMK, smo obravnavali postopke za sanacijo poškodovanih delov dvorca oziroma ojačitev njegovih nosilnih elementov. Po izvedenih ojačitvah objekt izpolnjuje zahteve standarda Eurocode in je ponovno primeren za bivanje oziroma uporabo (Slika 31). Novo vgrajeni materiali predstavljajo zelo nizek delež celotne količine materiala, iz katerega je objekt grajen, kljub temu pa bistveno izboljšajo njegove temeljne lastnosti, kot so trajnost, nosilnost in potresna odpornost. To dosežemo z izvedbo ojačitvenih in drugih sanacijskih posegov na primernih mestih in s primernimi materiali.



Slika 31: Dvorec po obnovi (<http://www.uzivac.si/lambergh-chateau-hotel-begunje-na-gorenjskem/>)

Poleg v dvorcu Drnča izvedenih posegov je starejše, poškodovane ali drugače dotrajane objekte oziroma njihove elemente mogoče sanirati tudi na druge načine. Alternativne možnosti izvedenih ukrepov smo obravnavali v petem poglavju. Tekom izdelave diplomske naloge smo prišli do ugotovitve, da lahko kvalitetno in trajno sanacijo gradbenih objektov dosežemo le s strokovnim pristopom tako pred kot med izvedbo del. Z napačnimi odločitvami ter manj kvalitetno izvedbo del pa lahko stanje objekta celo poslabšamo.



## 7 VIRI

- [1] Zajc, A., 2010. Strategija izvedbe sanacij objektov. V: Tomažević, M. Kaj pomenijo za stavbe kulturne dediščine na potresnih območjih sodobni standardi?. 17. Slovenski kolokvij o betonih. Ljubljana, 19. maj, 2010. Ljubljana: IRMA. 49 -58 str.
- [2] Janežič, I. (ur.). 1999. Zbornik referatov. Sanacija in rekonstrukcija zgradb. Ljubljana, ZRMK: 151 str.
- [3] Tomažević, M. 2009. Potresno odporne zidane stavbe. Ljubljana, Tehnis d.o.o.: 301 str.
- [4] Uranjek, M., Kušar, M. 2007. Poročilo o opravljenem pregledu stanja nosilne konstrukcije objekta Dvorec Drnča s statično, strokovnim mnenjem o stanju in varnosti zgradbe ter idejnimi smernicami za izvedbo sanacijsko ojačitvenih del v sklopu adaptacije. Ljubljana, Gradbeni inštitut ZRMK: 12 str.
- [5] Leben, N. Dvorska vas – Dvorec Drnča  
<http://www.zvkds.si/media/medialibrary/2014/01/razstava-50-let-oe-kr-19.pdf> (Pridobljeno 13. 5. 2015.)
- [6] Ashurst, J., Dimes, G., F., 1998. Conservation of building and decorative stone. Woburn, Butterworth Heinemann: 254 str.
- [7] Uranjek, M., Žarnič, R., Bokan Bosiljkov, V., Bosiljkov, V. 2010. Smernice za kakovostno izvedbo utrjevanja zidov stavbne dediščine s sistematičnim injektiranjem. Gradb. Vest. 59, 8: 198-205
- [8] Popović, M. Rekonstrukcije zidov in vpliv utrditvenih ukrepov na njihovo trajnost.  
[http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/49-7\\_clanek\\_sl.pdf](http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/49-7_clanek_sl.pdf) (Pridobljeno 12. 5. 2015.)
- [9] Janežič, I., Baumgartner, M., Kos, J., Bergant, M. Tehnične informacije o pomembnejših posegih za rekonstrukcijo v potresu poškodovanih zidanih objektov.  
<http://www.zrmk.si/images/TC/3%20%C4%8Dlanek.pdf> (Pridobljeno 13. 10. 2015.)

[10] Retrofit stone masonry.

<http://www.know2do.org/Retrofit/StoneMasonry/RSSStoneMasonryP.htm#Rossen%20Rashkoff> (Pridobljeno 27. 10. 2015.)

[11] Hensen, S. 2013. Seismic retrofit of unreinforced masonry (URM) buildings. Structural Engineering Blog, objavljeno 11.4.2013. <http://seblog.strongtie.com/2013/04/seismic-retrofit-of-unreinforced-masonry-urm-buildings/> (Pridobljeno 27. 10. 2015.)

[12] Algeri, C., Poverello, E., Plizzari, G., Giurani, E. Experimental Study On The Injected Anchors Behaviour On Historical Masonry.  
[http://www.c-spin.eu/download/D38\\_SAHC%20full%20paper\\_rev1.pdf](http://www.c-spin.eu/download/D38_SAHC%20full%20paper_rev1.pdf) (Pridobljeno 28. 10. 2015.)

[13] Glapor granulati iz penjenega stekla.

<http://www.penjenosteklo.com/wp-content/uploads/2013/01/penjeno-steklo-GLAPOR-STEBRISCA-IN-OBOKI-pasivna-gradnja.pdf> (Pridobljeno 8. 10. 2015.)

[14] Premerl, F., 1983. Gradiva v gradbeništvu. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 319 str.

[15] Benedejčič, B., Kolenc, N. (ur.), Torbica, A. (ur.), idr. 2012. Kraška hiša : priročnik za prenavo. Komen, Občina Komen: 199 str.

[16] Mapefix PE SF Kemično lepilo za sidranje pri visokih obremenitvah.

<http://www.mapeisistemi.si/wp-content/uploads/2015/02/Mapefix-PE-SF.pdf> (Pridobljeno 16.10.2015.)

[17] Betec Cementne hitro vezoče malte z dodatkom mikro delcev.

<http://www.lespatex.si/uploads/datoteke/BETEC-serija800-slo.pdf> (Pridobljeno 16. 10. 2015.)

[18] Croci, G., 1998. The conservation and structural restoration of architectural heritage. Southampton, Boston, Computational Mechanics Publications: 251 str.

[19] Drugačne lesne zveze iz Danske. <http://www.nastrehi.net/strokovni-prispevki/strokovni-prispevki-lesena-ostreja/97-drugane-lesne-zveze-iz-danske.html> (Pridobljeno 4. 11. 2015.)

[20] Ostrejšja. <http://www.prokek.si/ostresja.html> (Pridobljeno 4. 11. 2015.)

[21] Bioklan sistem sanacijskih sušilnih ometov za vlažne zidove.

<http://g-inzeniring.si/datoteke/pdf/bioklan-sistem.pdf> (Pridobljeno 17. 10. 2015.)

[22] Imo Reševanje problemov vlage v zidovih.

[http://imo.si/nasveti\\_in\\_clanki/sanacija\\_vlage](http://imo.si/nasveti_in_clanki/sanacija_vlage) (Pridobljeno 17. 10. 2015.)

[23] Gostič, S., Mezgec, A., Žarnić, R., Protipotresne utrditve zidanih konstrukcij s CFRP kompoziti. [http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/48-6\\_clanek\\_sl.pdf](http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/48-6_clanek_sl.pdf) (Pridobljeno 29. 11. 2015.)

[24] Bischof, P., Suter, R., 2014. Retrofitting Masonry Walls with Carbon Mesh.

<http://www.mdpi.com/2073-4360/6/2/280/htm> (Pridobljeno 30. 11. 2015.)

[25] 2014. Retrofit Helical Wall Ties and Reinforcements for Seismic Upgrades.

<http://www.helifix.com/files/2014/04/Helifix-USA-Retrofit-Helical-Wall-Ties-and-Reinforcements-for-Seismic-Upgrades.pdf> (Pridobljeno 30. 11. 2015.)

[26] Tying Walls to Joists. <http://www.helifix.com.au/applications/tying-walls-to-joists/>

(Pridobljeno 30. 11. 2015.)

[27] Amiraslanzadeh, R., Ikemoto, T., Miyajima, M., Fallahi, A., 2012. A Comparative Study on Seismic Retrofitting Methods for Unreinforced Masonry Brick Walls.

[http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012\\_3658.pdf](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_3658.pdf) (Pridobljeno 30. 11. 2015.)

[28] Umair, Muhammad, S., Numada, M., Nasir, Amin, M., Meguro, K., 2015. Fiber Reinforced Polymer and Polypropylene Composite Retrofitting Technique for Masonry Structures. <http://www.mdpi.com/2073-4360/7/5/963/htm> (Pridobljeno 30. 11. 2015.)

[29] Hoath, J., 2006. Repairing Historic Roof Timbers.

<http://www.buildingconservation.com/articles/rooftimber/rooftimber.htm> (Pridobljeno 1. 12. 2015.)

[30] Bolarič, D., 2015. Vpliv vzdolžnih ojačitev na obnašanje upogibno obremenjenih lesenih nosilcev. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Bolarič): 38 str.

[31] Edwards, M., 2015. Repairing Structural Timbers - How to Repair Structural Timbers in Situ Using a Timber Resin Splice Kit.

<http://www.diydoctor.org.uk/projects/repairingtimmer.htm> (Pridobljeno 1. 12. 2015.)

[32] Russell, R., 2013. Structural Timber Repairs.

<http://www.buildingconservation.com/articles/structural-timber-repairs/structural-timber-repairs.htm> (Pridobljeno 1. 12. 2015.)