

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:

Melink, J., 2015. Študija učinkov hkratne izvedbe energetske in konstrukcijske sanacije starejšega objekta na Tomšičevi ulici v Kranju. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Bosiljkov, V., somentor Antolinc, D.): 114 str.

Datum arhiviranja: 21-12-2015

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:

Melink, J., 2015. Študija učinkov hkratne izvedbe energetske in konstrukcijske sanacije starejšega objekta na Tomšičevi ulici v Kranju. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bosiljkov, V., co-supervisor Antolinc, D.): 114 pp.

Archiving Date: 21-12-2015

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

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
GRADBENIŠTVO
SMER GRADBENE
KONSTRUKCIJE**

Kandidat:

JANEZ MELINK

**ŠTUDIJA UČINKOV HKRATNE IZVEDBE
ENERGETSKE IN KONSTRUKCIJSKE SANACIJE
STAREJŠEGA OBJEKTA NA TOMŠIČEVI ULICI V
KRANJU**

Magistrsko delo št.: 16/II.GR

**INFLUENCE OF SIMULTANEOUS ENERGY AND
STRUCTURAL RETROFITTING ACTIONS FOR THE
CASE STUDY OF OLDER BUILDING AT TOMŠIČEVA
STREET IN KRANJ**

Graduation – Master Thesis No.: 16/II.GR

Mentor:

izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov

Somentor:

asist. dr. David Antolinc

Ljubljana, 18. 12. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Janez Melink izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom: »Študija učinkov hkratne izvedbe energetske in konstrukcijske sanacije starejšega objekta na Tomšičevi ulici v Kranju«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 5. 12. 2015

Janez Melink

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.042.7:697.13(497.4)(043.3)
Avtor:	Janez Melink
Mentor:	izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov
Somentor:	asist. dr. David Antolinec
Naslov:	Študija učinkov hkratne izvedbe energetske in konstrukcijske sanacije starejšega objekta na Tomšičevi ulici v Kranju
Tip dokumenta:	Magistrsko delo
Obseg in oprema:	114 str., 29 pregl., 78 sl., 9 graf., 11 en., 3 pril.
Ključne besede:	protipotresna utrditev, energetska sanacija, obnova, stroški investicije

Izvleček:

Namen magistrskega dela je bila določitev potrebnih ukrepov v sklopu energetske sanacije stavbe na Tomšičevi ulici 7 v Kranju, s katerimi zadovoljimo trenutne zahteve standardov o toplotni prehodnosti ter s tem učinkovito zmanjšamo toplotne izgube. Obenem smo v času energetske sanacije na objektu želeli aplicirati tudi ukrepe na konstrukciji, s katerimi z minimalnimi stroški povečamo potresno odpornost zunanjih zidov (fasad) objekta. Za izdelavo analize potresne odpornosti fasad smo uporabili metodo FaMIVE, s katero smo preverjali možnost nastanka ravninskih in izven ravninskih porušitev fasad. Podatke za analizo smo pridobili po ogledu objekta in na osnovi posredovane dokumentacije objekta. Z izvedbo vgradnje sider smo fasadam primerno povečali lokalno potresno odpornost, saj smo na ta način obstoječi ESC faktor povečali za več kot dvakrat. V drugem delu magistrske naloge smo naredili analizo energetske učinkovitosti objekta, kjer smo pridobili podatke o obstoječem stanju zunanjih konstrukcijskih sklopov z uporabo termografije. Sestavo in površino elementov smo vstavili v program Gradbena fizika URSA 4.0, s katerim smo analizirali energetske učinkovitost objekta. Izkazalo se je, da bi z vgradnjo toplotne izolacije na fasade, v stropne konstrukcije in z zamenjavo dotrajanih oken znatno zmanjšali toplotne izgube, z vgradnjo kotla na lesno biomaso pa povečali učinkovitost sistemov za ogrevanje. Primerjava stroškov posameznega dela sanacije je pokazala, da kar 88 % skupne investicije predstavljajo ukrepi energetske sanacije, predvsem na račun stroška novih oken, izvedbe toplotne izolacije na fasadi in vgradnje novega kotla. Z izvedbo ukrepov na ovoju stavbe smo zadostili pogojem o največji dovoljeni toplotni prehodnosti skozi konstrukcijski sklop, ki so opisane v pravilniku PURES 2010.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.042.7:697.13(497.4)(043.3)
Author: Janez Melink
Supervisor: Associate Prof. Vlatko Bosiljkov, Ph. D.
Co-supervisor: Assist. David Antolinc, Ph. D.
Title: Influence of simultaneous energy and structural retrofitting actions for the case study of older building at Tomšičeva st. in Kranj
Document type: M. Sc. Thesis
Contents: 114 p., 29 tab., 78 fig., 9 graph., 11 eq., 3 ann.
Key words: earthquake resistance, energy retrofitting, restoration, investment costs

Abstract:

The purpose of the thesis was to determine the necessary measures for energy rehabilitation of the building located at Tomšičeva ulica 7 in Kranj in order to reach current requirements of standards for thermal efficiency of buildings. At the same time during energy rehabilitation of the building we also wanted to apply strengthening measures with minimal interventions to increase its seismic resistance. For the analysis of seismic resistance of peripheral walls (facades) we used the FaMIVE method which allowed us to calculate the possibility of formation of the in plane collapses and out of plane collapses of the facades. The data used for the analysis was collected from in-site inspection of the building and from available documentation of the building. By mounting anchors the value of ESC factor which allow us to determine seismic resistance of facades was successfully increased for more than a double. In the second part of the thesis analysis of building's energy efficiency was made. The data about current status of the building envelope was obtained by using thermography. We performed an energy efficiency analysis of the building with the software Gradbena fizika URSA 4.0. Results show that installation of thermal insulation onto façade, onto ceilings and replacement of old windows significantly reduces heat losses. Efficiency of heating system can be further increased by installing wood biomass boiler. The comparison of costs showed that 88 % of the whole investment represent the costs of energy rehabilitation, particularly because of the costs of the new windows, installation of thermal insulation on the facades and installation of new boiler. By implementation of measures on the building envelope we have successfully met conditions about maximum thermal transmittance trough external elements of the building, which are described in regulation PURES 2010.

ZAHVALA

Za pomoč, nasvete in vodenje pri izdelavi magistrske naloge bi se rad zahvalil mentorju izr. prof. dr. Vlatku Bosiljkovu ter somentorju asist. dr. Davidu Antolincu.

Zahvaljujem se zaposlenim na Zavodu za varstvo kulturne dediščine Slovenije iz Območne enote Kranj za posredovane podatke ter prof. Dini D'Ayala za dovoljenje za uporabo programa FaMIVE. Zahvala gre tudi g. Robertu Bonetu iz podjetja Elkor d.o.o. za izdelavo predračuna za izvedbo toplotno izolirane fasade ter g. Enesu Durakoviću za narejen predračun stroška zamenjave oken.

Posebno zahvalo namenjam sošolcem Žigi, Matjažu, Tomažu, Gorazdu, Tinetu, Marku, Janku in Benu za nepozabne skupaj preživete študentske dni in noči, ter ostalim sošolcem in prijateljem, še posebej sostanovalcem iz študentskega doma.

Največja zahvala pa gre mami, očetu, sestri Luciji, bratu Franciju, stricu Gabrijelu in Hani za podporo, spodbudo in nasvete v času študija.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	IV
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
KAZALO GRAFIKONOV	XVIII
KRATICE	XIX
1 UVOD	1
2 SPLOŠNO O POTRESIH	2
2.1 PROJEKTIRANJE POTRESNO ODPORNIH KONSTRUKCIJ	4
2.2 POTRESI V SLOVENIJI	5
2.2.1 Geotektonske plošče in lega Slovenije	5
2.2.2 Karta projektnih pospeškov tal	6
2.2.3 Karta intenzitete	7
2.2.4 Kranj na karti pospeška tal in karti intenzitete	8
3 METODA FAMIVE	10
3.1 Opis metode	10
3.2 Mehanizmi porušitve v metodi FaMIVE	13
3.2.1 Izven ravninski mehanizmi porušitve	14
3.2.1.1 Mehanizem A – izpad fasadnega zidu izven ravnine	14
3.2.1.2 Mehanizem D – diagonalni izpad zidu iz ravnine	14
3.2.1.3 Mehanizem E – izpad vertikalnega pasu zidu iz ravnine	15
3.2.1.4 Mehanizem G – vodoravni ločni efekt	15
3.2.2 Ravninski mehanizmi porušitve	15
3.2.2.1 Mehanizem H – porušitev v ravnini	15
3.2.2.2 Mehanizem M – efekt mehke etaže	16
3.2.3 Kombinirane oblike porušnih mehanizmov	16
3.2.3.1 Mehanizem B – izpad fasade in pasnic izven ravnine	16
3.2.3.2 Mehanizem C – izpad vogala stavbe	17
3.2.3.3 Mehanizem F – navpični ločni efekt	17

3.2.4	Delne porušitve objekta	18
3.2.4.1	Mehanizem I – izpad nadzidanega dela	18
3.2.4.2	Mehanizem L – prevrnitev zatrepnega zidu	18
3.2.4.3	Porušitev strehe ali nadstropja	19
3.2.4.4	Porušitev zidovine	19
4	PODATKI ZA ANALIZO S PROGRAMOM FAMIVE	20
4.1	Faktorji zaupanja	20
4.2	Splošni podatki o objektu	21
4.3	Podatki o posameznih konstrukcijskih sklopih	21
4.3.1	Temelji	22
4.3.2	Stene	22
4.3.3	Medetažna konstrukcija	23
4.3.4	Strešna konstrukcija	24
4.4	Obrazec za vnos podatkov za analizo	26
4.4.1	Splošni podatki o objektu	26
4.4.2	Urbanistični podatki o objektu	26
4.4.3	Podatki o geometrijskih karakteristikah fasade	27
4.4.4	Podatki o geometrijskih lastnostih odprtih	27
4.4.5	Geometrijske karakteristike zidov	28
4.4.6	Konstrukcijske karakteristike fasade	28
4.4.7	Ranljivi elementi stavbe, ki povečajo obseg poškodb	29
4.4.8	Vnos obstoječih poškodb in mehanizmov	30
4.5	Ukrepi, s katerimi povečamo potresno odpornost objekta	31
4.5.1	Ojačitev temeljev	31
4.5.2	Injektiranje zidov in razpok s cementno injekcijsko maso	31
4.5.3	Prezidavanje delov zidov in vogalov	33
4.5.4	Oblaganje zidov z armiranobetonskimi ometi	34
4.5.5	Izvedba ojačilnega armiranobetonskega estriha na lesenih tramovnih stropih	35
4.5.6	Povezovanje nosilnih zidov z jeklenimi vezmi	36
4.5.7	Sanacija zatrepnih sten na podstrešju	38
5	ANALIZA REZULTATOV METODE FAmIVE IN UKREPI	39
5.1	Predstavitev rezultatov za posamezne fasade	39
5.1.1	Analiza rezultatov za zahodno fasado objekta	40
5.1.2	Analiza rezultatov za vzhodno fasado objekta	42

X	Melink, J. 2015. Študija učinkov ... starejšega objekta na Tomšičevi ulici v Kranju. Mag. d. Ljubljana, UL FGG, Magistrski študijski program Gradbeništvo - Gradbene konstrukcije.	
5.1.3	Analiza rezultatov za severno fasado	44
5.1.4	Analiza rezultatov za južno fasado	45
5.2	Območje vgradnje estriha ter povezovalnih jeklenih sider	46
6	ENERGETSKA SANACIJA OBJEKTA	48
6.1	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah: PURES 2010	49
6.1.1	Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije	50
6.2	Izraba obnovljivih virov energije	50
7	ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE	52
7.1	Zakonodaja v Sloveniji, ki se navezuje na izdelavo energetskih izkaznic	52
7.2	Splošno o energetski izkaznici	54
7.3	Programi za izračun gradbene fizike	55
7.4	Predstavitev programa Gradbena fizika URSA 4.0	56
7.4.1	Sklop 1: vnos osnovnih podatkov	56
7.4.2	Sklop 2: vnos podatkov o ovoju cone	57
7.4.3	Sklop 3: vnos podatkov o vgrajenih sistemih	58
7.4.4	Sklop 4: rezultati analize in izpis energetske izkaznice stavbe	59
7.5	Osebnе izkušnje pri izdelavi energetskih izkaznic	60
8	PODATKI ZA ANALIZO S PROGRAMOM Gradbena fizika URSA 4.0	63
8.1	Analiza konstrukcije s termografskimi posnetki	63
8.2	Analiza konstrukcije z meritvijo gostote toplotnega toka skozi steno prizidka	65
8.3	Analiza spreminjanja temperature	71
8.4	Opis objekta in vgrajenih sistemov	74
8.4.1	Časovni termin zasedenosti objekta	74
8.4.2	Ovoj stavbe	74
8.4.3	Vgrajeni sistemi za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje ter pripravo TSV	76
8.4.4	Razsvetljava v objektu	78
8.5	Vnos zbranih podatkov v program za račun gradbene fizike	78
8.5.1	Razdelitev objekta na cone	78
8.5.2	Podatki o gradbenih konstrukcijah	79
9	ANALIZA REZULTATOV IZRAČUNA IN UKREPI	81

9.1	Sanacija ovoja stavbe	83
9.1.1	Potek izvedbe toplotne izolacije fasade	84
9.1.2	Potek izvedbe toplotne izolacije strešne konstrukcije	84
9.1.3	Potek sanacije talne konstrukcije	85
9.2	Potek zamenjave vgrajenih sistemov	86
9.3	Zamenjava svetil	86
9.4	Stroškovna ocena del za energetske sanacije objekta	86
9.4.1	Ukrep 1 - vgradnja toplotne izolacije na zunanje stene objekta	86
9.4.2	Ukrep 2 - vgradnja toplotne izolacije v stropno konstrukcijo	91
9.4.3	Ukrep 3 – zamenjava stavbnega pohištva	92
9.4.3.1	Ukrep 3_1 – zamenjava starih oken brez menjane zasteklitve	92
9.4.3.2	Ukrep 3_2 – zamenjava vseh oken na fasadah	93
9.4.4	Ukrep za izboljšanje sistemov ogrevanja – zamenjava obstoječega kotla	95
10	IZBRANI UKREPI KONSTRUKCIJSKE IN ENERGETSKE SANACIJE TER PRIMERJAVA STROŠKOV	97
10.1	Izbrani ukrepi sanacije	97
10.2	Primerjava stroškov	104
11	ZAKLJUČEK	108
VIRI		110
SEZNAM PRILOG		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Evropska makroseizmična lestvica	3
Preglednica 2: Vrednosti koeficienta tal S za različne vrste temeljnih tal	6
Preglednica 3: Razredi in stopnje ogroženosti	9
Preglednica 4: Kinematični modeli za izven ravninske mehanizme porušitve (Vir: Modena, 2004, cit. po Sevšek, 2011)	13
Preglednica 5: Vrednosti ESC faktorjev posameznih rušnih mehanizmov za obstoječe stanje	40
Preglednica 6: Vrednosti ESC faktorjev za zahodno fasado po izvedbi ukrepov	40
Preglednica 7: Oznake in opis ukrepov za zahodno fasado	40
Preglednica 8: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za zahodno fasado	41
Preglednica 9: Rezultati analize za vzhodno fasado starega dela	42
Preglednica 10: Oznake ukrepov za vzhodno fasado	43
Preglednica 11: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za vzhodno fasado	43
Preglednica 12: Rezultati analize za severno fasado	44
Preglednica 13: Oznaka ukrepov za severno fasado	44
Preglednica 14: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za severno fasado	45
Preglednica 15: Rezultati analize za južno fasado	45
Preglednica 16: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za južno fasado	45
Preglednica 17: Razlike med merjeno in računsko energetske izkaznico	53
Preglednica 18: Energetski razredi učinkovitosti stavbe	54
Preglednica 19: Podatki o gradbenih konstrukcijah za stari del objekta	79
Preglednica 20: Podatki o gradbenih konstrukcijah dvoriščnega prizidka	80

Preglednica 21: Dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti po TSG-1-004:2010	87
Preglednica 22: Prihranek energije ter vračilna doba v ukrep izvedbe toplotne izolacije fasade	90
Preglednica 23: Zmanjšanje toplotne prehodnosti zunanjih sten po izvedbi toplotne izolacije fasade	90
Preglednica 24: Prihranek energije ter vračilna doba v ukrep toplotne izolacije stropne konstrukcije	91
Preglednica 25: Zmanjšanje toplotne prehodnosti stropnih konstrukcij po vgradnji toplotne izolacije	92
Preglednica 26: Prihranek energije ter vračilna doba v ukrep zamenjave oken s staro zasteklitvijo	93
Preglednica 27: Prihranek energije in vračilna doba v ukrep zamenjave vseh oken	94
Preglednica 28: Zmanjšanje toplotne prehodnosti oken po zamenjavi	94
Preglednica 29: Prihranki in vračilna doba v ukrep zamenjave kotla	96

KAZALO SLIK

Slika 1: Litosferske plošče (Vir: Vedež. DZS, 2015)	2
Slika 2: Tektonski prelomi na slovenskem ozemlju (Vir: Uprava za zaščito in reševanje Republike Slovenije, 2015)	5
Slika 3: Projektni pospešek tal za Slovenijo (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)	7
Slika 4: Karta potresne intenzitete s povratno dobo 475 let (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)	7
Slika 5: Kranj na karti projektne pospeška tal (levo) in karti intenzitete (desno) (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)	8
Slika 6: Razredi ogroženosti za občine v Gorenjski regiji (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)	9
Slika 7: Prevrnitev fasade skupaj z delom zidu (Vir: Modena, C. 2005 cit. po Novak, 2012)	11
Slika 8: Shematski prikaz sil pri računu ESC (Vir: Modena, C. 2005, cit. po Novak, 2012)	11
Slika 9: : Mehanizem A - izpad zidu iz ravnine; levo: izpad celotne fasade, desno: izpad dela fasade (Vir: FaMIVE, 2015)	14
Slika 10: Mehanizem D - diagonalni izpad zidu iz ravnine (Vir: FaMIVE, 2015)	14
Slika 11: Mehanizem F – izpad vertikalnega pasu iz ravnine fasade (Vir: FaMIVE, 2015)	15
Slika 12: Mehanizem G - vodoravni ločni efekt (Vir: FaMIVE, 2015)	15
Slika 13: Mehanizem H - pojav diagonalnih razpok ob odprtinah (Vir: FaMIVE, 2015)	16
Slika 14: Mehanizem M - efekt mehke etaže (Vir: FaMIVE, 2015)	16
Slika 15: Mehanizem B - izpad fasade in ene pasnice izven ravnine (Vir: FaMIVE, 2015)	17
Slika 16: Mehanizem B - izpad fasade in obeh pasnic izven ravnine (Vir: FaMIVE, 2015)	17
Slika 17: Mehanizem C - izpad vogala (Vir: FaMIVE, 2015)	17
Slika 18: Mehanizem F - navpični ločni efekt (Vir: FaMIVE, 2015)	18
Slika 19: Mehanizem I - izpad nadzidanega dela (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)	18

Melink, J. 2015. Študija učinkov ... starejšega objekta na Tomšičevi ulici v Kranju. Mag. d. Ljubljana, UL FGG, Magistrski študijski program Gradbeništvo - Gradbene konstrukcije.	XV
Slika 20: Mehanizem L - prevrnitev zatrepnega zidu (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)	19
Slika 21: Porušitev strehe ali medetažne konstrukcije (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)	19
Slika 22: Razpadanje zidovine (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)	19
Slika 23: Določitev faktorja zaupanja CF (Vir: Bosiljkov, 2012, cit. po Novak, 2012)	20
Slika 24: Model objekta v programu SketchUp (Vir: Google SketchUp, 2015)	21
Slika 25: Pogled na dvoriščno fasado starega dela objekta	23
Slika 26: Betonski nosilci in nad nosilci betonska plošča - medetažna konstrukcija nad pritličjem	23
Slika 27: Sestava talne konstrukcije v mansardi	24
Slika 28: Ostrešje starejšega dela objekta	25
Slika 29: Pogled na streho osrednjega dela ter frčade z zunanje strani	25
Slika 30: Kritina na dvoriščnem prizidku	26
Slika 31: Vnos začetnih podatkov (Vir: FaMIVE, 2015)	26
Slika 32: Vnos urbanističnih podatkov (Vir: FaMIVE, 2015)	27
Slika 33: Vnos podatkov o geometrijskih karakteristikah fasade (Vir: FaMIVE, 2015)	27
Slika 34: Vnos podatkov o geometrijskih lastnostih odprtin (Vir: FaMIVE, 2015)	28
Slika 35: Vnos podatkov o geometrijskih karakteristikah zidov (Vir: FaMIVE, 2015)	28
Slika 36: Vnos podatkov o konstrukcijskih karakteristikah fasade (Vir: FaMIVE, 2015)	29
Slika 37: Vnos podatkov za dodatne ranljive elemente na fasadi (Vir: FaMIVE, 2015)	30
Slika 38: Vnos mehanizmov v analizo preko vmesnika (Vir: FaMIVE, 2015)	30
Slika 39: Primeri ojačitev temelja (Vir: Janežič in sod., 2015)	31
Slika 40: Sistematično injektiranje zidu (Vir: Popović, 2009)	32
Slika 41: Izvedba prezidave in delne prezidave zidov (Vir: Janežič in sod., 2015)	33
Slika 42: Pozidava vogalov (Vir: Janežič in sod., 2015)	34

Slika 43: Izvedba ojačilnega ometa (Vir: Janežič in sod., 2015)	35
Slika 44: Vgradnja sider v poševne vrtine, detajl (Vir: Janežič in sod., 2015)	36
Slika 45: Vgradnja sider na zunanji strani zidu, detajl (Vir: Janežič in sod., 2015)	36
Slika 46: Povezovanje nosilnih zidov z jeklenimi vezmi (Vir: Janežič in sod., 2015)	37
Slika 47: Primer vgradnje sidrne vogalne plošče z zavarjenimi maticami (Vir: Popović, 2009)	37
Slika 48: Izvedba nosilne podkonstrukcije za izdelavo lahke zatrepane stene (Vir: Janežič in sod., 2015)	38
Slika 49: Tloris 2. nadstropja starega dela (Vir: Dokumentacija lastnika objekta)	39
Slika 50: Položaj vgradnje sider	42
Slika 51: Položaj vgradnje sider na vzhodni fasadi	44
Slika 52: Položaj vgradnje sider na severni fasadi (levo) in na južni fasadi (desno)	46
Slika 53: Detajl stikovanja obstoječe fasade in strešne konstrukcije	47
Slika 54: Osnovni meni v programu Gradbena fizika URSA 4.0 (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	56
Slika 55: Vnos podatkov o ogrevani coni (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	57
Slika 56: Vnos podatkov o talni konstrukciji (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	58
Slika 57: Vnos podatkov o kurilni napravi (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	59
Slika 58: Rezultati izračuna - prikaz uporabnih dobitkov (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	60
Slika 59: Termografski posnetek vzhodne fasade starega dela (levo), običajen posnetek (desno)	63
Slika 60: Termografski posnetek neogrevane mansarde s frčadami (levo), običajen posnetek (desno)	64
Slika 61: Termografski posnetek vhodnih vrat (levo), običajen posnetek fasade (desno)	64
Slika 62: Termografski posnetek oken dvorišnega prizidka (levo), posnetek fasade prizidka (desno)	65
Slika 63: Termografski posnetek betonskega vogala prizidka (levo), običajen posnetek (desno)	65

Slika 64: Pritrditev ploščice za izmero prehoda toplotnega toka v steni	66
Slika 65: Spreminjanje temperature v pisarni	71
Slika 66: Spreminjanje relativne vlažnosti v prostoru	72
Slika 67: Okno starega dela objekta, kjer je bila zasteklitev zunanjega krila zamenjana	75
Slika 68: Južna fasada dvoriščnega prizidka z vezanimi okni večjih dimenzij	75
Slika 69: Vgrajeni oljni kotel z gorilnikom	76
Slika 70: Razvodni sistem v kotlovnici	77
Slika 71: Vgrajena glava s termostatskim ventilom na radiatorju v pisarni	77
Slika 72: Svetilke v pisarni direktorja zavoda	78
Slika 73: Kazalniki izračunane energetske izkaznice za obravnavani objekt (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	81
Slika 74: Graf toplotnih izgub (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)	83
Slika 75: Vgradnja oken na zunanji strani zidu: tlorisni prerez (levo), vgradnja police (desno) (Vir: Tehnične zahteve za gradbeno fiziko oken, 2015)	100
Slika 76: Vgradnja toplotne izolacije na zunanje stene objekta, detajl	102
Slika 77: Detajl vgradnje zunanjih žaluzij (Vir: Roletarstvo Medle, 2015)	102
Slika 78: Vgradnja toplotne izolacije v talno konstrukcijo mansarde, detajl	103

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Spreminjanje temperature na zunanji površini stene	67
Grafikon 2: Spreminjanje temperature na notranji površini stene	67
Grafikon 3: Graf spreminjanja gostote toplotnega toka	68
Grafikon 4: Spreminjanje toplotne prehodnosti skozi konstrukcijski sklop	69
Grafikon 5: Spreminjanje temperatur	73
Grafikon 6: Delež posameznih prostorov v objektu	79
Grafikon 7: Primerjava stroškov celotne investicije	105
Grafikon 8: Primerjava stroška posamezne postavke energetske sanacije	106
Grafikon 9: Primerjava stroška posamezne postavke potresne utrditve	107

KRATICE

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
ELKO	Ekstra lahko kurilno olje
EMS	European Macroseismic Scale (Evropska makroseizmična lestvica)
ESC	Equivalent Shear Capacity (porušni faktor obremenitve)
HVAC	Heating, ventilating and air conditioning (gretje, prezračevanje, hlajenje)
KGH	Klimatizacija, gretje, hlajenje
OVE	Obnovljivi viri energije
PURES	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
RS	Republika Slovenija
TI	Toplotna izolacija
URE	Učinkovita raba energije
VD	Vračilna doba
ZRMK	Zavod za raziskavo materialov in konstrukcij
ZVKDS	Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije

1 UVOD

Magistrsko delo obravnava energetska in konstrukcijska sanacija objekta v lasti Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije (v nadaljevanju ZVKDS) na Tomšičevi ulici 7 v Kranju. Ker gre za starejšo stavbo, grajeno iz kamna, opeke in lesa, je potresna odpornost takšne zgradbe vprašljiva, konstrukcijski sklopi brez toplotne izolacije pa predstavljajo območja velikih izgub toplote in s tem povzročajo visoke stroške ogrevanja. Namen naloge je, da se izvede študija prenove stavbe na način, da bo zagotovljena zadostna lokalna potresna odpornost in izvedena primerna toplotna zaščita elementov zunanjega ovoja objekta.

Kot je zgoraj omenjeno, je magistrsko delo sestavljeno iz dveh glavnih sklopov. Prvi izmed sklopov se nanaša na utrditev fasad objekta, da je preprečena porušitev fasad iz svoje ravnine. Možne porušne mehanizme in oceno nevarnosti prevrnitve preverjamo z metodo FaMIVE, ki jo je razvila Dina D'Ayala leta 2005 (D'Ayala, 2005). Drugi sklop obravnava energetska del sanacije, kjer smo za uvrstitev objekta v energetska razred in podajanje ukrepov za izboljšanje energetskih lastnosti ovoja stavbe uporabili program Gradbena fizika URSA 4.0 podjetja URSA d.o.o.

Poleg uvoda magistrsko delo sestavlja še deset poglavij. V drugem poglavju podamo osnovne informacije o potresih skupaj s podatki za Slovenijo ter podrobneje Kranju kot lokaciji obravnavanega objekta. Tretje poglavje je posvečeno opisu izbrane metode za analizo potresne ranljivosti, to je metodi FaMIVE. Zatem prikazemo uporabljene podatke pri analizi, ki jih opišemo v četrtem poglavju. Peto poglavje služi analizi rezultatov potresne analize ter posledičnim ukrepom za izboljšanje potresne odpornosti nosilnih zidov (fasad) stavbe. Naslednja poglavja obravnavajo energetska del sanacije. V šestem poglavju je navedena trenutna veljavna zakonodaja v povezavi z rabo energije v stavbah, učinkoviti rabi energije ter bodočih smernicah. Energetska izkaznica je kot pokazatelj energetskih karakteristik objekta opisana v sedmem poglavju, ki mu sledi predstavitev programa Gradbena fizika URSA 4.0. Podatki za energetska analizo objekta so prikazani v osmem poglavju. Deveto poglavje je namenjeno predstavitvi rezultatov in ukrepom za izboljšanje ovoja stavbe ter zmanjšanju toplotnih izgub. Izbrani ukrepi in ocena stroškov izvedbe teh ukrepov so prikazani v desetem poglavju. Na koncu je v enajstem poglavju narejen zaključek naloge s povzetkom bistvenih ugotovitev.

2 SPLOŠNO O POTRESIH

Potres je eden izmed naravnih pojavov, kateremu se posveča precejšna pozornost, saj njegovi vplivi predstavljajo veliko nevarnost za življenje ljudi in nevarnost porušitve domov in gospodarskih objektov. Do potresa pride, ko se v notranjosti Zemlje sprosti energija in se ta energija pretvori v seizmično valovanje. Posledice, ki nastanejo ob tem valovanju, so odvisne od količine sproščene energije. Posledice delovanja potresnih sil so uničujoče, zato jih želimo preprečiti oziroma omejiti. Največji problem je, da potresa ne moremo predvideti. Glede na izkušnje iz preteklosti in pridobljenega znanja lahko predvidevamo, kje bo mogoče do potresa prišlo in kakšna približno bo magnituda, ne moremo pa povedati, kdaj bo do potresa prišlo. Vzroki za nastanek potresa so različni. V večini primerov je potres posledica prelomov in premikov kamnin vzdolž tektonskega preloma. Takih potresov je največ in predstavljajo približno 90 % vseh potresov. Pravimo jim tudi tektonski potresi. 7 % vseh potresov nastane zaradi premikov magme pod površino. Okoli 3 % predstavljajo potresi, ki nastanejo kot posledica udorov in podorov. Majhen delež pa predstavljajo potresi kot posledica človekovih dejavnosti in poseganja v Zemljino skorjo (rudarjenje). Najpogostejši vzrok potresov so torej tektonski prelomi, ki nastanejo zaradi premikanja litosferskih plošč. Trdna in hladna litosfera skupaj z vročo in mehkejšo astenosfero sestavlja zunanji del Zemljine skorje. Sama litosfera je sestavljena iz večjih in manjših plošč, ki plavajo na astenosferi in se premaknejo za nekaj centimetrov na leto. Med premikanjem se plošče lahko medsebojno oddaljujejo (nastanejo vmesne cone razpiranja), drsijo druga ob drugi (primer je prelom Svetega Andreja ob Zahodni obali Severne Amerike) ali pa med njimi pride do trkov (uničevanje skorje). Najmočnejši potresi nastanejo zaradi medsebojnega drsenja dveh plošč ali kjer plošči trčita ena ob drugo. Na Sliki 1 so prikazane litosferske plošče.



Slika 1: Litosferske plošče (Vir: Vedež. DZS, 2015)

Jakost potresa opišemo na dva načina. Magnituda potresa pove, kolikšna je energija, ki se sprosti pri potresu. Lestvica za merjenje jakosti potresa glede na magnitudo ima 9 stopenj, kjer pomeni magnituda 8 ali več popolno uničenje objektov ter nastanek večjih razpok na površini. Drugi način opisa potresa je z intenziteto potresa. Ta podatek je opisne narave in pove, kakšen vpliv ima potres na objekte, prebivalce in naravo. V preteklosti se je uporabljala 12-stopenjska lestvica MCS (po Mercalli, Cancani in Seiberg), pri nas pa MSK (Medvedev, Sponheuer in Karnik) s prav tako dvanajstimi stopnjami. Danes za podajanje vrednosti intenzitete uporabljamo 12-stopenjsko evropsko lestvico (European Macroseismic Scale - EMS). Na spodnji sliki je prikazana EMS lestvica z opisi učinkov za posamezno stopnjo na lestvici.

Preglednica 1: Evropska makroseizmična lestvica

Intenziteta EMS	Opredelitev	Opis značilnih opaženih učinkov (skrajšan)
I	Neobčuten	Neobčuten.
II	Komaj občuten	Občutijo redki mirujoči posamezniki v hišah.
III	Šibek	Občuti malo ljudi v zgradbah. Mirujoči ljudje čutijo zibanje ali lahno tresenje.
IV	Pretežno opažen	Občutijo mnogi ljudje v zgradbah, zunaj pa le redki. Nekateri ljudje se zbudijo. Okna, vrata in posoda ropotajo.
V	Močan	V zgradbah občutijo mnogi, zunaj redki. Mnogi se zbudijo. Nekaj se jih prestraši. Zgradbe se v celoti stresejo. Viseči predmeti močno nihajo. Majhni predmeti se premaknejo. Vrata in okna loputajo ali se zaloputnejo.
VI	Neznatne poškodbe	Mnogi ljudje se prestrašijo in zbežijo iz zgradb. Nekateri predmeti padejo. Mnoge hiše utrpijo neznatne nekonstrukcijske poškodbe, npr. lasaste razpoke in odpadanje manjših kosov ometa.
VII	Poškodbe	Večina ljudi se prestraši in zbeži iz zgradb. Pohištvo se premakne in mnogo predmetov pade s polic. Mnogo dobre grajene navadne stavbe pretrpijo zmerne poškodbe: manjše razpoke v stenah, odpadanje ometa, odpadanje delov dimnikov; na starejših stavbah se lahko pokažejo velike razpoke v stenah in zrahljanje polnilnih sten.
VIII	Težke poškodbe	Mnogi ljudje se težko obdržijo na nogah. Na stenah mnogih hiš nastanejo velike razpoke. Posamezne dobro grajene navadne zgradbe kažejo resne poškodbe sten, šibkejše starejše zgradbe pa se lahko zrušijo.
IX	Rušenje	Splošen preplah. Mnoge šibke zgradbe se zrušijo. Celo dobro grajene navadne stavbe kažejo zelo težke poškodbe: večji podori sten in delno uničenje konstrukcije.
X	Obsežno rušenje	Mnoge dobro grajene navadne stavbe se zrušijo.
XI	Uničenje	Večina dobro grajenih navadnih stavb je porušeni in celo nekatere potresno odporno grajene stavbe so uničene.
XII	Popolno uničenje	Skoraj vse stavbe so uničene.

2.1 PROJEKTIRANJE POTRESNO ODPORNIH KONSTRUKCIJ

V Sloveniji se za projektiranje konstrukcij na obremenitve potresnih sil uporablja Evropski standard EN 1998 oziroma slovenski standard SIST EN 1998 (oznaka EC8). Ta standard je potrebno upoštevati na celotnem ozemlju Slovenije, saj je celotno ozemlje definirano kot potresno aktivno, upoštevamo pa ga skupaj z ostalimi Evrokodi, ki obravnavajo projektiranje konstrukcij. Vpliv posameznih nacionalnih značilnosti je zajet v nacionalnem dodatku. Namen standarda je, da z ustreznim projektiranjem v primeru potresa zaščitimo življenja, omejimo škodo in da ostane infrastruktura za civilno zaščito uporabna. Glede na pomembnost stavbe upoštevamo večjo varnost pri projektiranju – upoštevamo večji pospešek, da zagotovimo manjšo možnost porušitve.

Projektiranje konstrukcij po EC8 zahteva izpolnitev pogoja, da ostane konstrukcija v primeru delovanja potresnih sil neporušena, torej da je preprečena globalna in lokalna porušitev. V ta namen se splošne objekte projektira na potres, za katerega obstaja samo 10 % verjetnosti, da bo dosežen ali prekoračen v obdobju 50 let. Ta doba predstavlja amortizacijsko dobo običajnih objektov. Verjetnost prekoračitve je povezana s povprečno povratno dobo preko spodnje enačbe:

$$T_R = - \frac{T_L}{\ln(1 - P_R)}, \quad (1)$$

kjer pomenijo:

T_R ... povprečno povratno dobo,

P_R ... verjetnost prekoračitve določene velikosti potresnega vpliva,

T_L ... vrednost verjetnosti prekoračitve velikosti potresnega vpliva v letih.

Če torej upoštevamo za čas amortizacijske dobe objekta 50 let in privzamemo, da obstaja zgolj 10 % verjetnosti, da se bodo pojavili potresni vplivi, enaki ali večji od projektiranih, znaša povratna doba potresa 475 let v skladu s prej navedeno enačbo.

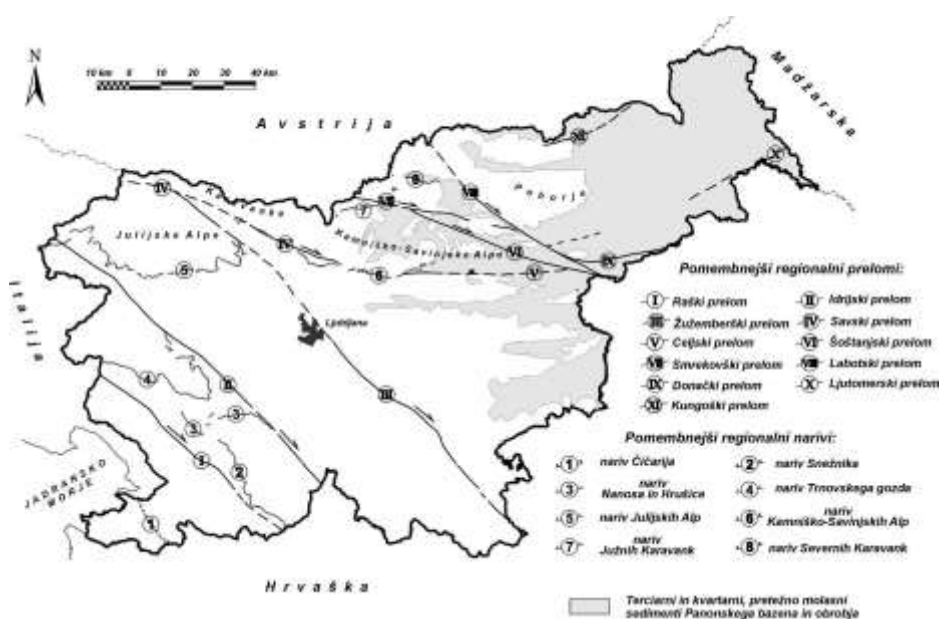
Drugi pogoj iz EC8, ki se zahteva, je omejitev poškodb objekta. Nanaša se na dejstvo, da mora konstrukcija v svoji amortizacijski dobi v primeru potresa ostati brez poškodb, ki bi bile povzročene v takšni meri, da bi nastala znatna škoda v primerjavi z vrednostjo konstrukcije. Izpolnitev pogojev zagotavljamo s kontrolo mejnih stanj: kontrola mejnega stanja nosilnosti mora dokazati, da ima konstrukcija sposobnost sipanja energije in zadostno nosilnost, mejno stanje uporabnosti pa preverja velikost etažnih pomikov v primerjavi z dopustnimi pomiki. Te zahteve zagotavljajo, da v primeru potresa ostanejo stavbe, pomembne za civilno zaščito in reševanje, uporabne.

2.2 POTRESI V SLOVENIJI

Slovenija leži v potresno aktivnem delu sveta, kot je tudi razvidno iz karte potresne nevarnosti. Potresi so na območju slovenskega ozemlja povzročili že precej gmotne škode, predvsem v preteklosti, ko so bile zgradbe zgrajene predvsem iz kamna. Za ta tip gradnje je značilno, da kamniti zidovi predstavljajo vertikalno nosilno konstrukcijo, leseni tramovi pa nosilne elemente medetažnih konstrukcij. Neodpornost takšnega tipa gradnje na potresne vplive je moč zaslediti že v starih pisnih virih. Leta 1895 je tako Ljubljano stresel potres, ki je močno poškodoval precejšnje število stavb, ki so bile večinoma grajene iz kamna v povezavi z lesom. Časovno bližje sta nam potresa v Posočju (leta 1998 in 2004), ki sta prav tako razkrila šibka mesta zidanih kamnitih stavb ob delovanju potresnih sil. Poleg starih kamnitih gospodarskih in kmečkih poslopij so bile v potresu poškodovane tudi stavbe z neustrezno protipotresno gradnjo, saj ni bilo pravilno izvedenih povezav med posameznimi nosilnimi elementi, ki bi prevzeli obtežbo potresnih sil.

2.2.1 Geotektonske plošče in lega Slovenije

Kot je razvidno iz Slike 1, je potresno dogajanje na slovenskem ozemlju odvisno od premikanja in dejavnosti Evropske in Afriške plošče, med katerima leži po velikosti precej manjša Jadranska plošča. Le-ta se vrtil v smeri proti urinemu kazalcu in s tem povzroča narivanje plošče na njeni vzhodni in severni strani, kar pa glede na slovensko ozemlje povzroča tlačeno napetostno polje v približni smeri od severa proti jugu. Ta napetost se sprošča vzdolž prelomov, posledica pa je pojav potresov na teh območjih. Večji prelomi na slovenskem ozemlju so: Idrijski prelom, Celjski prelom, Žužemberški prelom, Blejski prelom, Savski prelom, Cerkljanski prelom ter Šoštanjski prelom, ki so prikazani na spodnji sliki.



Slika 2: Tektonski prelomi na slovenskem ozemlju (Vir: Uprava za zaščito in reševanje Republike Slovenije, 2015)

2.2.2 Karta projektnih pospeškov tal

Potresno odporna gradnja je pomemben faktor, ki vpliva na obnašanje konstrukcije med potresom in ki pomembno vpliva na obseg nastale škode. Takšne vrste gradnja temelji na upoštevanju delovanja potresnih sil in izvedbi detajlov, ki prevzamejo te sile v takšni meri, da je zagotovljena varnost uporabnikov objekta. Za določeno ozemeljsko območje se račun teh sil nanaša na karto potresne nevarnosti, ki kaže, kakšne potrese lahko pričakujemo na posameznem območju. V povezavi s tem se za računanje potresnih sil uporablja karta projektnih pospeškov tal.

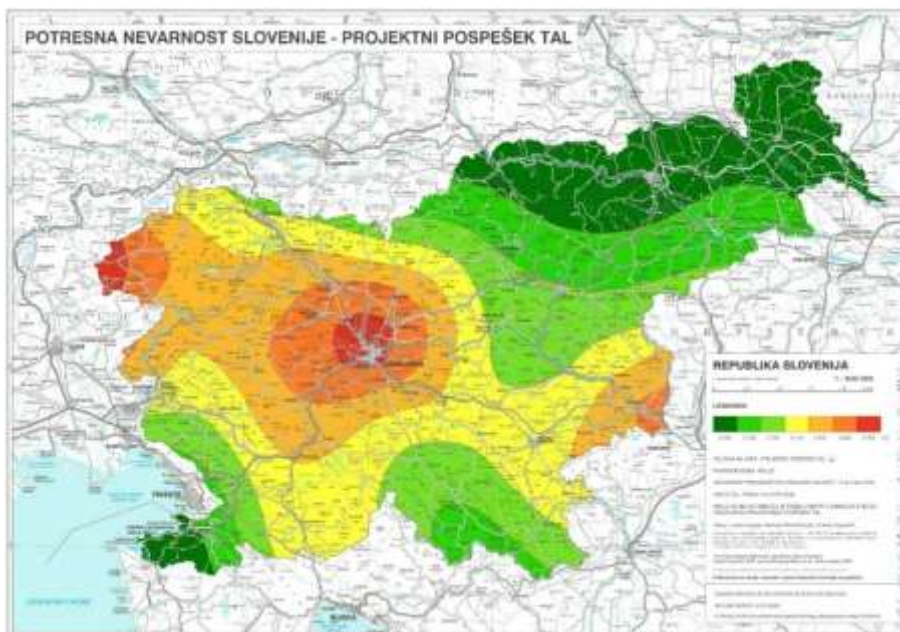
V Sloveniji uporabljamo karto projektnega pospeška tal za povratno dobo 475 let. Projektni pospešek tal je pospešek, ki je enak največjemu absolutnemu pospešku tal na določenem območju. Je merljiva fizikalna veličina in omogoča določitev potresnih obremenitev. Vrednosti na karti pospeškov tal so določene za tip tal A, torej za dobra, trdna tla. Za ostala območja je treba pospešek ustrezno pomnožiti s pripadajočim koeficientom tal v skladu z EC8. Ti koeficienti so prikazani v Preglednici 2.

Preglednica 2: Vrednosti koeficienta tal S za različne vrste temeljnih tal

Vrsta tal	S
A	1,0
B	1,2
C	1,15
D	1,35
E	1,7

Temeljna tla A predstavljajo dobro nosilna in trdna tla, kot so skalnate podlage. Tip tal B predstavlja zelo gost pesek, prod ali zelo togo glino, kjer se z naraščanjem globine mehanske lastnosti povečujejo. Globoki sedimenti gostega ali srednje gostega peska, proda ali gline spadajo v tip tal C. V D in E se nahajajo sedimenti nevezljivih zemljin. S slabšanjem kakovosti nosilnih tal se vrednost koeficienta tal torej povečuje, saj je tu zajet vpliv slabše nosilne podlage. Dodatno se tu navajata še tipa tal S1 in S2, za katerega je značilnost visoka vsebnost vode oziroma podvrženost likvefakciji. Potovanje potresnih valov je hitro, če je zemljina dobra, torej primerna za temeljenje objektov.

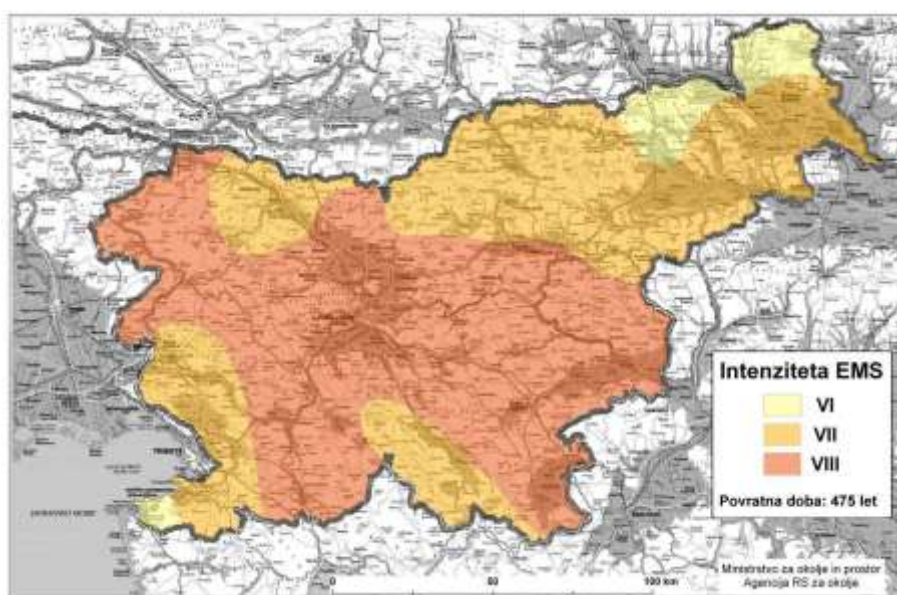
Na Sliki 3 prikazujemo karto projektnih pospeškov za Slovenijo.



Slika 3: Projektni pospešek tal za Slovenijo (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)

2.2.3 Karta intenzitete

V primerjavi s pospeškom tal intenzitete potresa ne moremo izmeriti. Intenziteta namreč podaja opis potresnih učinkov na ljudi in objekte ter je v tem pogledu primerna za obveščanje javnosti o potresu, ki se je zgodil. Karto intenzitete se uporablja za namene varstva pred naravnimi nesrečami ter pri določanju ukrepov za zmanjšanje oziroma preprečevanje škode, ki nastane ob potresih. Karta je nastala ob upoštevanju učinkov preteklih potresov ter zato vsebuje tudi nekaj značilnosti dejanskih tal glede na opazovano lokacijo.



Slika 4: Karta potresne intenzitete s povratno dobo 475 let (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)

Na Sliki 4 vidimo, da lahko na območju Slovenije pride do potresa največje intenzitete VII oziroma VIII po lestvici EMS. Potresi v Sloveniji lahko kljub majhnim magnitudam povzročijo veliko škodo zaradi plitvih žarišč (nekje od 10 pa do 30 kilometrov pod površjem). Območje največje potresne nevarnosti pri nas se nahaja v osrednjem delu slovenskega ozemlja skupaj z severozahodnim in jugovzhodnim delom države. Najmanj potresno nevarni predeli v Sloveniji so območja severovzhodnega dela države (Prekmurje) ter jugozahodnega dela. Kljub dosedanjim izkušnjam in pridobljenemu znanju pa je možen tudi pojav potresa, ki bi povzročil večjo škodo oziroma učinke od predvidenih.

Povezava med magnitudo in intenziteto potresa ni enolično določena. Odvisna je od več faktorjev: od globine žarišča potresa, geoloških in topografskih lastnosti, od točke opazovanja potresa. Na podlagi intenzitet (poškodb na objektih) v okolici epicentra potresa lahko ocenimo magnitudo večjih potresov v preteklosti. Enemu potresu torej v splošnem pripada ena magnituda ter več intenzitet, določenih na različni oddaljenosti od epicentra. Intenziteta se navezuje oziroma spreminja glede na lokacijo in oddaljenost od lokacije potresa, magnituda pa na količino sproščene energije.

Empirična formula, ki povezuje magnitudo in intenziteto:

$$I = 1,5 \cdot M - 0,5. \quad (2)$$

Ta formula velja v območju poleg epicentra.

2.2.4 Kranj na karti pospeška tal in karti intenzitete

Pregled opisanih kart za določevanje potresne nevarnosti v Sloveniji pokaže, da se Kranj nahaja v potresno aktivni coni, kjer je projektni pospešek do 0,225 težnostnega pospeška g, ter spada v območje, kjer lahko pričakujemo vplive do VIII stopnje po EMS lestvici, kar vidimo tudi na Sliki 5.



Slika 5: Kranj na karti projektne pospeška tal (levo) in karti intenzitete (desno) (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)

Da Kranj spada med bolj potresno ogrožena mesta v Sloveniji, lahko razberemo tudi iz Ocene potresne ogroženosti Republike Slovenije iz leta 2013, ki jo je pripravila Uprava Republike Slovenije za zaščito

in reševanje v okviru Ministrstva za obrambo. Po oceni iz tega dokumenta se na podlagi pričakovane intenzitete in števila prebivalcev občine in regije razdeli v pet razredov ogroženosti ob potresu. Razredi ogroženosti so prikazani v Preglednici 3.

Preglednica 3: Razredi in stopnje ogroženosti

Razred ogroženosti	Stopnja ogroženosti
1	Majhna
2	Srednja
3	Velika
4	Zelo velika 1
5	Zelo velika 2

Prvi razred ogroženosti predstavlja najmanjšo stopnjo ogroženosti. Zanj je značilno, da vsi so prebivalci občine na območju intenzitete V ali manj po EMS lestvici. V drugem razredu ogroženosti so vse občine, kjer se vsi prebivalci nahajajo na območju VI po EMS. Za naš primer sta zanimiva zadnja dva razreda, torej četrti in peti, saj je zanj značilno, da se vsi prebivalci ali del prebivalcev obravnavane občine nahaja na območju VII po EMS ali več. Če ima občina več kot 9000 prebivalcev, spada v peti razred, sicer pa v četrti razred ogroženosti.

Na Sliki 6 so tabelarično prikazane vrednosti, ki določajo, v kateri razred ogroženosti spada posamezna občina. Prikaz je izveden za občine gorenjske regije zaradi lege mesta Kranj. Slika je privzeta iz Ocene potresne ogroženosti Republike Slovenije.

REGIJA	OBČINA	ŠTEVILO PREBIVALCEV				RAZRED OGROŽENOSTI
		Območje VI po EMS	Območje VII po EMS	Območje VIII po EMS	SKUPNO število prebivalcev	OBČINE
GORENJSKA (18 občin)	Bled		7969		7969	3
	Bohinj		4790	333	5123	4
	Cerklje na Gorenjskem			6568	6568	4
	Gorenja vas - Poljane			7112	7112	4
	Gorje		2841		2841	3
	Jesenice		20.325		20.325	3
	Jezerško			668	668	4
	Kranj		41	50.670	50.711	5
	Kranjska Gora		2074	3182	5256	4

Slika 6: Razredi ogroženosti za občine v Gorenjski regiji (Vir: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015)

Glede na pridobljene podatke iz Slike 6 lahko torej razberemo, da se lokacija objekta nahaja na potresno nevarnem območju z oznako najvišjega razreda ogroženosti, to je z razredom ogroženosti 5.

3 METODA FAMIVE

Metoda FaMIVE (*angl. Failure Mechanisms Identification and Vulnerability Evaluation*) analizira potresno odpornost glede na možnost pojava lokalnih porušnih mehanizmov. Avtorica metode je Dina D'Ayala (D'Ayala, 2005). Metoda temelji na analizi mejnih stanj kamnitih fasad starejših zidanih objektov, zato je primerna za podajanje ocene potresne ranljivosti starih mestnih jeder kot celote, uporabna pa je tudi za ocenjevanje ranljivosti fasad posameznih kamnitih zgradb. Namen analize z metodo FaMIVE je napoved faktorja strižnih obremenitev v % v primerjavi s pospeškom prostega pada g . Posledica obremenitev je nastanek določenih poškodb in mehanizmov porušitve. Mehanizmi porušitve podajo možne načine poškodbe stavb, potresne ranljivosti in indeksa poškodovanosti stavb. Pri tem ima pomembno vlogo natančno in sistematično zbiranje podatkov ter natančno pregledovanje objektov. Prednost metode FaMIVE v primerjavi s podobnimi metodami je v njeni prilagodljivosti, saj lahko analiziramo objekte z razgibano tlorisno površino, z upoštevanjem različnega vgrajenega materiala (kamen, opeka, les, železo), tipa nosilnega sistema (stene, oboki, leseni stropi, betonske plošče), z možnostjo izvedbe določenih utrditvenih ukrepov pa tudi preverjamo smiselnost in vpliv le teh na fasade objekta. Dodatna prednost metode je v velikem številu zajetih možnih ravninskih in izven ravninskih porušitev fasad. FaMIVE metoda je bila uporabljena za oceno potresne odpornosti v mnogih kulturno zgodovinskih območjih mest v Italiji, Turčiji in Nepal, kjer se je pokazalo, da je uporabno in natančno orodje za ocenjevanje potresne ranljivosti (D'Ayala D., Novelli V., 2012).

3.1 Opis metode

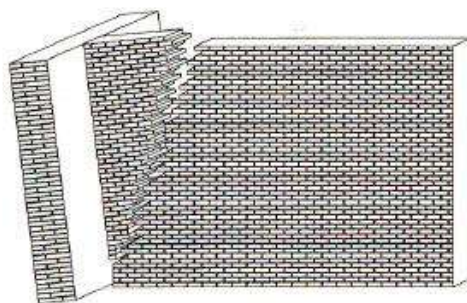
Metoda FaMIVE je bila v sklopu analiziranja potresne ranljivosti objektov uporabljena tudi v Sloveniji. Pri izdelavi diplomske naloge z naslovom Ocena potresne ranljivosti stavb v Posočju z analizo lokalnih mehanizmov porušitve je metodo uporabila Mojca Sevšek (Sevšek, 2011), da bi ocenila stanje izbranih zidanih objektov starejše gradnje v Posočju, leto kasneje pa je metodo uporabila tudi Daša Novak pri izdelavi diplomskega dela z naslovom Študija potresne ranljivosti starega mestnega jedra Ljubljane (Novak, 2012). Medtem ko je šlo v primeru analize objektov v Posočju za samostojne objekte, je analiza starega mestnega jedra Ljubljane vključevala predvsem hiše, ki imajo eno ali več povezanih sten s sosednjimi objekti. Ozadje izračuna po metodi FaMIVE je povzeto iz naloge Daše Novak.

Glede na vnesene podatke program izračuna faktor obremenitve za posamezno fasado objekta in sicer za vsako fasado možne mehanizme porušitve. Faktor obremenitve ESC (*angl. Equivalent shear capacity*) je odvisen od:

- povezanosti posamezne fasade z nanjo pravokotnimi vertikalnimi zidovi in medetažnimi konstrukcijami,
- lastnosti zidovine fasade,
- koeficienta trenja med gradniki zidu (kamen, opeka).

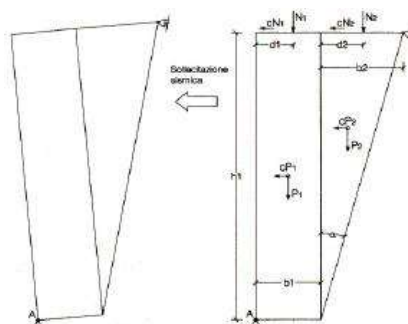
Najbolj kritičen mehanizem je tisti, ki ima največji učinek na stabilnost stavbe kot celote. Iz tega sledi, da ni vedno merodajni mehanizem, ki ima največjo vrednost ESC faktorja, ampak tisti, ki ob upoštevanju preostalega dela stavbe povzroči največ škode.

Račun faktorja ESC prikažemo na spodnjem primeru. Obravnavamo povezavo fasade z zidom slabih karakteristik (Slika 7). Iščemo faktor obremenitve za pretrg zidu in prevrnitev fasade. Račun poteka glede na vrtiliščno točko sistema, v danem primeru točko A, kot je prikazano na Sliki 8.



Slika 7: Prevrnitev fasade skupaj z delom zidu (Vir: Modena, C. 2005 cit. po Novak, 2012)

Pri določanju ESC moramo poznati geometrijske karakteristike zidu ter teže posameznih delov. Slika 8 prikazuje, katere sile delujejo na fasado in v kateri smeri.



Slika 8: Shematski prikaz sil pri računu ESC (Vir: Modena, C. 2005, cit. po Novak, 2012)

Faktor obremenitve za dani primer izračunamo po enačbi (3):

$$ESC = \frac{P_1 \cdot \frac{b_1}{2} + N_1 \cdot d_1 + P_2 \cdot \left(b_1 + \frac{b_2}{3}\right) + N_2 \cdot (b_1 + d_2)}{P_1 \cdot \frac{h_1}{2} + N_1 \cdot h_1 + P_2 \cdot \frac{2h_1}{3} + N_2 \cdot h_1} \quad (3)$$

Uporabljene količine v formuli predstavljajo:

ESC ... porušni faktor obremenitve,

N_1, N_2 ... osni sili,

P_1, P_2 ... lastni teži posameznega dela (fasada, pretrgani zid),

b_1, b_2 ... širina konstrukcijskega elementa,

d_1, d_2 ... razdalja od delovanja osne sile do roba posameznega elementa,

h_1 ... višina fasade.

Potresno ranljivost posamezne fasade se po metodi FaMIVE izračuna z enačbo (4):

$$V = \frac{d_i \cdot d_e}{ESC}, \quad (4)$$

kjer uporabljene količine predstavljajo:

V ... potresna ranljivost fasade,

d_i ... koeficient, ki je odvisen od dimenzij fasade in medetažnih konstrukcij, ki delujejo pri porušitvi,

d_e ... koeficient učinka aktivacije posameznega mehanizma na stabilnost celotne konstrukcije,

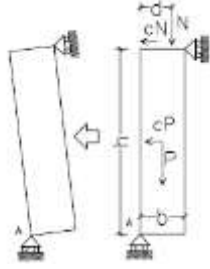
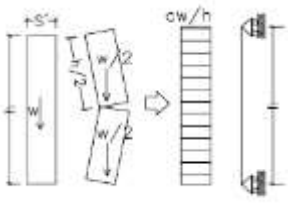
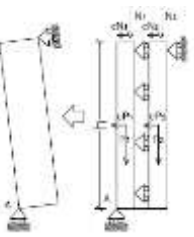
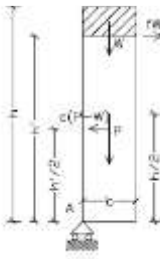
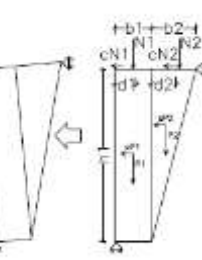
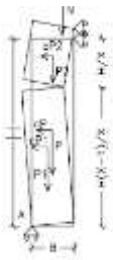
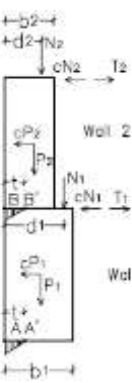
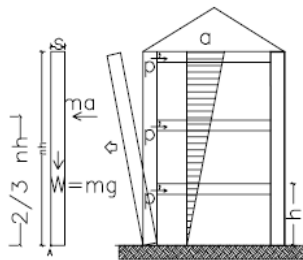
ESC ... faktor obremenitve, odvisen od povezave fasade in zidov ter medetažnih konstrukcij in trenja med gradniki.

Glede na izračunano vrednost potresne ranljivosti V se objekte razvršča v štiri razrede (D'Ayala in sod., 2012):

- nizka; $V < 3,5$,
- srednja; $3,5 < V < 7$,
- visoka; $7 < V < 15$,
- zelo visoka; $V > 15$.

V spodnji preglednici so podani shematski prikazi različnih kinematičnih modelov za izven ravninske porušitve ter formule za izračun ESC faktorja.

Preglednica 4: Kinematični modeli za izven ravninske mehanizme porušitve (Vir: Modena, 2004, cit. po Sevšek, 2011)

Prevrnitev monolitne pravokotne fasade	Izven ravninska ločna porušitev
 $c = \frac{P \times \frac{b}{2} + N \times d}{P \times \frac{h}{2} + N \times h}$	 $c = \min\left(\frac{2s^2}{h}; \frac{(\sigma_t + \frac{W}{2}) \frac{4}{3} s^{1/2}}{wh^2}\right)$
<p>Prevrnitev dvoslojnega zidu fasade</p>  $c = \frac{P_1 \times \frac{b_1}{2} + N_1 \times d_1}{(P_1 + P_2) \times \frac{h}{2} + (N_1 + N_2) \times h}$	<p>Prevrnitev fasade na vrhu z zaključno vod. vezjo</p>  $c = 2f \frac{h-h'}{h} + \frac{bh}{h^2}$
<p>Prevrnitev fasade s ⊥ zidom slabih karakteristik</p>  $c = \frac{P \times \frac{b}{2} + N_1 \times d_1 + P_2 \times \left(\frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3}\right) + N_2 \times (b_1 + d_2)}{P_1 \times \frac{h}{2} + N_1 \times h_1 + P_2 \times \frac{2h}{3} + N_2 \times h_2}$	<p>Prevrnitev fasade, na vrhu ojačane z vezmi</p>  $c = \frac{B}{H} \cdot \frac{2x + \left(\frac{N}{P}\right)(x+1)x}{x-1}$
<p>Prevrnitev fasade s spremenljivo debelino</p>  $c = \frac{P_2 \times \frac{b_2}{2} + P_3 \times \frac{b_3}{2} + N_2 \times d_2 + N_3 \times d_3}{P_2 \times \frac{h_2}{2} + N_2 \times h_2 + P_3 \times \left(h_2 + \frac{h_3}{2}\right) + N_3 \times (h_2 + h_3)}$	<p>Globalna prevrnitev celotne fasade</p>  $c = 0.75 \frac{s}{h} \times \frac{1}{n} + \frac{p'}{W} n$

3.2 Mehanizmi porušitve v metodi FaMIVE

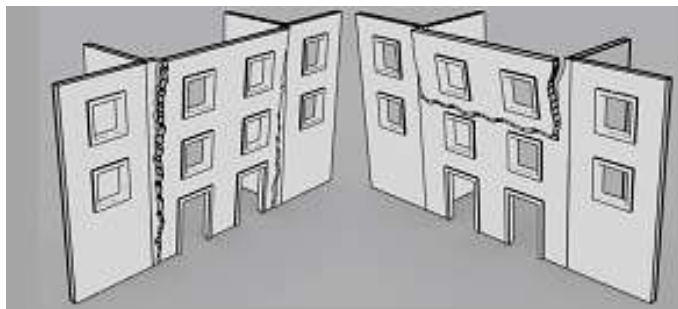
Mehanizmi porušitve metode FaMIVE se delijo v tri sklope, in sicer v sklop izven ravninskih porušitev fasad, ravninskih porušitev fasad ter porušitev, ki so kombinacije ravninskih in izven ravninskih

porušitev. V sklopih so zajeti možni porušni mehanizmi, ki se razvijejo med delovanjem potresnih sil zaradi nepravilne izvedbe detajlov povezanosti fasad in nanj pravokotnih nosilnih zidov, slabih vogalnih stikov, zaradi slabe zidovine. Pojav posameznega mehanizma je odvisen od več spremenljivk, ki pogojujejo nastanek porušnega mehanizma: vrste tal, materiala zidovine, usmerjenosti nosilne konstrukcije med etažami, odprtih na fasadah in drugih faktorjev, ki jih je treba upoštevati. V naslednjih štirih podpoglavjih so podani mehanizmi, značilni za posamezen sklop.

3.2.1 Izven ravninski mehanizmi porušitve

3.2.1.1 Mehanizem A – izpad fasadnega zidu izven ravnine

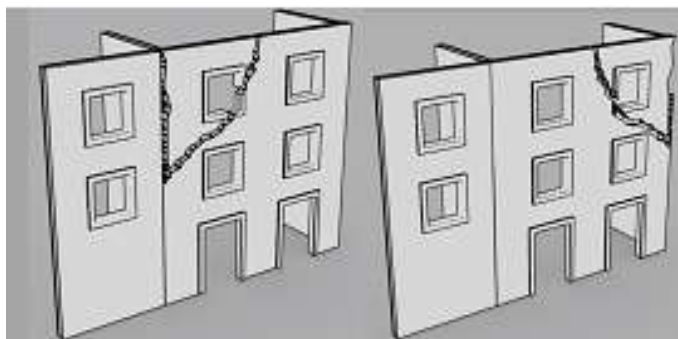
Mehanizem se pojavi, ko fasada ni povezana s sosednjima fasadama oziroma je povezava slaba. Pri tem se lahko zgodi, da fasada pade v celoti izven ravnine ali pa pade del le-te (Slika 9).



Slika 9: : Mehanizem A - izpad zidu iz ravnine; levo: izpad celotne fasade, desno: izpad dela fasade (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.1.2 Mehanizem D – diagonalni izpad zidu iz ravnine

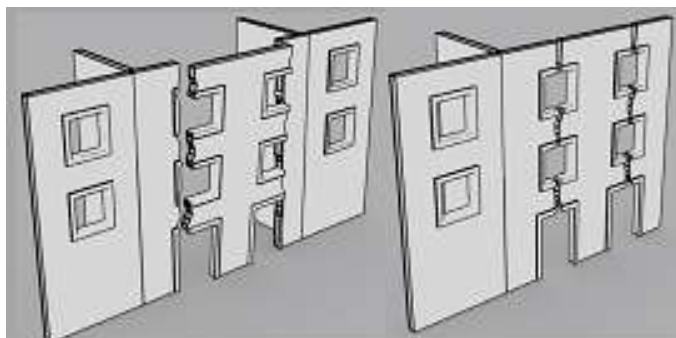
Porušni mehanizem nastane, ko je povezava med fasadnim zidom in z njim povezanim vertikalnim zidom šibka ali povezave sploh ni, kot je vidno na Sliki 10.



Slika 10: Mehanizem D - diagonalni izpad zidu iz ravnine (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.1.3 Mehanizem E – izpad vertikalnega pasu zidu iz ravnine

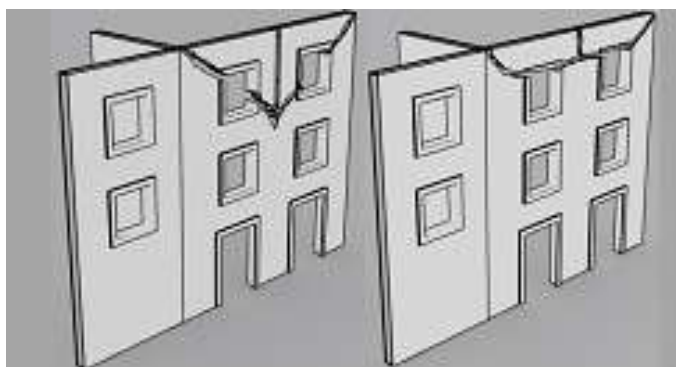
Mehanizem se pojavi, ko je v fasadi več odprtin v vertikalni liniji ter so povezave med sredinskim pasom fasade in preostalo steno preko predelov nad okni šibke (Slika 11).



Slika 11: Mehanizem F – izpad vertikalnega pasu iz ravnine fasade (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.1.4 Mehanizem G – vodoravni ločni efekt

Porušni mehanizem G (Slika 12) nastane zaradi šibkih povezav med vertikalno in medetažno konstrukcijo, zaradi pomanjkanja protipotresnih vezi ali zaradi narivanja strešne konstrukcije.

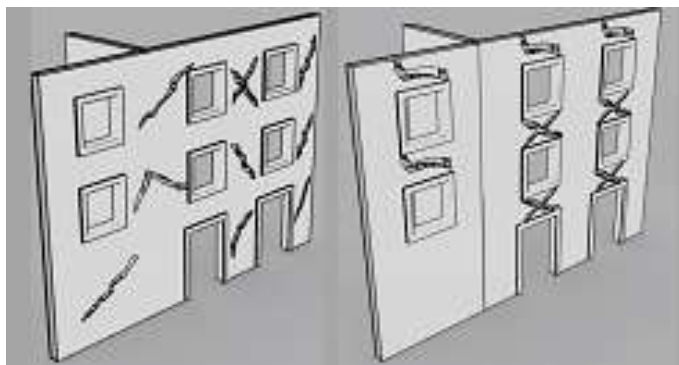


Slika 12: Mehanizem G - vodoravni ločni efekt (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.2 Ravninski mehanizmi porušitve

3.2.2.1 Mehanizem H – porušitev v ravnini

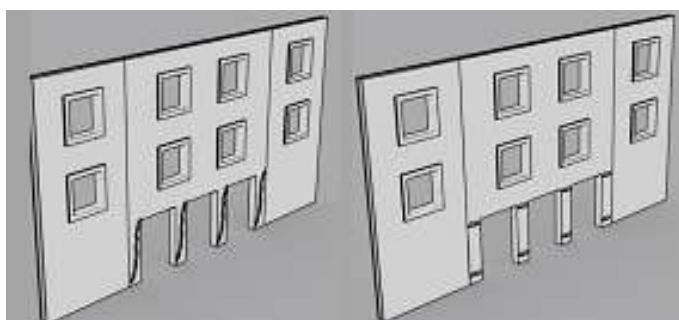
Pri tem mehanizmu se pojavijo diagonalne razpoke med odprtinami (Slika 13) ali pa se diagonalne razpoke pojavijo v prekladah nad odprtinami elementov. Možen je seveda tudi pojav obeh tipov razpok hkrati. Do pojava razpok med odprtinami pride zaradi premajhnih dimenzij debeline zidov, medtem ko je za nastanek razpok nad odprtinami kriv premajhen prerez preklad.



Slika 13: Mehanizem H - pojav diagonalnih razpok ob odprtinah (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.2.2 Mehanizem M – efekt mehke etaže

Do pojava mehke etaže pride v stavbah, kjer so v pritličnih prostorih zaradi namembnosti le teh (restavracije, prodajalne, izložbe) velike odprtine za zasteklitev, ki oslabijo nosilno konstrukcijo. Zaradi tanjših prerezov teh stebrov pride pri potresni obremenitvi do prelomov v prečni ali diagonalni smeri, kot je prikazano na Sliki 14.

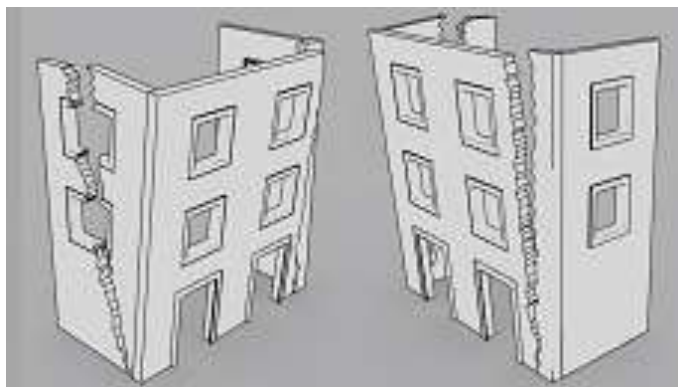


Slika 14: Mehanizem M - efekt mehke etaže (Vir: FaMIVE, 2015)

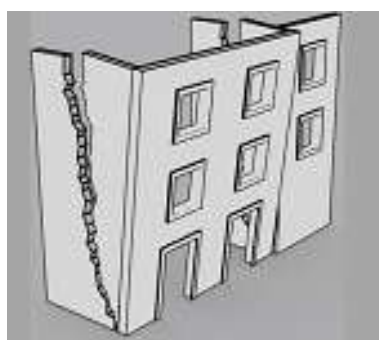
3.2.3 Kombinirane oblike porušnih mehanizmov

3.2.3.1 Mehanizem B – izpad fasade in pasnic izven ravnine

Mehanizem se pojavi v primerih, ko pride do skupne prevrnitve fasade in dela nanjo pravokotnih zidov, ki so v vogalu medsebojno povezani. V odvisnosti od kvalitete stika med posamezni elementi ločimo primer, ko skupaj s fasado izpade iz ravnine samo en del pasnice, in primer, ko izpadeta obe pasnici. Če je izvedena vogalna povezava dobra, bo prišlo do diagonalne razpoke na pasnici zidu. V primeru slabega vogalnega stika pa se vertikalna razpoka pojavi že na stiku fasade in pasnice. Oba primera sta prikazana na spodnjih slikah.



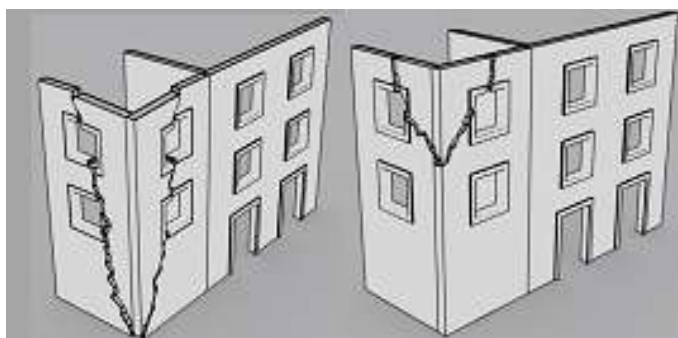
Slika 15: Mehanizem B - izpad fasade in ene pasnice izven ravnine (Vir: FaMIVE, 2015)



Slika 16: Mehanizem B - izpad fasade in obeh pasnic izven ravnine (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.3.2 Mehanizem C – izpad vogala stavbe

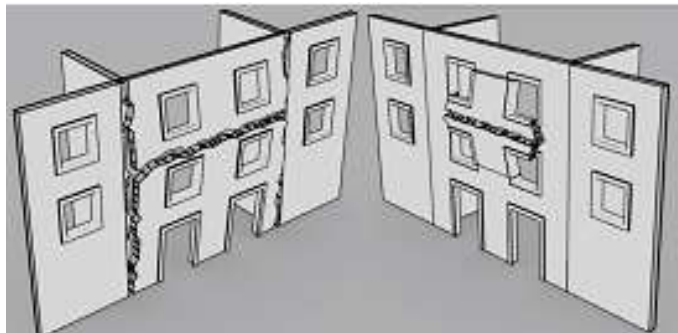
Do tega porušnega mehanizma lahko privedejo diagonalne razpoke, ki so posledica slabe povezanosti dveh sten s skupnim vogalom, kjer stavba ni v stiku s fasadami oziroma zidovi drugih zgradb (Slika 17). Do tega mehanizma lahko privede tudi razrivanje špirovcev na vogalih stavbe.



Slika 17: Mehanizem C - izpad vogala (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.3.3 Mehanizem F – navpični ločni efekt

Nastanek tega porušnega mehanizma je posledica slabe povezave med posameznimi nosilnimi elementi vertikalne in horizontalne konstrukcije (leseni stropniki v povezavi s kamnitim zidom), pomanjkanje protipotresnih elementov ter napak pri načrtovanju objekta. Poškodbe so vidne na Sliki 18.

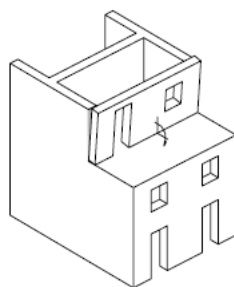


Slika 18: Mehanizem F - navpični ločni efekt (Vir: FaMIVE, 2015)

3.2.4 Delne porušitve objekta

3.2.4.1 Mehanizem I – izpad nadzidanega dela

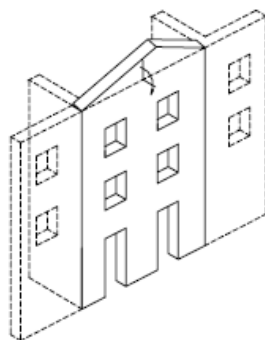
Do tega mehanizma pride v primerih, ko potekajo vertikalni nosilni sistemi nezvezno po višini objekta in imajo elementi zato drugačno togost v primerjavi s togostmi spodnjih elementov (Slika 19).



Slika 19: Mehanizem I - izpad nadzidanega dela (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)

3.2.4.2 Mehanizem L – prevrnitev zatrepnega zidu

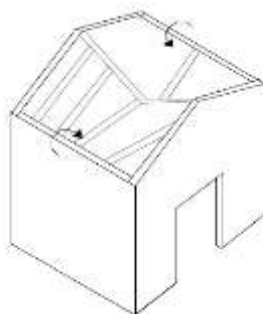
Pri starejših zidanih objektih je veliko zatrepnih zidov zgrajenih brez ustrezne povezave s spodnjim nosilnim zidom in strešno konstrukcijo, debeline zatrepnih zidov pa so včasih tudi tanjše v primerjavi z ostalimi zidovi. Delovanje potresnih sil privede do prevrnitve zatrepnega zidu, kar povzroči nadaljnjo škodo tudi na strešni konstrukciji. Prikaz omenjenega mehanizma je prikazan na Sliki 20.



Slika 20: Mehanizem L - prevrnitev zatrepnega zidu (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)

3.2.4.3 Porušitev strehe ali nadstropja

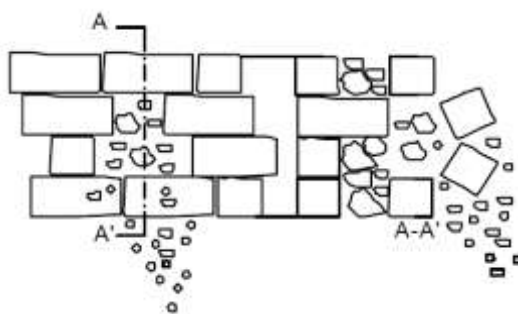
Porušitev strehe povzroči slaba povezanost nosilnega zidu in strešne konstrukcije (Slika 21), kar privede do razmikanja in zdrsov špirovcev ter posledično do sesutja strešne konstrukcije. Podobno slaba povezanost stropnikov in vertikalnega nosilnega zidu povzroči porušitev etaže.



Slika 21: Porušitev strehe ali medetažne konstrukcije (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)

3.2.4.4 Porušitev zidovine

Do porušitve zidovine privede slaba povezanost med gradniki zidu, slab vezni material, votline med gradniki zidu ali zaradi nepravilnega postopka gradnje. V zidu se posledično posamezni sloji razslojijo in pričnejo razpadati. Slika 22 kaže razpadanje zidovine zaradi nepovezanosti gradnikov.



Slika 22: Razpadanje zidovine (Vir: d'Ayala, D. in Speranza, E., 2002)

4 PODATKI ZA ANALIZO S PROGRAMOM FAMIVE

V tem poglavju so predstavljeni podatki, ki jih potrebujemo za oceno potresne ranljivosti pri analizi z metodo FaMIVE. Podatki so bili posredovani s strani upravnika objekta, vendar so bili le-ti nepopolni oziroma pomanjkljivi, zato je bil del podatkov pridobljen na ogledu objekta. Kljub ogledu in posredovanim podatkom je bilo potrebno del podatkov predpostaviti na podlagi podobnih objektov enake starosti ter na podlagi strokovne literature, saj se brez posegov v konstrukcijo objekta ne da natančno določiti sestave in lastnosti materialov. Nepopolno poznavanje lastnosti objekta privede do uporabe faktorjev zaupanja, s katerimi zajamemo vpliv parametrov, ki vplivajo na rezultate analize, vendar ti niso določeni na podlagi poznanih vrednostih, ampak predpostavljenih. Določitev in uporaba faktorjev zaupanja je predstavljena v točki 4.1.

4.1 Faktorji zaupanja

Kot je bilo omenjeno v prejšnjem odstavku, se zaradi nepoznavanja določenih lastnosti stavbe in materialov uporabljajo faktorji zaupanja, s katerimi zajamemo vpliv netočnih podatkov, ki smo jih predpostavili. Faktor zaupanja je torej odvisen od stopnje poznavanja stavbe. Le-ta je definirana v EC8-3. Označimo jo s kratico KL (*angl. Knowledge Level*) in jo razdelimo v tri razrede v odvisnosti od poznavanja stavbe:

- omejeno poznavanje (*angl. Limited Knowledge*), ki ga označimo s KL1,
- dobro poznavanje (*angl. Normal Knowledge*), ki ga označimo s KL2,
- popolno poznavanje stavbe (*angl. Full Knowledge*), ki ga označimo s KL3.

Kriteriji za razvrščanje v posamezno stopnjo poznavanja so določeni na podlagi znanih podatkov o geometriji konstrukcije, nosilnih elementov in njihovih medsebojnih povezav ter tudi od materiala ter ohranjenosti le-tega. Faktor zaupanja določimo v odvisnosti od izbrane stopnje zaupanja. Postopek določitve je prikazan na spodnji sliki.

Stopnja zaupanja	Geometrija	Konstrukcijski elementi	Lastnosti materiala	Analitične metode	Faktor zaupanja CF
KL1 →	pregled strukture	→ omejeni pregled →	→ omejeno test. →	→ vse →	→ 1,35 →
KL2 →		→ razširjen in celovit →	→ razširjeno test. →	→ vse →	→ 1,2 →
KL3 →		→ pregled →	→ celovito test. →	→ vse →	→ 1 →

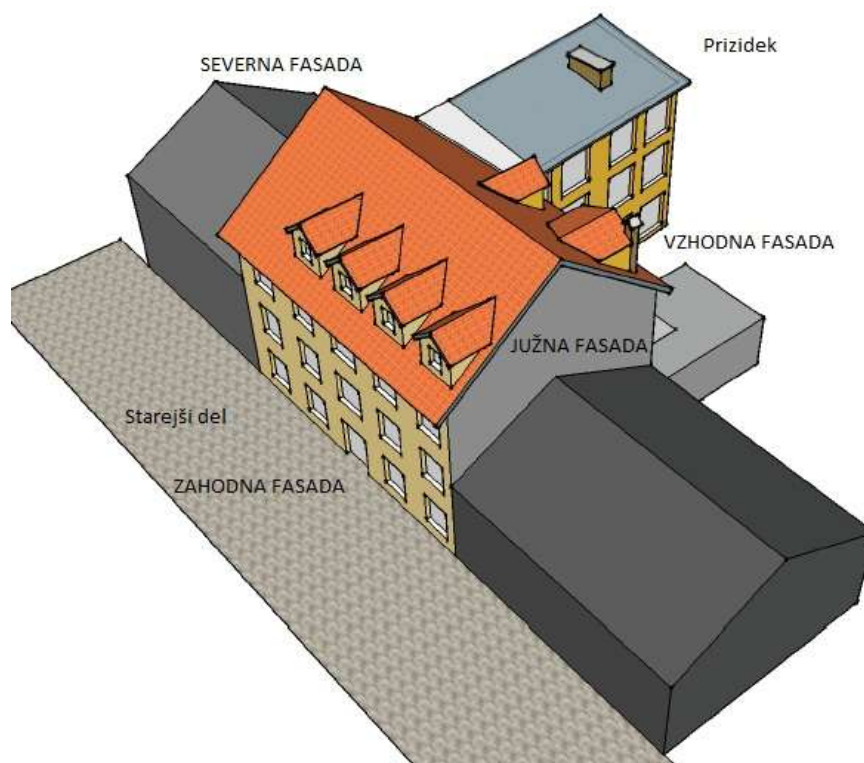
Slika 23: Določitev faktorja zaupanja CF (Vir: Bosiljkov, 2012, cit. po Novak, 2012)

Glede na to, da je za obravnavani objekt bila pridobljena dokumentacija, vendar kljub temu nekaterih podatkov ni bilo mogoče natančno določiti, se odločimo za uporabo faktorja zaupanja z vrednostjo $CF = 1,35$. Ta faktor uporabimo, da z njim reduciramo vrednost ESC faktorja, ki ga dobimo pri analizi z metodo FaMIVE:

$$ESC_r = \frac{ESC (FaMIVE)}{CF} . \quad (5)$$

4.2 Splošni podatki o objektu

Predmet analize je nestanovanjska stavba v lasti ZVKDS. Nahaja se v starem delu Kranja, na Tomšičevi ulici. Objekt je označen s številko 7. Kot je značilno za stare mestne ulice, tudi to ulico sestavlja niz zidanih hiš, ki imajo skupne stranske zidove, frontalne fasade s pogledom na ulico ter zadnjimi fasadami s pogledom na dvorišče za objektom. Objekt (osnovni del) je bil zgrajen leta 1890. Leta 1977 so osnovnemu delu objekta dodali še prizidek. Stari del objekta ima poleg pritličja še dve nadstropji ter podstrešje, v katerem je bilo stanovanje. V pritličju se nahajajo razstavni prostori ter prostori za osebje ustanove. Pisarne v prvem nadstropju uporablja vodja registra, v tem nadstropju pa se nahaja tudi arhiv in soba za dokumentacijo. Drugo nadstropje je namenjeno pisarnam za konservatorje in arheologe. Pritlični prostori v prizidku so namenjeni restavratorskim delavnicam, višja nadstropja služijo kot pisarne direktorja, tajnice in uradnikov. Na Sliki 24 je prikazan model objekta z oznakami fasad.



Slika 24: Model objekta v programu SketchUp (Vir: Google SketchUp, 2015)

4.3 Podatki o posameznih konstrukcijskih sklopih

V tej točki podamo podrobnejši opis sklopov ter materialov, ki jih sestavljajo. Nekatere podatke ni bilo mogoče pridobiti, zato smo jih predpostavili na podlagi razpoložljive dokumentacije ter strokovne literature.

4.3.1 Temelji

Podatke o temeljih smo privzeli iz starih načrtov, ki nam jih je v pomoč pri analizi objekta posredoval ZVKDS. Temelje objekta se je izvajalo s kamniti zidovi. Postavitev temeljev je odvisna od postavitve notranjih nosilnih sten, v splošnem naj bi veljalo, da se pod vsako nosilno steno nahaja pasovni temelj. Objekt ni podkleten. Pri analizi upoštevamo povratno dobo 475 let za dobra tla (skalnata).

4.3.2 Stene

Vertikalno nosilno konstrukcijo objekta predstavljajo zidovi različnih debelin in sestav. V starejšem delu objekta je zid v pritličju iz kamnja, v ostalih etažah pa nosilno konstrukcijo predstavljajo opeke starega avstrijskega formata 29 x 14 x 6,5 cm. Gradniki so med seboj povezani z apneno malto. Skupna debelina zunanjih sten znaša 0,70 m na zahodni fasadi v pritličnem delu objekta, ki se v višjih etažah zmanjša na 0,45 m. Debelina vzhodne fasade znaša 0,52 m; debelina severne in južne pa 0,40 m. Novejši prizidek je zgrajen iz opečnatih modularnih blokov, med katerimi kot vezivo služi cementna malta. Na stikih zidov so izvedeni armiranobetonskimi vogali. Skupna debelina zunanjih sten prizidka je 0,40 m, kot je vidno tudi na tlorisu v Prilogi B na Listu 0.1.

Obravnavani objekt je v primerjavi s sosednjima objektoma v ulici za etažo višji, iz česar lahko sklepamo, da so bili objekti zgrajeni v različnih časovnih obdobjih. Pregled podatkov za stavbi poleg obravnavane na portalu e-prostor (Spletni portal e-prostor, 2015) potrди domnevo, saj sta bili zgrajeni leta 1850, torej 40 let pred gradnjo objekta analize. Iz tega lahko sklepamo, da objekt v vogalih ni povezan s sosednjima objektoma, kar vpliva tudi na obnašanje objekta pri delovanju potresnih sil. Prisotnost veznih elementov kot so sidra ter vezi na fasadah ni opaziti oziroma jih termografski posnetki ne razkrivajo. Fasade nimajo vidnih poškodb na površini.

Notranje predelne stene so po prenovi v letu 2001 iz mavčno kartonskih plošč skupne debeline celotnega sklopa 0,08 m. Obstoječe notranje stene so različnih debelin ter so grajene iz opečnatih modularnih blokov v prizidku oziroma iz opek v starejšem delu.

Podrobna sestava sten kot nosilne vertikalne konstrukcije je podana v poglavju energetske sanacije, saj je debelina posameznega materiala skupaj z njegovimi lastnostmi pomembna pri računu prehoda toplote skozi sklop in toplotnih izgub, za potresno analizo pa je najbolj pomemben nosilni del, brez izolacije ter zaključnih slojev. Enako velja tudi za opis ostalih gradbenih konstrukcij objekta. Na Sliki 25 je prikazana vzhodna fasada starega dela objekta.



Slika 25: Pogled na dvoriščno fasado starega dela objekta

4.3.3 Medetažna konstrukcija

Stropno konstrukcijo starejšega dela pritličja predstavlja armirana betonska plošča (Slika 26). Spodnji zaključni sloj je izveden z ometom na trstiki, zgoraj pa je na cementni estrih položen parket, v sanitarijah pa talna keramika. Med prvim in drugim nadstropjem je strop deloma izveden z betonsko ploščo in deloma z lesenimi stropniki, ki so vgrajeni pravokotno na zahodno in vzhodno fasado starega dela. Strop na meji med zadnjim nadstropjem in podstrešjem je izveden z lesenimi stropniki, preko katerih so položene deske ter linolej. Med stropniki je plast gramoznega nasutja, kot je vidno na Sliki 27.



Slika 26: Betonski nosilci in nad nosilci betonska plošča - medetažna konstrukcija nad pritličjem



Slika 27: Sestava talne konstrukcije v mansardi

V novejšem delu je prav tako armiranobetonska plošča nosilni element medetažne konstrukcije. Na spodnji strani plošče je nanešen omet, na zgornji strani je vgrajen plavajoči estrih in nato kot zaključni sloj parket. Tla na terenu so izvedena z betonsko ploščo, na katero je izveden estrih. Zaključni sloji v pritlični etaži so parket v razstavnih prostorih, keramika v sanitarijah in na vhodnem hodniku.

4.3.4 Strešna konstrukcija

Streha na osrednjem, starejšem delu je dvokapna s padcem v smeri proti ulici in proti dvorišču. Nosilni elementi so leseni špirovci, na katere so položene letve. Streha je krita z bobrovcem. Izvedeni so kleparski zaključki iz pločevine okoli dimnikov in frčad. Na delu strehe, ki je orientiran proti dvorišču, je vgrajeno strešno okno, ki omogoča izhod na streho in morebitna popravila. Strešna konstrukcija ni toplotno izolirana, kar je razvidno iz Slike 28. Podstrešje je prazno in se trenutno ne uporablja. Strešna konstrukcija predstavlja poleg ovoja podstrešja tudi del zunanjega ovoja mansarde, v kateri je stanovanje, ki pa se trenutno ne uporablja. Na zahodni in vzhodni strešini so izvedene frčade, ki povečujejo uporabni prostor v sobah stanovanja (Slika 29). Prerez skozi strešno konstrukcijo starega dela je prikazan v Prilogi B na Listu 2 (skozi frčado) in Listu 3, v isti prilogi na Listu 4 pa prerez skozi dvoriščni prizidek za primer obstoječega stanja objekta.



Slika 28: Ostrešje starejšega dela objekta

Zatrejni zid je izveden iz opek v enaki sestavi, kot so izvedene nosilne zunanje stene objekta.



Slika 29: Pogled na streho osrednjega dela ter frčade z zunanje strani

Na strehi prizidka so kot kritina nameščene valovite vlakno cementne plošče, na stiku s streho osrednjega dela pa je prekrivanje izvedeno s pločevino (Slika 30). Nagib strehe je v primerjavi z nagibom strehe na starem delu objekta precej bolj položen. Na podstrešju je vgrajen sloj toplotne izolacije debeline 5 cm.



Slika 30: Kritina na dvoriščnem prizidku

4.4 Obrazec za vnos podatkov za analizo

V vmesnik vnesemo podatke, ki so pomembni za analizo. Vnos podatkov se začne s splošnim delom, kateremu sledi sedem podsklopov. Podsklopi so prikazani v naslednjih točkah.

4.4.1 Splošni podatki o objektu

V splošnem delu vnesemo podatke o lokaciji in naslovu objekta ter številko ulice, če analiziramo več objektov v istem mestu (Slika 31). Podamo tudi informacije o namembnosti stavbe in o deležu uporabljenih površin objekta.

INSPECTION FORM FOR THE SURVEY OF HISTORIC BUILDINGS							
Partner	<input type="text"/>						
Town	<input type="text"/>	form	<input type="text"/>	Block #	<input type="text"/>	Type of use	<input type="text"/>
Address	<input type="text"/>			Building #	<input type="text"/>	%of use	<input type="text"/>
						Surveyor	<input type="text"/>

Slika 31: Vnos začetnih podatkov (Vir: FaMIVE, 2015)

4.4.2 Urbanistični podatki o objektu

Prvi podsklop predstavlja urbanistične podatke v povezavi z obravnavanim objektom, kor je vidno na Sliki 32. Pod točko 1-1 podamo informacijo o dostopu do ulice in možnih evakuacijskih poti (dobra dostopnost, slaba, srednje dobra). Pri točki 1-2 vnesemo podatke o obliki in razporeditvi območja, katerega del je objekt (razpršena oblika, linijska razporeditev hiš, razporeditev z možnostjo izbire hiše v sklopu objektov iz enakega ali različnih zgodovinskih obdobj). Točka 1-3 je namenjena vnosu števila stavb v ulici oziroma sklopu. V točki 1-4 označimo, ali je stavba poškodovana ali ne. Točka 1-5 podaja

informacijo o stavbi glede na sosednje objekte – če je obravnavani objekt povezan s sosednjim ali ne (če se stika z eno ali dvema ali tremi stranicami s sosednjim objektom). Povezanost fasade s sosednjimi zidovi podamo v točki 1-6. Kot zadnje v tem sklopu pri točki 1-7 vnesemo podatke o nosilnih tleh (skala, pesek, nestabilna zemljina ali vstavimo ni podatka, če podatka o vrsti temeljnih tal nismo pridobili).

1 URBAN DATA		RELIABILITY			
1-1	Block access and escape routes	<input type="text"/>	1-5	Position of building within the block	<input type="text"/>
1-2	Shape and composition of the block	<input type="text"/>	1-5a	Close to collapse buildings	<input type="checkbox"/>
1-3	Number of buildings in the block	<input type="text"/>	1-6	Connect of the façade to adjacent walls	<input type="text"/>
1-4	Undamaged Building	<input type="text"/>	1-7	Soil foundation	<input type="text"/>

Slika 32: Vnos urbanističnih podatkov (Vir: FaMIVE, 2015)

4.4.3 Podatki o geometrijskih karakteristikah fasade

V drugem podsklopu podamo podatke v povezavi z geometrijskimi karakteristikami fasade (Slika 33). Najprej podamo usmerjenost fasade glede na smeri neba (S, V, J, Z, SV, JV, JZ, SZ) v točki 2-1. Nadaljujemo z vnosom pozicije fasade (proti zunanosti oziroma notranosti objekta). V točki 2-3 podamo število etaž objekta (ki ne sme biti večje od 5, saj je metoda FaMIVE primerna le za objekte z do petimi etažami), nato pa v točki 2-4 navedemo število etaž, ki se navezujejo na obravnavano fasado objekta. V točki 2-5 podamo dolžino fasade v metrih, v točki 2-6 višino fasade. Točka 2-7 je namenjena vnosu podatka o višini prve etaže, ki je del fasade. Če je prisoten zatrejni zid kot del fasade, ga upoštevamo pod točko 2-8 in nato v naslednji točki podamo višino le-tega. Prisotnost dodatnih vogalov na fasadi upoštevamo v točki 2-10.

2 GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE FAÇADE		RELIABILITY			
2-1	Facade orientation	<input type="text"/>	2-6	Total height of the facade (vertical additions are neglected)	<input type="text"/>
2-2	Facade position	<input type="text"/>	2-7	First floor height of the façade (m)	<input type="text"/>
2-3	Maximum # of storeys of the building	<input type="text"/>	2-8	Presence of gable	<input type="checkbox"/>
2-4	Number of storeys of the facade	<input type="text"/>	2-9	Gable wall height (if present)	<input type="text"/>
2-5	Length of the facade	<input type="text"/>	2-10	Additional corner in the façade	<input type="checkbox"/>

Slika 33: Vnos podatkov o geometrijskih karakteristikah fasade (Vir: FaMIVE, 2015)

4.4.4 Podatki o geometrijskih lastnostih odprtin

Odprtine v fasadnih zidovih podamo za vsako etažo posebej (Slika 34). Tako v točki 3-1 podamo število vseh odprtin v posamezni etaži in nato podatke o višini in širini le-teh v točki 3-2. Zatem vstavimo podatek o tem, kako so okna glede na fasado vgrajena: ali so na sredini fasade, ali so vertikalno poravnana glede na oba roba fasade, ali so okna bližje levemu/desnemu robu fasade. V točki 3-4 določimo dolžino med oknom in robom fasade ter označimo, ali je ta dolžina manjša, enaka ali večja od dolžine oziroma širine okna, za vsak rob fasade ter za vsako nadstropje. Povprečno višino med preklado

nad oknom ter vrhom fasade podamo v točki 3-5. V točki 3-6 vnesemo še podatke o prekladah nad okni: o materialu (kamen, opeka, les, jeklo), o dolžinah preklad ter o vrsti preklade (raven nosilec, obok).

Slika 34: Vnos podatkov o geometrijskih lastnostih odprtin (Vir: FaMIVE, 2015)

4.4.5 Geometrijske karakteristike zidov

V tem podsklopu podamo podatke o debelini zidu ob tleh in debelini zidu na vrhu fasade (točki 4-1 in 4-2). Zatem vnesemo podatek o številu nosilnih zidov, ki so pravokotni na obravnavano fasado (4-3), ter število nosilnih zidov, ki potekajo vzporedno fasadi (4-4). V točki 4-5 vpišemo skupno dolžino vseh nosilnih zidov, ki so grajeni pravokotno za obravnavano fasado. Kot zadnji podatek v tem podsklopu vnesemo število sten, ki pravokotne na zadnjo fasado, kar je vidno na Sliki 35.

Slika 35: Vnos podatkov o geometrijskih karakteristikah zidov (Vir: FAMIVE, 2015)

4.4.6 Konstrukcijske karakteristike fasade

Nadalje vnesemo v vmesnik podatke o karakteristikah konstrukcije fasade. Pričnemo s podatkom o številu etaž z obokanimi elementi (5-1). Podatki o strukturi stropov in usmerjenosti nosilnega sistema glede na fasado podamo v točkah 5-2 in 5-3: ali so stropi iz lesenih elementov, iz jeklenih nosilcev, iz betonske plošče ter podatek o tem, ali so elementi nosilni v smeri pravokotno na fasado, vzporedno s fasado ali nosilni v obeh smereh. Enako določimo podatke za strešno konstrukcijo v točkah 5-4 in 5-5. Sledi podajanje materiala zidovine (opeka, kamniti bloki, votla opeka), vrste veziva (blato, cement, apno), povprečne dimenzije enot gradnikov zidu ter stopnja medsebojne povezave gradnikov zidu (dobra, slaba, srednje dobra, ni podatka). V točki 5-7a vnesemo podatek o ohranjenosti fasade (dobra,

srednje dobra, slaba, ni podatka), nato podatke o infiltraciji vode v zidu ter o ohranjenosti malte v zidu. Nadaljujemo z vnosom podatka o nivoju povezave gradnikov v vogalih zidov - ali je prisotno križanje gradnikov obeh zidov ali ne. Točka 5-9 poda morebitno izven ravninsko nagnjenost fasade. V zadnji točki tega podsklopa podamo zelo pomemben podatek o vgrajenih ojačitvah fasade: sidrih, opornikih, ploščah. Za vsako ojačitev podamo tudi njen položaj v zidu (v enem vogalu, obeh vogalih, obeh vogalih in dodatno na sredini fasade). Slika 36 prikazuje vnos podatkov o konstrukcijskih karakteristikah.

The image shows a software interface titled "5 STRUCTURAL CHARACTERISTICS" with a "RELIABILITY" dropdown set to "M". The interface is divided into two columns of input fields. The left column contains items 5-1 through 5-11, and the right column contains items 5-7a through 5-10. Many of these items are accompanied by dropdown menus or multi-select boxes. For example, item 5-2 "Hor. Struc. Type" has four dropdowns labeled "storey # 4, 3, 2, 1". Item 5-10 "Façade restraining elements" has a grid of dropdowns for "anchors/besi/pegs", "buttresses/quoins", "wall plates", and "timber band/ring beams" across five storeys (5 to 1). Item 5-8 "Connection at edges" has dropdowns for "left" and "right" with sub-options for "# storeys", "leaning", and "entry".

Slika 36: Vnos podatkov o konstrukcijskih karakteristikah fasade (Vir: FAMIVE, 2015)

4.4.7 Ranljivi elementi stavbe, ki povečajo obseg poškodb

V tem delu v analizo vnesemo elemente, ki pomembno vplivajo na obnašanje konstrukcije in razvoj rušnih mehanizmov. Pričnemo s točko 6-1, kjer podamo informacijo o morebitni prisotnosti vertikalnih dodatkov na fasadi. Podatke o obstoječih parapetih vnesemo v točki 6-2, kjer vnesemo tudi dolžino, širino in višino parapeta. V primeru, da je dimnik grajen ob fasadi, je potrebno v programu to označiti, saj nato program upošteva tudi dodaten delež teže zaradi prisotnosti dimnika. Dolžino previsnega dela strešne konstrukcije podamo v točki 6-5. Posedke zidov in stebrov vnesemo v točki 6-6, kjer označimo, za kateri element nosilne konstrukcije gre, ter stran fasade, kjer je do posedka prišlo (na levi strani, na desni strani, v sredini). Podamo tudi dolžine in širine balkonov, če so prisotni, ter označimo, v kateri etaži se nahajajo, vse v sklopu točke 6-7. V primeru, da se stebri nahajajo v pritličju in prenašajo težo fasade, podamo podatke o številu stebrov, dolžini zidu, ki jo stebri prenašajo, ter dolžino celotne fasade. Določimo še vrste lokov, njihov položaj v objektu ter način podpiranja, če so loki prisotni. Vnos podsklopa opisanih podatkov je prikazan na Sliki 37.

Slika 37: Vnos podatkov za dodatne ranljive elemente na fasadi (Vir: FaMIVE, 2015)

4.4.8 Vnos obstoječih poškodb in mehanizmov

Zadnji podsklop je namenjen vnosu obstoječih poškodb v povezavi s porušnimi mehanizmi. Predvsem je ta podsklop pomemben v primeru, ko obravnavamo poškodovano stavbo, kjer so že nakazane poškodbe, nastale ob potresu. Za te poškodbe v točki 7-1 določimo, kateri porušni mehanizem jih je povzročil, in kakšna je poškodovanost (močno poškodovan, blizu porušitve). V točki 7-2 zatem vnesemo še podatke o vrsti razpok, ki so prisotne na fasadi (Slika 38).

Slika 38: Vnos mehanizmov v analizo preko vmesnika (Vir: FaMIVE, 2015)

4.5 Ukrepi, s katerimi povečamo potresno odpornost objekta

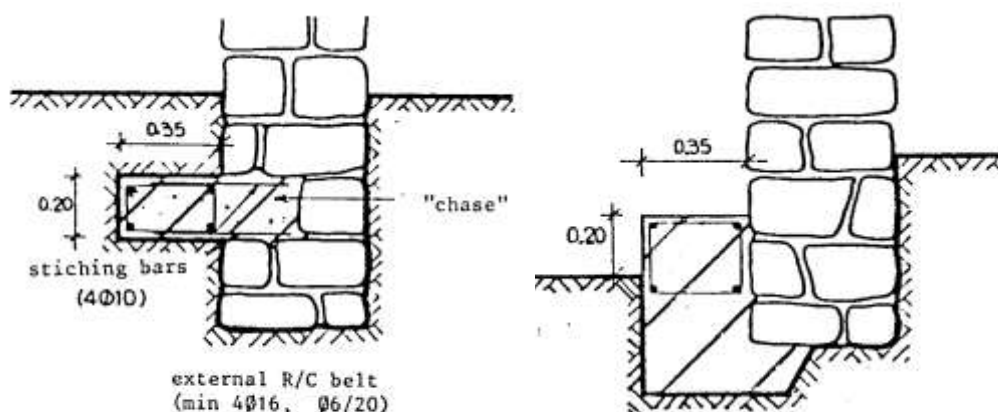
Za povečanje potresne odpornosti objekta se poslužujemo različnih metod, za katere se odločamo na podlagi možnosti in smiselnosti izvedbe. V naslednjih točkah so predstavljeni nekateri ukrepi, ki se pri nas najpogosteje izvajajo in so povzeti iz dokumenta Tehnične informacije o pomembnejših posegih za rekonstrukcijo v potresu poškodovanih objektov (Janežič in sod., 2015).

4.5.1 Ojačitev temeljev

Ojačitve temeljev izvajamo v primeru poškodb, ki se na objektu pojavijo kot posledica lokalnih posedkov, zdrsov terena ali zaradi povečanja teže objekta kot posledica izvedbe rekonstrukcije. Način ojačitve je odvisen od:

- načina temeljenja,
- vrste temeljnih tal,
- zahtevane nosilnosti temeljev.

Samo z izvedbo injektiranja temeljnega zidu s hidrofobno cementno – silikatno maso v večini primerov ustrezno utrdimo temelje, saj izboljšamo mehansko tehnične karakteristike ter preprečimo kapilarni dvig vlage. V primerih, ko samo injektiranje ni dovolj, se poslužujemo tudi drugih posegov, med katere spadajo podbetoniranje in obbetoniranje temeljev s sidranimi AB nosilci (Slika 39), obbetoniranje in medsebojno povezovanje posameznih temeljev z armiranobetonskimi vezmi ter z izvedbo pilotov po sistemu jet grouting, s katerimi povečamo nosilnost temeljnih tal.



Slika 39: Primeri ojačitve temelja (Vir: Janežič in sod., 2015)

4.5.2 Injektiranje zidov in razpok s cementno injekcijsko maso

Injektiranje zidov je enostaven in učinkovit sistem za utrjevanje zidov in povečanje njihove odpornosti, ki se ga uporablja tudi za saniranje med potresom nastalih razpok. Večji vpliv na povečanje odpornosti

ima injektiranje kamnitih zidov, pri opečnih zidovih ni tako velikega izboljšanja lastnosti zidu, saj je praznin v konstrukciji manj ter so po velikosti manjše v primerjavi s konstrukcijo iz kamna.

- **Sistematično injektiranje kamnitih in mešanih zidov s cementno maso**

V kamnitih in mešanih zidovih so prisotne praznine in nevezan material v nasutih jedrih. Z injektiranjem teh predelov lahko bistveno izboljšamo mehanske lastnosti zidu. Pomembno ja, da postopek injektiranja sistematično opravimo v temeljih, kletnih in pritličnih zidovih ter tudi v območju križanja zidov in v vogalih, pasu v območju vgrajenih jeklenih vezi ter stikov med zidovi in armiranobetonskimi stropnimi konstrukcijami. Injekcijska masa se vgrajuje v zidove skozi kovinske cevi, ki jih pritrdimo v vrtine s hitrovezočo malto. Na zunanji strani cevke je vrezan navoj, preko katerega je cevka povezana z gumijasto dovodno cevjo. Gostota injekcijskih mest v mrežnem razporedu je odvisna od debeline zidov ter velikosti in kvalitete gradnikov zidu (Slika 40). Zidove debeline do enega metra injektiramo enostransko, debelejšje zidove pa z obeh strani. Da iz zidu ne izteka injekcijska masa, je potrebno predhodno zapolniti vse fuge ali pa izvesti cementni obrizg. Z injektiranjem pričnemo na najnižji točki ter nato nadaljujemo z injektiranjem višje ležečih območij. Ko opazimo, da se iz sosednje cevi začne izcejati injekcijska masa, cev začepimo. Cevi lahko iz zidu odstranimo po štirih urah po koncu injektiranja.

Uporablja se cementna injekcijska masa z ekspanzijskim dodatkom. Za reševanje kapilarnega navlaževanja se v kletnih zidovih in zunanjih zidovih do višine enega metra nad koto terena uporablja hidrofobna cementno silikatna injekcijska masa. Poraba suhega veziva pri injektiranju 1 m³ zidu znaša 120 – 150 kg pri močno poroznih zidovih ter približno 80 kg pri manj poroznih zidovih.



Slika 40: Sistematično injektiranje zidu (Vir: Popović, 2009)

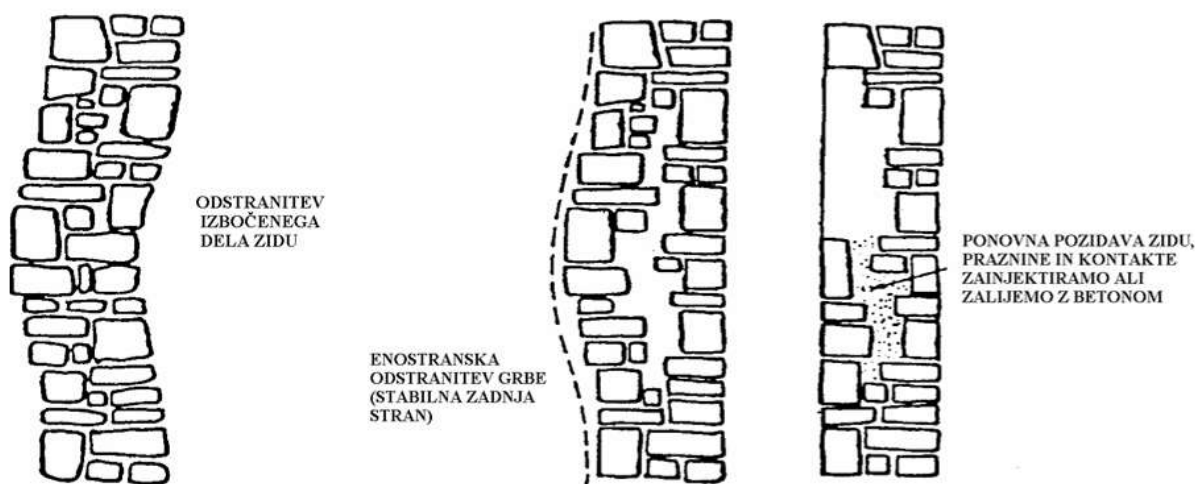
- **Injektiranje razpok s cementno maso**

Za injektiranje razpok v nosilnih zidovih se uporablja nabrekajoča cementno silikatna injekcijska masa. Pri vgradnji injekcijske mase je potrebno najprej izvesti utor širine do 5 cm, ki ga je treba očistiti. Nato se vgradijo injekcijski nastavki z navojem za pritrditev dovodne cevi v razmiku med nastavki od 30 do 60 cm, v odvisnosti od širine razpoke, ter izvedba zametavanja razpoke. Postopek je nato enak prej opisanemu za injektiranje zidov. Dodatno lahko pri opečnih zgradbah saniramo razpoke med elementi kot posledica medsebojnega zdrsa tako, da očistimo malto iz reg v območju poškodovanosti ter navlažene praznine zapolnimo s podaljšano cementno malto.

4.5.3 Prezidavanje delov zidov in vogalov

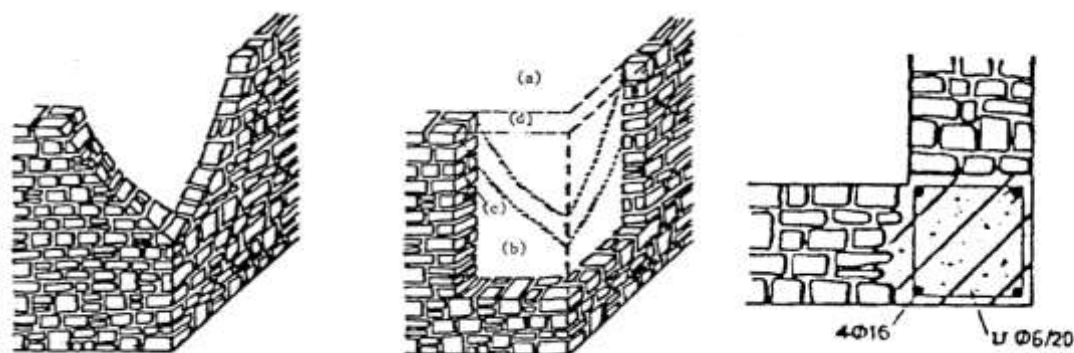
Prezidavanje je eden izmed ukrepov, ki je med cenovno dražjimi, ko govorimo o ukrepih za izboljšanje potresne odpornosti objekta. Pred delno rušitvijo posameznega dela je potrebno najprej zagotoviti ustrezno podpiranje stropnih in strešnih konstrukcij ter pri višjih objektih tudi bočno podpiranje. Po zagotovitvi ustreznega sistema podpiranja sledi rušitev in odstranjevanje materiala iz poškodovanega dela.

V primeru izbočitve zidov ločimo dve vrsti poškodb. Prva vrsta poškodbe predstavlja izbočitev zidu preko celotne njegove debeline (Slika 41). V tem primeru moramo celotno območje poškodovanega zidu podreti in na novo pozidati. Druga vrsta poškodbe pa predstavlja primer, ko se grba (izbočitev) pojavi samo na eni strani. V primeru, da je po odstranitvi grbe nepoškodovana stran dovolj stabilna, izvedemo pozidavo odstranjenega dela, kontakte med obema deloma pa zainjektiramo oziroma zalijemo z betonom.



Slika 41: Izvedba prezidave in delne prezidave zidov (Vir: Janežič in sod., 2015)

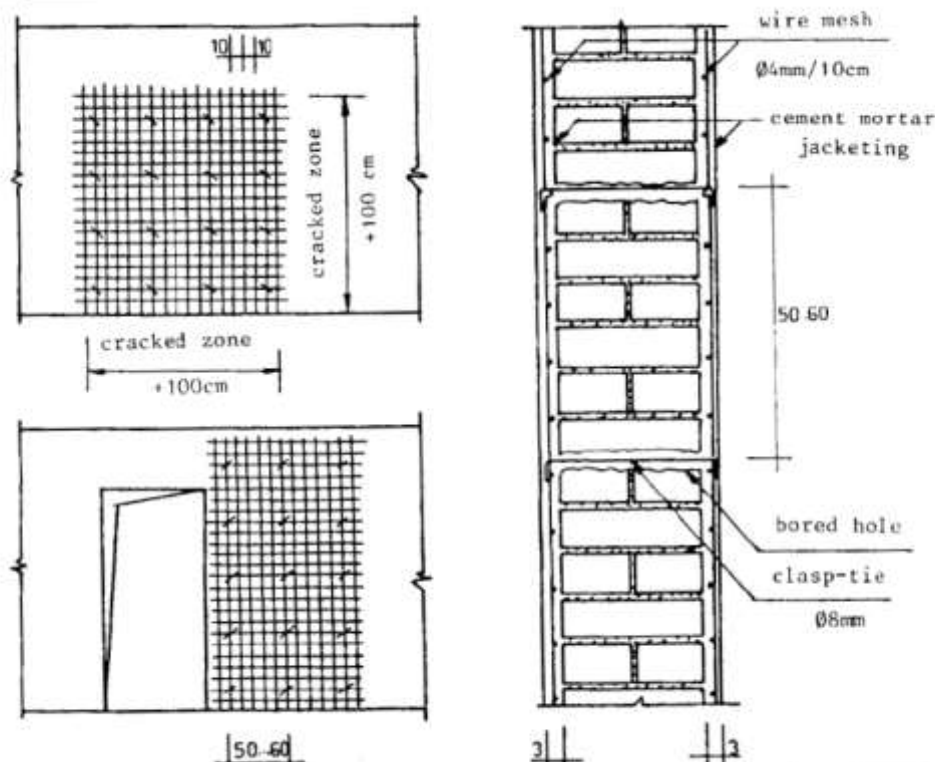
Pri sanaciji poškodovanih vogalov se prav tako najprej zagotovi ustrezno podpiranje medetažnih konstrukcij in strešne konstrukcije, nato pa se poškodovani vogal poruši. Vogal ojačamo z izvedbo armirano betonske vertikalne vezi dimenzij 30 x 30 cm iz betona ustrezne trdnosti kot je C25/30, ki jo armiramo s palicami in stremeni. Pred izvedbo betoniranja se v vez vgradi sidra, s katerim zagotovimo povezavo vogala in zidov. Preostali del zidu ustrezno pozidamo s kamnom ali opeko (Slika 42).



Slika 42: Pozidava vogalov (Vir: Janežič in sod., 2015)

4.5.4 Oblaganje zidov z armiranobetonskimi ometi

Oblaganje zidov se izvede predvsem pri utrditvah opečnih sten, kjer injektiranje nima takšnega vpliva kot pri kamnitih zidovih. Uporablja se pri ojačitvah poškodovanih zidov ter kot ojačitev pri stikovanju dveh nosilnih elementov. Mesta ojačitve izvedemo v skladu s predhodno seizmično analizo, običajno pa velja, da obloge izvedemo na večini nosilnih zidov v pritličju. Izvede se obojestransko ojačitev zidu, izjemoma tudi enostransko. Pri vgradnji armiranobetonskega ometa najprej odstranimo obstoječi omet in očistimo spojnice med opekami do globine 1,5 cm. Morebitne razpoke injektiramo, nato pa zid obrizgamo s cementnim obrizgom. V vrtine vgradimo sidra $\Phi 6$ mm, s katerimi zagotovimo medsebojno povezanost obeh slojev ojačilnega ometa. Po vgradnji sider izvedemo prvi nanos ometa v debelini 10 – 15 mm, na katerega položimo armaturno mrežo, ki jo povežemo s predhodno vgrajenimi sidri. Zatem se izvede drugi nanos ometa, tako da znaša skupna debelina ojačilnega ometa z armaturno mrežo vsaj 3 cm na eni strani zidu, kar je prikazano na Sliki 43.

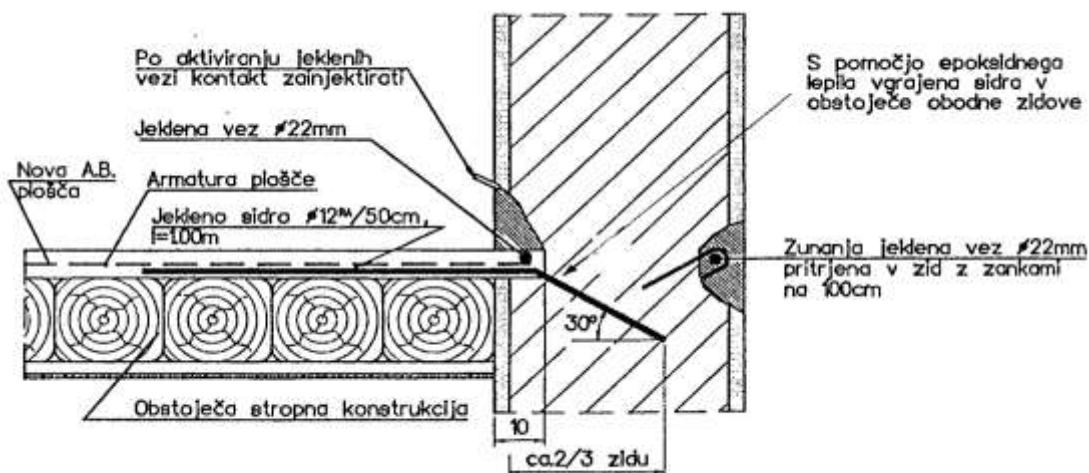


Slika 43: Izvedba ojačilnega ometa (Vir: Janežič in sod., 2015)

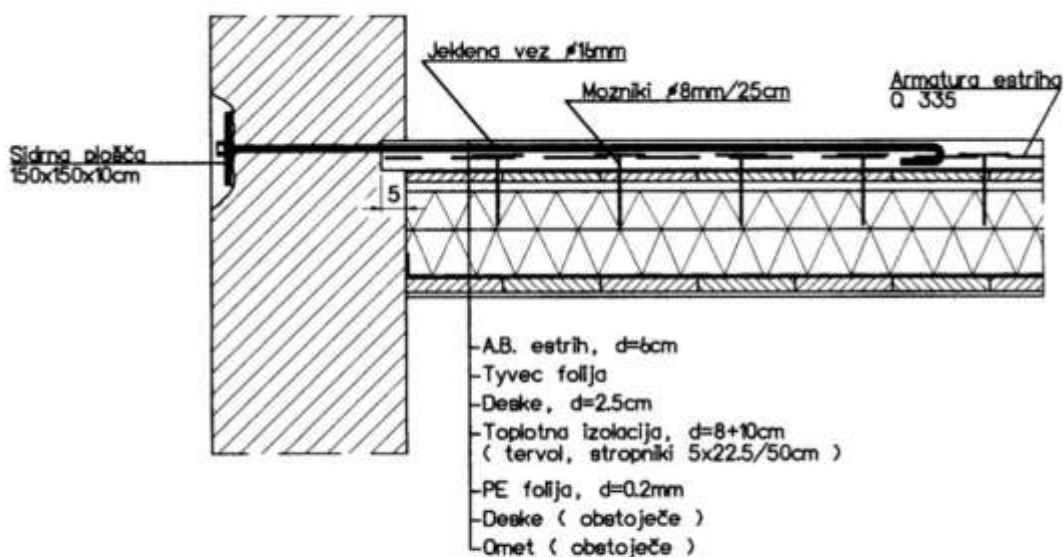
4.5.5 Izvedba ojačilnega armiranobetonskega estriha na lesenih tramovnih stropih

Z vgradnjo tanke ojačilne plošče na tramovih in sider dosežemo dobro povezanost nosilnih zidov. Da je izvedba tega posega možna, morajo imeti nosilni stropniki primerno nosilnost, ki pa je v nekaterih primerih zmanjšana zaradi vremenskih vplivov ali zaradi lesnih škodljivcev. V kolikor nosilnost in stanje obstoječih elementov ni primerno, je potrebno stropnike ojačati ali celo zamenjati. Najprej je potrebno odstraniti obstoječe zaključne sloje in gramozno nasutje, da se lahko opravi preverba elementov ter ustrezna zaščita le teh z izvedbo premazov proti škodljivcem in vlagi. V kolikor je predvidena vgradnja toplotne izolacije, se izolacijo položi na predhodno pritrjeno polietilensko folijo, nato pa se na stropnike pritrdijo lesene deske, ki služijo kot opaž za vgradnjo armiranega estriha. Pred polaganjem armaturne mreže in vgradnjo estriha je potrebno položiti folijo na opaž, ki preprečuje močenje lesenih elementov (odvisno od konsistence estriha). Ustrezno sovprežno delovanje stropnikov in ojačenega estriha dosežemo z vgradnjo moznikov pred izvedbo betoniranja. Število in razpored moznikov določimo na podlagi statičnega računa za sovprežno konstrukcijo. Običajno se uporablja estrih kvalitete C25/30. Na stiku estriha in obodnih sten je potrebno vgraditi izolacijo proti prenosu udarnega zvoka. Zaradi razporeditve prostorov in vmesnih nosilnih zidov ni mogoča izvedba estriha v eni fazi, zato povezavo estriha dosežemo z vgradnjo prečnih vezi skozi nosilne zidove, ki se jih ustrezno zainjektira. Povezavo estriha in zunanjih, fasadnih sten, pa dosežemo z vgradnjo jeklenih prečnih sider, ki jih na zunanji strani sidramo z jeklenimi antikorozijskimi zaščitnimi sidrnimi ploščami (Slika 45). Če izvedba zunanjih sider ni mogoča, se lahko uporabi tudi sidranje preko poševnih sider v vrtine, ki se

jih zalije s fino cementno malto z dodatki, kot je prikazano na spodnji sliki. Na obeh slikah, ki prikazujeta vgradnjo sider, manjka zvočna izolacija na stiku obodnega zidu z ojačilnim estrihom.



Slika 44: Vgradnja sider v poševne vrtine, detajl (Vir: Janežič in sod., 2015)

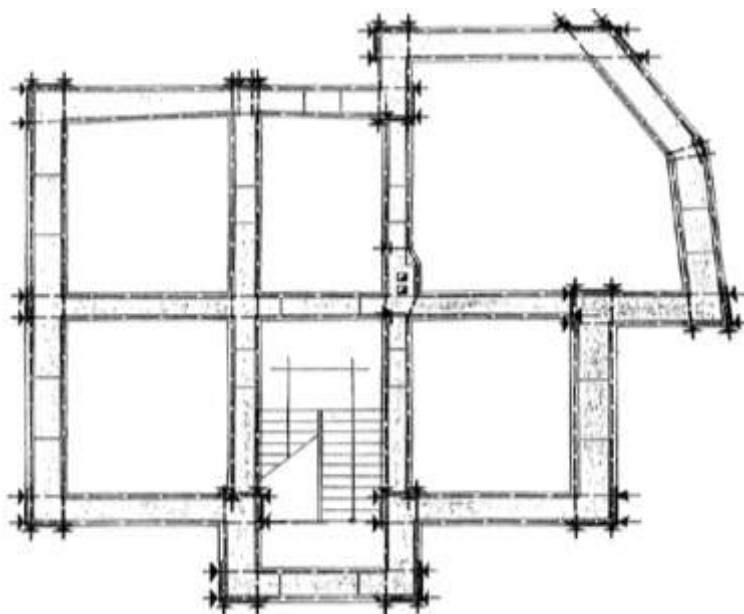


Slika 45: Vgradnja sider na zunanji strani zidu, detajl (Vir: Janežič in sod., 2015)

4.5.6 Povezovanje nosilnih zidov z jeklenimi vezmi

Nosilni zidovi, ki niso primerno medsebojno povezani v horizontalni ravnini, se med potresom ne obnašajo kot celota, kar privede do popuščanja na kontaktih med zidovi. V takih primerih za povečanje odpornosti vgrajujemo jeklene vezi. Vsak nosilni zid povežemo po dolžini z dvema palicama, na vsaki strani zidu po ena, ki morata biti v isti višini (Slika 46). Najugodneje je, da je vez vgrajena čim bližje stropu. Vezi se vgrajuje v utore dimenzij 4 x 5 cm; v primeru, da se injektiranje zidov ne izvede, se priporoča izsek utorov le v območju ometov, brez poseganja v nosilni sistem konstrukcije. Dodatno

malto odstranimo tudi v območju sidrnih plošč in vogalnih elementov. Vsaka vez ima na obeh straneh vrezan navoj, ki omogoča napenjanje vezi. V primeru, da je zidovje močno razpokano, mora biti navoj zaradi zapiranja razpok daljši. Napenjanje vezi se najprej vrši z običajnim maticnim ključem, nato pa še z momentnim ključem. Napenjalna sila je odvisna od homogenosti, trdnosti zidu ter premera vezi. Sila napenjanja z momentnim ključem znaša med 2 in 5 kN. Po končanem napenjanju je potrebno matice privariti na sidrne plošče (Slika 47). Izvedbi vgradnje in napenjanju sider sledi še izvedba injektiranja zidov. Pomembna je predvsem natančna izvedba injektiranja v območju 60-centimetrskega pasu v območju vezi, skupaj z vsemi luknjami okoli vezi in votlin pri sidrnih ploščah.



Slika 46: Povezovanje nosilnih zidov z jeklenimi vezmi (Vir: Janežič in sod., 2015)



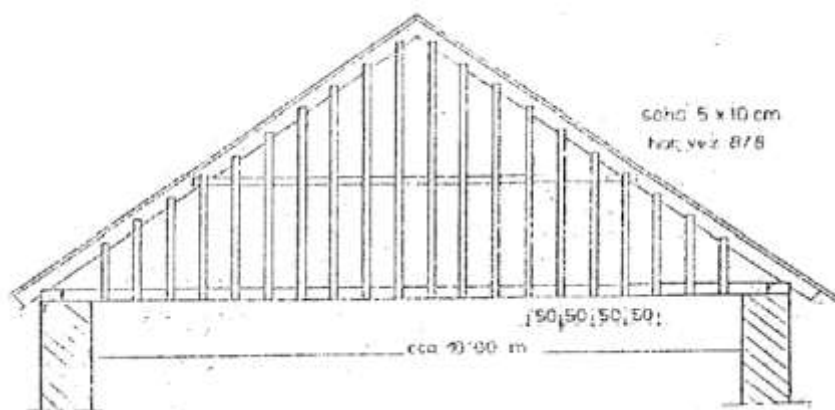
Slika 47: Primer vgradnje sidrne vogalne plošče z zavarjenimi maticami (Vir: Popović, 2009)

4.5.7 Sanacija zatrepnih sten na podstrešju

Običajno so zatrepne (čelne) stene izvedene kot dokaj težke in brez ustrezne povezave s spodnjim nosilnim zidom. V kolikor je mogoče, je potrebno pri poteku sanacije obstoječo konstrukcijo odstraniti in jo nadomestiti z lažjo, ki je ustrezno sidrana v spodnji zid ter nosilno konstrukcijo ostrešja. Pri izvedbi vgradnje novih zatrepnih sten ločimo dva tipa.

- **Izvedba lahkih zatrepnih sten**

Čelne stene izdelamo iz lesenih soh 5 x 10 cm v ustreznem rastru (Slika 48), ki jih pritrdimo na krajne špirovce ter povežemo s horizontalno vezjo, nato pa na zunanji strani pritrdimo deske, obdelane na pero in utor ter jih ustrezno zaščitimo pred vremenskimi in drugimi vplivi. V kolikor je zaradi zunanjega izgleda potrebna izvedba fasadnega ometa, se na predhodno opisano leseno nosilno podkonstrukcijo na zunanji pritrdi lahke gradbene plošče, na katere se nanese omet s fasadno mrežico. Če je zatrepni zid del ogrevanega prostora, se toplotna izolacija vgradi med lesene elemente ter na notranji strani zaključijo z ometom, vgrajenim na lahke gradbene plošče.



Slika 48: Izvedba nosilne podkonstrukcije za izdelavo lahke zatrepne stene (Vir: Janežič in sod., 2015)

- **Zidane stene**

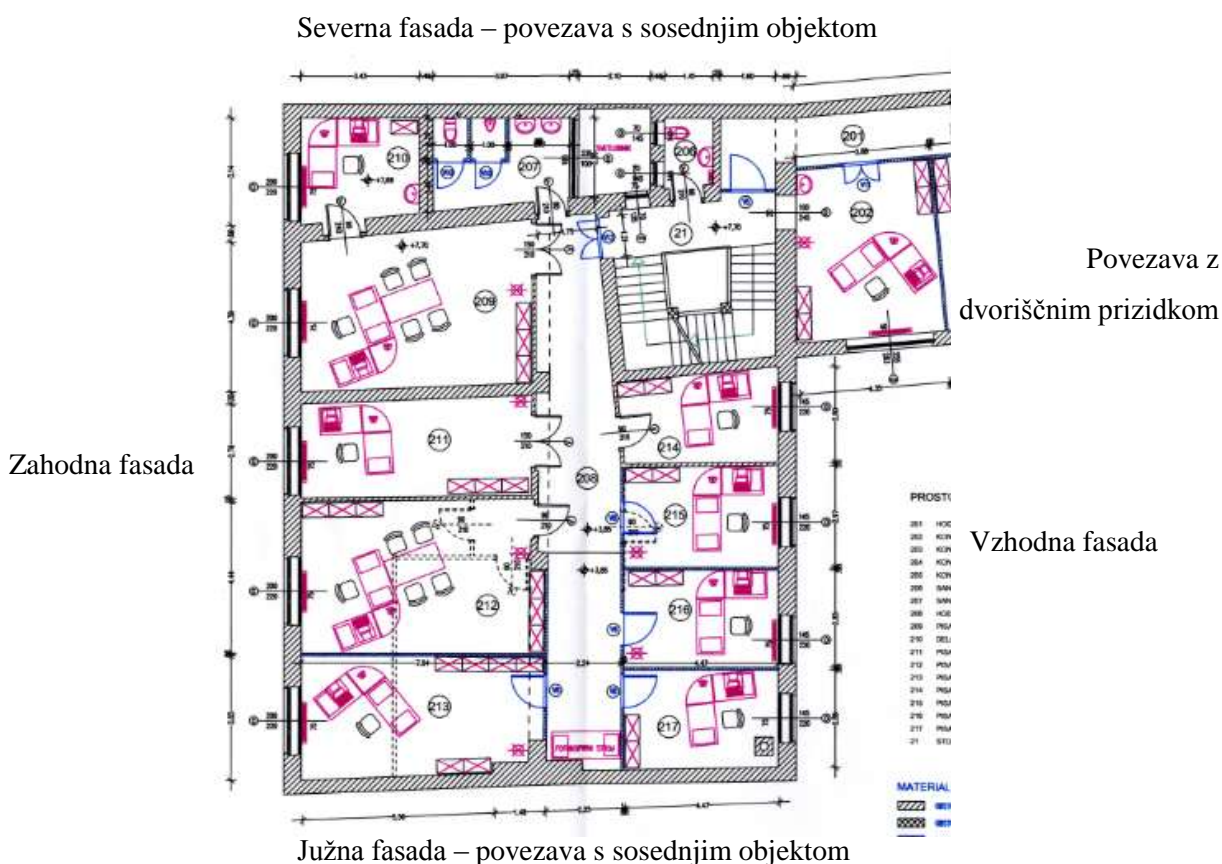
Če je spodnji nosilni zid dovolj masiven in kvaliteten ter je objekt večjih dimenzij, lahko zatrepno steno izvedemo tudi masivno. Ustrezno nosilnost in povezanost stene s spodnjim nosilnim zidom dosežemo z vgradnjo vertikalnih betonskih vezi s presekom 20 x 19 cm, ki jih armiramo s štirimi palicami Φ 14 mm in jih sidramo okoli 80 cm v spodnji zid. Medsebojna razdalja med vertikalnimi vezmi naj bo 2,5 m oziroma v ustreznem rastru glede na sredino zatrepne stene. Priporoča se, da se najprej pozida opečno steno s prekinitvami za izvedbo vezi, ki se naknadno zabetonirajo z betonom C 20/25. Območje sidranja palic v spodnji zid se zainjektira.

5 ANALIZA REZULTATOV METODE FaMIVE IN UKREPI

V tem poglavju predstavimo in analiziramo rezultate, ki jih izračuna program. Analizo smo izvedli za stari del objekta, saj je metoda primerna za starejše zidane stavbe, prizidek pa ima že vgrajene betonske vertikalne vezi ter medetažne konstrukcije, izvedene z armiranobetonskimi ploščami, in ima v tem pogledu potresno bolj odporne fasade v primerjavi s starejšim delom stavbe. Glede na dobljene mehanizme podamo konstrukcijske ukrepe, ki objektu povečajo potresno odpornost. Pri tem se je potrebno zavedati, da metoda FaMIVE ne predstavlja analizo globalne odpornosti objekta, ampak analizira potresno odpornost fasad s preverjanjem možnosti nastanka lokalnih porušitev fasad. V ta sklop ne spada le dejanska porušitev fasade, ampak tudi nastanek razpok v nosilnih elementih, delne porušitve medetažnih ter strešnih konstrukcij in zatrepnih zidov.

5.1 Predstavitev rezultatov za posamezne fasade

Dve fasadi objekta sta v celoti zunanji, dve pa sta delno v stiku s sosednjima objektoma v ulici. Na spodnji sliki so prikazane oznake fasad, v Preglednici 5 pa vrednosti za ESC faktorje, ki jih je za obstoječe stanje določil izračun po metodi FaMIVE. Tlorisi etaž so podani v Prilogi B na Listu 0.1, Listu 0.2 ter Listu 0.3.



Slika 49: Tloris 2. nadstropja starega dela (Vir: Dokumentacija lastnika objekta)

Preglednica 5: Vrednosti ESC faktorjev posameznih rušnih mehanizmov za obstoječe stanje

	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M
zahod obstoječe	0,74	0,67	0,67	---	1,15	0,74	---	0,18		0,29	---	---	---
vzhod obstoječe	0,54	0,65	0,65	---	0,20	0,54	---	0,22		0,29	---	---	---
sever obstoječe	0,47	0,97	0,98	1,13	0,47	---	0,47	0,16		0,55	---	0,11	---
jug obstoječe	0,43	0,38	0,38	1,13	0,36	---	---	0,18	0,55	0,55	---	0,07	---

Iz zgornje preglednice opazimo, da je kar nekaj vrednosti ESC faktorjev manjših od projektne pospeška tal, ki za Kranj znaša 0,225 g. Podrobnejša analiza rezultatov je podana v naslednjih podtočkah.

5.1.1 Analiza rezultatov za zahodno fasado objekta

Analizo pričnemo z rezultati za zahodno fasado starega dela objekta. V spodnji preglednici so podani rezultati, ki prikazujejo vrednost ESC faktorjev po izvedbi predlaganih ukrepov.

Preglednica 6: Vrednosti ESC faktorjev za zahodno fasado po izvedbi ukrepov

	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M
OBST_Z	0,74	0,67	0,67	---	1,15	0,74	---	0,18	0,55	0,29	---	---	---
U_Z1	---	---	---	---	---	---	0,11	---	0,55	0,29	---	---	---
U_Z2	---	---	---	---	---	---	0,48	---	0,55	0,29	---	---	---
U_Z3	---	---	---	---	---	0,43	0,48	0,18	0,55	0,29	---	---	---
U_Z4	---	---	---	---	---	0,74	0,48	0,18	0,55	0,29	---	---	---
U_Z5	0,43	1,20	1,20	---	0,60	0,43	0,48	0,18	0,55	0,29	---	---	---
U_Z6	0,74	0,67	0,67	---	1,15	0,74	0,11	0,18	0,55	0,29	---	---	---
U_Z7	---	---	---	---	---	---	0,48	---	0,55	0,29	---	---	---

Opis vrste izvedenega ukrepa in položaj glede na etažo, v kateri se je ukrep izvedel, je prikazan v Preglednici 7. Številka etaže se navezuje na strop nadstropja – v drugem nadstropju pomeni stropna konstrukcija drugega nadstropja.

Preglednica 7: Oznake in opis ukrepov za zahodno fasado

OBST_Z	zahod obstoječe
U_Z1	zahod tri sidra v 2. nadstropju
U_Z2	zahod sidro v sredini 1. nad, 3 sidra v 2. nadstropju
U_Z3	zahod sidro v sredini 1. nad, krajni v 2. nadstropju
U_Z4	zahod krajni sidri v 1. in 2. nadstropju

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 7

U_Z5	zahod sredinsko sidro v 1. nadstropju
U_Z6	zahod jekleni obroč 2. nadstropje
U_Z7	zahod sredinsko sidro v 1. in 2. nadstropju

Glede na obstoječe stanje zahodne fasade je najbolj kritičen porušni mehanizem H2. Pojav tega je malo verjeten, saj se objekt nahaja v vrstni ulici. Primerjava vrednosti ESC faktorjev ostalih mehanizmov pokaže, da je naslednji kritični mehanizem G (vrednost 0,18), ki predstavlja vodoravni ločni efekt. Za najboljšega izmed predlaganih ukrepov se izkaže ukrep U_Z7, ki predstavlja vgradnjo sidra v sredini 1. nadstropja in tudi 2. nadstropja. V kolikor bi vgradili sidra samo v 2. nadstropju, bi prišlo do pojava mehanizma F (vrednost 0,11), ki predstavlja vertikalni ločni efekt. Zato je pomembna vgradnja sider v obeh nadstropjih. Opazimo tudi, da vgradnja treh sider v 2. nadstropju skupaj z vgradnjo sidra v sredini stropne konstrukcije 1. nadstropja ne doprinese h povečanju vrednosti ESC faktorjev. Izbira ukrepa U_Z7 se torej zdi smiselna. Problem se pojavi ob upoštevanju dejstva, da je stropna konstrukcija 2. nadstropja izvedena z lesenimi stropniki. Kot se pokaže pri analizah ostalih fasad, bi bilo potrebno sidranje tudi v ostalih primerih, zato je izvedba armiranega cementnega estriha smiselna, saj tako rešimo problem sidranja za vse fasade.

Vrednosti v Preglednici 6 so prikazane brez upoštevanja faktorja zaupanja. Zaradi nepopolnega poznavanja lastnosti materialov in določenih predpostavk moramo dobljene vrednosti ustrezno reducirati. Na podlagi objasnitve v točki 4.1 dobljene vrednosti ESC faktorjev delimo z vrednostjo 1,35. Rezultati za reducirani merodajni porušni faktor obremenitve po izvedbi posameznega ukrepa je prikazan v spodnji preglednici.

Preglednica 8: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za zahodno fasado

	MIN vrednost ESC brez upoštevanja mehanizma H	Faktor zaupanja CF	Reducirana vrednost ESC _r [% g]	Projektni pospešek tal za Kranj [% g]
OBST_Z	0,18	1,35	0,133	0,225
Z_U1	0,11	1,35	0,081	0,225
Z_U2	0,48	1,35	0,356	0,225
Z_U3	0,18	1,35	0,133	0,225
Z_U4	0,18	1,35	0,133	0,225
Z_U5	0,18	1,35	0,133	0,225
Z_U6	0,11	1,35	0,081	0,225
Z_U7	0,48	1,35	0,356	0,225

Kot je razvidno iz zgornje preglednice, je tudi po vpeljavi faktorja zaupanja potresna odpornost zahodne fasade zadovoljiva ob izvedbi ukrepa Z_U7, torej vgradnji sidra na sredini fasade v območju stropne konstrukcije 1. in 2. nadstropja. Natančnejši prikaz pozicije vgradnje sider in izvedbe estriha je prikazan v Prilogi B na Listu 6.

Izbran ukrep: izvedba armiranega cementnega estriha in vgradnja dveh sider



Slika 50: Položaj vgradnje sider

Z modrim krogom je prikazana lokacija vgradnje sidra v stropni konstrukciji 1. nadstropja, ki je vgrajeno z zunanje strani, ter z rdečim krogom položaj vgradnje sidra v stropni konstrukciji 2. nadstropja, kjer je sidro vgrajeno z notranje strani v poševno vrtino nosilnega zidu. Problem v povezavi vgradnje sider v stropno konstrukcijo drugega nadstropja je obrazložen v točki 5.2, v Prilogi B na Listu 1, Listu 2, Listu 3 in Listu 4 pa so prikazani prerezi in tlorisi, ki prikazujejo obstoječe stanje objekta. Sidro v drugem nadstropju je iz sredine ustrezno zamaknjeno proti severu (na sliki proti levi), da pri vrtanju poševne vrtine ne posegamo v zid in preklado nad oknom.

5.1.2 Analiza rezultatov za vzhodno fasado objekta

Ker je vzhodna fasada objekta krajša in je debelina zunanjšega zidu manjša, pričakujemo malenkostno drugačne rezultate v primerjavi z rezultati za zahodno fasado. Vrednosti ESC faktorjev so prikazani v Preglednici 9, v Preglednici 10 pa oznake ukrepov.

Preglednica 9: Rezultati analize za vzhodno fasado starega dela

	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M
OBST_V	0,54	0,65	0,65	---	0,20	0,54	---	0,22	0,55	0,29	---	---	---
U_V1	0,38	1,17	1,19	---	0,31	0,38	0,40	0,22	0,55	0,29	---	---	---
U_V2	---	---	---	---	---	---	0,40	---	0,55	0,29	---	---	---
U_V3	---	---	---	---	---	---	0,10	---	0,55	0,29	---	---	---
U_V4	---	---	---	---	---	0,54	0,10	0,22	0,55	0,29	---	---	---
U_V5	---	---	---	---	---	---	0,40	---	0,55	0,29	---	---	---
U_V6	---	---	---	---	---	---	0,10	---	0,55	0,29	---	---	---

Preglednica 10: Oznake ukrepov za vzhodno fasado

OBST_V	vzhod obstoječe
U_V1	vzhod sidro v sredini 1. nad, jekleni obroč v 2 nadstropju
U_V2	vzhod sidro v sredini 1. nad, 3 sidra v 2. nadstropju
U_V3	vzhod 3 sidra v 2. nadstropju
U_V4	vzhod krajni sidri v 2. nadstropju
U_V5	vzhod sidro v sredini 1. in 2. nadstropja
U_V6	vzhod sidro v sredini 2. nadstropja

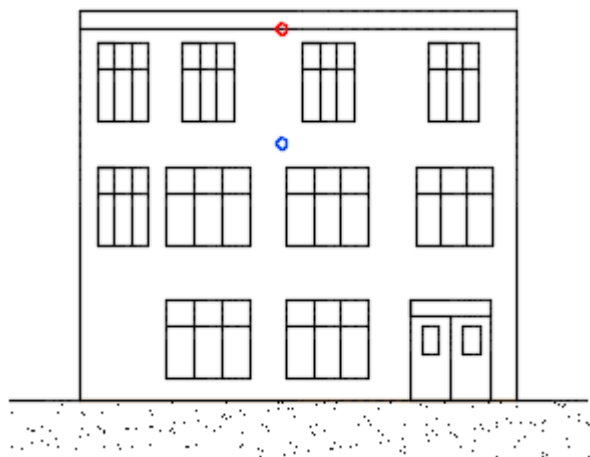
Tudi v primeru vzhodne fasade se pokaže, da je kritični mehanizem H2, ki ga zopet ne upoštevamo. Pri vzhodni fasadi sta naslednja dva kritična mehanizma D in G. Pojav omenjenih porušnih mehanizmov preprečimo z vgradnjo sider v stropni konstrukciji obeh nadstropij (ukrep U_V5). Vgradnja sider samo v zgornjem nadstropju bi namreč tudi v tem primeru zmanjšala vrednost ESC faktorja pri mehanizmu F (ukrep U_V6). Tudi v tem primeru moramo dobljene vrednosti porušnih faktorjev obremenitve reducirati v skladu z izbranim faktorjem zaupanja. Rezultati so prikazani v Preglednici 11. Izbrani ukrep se izkaže kot primeren, saj je vrednost ESC faktorja tudi po reduciranju večja od 0,225g. Tudi v tem primeru se torej odločimo za vgradnjo sidra na sredini stropne konstrukcije 1. in 2. nadstropja, s katerimi zagotovimo povezavo fasade in estriha.

Preglednica 11: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za vzhodno fasado

	MIN vrednost ESC brez upoštevanja mehanizma H	Faktor zaupanja CF	Reducirana vrednost ESC _r [% g]	Projektni pospeševalnik za Kranj [% g]
OBST_V	0,20	1,35	0,149	0,225
U_V1	0,22	1,35	0,163	0,225
U_V2	0,40	1,35	0,296	0,225
U_V3	0,10	1,35	0,074	0,225
U_V4	0,10	1,35	0,074	0,225
U_V5	0,40	1,35	0,296	0,225
U_V6	0,10	1,35	0,074	0,225

Izbran ukrep: izvedba armiranega cementnega estriha in vgradnja dveh sider

Na Sliki 52 je prikazan položaj vgradnje sider na vzhodni fasadi. Tudi v tem primeru je potrebno vgraditi dve različni vrsti sider in sicer je v zgornji stropni konstrukciji potrebna vgradnja sidra s poševnim delom ter v spodnji stropni konstrukciji ravnega jeklenega sidra s sidrno ploščo.



Slika 51: Položaj vgradnje sider na vzhodni fasadi

5.1.3 Analiza rezultatov za severno fasado

Velik del severne fasade starega dela objekta predstavlja zatrepni zid, zato je pojav mehanizma L smiseln in ima mehanizem L zaradi velike višine zatrepnega zidu tudi precej nizek ESC faktor. Vendar porušitev tega zidu v primeru delovanja potresnih sil z vidika varnosti celotne konstrukcije ni problematičen, saj predstavlja zgolj polnilo in ne nosilni sistem (zgrajen je iz polne opeke). Pričakujemo lahko torej lokalno porušitev, zagotoviti pa je potrebno varnost uporabnikov objekta ter sosednjih stavb. Zato ukrep v ojačitev zatrepnih zidov ni predviden. Ob upoštevanju mehanizma z večjim vplivom na celotno konstrukcijo je kritičen mehanizem G. Pojav tega mehanizma preprečimo z vgradnjo treh sider (ukrep U_S2), s katerim bistveno povečamo ESC faktor. Ostali predlagani ukrepi se izkažejo za nesmiselne.

Preglednica 12: Rezultati analize za severno fasado

	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M
OBST_S	0,47	0,97	0,98	1,13	0,47	---	0,47	0,16	0,55	0,55	---	0,11	---
U_S1	0,47	0,97	0,98	1,13	0,47	---	0,47	0,16	0,55	0,55	---	0,11	---
U_S2	---	---	---	---	---	---	0,47	---	0,55	0,55	---	0,11	---
U_S3	0,51	0,97	1,17	1,13	0,47	---	3,52	0,16	0,55	0,55	---	0,11	---
U_S4	---	0,97	---	1,13	0,47	---	0,47	0,16	0,55	0,55	---	0,11	---

Preglednica 13: Oznaka ukrepov za severno fasado

OBST_S	sever obstoječe
U_S1	sever obroč v 2. nadstropju
U_S2	sever 3 sidra v 2. nadstropju
U_S3	sever sidro v sredini 1. nadstropja
U_S4	sever sidro v sredini 2. nadstropja

Z izvedbo vgradnje sider učinkovito povečamo potresno odpornost severne fasade, tudi po reduciranju s faktorjem zaupanja, kot je prikazano v Preglednici 14.

Preglednica 14: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za severno fasado

	MIN vrednost ESC brez upoštevanja mehanizma L	Faktor zaupanja CF	Reducirana vrednost ESC _r [% g]	Projektni pospešek tal za Kranj [% g]
OBST_S	0,16	1,35	0,119	0,225
U_S1	0,16	1,35	0,119	0,225
U_S2	0,47	1,35	0,348	0,225
U_S3	0,16	1,35	0,119	0,225
U_S4	0,16	1,35	0,119	0,225

Izbran ukrep: vgradnja 3 sider v stropno konstrukcijo 2. nadstropja s povezavo v estrih

5.1.4 Analiza rezultatov za južno fasado

Južna fasada je po velikosti in obliki zelo podobna severni fasadi. Bistvena razlika je v količini in dolžini notranjih zidov, ki so povezani s fasado, zato se tudi potrebna ukrepa za izboljšanje odpornosti medsebojno razlikujeta.

Preglednica 15: Rezultati analize za južno fasado

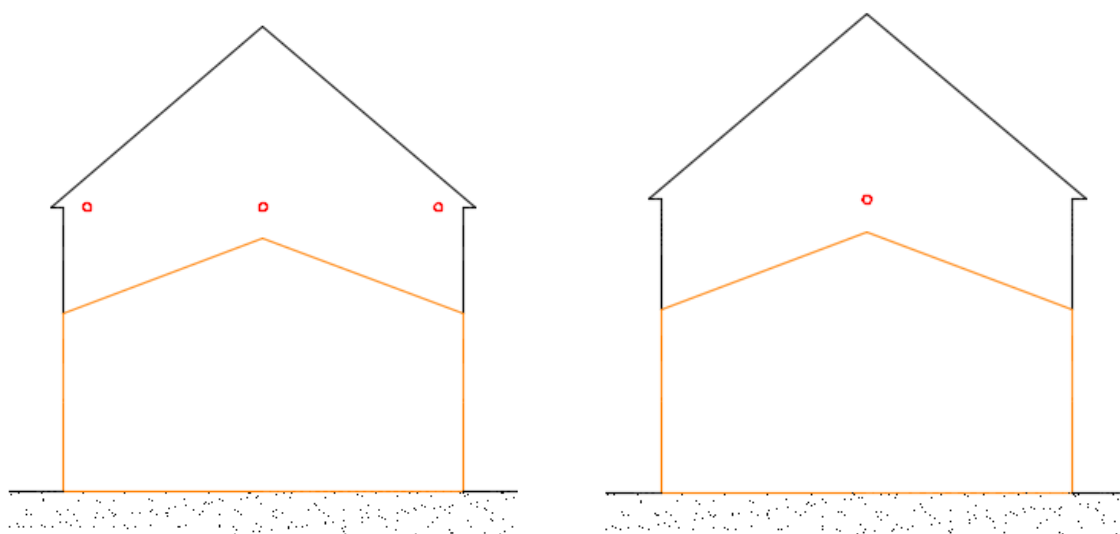
	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	H2	I	L	M
OBST_J	0,43	0,38	0,38	1,13	0,36	---	---	0,18	0,55	0,55	---	0,07	---
U_J1	---	---	---	1,13	---	---	0,44	---	0,55	0,55	---	0,07	---

Pojav vodoravnega ločnega efekta (mehanizem G) ter povečanje ESC faktorja za mehanizem D (delna prevrnitev fasade) dosežemo z vgradnjo sidra v sredini stropne konstrukcije 2. nadstropja, kot je vidno iz rezultatov analize za ukrep U_J1.

Preglednica 16: Reducirane vrednosti porušnih faktorjev obremenitve za južno fasado

	MIN vrednost ESC brez upoštevanja mehanizma L	Faktor zaupanja CF	Reducirana vrednost ESC _r [% g]	Projektni pospešek tal za Kranj [% g]
OBST_J	0,18	1,35	0,133	0,225
U_J1	0,44	1,35	0,326	0,225

Če povzamemo: glede na rezultate analize bi bilo potrebno za ustrezno potresno odpornost obravnavanih fasad vgraditi armirani cementni estrih, v katerega lahko pritrdimo povezovalna sidra in na ta način omogočimo povezanost fasad in horizontalnih konstrukcij v objektu. Prikaz in opis izbranih ukrepov smo podali v sklopu podtočke 4.5, zato v nadaljevanju predstavimo le območje vgradnje estriha, lokacije povezovalnih sider preko nosilnih zidov konstrukcije ter pozicije izvedbe sidranja.

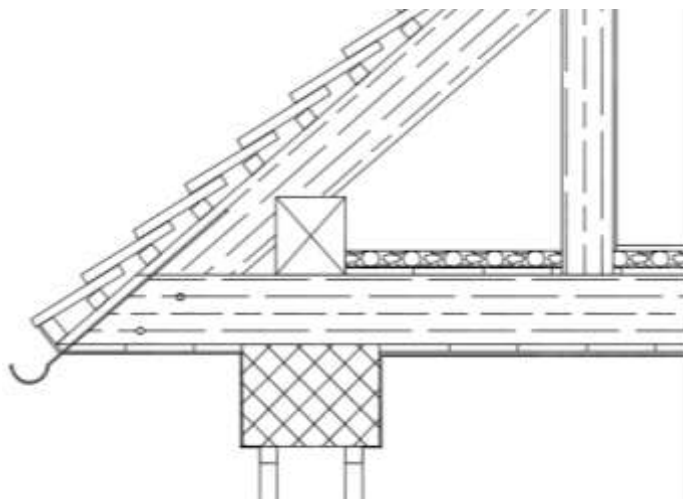


Slika 52: Položaj vgradnje sider na severni fasadi (levo) in na južni fasadi (desno)

5.2 Območje vgradnje estriha ter povezovalnih jeklenih sider

Za vgradnjo armiranega cementnega estriha je potrebno najprej odstraniti obstoječe talne obloge. Ker predstavlja stropna konstrukcija drugega nadstropja hkrati tudi talno konstrukcijo mansarde, je vgradnja estriha v celotnem območju stropne konstrukcije nemogoča, v kolikor ne odstranimo predelnih sten v mansardi ter del sten pod okni v sobah s frčadami. Bruto površina tal mansarde je zaradi načina vgrajenih frčad (zamik obodnih sten stanovanja proti notranjosti) namreč manjša od bruto površine stropa v drugem nadstropju, zato so omenjene rušitve pogoj, da se estrih vgradi do nosilne obodne konstrukcije in se s tem omogoči zahtevano povezanost estriha po celotni površini vgradnje. V severnem delu mansarde se nahajajo nosilni zidovi, ki potekajo kontinuirno preko vseh spodnjih etaž, zato skozi prečno izvedemo vrtine ter vgradimo povezovalna sidra dolžine 200 cm v razmaku enega metra, ki jih ustrezno zainjektiramo.

Pri vgradnji povezovalnih jeklenih sider se pojavi problem pri izvedbi sidranja v stropni konstrukciji drugega nadstropja, saj izvedena strešna konstrukcija ne omogoča povezovanje fasade in estriha z zunanje strani, kot je prikazano na Sliki 53. Posledično se zato odločimo za vgradnjo šestih poševnih sider v območju stropne konstrukcije drugega nadstropja ter za vgradnjo dveh ravnih sider v višini stropa 1. nadstropja.



Slika 53: Detajl stikovanja obstoječe fasade in strešne konstrukcije

Postopek izvedbe predlaganih ukrepov je torej sledeč: odstranjevanje podbojev in vrat predelnih sten, rušitve predelnih sten ter delna rušitev predelnih sten pod okni na vzhodni in zahodni steni mansarde, odstranjevanje talnih oblog in gramoznega nasutja, preverba stanja lesenih stropnikov in ostalih elementov, po potrebi ustrezna zamenjava ter nanos zaščitne emulzije na lesene elemente, izvedba vrtin za vgradnjo sider, priprava podlage za vgradnjo sidrskih plošč v stropni konstrukciji 1. nadstropja, polaganje armaturne mreže z ustreznim prekrivanjem, vgradnja sider in injektiranje, vgradnja prečnih sider z injektiranjem, vgradnja cementnega estriha, izvedba pohode lesene konstrukcije po osušitvi estriha, izvedba predelnih sten pod okni v mansardi. Po zadostnem času po vgradnji estriha (po približno petnajstih dnevih) se sidra, ki so vgrajena z zunanje strani, ustrezno napne s pomočjo vijachenja, zavari matice na ploščo ter ploščo ometa z grobim ometom. Detajl vgradnje sidra, območje vgradnje estriha in lokacija vgrajenih sider v mansardi so prikazani v Prilogi B na Listu 5, Listu 6, Listu 7 in Listu 8, v Prilogi A pa je podana stroškovna ocena izvedbe naštetih ukrepov. Primerjava stroškov posamezne postavke v povezavi z ukrepi je prikazana v desetem poglavju.

6 ENERGETSKA SANACIJA OBJEKTA

V Evropski uniji predstavlja gradbeništvo 40 % celotne rabe energije. Evropski voditelji so se marca 2007 zato zavzeli za zmanjšanje rabe energije. Prvotni cilj je bil zmanjšanje porabe za 20 % do leta 2020, oktobra 2014 pa so cilj povišali in sicer na zmanjšanje za 27 % do konca leta 2030, kar je razvidno tudi iz sporočila Komisije, ki je objavila povzetek sporočila, dostopnega na EUR-Lex, spletni strani za dostopanje do zakonov Evropske Unije (EUR-Lex, 2015). To sporočilo preučuje dosednji napredek v okviru energetske učinkovitosti. Komisija je leta 2011 predlagala načrt za energetske učinkovitosti in nato v letu 2012 sprejela novo direktivo o energetske učinkovitosti. Ključna pojma, ki se ob tem pojavljata, sta energetska učinkovitost ter varčevanje z energijo, torej manjša raba energije za isto storitev in zmanjšanje storitev z namenom varčevanja z energijo.

Na področje energetske učinkovitosti stavb se nanaša Direktiva 2010/31/UE (v nadaljevanju Direktiva), ki opredeljuje pojme, določa zahteve glede energetske učinkovitosti in obravnava izdelavo energetske izkaznice. Splošna določila v Direktivi, ki se nanašajo na energetske izkaznice, so opisana v Členu 11 (Energetske izkaznice), Členu 12 (Izdajanje energetskih izkaznic) ter Členu 13 (Prikaz energetskih izkaznic). Nadaljnji členi so posredno tudi povezani z energetskimi izkaznicami. Določbe v Direktivi obravnavajo potrebe po energiji za ogrevanje prostorov, toplo vodo, hlajenje, prezračevanje in razsvetljavo v novih in obstoječih stanovanjskih in drugih stavbah. Za izračunavanje energetske učinkovitosti stavb morajo države članice na nacionalni ali regionalni ravni sprejeti metodologijo, ki upošteva vidike (povzeto iz Direktive 2010/31/EU, 2015):

- toplotnih značilnosti stavbe,
- ogrevalnih sistemov in oskrbe s toplo vodo,
- klimatskih naprav,
- vgrajene razsvetljave,
- notranjih klimatskih pogojev,
- izpostavljenosti soncu,
- naravne osvetlitve,
- električne energije,
- daljinskih ali skupinskih ogrevalnih in hladilnih sistemov.

Skladno s temi vidiki se določi minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti, ki opredeljujejo stroškovno optimalne ravni, ki se jih pregleduje vsakih 5 let. Minimalne zahteve se razlikujejo za različne tipe stavb ter ločeno glede na novogradnje ter sanacije obstoječih stavb. Pri tem se upošteva, da uporaba minimalnih zahtev ni obvezna za (povzeto iz Direktive):

- uradno zaščitene stavbe,
- stavbe, ki se uporabljajo za obredne namene,

- začasne objekte,
- stanovanjske stavbe, ki so namenjene za omejeno letno uporabo,
- stanovanjske stavbe, katerih skupna uporabna površina je manjša od 50 m².

Cilj Direktive 2010/31/UE je, da bodo do 31. decembra 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske. Ta merila veljajo po 31. decembru 2018 tudi za stavbe, ki jih javni organi uporabljajo kot lastniki. V povezavi s tem ciljem in za sistem certificiranja energetske učinkovitosti stavb se izdelava za posamezno stavbo energetska izkaznica. Pomen energetske izkaznice je predstavljen v sedmem poglavju.

6.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah: PURES 2010

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, 2010) je pravilnik, ki ureja področje energetske učinkovite gradnje. Izdan je bil na podlagi drugega odstavka 10. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 111/05 – odl. US, 93/05 – ZVMS, 126/07 in 108/09). V veljavo je stopil dne 1. julija 2010. Vsebina pravilnika se nanaša na zahteve, ki jim mora zadostiti stavba za učinkovito rabo energije. Zahteve se nanašajo na področje toplotne zaščite stavbe, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, pripravo tople sanitarne vode, razsvetljave, zagotavljanja obnovljivih virov energije ter na metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 2010/31/EU. Upoštevanje zahtev iz pravilnika je obvezno. V pravilniku so obrazloženi izrazi, ki se pojavljajo v sklopu toplotne zaščite ovoja stavbe ter vgrajenih sistemov, člani pa se nanašajo tudi na mejne vrednosti učinkovite rabe energije, uporabo obnovljivih virov energije, izpustov emisij CO₂ ter na izdelavo projektne dokumentacije. 9. člen obravnava toplotno zaščito stavbe, ki jo je pri sanaciji oziroma pri novogradnjah potrebno izvesti, da:

- zmanjšamo prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšamo podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotovimo tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare in
- nadzorujemo oziroma uravnavamo zrakotesnost stavbe.

V tem členu je še zapisano, da je stavbe potrebno projektirati in graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov na letno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje čim manjši in da toplotni mostovi ne povzročajo škode stavbi ali njenim uporabnikom. Sanacijo moramo torej izvesti ob upoštevanju zgoraj podanih dejstev. Za izdelavo naloge pa je pomemben predvsem 5. člen, ki se navezuje na tehnično smernico, ki določa gradbene ukrepe za doseganje zahtev pravilnika in ki jo predstavimo v naslednji podtočki naloge.

6.1.1 Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije

V Zakonu o graditvi objektov je v točki 3.2 prvega odstavka 2. člena zapisano: »Tehnična smernica je dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredi natančnejša opredelitev bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje, izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov in materialov, ki se smejo vgrajevati ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe, kadar je to primerno, pa tudi postopke, po katerih je mogoče ugotoviti, ali so takšne zahteve izpolnjene.«

V Tehnični smernici TSG-1-004:2010 (v nadaljevanju tehnična smernica) so torej podrobneje obrazloženi členi PURES-a. Smernica določa tudi potrebne izračune, s katerimi preverjamo učinkovito rabo energije v stavbah. Postopek izračuna se razlikuje glede na vrsto stavbe. Če iz vsebine smernice izluščimo predvsem področja, ki se navezujejo na izračune gradbene fizike, in ukrepe, za načrtovanje in izvedbo katerih je zadolžena gradbena stroka, lahko zapišemo, da smernica za zagotavljanje učinkovite rabe energije v stavbah določa:

- elemente arhitekturne zasnove, ki vplivajo na učinkovito rabo energije,
- dopustno toplotno prehodnost posameznih gradbenih elementov in sklopov,
- sestave takšnih gradbenih konstrukcij, da ne bo prišlo do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare.

Ostale določbe se navezujejo na področje vgrajenih naprav in se z njimi ukvarjajo predvsem strokovnjaki s področja energetske smeri strojništva.

6.2 Izraba obnovljivih virov energije

Evropska unija obnovljive vire energije (OVE) umešča med sestavne dele boja proti podnebnim spremembam. Uporaba obnovljivih virov energije ima veliko pozitivnih vplivov, ki se kažejo v več segmentih gospodarstva in varovanja okolja. Prednosti uporabe obnovljivih virov so med drugim (Fokus društvo za sonaraven razvoj, 2015):

- spodbujajo zaposlenost in razvoj podeželja, saj se na podeželju zaradi uporabe biomase pojavljajo nova delovna mesta,
- zmanjšujejo odvisnost od uvoženih virov energije: manjši uvoz plina in nafte, večja dostopnost do lokalnih virov,
- izboljšujejo kakovost okolja: neto manjše emisije CO₂,
- so cenovno konkurenčni fosilnim gorivom.

V Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah obravnava izrabo obnovljivih virov energije. 16. člen pravilnika, ki določa, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če je poleg zahtev iz 7. člena (o mejnih vrednostih učinkovite rabe energije) najmanj 25 odstotkov celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije v stavbi. Energijska učinkovitost stavbe je dosežena tudi, če je delež končne energije za delovanje sistemov pridobljen iz sončnega obsevanja, iz plinaste biomase ali trdne biomase, iz geotermalne energije, iz toplote okolja, sproizvodnje toplote in električne energije ali iz energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja. Za vsak posamezen tip pridobljene energije za delovanje sistemov je predpisano, koliko odstotkov mora predstavljati energija, pridobljena iz posameznega tipa, da se doseže energijska učinkovitost stavbe. Za energijo, pridobljeno iz trdne mase, tako velja, da mora predstavljati vsaj 50 odstotkov celotne energije za ogrevanje in hlajenje objekta ter pripravo tople sanitarne vode, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena.

7 ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

»Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti.« (Energetska izkaznica stavbe, 2015)

7.1 Zakonodaja v Sloveniji, ki se navezuje na izdelavo energetskih izkaznic

Pri nas je energetska izkaznica uvedel Energetski zakon (Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-B) (Ur. l. RS št. 118/2006, z dne 17.11.2006) in (EZ-e) (Ur. l. RS št. 10/2012, z dne 10.02.2012)). Izdelava energetske izkaznice je postala obvezna v skladu z Direktivo EU. V Sloveniji se na izdelavo energetske izkaznice nanašajo naslednji dokumenti (povzeto s spletne strani Republike Slovenije, Ministrstvo za infrastrukturo, Portal energetika, 2015):

- Energetski zakon (EZ-1) (Ur. l. RS št. 17/2014, z dne 7.03.2014),
- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS št. 92/2014, z dne 19.12.2014),
- Pravilnik o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetskih izkaznic (Ur. l. RS št. 6/2010),
- Pravilnik o spremembi Pravilnika o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetskih izkaznic (Ur. l. RS št. 23/2013),
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES (Ur. l. RS št. 52/2010, z dne 30.06.2010),
- Tehnična smernica TSG-1-004-2010,
- Uredba o določitvi najvišjih cen za izdajo energetske izkaznice (Ur. l. RS št. 15/2014).

Veljavnost energetske izkaznice je 10 let. Izkaznico se lahko naredi znova, preden preteče 10 let, v primeru, da v tem času pride do večjega posega v stavbo (izolacija fasade, rekonstrukcija strešne konstrukcije, zamenjava energenta in tako dalje). Energetska izkaznica poleg podatka o rabi energije ter emisijah CO₂ podaja tudi nasvete za ukrepe, ki izboljšajo energetske učinkovitost stavbe. Ti ukrepi se delijo na investicijske (ukrepi v ovoj stavbe, v sisteme ogrevanja, hlajenja, priprave tople vode, v razsvetljavo) ter na organizacijske ukrepe (ugašanje luči in naprav v času neuporabe).

Izdelava energetske izkaznice je obvezna za vse stavbe in stanovanja, ki se prodajajo ali oddajajo v najem za časovno obdobje, daljše od enega leta. V kolikor se stavba oziroma stanovanje ne prodaja ali oddaja za več kot leto dni, energetska izkaznica ni potrebna. Prav tako energetska izkaznica ni potrebna za stavbo ali del stavbe, če:

- se prodaja v primeru javne koristi za razlastitev,
- se prodaja v postopku izvršbe ali v stečajnem postopku,

- se prodaja ali oddaja nepremičnina, ki je v last Republike Slovenije ali lokalne skupnosti prešla na podlogi sklepa o dedovanju.

Dodatno energetska izkaznica ni potrebna v naslednjih primerih za:

- stavbe, ki so varovane v skladu s predpisi o varstvu kulturne dediščine,
- stavbe, ki se uporabljajo za obredne namene ali verske dejavnosti,
- industrijske stavbe in skladišča,
- nestanovanjske kmetijske stavbe, če se v njih ne uporablja energija za zagotavljanje notranjih klimatskih pogojev,
- enostavne in nezahtevne objekte,
- samostojne stavbe s celotno uporabno tlorisno površino, manjšo od 50 m².

Energetsko izkaznico stavbe lahko izdelajo le neodvisni strokovnjaki, ki so pridobili licenco za izdelovanje izkaznic na podlagi opravljenega izpita. Izkaznico nato izda pooblaščen pravna oseba, ki ji je pooblastilo za izdajo podelil pristojni minister. Pri sami izdelavi mora strokovnjak na ogledu objekta in iz razpoložljive dokumentacije pridobiti podatke o površinah, sestavi gradbenih konstrukcij, vgrajenem stavbnem pohištvu, sistemih za ogrevanje in hlajenje, načinu priprave tople vode.

Pri izdelavi energetske izkaznice za posamezni objekt ločimo dva tipa izkaznic: merjeno energetska izkaznico in računsko energetska izkaznico. Pri merjeni energetska izkaznici se energijski kazalci določijo glede na izmerjene vrednosti porabe energije v obdobju treh let in enostavnega pregleda objekta. Izdela se za nestanovanjske stavbe. V kolikor obstajajo podatki o rabi zgolj za dve leti, je treba te vrednosti normirati. V primeru, da te zahteve niso izpolnjene (na primer sanacija je bila izvedena pred enim letom in je poraba manjša v primerjavi s stanjem pred sanacijo), je potrebno za objekt izdelati računsko energetska izkaznico. Računska energetska izkaznica prikazuje energijske kazalce, ki se izračunajo po standardu SIST EN ISO 13790 ter na podlagi nacionalnih robnih pogojev (upoštevanje lokacije objekta, temperaturni primanjkljaj). Izdela se za novogradnje in obstoječe stanovanjske stavbe.

Preglednica 17: Razlike med merjeno in računsko energetska izkaznico

Kazalci na energetska izkaznici	
Merjena E.I.	Računska E.I.
- letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto (kWh/m ² a)	- letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH}/A_k (kWh/m ² a)
- letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe (kWh/m ² a)	- letna dovedena energija za delovanje stavbe Q/A_k (kWh/m ² a)
- letna primarna energija za delovanje stavbe Q_p/A_k (kWh/m ² a)	- letna primarna energija za delovanje stavbe Q_p/A_k (kWh/m ² a)
- letne emisije CO ₂ zaradi delovanja stavbe (kg/m ² a)	- letne emisije CO ₂ zaradi delovanja stavbe (kg/m ² a)

V odvisnosti od letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto površine se objekt pri izdelavi računske energetske izkaznice razvrsti v enega izmed devetih energetskih razredov učinkovitosti stavbe (Preglednica 18). Razred A1 predstavlja objekte, ki za ogrevanje potrebujejo najmanj toplote. V ta razred spadajo pasivne energetske hiše in objekti. Nasprotno so v G razred razvrščene stavbe, ki so energetsko potratne. To so večinoma stari objekti, brez vgrajene toplotne izolacije in z energetsko potratnim stavbnim pohištvom.

Preglednica 18: Energetski razredi učinkovitosti stavbe

Razred	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine [kWh/m ² a]
A1	od 0 do vključno 10
A2	nad 10 do vključno 15
B1	nad 15 do vključno 25
B2	nad 25 do vključno 35
C	nad 35 do vključno 60
D	nad 60 do vključno 105
E	nad 105 do vključno 150
F	nad 150 do vključno 210
G	nad 210

V postopku izdelave merjene energetske izkaznice se na kazalniku prikaže zgolj vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine in se objektov ne razvršča v energetske razrede.

7.2 Splošno o energetski izkaznici

Energetska izkaznica podaja torej informacijo o količini porabljene energije, iz česar lahko razberemo, kako je stavba energetsko varčna ali potratna, kar je pri nakupu ali najemu nepremičnine dobrodošla informacija za oceno stroškov, ki bodo nastali zaradi ogrevanja in ohlajanja. Kot lastniku nepremičnine pa je pomembna informacija del izkaznice, kjer so podani ukrepi in priporočila za povečanje energetske učinkovitosti. Ti ukrepi so podani specifično za obravnavano stavbo. Pri izdelavi računske in merjene energetske izkaznice je prisotna razlika v številu strani, ki jih izkaznica kot končni izdelek vsebuje.

Računska energetska izkaznica je prikazana na štirih straneh, kjer naslovna stran prikazuje podatke o stavbi, uvrstitev v energetski razred glede na potrebno toploto za ogrevanje, količino dovedene energije za delovanje stavbe, količino primarne energije in emisij CO₂ ter podatke o izdelovalcu izkaznice in izdajatelju. Na drugi strani so prikazani podatki o kondicionirani prostornini stavbe, zunanji površini stavbe, povprečni letni temperaturi, dovedeni energiji za delovanje stavbe, ki je ločeno prikazana za posamezen energent. Tretja stran podaja predloge ukrepov po posameznih področjih, ki se delijo na:

- ukrepe za izboljšanje kakovosti ovoja stavbe,
- ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov KGH (klimatizacija, gretje, hlajenje),
- ukrepe za povečanje izrabe obnovljivih virov energije,
- organizacijske ukrepe.

Zadnja, četrta stran je namenjena vpisu komentarja in opisu posebnih robnih pogojev, kjer zapišemo informacije o sestavi gradbenih konstrukcij, menjavi oken ali sanacije fasade in dodatnih posebnosti, ki vplivajo na izračun gradbene fizike objekta.

Podatki merjene energetske izkaznice so podani na šestih straneh. Prva stran vsebuje splošne podatke o stavbi ter kazalnike rabe energije: količina dovedene energije, dovedene električne energije, primarni energiji ter emisij CO₂ in podatke o izdelovalcu vključno s podatkom o izdajatelju izkaznice. Druga stran je namenjena prikazu količin dovedenih energentov, ki je ločeno obravnavana za obnovljive vire energije ter ostale vire. Dodatno je podano, za kaj vse se električna energija porablja. Tretja stran je enaka pri obeh izkaznicah in je torej namenjena ukrepom za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. Na četrti in peti strani so podani opisi:

- splošni opis stavbe,
- zunanji ovoj stavbe,
- raba energije,
- vgrajeni sistemi,
- izkušnje uporabnikov stavbe,
- težave pri izdelavi merjene energetske izkaznice.

Zadnja stran je enaka kot pri računski energetske izkaznici. Podamo komentar izkaznice ter opišemo posebne robne pogoje.

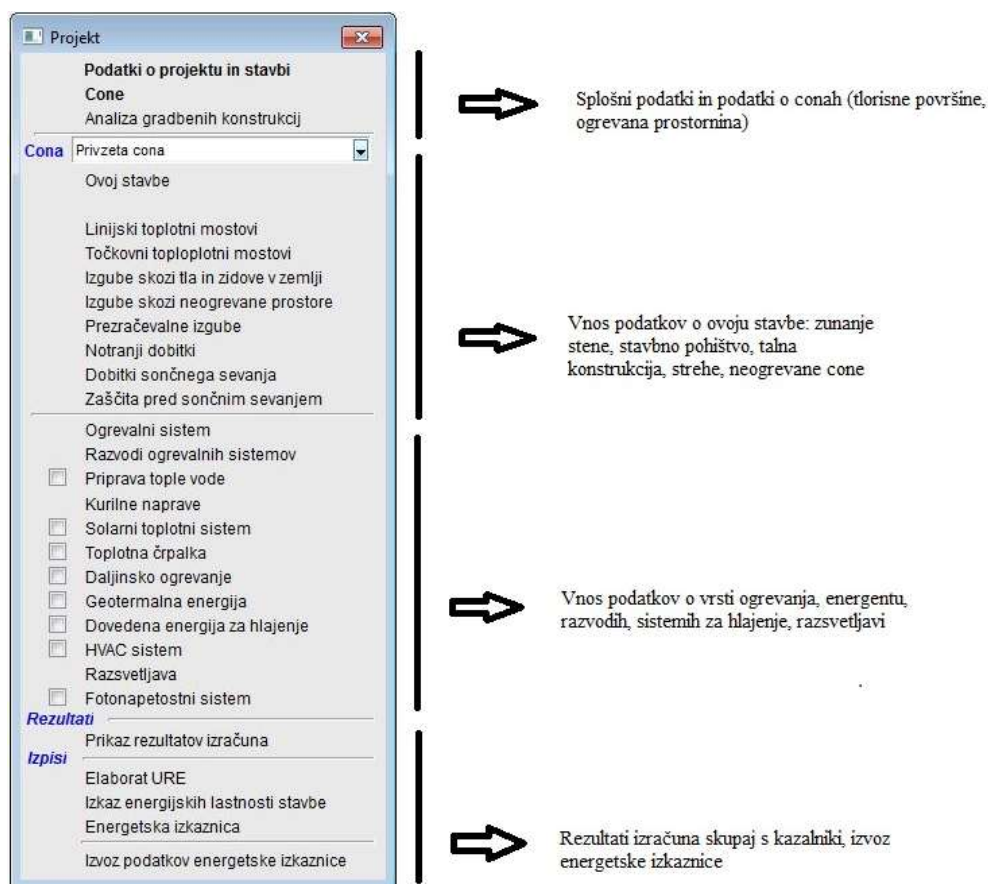
7.3 Programi za izračun gradbene fizike

Za izračun gradbene fizike objektov obstaja več programov različnih ponudnikov, ki delujejo na enak način oziroma za izračun uporabljajo enake postopke. V Sloveniji se uporabljata predvsem ArchiMAID, ki so ga razvili v podjetju FIBRAN NORD d.o.o., in Gradbena fizika URSA 4.0, ki je produkt podjetja URSA d.o.o.. Poleg omenjenih dveh se uporablja tudi program KI ENERGIJA 2014, ki ga je razvilo podjetje Knauf Insulation. Skupna točka vseh treh programov je poleg računanja gradbene fizike tudi dejstvo, da so vsa podjetja proizvajalci toplotne izolacije za objekte visoke gradnje.

V našem izračunu smo za analizo obstoječega stanja ter stanja po predlagani sanaciji uporabili program Gradbena fizika URSA 4.0, verzija 4.0 – 2.27. S pomočjo rezultatov smo ocenili stroške sanacije in vračilno dobo le-teh.

7.4 Predstavitev programa Gradbena fizika URSA 4.0

Program lahko razdelimo v štiri večje sklope, ki so opisani v naslednjih alinejah.



Slika 54: Osnovni meni v programu Gradbena fizika URSA 4.0 (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)

7.4.1 Sklop 1: vnos osnovnih podatkov

Najprej v prvi podsklop podamo podatke o projektu in stavbi, kjer vnesemo podatke o investitorju, lokaciji objekta ter vrsti stavbe. Zadnja podatka sta potrebna zaradi določanja povprečne letne temperature, temperaturnega primanjkljaja ter uvrstitve stavbe v izbrano kategorijo objektov (stanovanjske ali nestanovanjske, samostojne hiše ali vrstne hiše, enostanovanjske stavbe ali večstanovanjske stavbe in podobno). V izbirnih oknih določimo še način upoštevanja toplotnih mostov, kapacitivnosti stavbe ter kondenzaciji na površini. Nazadnje podamo še podatke o projektivnem podjetju in izdelovalcu izkaznice. V drugem podsklopu (Slika 55) določimo podatke za vsako cono: o ogrevani bruto in neto prostornini cone, uporabni površini, o povprečnem dnevnem številu ur z normalnim ogrevanjem, številu dni v tednu z normalnim ohlajanjem, projektni notranji temperaturi ogrevanja (20 °C) in hlajenja (26 °C) ter še podatke o višini nadstropja, številu nadstropij, dolžini in širini cone. Vnesemo tudi podatek o načinu znižanja temperature ob koncu tedna. Zadnji podsklop je namenjen vnosu podatkov o gradbenih konstrukcijah na objektu. Za vsak objekt podamo informacijo o sestavi

zunanjih sten, talne konstrukcije, medetažnih konstrukcij, strešne konstrukcije. Pri vsaki gradbeni konstrukciji podamo vgrajene materiale in debelino le teh v vrstnem redu od notranjega sloja proti zunanjemu zaključnemu sloju. Program na podlagi izbranega pravilnika sam poda mejno dovoljeno vrednost toplotne prehodnosti celotnega sklopa in nas opozori, če je le ta v obstoječi konstrukciji presežena. Podamo še podatke o vgrajenem stavbnem pohištvu: prehodnosti zasteklitve, prehodnosti okvirja in skupni prehodnosti elementa.

The screenshot shows a software window titled "Podatki o coni" with the following fields and options:

- Opis cone: Privzeta cona (with a "V redu" button)
- Poenostavljeni izračun neto ogrevane prostornine ($V = 0,8 \cdot V_e$)
- Ogrevana prostornina V_e (m³): 0,00
- Neto ogrevana prostornina V (m³): 0,00
- Poenostavljeni izračun uporabne površine ($A_U = 0,32 \cdot V_e$)
- Uporabna površina stavbe A_U (m²): 0,00
- Cona je ogrevana
- Neprekinjeno delovanje
- Povprečno dnevno število ur z normalnim ogrevanjem (ura): 24,00
- Število dni v tednu z normalnim hlajenjem (dan): 4
- Način znižanja temperature ob koncu tedna:
 - Brez znižanja
 - Izkllop
 - Znižanje temperature ogrevanja
- Notranja projektna temperatura ogrevanja (°C): 20
- Notranja projektna temperatura hlajenja (°C): 26
- Višina nadstropja (m): 3,00
- Število nadstropij: 1,00
- Dolžina cone (m): 0,00
- Širina cone (m): 0,00
- Mejna temperatura znižanja (°C): 15,00

Slika 55: Vnos podatkov o ogrevani coni (Vir. Gradbena fizika URSA 4, 2015)

7.4.2 Sklop 2: vnos podatkov o ovoju cone

Najprej vnesemo podatke o konstrukcijskih sklopih, ki cono omejujejo. Za posamezno konstrukcijo podamo, kaj jo sestavlja (sestavo smo določili v sklopu analiza gradbenih konstrukcij), njihovo površino, nagib in orientacijo. Na podlagi toplotne prehodnosti sklopa in površine program izračuna, kakšne so toplotne izgube (W/K). Poleg sten in strešne konstrukcije vnesemo v tem podsklopu tudi podatke za vgrajeno stavbno pohištvo. Kapacitivnost notranjih elementov (medetažne plošče, notranje stene) podamo v drugem podsklopu, v kolikor nismo določili, da kapacitivnost program sam upošteva. Enako velja za linijske toplotne mostove, ki jih sicer program upošteva na poenostavljen način, lahko pa se jih upošteva na podlagi standardov, kjer nato izberemo vrsto toplotnega mostu in spremljajoče karakteristike. Izgube skozi talno konstrukcijo (Slika 56) podamo preko podatka o površini plošče, obsegu plošče, vrsti in debelini obodnih sten. Nadalje podamo še informacije o izgubah skozi

neogrevane prostore, prezračevalnih izgubah, notranjih dobitkih, dobitkih sončnega sevanja in o zaščiti pred sončim sevanjem, v kolikor je zaščita prisotna.

VRSTA TALNE KONSTRUKCIJE

Naziv konstrukcije

TLA NA TERENU

- BREZ IZOLACIJE ROBOV
- IZOLACIJA V HORIZONTALNEM DELU
- IZOLACIJA V VERTIKALNEM DELU
- TEMELJ Z NIZKO SPECIFIČNO TEŽO
- TLA, DVIGNJENA NAD TEREN

KLET

Slika | Toplotni tok

talna plošča

tla

Površina talne konstrukcije A (m²) 0,000 V redu

Obseg talne konstrukcije P (m) 0,000 Preklic

Karakteristična dimenzija B' (m) 0,000

Debelina zunanjega zidu w (m) 0,000

Vrsta tal ilovica, muj (1,5 W/mK)

Toplotna upornost izolacije v talni konstrukciji R_f (m²k/W) 0,000

Ekvivalentna debelina d_t (m) 0,000

Toplotna prehodnost U₀ (W/m²K) 0,000

Največja dovoljena toplotna prehodnost U_{0,max} (W/m²K) 0,000

Toplotne izgube L_S (W/K) 0,000

Slika 56: Vnos podatkov o talni konstrukciji (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)

7.4.3 Sklop 3: vnos podatkov o vgrajenih sistemih

Po vnosu podatkov o konstrukcijskih sklopih, ki omejujejo obravnavano cono, nadaljujemo s podatki o ogrevanju, hlajenju, prezračevanju in pripravi tople vode. V podsklopu ogrevalni sistemi podamo vrsto ogrevalnega medija, tip ogrevala, določimo, katero cono ta ogrevala ogrevajo, podamo način regulacije temperaturo prostora ter način vgradnje ogreval. Te informacije vnesemo za vsako cono posebej (če imamo več con z različnimi viri ogrevanja). Zatem določimo za vsako cono razvodni sistem s podatki o vrsti razvodnega sistema, regulaciji črpalke, položaju toplotne izolacije sten ter izolacije razvodnih cevi. Sistem za pripravo tople vode je namenjen vnosu podatkov o energentu, ki se porablja za pripravo tople sanitarne vode (TSV), v kolikor se topla voda ne zagotavlja s kurilno napravo. V tem primeru podamo nazivno moč ogrevalnega kotla ter določimo razvod, ki je nameščen v coni. Podsklop kurilne naprave (Slika 57) služi vnosu informacij o energentu naprave, regulaciji in namestitvi naprave, vrsti ogreval in vrsti kotla, ter podatkih o nazivni moči kotla ter izkoristkih le-tega. Označimo tudi, kateri razvod je na

napravo priključen. Nadalje podamo podatke o novejših sistemih, v kolikor so vgrajeni: solarni toplotni sistem, toplotni črpalki, daljinskem ogrevanju, geotermalni energiji, dovedeni energiji za hlajenje, HVAC sistemu in fotonapetnostnemu sistemu. V podsklopu razsvetljava določimo, ali gre za pretežno uporabo sijalk ali svetil na žarilno nitko (poenostavljen način), sicer pa vnesemo za vsak tip svetila podatke o moči, številu svetil ter številu letnih obratovalnih ur.

Podatki o kurilni napravi

Ops naprave: Kurilna naprava 1

Energent: zemeljski plin

Regulacija:

 V odvisnosti od notranje temperature

 V odvisnosti od zunanje temperature

Namestitev generatorja toplote:

 V kofovidni

 V ogrevanem prostoru

 V neogrevanem prostoru

Vrsta ogrevil:

 Radiatorji

 Konvektorji

 Ploskovna ogrevala

 Ventilatorski konvektorji

Vrsta kotla:

 Standardni kotel

 Nizotemperaturni

 Kondenzacijski (plinaste g.)

 Kondenzacijski (tekoča g.)

 Biomasa (standardni kotel)

Kurilna naprava ima funkcijo priprave tople vode

 samo v zimskem obdobju

 Kurilna naprava je SPTPE sistem

Nazivna moč kotla je znana

Nazivna moč kotla (kW): 18,28

Nazivna moč kotla pri 30% obremenitvi (kW): 5,48

Izkoristek je znan

Izkoristek kotla pri 100% obremenitvi in testnih pogojih: 0,87

Izkoristek je znan

Izkoristek kotla pri 30% obremenitvi in testnih pogojih: 0,84

Toplotne izgube v času obratovalne pripravljenosti so znane

Toplotne izgube v času obratovalne pripravljenosti (kW): 0,27

Toplotne izgube akumulatorja pri pogojih preizkušanja so znane

Toplotne izgube akumulatorja pri pogojih preizkušanja (kW): 0,00

Nazivni volumen akumulatorja (l): 0,00

Rezultati izračuna (kWh)

	Q _{tot,g}	Q _{g,i}	W _{g,230x}	Q _{g,230x}	Q _{g,m,230x}	Q _{g,230x}	Q _{g,i}	Q _{g,230x}	W _{g,230x}
Jan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Feb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Apr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jun	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sep	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oct	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nov	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dec	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Razvodni pod SISTEMI, v katere je vnesena toplota

Dodaj
Briši

Pomožne električne naprave

Naziv

Dodaj
Briši

Podatki o močeh pomožne naprave so znani

Moč pomožne el. naprave pri 100% obremenitvi (kW):

Moč pomožne el. naprave pri vmesni obremenitvi (kW):

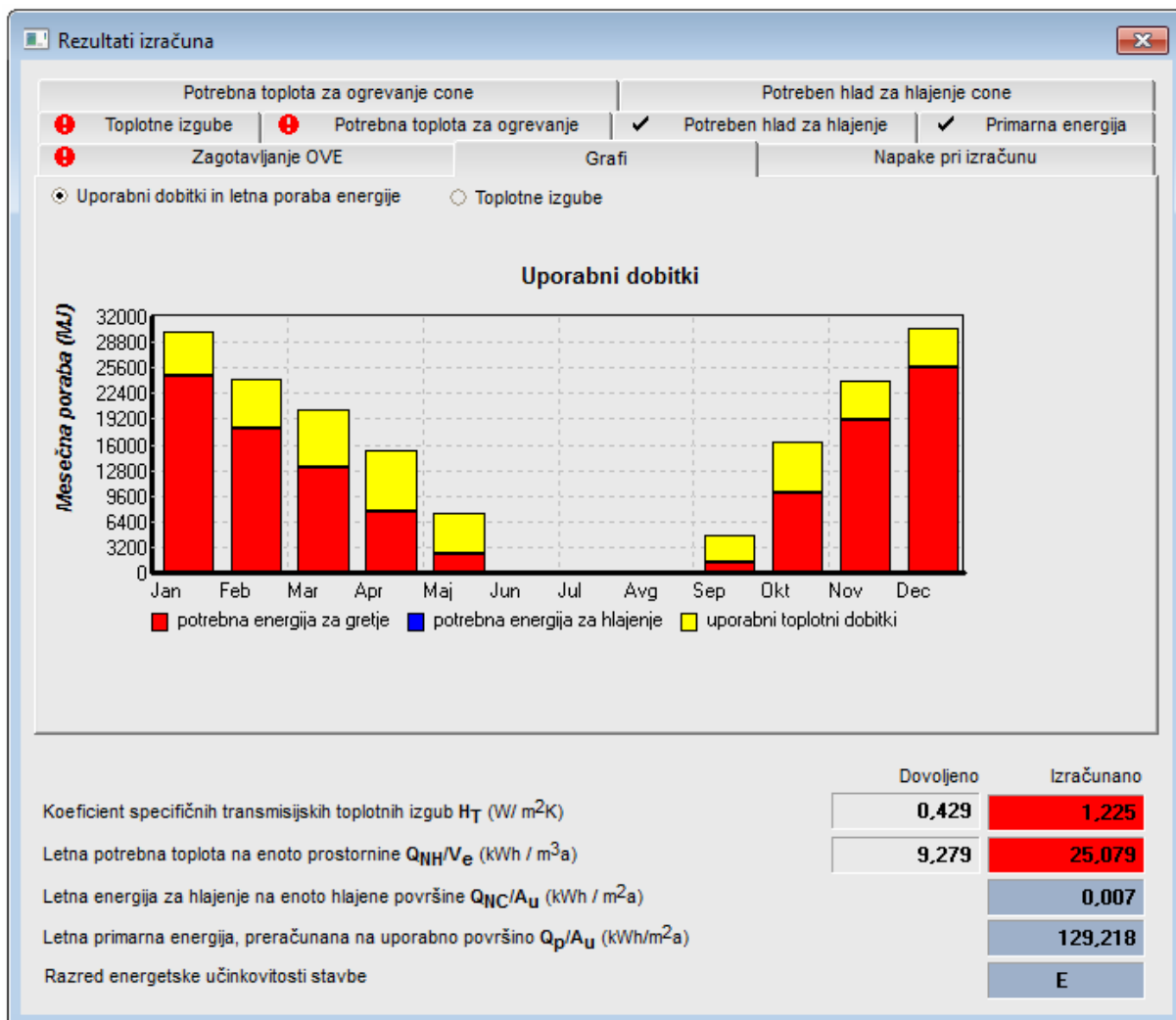
Moč pomožne el. naprave pri stanju pripravljenosti (kW):

Slika 57: Vnos podatkov o kurilni napravi (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)

7.4.4 Sklop 4: rezultati analize in izpis energetske izkaznice stavbe

Četrty sklop ima pet podsklopov, ki so namenjeni predstavitvi rezultatov in izvozu vnesenih podatkov in izvozu pridobljenih rezultatov. Prvi podsklop prikaže toplotne izgube, podatke o potrebni toploti za ogrevanje in hlajenje ter o primarni energiji za delovanje sistema. Dodatno poda potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje za posamezno cono. Prikaže tudi delež zagotavljanja obnovljivih virov energije (OVE), grafe pribitkov (Slika 58) in opozori na morebitne napake pri izračunu. S klikom na podsklop Elaborat URE se nam v obliki »pdf« dokumenta izpiše elaborat gradbene fizike s podatki o vnesenih konstrukcijah in sistemih skupaj z rezultati potrebne količine energije za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje objekta. Izkaz energijskih lastnosti stavbe nam v obliki »pdf« dokumenta izdela poročilo o kazalnikih letne rabe primarne energije za delovanje sistemov ter kazalnikih letnih sistemov izpustov CO₂ zaradi delovanja sistemov. Podsklop Energetska izkaznica prikaže izdelano energetska izkaznico

za obravnavan projekt. Zadnji podsklop v izbrano mapo izvozi projekt v obliki datoteke XML, v obliki datoteke, v kateri je bil izračun izveden (za program Gradbena fizika URSA je to datoteka s končnico GF.4), elaborat URE ter izkaz energijskih lastnosti stavbe.



Slika 58: Rezultati izračuna - prikaz uporabnih dobitkov (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)

7.5 Osebné izkušnje pri izdelavi energetskih izkaznic

V času dodatnega leta sem bil kot študent na drugi stopnji magistrskega študija gradbeništva zaposlen pri podjetju, ki se ukvarja z izdelavo energetskih pregledov objektov in izdelavo energetskih izkaznic. Tekom pisanja magistrske naloge sem v službi sodeloval pri izdelavi računskih in merjenih energetskih izkaznic, kjer sem pomagal pri računu gradbene fizike in vnosu podatkov za stanovanja, hiše ter poslovne prostore. S to službo sem imel priložnost vpogleda v register že izdelanih energetskih izkaznic, na energetske izkaznice pa sem naletel tudi pri iskanju podatkov za stanovanja v stanovanjskih blokih, kjer so za določena preostala stanovanja že bile narejene izkaznice drugih izdelovalcev. Pred nastopom službe sem se udeležil tudi izobraževanja v Sodražici, ki ga je za izdelovalce energetskih izkaznic

organiziralo podjetje Fibran Nord. Kljub izobraževanju in razpravam v službi s sodelavci mi je bilo tudi po več tednih izdelovanja še vedno precej stvari nejasnih.

Izmed vseh dejavnikov, ki pomembno vplivajo na rezultate računa, sem najprej opazil vpliv človeškega faktorja. Tukaj mislim na vestnost, natančnost in poštenost posameznega izdelovalca. Na upoštevanje standardnih pogojev rabe in preverjanja posredovanih podatkov. Tako sem za isto stanovanjsko stavbo za stanovanji, ki imata približno enake robne pogoje (nekatero steno zunanje, ostale notranje, locirani v srednji etaži večetažne stavbe), ob pregledu opazil, da se energijska razreda razlikujeta za dve stopnji, kar je glede na podobnost zelo nenavadno. Vpliv človeškega faktorja se kaže tudi v drugačnem pristopu posameznikov, ko se pojavi določen problem, za katerega (še) ni znane rešitve. Te rešitve in vnos podatkov v program so tako različne za različne izdelovalce izkaznic.

Nadalje, nekatere podatke je potrebno predpostaviti, posebej v primerih, ko se izkaznico izdeluje za starejše objekte, ki nimajo ustrezne dokumentacije. Sestavo gradbenih konstrukcij ni mogoče vedno preveriti, vgrajene sisteme tudi ne. Predpostavke o lastnosti vgrajenih materialov in stavbnega pohištva, kjer podajo predpostavljeno vrednost toplotne prehodnosti elementa, pomembno vpliva na toplotne izgube.

Glede na naravo podatkov, ki so potrebni za vnos v program za izdelavo energetske izkaznice, bi bilo primerno, da bi izdelavo izkaznice v sodelovanju opravila inženir gradbeništva ali arhitekture za del, povezan z ovojem stavbe, ter inženir strojništva za del, povezan z vgrajenimi sistemi. Sam sem imel največ problemov z vnosom vgrajenih naprav na objektu v program, saj sem bil kot študent gradbeništva brez znanja na področju energetike in z njo povezanih naprav in sistemov. Osebno sem izkaznice izdeloval ob pomoči sodelavca, ki je diplomiral na strojni fakulteti na smeri energetike in mi je bil v veliko pomoč pri določanju podatkov za vnos podatkov o napravah.

Na ogledu stanovanj in objektov sem v pogovoru z naročniki izkaznic v večini problemov razbral, da jim končni rezultati in kazalniki na izkaznici ne pomenijo veliko. Večino izmed naročnikov je bolj zanimala cena, ki so jo morali plačati za izdelavo izkaznice. Le majhen delež naročnikov je po prikazu izdelanega osnutka izkaznice vprašal, kako poteka izdelava, zakaj so takšni končni izračuni in o priporočenih ukrepih, ki so bili navedeni na izkaznici. Nekateri so me poskušali prepričati, da bi izkaznico naredil z uporabo boljših karakteristik ovoja in s tem dosegel, da se izkaznica uvrsti v višji energijski razred.

Če naredim povzetek: menim, da je javnost premalo obveščena o podatkih, ki jih lahko iz energetske izkaznice pridobi. Za večino lastnikov predstavlja pridobitev energetske izkaznice nujno zlo, ki ga morajo predložiti ob prodaji ali oddaji objekta. Upoštevajoč dejstvo, da je bilo v začetku leta 2015 povpraševanje po izdelavi energetskih izkaznic veliko in da pooblaščenih izdelovalcev ni bilo dovolj, da bi opravili vse delo, so bili za pomoč najeti študenti, ki pa so seveda delo opravili v okviru svojega

znanja in zmožnosti. Rezultati izkaznic so tako spet odvisni od kakovosti dela posameznika. Zaradi velikega števila izkaznic je bilo potrebno izkaznico čim hitreje izdelati, kar je prineslo dodatne napake v izračunu zaradi hitenja. S tem se rezultat še bolj odmakne od realnega.

Moje mnenje je, da je projekt vzpostavljanja registra z energetske izkaznicami sicer dobra ideja, a se ob pomanjkanju kontrole že izdelanih izkaznic izgubi smisel izdelave le teh, saj se v registru prikazujejo izkaznice, ki pa ne vsebujejo dejanskih podatkov o objektu oziroma stanovanju.

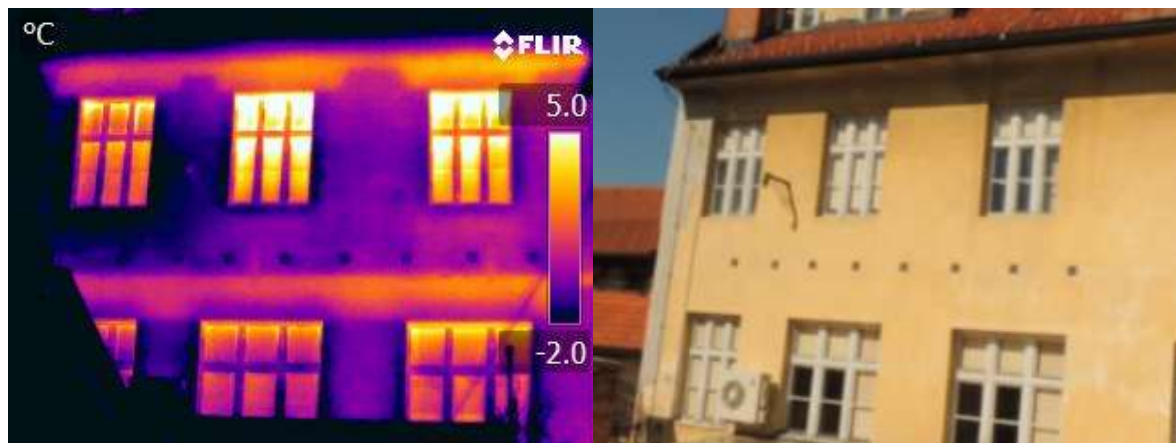
8 PODATKI ZA ANALIZO S PROGRAMOM Gradbena fizika URSA 4.0

Tekom tega poglavja predstavimo vhodne podatke, ki jih potrebujemo za energetska analizo konstrukcije. V prvi točki analiziramo obstoječe stanje konstrukcije.

8.1 Analiza konstrukcije s termografskimi posnetki

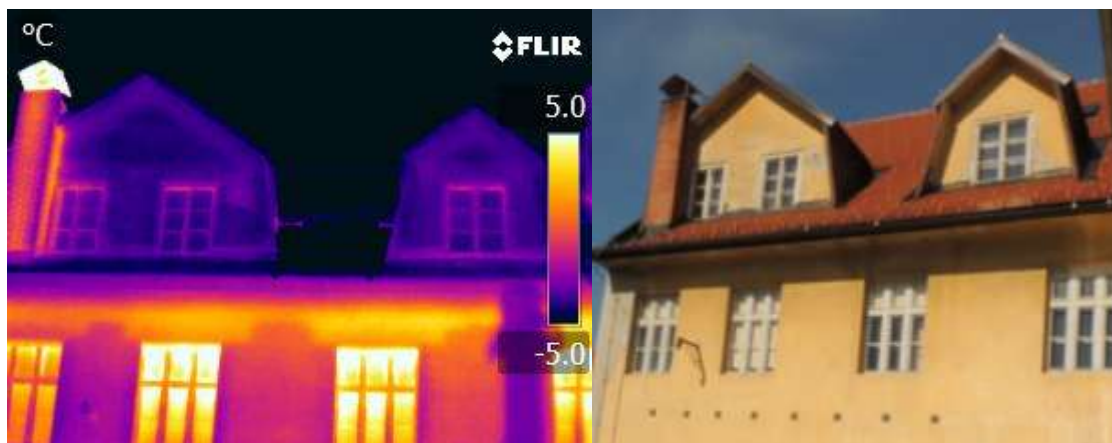
S termografskimi posnetki ugotavljamo položaje toplotnih nepravilnosti na ovoju stavbe. Zaradi toplotnih mostov in elementov z visoko toplotno prehodnostjo se na zunanji strani ovoja pojavijo višje temperature. Pri iskanju teh nepravilnosti si pomagamo s termografskimi posnetki oziroma analizi objekta z uporabo toplotne kamere. Termografija temelji na merjenju našim očem nevidnega sevalnega toplotnega toka, ki ga oddaja površina konstrukcije in ga preko toplotne kamere prikaže v barvno sliko.

Zajemanje termografskih posnetkov je potekalo 29. januarja 2015 zjutraj, saj je potrebna določena razlika v notranji in zunanji temperaturi, da je območje izgub jasno vidno, za kar je zimski čas najbolj primeren. Če pričnemo analizo z zahodno fasado starega dela objekta opazimo, da prihaja do velikih izgub zaradi prehoda toplote ob odprtinah, torej ob vratih in oknih. Podobno opazimo tudi na vzhodni steni starega dela, kar je lepo vidno na Sliki 59. Razlog za to je dejstvo, da so okna stara in dotrajana ter zato ne morejo zagotavljati primerne tesnjenja ter pripomorejo k povečanju toplotnih izgub. Iz spodnje slike so tudi lepo razvidne armiranobetonske preklade nad okni. K toplotnim izgubam skozi ovoj starega dela dodatno pripomorejo neizolirane stene objekta.



Slika 59: Termografski posnetek vzhodne fasade starega dela (levo), običajen posnetek (desno)

Prehod toplote se vrši tudi preko stropne konstrukcije drugega nadstropja v stiku z neogrevano mansardo, saj medetažne konstrukcije niso primerno toplotno izolirane. Temperaturna razlika med mansardo in drugim nadstropjem je vidna tudi iz Slike 60, ki prikazuje izgube toplote skozi okna na vzhodni fasadi in skozi okna frčad. Prenos toplote nato preko mansarde in podstrešja poteka preko neizolirane strešne konstrukcije proti zunanosti.



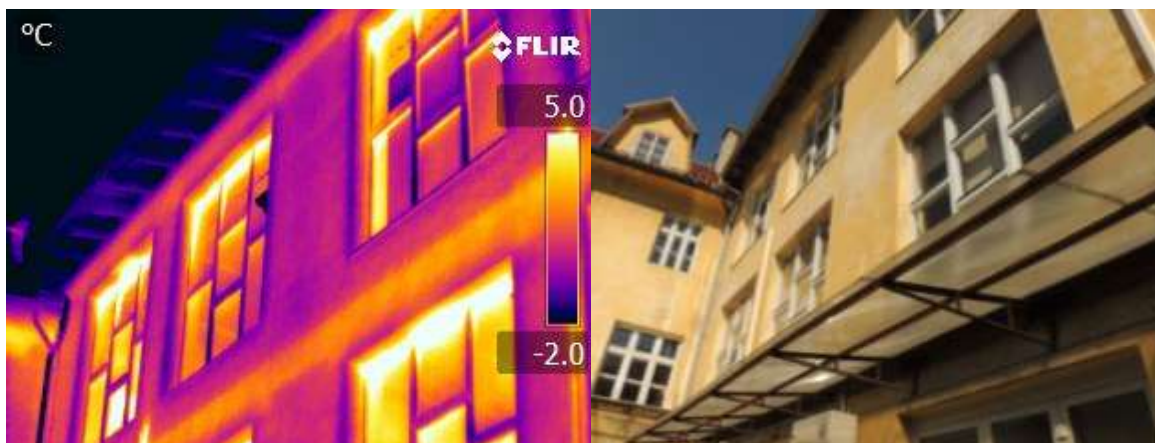
Slika 60: Termografski posnetek neogrevane mansarde s frčadami (levo), običajen posnetek (desno)

Poleg oken pripomorejo k dodatnim toplotnim izgubam tudi glavna vhodna vrata na zahodni strani objekta in vrata proti dvorišču na vzhodni fasadi starega dela objekta. Vrata so lesena, zastekljena z enojno zasteklitvijo in nadsvetlobnikom. Neustreznost stavbnega pohištva je prikazana na spodnji sliki.

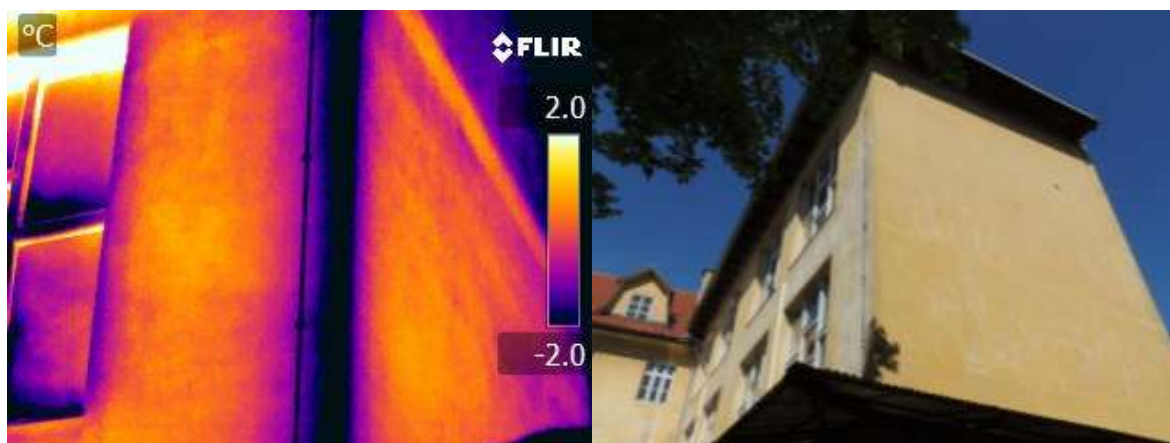


Slika 61: Termografski posnetek vhodnih vrat (levo), običajen posnetek fasade (desno)

Analiza dvorišnega prizidka prikaže linijske toplotne mostove na vogalih in v območju medetažnih betonskih plošč (Slika 62 in Slika 63). Razlika je vidna tudi na sliki, saj imajo votli modularni bloki manjšo toplotno prevodnost v primerjavi z betonom enake debeline. Tudi v tem delu objekta opazimo, da prihaja do velikih toplotnih izgub skozi obstoječe stavbno pohištvo. Problem prehajanja toplote skozi okna je v tem primeru še večji, saj predstavljajo okna na južni fasadi prizidka precejšnjo površino fasade. V primerjavi s starim delom so toplotne izgube skozi strešno konstrukcijo v prizidku manjše, saj so stropne konstrukcije prizidka toplotne izolirane s heraklitom (lesna volna v ploščah). Del izgub v obeh delih stavbe predstavlja prehod toplote skozi talno konstrukcijo, ki ni primerno toplotno izolirana.



Slika 62: Termografski posnetek oken dvoriščnega prizidka (levo), posnetek fasade prizidka (desno)



Slika 63: Termografski posnetek betonskega vogala prizidka (levo), običajen posnetek (desno)

8.2 Analiza konstrukcije z meritvijo gostote toplotnega toka skozi steno prizidka

Zaradi lažjega razumevanja in primerjave dejanske toplotne prehodnosti gradbenega sklopa in vrednosti toplotne prehodnosti, ki jo na podlagi vnesenih podatkov izračuna program URSA, smo izvedli merjenje gostote toplotnega toka skozi steno na dvoriščnem prizidku. Meritev je potekala 1. septembra 2015 na topel sončen dan, saj smo želeli analizirati pregrevanje prostorov v vročih dneh. Za mesto izvajanja meritve smo izbrali pisarno prvega nadstropja v dvoriščnem prizidku. Izbrana pisarna se nahaja na koncu hodnika, zato so tri od štirih sten zunanje. Večji del južne stene pisarne predstavljajo dotrajana vezana okna z lesenim okvirjem. Posledično prihaja v poletnem času do velikih toplotnih dobitkov, v zimskem času pa do toplotnih izgub. Doseganje primernih temperatur za opravljanje dela je težavno, kar so potrdili tudi uporabniki prostorov v objektu.

Meritev gostote toplotnega toka skozi steno smo izvajali s pomočjo sistema, ki je sestavljen iz ploščice, dveh termočlenov, pretvornika električnega signala ter računalnika. Funkcija ploščice je merjenje gostote toplotnega toka. Da je meritev mogoča, moramo poznati material ploščice, toplotno prevodnost materiala in debelino ploščice. V sami ploščici je spiralno napeljana žica iz zlitine kroma in aluminija,

ki je na koncih ploščice povezana z bakreno žico, le ta pa je speljana skozi merilec za odčitek razlike (spremembe) temperature med sprednjo in zadnjo stranjo ploščice. Gostoto toplotnega toka določimo z enačbo:

$$q = \frac{\lambda}{d} \cdot \Delta T \text{ [W/m}^2\text{]}, \quad (6)$$

kjer je λ toplotna prevodnost materiala ploščice v [W/mK], d debelina ploščice v [m] ter ΔT gradient temperature [K]. Ploščico za meritev toplotnega toka smo pritrdili na obravnavano steno, kot je prikazano na spodnji sliki.

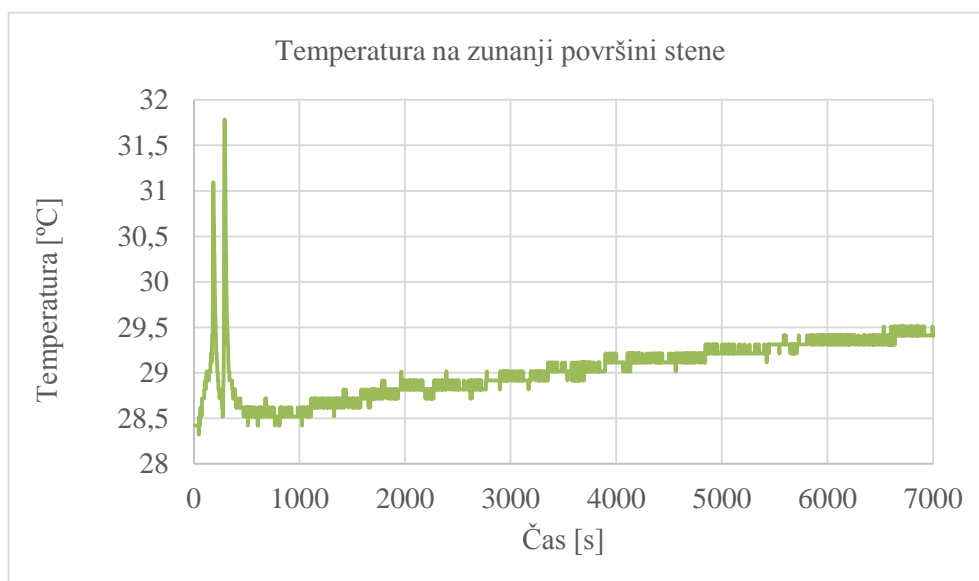


Slika 64: Pritrditev ploščice za izmero prehoda toplotnega toka v steni

Podobno kot ploščico smo na zunanjo in notranjo stran stene pritrdili tudi dva termočlena, s katerima smo beležili spreminjanje temperature na površini stene. Termočlen je na sliki viden kot zelena žica poleg ploščice. Vse tri komponente smo preko pripadajočih žic povezali na pretvornik električnega signala, ki je zbrane podatke odčital in shranjeval na računalniku. V času izvajanja meritev smo torej pridobili merjene podatke o vrednosti toplotnega toka, temperaturi na zunanji površini stene ter temperaturi na notranji površini stene.

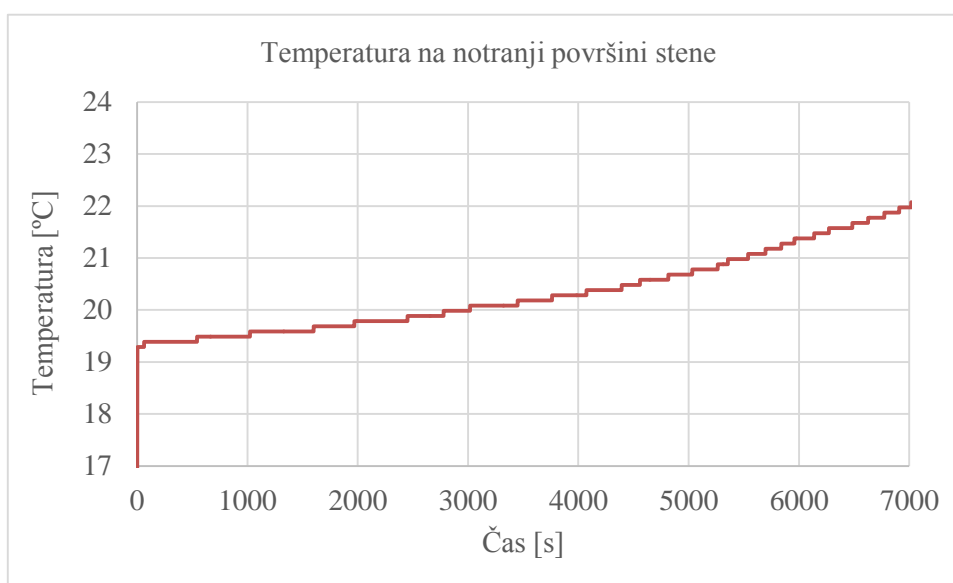
Grafikon na naslednji strani prikazuje spreminjanje temperature na zunanji površini stene. Temperatura se s časom povečuje, kar je tudi smiselno.

Grafikon 1: Spreminjanje temperature na zunanji površini stene



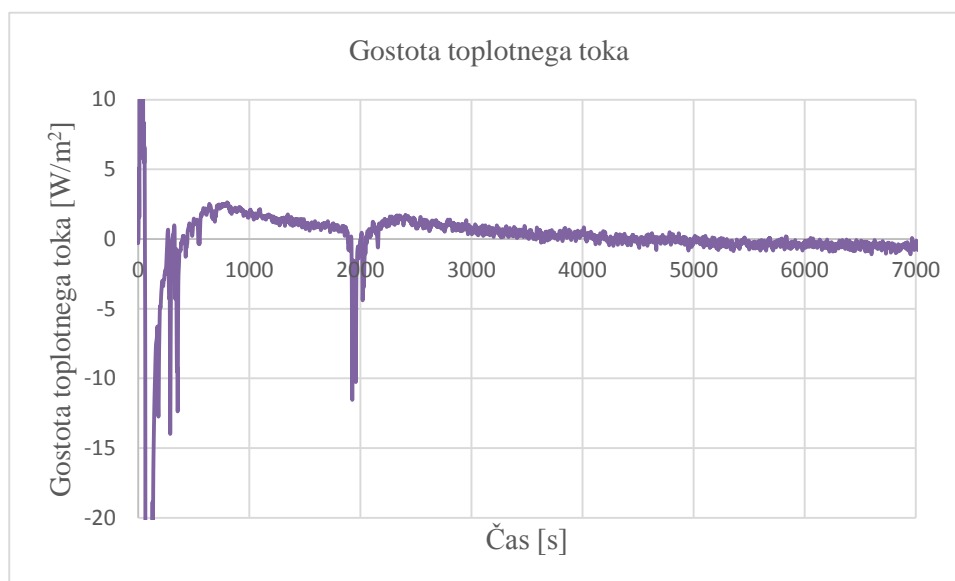
Kot je razvidno iz zgornjega grafikona je v začetnih minutah prišlo do izrazitih skokov v temperaturi, ki so posledica začetnega obdobja izrazitega spreminjanja temperature v termočlenu oziroma posledica izravnavanja temperature v termočlenu in temperature na zidu. Po približno desetih minutah krivulja enakomerno narašča brez izrazitih skokov, saj je v tem času prišlo do obdobja bolj stacionarnih pogojev pri izvajanju meritve. Temperatura se s časom povišuje, kot lahko opazimo tudi pri grafu spreminjanja temperature na notranji površini stene, ki je prikazan spodaj.

Grafikon 2: Spreminjanje temperature na notranji površini stene



Naslednja obravnavana količina je gostota toplotnega toka.

Grafikon 3: Graf spreminjanja gostote toplotnega toka



Tudi na grafu spreminjanja gostote toplotnega toka je lepo viden vpliv nestacionarnih pogojev pri izvajanju meritve. Ta vpliv je viden na začetku grafa ter pri merjenih podatkih okoli dva tisoče sekunde. Začetne izrazite vrednosti so kot pri grafu spreminjanja temperature posledica začetnih nestacionarnih pogojev, kasnejši izrazit skok pa je posledica nenadne spremembe temperaturnih pogojev v prostoru, kar je lepo vidno tudi na grafu spreminjanja temperature v prostoru v točki 8.3.

Pri zgornjem grafu in vrednostih, ki graf definirajo, je takoj opazen velikostni razred merjene količine, saj je gostota toplotnega toka izrazito premajhna za merjeno temperaturno razliko. Vrednosti toplotnega toka za takšen tip obravnavane konstrukcije bi morale biti večje. Ta razmislek se porodi tudi pri analizi toplotne prehodnosti.

Najpomembnejša količina, ki jo izračunamo na podlagi predhodno opisanih merjenih podatkov, je toplotna prehodnost konstrukcije, ki jo označimo s črko U [W/m^2K]. Toplotna prehodnost je določena s toplotnim tokom P [W], ki prehaja na gradbeno konstrukcijo površine $1 m^2$ pri stalni temperaturni razliki med temperaturama zraka na obeh straneh konstrukcije $1 K$. Prenos toplote v gradbenih konstrukcijah se časovno spreminja – je nestacionaren, vendar za osnovno preverjanje toplotne izoliranosti gradbenih konstrukcij zadošča analiza prehoda toplote v stacionarnem stanju (Medved, 2010).

Za stacionarni prenos toplote je značilno, da je toplotni tok skozi konstrukcijo enak na vstopni in izstopni strani. Pri računu toplotne prehodnosti upoštevamo, da gostota toplotnega toka teče z mesta z višjo temperaturo proti mestu z nižjo temperaturo. V tem primeru velja torej, da moramo za izračun temperature razlike od zunanje temperature odšteti notranjo temperaturo (v primeru izvajanja meritve pozimi pa ravno nasprotno). Za izračun toplotne prehodnosti se poslužimo naslednje enačbe:

$$U = \frac{q}{(T_{\text{zun}} - T_{\text{not}})}, \quad (7)$$

kjer je:

Q ... gostota toplotnega toka [W/m^2],

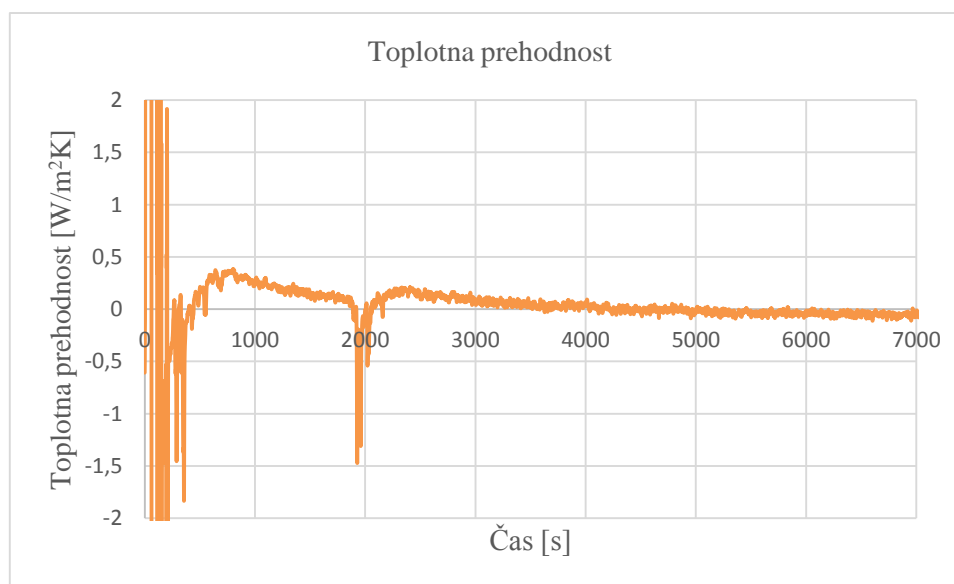
T_{zun} ... temperatura na zunanji površini stene [K] in

T_{not} ... temperatura na notranji površini stene [K].

Na podlagi računanih vrednosti iz prej navedene enačbe izrišemo graf, ki prikazuje spreminjanje vrednosti toplotne prehodnosti skozi izbrano zunanjo steno prizidka v sestavi:

- notranji klasični omet s toplotno prevodnostjo $\lambda_{\text{omet}} = 0,70 \text{ W/mK}$, debelina 1 cm,
- mrežasta in votla opeka s prevodnostjo $\lambda_{\text{opeka}} = 0,61 \text{ W/mK}$, debelina 38 cm ter
- zunanji omet s toplotno prevodnostjo $\lambda_{\text{omet}} = 0,70 \text{ W/mK}$, debelina 1 cm.

Grafikon 4: Spreminjanje toplotne prehodnosti skozi konstrukcijski sklop



Ker se računane vrednosti navezujejo na podatke merjenih, tudi v tem primeru opazimo izrazite začetne in vmesne skoke krivulje. Bolj kot sama oblika krivulje nas tudi v tem primeru zanimajo vrednosti, ki se pojavijo v območju stacionarnih pogojev, torej približno po eni uri izvajanja meritve. Kot je razvidno iz Grafikona 4, so vrednosti toplotne prehodnosti občutno manjše v primerjavi z vrednostjo, ki jo podaja izračun v programu URSA ($U_{\text{URSA}} = 1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$). Ker se vrednosti precej razlikujejo, določimo toplotno prehodnost konstrukcije še po lastnem računu. Poleg toplotne upornosti materialov upoštevamo tudi upornost prestopa toplote s konvekcijo in sevanjem na površini gradbene konstrukcije (mejni zračni plasti). Toplotno upornost celotnega sklopa določimo po enačbi (Medved, 2010):

$$R = R_{a,i} + \sum_{j=1}^n R_{\lambda,j} + R_{a,e}, \quad (8)$$

kjer predstavljajo obravnavane količine:

$R_{a,i}$... upornost prestopa toplote na notranji površini gradbene konstrukcije,

$\sum_{j=1}^n R_{\lambda,j}$... vsoto toplotnih upornosti materialov v gradbeni konstrukciji,

$R_{a,e}$... upornost prestopa toplote na zunanji površini gradbene konstrukcije.

Toplotna upornost R [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$] posameznega materiala, ki je del konstrukcijskega sklopa, je odvisna od debeline d [m] ter toplotne prevodnosti materiala λ v [W/mK]:

$$R = \frac{d}{\lambda}. \quad (9)$$

Toplotna prehodnost gradbene konstrukcije U je enaka recipročni vrednosti toplotne upornosti vseh slojev:

$$U = \frac{1}{R} [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]. \quad (10)$$

Ob upoštevanju zgoraj naštetih enačb (8) ter (10), podatkov o vrednosti mejnih plasti pri notranji temperaturi 20°C in zunanji projektni temperaturi -10°C ter podatkov o vgrajenih materialih na prejšnji strani lahko tako določimo toplotno upornost konstrukcije:

$$R = 0,13 + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,38}{0,61} + \frac{0,01}{0,7} + 0,04 = 0,822 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

ter toplotno prehodnost:

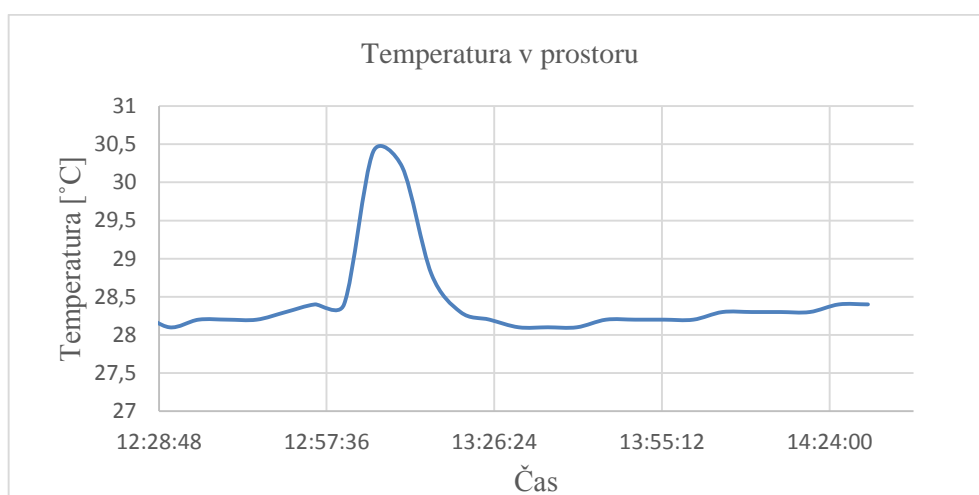
$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,822} = 1,216 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}.$$

Iz te primerjave sledi ugotovitev, da sta vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcije po lastnem računu in računu s programom URSA enaki, medtem ko je toplotna prehodnost, določena na podlagi meritev, občutno manjša. Iz tega sledi, da so merjene vrednosti nerealne oziroma da je pri izvajanju meritve prišlo do napake, ki je pomembno vplivala na velikostni razred merjenih količin.. Pri iskanju vzrokov za takšno odstopanje rezultatov od pričakovanih je smiseln razmislek o načinu poteka meritve. Če spomnimo: meritev je potekala ob temperaturni razliki okoli 10 K, zajem podatkov se je vršil okoli dve uri, medtem pa je v prostoru prišlo do nenadnih sprememb temperature (kot je vidno tudi v točki 8.3).

Prvi izmed možnih vzrokov za nepravilnost pridobljenih podatkov je temperaturna razlika v času izvajanja meritev. Večja kot je razlika med temperaturama na notranji in zunanji strani stene, lažje je odčitavanje podatkov, torej je večja možnost, da bi bili pridobljeni podatki realni, če bi meritev izvajali pozimi. Drugi možni vzrok, ki je bolj smiseln, je trajanje izvajanja meritve. Samo dve uri zajemanja podatkov je premalo, da se v tem času vzpostavi stanje, ki opisuje dejanske razmere prehoda toplote. Daljši kot je čas izvajanja meritve, večja je možnost pridobitve dejanskih podatkov. Tretji možni vzrok pa je spreminjanje pogojev v prostoru, kjer se je meritev izvajala, in pomembno vpliva na podatke. V dveh urah opravljanja meritve je velik del podatkov neuporaben, saj so začetni podatki nepravi zaradi vzpostavljanja stacionarnega stanja okolja in merilne naprave, nato pa je še nenadna sprememba temperature dodatno popačila vrednosti meritve. Verjetno najbolj pravilna trditev pa je, da je do takšnih vrednosti prišlo zaradi kombinacije vseh naštetih vzrokov. Za pravilno izvajanje meritve bi bilo potrebno torej izvajati meritev pri zadostni temperaturni razliki z nespremenljivimi temperaturnimi pogoji v prostoru izvajanja meritve ter zajemanju podatkov v dovolj dolgem časovnem obdobju.

8.3 Analiza spreminjanja temperature

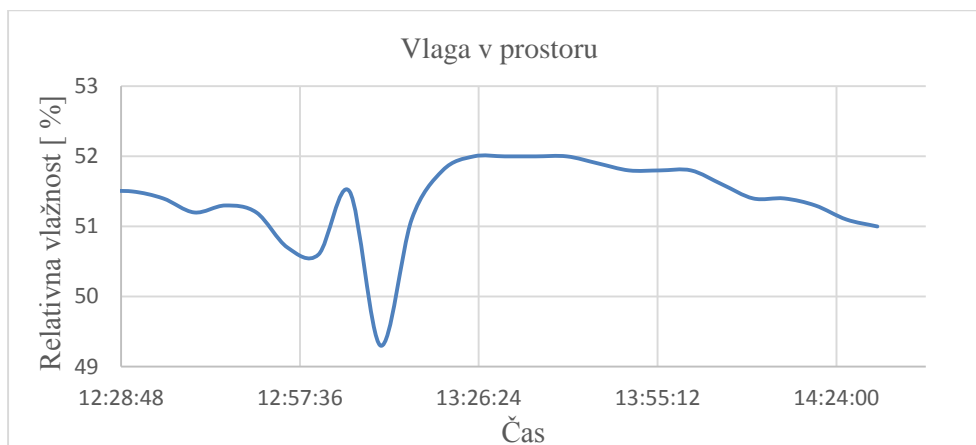
V času meritve prehoda toplote skozi steno smo beležili tudi temperaturo v prostoru z namenom, da bi izvedli primerjavo notranje temperature v prostoru ter temperaturi na obeh površinah zunanje stene. Meritev temperature je potekala tako, da smo merilec temperature položili na mizo v pisarni in nastavili samodejno beleženje temperature v prostoru v intervalu po pet minut. Ker je izbrani merilec omogočal merjenje več parametrov, smo skupaj z meritvijo temperature v prostoru beležili tudi spreminjanje relativne vlažnosti v prostoru. Meritev je prav tako kot meritev toplotnega toka potekala dne 1. septembra 2015. Samodejno zajemanje podatkov je potekalo v času med 12.20 in 14.30.



Slika 65: Spreminjanje temperature v pisarni

Kot opazimo iz zgornje slike, je temperatura s časom naraščala. Podatki oziroma potek grafa je smiseln, saj je bil dan sončen, meritev pa je potekala ravno v času, ko so temperature najvišje. Izrazito odstopanje

v primerjavi z ostalimi podatki se pojavi ob 13h in traja približno deset minut, tako kot v primeru obravnavanja gostote toplotnega toka in toplotne prehodnosti v točki 8.2. Podobno nenadno spremembo v podatkih in s tem krivulji grafa opazimo tudi, ko analiziramo vrednosti na grafu za spreminjanje relativne vlažnosti v prostoru.



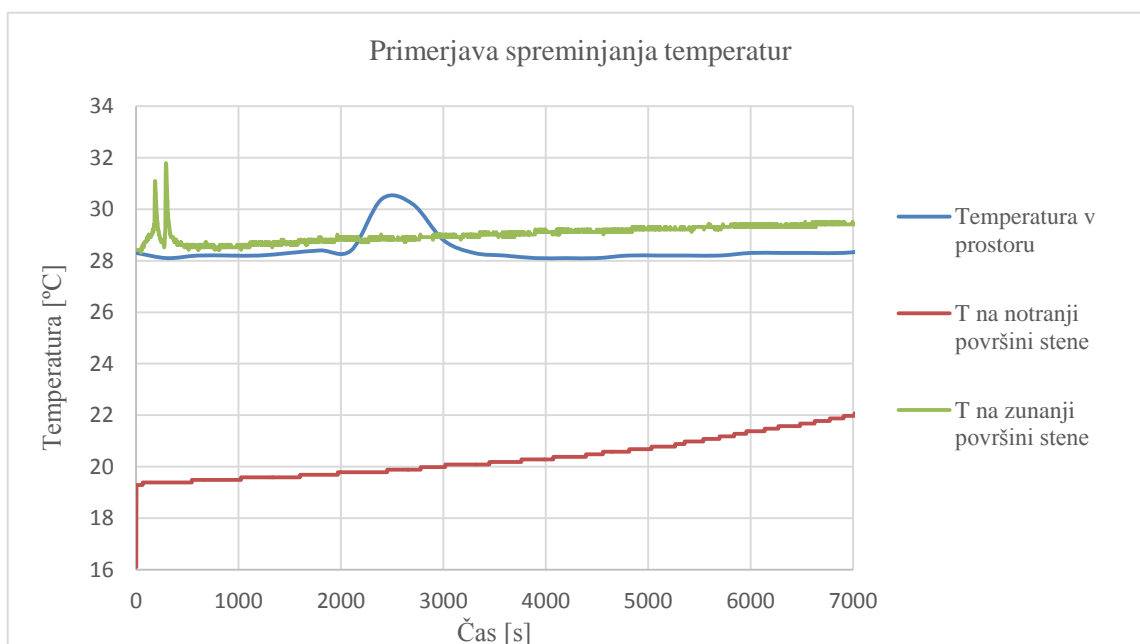
Slika 66: Spreminjanje relativne vlažnosti v prostoru

V tem času je torej prišlo do nenadne temperaturne spremembe. Predvidevamo, da je očitno nekdo odprl okno v prostoru in s tem spremenil pogoje v prostoru. Med izvajanjem meritev naj ne bi bilo nikogar v prostoru, v tem času smo namreč izvajali pregled preostalega dela objekta in iskali manjkajoče podatke za previdene analize. Posledično je zaradi te nenadne spremembe del podatkov neuporaben, saj ne kaže posnetka običajnega stanja v prostoru.

Brez izstopajočih podatkov je mogoče opaziti trend naraščanja temperature, ki pa je žal zaradi omenjene nenadne spremembe slabše opazen. Predvidevamo, da je v tem času temperatura naraščala in bi v primeru nemotečih vplivov tudi krivulja naraščala. Kar lahko še razberemo iz grafa je, da je temperatura v prostoru višja od temperature, ki je določena kot zgornja meja toplotnega udobja, se pravi 26 °C, in so zato pogoji za delo neprimerni.

Primerjava vseh treh merjenih temperatur (Grafikon 5) – na zunanji površini stene, na notranji površini stene ter temperature v prostoru kaže, da je tako zunanja kot notranja temperatura naraščala. Bistvena ugotovitev, ki jo lahko iz grafa razberemo in se nanaša na energetska sanacijo objekta, je ta, da so visoke temperature v prostorih posledica drugih konstrukcijskih sklopov in ne zunanjih sten, kot je bila prvotna predpostavka.

Grafikon 5: Spreminjanje temperatur



Če namreč primerjamo temperaturo v prostoru (modra krivulja) s temperaturo na notranji površini stene (rdeča krivulja), opazimo, da je temperatura v prostoru za nekaj stopinj višja. V primeru, da bi do pregrevanja prostorov prihajalo zaradi prevelike toplotne prehodnosti sten, bi morala biti temperatura stene enaka ali celo višja, kot je temperatura v prostoru. Iz tega sledi, da prihaja do visokih temperatur v prostorih zaradi površinsko velikih oken na južni fasadi dvoriščnega prizidka, ki nimajo ustrezne zunanje zaščite pred sončnim sevanjem. Ta teza je podkrepljena tudi z dejstvom, da je bila na dan meritve v času najvišjih temperatur površina stene že na otip hladnejša v primerjavi s temperaturo v prostoru, medtem ko so bili okvirji okna zelo topli. Zunanja temperatura v noči z 31. avgusta na 1. september je bila okoli 15°C in je zato ponoči temperatura v prostorih padla, tako da visoke temperature v pisarni niso posledica višjih temperatur v dneh pred izvajanjem meritve.

Povzetek analize z meritvijo gostote toplotnega toka skozi stene in meritve temperature v pisarnah je torej:

- toplotna prehodnost zunanje stene dvoriščnega prizidka je večja od dovoljene vrednosti, ki jo podaja tehnična smernica, zato prihaja do toplotnih izgub pozimi ter
- neustrezna zunanja zaščita pred sončnim sevanjem povzroča v prostorih visoke temperature, ki onemogočajo delo v primernih temperaturnih razmerah in je zato potrebna vgradnja zunanjih žaluzij.

8.4 Opis objekta in vgrajenih sistemov

Objekt je sestavljen iz dveh delov. Oba dela sta sestavljena iz treh etaž, staremu delu sta dodani še mansarda ter podstrešje. Stari del je na svoji severni in južni strani v stiku s sosednjima objektoma, saj je stavba del vrstne ulice. Prizidek je na zahodni strani povezan s starim delom. Etaže so medsebojno povezane s kamnitim stopniščem, ki je locirano na mestu stika med obema deloma objekta. Sanitarni prostori so nameščeni ob stopnišču v vsaki etaži. Glavni vhod v objekt se nahaja na zahodni strani starega dela, vrata na vzhodni strani pa omogočajo izhod na dvorišče. V naslednjih podtočkah so podani podatki o ovoju stavbe ter vgrajenih napravah.

8.4.1 Časovni termin zasedenosti objekta

Objekt se uporablja za administrativne (pisarniške) dejavnosti in je v uporabi od ponedeljka do petka. Urnik uporabe objekta je od 7h do 16h. V zimskem času se ogrevanje objekta začne dve uri pred začetkom delovnega časa, torej ob 5h, in se ogreva do okoli 15h, kar torej nanese 10 ur dnevno. Po besedah oskrbnika je pozimi z ogrevanjem zaradi toplotne nezaščitenosti objekta doseganje primernih temperatur v prostorih težko zagotoviti. Nasprotno je v poletnem času te prostore težko ohladiti na znosno delovno temperaturo iz istih razlogov.

8.4.2 Ovoj stavbe

Starejši del je v pritličju iz kamnitega zidu debeline 0,70 m in 0,52 m, ki ga v nadstropjih nadomesti zid iz polne opeke debeline 0,45 m ter 0,40 m. Zaključni sloj predstavlja omet. Zunanje stene so toplotno neizolirane. V ovoj stavbe starega dela so vgrajena škatlasta okna z lesenim okvirjem. Na oknih zahodne fasade je bila zunanja zasteklitev v škatlastih oknih deloma zamenjana z dvoslojno zasteklitvijo, kot je vidno na Sliki 67. Preostali del oken in okna na vzhodni fasadi so dvojno zastekljena (eno steklo na notranjem krilu okna in eno steklo na zunanjem delu okna). Talna konstrukcija objekta je izvedena kot betonska plošča, na katero je nanesen estrih in nato zaključni sloj, brez vgrajene talne toplotne izolacije. Strešna konstrukcija je izvedena s lesenimi špirovci, na katere so prečno položene letve kot podkonstrukcija za pritrditev bobrovcev. Tudi strešna konstrukcija je toplotno neizolirana.



Slika 67: Okno starega dela objekta, kjer je bila zasteklitev zunanje krila zamenjana

Novejši dvoriščni prizidek je zgrajen iz modularnih opečnatih blokov z vogali in medetažnimi ploščami armiranobetonske izvedbe. Stene so debeline 0,40 m skupaj z zaključnimi sloji brez toplotne izolacije sten. Vgrajena so vezana okna starejše izvedbe z lesenim okvirjem in dvojno zasteklitvijo brez plinskega polnjenja (Slika 68). Tla nadstropij so izvedena s parketom, ki je položen na plavajoči estrih, pod katerim je sloj heraklita. Talna konstrukcija je podobno kot v starem delu izvedena z betonsko ploščo, na kateri je vgrajen plavajoči estrih in zaključni sloj. Strop drugega nadstropja predstavlja hkrati strešno konstrukcijo prizidka, saj je nad betonsko ploščo (stropom) izvedena konstrukcija za pritrnitev valovitih cementnih strešnih plošč v naklonu.



Slika 68: Južna fasada dvoriščnega prizidka z vezanimi okni večjih dimenzij

8.4.3 Vgrajeni sistemi za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje ter pripravo TSV

Objekt se ogreva preko sistema centralnega ogrevanja, pri čemer se za zagotavljanje gretja uporablja vgrajen oljni kotel, nameščen v kotlovnici poleg starega dela objekta (Slika 69). Kotel je bil vgrajen leta 1991 in je znamke TVT (Tovarna vozil in toplotne tehnike iz Maribora) z nazivno močjo 290 kW.



Slika 69: Vgrajeni oljni kotel z gorilnikom

Razvodni sistem predstavljajo tri veje, katere prenašajo ogrevalni medij po objektu (Slika 70). Razvod se v kotlovnici loči na naslednje veje:

- veja za ogrevanje sosednjega objekta, ki stoji na nasprotni strani ulice,
- veja za ogrevanje obeh delov objekta brez mansarde in podstrešja ter
- veja za ogrevanje (neuporabljenega) stanovanja v mansardi.

Od teh vej se v tem trenutku uporablja le veja za ogrevanje prostorov v objektu. Sosednji objekt je v preteklem letu vgradil lastni sistem za ogrevanje, mansarda pa se zaradi neuporabe ne ogreva. V sistem razvoda so vgrajene stopenjsko regulirane obtočne črpalke proizvajalca IMP Pumps. Na naslednji sliki je prikazan razvod ogrevalnega sistema in sicer je na sliki levo viden razvod za ogrevanje mansarde, debelejša cev z večjo (močnejšo) črpalko v sredini je namenjena ogrevanju obravnavanega objekta, na sliki desno pa je veja za ogrevanje sosednjega objekta, ki ni več v porabi in je dovod vanjo zaprt.

Sistem je prilagojen na delovanje v odvisnosti od zunanje temperature, saj je povezan z zunanjim tipalom za temperaturo. Tekom dneva se v pisarnah vzdržuje temperaturo 23 °C, ponoči pa se temperatura ohranja na vrednosti 18 °C. Ob vikendih je režim ogrevanja objekta znižan.



Slika 70: Razvodni sistem v kotlovnici

Strojne instalacije so bile prenovljene v letu 2001 in so priključene na obstoječi kotel. V prenovi se je zamenjalo cevi razvoda, ki se jih je ustrezno toplotno izoliralo, ter radiatorje. Izbrani so bili različni tipi panelnih radiatorjev Vonaris z že vgrajenimi glavami s termostatskim ventilom (Slika 71). Radiatorji so nameščeni na parapete oken ali na zidane stene. Sistem ogrevanja je 90/70 °C.



Slika 71: Vgrajena glava s termostatskim ventilom na radiatorju v pisarni

V arhivu je za potrebe vzdrževanja primerne temperature vgrajena klimatska naprava Mitsubishi Electric, tip MSZ-GE60VA. Naprava je »split« izvedbe, sestavljena iz notranje in zunanje enote, z močjo gretja 6,8 kW ter hlajenja 6,0 kW (privzeto iz dokumentacije, ki jo je posredoval upravnik objekta). V nekaterih pisarnah so prav tako vgrajene klimatske naprave, ki se uporabljajo v prehodnih obdobjih spomladi in jeseni.

Za pripravo tople sanitarne vode je vgrajen električni akumulacijski bojler prostornine 100 litrov, ki skrbi za pripravo tople vode v čajni kuhinji. Voda v sanitarijah ni ogrevana.

Prezračevanje objekta se izvaja naravno, torej z odpiranjem oken.

8.4.4 Razsvetljava v objektu

Razsvetljava v objektu je bila zamenjana v času obnove leta 2001. V prostore so v odvisnosti od namembnosti vgrajena različna svetila različnih moči. Nekaj izmed teh svetil predstavljajo reflektorji (v galeriji) moči 50 W in 26 W, na stopnišču in skladiščih so vgrajene nadgradne svetilke moči 58 W s polikarbonatno kapo, v pisarnah svetila moči 58 W in 36 W, ki so vidna na Sliki 72.



Slika 72: Svetilke v pisarni direktorja zavoda

8.5 Vnos zbranih podatkov v program za račun gradbene fizike

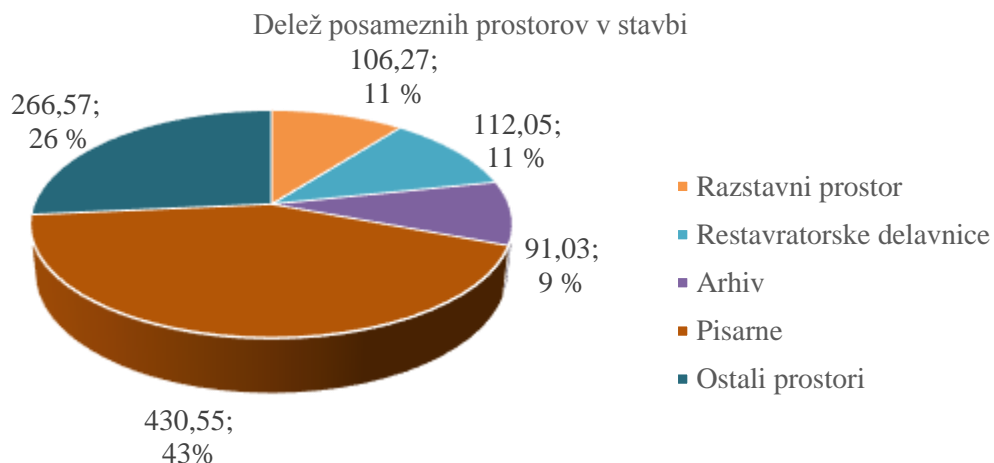
Po zbranih podatkih, pridobljenih iz razpoložljive dokumentacije in ogleda objekta, pričnemo z vnosom potrebnih parametrov v program. Kot v prvem delu naloge, ki se nanaša na potresno utrditev objekta, smo tudi za izračun gradbene fizike delež podatkov predpostavili, saj jih ni bilo mogoče točno določiti.

8.5.1 Razdelitev objekta na cone

Glede na namembnost prostorov in vgrajene sisteme za ogrevanje in hlajenje moramo objekt razdeliti na več ogrevanih con kljub skupnemu viru ogrevanja. Posebno cono določimo za arhivsko sobo, saj je tam potrebno zagotoviti primerno temperaturo zaradi temperaturno občutljivih dokumentov. Nadalje, razstavna prostora v pritličju starega dela se ogrevata s talnim ogrevanjem, zaradi česar moramo v izračun dodatno vpeljati še eno ogrevano cono. Podstrešje in mansardo starega dela v izračunu upoštevamo kot neogrevano cono oziroma prostor, skozi katero se vrši dodaten del toplotnih izgub.

Ostale prostore, ki niso zajeti v dodatnih conah in niso določeni kot neogrevani prostori, obravnavamo v skupni coni. Na Grafikonu 6 so prikazani deleži prostorov glede na uporabo prostora; prvi podatek v grafikonu predstavlja skupno površino v [m²].

Grafikon 6: Delež posameznih prostorov v objektu



8.5.2 Podatki o gradbenih konstrukcijah

Osrednji del vnosa podatkov o ovoju stavbe je določanje sestave konstrukcijskih sklopov ter podajanje podatkov o površini in nagibu le te. Toplotne izgube [W/K] skozi ovoj stavbe so namreč določene kot produkt toplotne prehodnosti [W/m²K] in površine stavbe [m²]. Kot v prvem delu naloge, ki se nanaša na potresno utrditev objekta, smo tudi za izračun gradbene fizike delež podatkov predpostavili, saj jih ni bilo mogoče točno določiti. V spodnji preglednici so podane vrednosti toplotne prehodnosti, ki so bile izračunane v programu URSA na podlagi vnesenih sestavov konstrukcijskih sklopov. Toplotne prehodnosti oken so bile ocenjene na podlagi brošure, ki jo je izdal Zavod za raziskavo materialov in konstrukcij (ZRMK) v okvirju projekta FEMOPET Slovenija.

Preglednica 19: Podatki o gradbenih konstrukcijah za stari del objekta

Opis konstrukcije	Skupna debelina [m]	U [W/m ² K]
Zunanja stena, kamen	0,70	1,14
Zunanja stena, kamen	0,52	1,38
Stena proti sosednjim objektom, kamen	0,40	1,61
Zunanja stena, opeka	0,45	1,15
Zunanja stena, opeka	0,40	1,25
Talna konstrukcija v galeriji	0,20	0,62

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 19

Talna konstrukcija, stari del	0,15	3,03
Strop proti mansardi	0,31	1,98
Streha, mansarda	0,24	1,97
Streha, podstrešje	0,05	6,32
Škatlasta okna z lesenim okvirjem	/	2,20
Škatlasta okna z novejšo zasteklitvijo	/	1,70
Vhodna lesena vrata	/	2,80

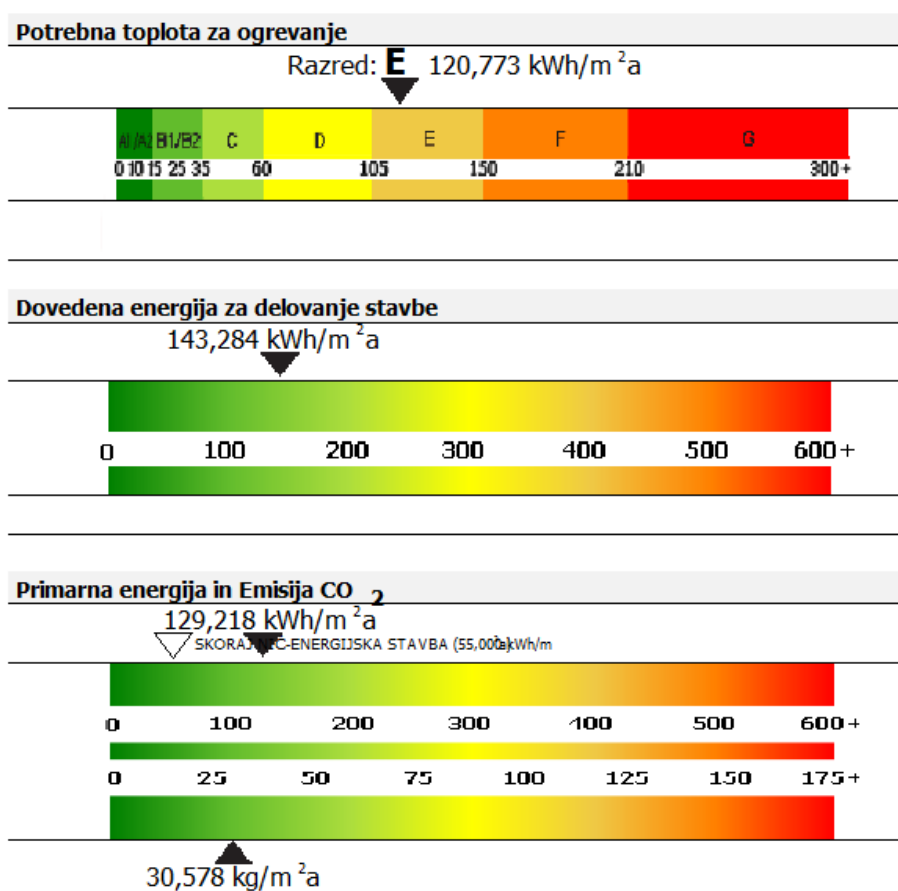
Zunanje stene so v ovoj ogrevane cone podane posamezno, saj se zaradi različnih sestav in debelin razlikujejo po vrednostih toplotne prehodnosti, drugačna je tudi orientiranost posameznih sten. Pri določanju površine posamezne fasade je potrebno odšteti površino stavbnega pohištva. Za kamniti steni debeline 0,40 m ter del opečnih sten enake debeline v stiku s sosednjima objektoma v ulici na severni in južni fasadi starega dela stavbe predpostavimo adiabatne razmere prehoda toplote. V vseh konstrukcijah so poleg nosilnih sistemov upoštevani tudi sloji z ostalimi funkcijami - ometi, podkonstrukcije, toplotne izolacije in hidroizolacije. V Preglednici 20 so podani podatki o toplotni prehodnosti konstrukcijskih sklopov dvoriščnega prizidka.

Preglednica 20: Podatki o gradbenih konstrukcijah dvoriščnega prizidka

Opis konstrukcije	Skupna debelina [m]	U [W/m ² K]
Zunanja stena, votlaki	0,40	1,22
Talna konstrukcija, prizidek	0,15	3,04
Stropna konstrukcija, prizidek	0,27	1,60
Vezana okna z lesenim okvirjem	/	2,30
Novejša vrata, restavratorske delavnice	/	1,50

9 ANALIZA REZULTATOV IZRAČUNA IN UKREPI

Na podlagi vnesenih podatkov je program izračunal oziroma določil energetske razred učinkovitosti objekta, za katerega smo upoštevali, da se zaradi časovne zasedenosti objekta ogreva 10 ur na dan, ob vikendih pa je režim ogrevanja znižan. Ta dva parametra namreč pomembno vplivata na količino potrebne toplote za ogrevanje. Glavni kazalniki izdelane energetske izkaznice za obstoječe stanje objekta so prikazani na spodnji sliki. Osnutek izdelane računske energetske izkaznice je priložen v Prilogi C.



Slika 73: Kazalniki izračunane energetske izkaznice za obravnavani objekt (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)

Prvi kazalnik na Sliki 73 prikazuje letno količino toplote na ogrevano površino objekta, ki je potrebna za doseganje željenih temperatur v prostoru, torej 20 °C. Potrebno toploto merimo v [kWh/m²a], kjer indeks a predstavlja oznako za račun na letni ravni. Drugi kazalnik prikazuje letno dovedeno energijo za delovanje stavbe, v kateri je zajeta energija za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople sanitarne vode (TSV), razsvetljavo ter pomožno energijo za delovanje sistemov. Merimo ga v enaki enoti kot potrebno toploto in prav tako prikazuje potrebno letno količino energije na ogrevano površino [kWh/m²a]. Tretji kazalnik daje podatek o letni primarni energiji za delovanje sistemov. Upoštevana je energija, ki je določena kot vsota energije za ogrevanje in električne energije, vsota pa je deljena z ogrevano –

kondicionirano tlorisno površino [kWh/m²a]. Zadnji kazalnik na naslovni strani energetske izkaznice obravnava količino emisij CO₂, ki nastanejo zaradi uporabe energenta za ogrevanje ter porabljene električne energije, deljene z ogrevano površino [kg/m²].

Pomemben podatek je tudi koeficient specifičnih toplotnih izgub H'_T , ki je določen kot razmerje med koeficientom skupnih toplotnih izgub in površino ovoja ogrevane cone:

$$H'_T = \frac{H_T}{A}. \quad (11)$$

H_T ... koeficient skupnih toplotnih izgub v [W/K], določen kot vsota transmisijskih izgub skozi ovoj stavbe, skozi talno konstrukcijo, skozi neogrevane prostore ter toplotnih izgub zaradi prezračevanja v odvisnosti od ogrevanega volumna objekta in stopnje izmenjave zraka

A ... površina ogrevanega ovoja stavbe v [m²]

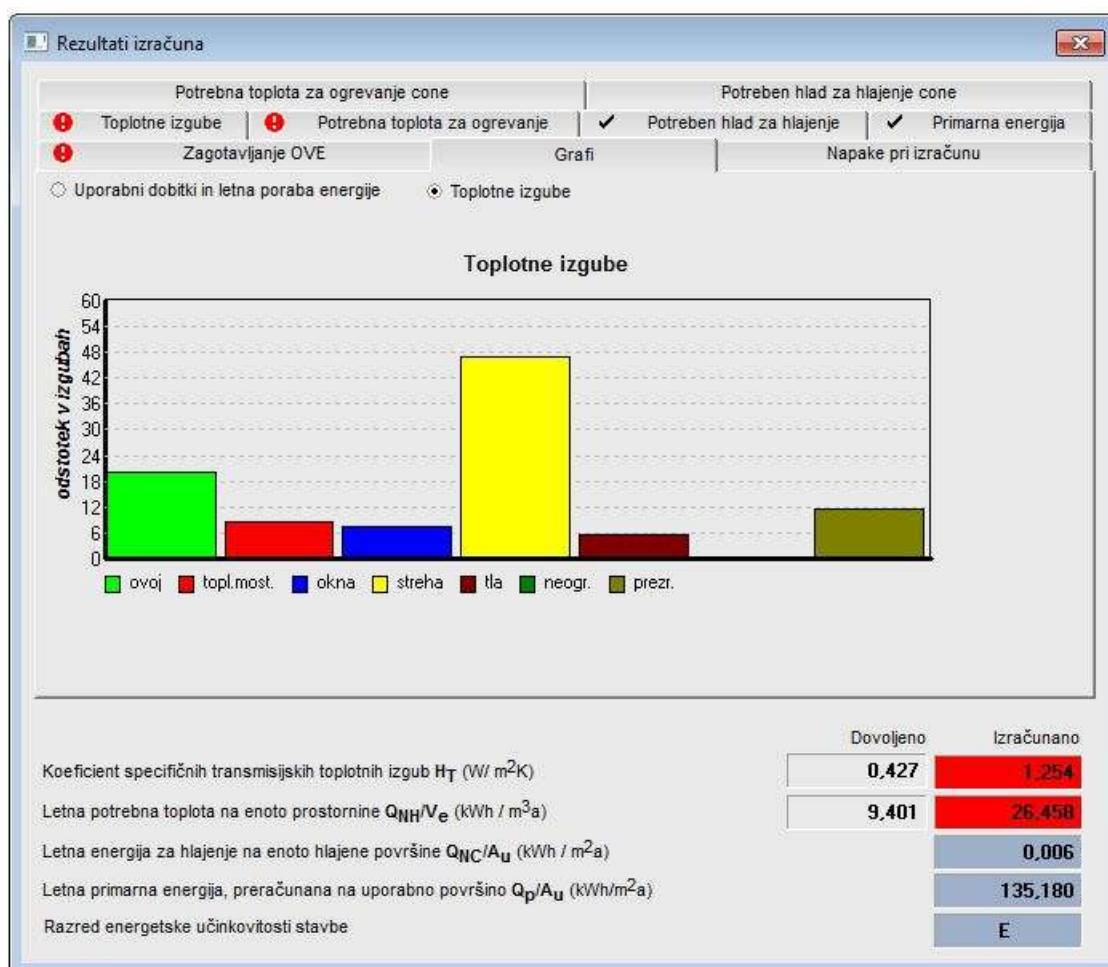
Izračun dovoljene vrednosti koeficienta specifičnih toplotnih izgub je podan z enačbo v 7. členu Pravilnika o učinkoviti rabi energije. V njem je zajet vpliv razmerja med površino oken in površino toplotnega ovoja stavbe. Izračunan koeficient specifičnih toplotnih izgub za objekt znaša 1,225 W/m²K, na podlagi računa pravilnika PURES 2010 ter vnesenih podatkov pa lahko največji dovoljeni koeficient specifičnih toplotnih izgub $H'_{T,max}$ za obravnavani objekt znaša 0,429 W/m²K.

Primerjava z dopustnimi vrednostmi posameznega kazalnika pokaže, da so dovoljene vrednosti presežene, torej ne ustrezajo mejam, ki jih podaja PURES 2010 oziroma natančneje obravnava Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Potrebno je tudi upoštevati dejstvo, da bi morala biti za stavbo izvedena merjena energetska izkaznica, vendar je zaradi spremembe v sistemu ogrevanja oziroma porabe energenta sedanje stanje porabe drugačno v primerjavi z leti preden se je sosednji objekt ogreval iz iste kotlovnice. Dejanska poraba toplote je torej drugačna od izračunane.

Iz grafa, nastalega na podlagi rezultatov izračuna, na Sliki 74 vidimo, da največje izgube skozi ovoj objekta predstavlja prehod toplote skozi sklop stropne (strešne) konstrukcije in skozi zunanje stene objekta. Kljub dotrajanim oknom je delež toplotnih izgub skozi obstoječe stavbno pohištvo precej manjši, saj okna glede na celotni ovoj objekta predstavljajo zgolj 10 % skupne površine. Rezultat je torej smiseln, saj predstavljata površini stropa in zunanjih sten skupno 66 % površine celotnega ovoja. Graf na spodnji sliki je torej tudi vodilo oziroma pokazatelj, kateri sklop gradbene konstrukcije je treba primarno ustrezno toplotno izolirati, da se toplotne izgube občutno zmanjšajo. Na podlagi teh rezultatov se pri sanaciji ovoja stavba odločimo za naslednje ukrepe:

- toplotna izolacija zunanjih sten objekta in vgradnja izolacije v območjih toplotnih mostov,

- vgradnja toplotne izolacije v talno konstrukcijo mansarde starega dela ter na strop drugega nadstropja v prizidku in zamenjava obstoječega stavnega pohištva.



Slika 74: Graf toplotnih izgub (Vir: Gradbena fizika URSA 4, 2015)

V naslednjih točkah je prikazana stroškovna ocena zgoraj izbranih ukrepov ter vračilna doba v posamezni izbran ukrep na podlagi prihrankov energije, izračunanih v programu URSA. Predhodno so podane splošne smernice in zaporedje izvajanja del.

9.1 Sanacija ovoja stavbe

Splošna rešitev danega problema v povezavi z velikimi toplotnimi izgubami skozi ovoj stavbe je toplotna sanacija ovoja stavbe. Postopek sanacije mora potekati v takšnem časovnem zaporedju, da se izvršijo vsi potrebni posegi v konstrukcijo brez naknadnega popraviljanja že opravljenih del. Zato je najprej potreben temeljit pogovor z lastnikom objekta ter skupen pregled objekta, kjer se opozori na bistvene detajle, zaradi katerih je toplotna sanacija objekta potrebna, z namenom, da se lastnik prepriča o smiselnosti in nujnosti toplotne zaščite objekta. Nato se poišče ustrezna rešitev ob upoštevanju želja investitorja in dejstva, da je sosednji objekt spomeniško zaščiten. Pridobiti moramo torej tudi ustrezna dovoljenja za poseg na delu objekta v stiku s spomeniško zaščiteno sosednjo stavbo.

9.1.1 Potek izvedbe toplotne izolacije fasade

Po pridobljenih dovoljenjih in zagotovitvi finančnih sredstev se v skladu z dogovorjeno rešitvijo ob upoštevanju trenutno veljavne zakonodaje na področju energetske varčne gradnje prične izvajati gradbeni del sanacije objekta. Potek dela na gradbišču:

- označba gradbišča in primerna zaščita le-tega (namestitve ograje in signalizacije),
- transport delovnih in zaščitnih naprav ter gradbiščne infrastrukture,
- postavitve fasadnih odrov in namestitve zaščitne mreže na odrih,
- odstranitev morebitnih motečih elementov na fasadi (klima naprave, svetilke javne razsvetljave, ki se jih po končani sanaciji zopet vgradi na ovoj objekta oziroma ustrezno premakne),
- čiščenje fasade, v kolikor je to potrebno zaradi slabe ohranjenosti in umazanije,
- odstranitev obstoječega stavbnega pohištva s transportom na deponijo,
- vgradnja novih oken po detajlu,
- zaščita oken pred poškodbami zaradi nadaljnjega dela,
- vgradnja sloja toplotne izolacije,
- sidranje izolacije v stene,
- vgradnja okenskih polic z odkapnim robom in stranskimi nalimki, začasna zaščita po vgradnji,
- izvedba podložnega sloja (lepilo) z armirano mrežico kot podlaga za zaključni omet,
- nanos zaključnega ometa,
- čiščenje oken in okenskih polic,
- demontaža fasadnih odrov,
- čiščenje gradbišča skupaj z odvozom gradbiščne infrastrukture.

Skupaj z okni je potrebna vgradnja zunanjih žaluzij, saj zaradi velikega deleža zastekljenih površin na južni fasadi dvoriščnega prizidka prihaja v poletnem času do toplotnih dobitkov skozi okna, ki povišujejo temperaturo v pisarnah.

9.1.2 Potek izvedbe toplotne izolacije strešne konstrukcije

Glede na trenutno uporabo prostorov v objektu je toplotna izolacija strešne konstrukcije smiselno vprašljiva, saj se mansarda in podstrešje ne uporabljata in se zato ta prostora ne ogrevata. V tej smeri razmišljanja bi bila torej bolj smiselna toplotna izolacija medetažne konstrukcije med drugim nadstropjem in mansardo, da zmanjšamo prehajanje toplote skozi strop proti neogrevani mansardi, kot pa izolacija strehe. V kolikor se načrtuje naknadna prenova mansarde in podstrešja v uporabne ogrevane prostore, pa bi bila seveda sanacija strehe nujno potrebna. Če torej predpostavimo, da se bodo zgornji prostori uporabljali, streho toplotno izoliramo na sledeč način (brez upoštevanja spremljevalnih del, kot so postavitve gradbišča ipd.):

- odstranitev obstoječe kritine in lesenih letev,
- odstranitev poškodovanih delov frčad,
- odstranitev obstoječega stavbnega pohištva, vgrajenega v frčade,
- vgradnja novih oken po detajlu in začasna zaščita le teh,
- izdelava detajlov okoli frčad,
- pritrnitev lesenega opaža na špirovce z zunanje strani (podkonstrukcija za toplotno izolacijo),
- vgradnja trde toplotne izolacije (npr. TERMOTOP plošče),
- izvedba sekundarne hidroizolacije (folija) preko termoizolacijskih plošč,
- pritrnitev lesenih letev z vijačenjem skozi trdo toplotno izolacijo v špirovce,
- pritrnitev prečnih letev preko vzdolžnih letev v ustreznem razmiku glede na izbrano kritino,
- vgradnja strešne kritine,
- namestitev kleparskih zaključkov (žlebovi, snegolovi),
- izdelava nosilne podkonstrukcije na notranji strani ostrešja s parno oviro in vgradnjo toplotne izolacije med špirovce,
- nanos zaključnega sloja na notranjo podkonstrukcijo.

Dodatno se pojavlja pomislek v povezavi s smiselnostjo prenove in izolacije podstrešja, saj je obstoječi prostor precej majhen in bi se lahko preuredil kvečjemu v uporabno skladišče. Za opravljanje kakršnekoli dejavnosti je prostorsko omejen. V primeru, da se toplotno sanira fasado in streho objekta, je priporočljiva hkratna izvedba, da ne nastanejo dodatni stroški zaradi večkratnega postavljanja in izposoje fasadnih odrov ter drugih del, ki jih je potrebno opraviti za potrebe vgradnje toplotne izolacije v ovoj stavbe.

9.1.3 Potek sanacije talne konstrukcije

Problem v povezavi s toplotnimi izgubami in prehajanjem toplote skozi gradbene konstrukcije objekta, ki ga težje rešimo, je toplotna izolacija talne konstrukcije. Pri novogradnjah se izolacijo izvede pod betonsko ploščo in se jo vodi do zunanjih sten objekta, da se zagotovi neprekinjen sloj toplotne izolacije ovoja objekta. V danem primeru bi morali odstraniti teren ob zunanjih stenah objekta do globine temeljev, zidovino očistiti, vgraditi hidroizolacijo skupaj s postavitvijo odvodne cevi v naklonu za odvod meteorne vode ter dodati sloj toplotne izolacije, ki ne vpija vode in je dovolj odporen na vtiskanje, da se ob zasutju pretirano ne poškoduje (takšen material je na primer ekstrudirani polistiren). Poleg funkcije toplotne izolacije tako služi tudi kot zaščita za hidroizolacijo. Nato bi bilo potrebno odstraniti obstoječe talne zaključne sloje in na utrjeno podlago vgraditi sloj toplotne izolacije. Pri takšnem načinu vgradnje se pojavi toplotni most na stiku plošča-zid, saj toplota prehaja preko zidov v temelje, ker horizontalna toplotna izolacija plošče ni v stiku z zunanjo vertikalno izolacijo na fasadi. Dodatno je poleg zunanjih zidov toplotna izolacija talne konstrukcije prekinjena tudi ob notranjih nosilnih stenah. Problem ob vgradnji izolacije na obstoječo nosilno talno konstrukcijo je tudi, da se s tem kota tlaka dvigne in se s

tem svetla višina prostora zmanjša, podobno kot bi se zmanjšala višina prostora ob vgradnji toplotne izolacije strešne konstrukcije na notranji strani. Zato mora biti odločitev o detajlih vgradnje izolacije skrbno premišljena. Kot je vidno na Sliki 74, so toplotne izgube skozi talno konstrukcijo precej manjše v primerjavi z izgubami skozi druge elemente ovoja, zato se za sanacijo talne konstrukcije ne odločimo.

9.2 Potek zamenjave vgrajenih sistemov

Po sanaciji ovoja stavbe je naslednji korak izboljšanje učinkovitosti sistemov za ogrevanje. Glede na trend naraščanja cen fosilnih goriv v zadnjih letih in glede na napoved, da se bodo cene v prihodnjih letih še poviševale, je smiseln razmislek o zamenjavi obstoječih kotlov s sodobnimi kotli na lesno biomaso z izkoristkom, enakim ali večjim od 0,90. Predlaga se kotel na lesne brikete skupaj z zalogovnikom, da je doziranje samodejno v odvisnosti potreb ogrevanja stavbe oziroma doseganja željenih temperatur. Ob izbiri novega energenta in sistema za ogrevanje je potreben predhodni razmislek o smiselnosti in možnosti vgradnje komponent – kotel na lesno biomaso potrebuje za delovanje dovolj velik zalogovnik, za katerega je v mestnih ulicah težko zagotoviti dovolj prostora. V kolikor je mogoče, izoliramo cevi razvoda, da so izgube manjše. Na radiatorje je smiselno vgraditi glave s termostatskim ventilom, ki samodejno regulira dotok tople vode v radiator v odvisnosti od nastavljene željene temperature. V obravnavani stavbi sta zadnja dva ukrepa že izvedena, zato je smiseln le razmislek o zamenjavi kotla.

9.3 Zamenjava svetil

Obstoječa razsvetljava je bila vgrajena v času obnove leta 2001. Ker so vgrajene svetilke že varčne, se posebnih ukrepov v povezavo z razsvetljavo ne predlaga.

9.4 Stroškovna ocena del za energetske sanacije objekta

V naslednjih podtočkah so podani izbrani ukrepi, ki zmanjšajo toplotne izgube skozi konstrukcije stavbe. Poleg same sestave novih konstrukcijskih sklopov so podani tudi komentarji o načinu izvedbe ter strošek sanacije skupaj z vračilno dobo za posamezen ukrep.

9.4.1 Ukrep 1 - vgradnja toplotne izolacije na zunanje stene objekta

Pri računu prihrankov, nastalih ob sanaciji ukrepa vgradnje toplotne izolacije na zunanje stene objekta, si pomagamo z računom v programu URSA. Analizo ponovimo za primer, ko gradbenim konstrukcijam, katere opisujejo sestavo zunanjih sten, na zunanji strani dodamo sloj toplotne izolacije s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$, da s tem zadostimo zahtevam, ki jih za dovoljeno toplotno prehodnost zunanjih sten podaja PURES 2010 oziroma Tehnična smernica TSG-1-004, ki določa gradbene ukrepe in rešitve za doseganje zahtev iz pravilnika. Pri tem je izbira primerne debeline pogojena s sestavo oziroma zunanjo steno z največjo toplotno prehodnostjo, v tem primeru s kamnito steno debeline 0,52 m, ki se

nahaja v pritličju vzhodne fasade starega dela. Da zagotovimo enak izgled celotne posamezne fasade, vgradimo toplotno izolacijo enake debeline na posamezni fasadi in se s tem izognemo morebitnim nezveznostim v ravnini fasade. Podrobnejši račun pokaže, da je na vseh fasadah potrebno vgraditi toplotno izolacijo debeline 12 cm z omenjeno toplotno prevodnostjo, da zagotovimo zahtevam Tehnične smernice TSG-1-004:2010, torej $U_{\text{zunanja stena}} < 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Preglednica 21). Dodatno je upoštevana zahteva, da se v višini enega metra od tal vseh fasad izvede cokel (podzidek), ki je toplotno izoliran s slojem trde toplotne izolacije s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$. Ta zahteva se navezuje na dejstvo, da pride običajno v tem pasu do poškodb fasade in toplotne izolacije zaradi trka koles, brc in drugih primerov udarcev v območju cokla.

Preglednica 21: Dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti po TSG-1-004:2010

	Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	U_{max} [W/(m ² K)]
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
2	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom - manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10 % površine neprozornega dela zunanje stene	0,60
3	Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
4	Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom	0,70
	Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,90
5	Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
6	Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
7	Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
8	Tla nad zunanjim zrakom	0,30
9	Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem - talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
10	Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20
11	Terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5 % površine strehe	0,60
12	Strop proti terenu	0,35

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 21

13	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas	1,30
	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	1,60
14	Strešna okna, steklene strehe	1,40
15	Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5 % površine strehe)	2,40
16	Vhodna vrata	1,60
17	Garažna vrata	2,00

Za določitev vračilne dobe v posamezni ukrep poleg prihranka energije potrebujemo še naslednje podatke:

- ceno obstoječega energenta,
- površino izbranega elementa objekta (zunanje stene, stropi, talne konstrukcije, stavbno pohištvo),
- strošek investicije na enoto površine.

Obstoječi energent za ogrevanje objekta je kurilno olje. Podatek o ceni kurilnega olja smo pridobili iz preglednice, ki je podana na spletni strani Energetske pisarne Nova Gorica (Ensvet Nova Gorica, 2015). V tej preglednici so podani podatki o prodajnih cenah, kurilnosti, ceni končne energije, letnem izkoristku za posamezni energent. Iz te preglednice odčitamo, da je za kurilno olje cena končne energije 0,086 €/kWh. Prihranek energije, pomnožen s ceno končne energije, nam torej pokaže vrednost prihranka v € po izvedeni vgradnji toplotne izolacije.

Nadalje je potrebno podati podatek o površini, ki jo bomo toplotno izolirali. Za posamezno vrsto fasade (debelina toplotne izolacije, vrsta sidranja toplotne izolacije, vrsta in izgled zaključnega sloja) podamo površine ločeno, saj se cene izvedbe na enoto površine medsebojno razlikujejo zaradi cen samih materialov in težavnosti vgradnje. V obravnavanem primeru zato podamo ločeno površino podzidka ter površino preostale fasade.

Cena izvedbe na enoto površine je v računu določena na podlagi povpraševanja, ki je bilo izvedeno pri treh podjetjih iz Kranja in okolice, da bi se tako najbolj približali dejanskemu strošku vgradnje. Poslano je bilo informativno povpraševanje za izvedbo toplotno izoliranega cokla ter fasade. Iz vrnjene ponudbe je bila izbrana ponudba izvajalca, ki je za izvedbo določil ceno:

- 46 €/m² za izdelavo cokla v zahtevani sestavi:
 - ekstrudirani polistiren debeline 12 cm,
 - plastična sidra za pritrditev izolacije, 5 kos na m²,

- dvojni sloj fasadnega lepila z vgrajeno alkalno armaturno fasadno mrežico,
- osnovni premaz za izravnavo vpojnosti,
- zaključni sloj: dekorativni omet v barvi, ki jo izbere investitor,

ter

- 45,50 €/m² za izdelavo fasade v zahtevani sestavi:
 - mineralna volna v ploščah debeline 12 cm,
 - plastična sidra za pritrditev izolacije, 5 kos na m²,
 - dvojni sloj fasadnega lepila z vgrajeno alkalno armaturno fasadno mrežico,
 - osnovni premaz za izravnavo vpojnosti,
 - zaključni sloj: zariban mineralni omet v barvi, ki jo izbere investitor.

Vračilna doba ukrepa v letih je določena kot razmerje med stroškom investicije ter prihrankom. Spodnji računi prikazujejo postopek izračuna vračilne dobe ukrepa vgradnje toplotne izolacije po predhodno opisanem postopku.

$Q_{f,h,obstoječe}$ [kWh] ... potrebna energija za ogrevanje objekta na letni ravni, obstoječa

$Q_{f,h,po\ ukrepu}$ [kWh] ... potrebna energija za ogrevanje po izvedbi ukrepa

$\Delta_{prihranek\ energije} = Q_{f,h,obstoječe} - Q_{f,h,po\ ukrepu}$ [kWh] ... prihranek energije

$D_{cena\ energenta}$ [€/kWh] ... cena energenta na kWh

$P_{prihranek} = \Delta_{razlika} \cdot D_{cena\ energenta}$ [€] ... prihranek denarja

STR_{cokel} [€/m²] ... strošek izdelave toplotno izoliranega cokla fasade

S_{cokel} [m²] ... površina cokla fasade

STR_{fasada} [€/m²] ... strošek izdelave toplotno izolirane fasade

S_{fasada} [m²] ... površina fasade

$INV = STR_{cokel} \cdot S_{cokel} + STR_{fasada} \cdot S_{fasada}$ [€] ... strošek investicije

$VD = INV / P_{prihranek}$ [leta] ... vračilna doba ukrepa v letih

V spodnji preglednici so podane izračunane vrednosti količin v računu podatka za izvedbo toplotno izolirane fasade objekta.

Preglednica 22: Prihranek energije ter vračilna doba v ukrep izvedbe toplotne izolacije fasade

$Q_{f,h,obstoječi}$	136.532	kWh	... obstoječa poraba energije
$Q_{f,h,novi}$	63.927	kWh	... poraba energije po izvedbi ukrepa
Δ	72.606	kWh	... prihranek energije

Cena energenta	0,0864	€/kWh
Prihranek	6.273	€

S_{cokel}	83	m ²	... površina cokla do višine 1 m ob tleh
STR_{cokel}	46	€/m ²	... cena izvedbe na m ²
S_{fasada}	767	m ²	... površina fasade brez cokla
STR_{fasada}	45,5	€/m ²	... cena izvedbe na m ²

INVESTICIJA	38.716,5	€	... strošek investicije
-------------	----------	---	-------------------------

VD	6,2	let	... vračilna doba
----	-----	-----	-------------------

Komentar izračuna:

Vračilna doba ukrepa vgradnje izolacije na zunanje stene je relativno kratka. Običajne vračilne dobe izolacije fasad znašajo okoli 15 let ali več. Kratka vračilna doba izvedenega ukrepa je posledica dejstva, da je za ogrevanje uporabljeno kurilno olje, ki je med dražjimi energenti za ogrevanje, in da so površine sten velike, z vgradnjo izolacije pa se toplotna prehodnost sklopa zmanjša za več kot štirikrat, torej se toplotne izgube občutno zmanjšajo.

Preglednica 23: Zmanjšanje toplotne prehodnosti zunanjih sten po izvedbi toplotne izolacije fasade

Opis konstrukcijskega sklopa $U_{dopustni, smernica} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$	Debelina skupaj s TI [m]	$U_{obstoječi}$ [W/m ² K]	U_{novi} [W/m ² K]	Zmanjšanje U [%]
Zunanja stena, kamen	0,83	1,14	0,248	78,2
Zunanja stena, kamen	0,65	1,38	0,258	81,3
Zunanja stena, mrežasta votla opeka	0,53	1,22	0,251	79,4
Zunanja stena, opeka	0,58	1,15	0,248	78,5
Zunanja stena, opeka	0,53	1,25	0,252	79,8

9.4.2 Ukrep 2 - vgradnja toplotne izolacije v stropno konstrukcijo

V tej podtočki so prikazani rezultati za izvedbo ukrepa toplotne izolacije talne konstrukcije v mansardi starega dela objekta ter toplotne izolacije stropne konstrukcije drugega nadstropja v prizidku. Ceno izvedbe na enoto površine smo pridobili iz povpraševanja, ki je bilo poslano podjetjem, omenjenim v prejšnji točki naloge. Za izvedbo vgradnje toplotne izolacije je bila izbrana ponudba s ceno:

- 26,50 €/m² za vgradnjo toplotne izolacije v talno konstrukcijo mansarde po postopku:
 - vgradnja polietilenske folije na cementni estrih,
 - vgradnja toplotne izolacije med elemente nosilne podkonstrukcije v debelini 18 cm,
 - vgradnja izolacije na stiku fasade in stropne konstrukcije ter preprečevanje toplotnih mostov okoli elementov strešne konstrukcije

ter

- 19,50 €/m² za vgradnjo toplotne izolacije na tla podstrešja v dvoriščnem prizidku:
 - polaganje polietilenske folije na tla,
 - polaganje mineralne volne skupne debeline 18 cm v dveh medsebojno pravokotnih slojih.

Preglednica 24: Prihranek energije ter vračilna doba v ukrep toplotne izolacije stropne konstrukcije

$Q_{f,h,obstoječi}$	136.532	kWh
$Q_{f,h,novi}$	109.365	kWh
Δ	27.168	kWh

Cena energenta	0,0864	€/kWh
Prihranek	2.347,3	€

$S_{tla,mansarda}$	243,3	m ²
D_{tla}	26,50	€/m ²
$S_{strop,prizidek}$	122	m ²
D_{strop}	19,50	€/m ²

INVESTICIJA	8.825,7	€
-------------	---------	---

VD	3,8	let
----	-----	-----

Komentar izračuna:

Kot v primeru izvedbe toplotne izolacije fasade je tudi v primeru vgradnje izolacije v stropne konstrukcije vračilna doba relativno kratka. Razlog je tudi v tem primeru enak: cenovno drag energent ter velika površina, ki ima po izvedbi ukrepa precej manjšo toplotno prehodnost in s tem povezane izgube. Običajno je dejanska vračilna doba daljša od dobljene v tem primeru. Zaradi vgradnje toplotne izolacije v tla mansarde se svetla etažna višina zmanjša na 2,70 m. Pri računu ni upoštevan strošek odstranjevanja obstoječih oblog, nasutja in izvedbe pohodnega sloja, ker je ta zajet v sklopu ukrepov za povečanje potresne odpornosti.

Preglednica 25: Zmanjšanje toplotne prehodnosti stropnih konstrukcij po vgradnji toplotne izolacije

Opis konstrukcijskega sklopa $U_{\text{dopustni, smernica}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$	Debelina skupaj s TI[m]	$U_{\text{obstoječi}}$ [W/m ² K]	U_{novi} [W/m ² K]	Zmanjšanje U [%]
Strop proti mansardi	0,50	1,72	0,191	88,9
Stropna konstrukcija, prizidek	0,45	1,13	0,186	83,5

9.4.3 Ukrep 3 – zamenjava stavbnega pohištva

Zadnji izbran investicijski ukrep v ovoj stavbe je zamenjava stavbnega pohištva razen vhodnih vrat in oken v frčadah. Pri tem ukrepu sta izvedeni dve različici: v prvi so zajeta vsa okna, razen dela oken na zahodni fasadi, kjer je bila predhodna enojna zasteklitev zunanega dela škatlastih oken zamenjana z dvojno zasteklitvijo s prekinjenim toplotnim mostom. V drugi različici je zajeta zamenjava vseh oken, vključno z okni z zamenjano zasteklitvijo. Različici sta bili izvedeni z namenom, da se primerja rezultate obeh, saj okna kljub zamenjani zasteklitvi ne dosegajo toplotne prehodnosti, ki jo za prehodnosti oken dovoljuje PURES 2010 ($U_{\text{okno}} < 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$). Strošek demontaže obstoječih oken ter montaža energetske varčnih oken je bil določen na podlagi ponudbe, ki jo je podalo podjetje AJM, enota Kranj (AJM, 2015).

9.4.3.1 Ukrep 3_1 – zamenjava starih oken brez menjane zasteklitve

Za menjavo so predvidena stara lesena škatlasta okna na vzhodni fasadi starega dela objekta ter vezana okna z lesenim okvirjem na južni fasadi prizidka. Kot je že bilo omenjeno, okna slabo tesnijo in ne zagotavljajo zadostne zrakotesnosti, zaradi česar prihaja do toplotnih izgub in izgub zaradi prezračevanja.

Preglednica 26: Prihranek energije ter vračilna doba v ukrep zamenjave oken s staro zasteklitvijo

$Q_{f,h,obstoječi}$	136.532	kWh
$Q_{f,h,novi}$	126.254	kWh
Δ	10.279	kWh

Cena energije	0,0864	€/kWh
Prihranek	888,1	€

Dimenzije oken [cm]	Kos	Strošek, skupaj [€]
235 x 220	4	9331,76
215 x 220	1	2289,71
145 x 220	5	9996,8
255 x 283	5	14554
260 x 283	5	14954
skupaj:	20	51126,27

INVESTICIJA	51.126,3	€
-------------	----------	---

VD	57,6	let
----	------	-----

Komentar izračuna:

Vračilna doba ukrepa je precej daljša, saj so prihranki energije manjši, obenem pa je strošek izdelave in vgradnje oken visok v primerjavi s prvima dvema ukrepoma, ki prihranita več energije. Dodatno vrednost izvedbe tega ukrepa predstavlja predvsem boljša zrakotesnost po menjavi oken, ki poleg zmanjšanja izgub pripomore tudi k boljšemu počutju uporabnikov objekta.

9.4.3.2 Ukrep 3_2 – zamenjava vseh oken na fasadah

Zamenjava vseh oken se zdi bolj smiselna kot zamenjava le dela oken. Pomemben faktor, ki vpliva na posege v ovoj stavbe, je žal strošek investicije, saj željeni ukrepi niso poceni. Zavedati se je treba, da z menjavo vseh oken ne privarčujemo le pri stroških ogrevanja in boljši zrakotesnosti ovoja stavbe, ampak da s hkratno menjavo zagotovimo enak izgled vseh oken, obenem pa v primeru hkratne izvedbe toplotne izolacije fasade zagotovimo, da ne bo prišlo do naknadnega poseganja v izvedeno fasado.

Preglednica 27: Prihranek energije in vračilna doba v ukrep zamenjave vseh oken

$Q_{f,h,obstoječi}$	136.532	kWh
$Q_{f,h,novi}$	124.221	kWh
Δ	12.312	kWh

Cena energije	0,0864	€/kWh
Prihranek	1.063,8	€

Dimenzije oken [cm]	Kos	Strošek, skupaj [€]
235 x 220	4	9331,76
215 x 220	1	2289,71
145 x 220	5	9996,8
255 x 283	5	14554
260 x 283	5	14954
200 x 220	14	26507,32
skupaj:	34	77633,59

INVESTICIJA	77.633,6	€
-------------	----------	---

VD	73,0	let
----	------	-----

Komentar izračuna:

Iz rezultatov je razvidno, da predvideni ukrep bistveno ne pripomore k zmanjšanju toplotnih izgub, hkrati pa precej podraži investicijo. Smiselnost izvedbe menjave oken z zamenjano zasteklitvijo je torej vprašljiva.

Preglednica 28: Zmanjšanje toplotne prehodnosti oken po zamenjavi

Opis konstrukcijskega sklopa $U_{dopustni, smernica} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{obstoječi}$ [W/m ² K]	U_{novi} [W/m ² K]	Zmanjšanje U [%]
Škatlasta okna z lesenim okvirjem	2,20	1,0	54,5
Škatlasta okna z novejšo zasteklitvijo	1,70	1,0	41,2
Vezana okna z lesenim okvirjem	2,3	1,0	56,5

9.4.4 Ukrep za izboljšanje sistemov ogrevanja – zamenjava obstoječega kotla

Splošne smernice o ukrepih za izboljšanje učinkovitosti sistemov KGH so podani v točki 9.2. V obravnavanem objektu so na radiatorjih že vgrajene glave s termostatskim ventilom ter izvedene izolacije razvodov sistema. Ker je zagotavljanje tople sanitarne vode potrebno le v čajni kuhinji, se menjava obstoječega električnega akumulacijskega bojlerja ne predlaga. Možen ukrep za izboljšanje sistema ogrevanja je zamenjava obstoječega kotla na kurilno olje. V primeru zamenjave bi bilo smiselno uporabiti sistem, ki za ogrevanje uporablja lesno biomaso. V primerjavi s kurilnim oljem ima lesna biomasa naslednje prednosti:

- nižja cena,
- manj proizvedenih emisij,
- spada med obnovljive vire,
- energent lahko dostavljajo lokalni proizvajalci.

Izvedba zamenjave je mogoča, saj je na dvorišču že zgrajena kotlovnica s prostorom za cisterno kurilnega olja. Potrebna bi bila torej demontaža obstoječega kotla in cisterne ter montaža novega sistema, ki za samodejno delovanje potrebuje prostor za kotel s čim bližje postavljenim zalogovnikom ter samodejno dozirno napravo in sistemom za krmiljenje. V spodnji preglednici je podana vračilna doba ukrepa zamenjave kotla za ogrevanje. Ocena investicije je bila narejena na podlagi investicij dejansko vgrajenih kotlov na lesno biomaso enakih moči skupaj s pripadajočo opremo. Pri tem so bila upoštevana naslednja dejstva:

- potrebna moč novega kotla je manjša, ker je ogrevana površina prostorov manjša od prvotne (ogrevanje sosednjega objekta ni več potrebno),
- potrebna moč novega kotla je manjša, ker je manj toplotnih izgub zaradi izoliranih konstrukcijskih sklopov,
- izkoristek novega kotla je boljši od obstoječega,
- cevi razvoda so izolirane in so zato izgube manjše.

Pri drugi alineji v zgornjih vrsticah je uporabljena predpostavka, da je pri izvedbi ukrepov potrebno le-te izvesti po smiselnem vrstnem redu, torej da se najprej izvede zamenjava oken, nato vgradi toplotno izolacijo na fasade in v strešno konstrukcijo ter šele nato vgradi kotel, da kotel ni predimenzioniran. V izračunu je bila upoštevana cena kotla z močjo 100 kW in zalogovnikom, ki ga je mogoče polniti preko cevi, povezane s tovornjakom na ulici, tako kot se je izvajalo polnjene cisterne s kurilnim olje. Brikete je namreč možno od tovornjaka do zalogovnika transportirati v cevi pod pritiskom, ki omogoča prenos do okoli dolžine dvajsetih metrov.

Preglednica 29: Prihranki in vračilna doba v ukrep zamenjave kotla

Cena energenta	0,0864	€/kWh	... cena obstoječega energenta (ELKO)
$Q_{f,h,obstoječe}$	139.386	kWh	... poraba energije za ogrevanje, obstoječe stanje
η	0,8		... izkoristek obstoječega kotla
$Q_{f,h,dejansko}$	174.232,5	kWh	... dejanska poraba kotla
Strošek ogrevanja	15.053,7	€	... stroški ogrevanja

Nova cena energenta	0,0360	€/kWh	... cena novega energenta (lesni briketi)
η	0,9		... izkoristek novega kotla
$Q_{f,h,dejansko}$	154.873,3	kWh	... dejanska poraba novega kotla
Strošek, novi	5.575,4	€	

Δ	9.478,2	€	... prihranek v €
----------	---------	---	-------------------

INVESTICIJA	40.000	€	... investicija: nov kotel in zalogovnik
-------------	--------	---	--

VD	4,2	let	
----	-----	-----	--

Komentar izračuna:

Za investicije v sisteme ogrevanja je značilno, da imajo kratke vračilne dobe, kar se pokaže tudi v tem primeru. Krajša vračilna doba je pri vseh predlaganih ukrepih razen za menjavo oken dokaj kratka, ker na vračilno dobo pomembno vpliva cena energenta – bolj kot je drag energent, višji so stroški ogrevanja, cena izvedbe posameznega ukrepa pa je enaka ne glede na energent, in večje prihranke kot zagotovimo, prej se bo investicija povrnila. Menjava kotla se torej zdi kot smiselna izbira. Upoštevati je potrebno dejstvo, da je bila za namene naloge izvedena zgolj ocena stroškov zamenjave kotla, torej bi bila v primeru dejanske vgradnje potrebna natančnejša analiza o primerni vrsti kotla, moči le tega, možnosti postavitve kotlovnice v obstoječi kotlovnici, možnosti dostave biomase v kotlovnico. Navsezadnje pa bi se tudi končni strošek zamenjave kotla razlikoval od predpostavljenega.

10 IZBRANI UKREPI KONSTRUKCIJSKE IN ENERGETSKE SANACIJE TER PRIMERJAVA STROŠKOV

Na podlagi analize in rezultatov iz petega in devetega poglavja prikažemo izbrane ukrepe, s katerimi v sklopu konstrukcijske sanacije zagotovimo lokalno utrditev objekta ter v sklopu energetske sanacije primerno zmanjšanje toplotnih izgub. Pri vsaki postavki so dodatno obrazložene stvari, ki jih je potrebno upoštevati pri izvajanju, postavke pa so namerno urejene po potrebnem časovnem zaporedju izvajanja del in ne po vrsti dela (gradbena, tesarska, fasaderska, ...), kot je to običajno. Izbrane postavke so skupaj s ceno investicije podane v Prilogi A.

10.1 Izbrani ukrepi sanacije

- Postavka 1: dobava in postavitve cestne signalizacije v primeru, da so odri ob cesti, znaki, utripajoča luč, najemnina, obračun po komadu; ocena

V sklop prve postavke spada tudi ureditev gradbišča, postavitve gradbiščne table in ograje, postavitve gradbiščne elektro omarice ter priprava prostora za deponijo materiala in odpadkov. Glede na lokacijo objekta je smiselna ureditev začasne deponije na dvorišču. Predhodno se je potrebno dogovoriti, kako bodo delavci in dostavljalci materiala do objekta dostopali, saj je dostop do mestnega jedra otežen.

- Postavka 2: Montaža in demontaža fasadnih odrov, naprava podstavka, vsa pomožna dela na gradbišču, obračun po kvadratnem metru; višina nad 10 m¹

Fasadne odre je potrebno postaviti tako, da kar najmanj ovirajo promet na ulici, potrebno je ustrezno zaščititi vhod v objekt in izhod na dvorišče z izvedbo nadstreška iz lesenih desk. Obvezno izvesti varovalno ograjo višine 1 metra (mišljeno v zadnji etaži fasadnega odra ter v vsaki etaži). Smiselno je razmisliti o izvedbi gradbenih del po fazah, torej da se najprej konča dela na enem delu objekta, nato pa se oder demontira in ga prestavi na drugi del objekta. Na ta način se izognemo višjim stroškom izposoje fasadnega odra, razen če ima izvajalec dovolj delavcev in opreme, da se hkratio izvede sanacija na obeh delih objekta in se s tem čas izvajanja del skrajša.

- Postavka 3: Montaža in demontaža zaščitne mrežice na fasadnih odrih, vsa pomožna dela na gradbišču, obračun po m²

Montaža zaščitne mrežice je obvezna na fasadnem odru starega dela proti ulici, južnega dela, ki je v stiku s sosednjo spomeniško zaščiteno stavbo, ter za obe severni fasadi, saj sta v stiku s sosednjo stavbo in tudi dvoriščem.

- Postavka 4: Odstranitev podbojev ali okvirjev vrat in odvoz na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po komadu

Odstranijo se vsa vrata, ki so del predelnih sten v mansardi. Preostala vrata se začasno odstrani v času izvajanja del v mansardi.

- Postavka 5: Rušenje predelnih sten debeline do 20 cm v celoti, z odstranjevanjem ruševin na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po m²

Rušitve predelnih sten v celoti v mansardi, ki razmejujejo sobe s frčadami in omejujejo osrednji hodnik mansarde. V Prilogi B na Listu 5 so na tlorisu mansarde prikazane stene, ki jih je potrebno porušiti.

- Postavka 6: Rušenje predelnih sten debeline 20 cm do višine 1m (pod okni), z odstranjevanjem ruševin na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun m²

Za vgradnjo estriha in toplotne izolacije je potrebno odstraniti del sten na vzhodni in zahodni strani sob s frčadami do višine enega metra, da se omogoči dostop do nosilnega oboda starega dela objekta.

- Postavka 7: Odstranitev oblog: linolej in ladijski pod ter odvoz na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po m²

Po odstranitvi je material potrebno odpeljati na deponijo gradbenega materiala, saj ta material ni predviden za ponovno vgradnjo. Za zaključni pohodni talni sloj v mansardi je predvidena izvedba ladijskega poda na leseni podkonstrukciji.

- Postavka 8: Odstranitev gramoznega nasipa v talni konstrukciji mansarde debeline do 5 cm in odvoz na deponijo gradbenega materiala, obračun po m²
- Postavka 9: Vgradnja jeklenih rebrastih sider Φ 14 mm, dolžine 150 cm v obodne zidove objekta za njihovo povezavo z novimi armiranobetonskimi ploščami oz. ojačilnimi estrihi, s predhodnim prevrtavanjem zidov, montažo sidrskih plošč, vsi transporti in pomožna dela, obračun po kom

Potek vgradnje jeklenih sider in njihova namembnost je opisana v četrtem poglavju te naloge. Skladno z rezultati analize za izboljšanje potresne odpornosti fasad proti različnim mehanizmom porušitve vgradimo 8 sider. Pred napenjanjem sider je potrebno narediti ustrezno ležišče za jeklene ploščice ter po izvedbi napenjanja matico privariti na ploščico. Napenjanje se lahko izvrši po določenem času izvedbe cementnega estriha, da estrih pridobi ustrezno trdnost. Detajl vgradnje sidra je prikazan v Prilogi B na Listu 8.

- Postavka 10: Vgradnja jeklenih rebrastih sider Φ 14 mm in dolžine 150 do 200 cm preko notranjih nosilnih zidov v višini novih armiranobetonskih plošč oziroma ojačilnih estrihov, predhodno prevrtavanjem zidov, vsi transporti in pomožna dela, obračun po komadu

Povezovalna jeklena sidra vgradimo prečno skozi nosilne zidove v severnem delu mansarde, da zagotovimo primerno povezanost ojačilnega estriha med prostori.

- Postavka 11: Izvedba cementnega estriha debeline 6 cm, zaribane površine, estrih armiran z mrežno armaturo Q 169, predhodno čiščenje podlage, prenosi in vsa pomožna dela, obračun po m²

Vgradnja armiranega cementnega estriha se izvede po postopku, opisanem v Poglavju 4. Pred vgradnjo estriha je treba obvezno preveriti stanje obstoječih stropnikov, saj vgradnja estriha, toplotne izolacije ter novega zaključnega sloja doprinese nov del obtežbe na stropnike. Obratno pa se z odstranitvijo gramoznega nasutja in starih slojev obtežba zmanjša, tako da moramo upoštevati doprinos razlike v obtežbi. Pri tem se je potrebno zavedati, da je v času izvajanja del, povezanih s potresno sanacijo, stari del začasno neuporaben, zato je treba čas vgradnje planirati tako, da kar najmanj onemogoča opravljanje službenih obveznosti. Lega sider in estriha je prikazana na tlorisu mansarde v Prilogi B na Listu 6.

- Postavka 12: Krpanje fasadnega ometa z grobo in fino podaljšano cementno malto 1:2:6, predhodni obrizg s cementno malto 1:3, naprava malt, prenosi in vsa pomožna dela na objektu, obračun po m²

Po vgradnji sider je potrebno vse vrtine okoli vgrajenih sider injektirati oziroma zaliti z injekcijsko maso, votline okoli sidrnih ploščic pa ometati z grobim ometom.

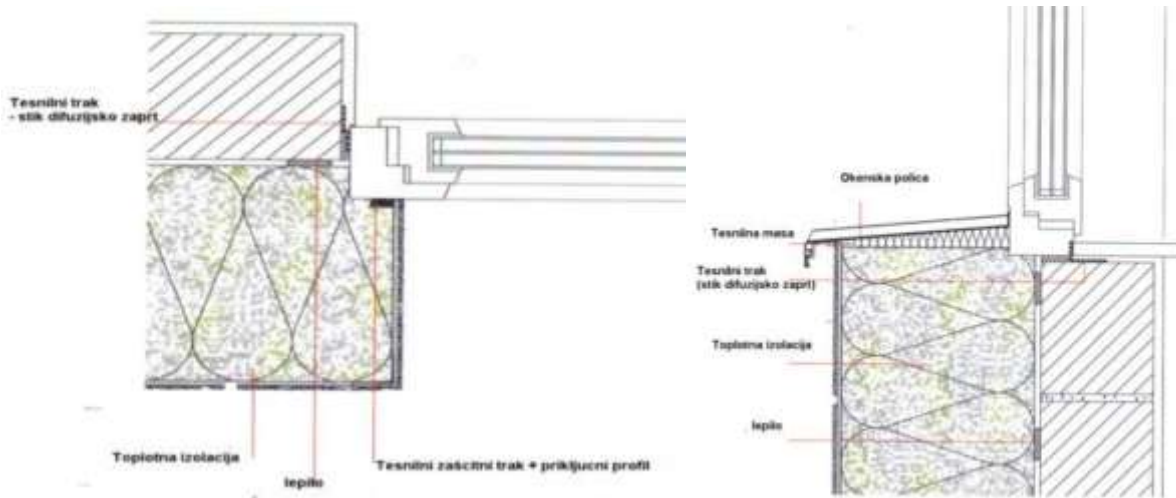
- Postavka 13: Demontaža obstoječega stavbnega pohištva in zunanjih okenskih polic, brez oken v frčadah in vrat v restavratorske delavnice

Pri demontaži je potrebno paziti, da zaradi uporabe orodij ali nepazljivosti ne poškodujemo notranjosti prostorov.

- Postavka 14: Odvoz starih okenskih elementov
- Postavke 15-20: Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm različnih dolžin s stranskimi aluminijastimi zaključki in z odkapnim nosom višine 25 mm

Ob menjavi oken je potrebno poleg namestitve žaluzij po izvedbi fasade upoštevati tudi namestitev novih okenskih polic. Samo okno je pri tem potrebno ustrezno zamakniti. Pri odločitvi o materialu polic je potrebno upoštevati, da so aluminijaste police precej lažje v primerjavi z granitnimi in je pri vgradnji manjša možnost, da se polica poškoduje. Končna cena vgradnje posamezne police, v kateri je zajeta cena materiala, izdelave in montaže polic, je v primeru vgradnje aluminijastih polic nižja. Manjša teža aluminijastih polic se pokaže kot pomemben faktor pri sistemu vgradnje okna na zunanjo stran nosilnega zidu, saj lahko na ta način s pravilno vgradnjo toplotne izolacije preprečimo toplotne mostove in obenem privarčujemo denar, ki bi ga sicer porabili za vgradnjo toplotne izolacije na špalete oken kot je prikazano

na spodnji sliki. Posledično se s pomikom oken na zunanjo stran zidu povečajo širine notranjih okenskih polic.



Slika 75: Vgradnja oken na zunanji strani zidu: tlorisni prerez (levo), vgradnja police (desno) (Vir: Tehnične zahteve za gradbeno fiziko oken, 2015)

Upoštevati pa moramo tudi dejstvo, da obravnavamo starejši objekt, ki se nahaja poleg spomeniško zaščitene stavbe v starem delu mesta in bi bilo zato primerno vgraditi granitne police, ki kot kamen predstavljajo tradicionalen gradbeni material. Za vgradnjo teh polic bi bilo treba okno zamakniti proti sredini parapeta, da se omogoči dovolj velika površina, ki bo zagotovila ustrezno pritrditev in prenos obtežbe na nosilno podlago. Skupaj z vgradnjo granitnih polic bi bilo torej potrebno toplotno izolirati tudi špalete, zato se odločimo za vgradnjo aluminijastih polic. Po vgradnji obvezno preveriti ustrezen nagib police. Uporaba trajno elastičnega kita za tesnjenje stikov med oknom in polico. Na notranji strani je potrebno izvesti finalni sloj okoli okvirja oken.

- Postavke 21-25: Dobava oken z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem, po detajlu obstoječih oken, različnih zunanjih dimenzij

Bistvena zahteva, ki jo pri menjavi oken želimo izpolniti, je ohranitev obstoječega videza lesenih oken z nalepnimi prečkami v obliki križa. Poleg te zahteve je v smislu energetske učinkovitosti potrebno tudi izpolnjevanje zahteve, da skupna toplotna prehodnost okna (zasteklitve in okvirja) ne presega vrednosti po PURES 2010, to je $U_{\text{dovoljeni}} < 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Proizvajalec oziroma ponudnik oken je ob upoštevanju teh dveh zahtev podal ponudbo, ki vključuje okna z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem z oznako Izo3 I4/14/4/14/I4 – $U_g = 0,6$, ki je v popisu del tudi zajeta. Številka 4 predstavlja debelino zasteklitve v [mm], številka 14 pa vmesni prostor med zasteklitvami v [mm].

- Postavka 26: Montaža oken

Glede na analize smislnosti izvedbe predlaganih ukrepov se odločimo za različico, kjer zamenjamo samo okna na vzhodni fasadi starega dela ter na južni fasadi prizidka. Kot je namreč vidno iz rezultatov, zamenjava vseh oken ne doprinese veliko več kot samo menjava starih oken, zato okna z že zamenjano

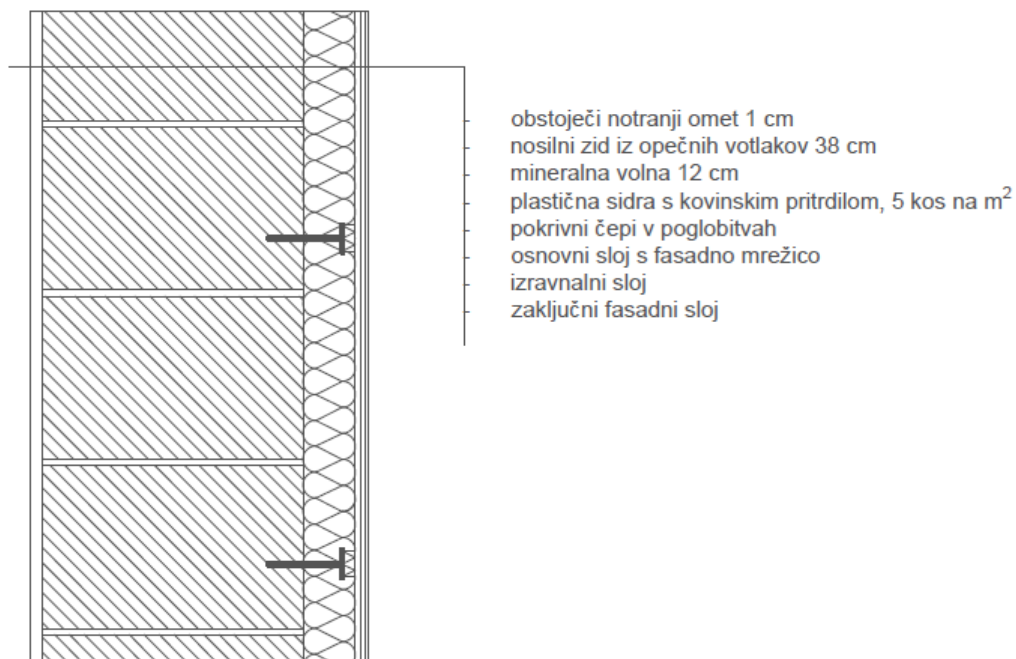
zasteklitvijo ne vključimo v sklop sanacije oziroma zamenjave. Pri montaži posameznega tipa oken je potrebno okna vgraditi tako, da imajo vsa okna enak odmik od zunanega roba nosilnega zidu, sicer pride pri vgradnji polic do različne širine previsnega roba, kar je napačno z estetskega vidika, obenem pa lahko zaradi prekratke razdalje med odkapnim robom police in fasado pride do umazanije pod polico.

- Postavka 27: Izdelava podzidka (cokla) fasade višine enega metra iz ekstrudiranega polistirena debeline 12 cm, s predhodnim čiščenjem in nanosom emulzije, s sidranjem in dvakratnim nanosom fasadnega lepila s fasadno alkalno mrežico, osnovnim premazom za izravnavo vpojnosti in zaključnim slojem (dekorativni omet - npr. Kulirplast), po izbiri investitorja

Pri vgradnji toplotne izolacije na podzidek fasade je potrebno na stiku s tlemi uporabiti fasadno lepilo proti kapilarnemu dvigu, s predhodno očiščeno in z emulzijo premazano površino – za boljšo sprijemnost. V sklopu izdelave podzidka je smiselno preveriti tudi stanje obstoječega sistema za odvodnjavanje meteorne vode; v kolikor le to ni urejeno, je potrebna izvedba ustreznih odtočnih jarkov v ustreznem naklonu ter vgradnja jaškov.

- Postavka 28: Izdelava fasade iz mineralne volne debeline 12 cm, s predhodnim čiščenjem obstoječe fasade in nanosom emulzije, s sidranjem in dvakratnim nanosom fasadnega lepila z alkalno mrežico, osnovnim premazom za izravnavo vpojnosti in zaključnim slojem - mineralni zariban omet, po izbiri investitorja

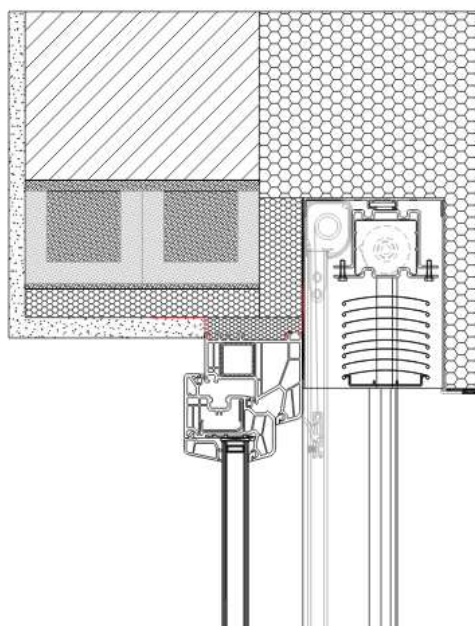
Vgradnja izolacije na stene objekta predstavlja ukrep, ki prepreči veliko toplotnih izgub, zato je potrebna dobra in preiščljena vgradnja. Izvedba fasade naj poteka po naslednjem postopku: pregled obstoječega stanja, odstranjevanje motečih elementov na fasadi (klimatske naprave) ter morebitnih poškodovanih delov ometa, premaz z emulzijo za boljši oprijem lepila, pritrdjevanje mineralne volne s fasadnim lepilom, izdelava poglobitev za vgradnjo fasadnih sider, vrtanje lukenj za fasadna sidra, vgradnja sider (plastična sidra s kovinskim jedrom), vgradnja pokrivnih čepov (preprečevanje točkovnih toplotnih mostov skozi sidra), brušenje in izravnavo površine mineralne volne, nanos osnovnega sloja s fasadno mrežico z ustrezno dolžino prekrivanja ter vogalnikov, po osušitvi osnovnega sloja nanos izravnalnega sloja fasadnega lepila, pregled podlage (če kje fasadna mrežica ni prekrita v celoti, jo je treba prekriti), nanos emulzije za izravnavo vpojnosti, nanos zaključnega sloja, montaža predhodno odstranjenih motečih elementov. Zaradi posegov na čelnih stenah v stiku s sosednjima objektoma je potrebno izvesti tudi nove kleparske zaključke v območju fasade in sosednjih streh. Predhodno je potrebno izvesti primerno zaščito tal zaradi ostankov fasadnega lepila in drugih materialov, obenem pa je potrebno sprotno čiščenje odpadkov. Detajl konstrukcije po vgradnji toplotne izolacije je prikazan na Sliki 76.



Slika 76: Vgradnja toplotne izolacije na zunanje stene objekta, detajl

- Postavka 29: Montaža zunanjih žaluzij na okna vzhodne fasade starega dela objekta in na južno fasado dvoriščnega prizidka

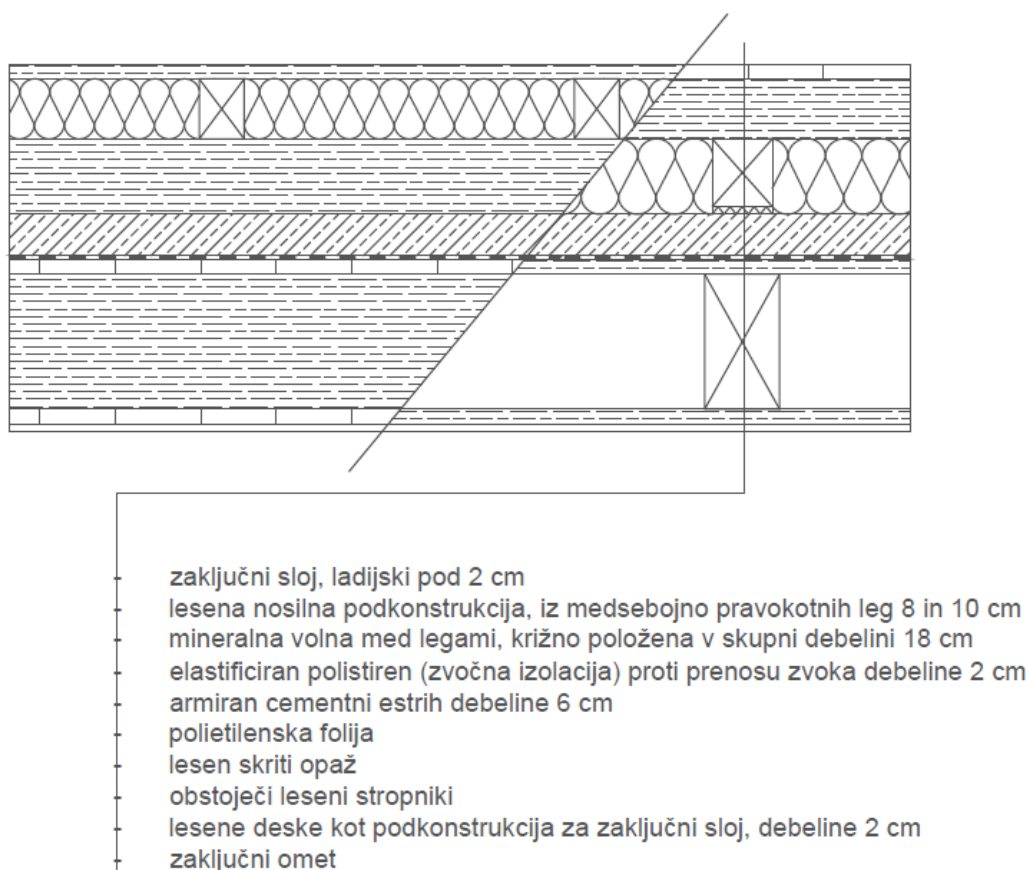
Vgradnja zunanjih žaluzij se izvrši po izvedbi fasade, vendar je potrebno nosilni sistem žaluzij vgraditi predhodno, da se okoli konstrukcije izvede toplotna izolacija. Primer vgradnje žaluzij je prikazan na Sliki 77.



Slika 77: Detajl vgradnje zunanjih žaluzij (Vir: Roletarstvo Medle, 2015)

- Postavka 30: Polaganje mineralne volne debeline 18 cm na tla podstrešja v dvoriščnem prizidku
Mineralno volno položimo na predhodno nameščeno polietilensko folijo. V kolikor ni omogočen dostop na podstrešje iz prostorov prizidka, je za vgradnjo izolacije potrebno odkriti del vlakno cementnih plošč na strešni konstrukciji prizidka.

- Postavka 31: Polaganje mineralne volne debeline 18 cm v talno konstrukcijo mansarde v starem delu objekta ter izvedba lesene podkonstrukcije z novim pohodnim slojem
Zaradi vgradnje armiranega cementnega estriha v talno konstrukcijo mansarde je omogočena enostavna vgradnja izolacije. Svetla etažna višina mansarde se s tem ukrepom zmanjša za 20 cm na višino 2,70 m, ki je še vedno primerna. Sestava konstrukcije je prikazana na Sliki 78.



Slika 78: Vgradnja toplotne izolacije v talno konstrukcijo mansarde, detajl

- Postavka 32: Izdelava predelnih sten debeline 10,0 cm v sestavi: mavčno kartonske plošče debeline 1,25 cm, kovinski profili šir. 7,5 cm, mineralna volna (50 kg/m^3) debeline 5,0 cm (ali material z enakimi lastnostmi) in mavčno kartonske plošče debeline 1,25 cm, obračun po m^2
Izdelava predelnih sten je predvidena v območju pod okni; morebitna izvedba dodatnih predelnih sten bi bila smiselna po odločitvi investitorja, kakšno namembnost bo imela mansarda v prihodnje.

- Postavka 33: Izdelava poda ali stropa iz desk (enostransko skoblanih) debeline 24 mm (pribijanje na stropnike), vključeno: material, prenosi ter vsa pomožna dela, obračun po m²

Površina izdelave pohodnega zaključnega sloja v mansardi se nanaša le na območje uporabne površine, zato je primerjalno manjša glede na površino vgrajenega estriha in toplotne izolacije. Območje vgradnje je prikazano v Prilogi B na Listu 7.

- Postavka 34: Dobava, montaža in zagon kotla skupaj s samodejno dozirno napravo ter zalogovnikom (vključena odstranitev obstoječega kotla in cisterne za kurilno olje z odvozom na deponijo)

Stroški postavke so bili ocenjeni na podlagi vgradnje podobnih kotlov enake moči skupaj s pripadajočo opremo. V kolikor bi se izkazalo, da obstoječi prostori kotlovnice in skladišča kurilnega olja po velikosti niso ustrezni, bi se strošek investicije podražil na račun rušitve obstoječega prizidka kotlovnice ter gradnje novega s primerno velikim zalogovnikom za hrambo lesne biomase.

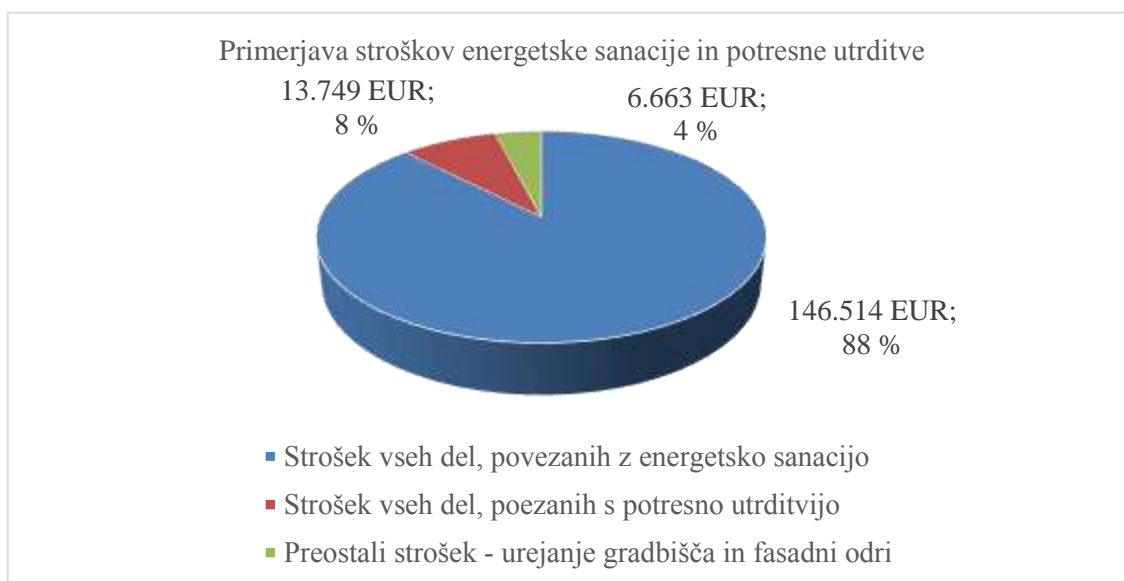
Med celotnim izvajanjem del na objektu je bistvenega pomena dobra komunikacija med vsemi udeleženi v procesu, da se nastale težave in morebitne spremembe v izvajanju rešuje sproti. Pri izbiri časovnega termina izvajanja del je potrebno upoštevati primerne temperature za vgradnjo nekaterih materialov, kot je zaključni omet (vgradnja pri temperaturi nad 5 °C). S tega vidika bi vgradnja v poletnem času najbolj ustrezala tudi zato, ker je v tem času veliko zaposlenih v objektu odsotnih s službenega mesta in bi posledično izvajanje del sanacije manj motilo dejavnosti zaposlenih.

10.2 Primerjava stroškov

S stališča investitorja je poleg izboljšanja potresne odpornosti in zmanjšanja toplotnih izgub tudi pomembno, koliko je končni strošek izvedbe predlaganih ukrepov. Kot je bilo omenjeno v delu analize izboljšanja ovoja stavbe, smo podatke o strošku posamezne postavke pridobili iz povpraševanj pri izvajalcih fasadnih del. Za izbrane ukrepe potresne utrditve smo podatke o strošku posamezne postavke pridobili iz popisa, ki je bil izveden za sanacijo objektov v Posočju.

Na podlagi izbranih ukrepov, cene izvedbe le teh ter potrebnih količin smo ocenili, da bi skupen strošek naštetih postavk v točki 10.1 znašal 166.926 €. Če ta znesek razdelimo na strošek del za energetska sanacijo, za potresno utrditev in strošek za spremljevalna dela opazimo, da znašajo kar 88 % stroška celotne investicije izvedeni ukrepi za energetska sanacijo, kot je vidno tudi v Grafikonu 7. Prevedba tega podatka na uporabno površino pokaže, da znaša potresna utrditev fasad starega dela objekta 20,2 €/m², energetska sanacija obeh delov objekta pa 145,6 €/m², torej kar sedemkrat več. Pri tem smo za potresno utrditev upoštevali uporabno površino samo starejšega dela objekta, saj smo utrditev izvedli le na starem delu, pri energetska sanaciji pa uporabno površino celotnega objekta.

Grafikon 7: Primerjava stroškov celotne investicije

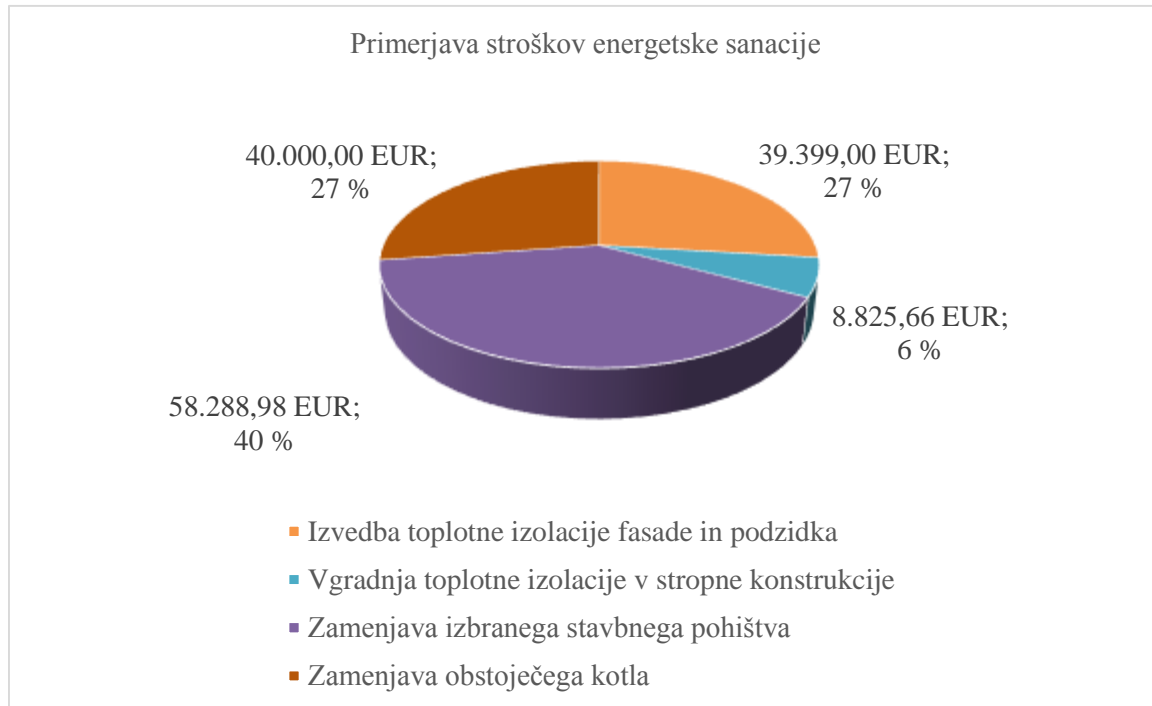


Rezultat je smiseln, saj primerjava tehnik vgrajevanja in vgrajenih materialov posameznega sklopa sanacije pokaže, da je vgradnja oken zelo draga zaradi samega postopka izdelave oken, vgradnja toplotne izolacije pa predstavlja višji strošek pri nakupu same izolacije, posebnih fasadnih lepil ter zaključnih slojev. Pri potresni utrditvi gre nasprotno za vgrajevanje estriha, armaturnih mrež ter jeklenih palic, ki same po sebi kot material niso tako drage.

Kot je razvidno iz zgornjega grafa, znaša celoten znesek postavk energetske sanacije 146.514 €, če pri tem ne upoštevamo postavitve gradbišča in montaže ter demontaže fasadnih odrov. Razčlemba stroška energetske sanacije na posamezne segmente pokaže, da kar malo več kot tretjina zneska za energetsko sanacijo predstavlja zamenjava oken, to je 58.792 €. Strošek izdelave oken je v tem primeru dražji, saj je bilo vodilo pri izdelavi oken ohranitev obstoječe oblike z lesenimi letvami, poleg tega pa so tudi okvirji okna leseni. V tem strošku so zajeta tudi spremljevalna dela: dostava oken in polic, demontaža obstoječih oken in polic, odvoz na deponijo, vgradnja novih polic in novih oken ter vgradnja žaluzij. Če upoštevamo vsa naštetá dejstva, je torej razumljivo strošek zamenjave oken največji. Po velikosti stroška sledi zamenjava obstoječega kotla (40.000 €), ki vključuje demontažo starega kotla, montažo novega kotla, montažo zalogovnika in dozirne naprave ter zagon sistema. Enak strošek kot zamenjava kotla predstavlja izvedba energetske sanacije toplotno neizolirane fasade. Strošek izvedbe je ocenjen na 39.958 € in zajema vgradnjo toplotne izolacije na podzidek in na fasado ter zajema tako strošek dostave materialov, materiala samega in tudi dela. Najmanjši delež (6 %) predstavlja izvedba toplotno izoliranih stropov, ki je ocenjena na vrednost 8.826 €. Vgradnja toplotne izolacije na podstrešje prizidka ni težavna, saj folijo in mineralno volno zgolj položimo na nosilno konstrukcijo. V starem delu postane vgradnja lažja z izvedbo cementnega estriha, saj tudi v tem primeru folijo in mineralno volno položimo na konstrukcijo. Cena izvedbe na površino je v tem primeru dražja, saj je potrebno vgradnjo toplotne izolacije izvesti med nosilno podkonstrukcijo pohodnega lesenega sloja in izvesti ukrepe za

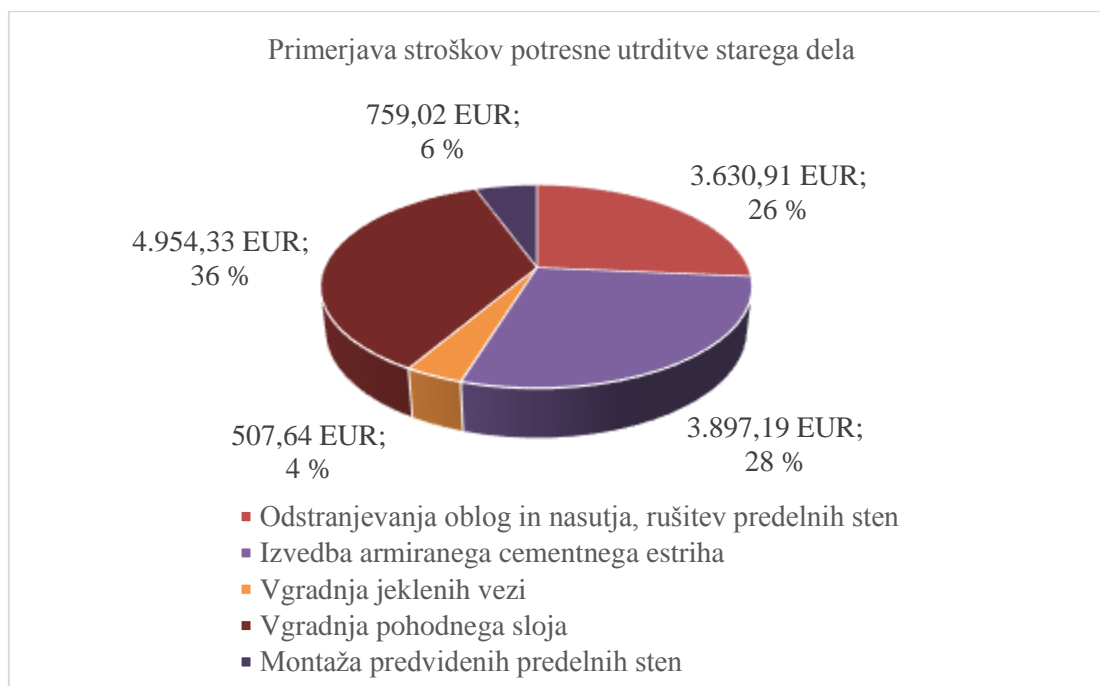
preprečevanje toplotnega mostu na stiku med stropno konstrukcijo in fasado objekta. Na Grafikonu 8 so prikazani deleži posamezne postavke v okviru energetske sanacije.

Grafikon 8: Primerjava stroška posamezne postavke energetske sanacije



Nazadnje analiziramo še stroške, povezane s potresno utrditvijo in ki so prikazani na Grafikonu 9. V tem primeru se moramo zavedati, da je bil predmet sanacije samo stari del, saj je analiza FaMIVE primerna bolj za stare zidane objekte, obenem pa je prizidek že zgrajen v kombinaciji opečnih votlakov ter betonskih vertikalnih vezi in betonskih medetažnih konstrukcij, ki zagotavljajo boljšo povezanost nosilnih elementov objekta. S tega vidika je zato majhen strošek za povečanje potresne odpornosti objekta smiseln, saj v nasprotju z energetsko sanacijo pri konstrukcijski utrditvi izvedemo ukrepe le na starem delu. Potresna utrditev predstavlja torej 8 % celotne investicije in znaša 13.749 €. Analiza stroška posamezne postavke pokaže, da predstavlja največji delež izvedba pohodnega sloja, ki predstavlja 36 % celotne investicije potresne utrditve (4.954 €). Strošek za izvedbo estriha znaša 3.897 €, kar predstavlja 28 % skupnih stroškov med ukrepi potresne sanacije. Le temu po velikosti zneska izvedbe sledi odstranjevanje obstoječih oblog in nasutja ter rušitvijo predelnih sten s stroškom izvedbe, ki je ocenjen na 3.631 €. Ta znesek je takšnega velikostnega razreda, ker je površina odstranjevanja velika. Manjši del predstavlja vgradnja sider ter krpanje ometa.

Grafikon 9: Primerjava stroška posamezne postavke potresne utrditve



Najmanjši strošek celotne investicije (4 %) predstavljajo postavke, ki se nanašajo na ureditev gradbišča ter montažo in demontažo fasadnega odra in so ocenjene na vrednost 6.663 €. Cena postavke postavitve fasadnega odra je določena na enoto površine in ne predstavlja velikega stroška, vendar je tudi v tem primeru visoka investicija posledica velike površine, ki jo mora fasadni oder obdajati za izvedbo predvidenih del.

11 ZAKLJUČEK

V nalogi smo analizirali obstoječe stanje objekta na naslovu Tomšičeva ulica 7 v Kranju v lasti ZVDKS. Namen naloge je bil določitev ukrepov, s katerimi bi obravnavanemu objektu z minimalnimi stroški povečali lokalno potresno odpornost fasad ter z vgradnjo toplotne izolacije zmanjšali toplotne izgube, po določitvi primernih ukrepov pa oceniti strošek investicije izvedbe le teh.

V prvem sklopu naloge smo na podlagi rezultatov z metodo FaMIVE ugotovili, da pride v primeru delovanja potresnih sil do poškodb fasad objekta in nastankov določenih porušnih mehanizmov. V večini primerov potresna obtežba privede do pojava horizontalnega ločnega efekta. Za preprečitev pojava možnih porušnih mehanizmov fasad smo zato izvedli analizo, kjer smo na obstoječe fasade aplicirali različne ukrepe, s katerimi povišamo potresno odpornost. V ta namen smo v analizo dodali različne kombinacije ojačitev s sidri ter jeklenimi obroči in spreminjali njihovo število ter položaj na fasadi, da bi prikazali vpliv posameznega ukrepa na povečanje odpornosti. Za obstoječe stanje frontalne fasade starega dela je bilo ugotovljeno, da izkazuje nevarnost porušitve dela fasade z nastankom vodoravnega ločnega efekta. Povečanje odpornosti proti temu mehanizmu dosežemo z vgradnjo sidra v sredini stropne konstrukcije drugega nadstropja, vendar se v tem primeru pojavi nevarnost mehanizma F, zato je potrebna vgradnja dodatnega sidra v območju stropne konstrukcije prvega nadstropja. Dodatno je za povečanje potresne odpornosti in možnosti vgradnje sider potrebno izvesti ojačilni armirani cementni estrih v stropni konstrukciji drugega nadstropja, s katerim zagotovimo povezanost fasad in medetažnih konstrukcij. Pri analizi vzhodne fasade starega dela objekta se pokaže, da je kritičen enak porušni mehanizem kot na zahodni (frontalni) fasadi; prav tako pa potresno odpornost izboljšamo z vgradnjo dveh sider v območju medetažnih konstrukcij. Zaradi delovanja potresnih sil se pojavijo poškodbe tudi na severni in južni fasadi. Ker velik delež teh fasad predstavljata čelni steni, je velika nevarnost pojava porušitve teh sten, saj so izvedene zgolj kot polnilo med nosilno medetažno konstrukcijo ter nosilnimi elementi strešne konstrukcije in zato niso ustrezno sidrane v nosilno konstrukcijo. Porušitev teh sten je pričakovana, vendar ima manjši vpliv na celotno konstrukcijo, zato smo večjo pozornost posvetili mehanizmom z globalnim vplivom. Izkazalo se je, da je za ojačitev severne in južne fasade prav tako potrebna vgradnja sider v območju stropne konstrukcije drugega nadstropja. Za povečanje potresne odpornosti je torej izbran ukrep izvedbe armiranega cementnega estriha v stropni konstrukciji drugega nadstropja ter vgradnja osmih sider na predvidenih mestih. Strošek investicije v izbrane ukrepe potresne utrditve je ocenjen na 13.749 €, pri čemer so spremljevalna dela zajeta posebej.

Drugi sklop magistrske naloge je posvečen energetske sanaciji objekta, v katerem smo analizirali obstoječe stanje ter poiskali ukrepe, s katerimi bistveno zmanjšamo toplotne izgube in s tem stroške za ogrevanje in hlajenje. Za prikaz območij z občutnimi toplotnimi izgubami smo uporabili toplotno kamero, ki se jo uporablja za določevanje lokacij toplotnih mostov in območij toplotnih izgub na podlagi

izvedenih termografskih posnetkov. Razvidno je, da predstavljajo betonski vogali in betonske plošče linijske toplotne mostove, velike izgube pa se vršijo tudi skozi stavbno pohištvo zaradi dotrajanosti in nezadostnega tesnjenja. Dodatno smo izvedli tudi merjenje temperatur na zunanji in notranji površini stene v pisarni skupaj z merjenjem temperature zraka v pisarni. Primerjava je pokazala, da je temperatura z vidika temperaturnega udobja previsoka in zato je ni primerna za opravljanje službenih dejavnosti v pisarnah, ter da do pregrevanja prostora prihaja predvsem zaradi neustreznega obstoječega stavbnega pohištva brez ustrezne zaščite pred sončnim sevanjem.

Za stavbo smo naredili osnutek računske energetske izkaznice s programom Gradbena fizika URSA 4.0. Izračunani kazalniki so presegali dovoljene vrednosti, ki jih dopušča Pravilnik o učinkoviti rabi energije 2010. Na podlagi vnesenih podatkov o ovoju stavbe in o vgrajenih sistemih smo iz grafa toplotnih izgub razbrali, da največji delež toplotnih izgub predstavljajo izgube skozi zunanje stene objekta, stropne konstrukcije ter obstoječe stavbno pohištvo, zato smo za ukrepe sanacije določili vgradnjo toplotne izolacije na zunanje stene objekta, v stropne konstrukcije ter zamenjavo dotrajanih oken. Cena posamezne postavke je bila določena na podlagi ponudb izvajalcev gradbenih del. V odvisnosti od rezultatov analize so bili za ukrepe energetske sanacije izbrani: izvedba toplotnoizolacijske fasade z mineralno volno debeline 12 cm na obeh delih stavbe, vgradnja mineralne volne debeline 18 cm na stropno konstrukcijo drugega nadstropja obeh delov stavbe ter zamenjava obstoječih oken na vzhodni fasadi starega dela in južni fasadi prizidka z novimi, energetsko varčnimi okni z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem. V skladu z ugotovitvijo, da okna niso primerno zaščitena pred sončnim sevanjem, je bil izbran ukrep tudi vgradnja zunanjih okenskih žaluzij. Dodatno je za izboljšanje sistema ogrevanja predlagana tudi zamenjava obstoječega kotla na kurilno olje z novim kotlom na lesno biomaso. Skupna ocena izbranih del energetske sanacije je ocenjena na 146.514 €.

Ob upoštevanju spremljevalnih del, kot so ureditev gradbišča ter montaža in demontaža fasadnih odrov, znaša skupen ocenjeni strošek investicije v izbrane ukrepe 166.926 €. Največji delež predstavljajo dela v sklopu energetske sanacije (88 %), kjer prevladuje strošek zamenjave oken, nato pa vgradnja novega kotla in toplotne izolacije na fasade ter nazadnje izvedba toplotno izoliranih stropov. V okviru ukrepov potresne utrditve objekta (8 % celotne investicije) se največji strošek nanaša na vgradnjo novega pohodnega sloja, odstranjevanje obstoječih oblog ter vgradnjo estriha, manjši del pa predstavljata vgradnja sider ter krpanje ometov.

Izbrani ukrepi energetske in konstrukcijske sanacije objekta so podani tako, da upoštevajo hkratno izvedbo obeh delov sanacije. Na ta način privarčujemo denar pri montaži fasadnih odrov, saj ga na tak način postavimo zgolj enkrat, obenem pa dosežemo, da se čas izvedbe sanacije skrajša in je posledično delo v objektu manj časa moteno. Vseeno pa se je treba zavedati, da so v času vgradnje estriha in sider službene dejavnosti v starem delu objekta onemogočene in bi se bilo zato treba predhodno dogovoriti o optimalnem času izvajanja gradbenih del.

VIRI

AJM d.o.o. PE Kranj. 2015

<http://www.ajm.si/podjetje/kontakti/pe-kranj/>

(Pridobljeno 12. 10. 2015.)

An integrated procedure for the assessment of seismic vulnerability of historic buildings. 2002.

http://home.anadolu.edu.tr/~yguney/cemil_historical/Historical_Buildings/oct_2006/strengthening/ar561D'Ayala.pdf

(Pridobljeno 20. 10. 2015.)

Arhiv ZVDKS, OE Kranj, 2015. Osebna komunikacija (april, september 2015)

Beg, D. (ur.), Pogačnik, A. (ur.) 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po standardih Evrokod. Ljubljana, Inženirska Zbornica Slovenije: 1077 str.

Bosiljkov, V. 2012. Prenova in preizkušanje konstrukcij. Predavanja.

D'Ayala, D., Novelli V. 2012. Deliverable D27. Formulation of vulnerability models including the survey form to collect the data required by the adopted models. Project PERPETUATE: 76 str.

Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb. EUR-Lex. 2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=celex:32010L0031>

(Pridobljeno 10. 9. 2015.)

Delo in dom. 2011.

<http://www.deloindom.si/prijetno-pod-dobro-izolirano-streho>

(Pridobljeno 28. 7. 2015.)

Elkor d.o.o. Informativna ponudba za izvedbo fasade. Osebna komunikacija.

(oktober 2015)

Energetska izkaznica stavbe. 2015.

<http://energetskaizkaznica.si/>

(Pridobljeno 1. 8. 2015.)

Ensvet Nova Gorica. 2015.

http://www2.arnes.si/~mlicen3/html/cene_energentov.html

(Pridobljeno 6. 10. 2015.)

Fajfar, P. 2012. Dinamika gradbenih konstrukcij in potresno inženirstvo. Predavanja.

FaMIVE, Failure Mechanisms Identification and Vulnerability Evaluation. 2015. D'Ayala, D. in sod.

Fokus društvo za sonaraven razvoj. 2015.

<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=zakaj&l2=prednosti>

(Pridobljeno 24. 10. 2015.)

Janežič, I., Baumgartner, M., Kos, J., Bergant M. Tehnične informacije o pomembnejših posegih za rekonstrukcijo v potresu poškodovanih objektov. 2015.

<http://www.zrmk.si/images/TC/3%20%C4%8Dlanek.pdf>

(Pridobljeno 4. 11. 2015.)

Javni vpogled v podatke o nepremičninah. Republika Slovenija. Ministrstvo za okolje in prostor. Geodetska uprava Republike Slovenije. 2015.

<http://www.e-prostor.gov.si/>

(Pridobljeno 20. 4. 2015.)

Kyoto Electronics Manufacturing Co., LTD.. 2015.

<http://www.kyoto-kem.com/en/learn/sensor/>

(Pridobljeno 29. 10. 2015.)

Manualslib.The ultimate manuals libary. 2015.

<http://www.manualslib.com/manual/571613/Mitsubishi-Msz-Ge60va.html#manual>

(Pridobljeno 12. 8. 2015.)

Medved S., 2010. Gradbena fizika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo: 320 str.

Novak, D. 2012. Študija potresne ranljivosti starega mestnega jedra Ljubljane. Diplomaska naloga.

Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Novak): 81 str.

Okoljsko primerna zasnova aparatov, ki rabijo energijo. EUR-Lex. 2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=uriserv:en0018>

(Pridobljeno 10. 9. 2015.)

Popović, M. 2009. Trajnostni pristop k utrditvi zidanih stavb. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Popović): 128 str.

Program URSA Gradbena fizika 4.0. Verzija 4.0 – 2.27. RAISA računalniški inženiring, Metod Saje s.p. v sodelovanju z URSA Slovenija d.o.o. 2015.

Program SketchUp. Verzija 14.0.4900. Trimble Navigation Limited. 2014

PURES 2010. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52-2856/2010: 7840.

Republika Slovenija. Ministrstvo za infrastrukturo. Portal energetika. 2015.

<http://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/energetske-izkaznice-stavb/>

(Pridobljeno 1. 8. 2015.)

Republika Slovenija. Ministrstvo za obrambo. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. 2015.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2007/319.pdf>

(Pridobljeno 20. 6. 2015.)

Republika Slovenija. Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2015.

<http://www.arso.gov.si/potresi/>

(Pridobljeno 18. 5. 2015.)

Roletarstvo Medle. 2015.

<http://www.medle.si/domov>

(Pridobljeno 29. 11. 2015.)

Sevšek, M. 2011. Ocena potresne ranljivosti stavb v Posočju z analizo lokalnih mehanizmov porušitve. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Sevšek): 71 str.

Sporočilo Komisije – Energetska učinkovitost: doseganje cilja 20-odstotnega deleža. EUR-Lex. 2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=celex:52008DC0772>

(Pridobljeno 10. 9. 2015.)

Šijanec Zavrl, M., Tomšič, M. 1999. Energetsko učinkovita zasteklitev in okna. Ljubljana, FEMOPET Slovenija: 26 str.

Tehnične zahteve za gradbeno fiziko oken. 2015.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT379.htm>

(Pridobljeno 23. 10. 2015.)

Tomažević, M. 2009. Potresno odporne zidane stavbe. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 301 str.

TSG-1-004:2010. Tehnična smernica. Učinkovita raba energije. 2010.

Republika Slovenija. Ministrstvo za okolje in prostor: 106 str.

Vedež. DZS. 2015.

<http://vedez.dzs.si/datoteke/tektonika.pdf>

(Pridobljeno 18. 5. 2015.)

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1-UPB1) (uradno prečiščeno besedilo). 2004.

<http://www.uradni->

[list.si/1/content?id=51265&part=u&highlight=zakon+o+graditvi+objektov#!/Zakon-o-graditvi-objektov-%28uradno-precisceno-besedilo%29-%28ZGO-1-UPB1%29](http://www.uradni-list.si/1/content?id=51265&part=u&highlight=zakon+o+graditvi+objektov#!/Zakon-o-graditvi-objektov-%28uradno-precisceno-besedilo%29-%28ZGO-1-UPB1%29)

(Pridobljeno dne 23. 10. 2015.)

Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije. Območna enota Kranj. 2008.

http://giskd2s.situla.org/evrdd/SZ/eVRD_SZ_Kranj_2008_02_00.pdf

(Pridobljeno 16. 7. 2015.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: POPIS POSTAVK SANACIJE

PRILOGA B: ARHITEKTURNI NAČRTI

PRILOGA C: OSNUTEK RAČUNSKE ENERGETSKE IZKAZNICE

PRILOGA A: POPIS POSTAVK SANACIJE

postavka	opis dela	enota	cena/enota	količina	strošek
1.	Dobava in postavitve cestne signalizacije v primeru, da so odri ob cesti, znaki, utripajoča luč, najemnina, obračun po komadu; ocena	kom	160,23 EUR	1	160,23 EUR
2.	Montaža in demontaža fasadnih odrov, naprava podstavka, vsa pomožna dela na gradbišču, obračun po kvadratnem metru; višina nad 10 m ¹	m ²	9,20 EUR	577,50	5.312,97 EUR
3.	Montaža in demontaža zaščitne mrežice na fasadnih odrih, vsa pomožna dela na gradbišču, obračun po kvadratnem metru	m ²	2,06 EUR	577,50	1.189,64 EUR
4.	Odstranitev podbojev ali okvirjev vrat in odvoz na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po kom	kom	12,82 EUR	6,00	76,92 EUR
5.	Rušenje predelnih sten debeline do 20 cm v celoti, z odstranjevanjem ruševin na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po kvadratnem metru	m ²	9,10 EUR	103,39	940,85 EUR
6.	Rušenje predelnih sten debeline 20 cm do višine 1m (pod okni) na zahodnih in vzhodnih stenah sob s frčadami, z odstranjevanjem ruševin na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po kvadratnem metru	m ²	7,10 EUR	26,11	185,38 EUR
7.	Odstranitev oblog: linolej in ladijski pod ter odvoz na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po m ²	m ²	5,76 EUR	220,45	1.269,79 EUR

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice s popisom postavk

8.	Odstranitev gramoznega nasipa v talni konstrukciji mansarde deb. do 5 cm in odvoz na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po m ²	m ²	4,76 EUR	243,27	1.157,97 EUR
9.	Vgradnja jeklenih rebrastih sider Φ 14 mm, dolžine 150 cm v obodne zidove objekta za njihovo povezavo z novimi armiranobetonskimi ploščami oz. ojačilnimi estrihi, s predhodnim prevrtavanjem zidov, montažo sidrnih plošč, vsi transporti in pomožna dela, obračun po kom.	kom	41,98 EUR	8	335,84 EUR
10.	Vgradnja jeklenih rebrastih sider Φ 14 mm in dolžine 150 do 200 cm preko notranjih nosilnih zidov v višini novih armiranobetonskih plošč oziroma ojačilnih estrihov, predhodno prevrtavanjem zidov, vsi transporti in pomožna dela, obračun po komadu	kom	11,81 EUR	12	141,72 EUR
11.	Izvedba cem. estriha debeline 4 do 6 cm, zaribane površine, estrih armiran z mrežno armaturo Q 169, predhodno čiščenje podlage, prenosi in vsa pomožna dela, obračun po m ²	m ²	16,02 EUR	243,27	3.897,19 EUR
12.	Krpanje fasadnega ometa z grobo in fino podaljšano cementno malto 1:2:6, predhodni obrizg s cementno malto 1:3, naprava malt, prenosi in vsa pomožna dela na objektu, obračun po m ²	m ²	30,08 EUR	1,00	30,08 EUR
13.	Demontaža obstoječega stavbnega pohištva in zunanjih okenskih polic, brez oken v frčadah in vrat v restavratske delavnice	kos	1.595,63 EUR	1	1.595,63 EUR
14.	Odvoz starih okenskih elementov	kos	613,60 EUR	1	613,60 EUR
15.	Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm, dolžine 2000 mm s stranskimi zaključki in odkapnim robom višine 25 mm	kos	33,60 EUR	14	470,40 EUR

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice s popisom postavk

16.	Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm, dolžine 2350 mm s stranskimi zaključki in odkapnim robom višine 25 mm	kos	44,52 EUR	4	178,08 EUR
17.	Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm, dolžine 1450 mm s stranskimi zaključki in odkapnim robom višine 25 mm	kos	24,36 EUR	5	121,80 EUR
18.	Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm, dolžine 2150 mm s stranskimi zaključki in odkapnim robom višine 25 mm	kos	36,12 EUR	1	36,12 EUR
19.	Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm, dolžine 2550 mm s stranskimi zaključki in odkapnim robom višine 25 mm	kos	42,84 EUR	5	214,20 EUR
20.	Dobava in vgradnja aluminijastih okenskih polic razvite širine 200 mm, dolžine 2600 mm s stranskimi zaključki in odkapnim robom višine 25 mm	kos	43,68 EUR	5	218,40 EUR
21.	Dobava oken z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem, po detajlu obstoječih oken, zunanjih dimenzij 2,35m x 2,20m	kos	2.332,94 EUR	4	9.331,76 EUR
22.	Dobava oken z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem, po detajlu obstoječih oken, zunanjih dimenzij 2,15m x 2,20m	kos	2.289,71 EUR	1	2.289,71 EUR
23.	Dobava oken z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem, po detajlu obstoječih oken, zunanjih dimenzij 1,45m x 2,20m	kos	1.999,36 EUR	5	9.996,80 EUR

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice s popisom postavk

24.	Dobava oken z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem, po detajlu obstoječih oken, zunanjih dimenzij 2,55m x 2,20m	kos	2.910,79 EUR	5	14.553,95 EUR
25.	Dobava oken z lesenim okvirjem in trislojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem, po detajlu obstoječih oken, zunanjih dimenzij 2,60m x 2,20m	kos	3.121,85 EUR	5	15.609,25 EUR
26.	Montaža oken	kos	1.810,12 EUR	1	1.810,12 EUR
27.	Izdelava podzidka fasade višine 1m iz ekstrudiranega polistirena debeline 12 cm, s predhodnim čiščenjem in nanosom emulzije, s sidranjem in dvakratnim nanosom fasadnega lepila z fasadno alkalno mrežico, osnovnim premazom za izravnavo vpojnosti in zaključnim slojem (dekorativni omet - npr. Kulirplast), po izbiri investitorja	m ²	46,00 EUR	83,00	3.818,00 EUR
28.	Izdelava fasade iz mineralne volne debeline 12 cm, s predhodnim čiščenjem obstoječe fasade in nanosom emulzije, s sidranjem in dvakratnim nanosom fasadnega lepila z alkalno mrežico, osnovnim premazom za izravnavo vpojnosti in zaključnim slojem - mineralni zariban omet, po izbiri investitorja	m ²	45,50 EUR	782,00	35.581,00 EUR
29.	Montaža zunanjih žaluzij na okna vzhodne fasade starega dela objekta in na južno fasado dvorišnega prizidka (vse žaluzije)	kos	1.249,16 EUR	1,0	1.249,16 EUR
30.	Polaganje mineralne volne debeline 18 cm na tla podstrešja v dvorišnem prizidku	m ²	19,50 EUR	122,00	2.379,00 EUR
31.	Polaganje mineralne volne debeline 18 cm v talno konstrukcijo mansarde v starem delu objekta	m ²	26,50 EUR	243,27	6.446,66 EUR

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice s popisom postavk

32.	Izdelava predelnih sten debeline 10,0 cm v sestavi: mavčnokartonske plošče deb. 1,25 cm, kovinski profili šir. 7,5 cm, mineralna volna (50 kg/m ³) deb. 5,0 cm (ali material z enakimi lastnostmi) in mavčnokartonske plošče deb. 1,25 cm, obračun po kvadratnem metru	m ²	29,07 EUR	26,11	759,02 EUR
33.	Izdelava poda ali stropa iz desk (enostransko skoblanih) deb. 24 mm (pribijanje na stropnike), vključeno: material, prenosilni ter vsa pomožna dela, obračun po kvadratnem metru	m ²	21,52 EUR	230,22	4.954,33 EUR
34.	Dobava, montaža in zagon kotla skupaj s samodejno dozirno napravo ter zalogovnikom (z odstranitvijo obstoječega kotla in cistern za kurilno olje ter odvoz na deponijo)	kos	40.000,00 EUR	1,00	40.000,00 EUR

skupaj: 166.925,57 EUR

PRILOGA B: ARHITEKTURNI NAČRTI

List 0.1: Tloris pritličja

List 0.2: Tloris 1. nadstropja

List 0.3: Tloris 2. nadstropja

List 1: Tloris mansarde

List 2: Prerez A-A, obstoječe

List 3: Prerez B-B, obstoječe

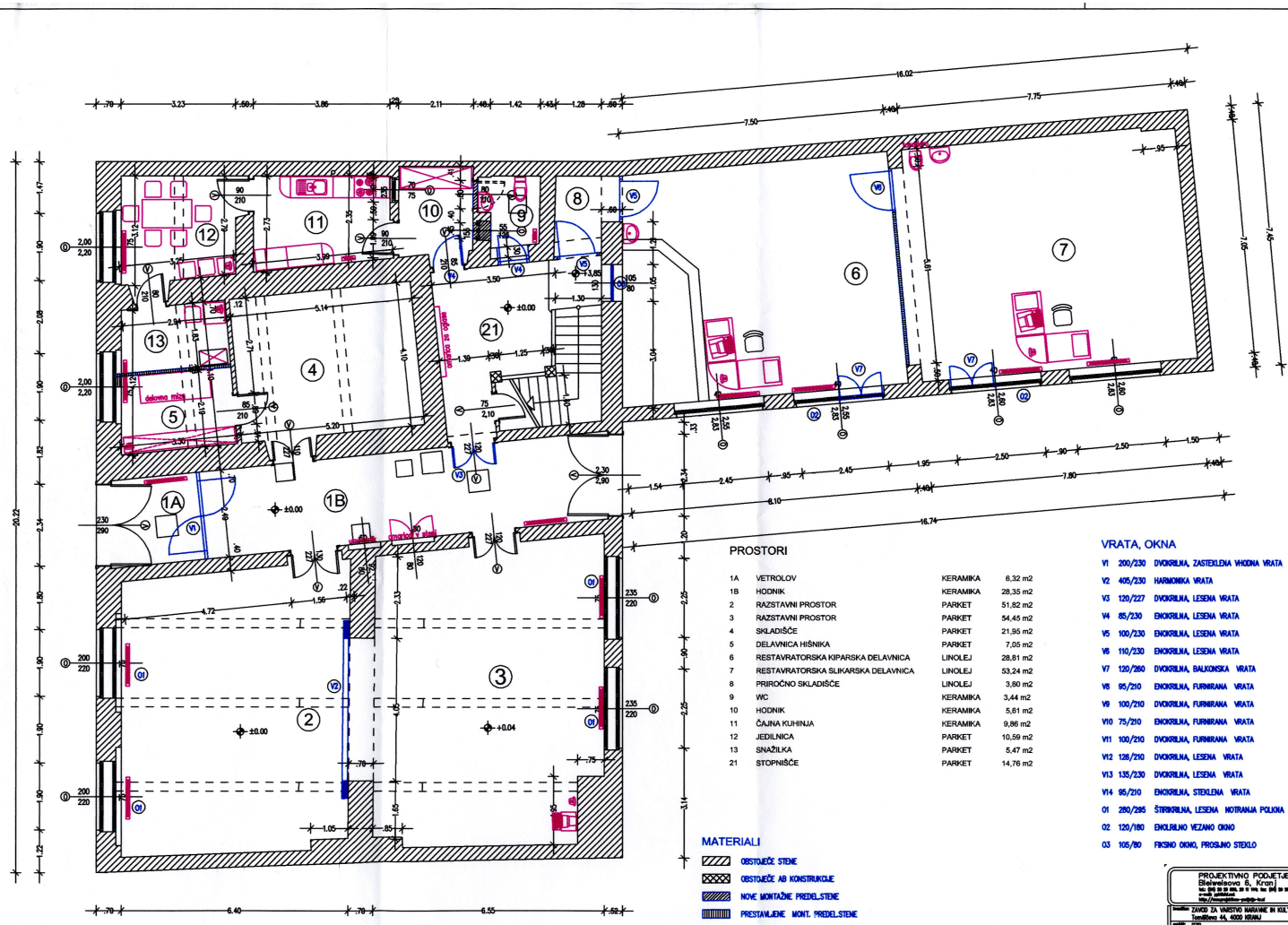
List 4: Prečni prerez prizidka, obstoječe

List 5: Rušitve sten

List 6: Vgradnja estriha in sider

List 7: Območje izvedbe pohodnega sloja

List 8: Detajl vgradnje sidra



PROSTORI

1A	VETROLOV	KERAMIKA	6,32 m ²
1B	HODNIK	KERAMIKA	28,35 m ²
2	RAZSTAVNI PROSTOR	PARKET	51,82 m ²
3	RAZSTAVNI PROSTOR	PARKET	54,45 m ²
4	SKLADIŠČE	PARKET	21,95 m ²
5	DELAVNICA HIŠNIKA	PARKET	7,05 m ²
6	RESTAVRATORSKA KIPARSKA DELAVNICA	LINOLEJ	26,81 m ²
7	RESTAVRATORSKA SILKARSKA DELAVNICA	LINOLEJ	53,24 m ²
8	PRIBOČNO SKLADIŠČE	LINOLEJ	3,80 m ²
9	WC	KERAMIKA	3,44 m ²
10	HODNIK	KERAMIKA	5,61 m ²
11	ČAJNA KUHINJA	KERAMIKA	9,86 m ²
12	JEDILNICA	PARKET	10,59 m ²
13	SNAZILKA	PARKET	5,47 m ²
21	STOPNIŠČE	PARKET	14,76 m ²

VRATA, OKNA

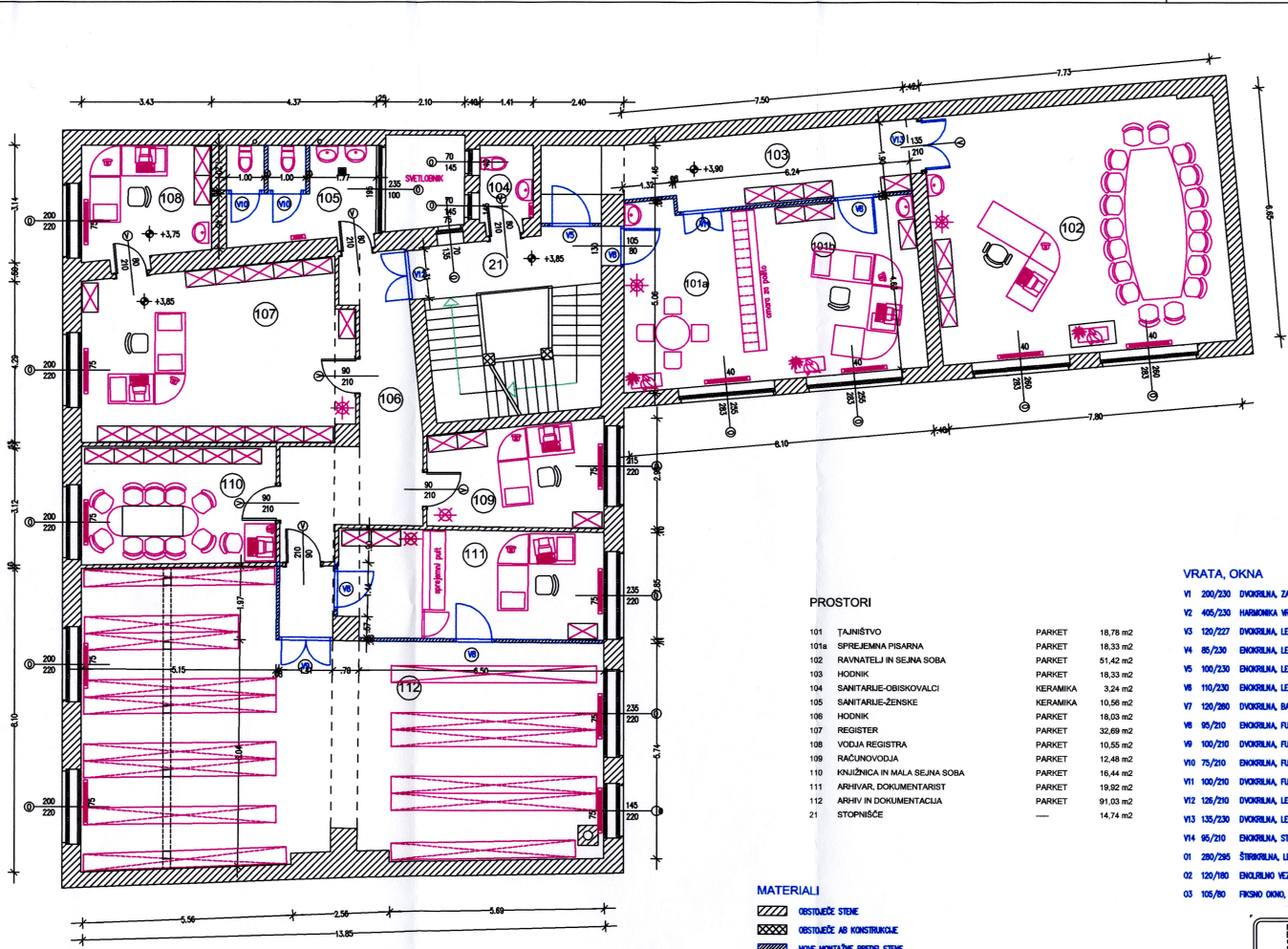
V1	200/230	DVOKRILNA, ZASTERLENA VODNA VRATA	1 KOS
V2	405/230	HARMONIKA VRATA	1 KOS
V3	120/227	DVOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V4	85/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	2 KOS
V5	100/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	4 KOS
V6	110/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V7	120/260	DVOKRILNA, BALKONSKA VRATA	2 KOS
V8	85/210	ENOKRILNA, FURNIRANA VRATA	7 KOS
V9	100/210	DVOKRILNA, FURNIRANA VRATA	1 KOS
V10	75/210	ENOKRILNA, FURNIRANA VRATA	5 KOS
V11	100/210	DVOKRILNA, FURNIRANA VRATA	4 KOS
V12	126/210	DVOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V13	135/230	DVOKRILNA, LESENA VRATA	2 KOS
V14	85/210	ENOKRILNA, STEKLENA VRATA	1KOS
O1	280/285	ŠTRIKRILNA, LESENA NOTRANJA POLKONA	4 KOS
O2	120/180	ENOKRILNO HEZAVO OKNO	2 KOS
O3	105/80	FIKSNO OKNO, PROSLANO STEKLO	1 KOS

MATERIALI

- OSTALOJE STENE
- OSTALOJE AB KONSTRUKCJE
- NOVE MONTAŽNE PREDDELSTVE
- PRESTAVLENE MONT. PREDDELSTVE
- RUŠENJA, OSTRANENJE

VSE MERE JE POTREBNO KONTROLIRATI NA MESTU SAMEMI

PROJEKTIVNO PODJETJE KRANJI Družinskega B. 10011 1000 Ljubljana, Slovenija Tel: +386 (0)1 4220 8200		Izdani št. 0387 Datum izdaje: 07. 10. 2008
NALOŽNIK: ZAVRŽ ZA VARNOSTNOSTNE IN KILNENE REŠBE Projekt: 728		
VRSTA DELA: UREDITVENA DELA V STAVBI TOMŠČEVA 7 IZKUSNI PROJEKTANT:		Škale: 1:50
Narišal:	Preveril:	Datum:
Datum: avgust, 2008	P-4227	Str. 1



PROSTORI

101	TANIŠTVO	PARKET	18,78 m ²
101a	SPREJEMNA PISARNA	PARKET	18,33 m ²
102	RAVNAATELJ IN SEJNA SOBA	PARKET	51,42 m ²
103	HOODNIK	PARKET	18,33 m ²
104	SANITARJUS-OBISKOVALCI	KERAMIKA	3,24 m ²
105	SANITARJUS-ZENSKE	KERAMIKA	10,56 m ²
106	HOODNIK	PARKET	18,03 m ²
107	REGISTER	PARKET	32,69 m ²
108	VOĐJA REGISTRA	PARKET	10,55 m ²
109	RAČUNOVODJA	PARKET	12,48 m ²
110	KNJIŽNICA IN MALA SEJNA SOBA	PARKET	16,44 m ²
111	ARHIVAR, DOKUMENTARIST	PARKET	19,92 m ²
112	ARHIV IN DOKUMENTACIJA	PARKET	91,03 m ²
21	STOPNIŠČE	—	14,74 m ²

VRATA, OKNA

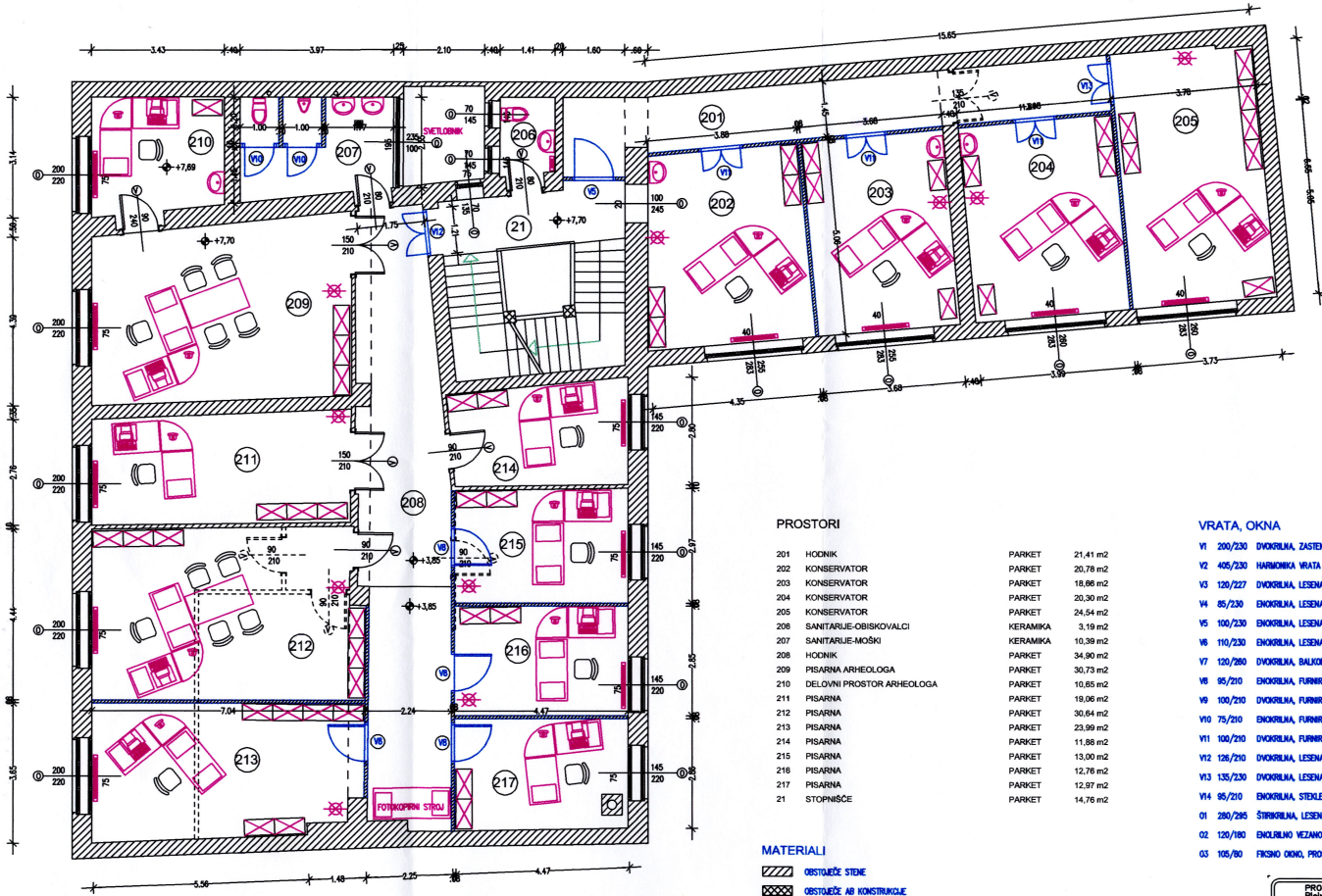
V1	200/230	DVOKRILNA, ZASTELENA VOKRVA VRATA	1 KOS
V2	405/230	HARMONIKA VRATA	1 KOS
V3	120/227	DVOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V4	85/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	2 KOS
V5	100/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	4 KOS
V6	110/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V7	120/280	DVOKRILNA, BALKONSKA VRATA	2 KOS
V8	85/210	ENOKRILNA, FURNIRANA VRATA	7 KOS
V9	100/210	DVOKRILNA, FURNIRANA VRATA	1 KOS
V10	75/210	ENOKRILNA, FURNIRANA VRATA	5 KOS
V11	100/210	DVOKRILNA, FURNIRANA VRATA	4 KOS
V12	128/210	DVOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V13	135/230	DVOKRILNA, LESENA VRATA	2 KOS
V14	85/210	ENOKRILNA, STEKLENA VRATA	1KOS
O1	280/285	ŠTIRIKRILNA, LESENA NOTRANJA POLKNA	4 KOS
O2	120/180	ENKURILNO VEZANO OKNO	2 KOS
O3	105/80	FIGURNO OKNO, PROSLANO STEKLO	1 KOS

MATERIALI

- OBSTOJEČE STENE
- OBSTOJEČE AB KONSTRUKCIJE
- NOVE MONTAŽNE PREDELNE STENE
- PRESTAVLJENE MONT. PREDELNE STENE
- RUŠENO, ODSTRANJENO

VSE MERE JE POTREBNO KONTROLIRATI NA MESTU SAMI!

PROJEKTIVNO PODJETJE KRANJ Obševičeva ul. 6, Kranj Tel: 04 24 34 11 11, Fax: 04 24 34 11 20 www.kranj.si		Izpolnil: Andrej Čadež Datum: 07. 10. 2001
Namen: SKLEPI ZA VARNOST VARNOSTNE IN KULTURNE VEŠČINE Projekt: P22		
Predmet: UREDITVENA DELA V STAVBI TOMŠČEVA 7 ILOKIS I MAJSTROVSKA Skala: 1:50		
Načrt: arhitekturni načrt Datum: 07. 10. 2001	Projektant: Andrej Čadež Datum: 07. 10. 2001	Izpolnil: Andrej Čadež Datum: 07. 10. 2001
Datum: avgust, 2001 Izpolnil: P-8227	Skala: 1:50	List št.: 2 Iz k. št.: 00000000



PROSTORI

201	HOCNIK	PARKET	21,41 m ²
202	KONSERVATOR	PARKET	20,78 m ²
203	KONSERVATOR	PARKET	18,86 m ²
204	KONSERVATOR	PARKET	20,30 m ²
205	KONSERVATOR	PARKET	24,54 m ²
206	SANITARIJE-OBISKOVALCI	KERAMIKA	3,19 m ²
207	SANITARIJE-MOŠKI	KERAMIKA	10,39 m ²
208	HOCNIK	PARKET	34,90 m ²
209	PISARNA ARHEOLOGA	PARKET	30,73 m ²
210	DELOVNI PROSTOR ARHEOLOGA	PARKET	10,85 m ²
211	PISARNA	PARKET	19,06 m ²
212	PISARNA	PARKET	30,64 m ²
213	PISARNA	PARKET	23,99 m ²
214	PISARNA	PARKET	11,86 m ²
215	PISARNA	PARKET	13,00 m ²
216	PISARNA	PARKET	12,76 m ²
217	PISARNA	PARKET	12,97 m ²
21	STOPNIŠČE	PARKET	14,76 m ²

VRATA, OKNA

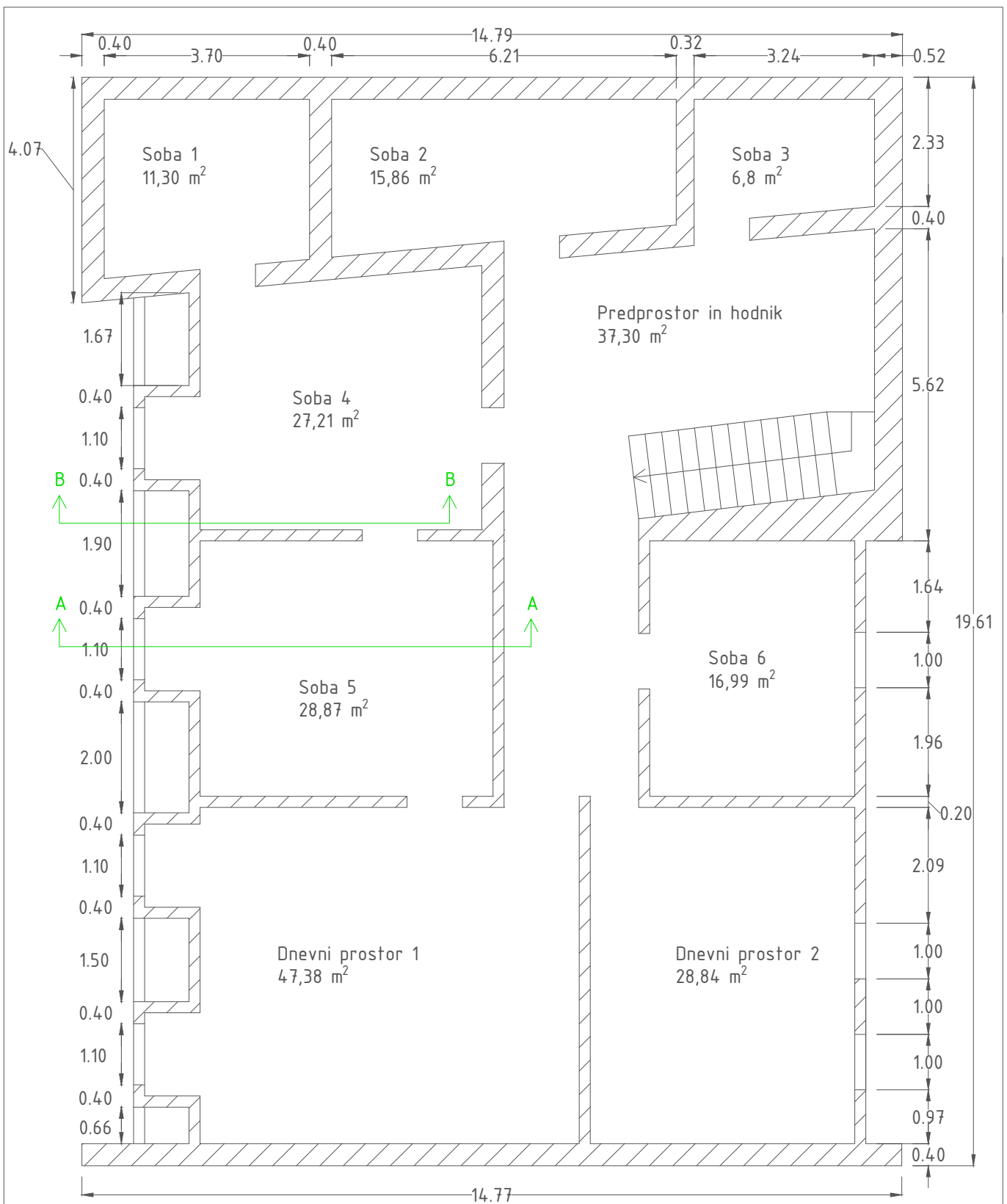
V1	200/230	DVOKRILNA, ZASTEJENA VODNA VRATA	1 KOS
V2	405/230	HARMONIKA VRATA	1 KOS
V3	120/227	ENOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V4	85/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	2 KOS
V5	100/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	4 KOS
V6	110/230	ENOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V7	120/280	DVOKRILNA, BALKONSKA VRATA	2 KOS
V8	95/210	ENOKRILNA, FURNIRANA VRATA	7 KOS
V9	100/210	DVOKRILNA, FURNIRANA VRATA	1 KOS
V10	75/210	ENOKRILNA, FURNIRANA VRATA	5 KOS
V11	100/210	DVOKRILNA, FURNIRANA VRATA	4 KOS
V12	126/210	DVOKRILNA, LESENA VRATA	1 KOS
V13	135/230	DVOKRILNA, LESENA VRATA	2 KOS
V14	95/210	ENOKRILNA, STEKLJENA VRATA	1KOS
O1	280/285	ŠTIRKRALNA, LESENA NOTRANJA POLJNA	4 KOS
O2	120/180	ENGLJSKO VEZANO OKNO	2 KOS
O3	105/80	FRISKO OKNO, PROSLJNO STEKLO	1 KOS

MATERIALI

- OBSTAJEČE STENE
- OBSTAJEČE AB KONSTRUKCIJE
- NOVE MONTAŽNE PREDEL-STENE
- PRESTAVLJENE MONT. PREDEL-STENE
- RUŠENO, ODSTRANJENO

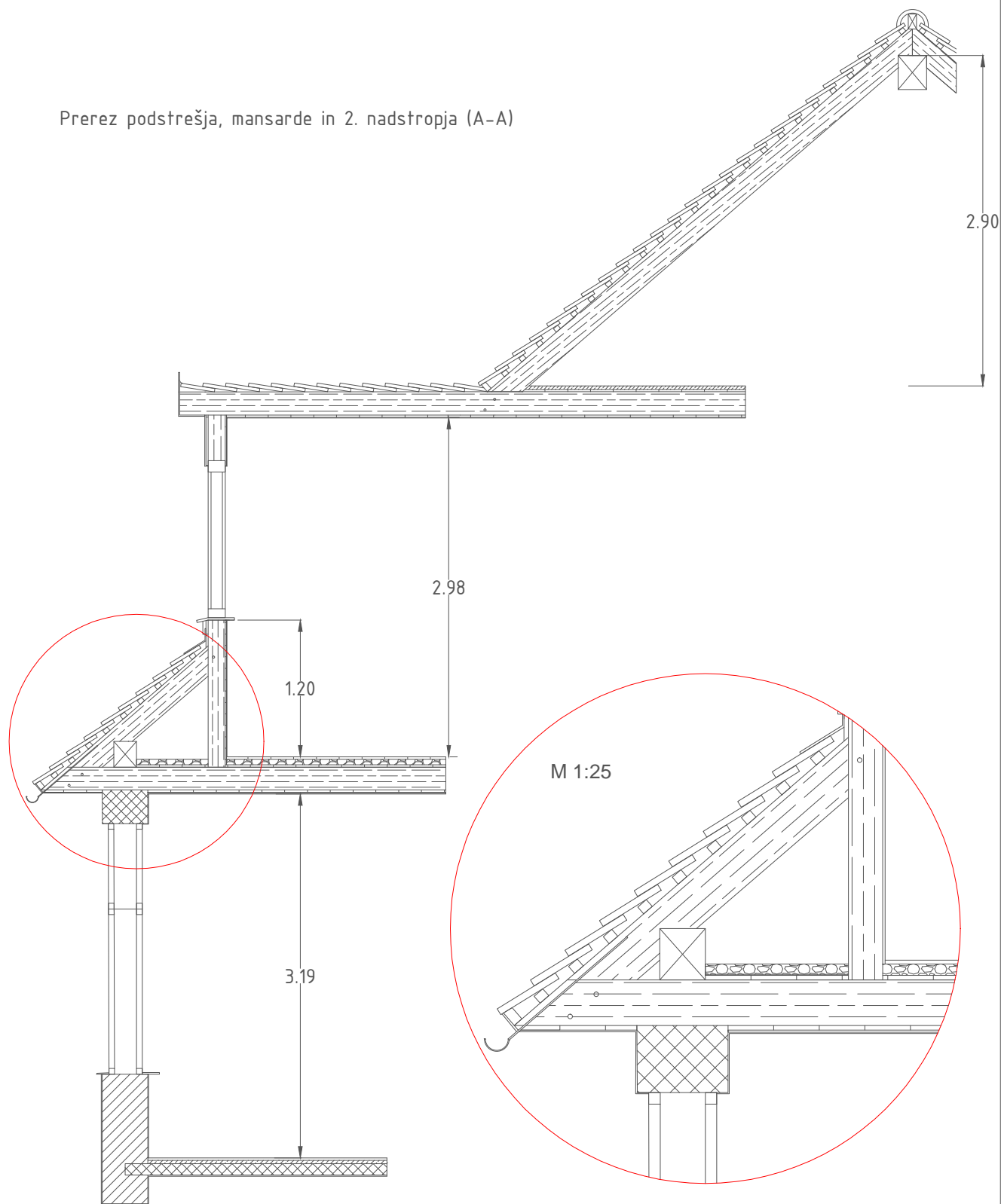
VE MERE JE POTREBNO KONTROLIRATI NA MESTU SAMEMI

PROJEKTIVNO PODJETJE KRANA Štefaničeva 5, 1000 Lj Tel: 01 42 22 11 11, 01 42 22 11 12 Fax: 01 42 22 11 13 E-mail: info@krana.si Web: www.krana.si		Izdajatelj: CRS Datum: 07. 10. 2001
ZAVRŠNO ZA VARNOSTNA MERILA NA NEKULturne DOKUMENTE		
Projekt: UREDNIŠKA DELA V STAVBI TOMŠČEVA 7 Tloris 2. nadstropja		
Mera: 1:50		
Naloga: URADNO	Vrsta: PROJEKT	Datum: 07. 10. 2001
Projektant: CRS	Izvedba: CRS	Datum: 07. 10. 2001
Datum: 07. 10. 2001	K. št.: 7-6227	Str. št.: 3



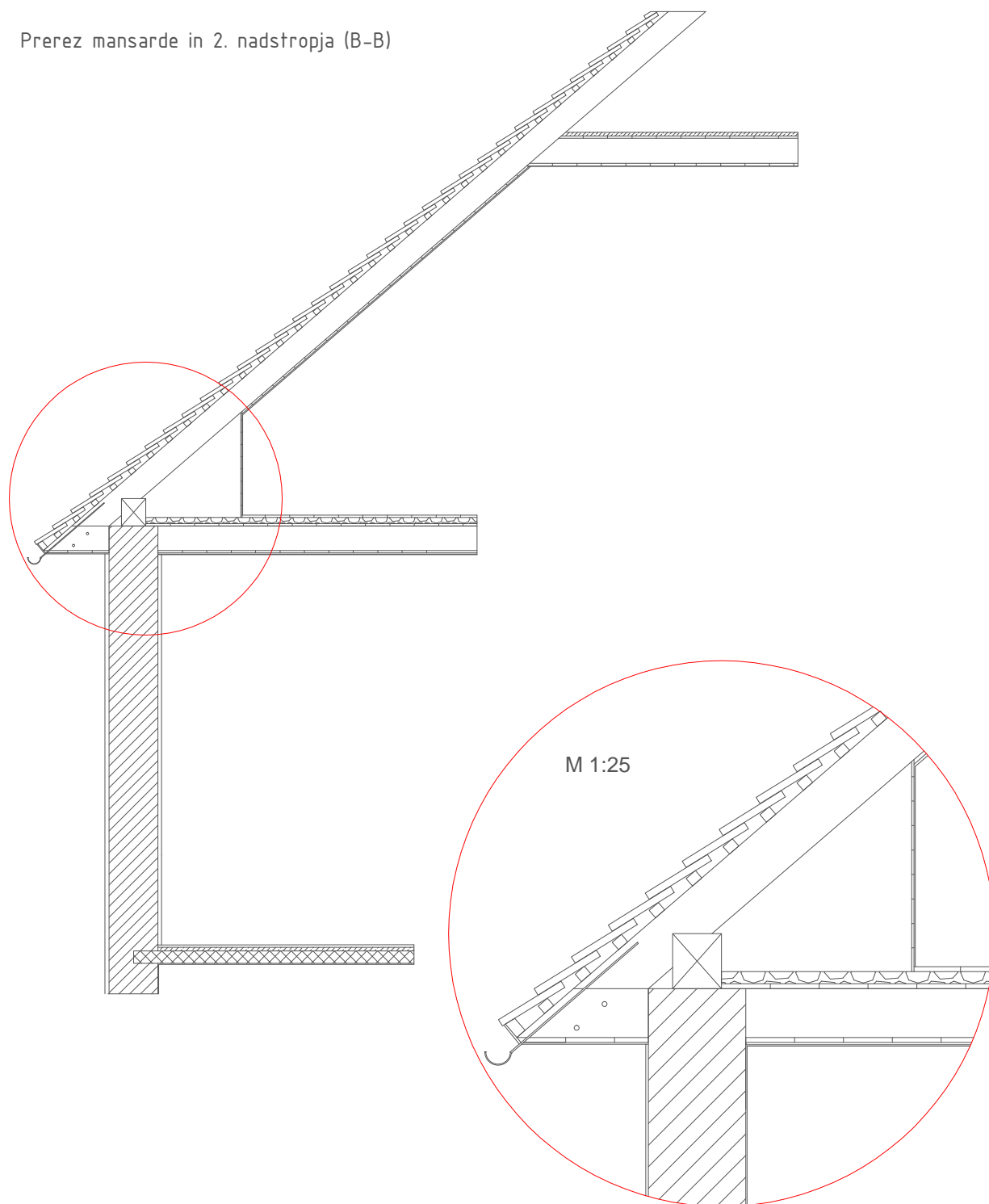
Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Tloris mansarde	Merilo: 1:100
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 1

Prerez podstrešja, mansarde in 2. nadstropja (A-A)

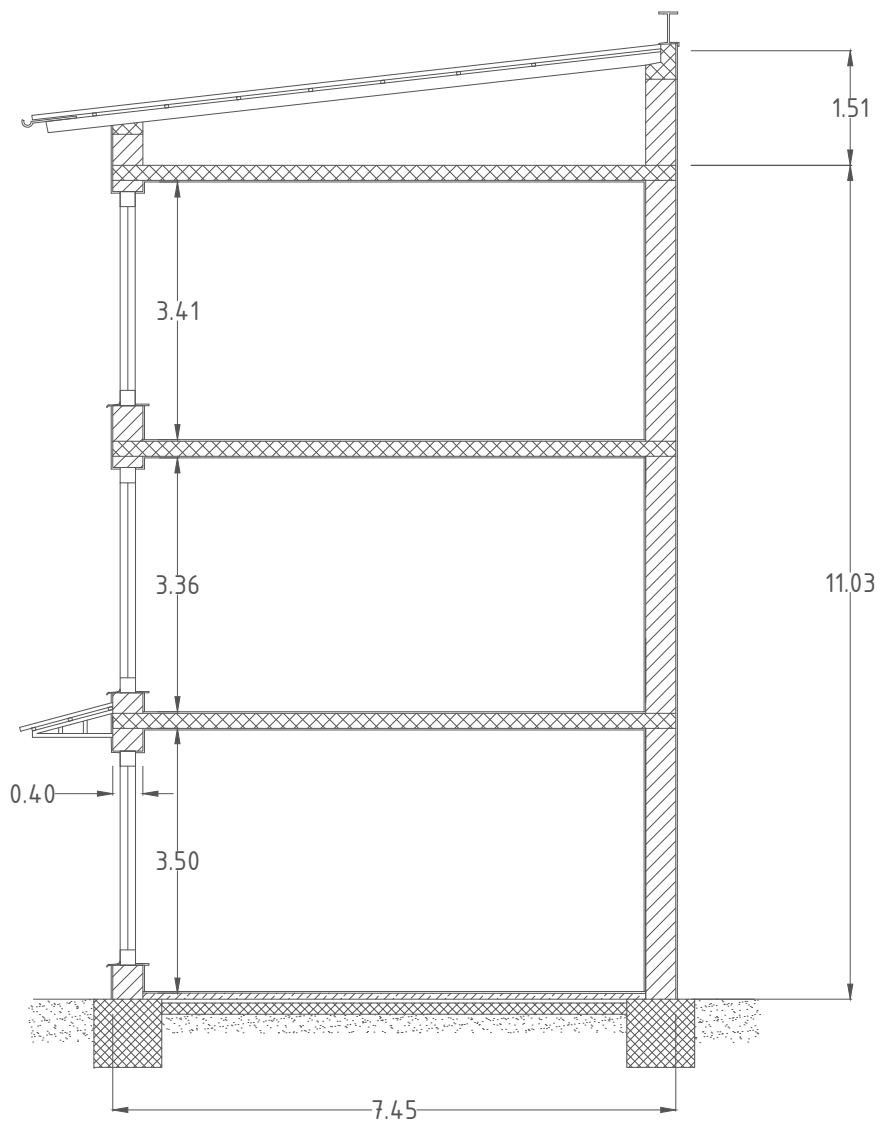


Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Prerez A-A, obstoječe	Merilo: 1:50
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 2

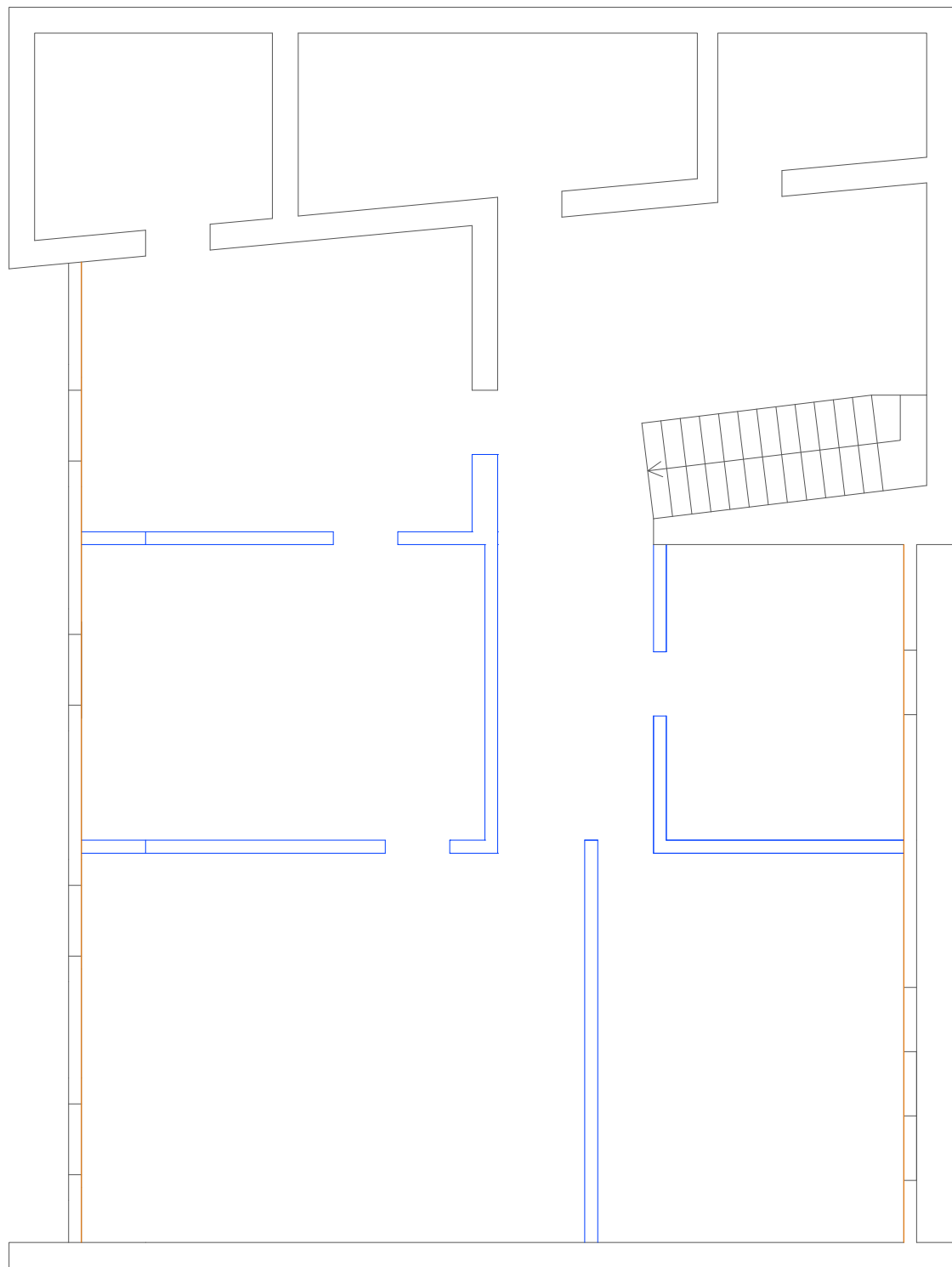
Prerez mansarde in 2. nadstropja (B-B)



Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Prerez B-B, obstoječe	Merilo: 1:50
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 3



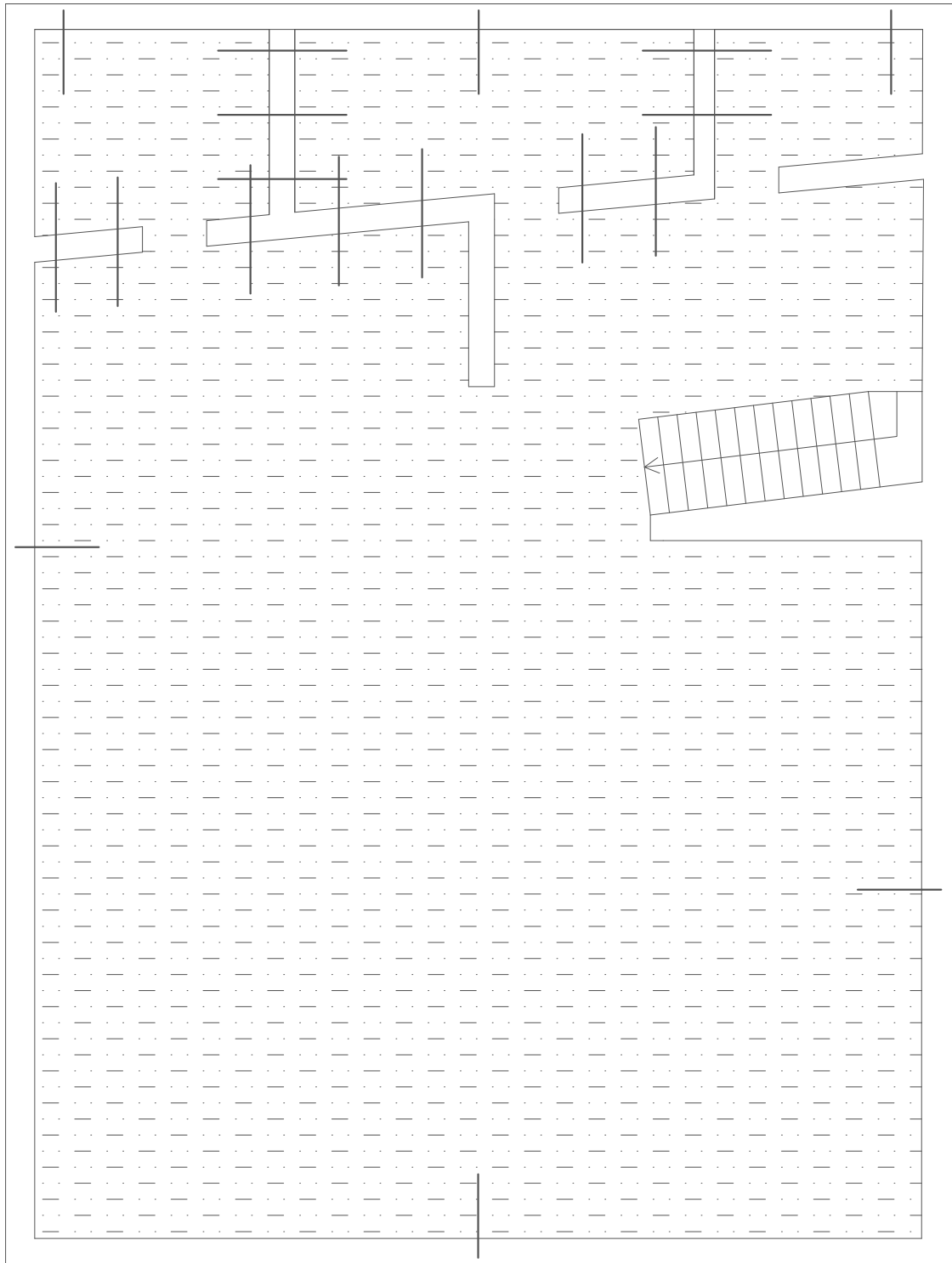
Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Prečni prerez prizidka	Merilo: 1:100
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 4



— Rušitev obstoječih predelnih sten do višine okna (1,00 m)

— Rušitev obstoječih sten predelnih sten v celoti

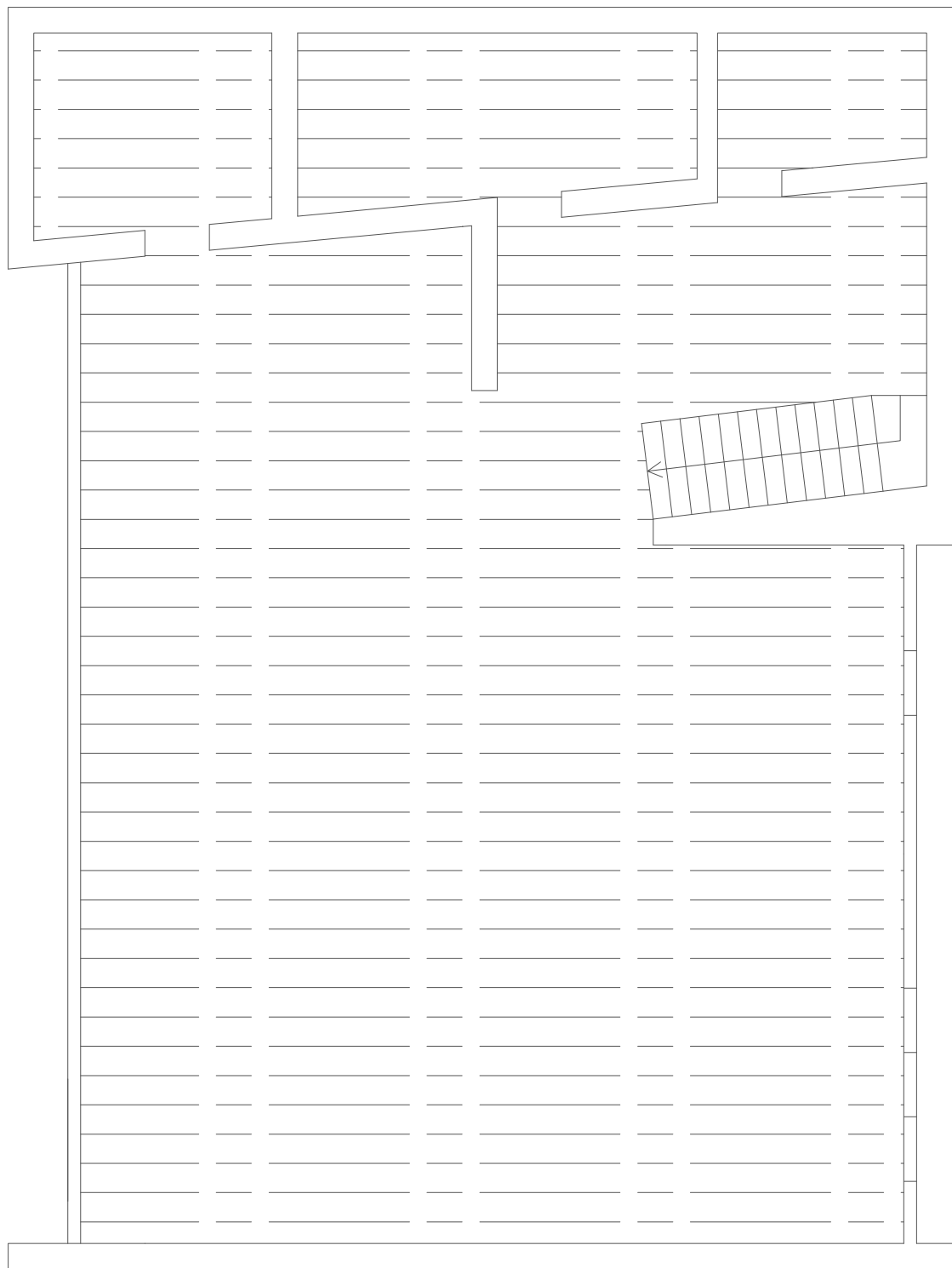
Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Rušitve predelnih sten	Merilo: 1:100
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 5



Območje odstranitve nasutja ter vgradnje armiranega cementnega estriha in toplotne izolacije.

— Položaj vgradnje sider

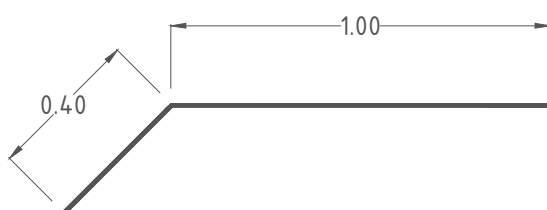
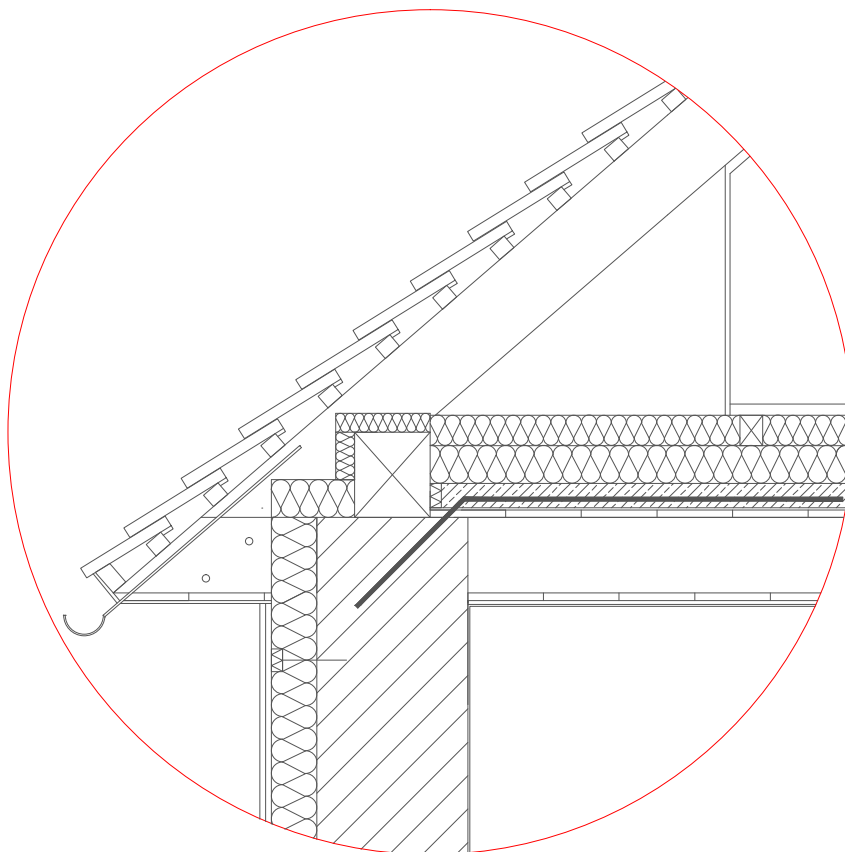
Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Območje vgradnje estriha in toplotne izolacije	Merilo: 1:100
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 6



Območje vgradnje pohodnega zaključnega sloja.

Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Območje izvedbe pohodnega sloja	Merilo: 1:100
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 7

Detajl vgradnje sidra in stika toplotne izolacije fasade in stropa 2. nadstropja - prerez B-B



Oznaka:	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Tomšičeva ulica 7, Kranj			Načrt: 1_1	
Številka projekta: 000-000-000-001	Izdelal: Janez Melink	Datum izdelave: 20. 11. 2015	Del objekta: Detajl vgradnje sidra	Merilo: 1:20
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 8

PRILOGA C: OSNUTEK RAČUNSKE ENERGETSKE IZKAZNICE

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice: Velja do: **9.9.2025**

Identifikacijska oznaka stavbe, posameznega dela ali delov stavbe: **Tomšičeva ulica 7**

Klasifikacija stavbe: **12203 Druge upravne in pisarniške stavbe**
Leto izgradnje: **1890**

Naslov stavbe: **KRANJ**
Tomšičeva ulica 7, Kranj

Kondicionirana površina stavbe A_k (m^2): **1.006,47**
Parcelna št.: **222**
Katastrska občina: **KRANJ**

Vrsta izkaznice: računska

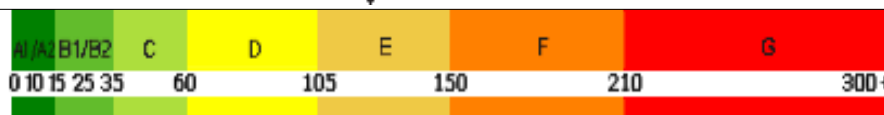
Vrsta stavbe: **nestanovanjska stavba**
Naziv stavbe: **Tomšičeva ulica 7**

fotografija stavbe (obvezno vstaviti)



Potrebna toplota za ogrevanje

Razred: **E** 127,415 kWh/m²



Dovedena energija za delovanje stavbe

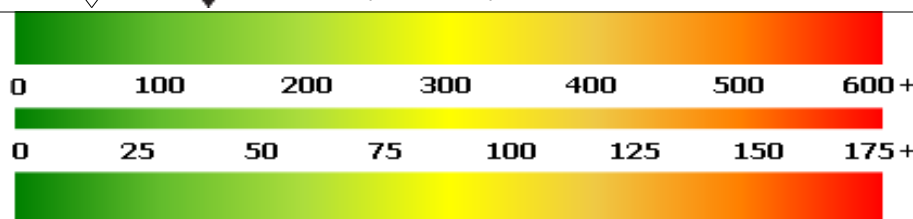
150,842 kWh/m²



Primarna energija in Emisija CO₂

135,180 kWh/m²

SKORAJ NI ENERGIJSKA STAVBA (55,000 kWh/m²a)



32,015 kg/m²a

Izdajatelj

()
Ime in podpis odgovorne osebe:

Datum izdaje: 10.09.2015

Izdelovalec

Janez Melink ()
Ime in podpis:
Janez Melink
Datum izdaje: 10.09.2015

Izdelovalec te energetske izkaznice s podpisom potrjuje, da ne obstaja katera od okoliščin iz Energetskega zakona (Ur.list RS 17/14), ki bi mi preprečevala izdelavo energetske izkaznice.

Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavbe in z Energetskim zakonom (Ur.list RS 17/14).

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice: Velja do: **9.9.2025**

Vrsta izkaznice: računska

Vrsta stavbe: **nestanovanjska stavba**

Podatki o velikosti stavbe

Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	4.846,95
Celotna zunanja površina stavbe A_e (m ²)	2.043,59
Faktor oblike $f_o = A/V_e$ (m ⁻¹)	0,42
Koordinati stavbe (X,Y)	X (N) = 121424, Y (E) = 450739

Klimatski podatki

Povprečna letna temperatura T_{pop}	9,3 °C
---------------------------------------	--------

Dovedena energija za delovanje stavbe

Dovedena energija za delovanje stavbe	Dovedena energija kWh/a	Dovedena energija kWh/m ² a	Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih (kWh/a)				
Gretje $Q_{f,h}$	144.136,58	143,21	<table><tr><td>ELKO</td><td>106.229,04</td></tr><tr><td>el. energija</td><td>7.681,13</td></tr></table> <p>■ 93,26 % ■ 6,74 %</p>	ELKO	106.229,04	el. energija	7.681,13
ELKO	106.229,04						
el. energija	7.681,13						
Hlajenje $Q_{f,c}$	5,79	0,01					
Prezračevanje $Q_{f,v}$	0,00	0,00					
Ovlaževanje $Q_{f,st}$	0,00	0,00					
Priprava tople vode $Q_{f,w}$	3.686,93	3,66					
Razsvetljava $Q_{f,l}$	3.774,26	3,75					
Električna energija $Q_{f,aux}$	214,16	0,21					
Skupaj dovedena energija za delovanje stavbe	151.817,71	150,84					

Obnovljiva energija porabljena na stavbi (kWh/a)	0,00
--	------

Primarna energija za delovanje stavbe (kWh/a)	136.054,78
Emisija CO ₂ (kg/a)	32.221,70

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice:

Velja do: **9.9.2025**

Priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti

Ukrepi za izboljšanje kakovosti ovoja stavbe

Toplotna zaščita zunanjih sten
Toplotna zaščita stropa proti podstrešju
Menjava oken

Ukrepi za povečanje izrabe obnovljivih virov energije

Ogrevanje na biomaso

Organizacijski ukrepi

Ugašanje luči, ko so prostori nezasedeni

Opozorilo

Nasveti so generični, oblikovani na podlagi ogleda stanja, rabe energije in izkušenj iz podobnih stavb.

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št.izkaznice:

Velja do: **9.9.2025**

Vrsta izkaznice: **računska**

Vrsta stavbe: **nestanovanjska stavba**

Komentar in posebni robni pogoji

Za objekt na naslovu Tomšičeva ulica 7 v Kranju je bila izdelana računska energetska izkaznica. Objekt je sestavljen iz starejšega dela, ki je bil zgrajen leta 1890, ter dvoriščnega prizidka iz leta 1977. Stari del objekta ima poleg treh nadstropij še mansardo ter podstrešje, prizidek je sestavljen iz treh nadstropij. V objektu so prostori Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije, enota Kranj. Prostore znotraj objekta se uporablja za pisarne, galerijo v pritličju ter delavnice za restavriranje.

Starejši del objekta je zgrajen iz kamna ter opeke. Pritličje je zgrajeno iz kamnitega zidu, višja nadstropja so iz opeke. Nosilni zidovi so različnih debelin velikosti od 0,40 m do 0,70 m in so toplotno neizolirani. Na severni in južni strani je del sten v stiku s sosednjima ogrevanima objektoma, zato za te stene predpostavimo adiabatne razmere prehoda toplote. Strešna konstrukcija je krita z opečnato kritino in je prav tako toplotno neizolirana. V ovoj stavbe so vgrajena starejša škatlasta okna z lesenim okvirjem. Na zahodni fasadi je bila zunanja enojna zasteklitev nekaterih oken zamenjana z dvoslojno zasteklitvijo s prekinjenim toplotnim mostom.

Dvoriščni prizidek je zgrajen iz opečnatih modularnih blokov ter pripadajočih zaključnih slojev brez toplotne izolacije s skupno debelino zidu 0,40 m. Objekt je krit s kritino iz vlakno cementnih plošč v predpisanem naklonu. Na stropni konstrukciji zadnjega nadstropja je vgrajen tanek sloj toplotne izolacije. Talna konstrukcija je toplotno neizolirana. V ovoj prizidka so vgrajena vezana okna z lesenim okvirjem ter dvoslojno zasteklitvijo brez plinskega polnjenja.

Za ogrevanje objekta služi vgrajen kotel na kurilno olje z nazivno močjo 290 kW, ki je bil v kotlovnico ob objektu nameščen leta 1991. Prostori so ogrevajo prek radiatorjev z ventili z vgrajeno termostatsko glavo, v galeriji je v talni konstrukciji vgrajen sistem talnega ogrevanja. V sanaciji v letu 2001 so poleg radiatorjev zamenjali tudi razvodni sistem. Nekateri prostori so opremljeni s klimatsko napravo »split« izvedbe, ki se uporablja po potrebi. Topla sanitarna voda se zagotavlja le v čajni kuhinji z delovanjem električnega akumulacijskega bojlerja s prostornino 100 litrov.

V sklopu investicijskih ukrepov v ovoj stavbe se predlaga vgradnja toplotne izolacije na vse zunanje zidove objekta. Smiselna je vgradnja toplotne izolacije debeline 12 cm s prevodnostjo 0,034 W/mK, da toplotna prehodnost sklopa ustreza zahtevam pravilnika PURES 2010. Glede na trenutno rabo objekta se priporoča vgradnja toplotne izolacije v debelini 18 cm na tla mansarde in na podstrešje prizidka, da se toplotne izgube proti neogrevanemu prostoru skozi medetažno konstrukcijo zmanjšajo. Ocenjena povratna doba ukrepa znaša pod 7. leti. Dodatno je smiselna zamenjava obstoječega energetske neučinkovitega stavbnega pohištva z okni z dvoslojno ali troslojno zasteklitvijo s plinskim polnjenjem. Vračilna doba zamenjave oken je v primerjavi z izolacijo fasade in stropa daljša, saj okna predstavljajo manjši del površine ovoja in zato prispevajo manjši delež h zmanjšanju toplotnih izgub. Našteti ukrepi v ovoj stavbe zmanjšajo transmisijske izgube, izboljšajo tesnjenje ovoja stavbe ter povečajo bivalno ugodje v objektu. Glede na večletni trend rasti cen obstoječega energenta in napovedi dodatnega poviševanja cen le tega je smiselna zamenjava vgrajenega kotla s kotlom na lesno biomaso in zalogovnikom s samodejnim doziranjem. S tem ukrepom bi se zagotovila tudi uporaba energenta v skladu z vizijo uporabe obnovljivih virov. Ocenjena vračilna doba ukrepa je pod 5. leti. V sklopu organizacijskih ukrepov se predlaga ugašanje luči v času nezasedenosti prostorov.