

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:

Intihar, T., 2015. Izdelava računskih energetskih izkaznic za izbrana stanovanjska objekta. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Dovjak, M.): 36 str.

Datum arhiviranja: 29-09-2015

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:

Intihar, T., 2015. Izdelava računskih energetskih izkaznic za izbrana stanovanjska objekta. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Dovjak, M.): 36 pp.

Archiving Date: 29-09-2015

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

TADEJA INTIHAR

**IZDELAVA RAČUNSKIH ENERGETSKIH IZKAZNIC
ZA IZBRANA STANOVANJSKA OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 178/B-GR

**ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE OF
TWO SELECTED RESIDENTIAL BUILDINGS**

Graduation thesis No.: 178/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 29. 06. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana Tadeja Intihar izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Izdelava računskih energetske izkaznic za izbrani stanovanjski stavbi«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 10. 6. 2015

Tadeja Intihar

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 620.91:697(497.4)(043.2)
Avtor: Tadeja Intihar
Mentor: doc. dr. Mitja Košir
Somentorica: doc. dr. Mateja Dovjak
Naslov: Izdelava računskih energetskih izkaznic za izbrani stanovanjski stavbi
Tip dokumenta: Dipl. nal. – UNI
Obseg in oprema: 36 str., 30 pregl., 5 sl.

Ključne besede: računska energetska izkaznica, stanovanjske stavbe, energetska učinkovitost, energetski kazalniki rabe energije, stroškovno učinkoviti ukrepi

Izvleček

V diplomski nalogi je predstavljena izdelava računskih energetskih izkaznic za izbrana stanovanjska objekta. Povečanje obsega energijske prenove starejših stavb je ena izmed glavnih pobud za doseganje ciljev evropske energijske okoljske politike. Obstoječe stanje stavbnega fonda v Sloveniji zahteva velike potrebe po energiji. S spodbujanjem energetske učinkovitosti in uporabo obnovljivih virov energije v stavbah bi lahko potrebo po energiji znatno zmanjšali. V diplomskem delu sem opisala evropsko in slovensko zakonodajo na področju energetske učinkovitosti stavb. Osredotočila sem se na opis metodologije izdelave in izdaje energetskih izkaznic. Pri izdelavi energetskih izkaznic sem upoštevala zahteve aktualnega Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (2010). Računske energetske izkaznice sem izdelala za dve stanovanjski stavbi; enostanovanjsko hišo v Horjulu in večstanovanjski blok v Ljubljani. Opisala sem lokacijo in tehnične lastnosti posameznih stavb. Za izračun kazalnikov energijske učinkovitosti stavb sem uporabila računalniški program TOST. Najprej sem naredila analizo obstoječega stanja nato sem predlagala in preverila učinkovitost posameznih možnih ukrepov. Za vsako stavbo posebej sem primerjala rezultate z obstoječim stanjem stavb. Na podlagi rezultatov sem izbrala kombinacijo stroškovno učinkovitih ukrepov, za katere sem tudi izdelala končno energetska izkaznico. Končni rezultat predstavljajo štiri izdelane računske energetske izkaznice. Prvi dve opisujeta obstoječe stanje stavb, v drugih dveh energetskih izkaznicah pa je prikazana simulacija prenove.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 620.91:697(497.4)(043.2)
Author: Tadeja Intihar
Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.
Co-advisor: Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph.D.
Title: Energy performance certificate of two selected residential buildings
Document type: Graduation thesis – University studies
Notes: 36 p., 30 tab, 5 fig.

Key words: energy performance certificate, residential buildings, energy efficiency, energy efficiency indicators, cost efficient measures

Abstract

The thesis presents calculated energy performance certificate of two selected residential buildings. The targets of European climate and energy policies for reduction of consumed energy include energy efficiency of buildings. Current buildings fund in Slovenia demands great need for energy. Great reduction of energy demands and its' more efficient use can be achieved by use of renewable energy sources in buildings. In the thesis I have described European and Slovenian legislation regarding energy efficiency in buildings. The focus lies in the methodology for making energy performance certificate. It must meet the demands of current Slovenian legislation. I did the energy performance certificate for two selected buildings; one is a family house in Horjul and the other is an apartment building in Ljubljana. I described the location and technical properties of both buildings. Hardware TOST was used for calculating energy efficiency properties of the buildings. First I analyzed existing condition of the buildings then I chose some cost efficient measures. I compared the results with existing condition and chose the most efficient ones for renovation. After selecting cost efficient measures I created the final energy performance certificates. The first two certificates describe the existing condition of buildings. The other two energy performance certificates present the simulation of reduced energy efficiency indicators after implantation of chosen cost efficient measures.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitji Koširju in somentorici doc. dr, Mateji Dovjak za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi družini za vso podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod	1
1.1	Namen naloge	2
2	Zakonodajna izhodišča	3
2.1	Evropska zakonodaja	3
2.1.1	Uredba o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov (Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov)	3
2.1.2	Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD-r 2010/31/ES)	3
2.1.3	Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov energije (OVE 2009/28/ES)	3
2.1.4	Direktiva o učinkoviti rabi energije (EED 2012/27/ES)	3
2.2	Slovenska zakonodaja	4
2.2.1	Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1, Uradni list RS št. 82/2013: 9183)	4
2.2.2	Zakon o graditvi objektov (ZGO-1-UPB1, Uradni list RS št. 102/2004: 12358)	4
2.2.3	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 52/2010: 7840)	5
2.2.3.1	Tehnična smernica: Učinkovita raba energije (TSG-1-004:2010)	6
2.2.4	Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavb (Uradni list RS, št. 92/2014: 10302)	7
2.2.4.1	Vsebina in oblika energetske izkaznice stavbe	7
2.2.4.2	Metodologija in postopki pri izdelavi energetske izkaznice	8
2.2.4.3	Izdaja in vpis energetske izkaznice v register	8
3	Predstavitev analiziranih stavb	9
3.1	Lokacija	9
3.2	Arhitekturna zasnova	11
3.2.1	Stanovanjska hiša	11
3.2.2	Stanovanjski blok	12
3.3	Toplotna zaščita	13
3.3.1	Toplotni ovoj stavbe	13
3.3.2	Stavbno pohoštvo	15
3.4	Ogrevanje	17
3.5	Prezračevanje	18
3.6	Priprava tople vode in razsvetljava	18
4	Izdelava računске energetske izkaznice	19
4.1	Obstoječe stanje	19
4.1.1	Stanovanjska hiša	19

4.1.2	Stanovanjski blok	20
4.2	Priporočila za izboljšanje energetske učinkovitosti	21
4.2.1	Predlagani ukrepi za stanovanjsko hišo	21
4.2.1.1	Toplotna izolacija fasade	21
4.2.1.2	Dodatna toplotna izolacija strehe ter toplotna izolacija tal in stropa kleti	23
4.2.1.3	Zamenjava stavbnega pohištva in zasteklitve	24
4.2.1.4	Znižanje notranje projektne temperature	25
4.2.1.5	Kombinacija ukrepov	26
4.2.2	Predlagani ukrepi za stanovanjski blok	27
4.2.2.1	Toplotna izolacija fasade	27
4.2.2.2	Zamenjava stavbnega pohištva	28
4.2.2.3	Znižanje notranje projektne temperature	29
4.2.2.4	Mehansko prezračevanje	30
4.2.2.5	Kombinacije ukrepov	31
5	Zaključek in diskusija	32
	Viri	34

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1 Energetski razredi stavb (Vir: Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb).....	7
Preglednica 2 Lokacija izbranih stavb.....	9
Preglednica 3 Splošni podatki za stanovanjsko hišo	11
Preglednica 4 Odprtine po orientacijah v hiši	11
Preglednica 5 Poenostavitev orientacije fasad pri hiši	12
Preglednica 6 Splošni podatki za stanovanjski blok.....	12
Preglednica 7 Odprtine po orientacijah v bloku	12
Preglednica 8 Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov v hiši	14
Preglednica 9 Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov v bloku	15
Preglednica 10 Lastnosti stavbnega pohištva	16
Preglednica 11 Podatki o odprtinah v hiši	16
Preglednica 12 Podatki o odprtinah v bloku.....	17
Preglednica 13 Lastnosti ogrevalnega sistema v hiši	18
Preglednica 14 Gostota moči svetilk	18
Preglednica 15 Kazalniki letne porabe energije in izpusti CO ₂ za obstoječe stanje hiše	19
Preglednica 16 Toplotne izgube in dobitki v obstoječem stanju hiše.....	19
Preglednica 17 Kazalniki letne porabe energije in izpusti CO ₂ za obstoječe stanje bloka	20
Preglednica 18 Toplotne izgube in dobitki v obstoječem stanju bloka	20
Preglednica 19 Energijski kazalniki pri izboljšani toplotni izolaciji fasade hiše	21
Preglednica 20 Energijski kazalniki pri izboljšani toplotni izolaciji ovoja hiše.....	23
Preglednica 21 Energijski kazalniki pri zamenjavi stavbnega pohištva hiše.....	24
Preglednica 22 Toplotne izgube v hiši	25
Preglednica 23 Toplotni dobitki v hiši	25
Preglednica 24 Energijski kazalniki pri znižanju projektne notranje temperature v hiši	25
Preglednica 25 Energijski kazalniki pri kombinaciji ukrepov v hiši	26
Preglednica 26 Energijski kazalniki pri izboljšani toplotni izolaciji fasade bloka	27
Preglednica 27 Energijski kazalniki pri zamenjavi stavbnega pohištva v bloku	28
Preglednica 28 Energijski kazalniki pri znižanju notranje projektne temperature v bloku	29
Preglednica 29 Energijski kazalniki pri mehanskem prezračevanju v bloku	30
Preglednica 30 Energijski kazalniki pri kombinaciji ukrepov v bloku.....	31

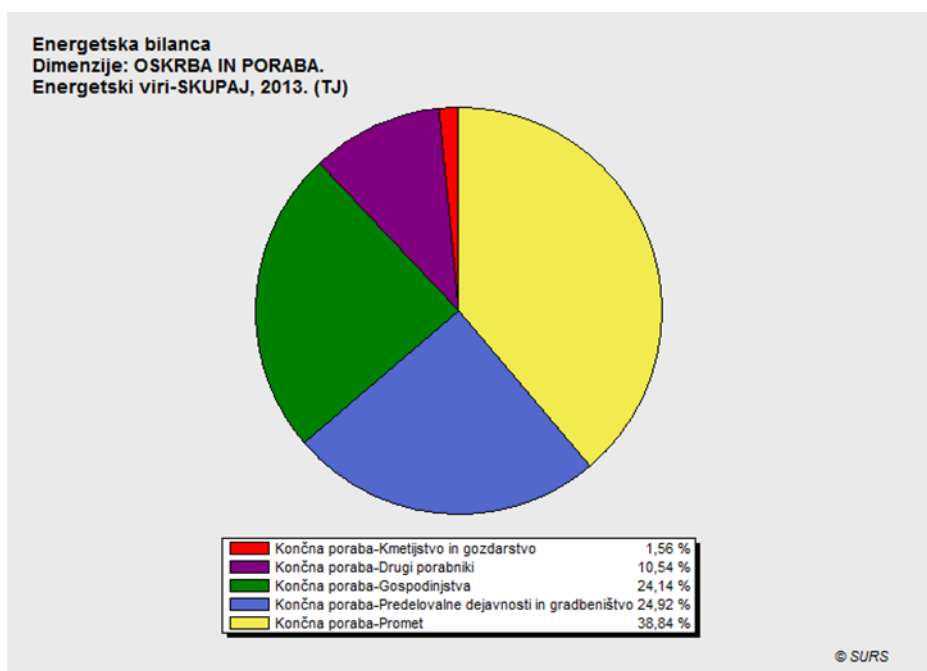
KAZALO SLIK

Slika 1 Poraba energije po sektorjih (Vir: SURS).....	1
Slika 2 Lokacija hiše (Vir: Atlas okolja).....	9
Slika 3 Lokacija bloka (Vir: Atlas okolja)	10
Slika 4 Klimatski podatki za hišo.....	10
Slika 5 Klimatski podatki za blok	11

»Ta stran je namenoma prazna«

1 Uvod

Gradnja in raba objektov predstavljata enega izmed največjih vplivov na okolje. Gospodinjstva v Sloveniji so bila v letu 2013 tretji največji porabnik končne rabljene energije, več energije je bilo porabljen le v predelovalnih dejavnostih in gradbeništvu ter v prometu (*Slika 1*). [1] Največji delež energije v gospodinjstvih je porabljen za ogrevanje, sledijo priprava tople vode, gospodinjški aparati in naprave ter razsvetljava. [2] Enostanovanjske hiše in manjši bloki so najpogostejši tipi stanovanjskih gradenj v Sloveniji. Po podatkih registra nepremičnin je bilo v Sloveniji leta 2008 849.138 stanovanj v 523.983 stanovanjskih stavbah. Od tega je 89% stavb enostanovanjskih. [3]



Slika 1 Poraba energije po sektorjih (Vir: SURS)

Cilji energetske-okoljske politike Evropske komisije za razvoj Evrope do leta 2020 so povečanje energetske učinkovitosti za 20%, zmanjšanje toplogrednih plinov za 20% in povečanje uporabe obnovljivih virov energije za 20%. Tem ciljem sledita tudi prenovljena Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD-r 2010/31/EU) in Energetski zakon (EZ-1, Uradni list RS, št. 17/2014: 1787). Povečanje obsega energijske prenove starejših stavb je ena izmed glavnih pobud za doseganje ciljev energetske-okoljske politike. [4, 5]

Predlog ministrstva za infrastrukturo o dolgoročni strategiji za spodbujanje naložb energetske prenove stavb opisuje stanje stanovanjskega fonda in potencial za prenovo. Cilj za leto 2050 je brezogljična raba energije v stavbah, kar bi se doseglo s povečanjem energetske učinkovitosti in z uporabo obnovljivih virov energije v stavbah. Prihranki energije in večja samozadostnost na področju energije sta poglobitvena pomena, temu pa posledično sledijo tudi družbene in okoljske koristi. [6]

Prenova starejših stavb ima poseben pomen predvsem na podeželju, kjer se s trajnostno prenovo ohranja kulturna dediščina. S trajnostnim razvojem so izpolnjene zahteve sedanjosti, pri tem pa ni ogrožen razvoj prihodnjih generacij. [7]

Energetska izkaznica stavbe je postala obvezna z uveljavitvijo novega Energetskega zakona (EZ-1, Uradni list RS, št. 17/2014: 1787) pri prodaji stavbe ali stanovanja v stavbi ter pri oddaji v najem za eno leto ali več. Namen izkaznice je omogočiti lastnikom, najemnikom ter morebitnim kupcem

vpogled v energetske lastnosti stavbe, hkrati pa je tudi vzpodbuda za izvedbo najpomembnejših ukrepov za izboljšanje energetske lastnosti stavbe. V energetske izkaznici morajo biti zajeti kazalniki energetske učinkovitosti stavbe, referenčne vrednosti iz zakonodaje in stroškovno optimalna priporočila za ukrepe za povečanje energetske učinkovitosti. Z izdanimi energetske izkaznicami se beležita stanje energetske učinkovitosti stavbnega fonda in potreba po energetske prenovah. [8]

1.1 Namen naloge

V diplomski nalogi bom predstavila postopek izdelave računski energetske izkaznice na dveh stanovanjskih stavbah, enostanovanjski hiši v Horjulu in večstanovanjskem bloku v Ljubljani. Opisala bom evropsko zakonodajo in kako se implementira v slovenski zakonodaji na področju energetske učinkovitosti stavb. Osredotočila se bom na metodologijo za izdelavo in izdajo energetske izkaznic. Pri opisu tehničnih lastnosti stavb bom kot vodilo uporabila Tehnično smernico (TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije). Za stanovanjsko hišo bom zrisala tlorise posameznih nadstropij. Za izračun kazalnikov energetske učinkovitosti stavb bom uporabila računalniški program TOST. [9] Preverila bom učinkovitost posameznih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. Končni rezultat bosta za vsako stavbo predstavljali po dve izdelani računski energetske izkaznici. V prvi bom predstavila trenutno energetske stanje stavb, za drugo pa bom izbrala stroškovno učinkovite ukrepe, ki se mi zdijo smiselni in izvedljivi.

Namen je za obe obravnavani stavbi zmanjšati porabo energije in emisij CO₂ ob upoštevanju trenutne slovenske zakonodaje. Predvidevam, da je dejansko energetske stanje obravnavanih stavb dokaj slabo, saj nimata izoliranih zunanji sten. Menim, da bosta k večji energetske učinkovitosti največ doprinesli toplotna izolacija ovoja in zamenjava stavbnega pohištva. Moj cilj je izbrati tako kombinacijo stroškovno učinkovitih ukrepov, da se bosta stavbi uvrstili v višji energetske razred. Pričakujem, da se bosta obe stavbi z izboljšanjem toplotnega ovoja uvrstili vsaj v energetske razred D. Mislim, da bi se lahko z uporabo vseh predlaganih ukrepov uvrstili v energetske razred C.

2 Zakonodajna izhodišča

Evropska Unija izdaja mednarodne pravne akte, ki so podlaga za zakone in ostale podzakonske pravne akte v posamezni državi članici. Naštela bom samo zakone in podzakonske akte, ki so pomembni pri izdelavi računskih energetskih izkaznic.

2.1 Evropska zakonodaja

2.1.1 Uredba o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov (Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov)

Uredba določa osnovne zahteve za gradbene proizvode in objekte, katerih bistvene značilnosti so podrobneje definirane v standardih. Določa tudi pogoje za njihovo postavitve na trg gradbenih proizvodov in uporabo oznake CE. Gradbeni objekti morajo skozi celoten življenjski cikel zagotavljati varnost in zdravje ljudi, domačih živali ter okolja. V osnovnih zahtevah za gradbene objekte sta pomembna člena, ki se tičeta energetske učinkovitosti, 6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote in 7. Trajnostna raba naravnih virov. Gradbeni objekti in njihovi sistemi morajo biti načrtovani in grajeni trajnostno z upoštevanjem lokalnih značilnosti podnebja tako, da je poraba energije pri uporabi majhna. Raba naravnih virov mora biti trajnostna z možnostjo ponovne uporabe materialov oziroma recikliranja materiala. [10]

2.1.2 Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD-r 2010/31/ES)

Direktiva o energetske učinkovitosti stavb definira pojme, kot so energetska učinkovitost stavbe, energetska izkaznica in stroškovno optimalna raven. Poleg tega določa zahteve s splošnim okvirom metodologije za izračun energetske učinkovitosti stavb in minimalnimi zahtevami glede energetske učinkovitosti stavb in njihovih delov. Vzpodbuja oblikovanje nacionalnih načrtov za povečanje skoraj ničenergijskih stavb in energetske certificiranje. Določa tudi redne preglede ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah ter splošen neodvisen nadzor nad izdajo energetskih izkaznic. [11]

2.1.3 Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov energije (OVE 2009/28/ES)

Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov energije izpolnjuje strateški plan za oživitev ekonomije EU in za vzpostavitev pametne, trajnostne in vključujoče rasti. Zahteva, ki jo med drugim izpolnjuje ta direktiva, je doseganje 20% energije iz obnovljivih virov. Spodbuja tudi uporabo sistemov za ogrevanje in hlajenje z obnovljivo energijo in z boljšim izkoristkom ter posledično manjšo porabo energije. [12]

2.1.4 Direktiva o učinkoviti rabi energije (EED 2012/27/ES)

Direktiva o učinkoviti rabi energije med drugim zahteva, da imajo končni odjemalci nadzor nad količino porabljene energije. Nadzor se vzpostavi z individualnimi merilci za električno energijo, plin, toploto in hlad pri daljinskem ogrevanju ter toplo vodo. [13]

2.2 Slovenska zakonodaja

2.2.1 Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1, Uradni list RS št. 82/2013: 9183)

Zakon o gradbenih proizvodih ureja zahteve za gradbene proizvode na slovenskem trgu. Sledi zahtevam Uredbe 305/2011. Določa tudi bistvene zahteve za gradbene proizvode tekom celotne življenjske dobe, ki so:

- mehanska odpornost in stabilnost,
- varnost pred požarom,
- higienska in zdravstvena zaščita in varovanje okolja,
- varnost pri uporabi,
- zaščita pred hrupom,
- varčevanje z energijo in ohranjanje toplote in
- trajnostna raba naravnih virov. [14]

2.2.2 Zakon o graditvi objektov (ZGO-1-UPB1, Uradni list RS št. 102/2004: 12358)

Zakon o graditvi objektov ureja pogoje za graditev vseh objektov in določa bistvene zahteve, ki so enake zahtevam za gradbene proizvode. Prav tako sledi zahtevam Uredbe 305/2011. V drugem členu zakona je opredeljen pomen Tehnične smernice, ki pravi: »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.« [15]

Energetski zakon (EZ-1, Uradni list RS, št. 17/2014: 1787)

Novi Energetski zakon, sprejet marca 2014, implementira več evropskih direktiv, vključno z EPBD-r 2010/31/ES, OVE 2009/28/ES in EED 2012/27/ES. Določa načela energetske politike za povečanje energetske učinkovitosti in varčevanja ter večjo rabo energije iz obnovljivih virov. Namen zakona je zagotovitev konkurenčne, varne, zanesljive in dostopne oskrbe z energijo, pri čemer so upoštevana načela trajnostnega razvoja. Med cilji na področju oskrbe in rabe energije so pri energetski učinkovitosti stavb pomembni naslednji:

- zanesljiva oskrba z energijo,
- učinkovita pretvorba energije,
- zmanjšanje rabe energije,
- učinkovita raba energije,
- energetska učinkovitost,
- večja proizvodnja in raba obnovljivih virov energije in
- prehod na nizkoogljično družbo z uporabo nizkoogljičnih energetskih tehnologij.

V akcijskih načrtih do leta 2020 sta zajeti načeli spodbujanja večje energetske učinkovitosti in okoljske trajnosti. Podrobni ukrepi in mehanizmi za spodbujanje povečanja energetske učinkovitosti in uporabe obnovljivih virov energije so predstavljeni v akcijskih načrtih. Spodbujanje energetske učinkovitosti in rabe obnovljivih virov energije se zagotavlja s programi izobraževanja, informiranja in ozaveščanja javnosti. Sem je vključeno tudi energetsko svetovanje, spodbujanje energetskih

pregledov in finančna podpora. Na državni ravni je za vzpodbude odgovoren Eko sklad, ki pripravlja in izvaja program za izboljšanje energetske učinkovitosti.

Vrste energetskih storitev in ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti za doseganje prihrankov energije predstavljajo predvsem ukrepi učinkovite rabe energije v stavbah, prometu in industriji, zraven pa spadajo tudi programi izvajanja energetskih pregledov.

Na področju energetske učinkovitosti stavb je predviden nov akcijski načrt vsake tri leta do leta 2020. Zakon zahteva, da so vse nove stavbe skoraj ničenergijske. Pri obnovah pa je potrebno izvesti študijo o izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo z energijo. Energetska izkaznica stavbe mora vsebovati referenčne vrednosti za primerjavo in oceno energetske učinkovitosti stavbe. Vsebovati mora tudi priporočila za stroškovno učinkovite ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti. [16]

2.2.3 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Uradni list RS, št. 52/2010: 7840)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010) je v skladu z evropsko Direktivo EPBD-r 2010/31/ES in podrobneje opredeljuje bistveno zahtevo »varčevanja z energijo in ohranjanja toplote«. V stavbah določa tehnične zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah. Obravnavana področja za delovanje sistemov v stavbi so naslednja:

- toplotna zaščita,
- ogrevanje in hlajenje,
- prezračevanje,
- priprava tople vode,
- razsvetljava,
- zagotavljanje lastnih obnovljivih virov energije in
- metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe.

Uporaba je obvezna tako pri novogradnjah kot pri obnovah, kjer se posega v najmanj 25% toplotnega ovoja stavbe. Doseganje učinkovite rabe energije v stavbah se dokazuje v elaboratu gradbene fizike (v nadaljevanju elaborat URE), ki mora vsebovati naslednje informacije:

- vhodne podatke,
- navedbo uporabljenih metod in uporabo privzetih vrednosti,
- izračune, ki ustrezajo zahtevam pravilnika,
- potrebno letno primarno energijo za delovanje sistemov v stavbi,
- izpuste CO₂
- kazalnike letne rabe primarne energije in kazalnike izpustov CO₂.

Povzetki izračunov iz elaborata URE morajo biti navedeni na obrazcu »Izkaz energijskih lastnosti stavbe«. [17]

2.2.3.1 Tehnična smernica: Učinkovita raba energije (TSG-1-004:2010)

Pravilniku pripada Tehnična smernica: Učinkovita raba energije (v nadaljevanju Tehnična smernica), katere uporaba je obvezna. Tehnična smernica določa gradbene ukrepe za doseg minimalnih zahtev iz pravilnika. Poleg tega določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Tehnična smernica določa za prej omenjena področja delovanja sistemov:

- elemente arhitekturne zasnove, ki vplivajo na učinkovito rabo energije,
- dopustno toplotno prehodnost posameznih gradbenih elementov in sklopov,
- načine pasivnega zmanjševanja pregrevanja zaradi sončnega obsevanja,
- sestave takih gradbenih konstrukcij, da ne pride do difuzijskega prehoda vodne pare,
- ravni in tehnične rešitve primerne zrakotesnosti stavbe,
- energijske lastnosti generatorjev toplote in generatorjev hladu,
- zahteve načrtovanja cevovodnega razvoda sistemov v stavbi,
- projektne temperature ogrevalnega sistema,
- energijske lastnosti klimatskih naprav in sistemov ter načine regulacije teh sistemov,
- ravni potrebnega vračanja toplote ali hladu odtočnega zraka,
- elemente zagotavljanja učinkovite priprave tople vode ter izvedba hranilnika in cevovodnega razvoda tople vode in
- energijske lastnosti elementov razsvetljave. [18]

2.2.3.1.1 Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe

Metodologija, opisana v Tehnični smernici, podaja način izračuna letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hladu za hlajenje stavbe ter dovedene energije za delovanje sistemov v stavbi. Za izračun energijskih lastnosti je potrebno imeti podatke o stavbi, sistemih, okolju, lokaciji in uporabi same stavbe. Stavbo je potrebno razdeliti na cone glede na to, ali je cona ogrevana ali ne. Glede na tip sistema se izračunajo toplotne izgube in viri toplote oziroma hladu in nato potrebna energija za ogrevanje in hlajenje. Rezultate za različne cone nato združimo in dobimo porabo energije za ogrevanje, hlajenje in prezračevalne sisteme za celotno stavbo. Ob upoštevanju izgub sistemov in dobitkov notranjih virov se izračuna dovedena energija za ogrevanje in hlajenje. [18]

2.2.4 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Uradni list RS, št. 92/2014: 10302)

»Ta pravilnik določa podrobnejšo vsebino in obliko energetske izkaznice stavbe, metodologijo za izdelavo in izdajo energetske izkaznice ter vsebino podatkov, način vodenja registra energetskih izkaznic in način prijave izdane energetske izkaznice za vpis v register. Prav tako določa podrobnejšo vsebino, obliko, metodologijo in roke za nadzor nad izdanimi energetskimi izkaznicami.«

Pravilnik v prvem delu opisuje splošne določbe in pojasni izraze uporabljene v tem pravilniku (npr. »Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} (kWh/a) predstavlja toplotne potrebe stavbe zaradi transmisijskih in ventilacijskih toplotnih izgub, zmanjšane za pritoke sončnega sevanja in notranjih toplotnih virov.«) [19]

2.2.4.1 Vsebina in oblika energetske izkaznice stavbe

Obstajata dve vrsti energetskih izkaznic – računski in merjena, ki se ločita glede na vrsto stavbe. Računska energetska izkaznica se določi na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije v stavbi, izda se za novozgrajene in obstoječe stanovanjske stavbe. Merjena energetska izkaznica se določi na podlagi meritev rabe energije, tj. na podlagi računov za energijo za pretekla tri leta, in se izda samo za obstoječe ne-stanovanjske stavbe (hotele, pisarne, šole ipd.). Pri nestanovanjskih stavbah sta predpisana notranja temperatura in stalen urnik uporabe, tako da pri zamenjavi lastnikov ni velikih sprememb v režimu delovanja stavbe. [19]

Energijski kazalniki, ki morajo biti predstavljeni v računski energetske izkaznice stavbe, so:

- letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe Q_{NH}/A_u [kWh/m²a],
- letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe Q/A_u [kWh/m²a],
- letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine stavbe [kg/m²a].

Glede na letno porabo toplote, preračunano na neto uporabno površino (Q_{NH}/A_u), se stavba uvrsti v energetski razred (*Preglednica 1*). Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe se izračuna še za določeno referenčno lokacijo s koordinatama X= 462650 in Y=102480. [19]

Preglednica 1 Energetski razredi stavb (Vir: Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb)

Energetski razred	Q_{NH}/A_u [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	od 60 do vključno 105
E	od 105 do vključno 150
F	od 150 do vključno 210
G	od 210 do 300 in več

Pri izdelavi energetske izkaznice stavbe je izvajalec dolžan predstaviti stroškovno učinkovita priporočila za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti pokrivajo naslednja področja:

- izboljšanje kakovosti ovoja,
- izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov,
- povečanje učinkovitosti rabe obnovljivih virov energije in
- organizacijski ukrepi, ki zajemajo smotnejšo uporabo energije. [19]

2.2.4.2 Metodologija in postopki pri izdelavi energetske izkaznice

Računska metodologija za izračun energijskih kazalnikov temelji na standardu SIST EN ISO 13790 (Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov SIST EN ISO 13790), pravilniku PURES 2010 in Tehnični smernici. Metodologija podaja način izračuna letne potrebne toplote za ogrevanje oziroma hladu za hlajenje stavbe ter izračun dovedene energije za delovanje stavbe za sisteme za ogrevanje, toplotne črpalke, pripravo tople vode, hlajenja, prezračevanje in razsvetljava. [19]

Računska energetska izkaznica se izdelava na podlagi izračunanih vrednosti, pri čemer so izhodišče izkaz o energijskih lastnostih stavbe, elaborat o energetski učinkovitosti, načrti stavbe in projekt izvedenih del. Neodvisni strokovnjak je dolžan preveriti točnost tehnične dokumentacije, poleg tega pa mora izdelati poročilo o določitvi energijskih kazalnikov stavbe z navedbo vseh vhodnih podatkov, potrebnih za kontrolo izračuna. [19]

2.2.4.3 Izdaja in vpis energetske izkaznice v register

Za izdelavo energetske izkaznice mora naročnik izpolniti obrazec s svojimi podatki in podatki o stavbi. Priložiti je potrebno dokumentacijo, v katero spadajo projekt izvedenih del, elaborat gradbene fizike, elaborat energetske učinkovitosti stavb, izkaz toplotnih lastnosti stavbe in izkaz energijskih lastnosti stavbe. Na podlagi posredovane dokumentacije neodvisni strokovnjak potrди ustreznost dokumentov in opozori na morebitne manjkajoče vsebine.

Izdana energetska izkaznica se v elektronski obliki vpiše v register energetskih izkaznic. Vpis v register je obvezen, pri čemer je za isto stavbo veljavna zadnja vnesena energetska izkaznica. Register je informativnega značaja in je javno dostopen. Izdajatelj je dolžan posredovati naročniku energetska izkaznico v pisni obliki. Pisna dokumentacija vsebuje podatke o zahtevi za izdelavo in izdano energetska izkaznico, poročilo o določitvi energijskih kazalnikov ter priporočila za izboljšanje energetske učinkovitosti. [19]

3 Predstavitev analiziranih stavb

Obravnavala bom dve stanovanjski stavbi, in sicer enostanovanjsko hišo (v nadaljevanju hiša) in večstanovanjski blok (v nadaljevanju blok). Stavbi se nahajata na različnih lokacijah, hiša v Horjulu in blok v Ljubljani. V nadaljevanju bom podrobneje predstavila obe stavbi.

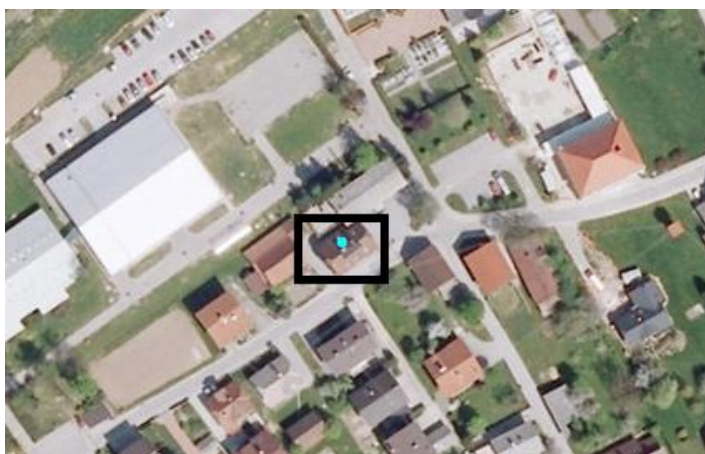
Za izračun energetske bilance stavbe sem uporabila računalniški program TOST, ki so ga razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Program je zasnovan na osnovi Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, upoštevajoč zahteve SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010. [8]

3.1 Lokacija

Oba objekta sta locirana v osrednji Sloveniji. Podnebje je zmerno celinsko, kar pomeni, da so zime hladne, poletja pa dokaj vroča in vlažna. [20] V stavbah je potrebno ogrevanje v hladnejših mesecih ter tudi hlajenje v poletnih mesecih. Za zimski čas je značilen pojav jezer hladnega zraka v zaprtih dolinah in kotlinah, zaradi česar se tu zadržuje megla in nizka oblačnost. [21] Na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju ARSO¹) so objavljeni podatki meteoroloških merilnih postaj. Glede na lokacijo stavbe in njenih koordinat (*Preglednica 2*) se v programu TOST naložijo klimatski podatki, zbrani preko ARSO za to lokacijo. Izpišejo se še nekateri podatki, kot so projektna temperatura, povprečna letna temperatura in trajanje kurilne sezone. Program za izračun energetske učinkovitosti upošteva povprečne mesečne temperature in količino prejetega sončnega sevanja po orientacijah (*Slika 4 in 5*).

Preglednica 2 Lokacija izbranih stavb

Katastrska občina	1992, Horjul	1740, Spodnja Šiška		
Koordinate	X 97923	Y 445784	X 102665	Y 461299
Številka parcele	553/6	855/2		



Slika 2 Lokacija hiše (Vir: Atlas okolja)


¹ <http://www.arso.gov.si/>



Slika 3 Lokacija bloka (Vir: Atlas okolja)

Podani koordinati

X Y



Povezavo med katastrskimi občinami, parcelnimi številkami in koordinatami najdete na spletnih straneh [RS MOP](#)

Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9.5
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1111
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	240
Začetek ogrevalne sezone (dan)	265
Konec ogrevalne sezone (dan)	140


Izbrani kvadrat	
Point ID	12543
X	97500
Y	445500

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	-1.0	119	33	60	183	90	31
FEB	1.0	187	44	89	232	135	28
MAR	5.0	303	69	142	257	187	31
APR	9.0	426	108	202	245	221	30
MAJ	14.0	524	128	243	227	245	20
JUN	17.0	547	146	237	210	257	0
JUL	19.0	583	136	249	229	276	0
AVG	19.0	512	112	229	260	256	0
SEPT	15.0	359	84	163	256	188	8
OKT	10.0	221	61	106	211	123	31
NOV	4.0	121	40	66	139	67	30
DEC	1.0	92	30	52	134	61	31
Ogrev.sezona	5.3	1906	493	921	1618	1096	240

Slika 4 Klimatski podatki za hišo

Podani koordinati

X Y


 REPUBLIKA SLOVENIJA
 MINISTRSTVO ZA PROSTORSKO PLOŠČINSKO IN GRADNENIŠTVO
 ODDELKOVSKI ZAPOSLOVANJE

Povezavo med katastrskimi občinami, parcelnimi številkami in koordinatami najdete na spletnih straneh [RS.MOP](#)

Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9.6
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	235
Začetek ogrevalne sezone (dan)	265
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Izbrani kvadrat	
Point ID	11693
X	102500
Y	461500

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	-1.0	102	28	52	156	75	31
FEB	1.0	174	41	80	215	121	28
MAR	6.0	307	70	149	260	179	31
APR	9.0	437	110	210	251	220	30
MAJ	14.0	546	133	256	237	251	15
JUN	18.0	569	153	250	218	264	0
JUL	20.0	610	141	263	240	283	0
AVG	19.0	528	116	239	269	260	0
SEPT	15.0	362	84	163	259	188	8
OKT	10.0	213	58	101	203	116	31
NOV	4.0	106	34	57	121	58	30
DEC	0.0	77	25	43	111	48	31
Ogrev.sezona	5.2	1780	458	863	1503	991	235

Slika 5 Klimatski podatki za blok

3.2 Arhitekturna zasnova

3.2.1 Stanovanjska hiša

V Preglednici 3 so navedeni splošni podatki o hiši.

Preglednica 3 Splošni podatki za stanovanjsko hišo

Splošni podatki	Stanovanjska hiša
Število etaž	3
Način ogrevanja	centralni sistem
Neto površina [m ²]	296,4
Volumen [m ³]	746,2
Površina ovoja [m ²]	475,34
Oblikovni faktor	0,64
Površina strehe [m ²]	114
Površina fasade brez odprtin [m ²]	211,37
Skupna površina odprtin [m ²]	46,47
Notranja projekta temperatura [°C]	20

Preglednica 4 Odprtine po orientacijah v hiši

Površina odprtin [m ²]	Orientacija
16,34	J
6,38	S
9,27	V
9,56	Z

Hiša je bila zgrajena v letih 1937–1939. Orientacija stavbe je rahlo rotirana glede na glavne smeri neba (*Slika 2*). Pri vnosu lastnosti odprtih sem upoštevala orientacijo odprtih na način prikazan v *Preglednici 5*. V *Preglednici 4* je prikazana razporeditev odprtih po fasadah. Največ odprtih je na južni fasadi, kjer so bila menjana že vsa okna in ena vhodna vrata. Glavni vhod je še prvoten. Na zahodni fasadi je površina odprtih manjša. Okna so bila obnovljena v prvih dveh nadstropjih. V najvišjem nadstropju, ki je bilo preurejeno v bivalno podstrešje naknadno, se na tej strani nahajajo balkonska vrata in dve manjši okni. Vzhodna fasada je glede stavbnega pohištva najbolj problematična. Po velikosti odprtih je skoraj enaka kot zahodna fasada, več pa je starega stavbnega pohištva. Tako kot na južni so bila tudi na severni fasadi menjana vsa okna. Razporeditev prostorov in njihova velikost je prikazana na tlorisih v Prilogi A.1.

Preglednica 5 Poenostavitev orientacije fasad pri hiši

SZ orientacija	S orientacija
JV orientacija	J orientacija
SV orientacija	V orientacija
JZ orientacija	Z orientacija
strešna okna	horizontalna orientacija

3.2.2 Stanovanjski blok

Preglednica 6 Splošni podatki za stanovanjski blok

Splošni podatki	Stanovanjski blok
Število etaž	5
Način ogrevanja	daljinsko ogrevanje
Neto površina [m ²]	1103,9
Volumen [m ³]	2730
Površina ovoja [m ²]	1568,40
Oblikovni faktor	0,57
Površina strehe [m ²]	300
Površina fasade brez odprtih [m ²]	877,20
Površina odprtih [m ²]	213,60
Notranja projekta temperatura [°C]	20

Preglednica 7 Odprtine po orientacijah v bloku

Površina odprtih [m ²]	Orientacija
37,025	J
37,425	S
68,40	V
70,75	Z

V *Preglednici 6* so navedeni splošni podatki o bloku. Stanovanjski blok v Šiški je bil zgrajen leta 1965. Blok obsega pet etaž z dvajsetimi stanovanji, skupne prostore na podstrešju in kletne prostore. Vzhodna in zahodna fasada se po številu oken ujemata, na zahodni strani so vhodna vrata. Na južni in severni strani so odprtine skoraj za polovico manjše (*Preglednica 7*). Na obeh straneh (J in S) so balkoni zastekljeni z enojno zasteklitvijo. Tlorisi bloka so prikazani v Prilogi A.2.

3.3 Toplotna zaščita

Osnovni gradbeni material zidov je opeka, čez katero je nanesa apnena malta. Vmesna nadstropja so iz lesenih tramov, med katere je položena trstika. Streha je prezračevana z lesenim ostrešjem in opečno kritino. V hiši so še vedno tri peči in štedilnik na drva. Centralno ogrevanje na kurilno olje je bilo sprva v gospodarskem posloplju zraven hiše. Pri menjavi sistema za ogrevanje so bili na strehi dodani sončni kolektorji, ki služijo za ogrevanje vode oziroma dogrevajo sistem za ogrevanje (radiatorje).

Tudi v bloku je opeka osnovni konstrukcijski material zidov. Prav tako kot pri hiši fasada ni izolirana. Vmesna nadstropja sestavljajo tako imenovani montastrop. V bloku je bila menjana streha, ki ji bila dodana toplotna izolacija. Strešna kritina je valovita vlaknocementna kritina. Šest stanovanj v bloku ima že novo stavbno pohištvo, ostala stanovanja imajo še dvojna škatlasta okna. V tem letu je načrtovana obnova fasade in zamenjava stavbnega pohištva v skupnih prostorih.

3.3.1 Toplotni ovoj stavbe

S toplotno zaščito ovoja stavbe se zmanjšuje prehod energije skozi površino ovoja stavbe in zmanjša podhlajevanje ali pregrevanje stavbe. Zagotoviti je potrebno takšno sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, zato je potrebno uravnavati zrakotesnost stavbe. Vpliv toplotnih mostov na potrebo po energiji mora biti čim manjši. Poleg tega njihov vpliv ne sme povzročati škode stavbi in njenim uporabnikom. [17]

Za mejne vrednosti sem izbrala vrednosti iz Tehnične smernice, ki so začele veljati po 1. januarju 2015. Toplotne mostove sem upoštevala na poenostavljen način, in sicer sem predpostavila, da je linijska toplotna prehodnost vseh mostov v obeh stavbah manjša od $\Psi < 0,2 \text{ W/mK}$, tako da se njihov vpliv upošteva s povečanjem toplotne prevodnosti celotnega stavbnega ovoja za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Za izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov sem uporabila računalniški program TEDI. [22] Dejanske in zahtevane vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov za obe obravnavani stavbi so predstavljene v *Preglednici 8* in *Preglednici 9*.

Noben izmed konstrukcijskih sklopov v hiši ne ustreza pravilniku PURES 2010. Največja odstopanja so pri tleh in zunanjih stenah, ker niso toplotno izolirani. Pri strehi je bila dodana toplotna izolacija, vendar je njena debelina premajhna za doseganje zahtev PURES 2010.

Pri bloku je situacija podobna, saj fasade in tla niso izolirani. Streha je ustrezno izolirana in izpolnjuje zahteve predpisane v PURES 2010.

Preglednica 8 Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov v hiši

Konstrukcijski sklop	Toplotna prehodnost [W/m ² K]	Zahtevana toplotna prehodnost po PURES 2010 [W/m ² K]
Tla na terenu		
ZUNAJ 0,5 m nasutje 0,05 m podložni beton 0,015 m keramične ploščice NOTRI	2,178	0,350
Tla proti neogrevani kleti		
ZUNAJ 0,15 m betonska plošča 0,05 m podložni beton 0,015 m keramične ploščice NOTRI	2,533	0,350
Zunanja stena		
ZUNAJ 0,03 m »teranova« fasadni omet 0,38 m polna opeka 0,03 m apnena malta NOTRI	1,344	0,280
Streha		
ZUNAJ 0,02 m opečna kritina 0,05 m horizontalna zračna plast paroprepustna folija 0,15 m mineralna volna 0,02 m lesena obloga NOTRI	0,230	0,20

Preglednica 9 Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov v bloku

Konstrukcijski sklop	Toplotna prehodnost [W/m ² K]	Zahtevana toplotna prehodnost po PURES 2010 [W/m ² K]
Tla na terenu		
ZUNAJ 0,5 m nasutje 0,30 m temeljna plošča bitumen 0,05 m podložni beton NOTRI	1,643	0,350
Zunanja stena		
ZUNAJ 0,03 m apnena malta 0,38 m polna opeka 0,03 m apnena malta NOTRI	1,344	0,280
Streha		
ZUNAJ 0,02 m vlaknocementna plošča 0,10 m prezračevanje paroprepustna folija 0,20 m tervol (kamena volna) 0,02 m panelne plošče NOTRI	0,180	0,20

3.3.2 Stavbno pohištvo

V hiši so v dveh nadstropjih vgrajena okna z lesenim okvirjem in zasteklitvijo Saint-Gobain Glass Climaplus One. Okna so dvojno zastekljena s 16-milimetrskim medprostorom, zapoljenim s plinom argon. Na zasteklitev je nanosen nizkoemisivni premaz. Premaz deluje tako, da prepušča sončno svetlobo in toploto, hkrati pa preprečuje uhajanje toplote iz notranjih prostorov. [23] Pri taki zasteklitvi se zmanjša prehodnost sončnega sevanja, vendar je vpliv na zmanjšanje toplotne prehodnosti pomembnejši. Takšna toplotno izolacijska stekla naj bi dosegala izjemne toplotne karakteristike s toplotno prehodnostjo 0,9 W/m²K. [24]

V Tehnični smernici so določene maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti, ki za okna z lesenim okvirjem znaša 1,3 W/m²K in za zunanja vrata 1,6 W/m²K. Lastnosti stavbnega pohištva, ki je vgrajeno v obeh obravnavanih stavbah, sem opisala v *Preglednici 10*, kjer sem upoštevala priporočila iz uporabniškega priročnika TOST. [25] V izračunih sem upoštevala toplotno prehodnost 1,3 W/m²K za okna z dvojno zasteklitvijo in vmesnim plinom argon ter 2,80 W/m²K za okna z dvojno zasteklitvijo, zapolnjeno z zrakom. V bloku prevladujejo škatlasta dvokrilna okna, za katera sem izbrala toplotno prehodnost 3,0 W/m²K.

Preglednica 10 Lastnosti stavbnega pohištva

Vrsta zasteklitve/okvirja	Toplotna prehodnost elementa – U_w [W/m ² K]	Prehod sončnega sevanja - g [-]	Prehod sončnega sevanja ob upoštevanju senčil
Dvojna okna z enojno zasteklitvijo	3,00	0,85	0,26
Dvojna - zrak (10 mm)	2,80	0,76	0,23
Dvojna - low-e Ar (16 mm)	1,30	0,76	0,17
Trojna - low-e Ar (16 mm)	0,89	0,58	0,16
Lesena vrata (40 mm)	3,50	0	0

Potrebni podatki o transparentnih konstrukcijskih elementih so orientacija, površina (A_w) in toplotna prehodnost celotnega elementa (U_w), prehod sončnega sevanja čez zasteklitev (g) ter faktor okvirja ($F_{F,w}$). V Preglednicah 11 in 12 so prikazani ti podatki za vsako stavbo posebej. Zaradi omejenega števila vnosov v računalniškem programu TOST sem združila odprtine s podobnimi lastnostmi in seštel njihove površine. Za vrata z zasteklitvijo sem upoštevala prilagojeno vrednost toplotne prehodnosti po enačbi (1), pri čemer sem upoštevala debelino vrat in toplotno prevodnost za les ($\lambda = 0,14$ W/mK).

$$(1) U = \frac{U_1 * A_1 + U_2 * A_2}{A_1 + A_2}$$

Upoštevala sem še poenostavitev pri faktorju osenčenosti, kjer nisem upoštevala senčenja zaradi sosednjih objektov. Senčila so na obeh objektih zunanje rolete, tako da sem senčenje upoštevala v treh poletnih mesecih, v juniju, juliju in avgustu. Prehod sončnega sevanja sem pomnožila s faktorjem 0,3 za določitev zmanjšanega prehoda sončnega sevanja ob upoštevanju senčil. [26]

Preglednica 11 Podatki o odprtinah v hiši

Orientacija	A_w [m ²]	U_w [W/m ² K]	g [-]	$F_{F,w}$ [-]
Horizontalna	4,92	2,80	0,76	0,30
J	10,64	1,30	0,76	0,40
J	2,23	1,60	0,76	0,80
J	3,47	3,988	0,85	0,80
S	4,60	1,30	0,76	0,40
S	1,78	1,30	0,76	0,70
V	1,28	2,80	0,76	0,40
V	1,62	2,80	0,76	0,30
V	2,08	1,30	0,76	0,30
V	1,93	3,988	0,85	0,80
V	2,36	3,50	0	1
Z	1,58	2,80	0,76	0,20
Z	2,11	2,80	0,76	0,40
Z	4,54	1,30	0,76	0,30
Z	1,33	1,30	0,58	0,40

Preglednica 12 Podatki o odprtinah v bloku

Orientacija	A _w [m ²]	U _w [W/m ² K]	g [-]	F _{F,w} [-]
Horizontalna	0,90	3,00	0,85	0,30
J	9,18	3,00	0,85	0,30
J	11,52	3,00	0,85	0,60
J	6,12	1,30	0,76	0,60
J	7,68	1,30	0,76	0,60
J	2,00	3,50	0	1
J	0,53	3,00	0,85	0,40
S	7,65	1,30	0,76	0,30
S	9,60	1,30	0,76	0,60
S	1,35	1,30	0,76	0,30
S	7,65	3,00	0,85	0,30
S	1,58	3,00	0,85	0,40
S	9,60	3,00	0,85	0,60
V	2,10	3,00	0,85	0,40
V	26,52	1,30	0,76	0,20
V	39,78	3,00	0,85	0,20
Z	2,35	1,30	0,76	0,60
Z	33,15	1,30	0,76	0,20
Z	33,15	3,00	0,85	0,20
Z	2,10	3,00	0,85	0,40

3.4 Ogrevanje

Sistemi ogrevanja morajo ob najmanjših možnih izgubah zagotoviti toplotno ugodje v stavbah, ki je določeno s Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002: 4139). Energetska učinkovitost se doseže z energijsko učinkovitimi generatorji toplote, dobrim načrtovanjem in izvedbo cevnega razvoda ter regulacijo temperature v stavbi. [17]

V hišo je vgrajen kombiniran kotel s hranilnikom toplote. Konstrukcija kotla omogoča ogrevanje vode s pomočjo sončne energije, zgorevanja trdnih goriv ter zgorevanja kurilnega olja. Hranilnik toplote je možno ogrevati tudi s pomočjo električne energije. Prenosnik toplote v sistemu je voda, ki zaradi nizke viskoznosti omogoča uporabo cevi manjših premerov, kar posledično pomeni manjše izgube pri prenosu toplote. Cevi potekajo po ogrevanih prostorih in so dodatno toplotno izolirane. Na strehi so nameščeni sprejemniki sončne energije, ki so obrnjeni proti jugu z naklonom 30%. Njihova površina obsega 12 m², kar izpolnjuje tudi zahtevo za zagotavljanje obnovljivih virov energije po Tehnični smernici. [27] V Preglednici 13 so prikazane lastnosti ogrevalnega sistema.

V uporabniškem priročniku TOST sem za ogrevalni sistem izbrala naslednje vrednosti. Kotel spada v razred A, tako da je učinkovitost generacije 90%. Distribucija izoliranih cevi poteka po ogrevanih prostorih, njena učinkovitost je 95%. Radiatorji v hiši so starejši, tako da sem jih uvrstila v razred B z učinkovitostjo 78%. Hlajenja v hiši ni, tako da bom v končnih izračunih ta del potrebne izračunane energije zanemarila.

Preglednica 13 Lastnosti ogrevalnega sistema v hiši

Moč kotla [kW]	15–30
Izvor toplote	sončna energija, trdna goriva, olje
Velikost hranilnika toplote [L]	400
Sončni kolektorji	6 x 2 m ²

Stanovanja v bloku so se včasih ogrevala na trda goriva. Sedaj je blok priključen na daljinsko ogrevanje. Stanovanjski blok v Ljubljani je priključen na daljinski sistem oskrbe s toploto. Termoelektrarna Ljubljana sočasno proizvaja električno in toplotno energijo. S kogeneracijo izkoriščajo toploto, ki nastane pri proizvodnji električne energije. S tem se optimizira izkoristek goriva in posledično zmanjša izpuste emisij ogljikovega dioksida. Toplota se s kemično obdelano vročo vodo po sistemu cevi prenaša do toplotne postaje znotraj stavbe. Od tu naprej potuje preko izoliranih cevi do posameznih stanovanj. Na radiatorjih v stanovanjih so nameščeni merilci porabe toplote. [28, 29]

V izračunu sem pri obeh objektih upoštevala prekinitev ogrevanja v nočnem času. Program TOST upošteva trajanje prekinitve 5 ur na noč. Nočne izolacije pri izračunu energetskih kazalnikov nisem upoštevala, ker spuščanje rolet ni mehansko vodeno. Glede na določila Tehnične smernice se lahko nočno izolacijo upošteva samo v primeru mehansko vodenih senčil.

3.5 Prezračevanje

Prezračevanje v hiši in v bloku je naravno. Minimalna zahteva za izmenjavo zraka na uro je 0,50, kar pomeni, da se v eni uri izmenja 50 % zraka. Dejansko prezračevanje sem ocenila na $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$. S tem sem zajela tudi nezrakotesnost ovoja in posledično izgube skozi ovoj stavbe kot tudi vpliv zračenja. Zračenje v neogrevani kleti je manj pogosto, tako da sem urno izmenjavo zraka za to cono ocenila na $n = 0,70 \text{ h}^{-1}$.

3.6 Priprava tople vode in razsvetljava

Po pravilniku PURES 2010 je potrebno toplo vodo zagotoviti s sprejemniki sončne energije oziroma drugimi sistemi z uporabo obnovljivih virov energije. Poraba tople vode se izračuna na podlagi neto tlorske površine in vrste stavbe. Za stanovanjske stavbe je topla voda potrebna vse dni v letu. V hiši se vodo pretežno ogreva s sprejemniki sončne energije. V primeru, da ni dovolj sonca, se jo dogreva z električno energijo. Voda v bloku se ogreva z električnimi grelci posamezno za vsako stanovanje.

V Tehnični smernici je določena povprečna moč vgrajenih svetilk na enoto uporabne površine za eno- in večstanovanjske stavbe, ki ne sme presegati vrednosti 8 W/m^2 . Gostota moči svetilk je odvisna od neto površine cone in števila ter voltaže žarnic, priklapljenih v omrežje V bloku sem predpostavila enako število svetil v vseh stanovanjih. V *Preglednici 14* je podana gostota moči svetilk za obe obravnavani stavbi.

Preglednica 14 Gostota moči svetilk

Moč svetilk [W/m ²]	Stanovanjska hiša	Stanovanjski blok
Ogrevana cona	7,5	6,1
Neogrevana klet	6,4	4,0

4 Izdelava računske energetske izkaznice

Za izračun potrebne letne toplote za ogrevanje stavbe pri standardnih pogojih uporabe stavbe se uporablja mesečna računsko metoda. V času ogrevanja je notranja projektna temperatura 20 °C, v času hlajenja pa 26 °C. Tako hišo kot tudi blok sem razdelila na dve toplotni coni in sicer na ogrevano, kamor so zajeti vsi bivalni prostori in neogrevano klet. Hodniki in stopnišča ne presegajo 20% ogrevane prostornine stavbe, tako da se privzame, da je to ena toplotna cona, ki vključuje manj ogrevane prostore. Notranji toplotni viri zajemajo toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi. Upošteva se jih po poenostavljeni metodi in sicer 4 W/m² na enoto uporabne površine stavbe. [18]

4.1 Obstoječe stanje

4.1.1 Stanovanjska hiša

Kazalniki energijskih lastnosti stavbe so prikazani v Preglednici 15. Letna rabe primarne energije znaša 96406 kWh in presega največjo dovoljeno vrednost za 65 %. Prav tako je za ogrevanje potrebna toplota, ki znaša 49675 kWh in je štirikrat večja od predpisane vrednosti v pravilniku PURES 2010. Letni izpusti CO₂ na enoto uporabne površine znašajo za stavbo v trenutnem stanju 96,42 kg/m²a. Stavba se glede na potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine, ki je 167,59 kWh/m²a, uvršča v energetski razred F.

Preglednica 15 Kazalniki letne porabe energije in izpusti CO₂ za obstoječe stanje hiše

Kazalniki	Izračunana vrednost	Največja dovoljena vrednost po PURES 2010
Koeficient specifičnih transmissijskih izgub stavbe H_T' [W/m ² K]	1,00	0,40
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	96406	58113
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	49675	12277
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]	167,59	41,42
Letni izpust CO ₂ na enoto uporabne površine [kg/m ² a]	96,42	-

Koeficient transmissijskih toplotnih izgub iz prostora v okolico je odvisen od toplotnih lastnosti konstrukcijskih sklopov in stavbnega pohištva. [30] Toplotne izgube znašajo 216,17 kWh/m², od česar predstavljajo transmissijske izgube dobrih 70 %, ostalo pa so ventilacijske izgube. Razlog za prevladujoče transmissijske izgube je predvsem neizoliranost fasade in starejše stavbno pohištvo. Pri toplotnih dobitkih je delež notranjih in solarnih dobitkov podoben, za malenkost prevladujejo notranji dobitki. Skupno znašajo 53,03 kWh/m² (Preglednica 16).

Preglednica 16 Toplotne izgube in dobitki v obstoječem stanju hiše

Izgube [kWh/m ²]	216,17	Dobitki [kWh/m ²]	53,03
Transmissijske	154,63	Notranji	28,08
Ventilacijske	61,54	Solarni	24,95

4.1.2 Stanovanjski blok

Energetski kazalniki, ki opisujejo energetsko stanje bloka, so prikazani v *Preglednici 17*. Letna raba primarne energije znaša 302696 kWh in za več kot 40 % presega dovoljeno vrednost po pravilniku PURES 2010, ki znaša 211345 kWh. Izpusti ogljikovega dioksida pri tej stavbi znašajo 90,92 kg/m²a. Letna potrebna toplota za ogrevanje znaša 191775 kWh in s tem skoraj petkrat prekoračuje dovoljeno vrednost po pravilniku. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (173,72 kWh/m²a) uvršča stavbo v energetski razred F.

Preglednica 17 Kazalniki letne porabe energije in izpusti CO₂ za obstoječe stanje bloka

Kazalniki	Izračunana vrednost	Največja dovoljena vrednost po PURES 2010
Koeficient specifičnih transmisij iz gub stavbe H_T' [W7m ² K]	1,08	0,41
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	302696	211345
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	191775	41099
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u [kWh/m ² a]	173,72	37,23
Letni izpust CO ₂ na enoto uporabne površine [kg/m ² a]	90,92	-

Največje izgube predstavljajo transmisijske izgube, katerih delež je več kot 75 % celotnih izgub. Posledica transmisij skozi ovoj je prevelika toplotna prehodnost zunanjih sten zaradi neizoliranosti fasade. Tako k transmisijam kot tudi k ventilacijskim izgubam prispeva dotrajano stavbno pohištvo. Pri toplotnih dobitkih prevladujejo solarni dobitki (80 % celotnih dobitkov – *Preglednica 18*), saj ima stavba veliko površino transparentnih konstrukcijskih sklopov. Notranji dobitki na kvadratni meter so zaradi velikosti stavbe nekoliko manjši.

Preglednica 18 Toplotne izgube in dobitki v obstoječem stanju bloka

Izgube [kWh/m ²]	229,32	Dobitki [kWh/m ²]	56,86
Transmisijske	168,72	Notranji	11,34
Ventilacijske	60,61	Solarni	45,52

4.2 Priporočila za izboljšanje energetske učinkovitosti

Priporočila za stroškovno upravičene ukrepe so navedena v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb in pokrivajo naslednja področja:

- izboljšanje kakovosti ovoja,
- izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov,
- povečanje učinkovitosti rabe obnovljivih virov energije in
- organizacijski ukrepi, ki zajemajo smotrnejšo uporabo energije. [19]

Največje toplotne izgube v obeh obravnavanih stavbah predstavljajo transmisijske izgube skozi ovoja, ki presegajo 70 % celotnih toplotnih izgub (*Preglednica 16 in 18*). Nobena od stavb nima toplotne izolacije na fasadi, zato sem za prvi ukrep izbrala toplotno izolacijo fasade. Poleg toplotne izolacije ovoja je pomembna tudi njegova zrakotesnost, s katero se zmanjšajo ventilacijske izgube. [31]

Za izboljšanje kakovosti ovoja sem preverila naslednje:

- vpliv različnih debelin toplotne izolacije fasade,
- dodatno toplotno izolacijo strehe in tal ter
- primerjavo med dvojno in trojno zasteklitvijo oken z nizkoemisivnim premazom.

Izboljšanja energetske učinkovitosti sistemov v hiši nisem predlagala, saj je bil sistem ogrevanja nedavno menjan. Poleg tega so bili sistemu dodani sončni kolektorji, ki zagotavljajo toplo vodo. Blok je priključen na sistem daljinskega ogrevanja z rekuperacijo, tako da tudi tu nisem predlagala izboljšav ogrevalnega sistema. Za stanovanjski blok sem preverila vpliv mehanskega prezračevanja na izboljšanje energetskega stanja. Kot organizacijski ukrep sem v obeh primerih preverila vpliv znižanja notranje projektne temperature.

4.2.1 Predlagani ukrepi za stanovanjsko hišo

4.2.1.1 Toplotna izolacija fasade

Kot prvi ukrep sem izbrala toplotno izolacijo zunanjih sten. Netransparentni del fasade predstavlja skoraj 45 % ovoja stavbe, zato pričakujem, da bo ta ukrep bistveno znižal potrebno rabo toplote v stavbi. Za toplotno izolacijo fasade sem izbrala vlaknaste lesne plošče ($\lambda = 0,045 \text{ W/mK}^2$).

Prva debelina, ki sem jo izbrala, je bila 12 cm. Vrednost toplotne prehodnosti ne ustreza pravilniku PURES 2010, vendar je razlika v primerjavi z začetnim stanjem očitna. Količina potrebne toplote za ogrevanje se zmanjša za 39,7 %. Še dodatno se poveča vpliv na rabo energije, če upoštevam, da se z dodano toplotno izolacijo poveča zrakotesnost ovoja in posledično zmanjša urna izmenjava zraka. Ocenila sem, da se zmanjša za 30 % ($n = 0,7\text{h}^{-1}$). Potreba po toploti se v tem primeru zmanjša za 50,3 %. Raba letne primarne energije (57686 kWh) v tem primeru že zadosti zahtevam iz pravilnika. Stavba se z 12 cm toplotne izolacije fasade že uvrsti v energetski razred D.

Pri povečanju toplotne izolacije na 16 cm se letna potrebna toplota za ogrevanje bistveno ne spremeni. Glede na 12 cm izolacije se potreba po toploti dodatno zmanjša (52,5 %). Opazna razlika je pri primarni rabi energije, ki se izboljša za 54 % glede na izhodiščno stanje, in posledično pri izpustu CO₂, ki se zmanjša za 51% glede na izhodiščno stanje. S toplotno izolacijo debeline 20 cm ne dosežemo več bistvenih sprememb. Kazalniki se seveda še dodatno zmanjšajo, vendar ne za več kot

² Toplotne lastnosti TSG-01-004/2001: str. 104.

1,5 odstotne točke. Glede na izhodiščno stanje se potreba po toploti zmanjša za 54 % in znaša 77,13 kWh/m², kar stavbo še vedno uvršča v energetski razred D. Izbrani energijski kazalniki so prikazani v Preglednici 19.

Preglednica 19 Energijski kazalniki pri izboljšani toplotni izolaciji fasade hiše

Kazalniki in enote	Izhodiščno stanje	12 cm TI	12 cm TI + prezračevanje	16 cm TI + prezračevanje	20 cm TI + prezračevanje	Največja dovoljena vrednost po PURES 2010
Toplotna prehodnost zunanje stene U [W/m ² K]	1,344	0,296	0,296	0,235	0,194	0,280
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	167,59	101,08	83,25	79,66	77,13	41,42
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	39,7	50,3	52,5	54,0	75,3
Letna raba primarne energije Q _p [kWh]	96406	65865	57686	44035	43212	58113
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	96,42	67,59	59,87	47,29	46,52	-

4.2.1.2 Dodatna toplotna izolacija strehe ter toplotna izolacija tal in stropa kleti

Pri strehi za dosego zadostne toplotne prehodnosti zadostuje debelina toplotne izolacije (EPS 50, $\lambda=0,041 \text{ W/mK}^3$) 5 cm. Pri izolaciji tal je potrebna debelina enake izolacije večja in znaša 15 cm. Streha je že toplotno izolirana, z dodatno toplotno izolacijo se zagotovi ustreznost konstrukcijskega sklopa po pravilniku PURES 2010. Posledično je vpliv dodatne izolacije strehe na zmanjšanje letne potrebne toplote za ogrevanje minimalen in znaša manj kot 1 %. Večji vpliv ima dodatna toplotna izolacija tal, ki zmanjša porabo toplote za več kot 6 %, predvsem zato ker tla niso izolirana. Izolacija tal se mi zdi smiseln ukrep, saj so tla v spodnjem nadstropju še vedno prvotna. Prispevek k večji energetski učinkovitosti ni zanemarljiv, tako da bi bilo pri obnovi smiselno upoštevati tudi ta ukrep. Vrednosti energijskih kazalnikov so prikazane v *Preglednici 20*.

Preglednica 20 Energijski kazalniki pri izboljšani toplotni izolaciji ovoja hiše

Kazalniki in enote	Izhodiščno stanje	5 cm EPS streha	15 cm EPS tla	20 cm TI + 5 cm EPS streha + 15 cm EPS tla	Največja dovoljena vrednost
Toplotna prehodnost zunanje stene U [W/m ² K]	Streha: 0,230	0,182	0,265	0,182	0,20
	Tla: 2,533			0,265	0,35
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	167,59	166,0	157,18	65,13	41,42
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	0,95	6,2	61,1	75,3
Letna raba primarne energije [kWh]	96406	95492	93092	39318	58113
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	96,42	95,94	93,25	42,86	-

Predhodno izvedeni ukrepi za toplotno izolacijo fasade so veliko bolj učinkoviti kot dodatna izolacija strehe in tal, zato sem se odločila za kombinacijo ukrepov za dodatno toplotno izolacijo ovoja. Združila sem najbolj učinkovite ukrepe za fasado (20 cm TI), toplotno izolacijo tal (5 cm TI) in dodatno toplotno izolacijo strehe (15 cm TI). Stavbni ovoj je tako v celoti toplotno izoliran, vrednosti toplotne prehodnosti pa ustrezajo pravilniku PURES 2010. Vsi energijski kazalniki kot tudi emisije CO₂ se zmanjšajo za okoli 60 % glede na izhodiščno stanje porabe energije v stavbi. Toplotne izgube se glede na začetno stanje prepolovijo in znašajo 105,68 kWh/m². Pričakovano se najbolj zmanjšajo transmisijske izgube (58 %), ki sedaj znašajo 58,68 kWh/m². Zmanjšajo se tudi toplotni dobitki, vendar samo za 15,6 %. S toplotno izolacijo celotnega ovoja stavbe se že zelo približamo zahtevam iz pravilnika PURES 2010, vendar se stavba še ne uvršča v energetski razred C.

³ Toplotne lastnosti TSG-01-004/2001: str. 104.

4.2.1.3 Zamenjava stavbnega pohištva in zasteklitve

Celotna površina odprtin znaša 46,47 m². Od tega je 24,97 m² novih toplotno izolativnih oken ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$), 6,59 m² starejših oken ($U_w = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,85$) in 4,92 m² strešnih oken ($U_w = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$). Zamenjana so bila tudi ena vhodna vrata velikosti 2,23 m² ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$), ostala vrata zavzemajo 7,76 m² ($U_w = 3,5-3,988 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Za izračun energetskih lastnosti sem najprej preverila vpliv zamenjave starega stavbnega pohištva z energetsko učinkovitejšim. Potrebna toplota za ogrevanje se pri zamenjavi zasteklitve za dvojno zasteklitev z nizkoemisivnim premazom ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$) zmanjša za približno 6 %. Pri trojni zasteklitvi z nizkoemisivnim premazom ($U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,58$) se zmanjša za 6,7 %. Na koncu sem preverila še, kakšen vpliv bi imela trislojna zasteklitev vseh oken. Potreba po letni rabi energije bi se izboljšala za 8,5 % glede na obstoječe stanje, kar v primerjavi z dvojno zasteklitvijo (2,5 odstotnih točk) ni veliko. Tudi s celotno trojno zasteklitvijo se stavba ne uvrsti v višji energetski razred in ostaja v energetskem razredu F. Vrednosti kazalnikov pri različnih tipih zasteklitve so prikazani v Preglednici 21.

Preglednica 21 Energijski kazalniki pri zamenjavi stavbnega pohištva hiše

Kazalniki in enote	Izhodiščno stanje	Zamenjava z dvoslojno zasteklitvijo	Zamenjava s tri slojno zasteklitvijo	Celotna menjava za tri slojno zasteklitev	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	167,59	157,67	156,32	153,38	41,42
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	5,9	6,7	8,5	75,3
Letna raba primarne energije [kWh]	96406	91846	91229	89875	58113
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	96,42	92,12	91,53	90,26	-

Zamenjava stavbnega pohištva s toplotno učinkovitejšim ima na toplotne izgube in dobitke večji vpliv kot toplotna izolacija ovoja stavbe (Preglednica 22 in 23). Za razliko od sončnih dobitkov, ki se pri toplotni izolaciji ovoja ne zmanjšajo veliko, je zmanjšanje zaradi zamenjave zasteklitve veliko (72%). To je posledica nizkoemisivnega premaza, ki prepušča manj sončne svetlobe. Razlika med dvojno in trojno zasteklitvijo je majhna. Tudi pri celotni trojni zasteklitvi se izgube in dobitki ne zmanjšajo veliko, glede na izhodiščno stanje se zmanjšajo za približno 73%.

Preglednica 22 Toplotne izgube v hiši

Izgube [kWh/m ²]	Izhodiščno stanje	TI ovoja	%	Dvojna zasteklitev	%	Trojna zasteklitev	%	Trojna zasteklitev - celotno	%
Celotne	216,17	105,68	51,1	60,396	72,1	59,822	72,3	58,693	72,8
Transmisijske	154,63	64,68	58,2	42,155	72,7	41,588	73,1	40,454	73,8
Ventilacijske	61,54	41	33,4	18,241	70,4	18,234	70,4	18,239	70,4

Preglednica 23 Toplotni dobitki v hiši

Dobitki [kWh/m ²]	Izhodiščno stanje	TI ovoja	%	Dvojna zasteklitev	%	Trojna zasteklitev	%	Trojna zasteklitev - celotno	%
Celotni	53,03	44,75	15,6	14,809	72,1	14,595	72,5	14,286	73,1
Notranji	28,08	23,93	14,8	8,324	70,4	8,313	70,4	8,319	70,4
Solarni	24,95	20,82	16,6	6,485	74,0	6,282	74,8	5,967	76,1

4.2.1.4 Znižanje notranje projektne temperature

Kot zadnji ukrep pri hiši sem preverila znižanje notranje projektne temperature iz 20 °C na 19 °C. Za izvedbo ukrepa je potreben sistem regulacije ogrevalne naprave, ki mora zagotavljati stalno prilagajanje toplotne moči naprave in možnost uravnavanja temperature v prostorih. Pravilna izbira načina regulacije izboljšuje izkoristek ogrevalnega sistema in zagotavlja bivalno ugodje. Preprečeno je tudi pregrevanje, kar pomeni manjše toplotne izgube. [32]

Vpliv na energetske kazalnike je presenetljivo velik (*Preglednica 24*). Letna primarna raba energije se zmanjša za 7,2 % in znaša 96406 kWh, medtem ko se letna potreba po toploti zmanjša za 9 %.

Preglednica 24 Energijski kazalniki pri znižanju projektne notranje temperature v hiši

Kazalniki in enote	Izračunana vrednost	Znižanje na 19°C	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	167,59	152,50	41,42
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	9,0	75,3
Letna raba primarne energije [kWh]	96406	89875	58133
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	96,42	89,87	-

4.2.1.5 Kombinacija ukrepov

Končni predlog za katerega bom tudi izdelala energetsko izkaznico (Priloga B.3) vsebuje celotno toplotno izolacijo ovoja in zamenjavo starega stavbnega pohištva. Okna z dvojno zasteklitvijo ($U_w = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,85$) bi nadomestila okna s trojno zasteklitvijo in nizkoemisivnim premazom ($U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,58$), stara vrata ($U_w = 3,5\text{-}3,899 \text{ W/m}^2\text{K}$) pa bi zamenjala toplotno izolativno učinkovitejša vrata ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$). Pri toplotni izolaciji ovoja sem upoštevala 20 cm toplotne izolacije na fasadi, dodatnih 5 cm toplotne izolacije strehe in toplotno izolacijo tal ter stropa v kleti s 15 cm toplotne izolacije.

Energijski kazalniki za kombinacijo ukrepov so prikazani v *Preglednici 25*. Letna raba primarne energije in izpusti emisij bi se prepolovili. Potrebna toplota za ogrevanje pa bi bila kar 68,8% manjša od izhodiščnega stanja in bi znašala 52,35 kWh/m²a, kar uvršča stavbo v energetski razred C.

Preglednica 25 Energijski kazalniki pri kombinaciji ukrepov v hiši

Kazalniki in enote	Izračunana vrednost	Kombinacija ukrepov	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	167,59	52,35	41,42
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	68,8	75,3
Letna raba primarne energije [kWh]	96406	44732	58133
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	96,42	48,68	-

4.2.2 Predlagani ukrepi za stanovanjski blok

4.2.2.1 Toplotna izolacija fasade

Za toplotno izolacijo sem v primeru stanovanjskega bloka izbrala kameno volno ($\lambda = 0,039 \text{ W/mK}^4$). Za kameno volno so značilne nizka toplotna prevodnost, zvočna izolativnost, negorljivost in paroprepustnost, ki omogoča neoviran prehod vodne pare. [33] Toplotna prehodnost za različne debeline je prikazana v *Preglednici 26*, kjer so prikazani tudi glavni energijski kazalniki. Ustrezno toplotno prehodnost zunanje stene po PURES 2010 zagotavlja že debelina 12 cm. Potreba po energiji se zmanjša za skoraj 36 %, ob upoštevanju manjše izmenjave zraka pa skoraj za 43 %. Letna potrebna toplota za ogrevanje se zmanjša za 47 %, ob upoštevanju manjšega prezračevanja je potrebnih 56 % manj toplote. Pri dodajanju toplotne izolacije se pri 16 cm toplotne izolacije kazalniki zmanjšajo še za 2 dodatni odstotni točki, kar je 58,2 % glede na osnovno stanje. Pri 20 cm toplotne izolacije je potrebna toplota za ogrevanje manjša skoraj za 60 % glede na izhodiščno potrebno toploto. Letni izpust CO₂ se zmanjša za skoraj 45 %.

Preglednica 26 Energijski kazalniki pri izboljšani toplotni izolaciji fasade bloka

Kazalniki in enote	Izhodiščno stanje	12 cm TI	12 cm TI + prezračevanje	16 cm TI + prezračevanje	20 cm TI + prezračevanje	Največja dovoljena vrednost
Toplotna prehodnost zunanje stene U [W/m ² K]	1,344	0,259	0,259	0,203	0,167	0,280
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	173,72	91,63	75,84	72,54	70,43	37,23
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	47,3	56,3	58,2	59,5	78,6
Letna raba primarne energije Q _P [kWh]	302696	194037	173185	168838	166055	211345
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	90,92	58,45	52,23	50,93	50,10	-

⁴ Toplotne lastnosti TSG-01-004/2001: str. 103.

4.2.2.2 Zamenjava stavbnega pohištva

Celotna površina odprtih znaša 213,60 m². Od tega je 94,42 m² novih toplotno izolativnih oken ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$), 107,59 m² starejših škatlastih oken ($U_w = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,85$) in 0,90 m² strešnih oken ($U_w = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,85$). Vhodna vrata so velikosti 2,35 m² ($U_w = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,85$), vrata v klet pa 2,0 m² ($U_w = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0$).

Pri bloku sem najprej preverila vpliv zamenjave starega stavbnega pohištva v skupnih prostorih, saj je v letošnjem letu načrtovana prenova. Zamenjava vhodnih in kletnih vrat, kletnih oken (6,31 m²), oken na podstrešju (1,35 m²) in strešnih oken (0,90 m²) prispeva 18,9 % manjše rabo toplote in 14 % manjše rabo primarne energije na letni ravni. Zamenjava ostalih oken z dvojno zasteklitvijo v stavbi pomeni dodatne 4 odstotne točke izboljšanja pri potrebni toploti za ogrevanje (132,8 kWh/m²a). V primeru trojne zasteklitve se potrebna letna toplota za ogrevanje zmanjša za 26,8 % in znaša 127,22 kWh/m²a, raba energije in izpusti CO₂ se zmanjšajo za približno 20 %. Stavba se že s samo zamenjavo starega stavbnega pohištva uvrsti v višji energetski razred E. Energijski kazalniki za vse tipe zasteklitev so predstavljeni v Preglednici 27.

Preglednica 27 Energijski kazalniki pri zamenjavi stavbnega pohištva v bloku

Kazalniki in enote	Izhodiščno stanje	Zamenjava starega stavbnega pohištva	Zamenjava z dvoslojno zasteklitvijo	Zamenjava za tri slojno zasteklitev	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	173,72	140,81	132,8	127,22	37,23
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	18,9	23,5	26,8	78,6
Letna raba primarne energije [kWh]	302696	259111	248478	241089	211345
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	90,92	77,89	74,71	72,50	-

4.2.2.3 Znižanje notranje projektne temperature

Znižanje projektne temperature kot organizacijski ukrep doprinese 9-odstotno znižanje potrebne toplote za ogrevanje in 7 % manjših izpustov CO₂ ter prav tako 7 % manjše porabe energije na letni ravni. Rezultati so prikazani v *Preglednici 28*.

Preglednica 28 Energijski kazalniki pri znižanju notranje projektne temperature v bloku

Kazalniki in enote	Izračunana vrednost	Znižanje na 19°C	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	173,72	157,73	37,23
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	9,2	78,6
Letna raba primarne energije [kWh]	302696	281506	211345
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	90,92	84,58	-

4.2.2.4 Mehansko prezračevanje

Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših dejavnikov za dobro počutje v prostoru. Neprijetno počutje je posledica povišane temperature zraka, visoke koncentracije CO₂, vlage in pomanjkanja kisika. S kontroliranim prezračevanjem in odvajanjem izrabljenega zraka se zagotovi zdravo bivalno okolje. S centralnim sistemom prezračevanja z rekuperacijo toplote lahko dosežemo tudi prihranke energije. Sistem centralnega prezračevanja sestavljajo kanalske povezave in rekuperator, ki iz odpadnega zraka prenaša toploto na svež zrak, s čimer ga segreva. [34] Učinkovitost sistema z rekuperacijo dosega vrednosti do 90 %. Predpogoj za delovanje takega prezračevanja je učinkovito tesnjenje stavbe. [35]

Pri mehanskem prezračevanju sem ocenila količino pretoka zraka ($V' = 0,38 \text{ m}^3/\text{s}$) tako, da sem upoštevala volumen celotne stavbe ($V = 2730 \text{ m}^3$) in minimalno izmenjavo zraka ($n = 0,5 \text{ h}^{-1}$). Za količino dotočnega zraka ($V_{su}' = 0,39 \text{ m}^3/\text{s}$) sem izbrala višjo vrednost od količine iztočnega zraka ($V_{ex}' = 0,36 \text{ m}^3/\text{s}$), da se ustvari potreben nadtlak za prezračevanje. Za projektno vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema sem izbrala $V_{t,d} = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Urno izmenjavo zraka pri tlačni razliki 50 Pa sem glede na stopnjo tesnosti ovoja preverila za $n_{50} = 5 \text{ h}^{-1}$ in $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$. Koeficienta zaščite proti vetru znašata $e = 0,07$ in $f = 15$. Učinkovitost rekuperacijskega sistema znaša $\eta = 0,90$.

Uvedba mehanskega prezračevanja bi glede na izhodiščno stanje pomenila skoraj 3-odstotno manjšo porabo toplote in dobra 2 % manj emisij ter primarne rabe energije za delovanje stavbe. Preverila sem še uvedbo mehanskega prezračevanja pri izboljšanjem tesnjenju ovoja za $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$. Letna primarna raba energije pri boljšem tesnjenju se zmanjša na 278680 kWh, emisije na letni ravni znašajo 83,72 kg/m²a, kar predstavlja skoraj 8-odstotno nižanje glede na izhodiščno stanje. Potrebna toplota za ogrevanje znaša 155,54 kWh/m²a in stavbo še vedno uvršča v energetski razred F. Energijski kazalniki za mehansko prezračevanje so prikazani v Preglednici 29.

Preglednica 29 Energijski kazalniki pri mehanskem prezračevanju v bloku

Kazalniki in enote	Izračunana vrednost	Mehansko prezračevanje $n_{50} = 5 \text{ h}^{-1}$	Mehansko prezračevanje $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ² a]	173,72	168,78	155,54	37,23
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	2,8	10,5	78,3
Letna raba primarne energije [kWh]	302696	296170	278618	211345
Emisije CO ₂ [kg/m ² a]	90,92	88,96	83,72	-

4.2.2.5 Kombinacije ukrepov

Za kombinacijo stroškovno učinkovitih ukrepov sem izbrala toplotno izolacijo fasade (20 cm), menjavo vsega stavbnega pohištva za okna z dvojno zasteklitvijo in nizkoemisivnim premazom ($U_w = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$), toplotno učinkovitejša vrata ($U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,76$) ter uvedbo mehanskega prezračevanja pri urni izmenjavi zraka pri 50 kPa za vrednost $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$. To je tudi moj predlog za drugo energetsko izkaznico za blok (Priloga B.4).

V *Preglednici 30* so prikazani rezultati za kombinacijo ukrepov. Vrednosti za letno rabo primarne energije in emisij CO_2 se prepolovijo. Potrebna toplota za ogrevanje znaša $49,22 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, kar je 71,7 % manj kot v osnovnem stanju. S kombinacijo ukrepov tako dosežemo uvrstitev v energetski razred C.

Preglednica 30 Energijski kazalniki pri kombinaciji ukrepov v bloku

Kazalniki in enote	Izračunana vrednost	Mehansko prezračevanje + TI ovoja	Največja dovoljena vrednost
Potrebna toplota za ogrevanje [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]	173,72	49,22	37,23
Zmanjšanje potrebne toplote glede na izhodiščno stanje [%]	-	71,7	78,3
Letna raba primarne energije [kWh]	302696	140587	211345
Emisije CO_2 [$\text{kg/m}^2\text{a}$]	90,92	42,96	-

5 Zaključek in diskusija

Zaključek

Obstoječe stanje stavbnega fonda zahteva velike potrebe po energiji. Namen moje diplomske naloge je bil poleg predstavitve izdelave računske energetske izkaznice, preveriti učinkovitost ukrepov na energetske učinkovitost in narediti simulacijo izvedenih ukrepov.

Evropska zakonodaja na področju energetske učinkovitosti stavb spodbuja trajnostni razvoj in smotrno rabo energije. Direktive, ki jih izdaja EU, so namenjene uporabi v zakonodaji in akcijskih načrtih posameznih držav članic. Lokalne značilnosti podnebja narekujejo možne načine uporabe obnovljivih virov energije. K večji energetske učinkovitosti pripomorejo tudi sistemi v stavbah, ki naj bi poleg uporabe obnovljive energije imeli čim večje izkoristke pri delovanju. Pomembno vlogo ima tudi nadzor nad porabo energije, ki se začne že pri uporabnikih stavb.

V diplomski nalogi sem predstavila nekatere ukrepe in njihov vpliv na izboljšanje energetske učinkovitosti. Za najbolj učinkovit ukrep se je pričakovano izkazala toplotna izolacija ovoja, predvsem fasade, ki ni bila toplotno izolirana pri nobeni izmed obravnavanih stavb. V hiši se je pri debelini toplotne izolacije 20 cm letna potreba po toploti zmanjšala za 54 %, v bloku pa za skoraj 60 %. Presenetilo me je majhno znižanje porabe energije pri zamenjavi stavbnega pohištva. Trojna zasteklitev vseh oken v hiši bi glede na prvotno stanje doprinesla k zmanjšanju potrebne toplote le 8,5 %. Glavni razlog za majhno zmanjšanje je majhna površina zasteklitve, zato izboljšanje U-faktorja zasteklitve minimalno vpliva na zmanjšanje transmisijskih izgub. Hkrati se zaradi zmanjšane g-faktorja zmanjšajo tudi solarni dobitki. Delež starega stavbnega pohištva v hiši znaša okoli 40 %, saj so bila okna v dveh nadstropjih že zamenjana, kar tudi vpliva na rezultat. Izboljšanje glede na prvotno stanje je v stanovanjskem bloku večje, kar je posledica večje površine odprtih, poleg tega je delež starega stavbnega pohištva v bloku večji (60 %). V tem primeru je izboljšanje rabe toplote glede na prvotno stanje 26,8 %. Za obe stavbi sem informativno preverila organizacijski ukrep znižanja notranje projektne temperature za 1 °C. Zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje znaša pri obeh okoli 9 %, kar je presenetljivo veliko. Kot zadnji ukrep sem pri bloku preverila vpliv mehanskega prezračevanja na porabo energije v stavbi. Lokacija stanovanjskega bloka je ob štiripasovni cesti, tako da bi z dobro načrtovanim in vzdrževanim mehanskim prezračevanjem pripomogli ne samo k večji energetske učinkovitosti, ampak tudi k boljši kakovosti zraka v prostorih. Pogoji za uvedbo mehanskega prezračevanja je dobro tesnjenje ovoja, zato pride mehansko prezračevanje v poštev, ko bosta sanirani tako fasada kot stavbno pohištvo. Pri slabem tesnjenju je vpliv na zmanjšanje potrebne energije za ogrevanje manj kot 3 %, medtem ko je pri dobrem tesnjenju glede na osnovno stanje izboljšanje kar 10 %.

V prvi energetske izkaznici (Priloga B.1 in B.2) je prikazano dejansko stanje obravnavanih stavb. Obe stavbi se uvrščata v energetske razred F (od 150 do 210 kWh/m²a). Moj cilj je bil, da ob upoštevanju kombinacije ukrepov stavbi uvrstim v višji energetske razred. Pričakovala sem, da se bosta obe stavbi s posameznimi ukrepi uvrstili v energetske razred D (od 60 do 105 kWh/m²a). To se je pri obeh potrdilo že pri najmanjši izbrani debelini toplotne izolacije (12 cm) zunanjih sten. Zamenjava stavbnega pohištva v bloku je zadostovala za uvrstitev v višji razred – energetske razred E (od 105 do 150 kWh/m²a). S kombinacijo ukrepov pa sta se obe stavbi uvrstili v energetske razred C (od 35 do 60 kWh/m²a).

V drugi energetski izkaznici za oba objekta (Priloga B.3 in B.4) sem izbrala kombinacijo ukrepov. Za smiselna ukrepa za hišo sta se izkazala:

- toplotna izolacija celotnega ovoja in
- menjava starega stavbnega pohištva s toplotno učinkovitejšim.

Za blok sem kot stroškovno učinkovite ukrepe izbrala:

- toplotno izolacijo fasade,
- menjavo stavbnega pohištva s toplotno učinkovitejšim in
- uvedbo mehanskega prezračevanja (ob upoštevanju dobro načrtovanega in redno vzdrževanega mehanskega sistema, ki bo sanitarno, tehnično in higiensko ustrezen).

Kombinacija ukrepov je pri obeh stavbah zmanjšala potrebo po toploti za okoli 70 %. Nekaj manj zmanjšanja je bilo v primeru hiše. Menim, da je to tako zaradi vpeljave mehanskega prezračevanja v bloku. Letna raba primarne energije je razumljivo večja v bloku zaradi večje neto površine. Emisije CO₂ na kvadratni meter uporabne površine pa so v bloku celo manjše kot v hiši. S kombinacijo ukrepov se že zelo približamo maksimalno dovoljenim vrednostim v pravilniku PURES 2010, glede rabe primarne energije jih tudi dosežemo. Uvrstitev v energijski razred C se mi zdi zelo dobra.

Ukrepi, ki sem jih obravnavala v diplomski nalogi, so najbolj očitni in predvidevam, da tudi najbolj učinkoviti. Za nadaljnje ukrepe bi lahko predlagala še uporabo obnovljivih virov energije. Za hišo bi bila mogoča uporaba toplotne črpalke. Na bloku pa bi se lahko namestili sprejemniki sončne energije za ogrevanje sanitarne tople vode.

Viri

- [1] Raba končne energije po sektorjih. 2015.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=635 (Pridobljeno 26. 3. 2015.)
- [2] Poraba energije in goriv po gospodinjstvih. 2015.
<http://www.stat.si/StatWeb/glavnanavigacija/podatki/prikazistaronovico?IdNovice=6564> (Pridobljeno 26. 3. 2015.)
- [3] Statistike nad vhodnimi podatki Registra nepremičnin. 2008. Geodetski inštitut 2008. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije: str. 7, 8.
http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/PROJEKTI/REN/Statistika_REN.pdf
(Pridobljeno 10. 12. 2014.)
- [4] Okoljska politika. 2015.
http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm (Pridobljeno 26. 3. 2015.)
- [5] Energetska učinkovitost in energetska izkaznica stavb. 2010. 5/1 Pravilnik PURES-2 2010.
http://www.zfm.si/shared_files/pdf_prirocniki/energetska-ucinkovitost-iz-vsebine.pdf (Pridobljeno, 15. 12. 2014)
- [6] Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb ENERGETSKE PRENOVE STAVB (predlog). 2015. Ministrstvo za infrastrukturo.
http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/dseps/dsepsf_javna_obravnavna_maj_2015.pdf (Pridobljeno, 29. 5. 2015)
- [7] Deu, Ž. 2004. Obnova stanovanjskih stavb na slovenskem podeželju. Ljubljana, Kmečki glas: str. 14 – 17.
- [8] Energetske izkaznice. 2014. <http://energetskaizkaznica.si/> (Pridobljeno 22. 10. 2014.)
- [9] Krainer, A., Perdan, R. 2012. TOST – Program za izračun energetske bilance stavb po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004. Ljubljana, UL FGG, KSKE.
- [10] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov.
- [11] Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Direktiva EPBD-r 2010/31/EU.
- [12] Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov energije. Direktiva OVE 2009/28/ES.
- [13] Direktiva o učinkoviti rabi energije. Direktiva EED 2012/27/ES.
- [14] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1). Uradni list RS št. 82/2013: 9183
- [15] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št. 110/02: 13084
- [16] Energetski zakon (EZ-1). Uradni list RS, št. 17/2014: 1787.
- [17] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010: 7840

- [18] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.
http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno, 10. 12. 2014)
- [19] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 92/2014: 10302
- [20] Podnebja v Sloveniji. 2015.
<http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/podnebje-Slovenija/f.htm> (Pridobljeno 26. 3. 2015.)
- [21] Temperatura zraka. 2015.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/maps/description/temperature/> (Pridobljeno 26. 3. 2015.)
- [22] Krainer, A., Perdan, R. 2012. TEDI – Program za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. Ljubljana, UL FGG, KSKE
- [23] Nizko-emisivni premaz. 2015. <http://www.planitherm.com/about-planitherm> (Pridobljeno 21. 4. 2015.)
- [24] Toplotno izolativna zasteklitev. 2015.
http://www.glassolutions.at/en/produkte/waermedaemmung/climaplus_one/index.aspx
(Pridobljeno 16. 5. 2015.)
- [25] Računalniški program TOST: Uporabniški priročnik.
- [26] Hajdinjak, R. 2009. Gradimo s steklom. Gornja Radgona, REFLEX d.o.o.: str. 244.
http://www.reflex.si/si/files/default/knjiga-gradimo-s-steklom/Gradimo_s_steklom_Book_SLO_web.pdf (Pridobljeno 26. 3. 2015.)
- [27] Kombinirano solarno ogrevanje prostorov in sanitarne vode. 2015.
<http://www.stroj-si.com/sl/sistemi-ogrevanja/kombinirano-solarno-ogrevanje-prostorov-in-sanitarne-vode/> (Pridobljeno 13. 5. 2015.)
- [28] Daljinsko ogrevanje. 2015.
<http://www.energetika-lj.si/toplota/daljinsko-ogrevanje> (Pridobljeno 5. 2. 2015.)
- [29] Termoelektrarna Ljubljana. 2015.
http://www.te-tol.si/index.php?sv_path=2455 (Pridobljeno 5. 2. 2015.)
- [30] Grelni sistemi v stavbah. 2015.
<http://lab.fs.uni-lj.si/los1/images/vaje/toplotne%20izgube%20-%20izracun%20projektne%20toplotne%20moi.pdf> (Pridobljeno 29. 5. 2015.)
- [31] Toplotna zaščita hiše. 2015.
<http://www.erevija.com/clanek/38/Toplotna-zascita-hise> (Pridobljeno 29. 5. 2015.)
- [32] Regulacija centralnega ogrevanja. 2015.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije/URE/URE1-03.htm> (Pridobljeno 29. 5. 2015.)
- [33] Lastnosti kamene volne. 2015.
<http://www.knaufinsulation.si/lastnosti-kamene-volne-knauf-insulation-0> (Pridobljeno 29. 5. 2015.)

[34] Mehansko prezračevanje stavb. 2015.

<http://energetskaizkaznica.si/nasveti/sodobni-sistemi-za-mehansko-prezracevanje-stavb/>

(Pridobljeno 29. 5. 2015.)

[35] Načrtovanje centralnega sistema za prisilno prezračevanje. 2015.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT278.htm> (Pridobljeno 29. 5. 2015.)

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Tlorisi obravnavanih stanovanjskih stavb

Priloga A.1: Tlorisi stanovanjske hiše

Priloga A.2: Tlorisi stanovanjskega bloka

PRILOGA B: Računske energetske izkaznice

Priloga B.1: Računska energetska izkaznica za hišo v obstoječem stanju

Priloga B.2: Računska energetska izkaznica za blok v obstoječem stanju

Priloga B.3: Računska energetska izkaznica za hišo s predlaganimi ukrepi

Priloga B.4: Računska energetska izkaznica za blok s predlaganimi ukrep