

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 izvirna različica zaključnega dela.

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

Černe, K., 2016. Energetska sanacija izbrane stavbe in predlogi za izboljšanje kakovosti notranjega okolja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Dovjak, M., somentor Kunič, R.): 39 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5811/>

Datum arhiviranja: 11-10-2016

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:

Černe, K., 2016. Energetska sanacija izbrane stavbe in predlogi za izboljšanje kakovosti notranjega okolja. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Dovjak, M., co-supervisor Kunič, R.): 39 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5811/>

Archiving Date: 11-10-2016

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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

KATARINA ČERNE

**ENERGETSKA SANACIJA IZBRANE STAVBE IN
PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI
NOTRANJEGA OKOLJA**

Diplomska naloga št.: 256/B-GR

**ENERGY RENOVATION OF SELECTED BUILDING
AND PROPOSALS FOR IMPROVING THE QUALITY
OF INDOOR ENVIRONMENT**

Graduation thesis No.: 256/B-GR

Mentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 20. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Katarina Černe, vpisna številka 26110114, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

»Energetska sanacija izbrane stavbe in predlogi za izboljšanje kakovosti notranjega okolja«,

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, 11. 07. 2016

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.8(043.2)
Avtor:	Katarina Černe
Mentor:	doc. dr. Mateja Dovjak
Somentor:	doc. dr. Roman Kunič
Naslov:	Energetska sanacija izbrane stavbe in predlogi za izboljšanje kakovosti notranjega okolja
Tip dokumenta:	Dipl. nal. – UNI
Obseg in oprema:	39 str., 35 pregled.
Ključne besede:	plesen, glive, PURES, toplotni most, navlaževanje, KS

Izvleček

V diplomski nalogi sem se lotila prenove starejše stavbe iz leta 1932. Glavna problema na katera sem se osredotočila sta navlaževanje sten ter sanacija le teh. Cilja sta bila, ohraniti prvoten izgled stavbe in izboljšati bivanje v stavbi.

Plesen se pojavlja v določenih prostorih in z meritvami poskušam poiskati vzroke. Z laserskim merilnikom toplote sem spremljala površinsko temperaturo sten in nihanja le teh v različnih točkah. Hkrati pa sem opravila še meritve z multifunkcijskim merilnikom, ki združuje 4 funkcije v enem aparatu, s katerim sem spremljala relativno vlago ter temperaturo zraka v prostoru. Izbrani podatki so bili skupaj z odčitavanji temperatur zraka in relativne vlage v zraku sneti s spletne strani ARSO, in so služili kot podlaga za izračune v programu TEDI. S programom sem preverila ustreznost zasnove konstrukcijskih sklopov ter, če ob izbranih podatkih prihaja do difuzijskega navlaževanja v kateri od plasti v konstrukcijskem sklopu. Potem ko sem definirala problem, sem se lotila prenove konstrukcijskih sklopov v skladu z zahtevami PURES, vendar le iz vidika ustreznosti faktorja toplotne prehodnosti U.

Pomagala sem si s tehnično smernico za graditev, pravilnikom o učinkoviti rabi energije, pravilnikom o prezračevanju stavb in klimatizaciji ter smernicami direktive EPBD-r.

Predlagam ustrezne rešitve zasnove ter sanacije konstrukcijskih sklopov, ki so nastale na podlagi meritev, dejanskega stanja na objektu in jih ustrezno argumentiram.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.8(043.2)
Author:	Katarina Černe
Supervisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph.D.
Co-supervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D.
Title:	Energy renovation of selected building and proposals for improving the quality of indoor environment
Document type:	Graduation Thesis – University Studies
Scope and tools:	39 p., 35 tab.
Keywords:	fungus, PURES, mold, construction complex

Abstract:

For this thesis paper, I have undertaken the renovation of old buildings from 1932. The main problem which I have concentrated on is the dampness of walls and their repair. The aims were to preserve the original appearance of the buildings and improve living conditions inside them.

Mould appeared in particular areas and using different measurements, I have tried to find its source. Using a laser heat detector, I recorded the walls' surface temperature and how it oscillated at different points. At the same time, I also took measurements with a multi-function detector, which consists of 4 functions in one apparatus. With this I recorded the relativity of moisture and the air temperature in the area. The collected data were put together with the air temperature readings and comparative moisture in the air, using the ARSO website, based on the TEDI calculation programme. With this programme, I have examined the corresponding constructional complex to see if from the selected data diffusion dampness is shown in any of the layers from the construction unit. Then when I had defined the problem, I began a constructional complex reconstruction in accordance with the PURES requirements, but from the point of view of the corresponding predicted heat factor U.

Also assisting me were the technical building guidelines, the regulations concerning the efficient use of energy, the regulations governing the ventilation of buildings and air-conditioning, as well as the guidelines of directive EPBD-r.

I propose a suitable solution plan and constructional complex, which have arisen from the measurements' data, virtual condition of the building and their corresponding arguments.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Mateji Dovjak za strokovno pomoč in svetovanje pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se somentorju doc. dr. Roman Kunič za strokovno vodenje, nasvete in potrpežljivost.

Hvala družini, Kristijanu in vsem ostalim, ki ste mi tekom študija stali ob strani in nesebično pomagali.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	1
IZJAVE	2
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	3
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	4
ZAHVALA	5
KAZALO VSEBINE	6
KAZALO PREGLEDNIC	8
KAZALO SLIK	10
1. KRAJŠAVE, SIMBOLI IN DEFINICIJE	11
1. UVOD	1
1.1 Namen diplomske naloge	2
1.2 Potek - metoda	2
2. MERILNA OPREMA IN PROGRAMSKA ORODJA	4
2.1 Merilna oprema	4
2.1.1 Laserski merilnik temperature	4
2.1.2 Multifunkcijski merilnik 4 v 1 (temperature zraka, relativne vlage zraka, glasnost, osvetljenost)	6
3 OPIS OBJEKTA	7
3.1 Lokacija stavbe	7
3.2 Arhitektura stavbe	9
3.3 Načrti stavbe	9
4 POJAV PLESNI	12
4.1 Nasplošno o glivah	12
4.2 Vpliv na zdravje	12
4.3 Razvoj v gradbenih materialih	13
4.4 Zakonske zahteve	13
4.5 Ocena dejanskega stanja in možne rešitve	14
5 MERITVE	18
5.1 Pojmi ter okrajšave	18
5.2 Meritve zunanjega zraka	18
5.3 Meritve v prostorih	19
5.3.1 Kuhinja	19
5.3.2 Kabinet	20
5.3.3 Spalnica	21
5.3.4 Delavnica	22

6	ANALIZA S PROGRAMOM TEDI [8]	23
6.1	Rezultati programa TEDI [8]	24
6.1.1	Zunanje stene	24
6.1.2	Tla	25
6.1.3	Stropovi	25
6.1.4	Strehe	26
6.2	Rešitve TEDI [8]	27
6.2.1	Rešitve sestave zunanjih sten	27
6.2.2	Rešitve sestave tal	29
6.2.3	Rešitve sestave stropov	30
6.2.4	Rešitve sestave streh	32
7	Predlog za obnovo konstrukcijskih sklopov	33
7.2	Sanacija navlaževanja delavnice	33
7.3	Rešitev za KS kabineta	33
7.4	Rešitev KS spalnice	34
7.5	Rešitev KS strehe	34
7.6	Rešitve lesenih stropov	34
7.7	Čiščenje in osušitev sten	34
7.8	Prezračevanje	35
8	ZAKLJUČEK	36
	VIRI	37

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: <i>Natančnost (pri 23-25 °C temperature okolja, $\varepsilon = 0,095$)</i>	5
Preglednica 2: <i>Natančnost merjenja temperature s tipalom</i>	5
Preglednica 3: <i>Emisivnost nekaterih materialov</i>	5
Preglednica 4: <i>Zunanja temperatura ter relativna vlažnost zraka</i>	18
Preglednica 5: <i>Severna stena kuhinje</i>	19
Preglednica 6: <i>Vzhodna stena kuhinje</i>	19
Preglednica 7: <i>Vogali kuhinje</i>	20
Preglednica 8: <i>Južna stena kabineta</i>	20
Preglednica 9: <i>Zahodna stena kabineta</i>	21
Preglednica 10: <i>Vogala kabineta</i>	21
Preglednica 11: <i>Severna stena spalnice</i>	21
Preglednica 12: <i>Vzhodna stena spalnice</i>	22
Preglednica 13: <i>Severna stena delavnice</i>	22
Preglednica 14: <i>Zahodna stena delavnice</i>	22
Preglednica 15: <i>Dovoljene toplotne prehodnosti gradbenih konstrukcij</i>	23
Preglednica 16: <i>Stena delavnice</i>	24
Preglednica 17: <i>Stena kuhinje ter kabineta</i>	24
Preglednica 18: <i>Zahodna stena kabineta</i>	24
Preglednica 19: <i>Stena spalnice</i>	25
Preglednica 20: <i>Tla delavnice</i>	25
Preglednica 21: <i>Strop pritličja</i>	25
Preglednica 22: <i>Strop prvega nadstropja</i>	26
Preglednica 23: <i>Strop drugega nadstropja</i>	26
Preglednica 24: <i>Poševna streha</i>	26
Preglednica 25: <i>Pohodna streha</i>	27

Preglednica 26: Nova zasnova stene delavnice	27
Preglednica 27: Nova zasnova stene kuhinje ter kabineta	28
Preglednica 28: Nova zasnova zahodne stene kabineta	28
Preglednica 29: Nova zasnova stene spalnice	29
Preglednica 30: Nova zasnova tal delavnice	29
Preglednica 31: Nova zasnova stropa delavnice	30
Preglednica 32: Nova zasnova stropa prvega nadstropja	31
Preglednica 33: Nova zasnova drugega nadstropja	31
Preglednica 34: Nova zasnova drugega nadstropja	32
Preglednica 35: Nova zasnova drugega nadstropja	32

KAZALO SLIK

Slika 1: Računalniški 3D model stavbe	7
Slika 2: Lokacija objekta (Vir: Google maps)	8
Slika 3: Izbrana stavba, september 2015.....	8
Slika 4: Slika stavbe iz leta 1960.....	8
Slika 5: Tloris pritličja oz. delavnice.....	9
Slika 6: Tloris prvega nadstropja	10
Slika 7: Tloris drugega nadstropja	10
Slika 8: Tloris strehe	11
Slika 9: Pročelje stavbe.....	11
Slika 10: Mesta pojavitve plesni so označena z oranžno barvo	15
Slika 11: Spalnica, plesen se pojavlja za omaro	15
Slika 12: Spalnica, plesen v vogalu	16
Slika 13: Kabinet, plesen po celotni površini stene.....	16
Slika 14: Kabinet.....	17
Slika 15: Stena spalnice	17

1. KRAJŠAVE, SIMBOLI IN DEFINICIJE

HI – hidroizolacija

TI – termoizolacija

KS – konstrukcijski sklop

TM – toplotni most

$U_{\text{izračunani}}$ – Izračunan faktor toplotne prehodnosti posameznega KS [W/(m²K)]

U_{max} – Faktor toplotne prehodnosti posameznega KS določen po pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah [1] [W/(m²K)]

λ – Toplotna prevodnost posameznega materiala [W/(mK)]

ϵ – Količina, ki opisuje kolikšno sevanje oddaja poljuben predmet v primerjavi z idealnim črnim telesom, imenujemo jo emisivnost [-]

»Ta stran je namenoma prazna.«

1. UVOD

V današnjem času se soočamo s finančno krizo, ki je zajela skoraj vse sfere našega življenja. Nič drugače ni v gradbeništvu. Namesto gradnje se rajši odločamo za prenove stavb, ter s tem zmanjšamo porabo energije. Trend gradnje se z leti spreminja in priča smo ogromnemu napredku v razvoju tehnologije gradnje kot tudi v razvoju novih materialov. Novi materiali so že cenovno dostopni vsakomur. Z racionalizacijo življenskih sredstev je možno prenoviti stavbo in si z leti na račun zmanjšanja porabe energije povrniti investicijo. Kljub vsemu se moramo včasih odločiti ali je smiselno določen objekt prenoviti ali ga porušiti in zgraditi na novo.

Glavni problem, s katerim se soočam pri moji stavbi, je pojav plesni. Pojav plesni pripisujemo različnim vzrokom, ki jih moramo upoštevati pri načrtovanju stavbe, kot tudi življenskim navadam, vzdrževanju stavbe [2]. Eden izmed problemov, ki jih je pametno reševati že ob načrtovanju stavbe so toplotni mostovi. Toplotni mostovi nastajajo zaradi križanj različnih konstrukcijskih sklopov (KS). Problem je v zmanjšanju toplotno izolacijske plasti ali pa neustreznemu nadaljevanju oziroma zaključku tega sloja. Zaradi nižjih temperatur na mestu toplotnih mostov pride do znižanja temperature in povišane relativne zračne vlažnosti. Pri padcih temperature pod rosišče prihaja do kondenza. Zračna para, ki kondenzira v ali na materialih nam ustvari idealne pogoje za razvoj plesni. Vlaga v materialih privede do slabših toplotnoizolacijskih kot tudi trdnostnih lastnosti. Poleg toplotnih mostov, pa tudi sami veliko prispevamo, k klimi v stavbi.

Z rednim vzdrževanjem, preprečimo poškodbe na stavbi in s tem podaljšamo njeno življensko dobo in ohranjamo lastnosti materialov. Cilj je najti ustrezne rešitve KS, z upoštevanjem življenskega sloga uporabnikov prostorov, namena prostorov ter zakonskih predpisov.

1.1 Namen diplomske naloge

Namen diplomskega dela je zbrati podatke za obnovo stavbe, zastaviti načrt za izradnjo zdravega bivanjskega okolja za stanovalce in podaljšati njeno življensko dobo. Stavba je bila zgrajena leta 1932. Zaradi edinstvene kombinacije KS je njen načrt obnove velik izziv, saj je bil cilj kljub prenovi ovoja stavbe ohraniti njen izgled. Stavba je zanimiva tudi zato, ker razen menjave oken ni bilo opravljenih nobenih večjih renovacij.

Osrednji cilj naloge je preučiti težave s plesnijo, ki močno vpliva na zdravje in bivanje ljudi. Z zasnovo novih ustrežnejših KS bi lahko zagotovila zmanjšanje toplotne prehodnosti ovoja ter s tem energetske potratnosti stavbe in preprečila nastanek plesni. Plesen se pojavlja na območju toplotnih mostov ter v prostorih, kjer je prihajalo do prekomerne relativne vlažnosti zraka zaradi bivalnih navad (kuhanja). Zaradi slabšega vzdrževanja prihaja tudi v spalnici do navlaževanja stene. Slednje se pojavlja tudi v kabinetu, razlog za to pa je neustrezno odvodnavanje meteorne vode. Tam predvidim ustrezno sanacijo zidu ter sestavo KS in odvodnavanja meteorne vode.

1.2 Potek - metoda

Najprej smo preučiti zakone in drugo dokumentacijo ter regulativo, ki se navezujejo na področje rabe energije v stavbah in ki predpisujejo ustrezno klimatizacijo stavb [7]. Potrebno je bilo pridobiti tudi načrt stavbe. Stavba je bila zgrajena leta 1932, zato se ni ohranil noben načrt. Prostore sem morala izmeriti sama in na podlagi meritev, zrisala tlorise stavbe. Sledila je sestava KS, ki sem jih določila na podlagi ogleda stavbe ter po posvetu z mentorjema. V skladu z dogovorom sem se v diplomski nalogi osredotočila le na prostore, v katerih se pojavlja plesen. Za potrebe analize KS v prostorih, kjer se pojavlja plesen je bilo potrebno en teden meriti površinsko temperaturo sten. Površinsko temperaturo sten sem merila v petih izbranih točkah zato, da sem na podlagi teh rezultatov dobila povprečno površinsko temperaturo sten. Potrebno je bilo meriti tudi notranjo temperaturo ter notranjo relativno vlažnost v izbranih prostorih.

Meritve sem opravljala enkrat do dvakrat dnevno cel teden in sicer od 9.3.2015 do 16.3.2015. Merila sem zjutraj ob šesti uri in pa popoldan ob osmi uri, če sem pa podatke zbirala samo enkrat na dan je to bilo ob deseti uri dopoldan. Rezultate sem zbrala v tabelah, ki so prikazane v nadaljevanju. Meritve so bile izvedene z laserskim merilnikom ter merilnikom temperature zraka in relativne vlage zraka. Podatke o temperaturi zraka v zunanjem okolju ter relativne vlage sem odčitavala na spletni strani

ARSO, samodejna meteorološka postaja Lesce [9]. Zbrani podatki so obdelani s programom TEDI [8], s katerim smo preverili ustreznost KS z vidika navlaževanja ter ustrezne toplotne prehodnosti, katerih vrednosti so določene v PURES 2010[1]. Na podlagi rezultatov TEDI [8] programa, lahko razberemo kje v KS prihaja do kondenzacije vodne pare ter ali sam KS ustreza zahtevam podanim v PURES 2010 [1], vendar le glede faktorja prehodnosti U. V nadaljevanju predlagam ustrezne rešitve, ki jih prav tako preverim v TEDI [8] programu. Na koncu izvedem še analizo celotnih ukrepov, ki bodo zmanjšali stroške ogrevanja ter zagotovili zdravo bivanjsko okolje.

2. MERILNA OPREMA IN PROGRAMSKA ORODJA

2.1 Merilna oprema

2.1.1 Laserski merilnik temperature

Uporabila sem Voltcraft-ov infrardeči merilec temperature IR 900 30-S. Z njim merimo temperaturo izbrane površine oziroma objekta. Merilnik deluje tako, da meri toplotno sevanje, ki ga oddaja oz. seva in prepušča določeno telo ter podatke pretvori v temperaturno vrednost. Vsak material ima drugačno emisivno vrednost ϵ . Emisivnost je količina, ki popisuje, kolikšno sevanje oddaja poljuben predmet v primerjavi z idealnim črnim telesom. Zato moramo pri meritvah nastavljati emisivnost glede na material, sicer pride do velikih odstopanj pri izmerjenih količinah. Vrednosti so podane v navodilih za uporabo (ϵ opeka = 0,92, ϵ betona = 0,95, ϵ lesa = 0,9). Glede na material in velikost stene smo odčitali temperaturo v petih točkah, ter posebej v vogalih (toplotni mostovi) kjer se pojavlja plesen. Povprečje petih izbranih točk predstavlja povprečno površinsko temperaturo stene.

Pri meritvah moramo biti pozorni na primerno oddaljenost od objekta, večji kot je objekt, ki ga merimo večja mora biti oddaljenost merjenja od njega.

Priporočeno je razmerje:

$$\frac{l(\text{razdalja})}{S(\text{merilna pika})} = \frac{30}{1}$$

Tehnični podatki:

- Obratovalna napetost: 9V block baterija
- Osnovna natančnost: 1,5 %
- Reakcijski čas: < 1 sekunda
- Spekter: 8-14 μ m
- Emisivnost: nastavljiva od 0,1 do 1,00
- Dezintegracija: 0,1 °C
- IR velikost merilne površine: 30:1
- Laser: moč < 1mW, laser razreda 2, valovna dolžina 630 – 690 nm
- Temperatura obratovanja: 0 °C do 50 °C
- Zračna vlaga obratovanja: 10 % do 90 % RH
- Temperatura hranjenja: -10 °C do 60 °C
- Zračna vlaga hranjenja: 10 do 80 % RH
- Teža: 180g
- Mere: 230 x 56 x 100 mm

Napake pri merjenju oziroma natančnost naprave:

Preglednica 1: Natančnost (pri 23-25°C temperature okolja, $\varepsilon = 0,095$)

Merilno območje temperature	Natančnost infrardeče meritve temperature
-50 do -20 °C	± 3 °C
-20 do 550 °C	$\pm 1,5\%$ izmerjene vrednosti ± 1 °C
500 do 900 °C	$\pm 1,5\%$ izmerjene vrednosti

Preglednica 2: Natančnost merjenja temperature s tipalom.

Merilno območje temperature	Natančnost kontaktne meritve temperature
-50 do 1000 °C	$\pm 1,5$ % izmerjene vrednosti ± 3 °C
1000 do 500 °C	$\pm 1,5$ % izmerjene vrednosti ± 2 °C

Preglednica 3: Emisivnost nekaterih materialov.

Površina	Emisivnost [-]	Površina	Emisivnost [-]
Asfalt	0,95	Marmor	0,94
Beton	0,95	Človeška koža	0,98
Led	0,96-0,98	Steklo	0,92
Grafit	0,20-0,60	Papir (beli)	0,68
Keramika	0,95	Plastika (bela)	0,84
Malta	0,89-0,91	Plastika (črna)	0,95
Zlato	0,01-0,10	Voda	0,95
Guma (črna)	0,95	Voda (led)	0,96
Laki	0,93	Opeka	0,92

2.1.2 Multifunkcijski merilnik 4 v 1 (temperature zraka, relativne vlage zraka, glasnost, osvetljenost)

Z multifunkcijskim merilnikom lahko merimo več parametrov našega življenjskega prostora in sicer:

- temperaturo zraka v stopinjah celzija [°C]
- relativno vlažnost zraka v procentih [%]
- glasnost v decibelih [dB]
- osvetljenost v Lux-ih [Lux]

V sklopu diplomske naloge smo uporabili samo dve funkciji naprave in sicer merjenje relativne vlažnosti zraka in merjenje temperature zraka.

Za merjenje temperature lahko uporabimo tipalo s katerim lahko izmerimo temperaturo pri samem izvoru toplote ali z napravo, ki ima že vgrajeno tipalo in katero je namenjeno meritvi temperature zraka. Merjenje z zunanjim tipalom poteka v območju od -20 do 750 °C, oziroma od 0 do 50 °C z vgrajenim tipalom. Pri meritvah moramo biti pozorni, da naprave ni izpostavljena večjim temperaturam kot je to dovoljeno. Vedno merimo območja, ki niso pod napetostjo.

Natančnost naprave pri meritvi temperatur:

od -20 do 200 °C (0,1 ° ločljivost),

od 200 do 750 °C (1 ° ločljivost)

± (3 % digit + 2 °C) pri ločljivosti 0,1 °C

± (3,5 % digit + 2 °C) pri ločljivosti 1 °C

Merjenje relativne vlažnosti zraka poteka v razponu od 25 do 95 %. Pri uporabi se je treba izogibati:

- previsoki vlagi in mokroti
- prahu ali gorljivim plinom, vnetljivim tekočinam
- močnim vibracijam, magnetnim polkam
- nevihtam

Natančnost merjenja relativne vlažnosti zraka:

Od 25 do 95 % relativne vlažnosti zraka (0,1 % ločljivost)

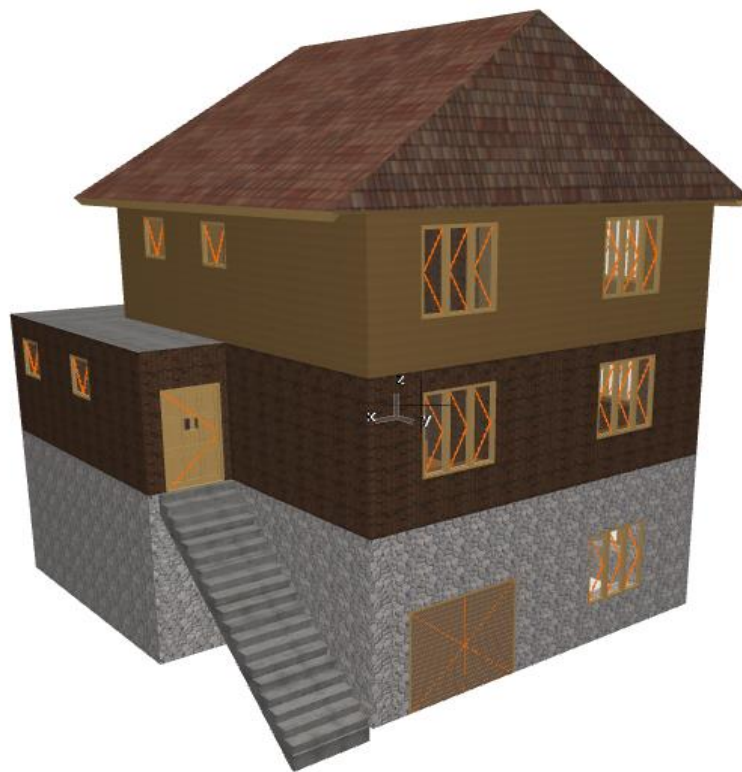
± 5 % (25 °C, 35 % - 95 %)

3 OPIS OBJEKTA

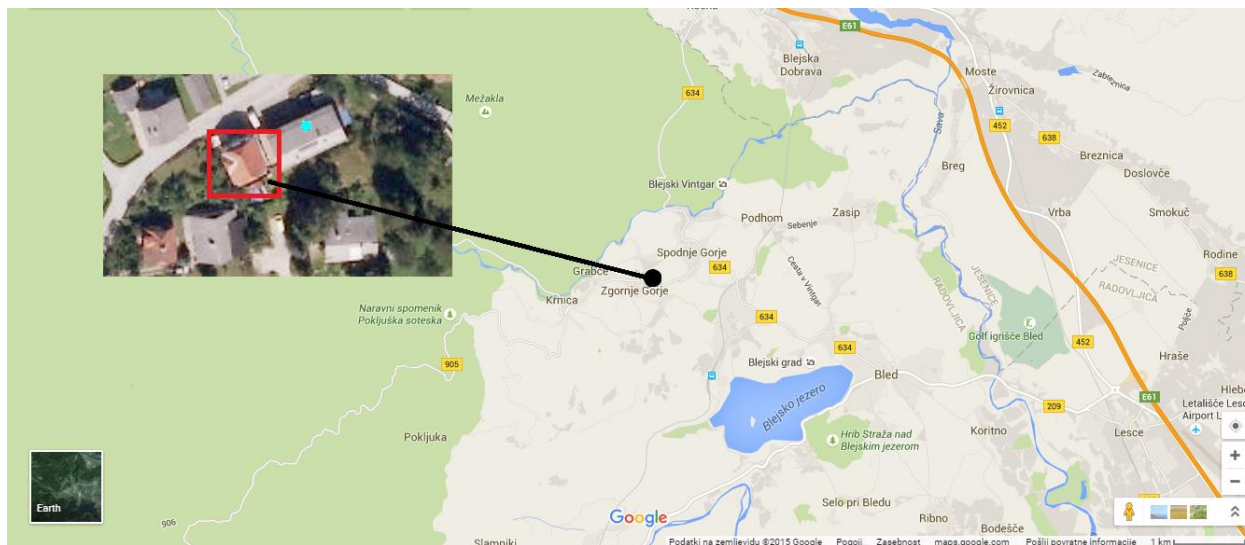
Stavba je bila zgrajena leta 1932. Leta 1960 je bila izvedena manjša dozidava v prvem nadstropju, leta 2014 pa so bila menjana okna in vrata. Pročelje stavbe je obrnjeno na cesto, od te pa jo loči asfaltirano neograjeno dvorišče. Pritličje zgradbe je namenjen obrtni dejavnosti, zgoraj pa so bivalni prostori.

3.1 Lokacija stavbe

Locirana je ob vaški cesti, z vzhodne strani se dotika sosednje stavbe po celotni dolžini. Do bivalnih prostorov vodi betonsko stopnišče, ki se nahaja na vzhodni strani objekta. Velika okna na stavbi nudijo dovolj dnevne svetlobe v notranjih prostorih. Bivanjski del je povezan z lesenim stopniščem, ki vodi do spalnih prostorov ter balkona, ki se v obliki črke "L" razteza ob južni ter vzhodni strani objekta. Tloris je pravokoten. Prvo nadstropje ima k cesti orientirano kuhinjo ter dnevno sobo, na južni strani pa se nahaja kopalnica, spalnica, shramba ter kabinet. Zgornje nadstropje poleg majhne kopalnice in shrambe vključuje še 3 spalnice ter balkon, ki je dostopen s hodnika ter sobe na južni strani. Streha je oblikovana v tako imenovani »polni čop«, ostrešje pa je edini neogrevani prostor v stavbi, uporablja pa se kot shramba.



Slika 1: Računalniški 3D model stavbe



Slika 2: Lokacija objekta (Vir: Google maps)



Slika 3: Izbrana stavba, september 2015

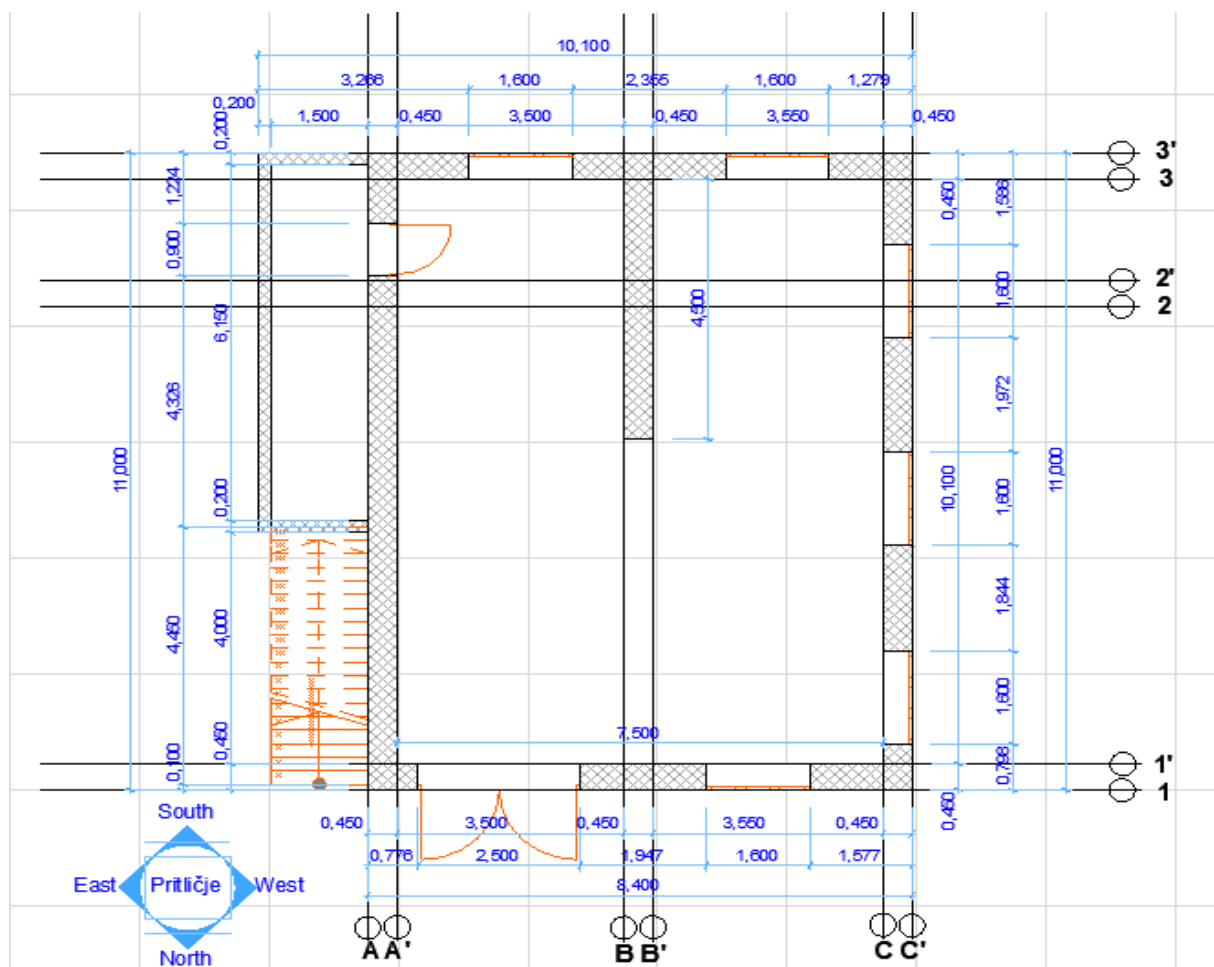


Slika 4: Slika stavbe iz leta 1960

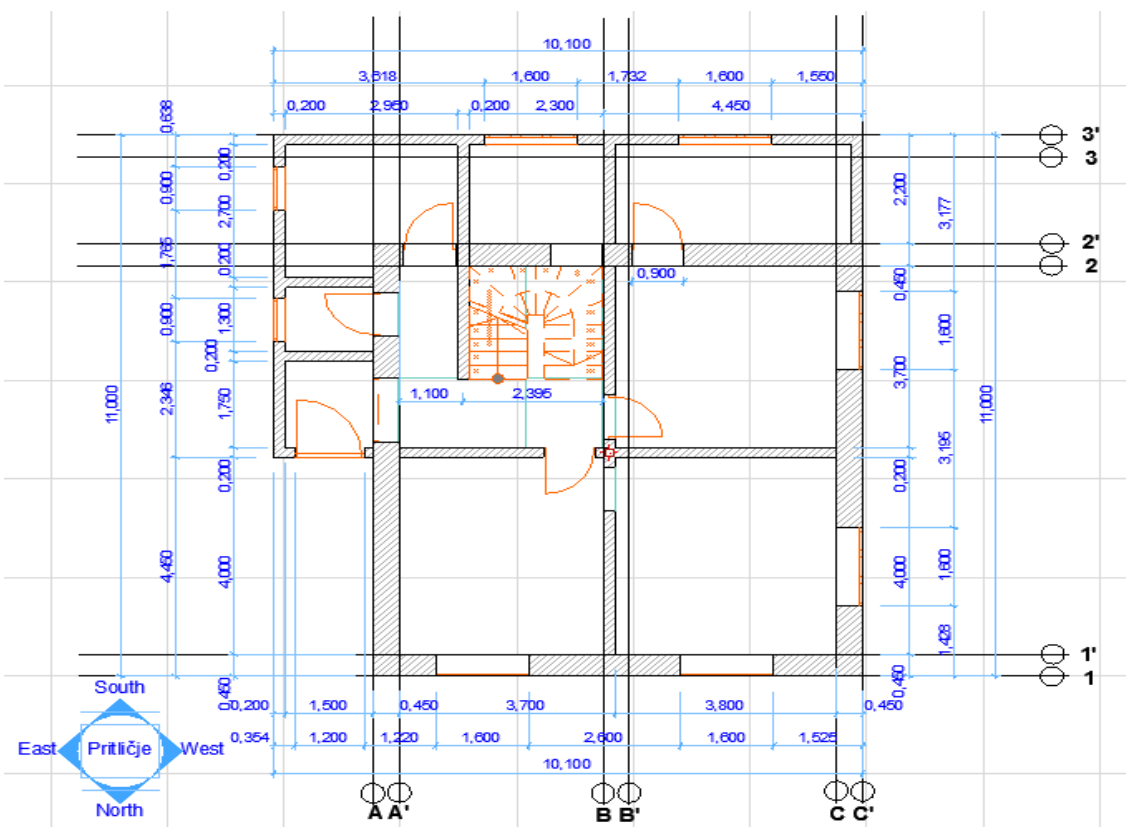
3.2 Arhitektura stavbe

Leta 1932 še ni prevladoval skeletni stavbni sistem, torej so statične funkcije prevzemale debelo grajene stene iz opek. Tako je obzidje pritličja iz 45 cm debelega betona obloženega z naravnim kamnom. Nosilne stene prvega nadstropja so debeline 45 cm obložene s tankoslojnim ometom, notranje nosilne stene drugega nadstropja pa so debele 20 cm. Pregradne stene so iz opeke debeline 20 cm. Zunanje stene drugega nadstropja in podstrešje pa so iz lesa, debeline 20 cm, notranji omet je povezan s trstičevjem, na zunanji strani pa je lesen opaž. Strop pritlične etaže je iz betonske plošče debeline 12 cm, za zvočno kot toplotno izolacijo služi plast peska debeline 7 cm, med lesenimi legami. Stropa prve in druge etaže sta lesena sovprežna debeline 20 cm, skupaj s finalno obdelavo. Terasa je nezaščiten, gre samo za AB ploščo debeline 20 cm z 2 % padcem. Ostrešje je dotrajano in ob močnejših nalivih prepušča vodo, zato bi bilo smiselno zamenjati ostrešje in strešnike ter zagotoviti ustrezno zaščito. Noben konstrukcijski sklop razen stropov, ne vsebuje ustrezne toplotne in zvočne izolacije. Strešna kritina je iz opeke, tako imenovani “bobrovec”.

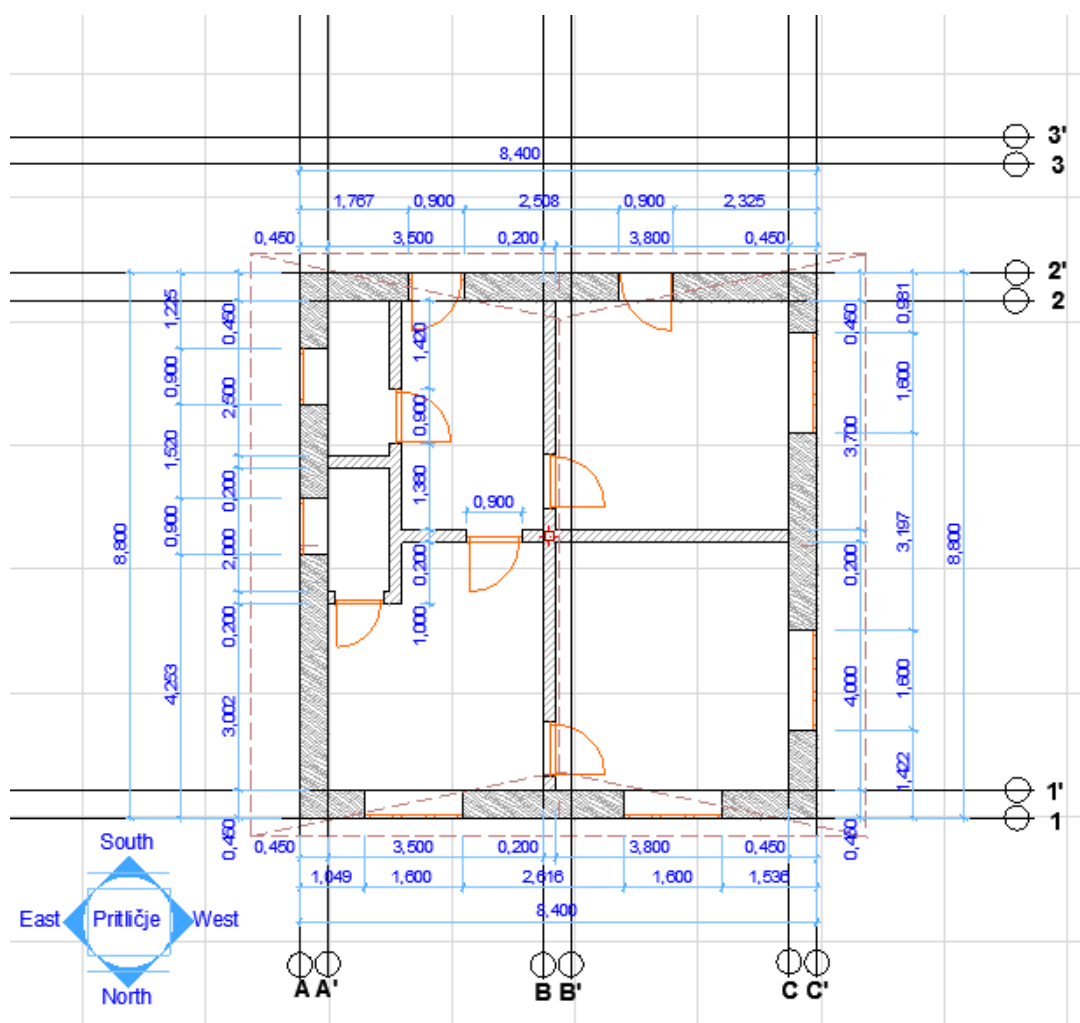
3.3 Načrti stavbe



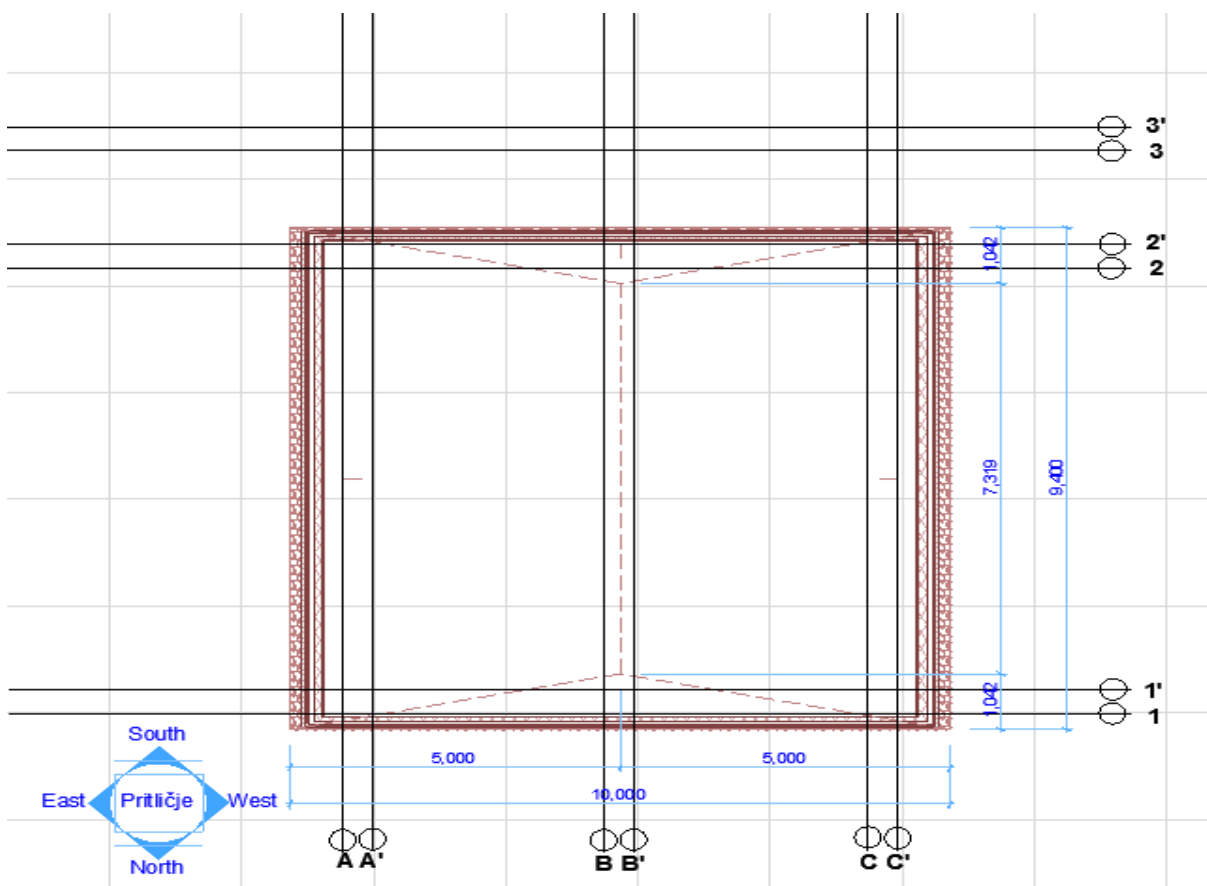
Slika 5: Tloris pritličja oz. delavnice



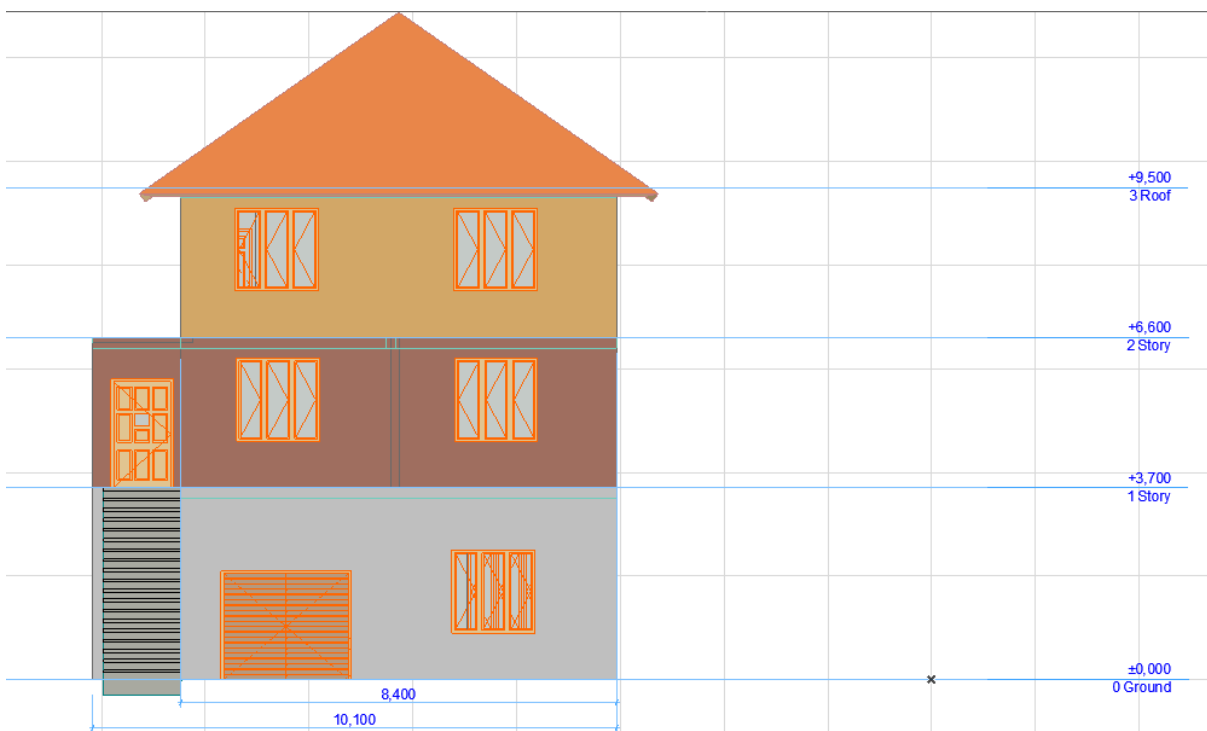
Slika 6: Tloris prvega nadstropja



Slika 7: Tloris drugega nadstropja



Slika 8: Tloris strehe



Slika 9: Pročelje stavbe

4 POJAV PLESNI

4.1 Nasplošno o glivah

V vsakdanjem življenju se nenehno srečujemo z različnimi vrstami gliv. Prisotne so v skoraj vseh področjih, od hrane do okolja, kjer se gibljemo. V skladu s temo se bomo osredotočili na razvoj plesni in vpliva na zdravje ljudi in na lastnosti gradbenih materialov [2]. Največ časa preživimo v notranjosti, zato je pomembno, da je okolje zdravju prijazno in prijetno. Pojav plesni v stavbah povezujemo z načinom življenja, neustrezno renovacijo ter zasnovo KS [3].

Plesni imenujemo tudi nitaste glive in spadajo v družino gliv [16]. Poleg številnih pozitivnih primerov uporabe, pa med drugim povzročajo tudi bolezni. Zaradi nezahtevnih potreb za njihovo rast, jih najdemo skoraj na vseh materialih in okoljih. Prepoznamo jih po barvah micelija, ki je v našem primeru rjave, črne, oranžne in sive barve. Za večino plesni ima glavno vlogo primerna relativna vlažnost zraka. Slednja mora presegati 75%. Temperature se gibljejo glede na vrsto plesni med 25-35 stopinj. V kolikor je v prostoru prisotna relativna vlažnost nad 70%, so ustvarjeni idealni pogoji za rast in razvoj plesni. Omeniti moramo tudi pojem skrita plesen. Slednja se pojavlja, ko ni vidnih znakov rasti ob idealnih pogojih. Idealne pogoje ustvarja ustrezna relativna vlažnost, temperatura in koncentracija spor, ki mora biti v prostoru višja kakor zunaj [3].

4.2 Vpliv na zdravje

Negativni vplivi na zdravje so dokazani s številnimi študijami. V splošnem se vrsta obolenja razlikuje glede na vrsto prisotne glive. Glive lahko povzročijo alergijo, okužbo ali zastrupitev. Najbolj prizadeti organi so koža in pljuča. Najbolj ranljiva skupina so otroci, starejši ljudje in ljudje z oslabljenim imunskim sistemom, kot je navedeno v članku [18]. Vpliv na zdravje se odraža, glede na vrsto plesni, času, ki ga preživimo v kontaminiranem okolju ter dovzetnosti posameznika. Kašelj, oteženo dihanje se lahko stopnjujejo do astme ali drugih pljučnih bolezni. Za najbolj agresivne se omenjajo glive rodu *Aspergillus*. Slednje povzročajo resne zdravstvene probleme tudi zdravim ljudem, omenjajo pa se tudi sindromom bolne stavbe.

4.3 Razvoj v gradbenih materialih

Plesni se v gradbenih materialih razvijajo pod ustreznimi mikroklimatskimi pogoji, ki so omenjeni v zgornjem sestavku. V našem primeru smo z meritvami ter analizo KS, skušali dokazati pogoje za razvoj plesni. Neustrezne konstrukcijske rešitve, poškodbe stavb, poplave so v kombinaciji z ustrežno temperaturo in relativno vlažnostjo idealni za razvoj in rast plesni. Pomemben vpliv na razvoj imajo tudi materiali, glede na [2], se najhitreje razvijajo v mavčno-kartonastih ploščah (0-7 dni), sledi jim les (30-60 dni). Na materialih kot so steklena volna, cementne plošče in ekstrudiran polistiren pa se razvija več kot 85 dni. Ugotovljeno je tudi, da starost in tip hiše ne igrajo bistvene vloge pri razvoju plesni kakor tudi gradbeni materiali za nosilno konstrukcijo ne (les, opeka, beton). Previdni moramo biti pri izbiri materialov za finalno obdelavo. Najslabši izbor so obloge iz preprog, umetnih mas. Med ključne dejavnike za razvoj plesni pa moramo upoštevati lokacijo, letni čas ter podnebje.

Koncentracijo spor v zraku določamo z mersko enoto CFU (colony-forming unit), ter pomeni število vidnih gliv oz. gliv, ki lahko tvorijo kolonije na kubični meter. Povprečna koncentracija spor poleti v Sloveniji znaša 500 CFU/m³. V stavbah, kjer se pojavlja plesen pa koncentracije dosežejo tudi do 8000 CFU/m³, v stanovanjih kjer ni vidne rasti plesni pa imajo v povprečju nekje 300 CFU/m³. Za okužbo imunsko oslabljenih ljudi zadošča že koncentracija 1-3 CFU/m³. Povišana koncentracija spor v prostorih s prašnimi delci zagotavlja zadostno količino hranil za razvoj plesni ne glede na gradbeni material [2].

4.4 Zakonske zahteve

Gradbeništvo nam ponuja cel spekter izzivov v procesu projektiranja novega objekta, ki zajema celotno življenjsko dobo objekta. V sami fazi načrtovanja se soočamo z izzivi kot so ustrezno bivalno okolje, ki bo funkcionalno zasnovano ter prijazno zdravju in okolju. Dejavniki, ki se pojavijo tekom gradnje nam povzročijo nemalo problemov. Tekom zasnove objekta moramo upoštevati zakonske zahteve glede navlaženja stavb. Zakon navaja, da na ovoju stavbe ali njenih delih, ne sme prihajati do kondenzacije vodne pare. S temi zahtevami preprečimo razvoj plesni v prostorih, kar je ključnega pomena za kakovost bivanja kot tudi stanja gradbenih materialov. Navlaženje materialov pomeni razvoj plesni, izgubo lastnosti materialov in posledično škodi zdravju uporabnikov.

Zakonske zahteve zajete v pravilniku o zaščiti stavb pred vlago [10], nam narekujejo zasnovo stavbe in KS, ki prepreči vdor vlage v ovoj stavbe. Materiali, ki so podvrženi vlagi imajo bistveno zmanjšanje lastnosti, posledice oslabilte materialov se kažejo tudi v njihovi zanesljivosti. Hkrati se ustvarjajo idealni pogoji za razvoj gliv, saj nastopi povišana relativna vlažnost v zraku.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010[1] in tehnična smernica za graditev [6] pa navajata kako morajo biti zgrajeni objekti, da se pri namenski uporabi vodna para, ki zaradi difuzije prodira v bivalne prostore, ne kondenzira ali da kondenzirana vodna para v bivalnem prostoru niti med difuzijskim navlaževanjem niti izsuševanjem niti med njima ne moreta povzročiti gradbene škode.

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [7] pa podaja zahteve o minimalni izmenjavi zraka, ki preprečuje pojav kondenzacije. Podaja še zahteve o vlažnosti zraka, ki s svojim posrednim ali neposrednim vplivom ne bi ogrožala zdravje ljudi ter da ne bi povzročila nastanka površinske kondenzacije na stenah (temperatura notranjega zraka θ_i 20 do 26°C, relativna vlažnost notranjega zraka ϕ_i 30 do 70%). Priporočljiva notranja vlažnost zraka v bivalnih prostorih ne glede na temperaturo znaša 60% oz. manj za preprečevanje nastajanje gliv in drugih patogenih organizmov. Klimatske naprave oz. prezračevalni sistemi morajo biti izvedeni tako, da bi preprečevali rast in razmnoževanje mikroorganizmov [3].

Prej omenjene zakonske zahteve oz. pravilniki torej prepovedujejo vdor vode in vlage v notranje prostore ter podajajo vzpostavitev takega okolja kjer je zmanjšana možnost za nastajanje in razmnoževanje mikroorganizmov torej gliv. [2]

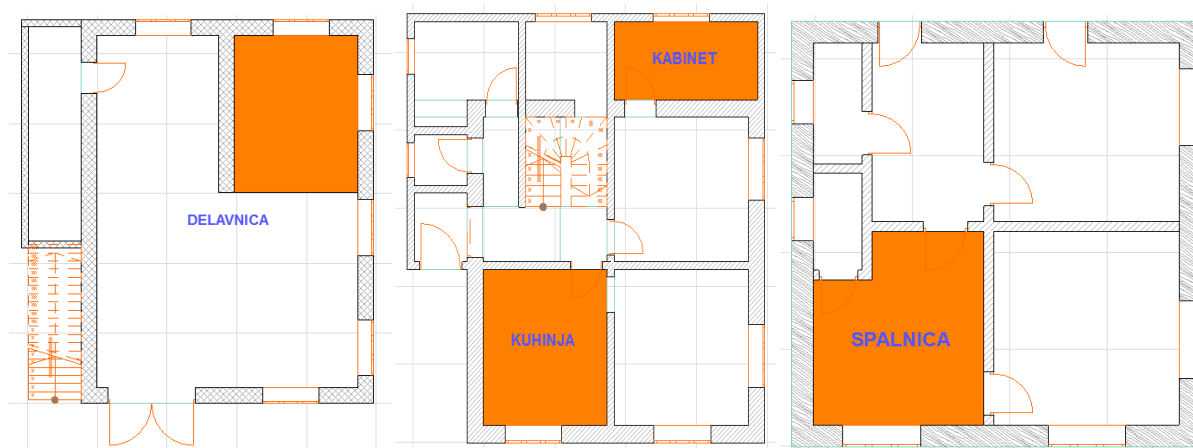
4.5 Ocena dejanskega stanja in možne rešitve

V primeru proučevane stavbe se plesen pojavlja v bivalnih prostorih in sicer v kuhinji, spalnici, delavnici ter v kabinetu, največkrat pri toplotnih mostovih oz. zunanjih stenah. Problem je navlaževanje stene saj stavba nima ustrezne hidroizolacije, niti ustreznega odvodnjavanja meteorne vode. Po navedbah Kukec in Dovjak [3] je najpogostejši vzrok za pojavljanje plesni prekomerna vlažnost stavb kar je posledica številnih vzrokov, kot so:

- neustrezno prezračevanje,
- neuporaba prostorov,
- nepravilna zasnova ovoja stavbe,
- napake na konstrukcijskih skopih in sistemih,
- neustrezna ali pomanjkljivo izvedena hidro-izolacija
- odsotnost zaščite pred vlago in vodo (žleb),
- poškodbe vodovodne ali druge napeljave,
- poplave ter tudi neprimerne bivalne navade in
- razporeditev opreme

Plesen bi lahko poskušali odpraviti z dolgoročnimi rešitvami kot so: zamenjava gradbenih materialov, pravilna izbira izolacije ter z ustreznim prezračevanjem. Kratkoročne rešitve (vodikov peroksid, kisline, itd.) nebi bile primerne, saj zagotavljajo samo začasno rešitev in so zdravju škodljivi, poslabšajo tudi kakovost zraka v bivalnih prostorih. Poleg tega pa se glive spet pojavijo najkasneje v enem mesecu od odstranitve.

Na spodnjih tlorisih so označena mesta, kjer se pojavlja plesen. Plesen se pojavlja po celotni površini stene, za omarami ter v vogalih.



Slika 10: Mesta pojavitve plesni so označena z oranžno barvo



Slika 11: Stena spalnice, kjer se plesen pojavlja za omaro



Slika 12: Spalnica, plesen v vogalu



Slika 13: Kabinet, plesen po celotni površini stene



Slika 14: Stene kabineta



Slika 15: Stena spalnice

5 MERITVE

5.1 Pojmi ter okrajšave

- T_1, T_2, T_3 , – zaporedna številka vogala ali točka na površini merjene stene (1, 2, 3, ...) [°C]
- T_{avg} – povprečje površinskih temperatur izbranih točk [°C]
- T_{ai} – temperatura zraka v prostoru podana v [°C]
- T_{ao} – zunanja temperatura zraka [°C]
- RH_{ai} – notranja relativna vlažnost zraka v prostoru podanih v procentih [%]
- RH_{ao} – zunanja relativna vlažnost zraka v procentih [%]

5.2 Meritve zunanjega zraka

V tabeli so prikazani splošni podatki, o zunanji temperaturi zraka ter relativni zunanji vlažnosti, pridobljeni vsak dan s spletne strani Arso [9] na samodejne meteorološke postaje Lesce. Podatki veljajo za vse prostore in so bili pridobljeni za analizo v TEDI [8] programu.

Preglednica 4: Zunanja temperatura ter relativna vlažnost zraka.

Datum	Ura	T_{ao} [°C]	RH_{ao} [%]
<i>Petek, 6.3.2015</i>	10:00h	5,4	37
<i>Ponedeljek, 9.3.2015</i>	07:00h	-3,2	74
<i>Ponedeljek, 9.3.2015</i>	20:00h	-3,4	67
<i>Torek, 10.3.2015</i>	06:00h	-1,9	84
<i>Torek, 10.3.2015</i>	19:00h	5,8	58
<i>Sreda, 11.3.2015</i>	06:00h	0,2	75
<i>Sreda, 11.3.2015</i>	20:00h	7,6	28
<i>Četrtek, 12.3.2015</i>	06:00h	4,7	34
<i>Četrtek, 12.3.2015</i>	20:00h	6,5	38
<i>Petek, 13.3.2015</i>	06:00h	-3	74
<i>Nedelja, 15.3.2015</i>	10:00h	3,4	78
<i>Ponedeljek, 16.3.2015</i>	10:00h	7,3	59

5.3 Meritve v prostorih

V spodnjih tabelah so prikazane meritve opravljene z laserskim merilnikom temperature in sicer na površinah, kjer se pojavlja plesen. Zaradi zagotovitve večje natančnosti sem meritve opravljala v petih različnih točkah na površini stene, vsak dan v tabeli zapisanih datumih ter urah. Iz slednjih petih po steni različno razporejenih točk je izračunano povprečje površinske temperature stene. Z multifunkcijskim merilnikom je izmerjena relativna vlažnost v prostoru ter notranjo temperaturo na višini 1,5 m. Za primerjavo je dodana zunanja temperatura zraka ter relativna vlažnost.

5.3.1 Kuhinja

Preglednica 5: Severna stena kuhinje

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_5 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	18,6	18,4	18	17,5	17,4	17,98	17,8	5,4	48,6
9.3.2015	14,1	15,2	15,1	14,7	13,5	14,52	15,8	-3,2	60,8
9.3.2015	15,6	16,6	14,8	16,1	23,1	17,24	18,7	-3,4	46,7
10.3.2015	10,4	9,3	10,1	10,5	14,1	10,88	17,4	-1,9	55,6
10.3.2015	11,8	12,4	11,2	11	15,9	12,46	18,8	5,8	61,8
11.3.2015	12,7	11,8	13,3	12,3	14,1	12,84	14,9	0,2	62,7
11.3.2015	18,1	17,9	14,8	16,8	25,5	18,62	20	7,6	56,4
12.3.2015	12,9	13,5	14,1	12,9	15,6	13,8	15,6	4,7	56,2
12.3.2015	18,9	18,4	15,2	23	26,3	20,36	22,4	6,5	55
13.3.2015	14,6	14,4	15	16,9	17,5	15,68	18,5	-3	61,8
15.3.2015	17,3	16,3	15,7	16,4	17,1	16,56	15,8	3,4	42,7
16.3.2015	16,6	17	16,6	16,5	17,1	16,76	16	7,3	51,1

Preglednica 6: Vzhodna stena kuhinje

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_5 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	18,4	19,7	19	19,3	19,2	19,12	17,8	5,4	48,6
9.3.2015	14,4	15,5	15,9	14,3	14	14,82	15,8	-3,2	60,8
9.3.2015	17	17,8	15,7	16,6	17,7	16,96	18,7	-3,4	46,7
10.3.2015	12	13,2	11,5	11,5	12,7	12,18	17,4	-1,9	55,6
10.3.2015	11,9	13,3	12,4	12,2	13	12,56	18,8	5,8	61,8
11.3.2015	12,7	12,9	12,8	13,3	13,6	13,06	14,9	0,2	62,7
11.3.2015	18,1	18,5	18,8	17,5	20	18,58	20	7,6	56,4
12.3.2015	13,4	14,5	13,8	14	14,5	14,04	15,6	4,7	56,2
12.3.2015	18,8	18,1	20,2	16,5	20,3	18,78	22,4	6,5	55
13.3.2015	14,2	15,8	16,8	16,8	16,7	16,06	18,5	-3	61,8
15.3.2015	16,9	18,5	16,7	16	18	17,22	15,8	3,4	42,7
16.3.2015	17,3	17,8	17	17,6	17,6	17,46	16	7,3	51,1

Preglednica 7: Vogali kuhinje

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	14,2	12,5	17,6	14,77	17,8	5,4	48,6
9.3.2015	13,2	11,7	14,1	13	15,8	-3,2	60,8
9.3.2015	14,4	14	16	14,8	18,7	-3,4	46,7
10.3.2015	10,9	11	13,2	11,7	17,4	-1,9	55,6
10.3.2015	10,5	10,6	13,6	11,57	18,8	5,8	61,8
11.3.2015	10,9	9,8	13,4	11,37	14,9	0,2	62,7
11.3.2015	15,5	15,2	19,1	16,6	20	7,6	56,4
12.3.2015	11,4	11	14,8	12,4	15,6	4,7	56,2
12.3.2015	15,7	15	19,2	16,62	22,4	6,5	55
13.3.2015	13,2	13,7	18,9	15,27	18,5	-3	61,8
15.3.2015	15,8	15	17,6	16,12	15,8	3,4	42,7
16.3.2015	16,8	15,8	17,6	16,72	16	7,3	51,1

5.3.2 Kabinet

Preglednica 8: Južna stena kabineta

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	17,8	17,2	16,1	14,2	16,325	20,3	5,4	41,1
9.3.2015	16	14,2	15,9	13,7	14,95	16,1	-3,2	44,9
9.3.2015	17,2	15,9	15,3	13,9	15,575	17,5	-3,4	44,4
10.3.2015	15,4	13	15,5	13,3	14,3	19,3	-1,9	43,3
10.3.2015	15,7	13,5	14,6	12,8	14,15	16	5,8	38,8
11.3.2015	14,8	12,4	15	12,6	13,7	17,7	0,2	46,8
11.3.2015	18,2	16,4	17,4	15,7	16,925	16	7,6	43,1
12.3.2015	11,5	9,9	13,1	11,8	11,575	23,2	4,7	47,8
12.3.2015	16,5	15,7	13,6	13,1	14,725	18,2	6,5	38,2
13.3.2015	14,2	11,9	14,5	13,1	13,425	17	-3	42,2
15.3.2015	17	15	16,3	14,3	15,65	16,4	3,4	40,3
16.3.2015	16,2	15,2	16,4	15,5	15,825	16	7,3	46,3

Preglednica 9: Zahodna stena kabineta

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_5 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	16	15,7	14,6	15,9	15	15,44	20,3	5,4	41,1
9.3.2015	13,6	13,8	14	12,2	13,5	13,42	16,1	-3,2	44,9
9.3.2015	15,1	15,1	13,8	14,8	14,9	14,74	17,5	-3,4	44,4
10.3.2015	12,8	13	12,4	13,1	13,4	12,94	19,3	-1,9	43,3
10.3.2015	14,9	15,1	12,9	15,2	15,1	14,64	16	5,8	38,8
11.3.2015	12,8	12,9	12,5	13,3	13,8	13,06	17,7	0,2	46,8
11.3.2015	15,8	16,1	13,1	14,2	14,4	14,72	16	7,6	43,1
12.3.2015	11,1	11,2	10,9	11,4	11,5	11,22	23,2	4,7	47,8
12.3.2015	16,3	15,6	11,6	14,1	15,4	14,6	18,2	6,5	38,2
13.3.2015	13	13,4	12,3	13,9	14,2	13,36	17	-3	42,2
15.3.2015	15	15,7	14,9	15,8	15	15,28	16,4	3,4	40,3
16.3.2015	14,6	15,8	14,7	15,9	13,7	14,94	16	7,3	46,3

Preglednica 10: Vogala kabineta

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	13,8	10,1	18,92	20,3	5,4	41,1
9.3.2015	13	11,7	14,38	16,1	-3,2	44,9
9.3.2015	14,5	11,8	19,76	17,5	-3,4	44,4
10.3.2015	11	11,3	13,56	19,3	-1,9	43,3
10.3.2015	12,4	11	16,94	16	5,8	38,8
11.3.2015	11,7	11,5	13,66	17,7	0,2	46,8
11.3.2015	16,2	12,9	17,4	16	7,6	43,1
12.3.2015	9,7	10,3	11,7	23,2	4,7	47,8
12.3.2015	15,5	22,5	18,6	18,2	6,5	38,2
13.3.2015	11,4	11,5	14,02	17	-3	42,2
15.3.2015	13,6	12,3	15,74	16,4	3,4	40,3
16.3.2015	12,2	15,5	18,92	16	7,3	46,3

5.3.3 Spalnica

Preglednica 11: Severna stena spalnice

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	14,4	14,1	13,3	12,9	13,675	15	5,4	44,7
9.3.2015	10,6	10,3	10,1	11,4	10,6	16,8	-3,2	43,7
9.3.2015	13,7	14	12,3	12,6	13,15	14,1	-3,4	48,2
10.3.2015	11	10,7	9,9	9,1	10,175	13,7	-1,9	53
10.3.2015	14,9	14,6	13,2	14,1	14,2	16,4	5,8	47,2
11.3.2015	6,6	7,6	5,9	6,5	6,65	13,1	0,2	48,8
11.3.2015	9	10,8	7,7	9,3	9,2	13,5	7,6	41,7
12.3.2015	14,4	14,5	13,4	12,4	13,675	22,2	4,7	32,3
12.3.2015	11,9	12,9	11,1	11,5	11,85	15,8	6,5	43,9
13.3.2015	13	12,7	12,3	12,2	12,55	16	-3	43,5
15.3.2015	14,4	13,7	13,2	13,1	13,6	20	3,4	33,6
16.3.2015	14,4	14,1	13,3	12,9	13,675	15	7,3	44,7

Preglednica 12: Vzhodna stena spalnice

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_5 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	14,4	13,8	12,8	12,5	13	13,3	15	5,4	44,7
9.3.2015	11,1	10,1	10	11,3	10,8	10,66	16,8	-3,2	43,7
9.3.2015	13,7	13,9	13,6	12	12,2	13,08	14,1	-3,4	48,2
10.3.2015	10,4	11,3	10,2	9,3	9,9	10,22	13,7	-1,9	53
10.3.2015	13,3	13,5	12,7	11,9	13,1	12,9	16,4	5,8	47,2
11.3.2015	7,6	8,3	6,2	6,6	7	7,14	13,1	0,2	48,8
11.3.2015	9,2	9,5	8,8	8	9,3	8,96	13,5	7,6	41,7
12.3.2015	14,2	13,9	13,8	12,1	14,1	13,62	22,2	4,7	32,3
12.3.2015	11,7	12,5	12,2	11,1	11,9	11,8	15,8	6,5	43,9
13.3.2015	12,4	13,2	12,3	12,2	13,3	12,68	16	-3	43,5
15.3.2015	13,2	14,6	13,8	13,2	14,8	13,92	20	3,4	33,6
16.3.2015	14,4	13,8	12,8	12,5	13	13,3	15	7,3	44,7

5.3.4 Delavnica

Preglednica 13: Severna stena delavnice

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_5 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	12,7	11,7	11,1	10,3	8,8	10,92	18,9	5,4	42,5
9.3.2015	12,3	12,2	11,6	10,2	10,7	11,4	14	-3,2	50
9.3.2015	12,2	10,9	9,8	12,4	9	10,86	16	-3,4	43,6
10.3.2015	10,7	10,2	7,9	10,4	8,8	9,6	13,2	-1,9	44
10.3.2015	13,7	12,5	13,5	12,8	11,5	12,8	15,4	5,8	45,4
11.3.2015	11,4	10,7	9,4	11,4	9,4	10,46	14,1	0,2	45,4
11.3.2015	12,4	11,9	9	12,3	10,3	11,18	16	7,6	53
12.3.2015	14,7	12,4	14,1	13,3	10	38,28	17,3	4,7	45,4
12.3.2015	11,4	10,4	9	11,3	9,7	10,36	16,1	6,5	46
13.3.2015	11,4	10,6	9,2	11,5	9,2	10,38	14,2	-3	46,7
15.3.2015	12,7	11,7	11,1	10,3	8,8	10,92	18,9	3,4	42,5
16.3.2015	12,3	12,2	11,6	10,2	10,7	11,4	14	7,3	50

Preglednica 14: Zahodna stena delavnice

Merilni dnevi	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]	T_5 [°C]	T_{avg} [°C]	T_{ai} [°C]	T_{ao} [°C]	RH_{ai} [%]
6.3.2015	13	13,5	13,3	10	10,1	11,98	18,9	5,4	42,5
9.3.2015	11,2	10,9	9,6	9,7	11	10,48	14	-3,2	50
9.3.2015	11,9	11,3	10,7	10,8	14	11,74	16	-3,4	43,6
10.3.2015	10,1	10	9,7	9,2	11,4	10,08	13,2	-1,9	44
10.3.2015	13,4	12,5	11,5	12,8	14,7	12,98	15,4	5,8	45,4
11.3.2015	11,1	10,5	10	10,8	11,8	10,84	14,1	0,2	45,4
11.3.2015	13,3	11,6	11,4	11,9	14,4	12,52	16	7,6	53
12.3.2015	14	13,8	15,1	13	16	14,38	17,3	4,7	45,4
12.3.2015	12,6	11,7	12,6	12,5	14,4	12,76	16,1	6,5	46
13.3.2015	12,1	11,8	11,8	12,1	13,4	12,24	14,2	-3	46,7
15.3.2015	13	13,5	13,3	10	10,1	11,98	18,9	3,4	42,5
16.3.2015	11,2	10,9	9,6	9,7	11	10,48	14	7,3	50

6 ANALIZA S PROGRAMOM TEDI [8]

S programom smo želeli ugotoviti ustreznost KS glede toplotne prehodnosti U ter difuzijskega navlaževanja sten. Zahteva glede U_{\max} [W/m²K] je podana v Pravilniku za učinkovito rabo energije [1]. Zahteve so združene v tabeli spodaj. Za vsak KS kjer se pojavlja plesen ima drugačno določeno maksimalno vrednost prehodnosti toplote.

V program se vnese podatke o lokaciji objekta X 137801 in Y 428814. Za vse stene se izvede analiza KS in preveri, če v katei plasti pride do kondenzacije vodne pare. V kolikor se poveča razlika med notranjo in zunanjo temperaturo ter vlažnost, pride do kondenza, ki je tudi v živo viden na stenah. Razlog je tudi v letnem času, pomladi, saj ni bilo več tako očitnih temperaturnih nihanj. Relativna vlažnost je le v kuhinji preseгла vrednost nad 60%.

Plasti si sledijo od notranje (toplejše) proti zunanji (hladnejši). Zakonske zahteve so podane v TSG [6]. Ustrezne rešitve so predstavljene v naslednjem poglavju.

Preglednica 15: Dovoljene toplotne prehodnosti gradbenih konstrukcij

Št.	Vrsta konstrukcije	Toplotna prehodnost U_{\max} [W/m ² K]
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,40
3	Zunanja stena in strop proti terenu	0,55
4	Stropna konstrukcija med ogrevanimi prostori	1,35
5	Pod na terenu	0,35
6	Strop proti neogrevanemu podstrešju	0,25
7	Strop nad neogrevano kletjo	0,30
8	Strop ali tla, ki mejita na zunanji zrak ali odprti prehod ali tla na terenu pri panelnem - talnem ogrevanju	0,20
9	Poševna streha nad ogrevanim podstrešjem	0,20
10	Ravna streha	0,20
11	Lahke gradbene konstrukcije razen streh (pod 150 [kg/m ²])	0,30

6.1 Rezultati programa TEDI [8]

6.1.1 Zunanje stene

Preglednica 16: Stena delavnice

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Apnena malta	0,020	0,810
2	Beton iz kamnitega agregata	0,450	2,330
SKUPAJ		0,470	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=2,578$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA
		Toplotna zakasnitev	11,62 h

Preglednica 17: Stena kuhinje ter kabineta

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Apnena malta	0,020	0,810
2	Polna opeka	0,400	0,640
3	Apnena malta	0,020	0,810
SKUPAJ		0,440	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=1,184$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	13,74 h

Preglednica 18: Zahodna stena kabineta

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Apnena malta	0,020	0,810
2	Polna opeka	0,200	0,640
3	Apnena malta	0,020	0,810
SKUPAJ		0,220	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=2,191$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	6,79 h

V kabinetu prihaja do navlaževanja stene v vogalu ter odstopanja ometa, kjer odteka meteorna voda iz strehe. Predviden ukrep je izsušitev stene ter odstranitev ometa, ustrezna zasnova KS pohodne strehe ter ustrezn sistem odvodnavanja meteorne vode iz strehe.

Preglednica 19: Stena spalnice

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Mavčna malta na trstiki	0,020	0,470
2	Les - smreka	0,020	0,140
3	Les - smreka	0,040	0,140
SKUPAJ		0,080	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=1,560$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
Opomba: Zanemarili smo 12 cm zraka!		Toplotna zakasnitev	2,25 h

6.1.2 Tla

Preglednica 20: Tla delavnice

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Iveral plošče	0,020	0,140
2	AB plošča	0,150	2,330
SKUPAJ		0,170	
$U_{\max}=0,350$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=2,651$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	4,61 h

6.1.3 Stropovi

Preglednica 21: Strop pritličja

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	linolej	0,010	0,190
2	Lesene deske	0,020	0,140
3	Prodno nasutje	0,070	1,400
4	AB plošča	0,110	2,330
5	Apnena malta	0,020	0,810
SKUPAJ		0,230	
$U_{\max}=1,350$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=1,732$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	5,78 h

Preglednica 22: Strop prvega nadstropja

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	linolej	0,010	0,190
2	Lesene deske	0,060	0,140
3	Apnena malta	0,020	0,810
SKUPAJ		0,090	
$U_{\max}=1,350$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=1,306$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
Opomba: Zrak med ploščami zanemarimo (2*7 cm)!		Toplotna zakasnitev	3,2 h

Preglednica 23: Strop drugega nadstropja

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	linolej	0,010	0,190
2	Lesene deske	0,060	0,140
3	Apnena malta	0,020	0,810
SKUPAJ		0,090	
$U_{\max}=0,200$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=1,604$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
Opomba: Zrak med ploščami zanemarimo (2*7 cm)!		Toplotna zakasnitev	3,64 h

6.1.4 Strehe

Preglednica 24: Poševna streha

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Opečnata kritina	0,020	0,990
SKUPAJ		0,020	
$U_{\max}=0,200$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=5,258$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	0,50 h

Preglednica 25: Pohodna streha

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Apnena malta	0,020	0,810
2	AB plošča	0,120	2,330
SKUPAJ		0,140	
$U_{\max}=0,200$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=4,062$ W/(m ² K)	NE ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	3,91 h

6.2 Rešitve TEDI [8]

6.2.1 Rešitve sestave zunanjih sten

Preglednica 26: Nova zasnova stene delavnice

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Cementna malta	0,020	0,810
2	Fragmat EPS 200	0,200	0,034
3	HI		
4	PE folija	0,001	0,190
5	Beton iz kamnitega agregata	0,450	2,330
SKUPAJ		0,671	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.165$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	2,03 h

V delavnici prihaja do kapilarne vlage, ki povzroča poškodbe na notranji strani. Potrebno je odstraniti vir vlage, očistiti in izsušiti stene ter z HI zaščititi konstrukcijo pred vlaženjem. Toplotno izolacijo postavim na notranjo stran, saj je zunanja stran obložena z naravnim kamnom in ne želim spremeniti videza stavbe. Namestim EPS v debelini 20 cm, saj želim kljub ločeni enoti v stavbi ohraniti celoten toploten ovoj, znotraj enote. Toplotnem mostu med dvema enotama se žal, zaradi izgleda stavbe ne morem izogniti.

Preglednica 27: Nova zasnova stene kuhinje ter kabineta

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Cementna malta	0,020	0,810
2	Polna opeka	0,400	0,640
3	PE folija	0,001	0,190
4	Fragmat EPS 150	0,150	0,034
5	Cementna malta	0,030	0,810
SKUPAJ		0,601	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.194$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	17,42 h

Stene prvega nadstropja obložim z EPS debeline 15 cm, ter poskrbim za ustrezno obložen rob AB plošče, s čimer želim zmanjšati toplotne izgube ter ohraniti estetski videz.

Preglednica 28: Nova zasnova zahodne stene kabineta

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Cementna malta	0,020	0,810
2	Polna opeka	0,200	0,640
3	PE folija	0,001	0,190
4	Fragmat EPS 150	0,150	0,034
5	Cementna malta	0,030	0,810
SKUPAJ		0,401	
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.205$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	10,62 h

Preglednica 29: Nova zasnova stene drugega nadstropja

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Cementna malta	0,010	1,400
2	Lesene deske	0,040	0,140
3	Polietienska folija	0,001	0,190
4	EPS F-P	0,150	0,039
5	TIMFAS MINERAL	0,010	0,700
SKUPAJ			
$U_{\max}=0,280$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0,229$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
Opomba: Zrak med deskami zanemarimo		Toplotna zakasnitev	2,48 h

Po odstranitvi ometa iz trstike ter zunanjih desk, bi se pokazalo dejansko stanje sten. V kolikor bi bile deske ter stebri v slabem stanju, bi bilo potrebno na novo postaviti celotno konstrukcijo in zamenjati deske. Predlagam rešitev, pri kateri na zunanjo stran desk namestimo PE folijo ter jo obložimo z EPS debeline 15cm. Na sloj EPS bi namestila lesene letve debeline 5 cm križno ter čeznje namestila horizontale deske. S tem bi ohranila izgled stavbe ter poskrbela za zračnost KS. Pri izračunu zanemarim zrak med deskami, ter prav tako zrak med zaključnimi letvami.

6.2.2 Rešitve sestave tal

Preglednica 30: Nova zasnova tal delavnice

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Vezane plošče - vodoodporne	0,020	0,140
2	Cementni estrih	0,070	1,400
3	Polietilenske folije	0,001	0,190
4	Fragmat EPS 150	0,150	0,034
SKUPAJ		0,241	
$U_{\max}=0,350$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0,160$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	6,10 h

Tla v delavnici so tla na terenu. Na AB ploščo, bi položila EPS debeline 15 cm, čez njega položila PE folijo ter cementni estrih ter vezane vodoodporne plošče. S slednji ukrepi zadostimo zakonskim zahtevam. Obenem pa ohranim toplotni ovoj spodnje enote.

6.2.3 Rešitve sestave stropov

Preglednica 31: Nova zasnova stropa delavnice

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Ladijski pod	0,020	0,140
2	Les – smreka	0,020	0,140
3	Mineralna in steklena volna	0,070	0,041
4	Beton iz kamnitega agregata	0,110	2,330
5	PE folija	0,001	0,190
6	EPS 150	0,150	0,034
7	Mavčno kartonske plošče	0,010	0,210
SKUPAJ		0,381	
$U_{\max}=1,350 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		$U_{\text{izračunani}}=0.147 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	9,66 h

Prvoten KS je ustrezal zakonskim zahtevam, tu pa je prikazana še lahkotnejša izvedba KS, ki bi jo izvedla zaradi starosti stavbe. Težak prod nad AB ploščo, bi zamenjala z mineralno volno.

Druga rešitev KS, ki je bolj smiselna glede na to da želim zaključen toplotni ovoj enote in zmanjšan toplotni most. Na spodnjo stran AB plošče namestim PE folijo ter EPS debeline 15 cm in ga obložim z mavčno kartonastimi ploščami. Med lesene letve namesto proda namestim mineralno volno debeline 7 cm ter zaključim z OSB ploščami na katere položim ladijski pod. Slednja izvedba KS, bi ustrezala tudi, če bi se odločili da spodnje enote ne bi ogrevali.

Preglednica 32: Nova zasnova stropa prvega nadstropja

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Hrastov parket	0,020	0,210
2	Cementni estrih	0,050	1,400
3	PE folija	0,001	0,190
4	EPS 150	0,050	0,034
2	Les – smreka	0,020	0,140
3	Mineralna in steklena volna	0,070	0,041
4	Les – smreka	0,040	0,140
5	Mavčno kartonaste plošče	0,010	0,210
SKUPAJ		0,261	
$U_{\max}=1,350$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.256$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	4,87 h

Ob prenovi, bi se po odstranitvi ometa ter linoleja pokazalo stanje desk, ki bi jih po potrebi zamenjali, bodisi z lesenimi deskami ali OSB ploščami. Strop kuhinje bi obložila z mavčno kartonastimi ploščami, ki bi bile z distančniki pritrjene na les. Med lege bi namestila mineralno volno debeline 7 cm, na lesene deske bi položila 5 cm EPS, PE folijo ter cementni estrih debeline 5 cm, na katerega položimo parket.

Preglednica 33: Nova zasnova stropa drugega nadstropja

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Les – smreka	0,020	0,140
2	Polietilenske folije	0,001	0,190
3	Mineralna in steklena volna	0,070	0,041
4	Les – smreka	0,040	0,140
5	Fragmat XPS 40	0,100	0,035
6	Mavčno kartonske plošče	0,018	0,230
SKUPAJ		0,249	
$U_{\max}=0,200$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.189$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	5,78 h

Strop iz spalnice proti neogrevanem podstrešje, bi potreboval PE folijo ter toplotno izolacijo debeline 7 cm, ki bi jo položila med lege. Slednji prostor bo po izvedbi prenovitve KS pohoden, prav tako pa bo ob kombinaciji z izolirano streho primeren za bivanje.

6.2.4 Rešitve sestave streh

Preglednica 34: Nova zasnova strehe

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Mavčno kartonske plošče	0,010	0,210
2	Polietilenske folije	0,001	0,190
3	Vezane plošče – za obloge	0,010	0,140
4	Mineralna in steklena volna	0,200	0,041
5	Vezane plošče – za obloge	0,010	0,140
6	Horizontalna zračna plast toplotni tok navzgor, $e = 0,05$	0,050	0,135
SKUPAJ		0,281	
$U_{\max}=0,200$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.178$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	6,79 h

Dotrajano ostrešje, bi bilo potrebno zamenjati. Obenem pa bi zamenjala težko opečnato kritino za precej lažjo bakreno pločevino. Streho izvedem z mavčno kartonastimi ploščami, PE folijo, vezanimi ploščami, vmes dam 20 cm mineralne volne ter zaprem z vezanimi ploščami. Med pločevino je 5 cm zračne plasti. Za izolirano streho se odločim, ker potem lahko prostor kasneje uporabimo kot bivalni.

Preglednica 35: Nova zasnova pohodne strehe nad kabinetom

Število plasti	Material	Debelina d [m]	λ [W/(m ² K)]
1	Cementna malta	0,020	0,810
2	Beton iz kamnitega agregata	0,120	2,330
3	Bitumenski premaz	0,001	0,170
4	Fragmat izotekt	0,001	0,190
5	Polietilenske folije	0,001	0,190
6	Fragmat XPS 60	0,200	0,036
6	Fragmat izoself	0,010	0,190
SKUPAJ		0,353	
$U_{\max}=0,200$ W/(m ² K)		$U_{\text{izračunani}}=0.166$ W/(m ² K)	ODGOVARJA!
		Toplotna zakasnitev	7,65 h

Pohodna streha sedaj ustreza zahtevam podanim v TSG [6], odstranila sem poškodovan omet na notranji strani. Na AB ploščo sem nanela plast bitumenskega premaza ter hidroizolacijo ter nanjo položila PE folijo. Na slednjo bi položila XPS v debelini 20 cm, ter ga zaščitila z dvema plastema HI. Na vrh bi položila ločitveni filc ter nasula prod v debelini 5 cm. Ker je AB plošča pod 2% naklonom je urejeno odtekanje. Ob rob plošče bi namestila žleb, ki bi bil speljan v jašek ob hiši.

7 Predlog za obnovo konstrukcijskih sklopov

Glede na zgoraj predstavljene sanacije KS, ter obdelave z merjenji pridobljenih podatkov, bi bili potrebni še predlogi za obnovo KS. S sledečimi ukrepi, bi ne samo energetsko obnovila stavbo temveč tudi odstranila vire navlaževanja in skušala trajno odstraniti problem vlage oziroma plesni, ki se pojavlja. Ukrepe, bi bilo potrebno izvesti ob sami prenovi stavbe. Zaradi dolgotrajnosti odstranjevanja kapilarne vlage iz materialov, bi bilo to potrebno storiti pred samo prenovo KS. Določiti bi morali vir vlage in ga odstraniti. Sledilo bi čiščenje sten ter njeno izsuševanje. V našem primeru je to stena v delavnici ter kabinetu. Potrebno bi bilo odstraniti poškodovan omet in očistiti steno. Ob odstranitvi ometa, bi se pokazalo dejansko stanje stene, kjer bi lahko že začeli z izsuševanje le te ali pa bi bilo potrebno steno prej ustrezno sanirati. Izsuševanje sten je dolgotrajen proces, traja od dveh do 6 tednov, ob tem je treba zagotoviti zadostno prezračevanje prostorov, povzeto po članku [15].

7.2 Sanacija navlaževanja delavnice

V delavnici, kjer prihaja do kapilarnega navlaževanja stene bi izvedli vertikalno drenažo ob objektu. Ob zunanjih stenah bi izkopali jaške do dna temeljev in vanj na podlago iz proda položimo drenažne cevi. Drenažne cevi bi služile za zbiranje in odvodnavanje talne vode in jo vodile proč od konstrukcije. Obenem bi izvedli še HI na zunanji strani in jo ustrezno zaščitili. Drenažne cevi bi zasuli s prodrom, ki omogoča pronicanje vode do cevi.

Druga rešitev, bi bila obzidanje drenažnega jaška, s čimer bi dobili zračni drenažni jašek, ki bi nam omogočal odvajanje meteorne vode ter hkrati sprotno izsuševanje temeljev in konstrukcije.

7.3 Rešitev za KS kabineta

Stena v kabinetu je izpostavljena padavinski vodi, ki odteka s terase. Po odstranitvi poškodovanega ometa ter čiščenju in izsušitvi, bi sledili ukrepi podani v PURES [1]. Z novo zasnovano KS, bi zaščitila stene s hidrofobnim ometom ter poskrbela za odvodnavanje in zbiranje vode v žleb, ki bi potekalo vzdolž roba terase.

Pohodna streha nad kabinetom bi potrebovala ustrezno izvedbo podano v rešitvah KS. Poskrbeli bi tudi za odvodnavanje padavinske vode v žleb, in tako preprečili navlaževanja stene.

7.4 Rešitev KS spalnice

V spalnici se plesen pojavlja za pohištvom, ob toplotnih mostovih ter vodi, ki pronica s podstrešja. Vidne so razpoke, in ob večjih nalivih voda pronica skozi razpoke v ometu. Predlagam ustrezno rešitev KS strehe, ki je omenjena spodaj. S tem bi preprečili vdor vode v samo konstrukcijo in nadaljnje navlaženje stene. Potrebno bi bilo tudi prerazporediti opremo, in jo odmakniti od sten, s tem omogočiti kroženje zraka. Za ustrezno trajno odstranitev plesni, bi bilo potrebno odstraniti ves omet s trstiko in pregledati stanje konstrukcije pod ometom. V kolikor, bi se lesene stene in stebri izkazali za dotrajane, bi jih nadomestili z novimi.

Steno bi po ustrezni sanaciji in odpravi nadaljnjega navlaževanja, obložili s EPS-om ter ga zaščitili s hidrofobnim ometom. Nato bi na EPS namestili križne lege, ki bi poskrbele za zračnost ter na njih namestili okrasne zaključne letve.

7.5 Rešitev KS strehe

Pri strehi sta opazno dotrajana ostrešna konstrukcija in strešna kritina. Ob rekonstrukciji objekta bi zamenjali leseno ostrešje z novim. Zaradi starosti hiše, bi težko opečnato kritino zamenjali z lažjo bakrenasto pločevino. Predvidena je tudi možna uporaba prostorov za bivanjske potrebe in temu ustrezno izoliram tudi pohodna tla podstrešja.

7.6 Rešitve lesenih stropov

Pri sanaciji lesenih stropov je potrebno pogledati stanje samih stropnikov, da zagotovimo ustrezno protipotresno varnost. Če so dotrajna, je možno zamenjati celoten strop z prefabriciranimi elementi, AB ploščo ali pa kombinacij lesa in betona [17]. Obstaja pa tudi več načinov, s katerimi se izognemo večjemu posegu v konstrukcijo, v kolikor ocenimo, da je še v zadovoljivem stanju. Ob zavedanju, da moramo narediti stropno konstrukcijo bolj togo, predlagam vgraditev jeklenih vezi ali pa vgraditev stropnikov v zid [14].

7.7 Čiščenje in osušitev sten

Pomemben korak pri sanaciji stene je čiščenje in osušitev stene. Potrebno je odstraniti omet, do višine 50 do 80 cm nad vidno mejo vlage [15]. Vse ostale poškodbe saniramo. Tak zid, je potrebno dobro izsušiti ter prostore čim bolj prezračiti v čim daljšem časovnem intervalu. Priporočena doba je od dveh do šestih tednov [15].

7.8 Prezračevanje

Z novo izvedbo KS in manjšo toplotno prehodnostjo sklopov, pridemo težav s prezračevanjem. Zrakotesnost novega stavbnega ovoja pomeni manjši prehod zraka in s tem slabšo kakovost zraka.

Znano je, da sta počutje in sposobnost koncentracije za delo v prostoru odvisna od številnih dejavnikov in med sledečimi je eden najpomembnejših kakovost zraka v prostoru. Zadosten delež kisika v zraku ter urne izmenjave, primerna zračna vlažnost močno vplivajo na naše počutje. V kuhinji namestimo napo, ki odvaja odvečno relativno vlago, ki nastaja ob kuhanju. V kopalnico bi prav tako namestila zračnik. Ostale prostore pa bi prezračevali naravno, saj se mi zdi prisiljeno prezračevanje predrago, moteče in z večinoma nepreskušanim pozitivnim vplivom na zdravje.

Iz zbranih podatkov merjenja relativne vlage v zraku v prostoru in temperaturami stene ter prostora, je bilo možno preveriti v TEDI program [8], kje in ob kakšnih pogojih prihaja do kapilarnega navlaževanja sten. Ugotovila sem, da meritve v izbranem letnem času niso prinesle pričakovanih rezultatov. Z dejanskimi podatki ni prišlo do kondenzacije v kateri izmed plasti KS, pri izmerjenih pogojih. Nasprotno pa, če smo v manjši meri spremenili temperaturno razliko in vlažnost, je prišlo do kondenzacije vodne pare v KS. Poleg nepravilno zasnovanih KS, se je problem pojavil tudi na mestu toplotnih mostov, kar se jasno odraža v temperaturni razliki v vogalnih točkah v primerjavi s temperaturo ostalih točk na steni.

8 ZAKLJUČEK

Mnogi dejavniki vplivajo na naše počutje in udobje bivanja. Pojem ugodja je odvisen od interpretacije le tega. Dojemanje udobja je subjektivno, dejstvo pa, da si vsi želimo bivati v zdravem okolju.

S pomočjo izračunov in analiz sem ugotovila, kje in kako prihaja do nastanka plesni. Z namenom ustvarjanja zdravega življenjskega okolja, sem skušala najti načine, ki strmijo k temu, da se plesen odstrani za vedno. Ugotovila sem, da je nekaj preprostih ukrepov dovolj za delno sanacijo. Med slednje spada prenova ostrešja in zamenjava opečnate strešne kritine na račun lažje strehe ter zagotavljanja neprepustnosti ob večji nalivih. Z zasnovo novih KS sem skušala doseči dvoje in sicer, preprečiti navlaževanje KS ter zmanjšati toplotno prehodnost KS. Največji izziv je bilo prenoviti stavbo, brez večjih posegov v izgled le te. Ne smemo pozabiti, da ob prenovi ovoja stavbe nujno zagotovimo ustrezno prezračevanje. V trenutni situaciji je stavba dovolj prezračevana. A v primeru predlaganih ukrepov, bi morali razmisliti o prisilnem prezračevanju.

Predlagam naslednje možne rešitve problemov, ki so nastali zaradi slabega vzdrževanja oziroma načrtovanja. Ustrezno odvodnavanje meteorne vode z namestitvijo žlebov. Menjavo strešne kritine oziroma celotnega ostrešja zaradi dotrajanosti. Ustrezen KS balkona, ki preprečuje vdor vode v konstrukcijo. Predlagam tudi možne rešitve problema navlaževanja stene v delavnici in sicer odkop do temeljev ter ustrezna hidroizolacija v kombinaciji s prezračevalnimi jaški. S temi ukrepi odstranim vire navlaževanja konstrukcije. Steno kabineta je potrebno dobro izsušiti in preveriti stanje pod ometom.

Nasledni problem je plesen, ki nastaja zaradi mnogih dejavnikov. Glede na prostor in analizo rezultatov meritev, potrdim predpostavke, zakaj prihaja v določenem prostoru do razvoja plesni. Dejavniki so odvisni od prostora, tako v kuhinji prihaja do plesni zaradi življenjskih navad, toplotnega mosta med posameznimi KS. Za vsak prostor določim prenavo KS, ter smernice za trajno odstranitev plesni. Potrebno je odstraniti vse omete, preveriti stanje nosilne kostrukcije in jih po potrebi ustrezno sanirati.

Ugotovljene so bile tudi težave pojava toplotnih mostov, ki jih skušam rešiti s povezanim toplotnim ovojem. Stavbo bi razdelila na dve enoti, saj drugače ne morem ohraniti videza stavbe. Spodnjo enoto, izoliram na notranji strani. Zgornjo enoto, torej bivanjske prostore, pa izoliram na zunanji strani. Dodatno bi izolirala tudi podstrešje, v primeru, da se kasneje uporabi kot bivanjsko.

Na podlagi analiz predlagane rešitve združujejo želje in cilje uporabnikov v končni projekt, ki zagotavlja skrb za okolje ter ohranja kulturno dediščino.

VIRI

- [1] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Ur. l. RS, št. 52/2010, Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor 2010. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856>
- [2] Pajek, L., Dovjak, M., Kristl, Ž. 2013. Vpliv gliv v grajenem okolju na zdravje ljudi = Impact of fungal growth on human health in built environment. Gradb. Vestn. 62, 10:176-186.
- [3] Kuček, A., Krainer, A., Dovjak, M. 2015. Možni negativni vplivi prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah na zdravje uporabnikov = Possible adverse effects of building dampness on occupants' health. Gradb. Vestn. 64, 10:37-47.
- [4] Direktiva 2002/91/EU Evropskega parlamenta iz sveta z dne 16. december 2002 o energetski učinkovitosti stavb – EPBD. Ur. l. EU, 4.1.2003: 7 str. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32002L0091>
- [5] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta iz sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev) – EPBD-r. Ur. l. EU, 18.6.2010: 153/13. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/SL/ALL/?uri=CELEX:32010L0031>
- [6] Tehnična smernica za graditev TSG-01-004:2010 Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, 2010. http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004_2010.pdf
- [7] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur. l. RS, št. 42/2002, Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor 2002. <https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371>

- [8] Krainer, A., Perdan, R. 2012. TEDI – Računalniški program za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah[1], SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. Ljubljana, UL FGG, KSKE.
- [9] Agencija za okolje. Samodejna postaja Lesce. 2015.
<http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/agroAMP%20Lesce.html>
- [10] Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago. Ur. l. RS, št. 29/04, Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, 2004.
- [11] SIST EN ISO 6946. Gradbene komponente in gradbeni elementi – Toplotna upornost in toplotna prehodnost – Računska metoda (ISO 6946:2007).
- [12] SIST EN ISO 10211-1. Toplotni mostovi v stavbah – Toplotni tokovi in površinske temperature – Podrobni izračuni (ISO 10211:2007).
- [13] SIST 1025:2002. Toplotna tehnika v gradbeništvu – Metoda izračuna difuzije vodne pare v stavbah.
- [14] Tomažević, M., Lutman, M., Velechovsky, T. 1993. Protipotresna ojačitev starih kamnitih hiš: Je zamenjava lesenih stropov z masivnimi ploščami res vedno potrebna? = Antiearthquake reinforcement of old stone houses: Is the change of wood floor beams with massive slab allways necessary? Gradb. Vestn. 6, 11:161-172.
- [15] Apih, V., Kos, J. 1983. Sanacija vlažnih zidov = Damp walls restauration. Gradb. Vestn. 10, 4:202-206
- [16] Adamič, J., Alačević, M., Batič., Biotehnologija. Ljubljana, BIA, d.o.o., str. 634, 1992. (Pridobljeno 8.2.2016)

- [17] Kozjan, A., 2009. Sestavljeni stropovi iz betona in lesa: diplomska naloga = Composite structure made of concrete and timber: graduation thesis. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lopatič. J.): 60 str.
- [18] WHO, Regional office for Europe, Guidelines for indoor air quality: Dampness and mould. Str.228, 2009.