

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:

Jeraj, B., 2015. Energetska bilanca izbrane večstanovanjske stavbe s predlogi izboljšav. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Dovjak, M., somentor Kunič, R.): 35 str.

Datum arhiviranja: 01-10-2015

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:

Jeraj, B., 2015. Energetska bilanca izbrane večstanovanjske stavbe s predlogi izboljšav. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Dovjak, M., co-supervisor Kunič, R.): 35 pp.

Archiving Date: 01-10-2015

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

Kandidat:

BLAŽ JERAJ

**ENERGETSKA BILANCA IZBRANE
VEČSTANOVANJSKE STAVBE S PREDLOGI
IZBOLJŠAV**

Diplomska naloga št.: 198/B-GR

**ENERGY BALANCE OF CHOSEN APARTMENT
BUILDING WITH SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT**

Graduation thesis No.: 198/B-GR

Mentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Somentor:

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 17. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Podpisani Blaž Jeraj izjavljam, da sem avtor dela z naslovom »Energetska bilanca izbrane večstanovanjske stavbe s predlogi izboljšav«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 25. 8. 2015

Blaž Jeraj

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	699.86:725.1(497.4)(043.2)
Avtor:	Blaž Jeraj
Mentor:	doc. dr. Mateja Dovjak
Somentor:	doc. dr. Roman Kunič
Naslov:	Energetska bilanca izbrane večstanovanjske stavbe s predlogi izboljšav
Tip dokumenta:	Diplomska naloga, univerzitetni študij
Obseg in oprema:	35 str., 36 preg., 7 sl., 3 graf.
Ključne besede:	energetska bilanca, računsko izkaznica, večstanovanjska stavba sanacijski ukrepi, KI Energija

Izveček:

Namen diplomske naloge je izračun energetske bilance za večstanovanjsko stavbo v Logatcu, na naslovu: Sončni log 1 in 1a, v okviru katere želimo prikazati energijsko ustreznost oziroma neustreznost večstanovanjske stavbe in podati predloge sanacije, s katerimi lahko dosežemo kriterij energetske učinkovite stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010, Ur. l. RS, št. 52/2010: 7840). Izračun je izveden s programom KI Energija, ki temelji na metodologiji po PURES-u 2010 in Tehnični smernici - učinkovita raba energije (TSG št. 1-004, leto 2010). Zaradi neustreznih vrednosti faktorjev toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov je narejena primerjava med dejanskimi U faktorji in faktorji, ki so bili veljavni v času projektiranja. S pomočjo računalniškega programa KI Energije je izpisana tudi računsko energetska izkaznica, ki je pokazatelj energetske učinkovitosti.

Energetska bilanca izbrane stavbe ne ustreza kriterijem PURES 2010, saj je bila v času projektiranja leta 2005 veljavna zakonodaja z manj strožimi kriteriji. Največja odstopanja so pri medetažnem konstrukcijskem sklopu, ki ločuje ogrevano cono in garažo, ker ni toplotno izoliran in U faktor presega mejne vrednosti za 1,1 W/(m²K). Energetsko najučinkovitejši sanacijski ukrepi so dodatna toplotna izolacija medetažnih konstrukcijskih sklopov in netransparentnih zunanjih površin ter vgradnja mehanskega prezračevanja z rekuperacijo toplote.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.86:725.1(497.4)(043.2)
Author:	Blaž Jeraj
Supervisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph.D.
Co-advisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D.
Title:	Energy balance of chosen apartment building with suggestions for improvement
Document type:	Graduation thesis, university studies
Scope and tools:	35 p., 36 tab., 7 fig., 3 graph.
Key words:	energy balance, calculated energy performance certificate, apartment building, suggestions for improvement, KI Energy

Abstract:

The purpose of this diploma thesis is the energy balance calculation of an apartment building in Logatec, at the address Sončni log 1 and 1a. This data represents the energy efficiency or inefficiency of the apartment building and can be used to introduce renovation possibilities, with which the criteria of an energy efficient building, according to the Regulations on Energy Efficiency in Buildings (PURES 2010, Ur. l. RS, nr. 52/2010: 7840), can be met. . The calculations were carried out using the KI Energija software that is based on the methodology of the Regulations PURES 2010 and the directive Tehnična smernica - učinkovita raba energije (TSG nr. 1-004, 2010). Also carried out was a comparison of the actual U-factors with those in effect at the time of construction planning, because of the inadequate values of thermal transmittance factors of constructional complexes. The KI Energija computer software recorded energy balance calculations which indicate energy efficiency.

The chosen building's energy balance does not meet the criteria of PURES 2010, because the legislation in effect at the time of construction planning, in 2005, involved criteria that were less strict. The most substantial deviations occur in the split-level constructional complex, which divides the heated zone and the garage, because it is not thermally insulated and the U-factor exceeds the threshold by 1,1 W/(m²K). The most energy-efficient renovation measures include additional thermal insulation of split-level constructional complexes and the non-permeable exterior, while also installing a mechanical ventilation system with heat recovery.

ZAHVALA

Zahvalil bi se svoji mentorici doc. dr. Mateji Dovjak in somentorju doc. dr. Romanu Kuniču, ki sta mi med nastajanjem diplomske naloge pomagala s koristnimi nasveti, ter Primožu Godini, upravniku obravnavane stavbe za zaupanje načrtov.

Zahvalil bi se tudi staršem in puncu Ani, ki so me med študijem in nastajanjem diplomske naloge podpirali.

Blaž Jeraj

KAZALO VSEBINE

IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 CILJI	2
2 ZAKONODAJA	3
2.1 DIREKTIVA 2010/31/EU O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI STAVB	3
2.2 DIREKTIVA 2012/27/EU O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI	3
2.3 PRAVILNIK O UČINKOVITI RABI ENERGIJE (PURES 2010), UR. L. RS, ŠT. 52/2010: 7840	4
2.4 TEHNIČNA SMERNICA, UČINKOVITA RABA ENERGIJE, TSG – 004:2010.....	6
2.4.1 <i>Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hladu za hlajenje stavbe</i>	7
2.5 PRAVILNIK O METODOLOGIJI IZDELAVE IN IZDAJI ENERGETSKIH IZKAZNIC (UR. L. RS, ŠT. 77/2009:10310)	9
3 METODA DELA	12
3.1 PREDSTAVITEV OBJEKTA	12
3.2 RAZDELITEV V CONE	13
3.3 VHODNI PODATKI	13
3.3.1 <i>Ogrevana cona 1, stanovanjski del</i>	14
3.3.2 <i>Neogrevana cona 1, podstrešje</i>	15
3.2.3 <i>Neogrevana cona 2, stopnišče s servisnimi prostori</i>	15
3.2.4 <i>Neogrevana cona 3, garaža s kletjo</i>	15
3.3 LASTNOST ZUNANJIH IN PREDELNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV STAVBE	16
3.4 OC 1 – STANOVANJSKI DEL	18
3.4.1 <i>Netransparentni del</i>	18
3.4.2 <i>Transparentni del</i>	19
3.4.3 <i>Predelni KS med OC 1 in neogrevanimi conami</i>	19
3.4.4 <i>Toplotni most</i>	19
3.4.5 <i>Prezračevanje</i>	19
3.4.6 <i>Ogrevanje</i>	20
3.4.7 <i>Razsvetljava</i>	20
3.5 NC 1 – PODSTREŠJE	20
3.6 NC 2 – STOPNIŠČE S SERVISNIMI PROSTORI.....	20
3.7 NC 3 – GARAŽA IN KLETNI PROSTORI.....	21
4 REZULTATI ENERGETSKE BILANCE	22
4.1 ZAKONODAJA V ČASU PROJEKTIRANJA	23
4.2 REZULTATI PRIKAZANI Z RAČUNSKO ENERGETSKO IZKAZNICO.....	24
5 SANACIJA OBSTOJEČEGA STANJA	26
5.1 IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI NETRANSARENTNIH POVRŠIN OGREVANE CONE, 15 CM TI	26
5.2 IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI NETRANSARENTNIH POVRŠIN OGREVANE CONE, 25 CM TI	27

5.3	IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI TRANSPARENTNIH POVRŠIN OGREVANE CONE	27
5.4	IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI NOTRANJIH IN MEDETAŽNIH KS	27
5.5	NAMESTITEV SISTEMA MEHANSKEGA PREZRAČEVANJA Z VRAČANJEM TOPLOTE.....	28
5.6	KOMBINACIJA UKREPOV	28
5.6.1	<i>Upoštevanje vseh predlaganih ukrepov z manj TI (15 cm).....</i>	29
5.6.2	<i>Kombinacija ukrepov: mehansko prezračevanje, več TI (25 cm) netransparentnih površin in izboljšava notranjih – medetažnih KS.....</i>	29
5.7	KOMENTAR PREDLAGANIH SANACIJSKIH UKREPOV	30
5.8	OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	31
6	ZAKLJUČEK	32
VIRI	33

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne vrednosti toplotne prehodnosti za gradbene elemente v stavbi [11]	5
Preglednica 2: Razredi energetske učinkovitosti	11
Preglednica 3: Poimenovanje con	13
Preglednica 4: Splošne značilnosti obravnavane stavbe	13
Preglednica 5: Splošne značilnosti ogrevane cone OC 1	14
Preglednica 6: Sestave konstrukcijskih sklopov	14
Preglednica 7: Splošne značilnosti NC 1	15
Preglednica 8: Sestava konstrukcijskih sklopov	15
Preglednica 9: Splošne značilnosti NC 2	15
Preglednica 10: Sestava KS	15
Preglednica 11: Splošne lastnosti NC 3	15
Preglednica 12: Sestava KS NC 3	16
Preglednica 13: Lastnosti celinskega podnebja	16
Preglednica 14: Povprečne mesečne temperature zun. zraka (°C), rel. vlažnost zun. zraka (%) in son. obsevanje (kWh/m ²) v celinskem podnebju. Vir KI Energija	16
Preglednica 15: KS zunanje stene	17
Preglednica 16: KS strehe	17
Preglednica 17: KS medetažne konstrukcije, garaža – ogrevani prostori v pritličju	17
Preglednica 18: KS medetažne konstrukcije, mansardna stanovanja-podstrešje	17
Preglednica 19: KS sten, stopnišče – ogrevani prostori (stanovanja)	18
Preglednica 20: Lastnosti OC 1	18
Preglednica 21: Površina netransparentnega dela OC 1	18
Preglednica 22: Število in površina oken ter vrat	19
Preglednica 23: Predelni KS med OC 1 in neogrevanimi conami	19
Preglednica 24: Podatki o stavbi	22
Preglednica 25: Kazalniki energetske učinkovitosti stavbe	22
Preglednica 26: Dovedena energija za delovanje stavbe (kWh/a oziroma kWh/(m ² a))	22
Preglednica 27: Transmisijske, prezračevalne izgube, dobitki notranjih virov in sončnega sevanja, toplota za gretje (kWh/a)	23
Preglednica 28: Primerjava <i>U</i> faktorjev med zakonodajama iz leta 2002 in 2010	23
Preglednica 29: Učinek izboljšave fasade (dodatnih 5 cm) na letno potrebo toplote za ogrevanje stavbe	26
Preglednica 30: Učinek izboljšave fasade (dodatnih 15 cm) na letno potrebo toplote za ogrevanje stavbe	27
Preglednica 31: Vpliv nižje toplotne prehodnosti oken na letno potrebo toplote za ogrevanje stavbe	27
Preglednica 32: Vpliv izboljšanja kakovosti notranjih in medetažnih KS	28
Preglednica 33: Vgradnja mehanskega prezračevanja z rekuperacijo	28
Preglednica 34: Upoštevanje vseh ukrepov (TI debeline 15 cm)	29
Preglednica 35: Primerjava dovedene energije za delovanje stavbe med obstoječim stanjem in z upoštevanimi ukrepi	29
Preglednica 36: Kombinacija ukrepov: mehansko prezračevanje, 25 cm TI netransparentnih površin, izboljšava notranjih in medetažnih KS	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Vloga standarda SIST EN ISO 13790 pri računanju potrebne energije [12]	7
Slika 2: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri [12]	8
Slika 3: Sončni log 1, 1a. Pogled s ceste na J stran objekta	12
Slika 4: Tloris 1. nadstropja [15]	13
Slika 5: Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe	24
Slika 6: Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe	24
Slika 7: Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe in letne emisije CO2 zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe	25

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Poraba energije po sektorjih v EU [22]	1
Grafikon 2: Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih (kWh/a)	25
Grafikon 3: Primerjava predlaganih ukrepov	30

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

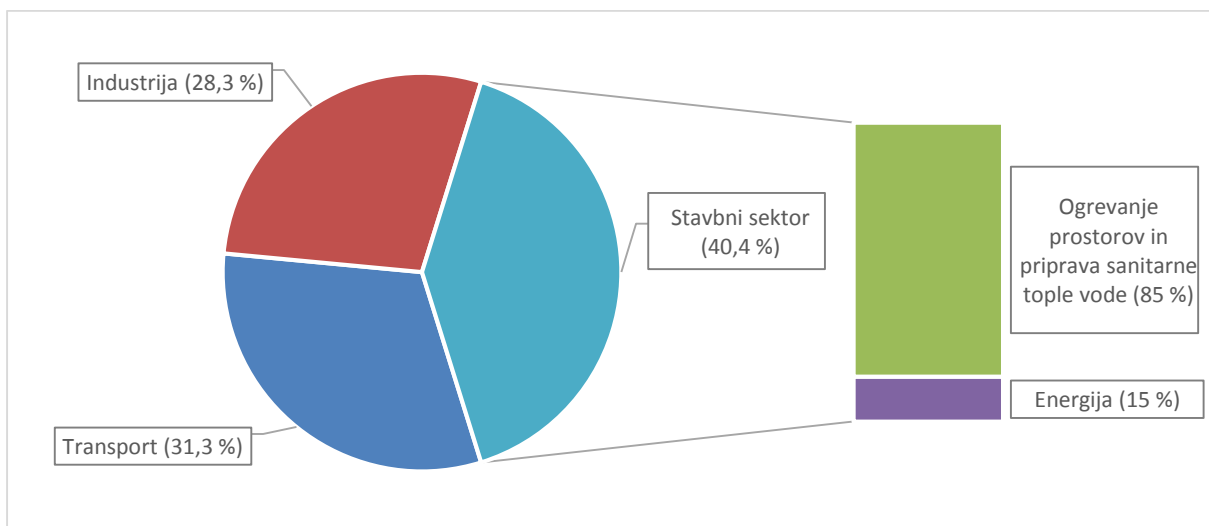
Q_{NH} (kWh)	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe
Q_{NC} (kWh)	Letni potrebni hlad za hlajenje stavbe
Q (kWh)	Letna dovedena energija za delovanje stavbe
Q_P (kWh)	Letna primarna energija za delovanje stavbe
λ_G [W/(mK)]	Toplotna prevodnost zemljine
λ [W/(mK)]	Toplotna prevodnost
μ (-)	Difuzijska odpornost vodni pari
ρ (kg/m ³)	Gostota
sd (m)	Upor za prehod vodne pare
U [W/(m ² K)]	Toplotna prehodnost elementa
U_{max} [W/(m ² K)]	Največja dovoljena toplotna prehodnost elementa
Ψ_e [W/(mK)]	Zunanja linijska toplotna prehodnost
A_u (m ²)	Neto uporabna površina stavbe
V_e (m ³)	Kondicionirana prostornina stavbe
A (m ²)	Površina
A_k (m ²)	Kondicionirana površina stavbe
A_w (m ²)	Površina transparentnega elementa
n (h ⁻¹)	Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem
$g_{gl,w}$ (-)	Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela
LT	Svetlobna prepustnost stekla
$F_{F,w}$ (-)	Faktor okvirja
f_o (m ⁻¹)	Oblikovni faktor
H'_T [W/(m ² K)]	Količnik specifičnih transmisijskih toplotnih izgub
f_{OVE}	Faktor obnovljivih virov energije

»ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Danes se veliko pozornosti posveča prekomernemu onesnaževanju okolja, previsoki vsebnosti toplogrednih plinov v ozračju in previsoki potrošnji energije. Neizpodbitno dejstvo je, da se temperatura zemeljskega ozračja v zadnjih letih konstantno zvišuje in strokovnjaki zatrjujejo, da je glavni krivec prav ogljikov dioksid. [1] Po drugi strani pa nekateri menijo, da CO₂ ni krivec za zviševanje temperatur, ampak naj bi bile te spremembe odvisne od vpliva sonca ter drugih naravnih procesov. [2]

Dejstvo je, da je treba za boljšo kakovost življenja naših potomcev znižati količine porabljene energije, omejiti potrošnjo porabe trdih in fosilnih goriv ter posledično zmanjšati emisije toplogrednih plinov.



Grafikon 1: Poraba energije po sektorjih v EU [22]

Med vsemi sektorji je ravno stavbni tisti, ki ima še največ rezerve za napredek pri zmanjšanju porabe energije, saj trenutno porabi okoli 40 % vse porabljene energije v EU. [3] Glavni razlog takšne potrošnje je bila poceni energija v preteklosti, nezavedanje ljudi, manjši nabor izbire materialov in rešitev konstrukcijskih sklopov. Gradile so se stavbe s slabo toplotno izolacijo, saj ta ni bila obvezna in zahtevana v pravilnikih, poleg tega pa višja poraba energije ni imela večjega vpliva na finančno stanje posameznikov, ker je bila relativno poceni.

Evropski komisar za energijo Günther H. Oettinger je prepričan, da zvišanje cen energije in vse večje odvisnosti od uvoza energije ogroža varnost in konkurenčnost EU. [4] V želji po energetski neodvisnosti, konkurenčnosti in v borbi proti klimatskim spremembam je EU z načrti, podkrepjenimi z direktivami, določila cilje do leta 2020, 2030 in 2050. Torej, v skladu z Direktivo 2012/27/EU [5] o energetski učinkovitosti so cilji do leta 2020:

- 20 % zmanjšanje emisij toplogrednih plinov iz leta 1990,
- 20 % energetska izboljšanje v EU,
- 20 % delež energije iz obnovljivih virov v skupni porabi energije Unije. [6]

To pa ni edini cilj Evrope, saj so načrti za naslednja desetletja že zastavljeni. Naslednji postaji sta leto 2030 in 2050. V skladu z zahtevami Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti so cilji do leta 2030:

- 40 % zmanjšanje emisij toplogrednih plinov iz leta 1990,
- 30 % energetske izboljšanje v primerjavi z letom 1990,
- vsaj 27 % delež energije pridobljene iz obnovljivih virov. [7]

Do leta 2050 pa se je EU zavezala k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov za vsaj 80–95 % v primerjavi z letom 1990. [8]

Načrti za prihodnost so, vendar je treba paziti, da v želji po čim nižji potrošnji energije ne zapostavimo kakovosti bivanja v stavbah. [9] Zavedati se je treba, da ljudje večino svojega časa, več kot 80 %, preživimo v stavbah oziroma v zaprtih prostorih. [10] Zato bi bile velike posledice, če se bodo stavbe brezglavo projektirale in se bo proizvajalo ter uporabljalo zdravju in okolju škodljivi materiali.

Po drugi strani pa se je prav tako treba vprašati, kakšen vpliv na okolje imajo novi materiali, uporabljeni za izolacijo in koliko energije se sploh porabi v času med proizvodnjo materiala ter njegove vgradnje v stavbo.

1.1 Cilji

Cilji diplomske naloge so:

1. izračunati energetske bilanco stavbe za obravnavano stavbo po PURES 2010
2. primerjati rezultate z zakonskimi zahtevami v času projektiranja (2005)
3. izpisati (program KI Energija) in predstaviti računsko energetske izkaznico
4. predstaviti možne ukrepe za izboljšavo energetske učinkovitosti
 - a. vgraditev dodatne izolacije v zunanjih KS ogrevane cone
 - b. vgraditev novih tri slojnih oken
 - c. vgraditev dodatne izolacije v notranjih in medetažnih KS
 - d. namestitev sistema mehanskega prezračevanja z vračanjem toplote
 - e. upoštevanje kombinacije ukrepov
 - f. izpolnitev kriterija za obnovljive vire energije

2 ZAKONODAJA

Za dosego ciljev navedenih v uvodu je Evropska unija sprejela direktive, katere je Republika Slovenija prenesla v nacionalni pravni red. Zapisal bom povzetke direktiv, ki vplivajo na današnjo zakonodajo Republike Slovenije ter zakone in pravilnike, ki se nanašajo na učinkovito rabo energije v stavbah.

2.1 Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb

Zaradi večanja stavbnega sektorja (40 % skupne porabe energije v EU) in posledično višje potrošnje energije, je Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2002) zamenjala nova direktiva, Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 (v nadaljevanju EPBD-r). Ta spodbuja izboljšanje energetske učinkovitosti stavb v Uniji z ostrejšimi ukrepi kot predhodna in določa zahteve v zvezi z:

- skupnim splošnim okvirom metodologije za izračunavanje celovite energetske učinkovitosti stavb in stavbnih enot;
- uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih stavb in novih stavbnih enot;
- uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti:
 - obstoječih stavb, stavbnih enot ali elementov stavb, na katerih potekajo velika prenovitvena dela;
 - elementov stavb, ki so del ovoja stavbe in imajo znaten vpliv na energetske učinkovitost ovoja stavbe, kadar se ti nadomestijo z boljšimi ali zamenjajo; in
 - tehničnih stavbnih sistemov, kadar so ti vgrajeni, zamenjani ali nadgrajeni;
- nacionalnimi načrti za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb;
- energetske certifikiranjem stavb ali stavbnih enot;
- rednimi pregledi ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah; ter
- neodvisnimi nadzornimi sistemi za energetske izkaznice in poročila o pregledu. [3]

Zaradi potratnih stavb se z direktivo članice EU zavežejo, da so do konca leta 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske. Za stavbe, ki so v uporabi javnih organov pa je to potrebno zagotoviti od 31. 12. 2018. Poleg tega morajo članice pripraviti nacionalne načrte za povečanje števila skoraj nič-energijskih stavb. [3]

2.2 Direktiva 2012/27/EU o energetske učinkovitosti

Direktiva 2012/27/EU o energetske učinkovitosti je bila sprejeta 25. oktobra 2012 in prinaša spremembe za direktivi 2009/125/ES in 2010/30/EU ter hkrati razveljavi direktivi 2004/8/ES in 2006/32/ES.

V tej direktivi so zapisani ukrepi za spodbudo energetske učinkovitosti v Uniji, s pomočjo katerih bo EU izpolnila cilj 20 % izboljšanje energetske učinkovitosti do leta 2020. Zapisana so pravila za odpravo ovir na energetske trgu in pomanjkljivosti trga, ki ovirajo učinkovitost pri oskrbi z energijo in rabi energije. Poleg tega pa določa, da je treba opredeliti okvirne nacionalne cilje povečanja energetske učinkovitosti za leto 2020. [5]

Zaradi želje po zgledu za državljane pripadnice EU mora država članica vsako leto, od 1. januarja 2014, prenoviti 3 % skupne tlorisne površine stavb v lasti in rabi osrednje vlade ter izpolniti vsaj minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti, določene z Direktivo 2010/31/EU v 4. členu. Te

zahteve se tičejo stavb s skupno uporabno tlorisno površino, večjo od 500 m², od 9. 7. 2015 pa se ta meja zniža na 250 m². [5]

2.3 Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010), Ur. l. RS, št. 52/2010: 7840

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES, Ur. l. RS, št. 52/2010: 7840) določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (UL L št. 153 z dne 18. 6. 2010, str. 13). [11]

»Uporablja se pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavbe oziroma njenega posameznega dela, kjer se posega v najmanj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo.« [11]

Zahtevana je obvezna uporaba tehnične smernice – Tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije (v nadaljevanju TSG4), s katero so določeni gradbeni ukrepi oziroma rešitve za doseg zahtev iz PURES-a in metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe. [11]

»Pri zagotavljanju učinkovite rabe energije v stavbah je treba upoštevati celotno življenjsko dobo stavbe, njeno namembnost, podnebne podatke, materiale konstrukcije in ovoja, lego in orientiranost, parametre notranjega okolja, vgrajene sisteme in naprave ter uporabo obnovljivih virov energije.« [11]

»Energijska učinkovitost stavbe (7. člen pravilnika) je dosežena, če so izpolnjeni naslednji pogoji:

- koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe, določen z izrazom $H'_T \left[\frac{W}{m^2K} \right] = \frac{H_T}{A}$, ne presega:

$$H'_T \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_0} + \frac{z}{4},$$
 kjer pomeni brezdimenzijsko razmerje med površino oken (gradbena odprtina) in površino toplotnega ovoja stavbe. Za kriterije velja:
 - če je $f_0 < 0,2$, se upošteva, da je $f_0 = 0,2$,
 - če je $f_0 > 1,0$, se upošteva, da je $f_0 = 1,0$;
- dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine A_u oziroma prostornine V_e stavbe, ne presega:
 - za stanovanjske stavbe: $\frac{Q_{NH}}{A_u} \leq 45 + 60f_0 - 4,4T_L \left[\frac{kWh}{(m^2a)} \right],$
 - za nestanovanjske stavbe: $\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,32(45 + 60f_0 - 4,4T_L) \left[\frac{kWh}{(m^3a)} \right],$
 - za javne stavbe: $\frac{Q_{NH}}{V_e} \leq 0,29(45 + 60f_0 - 4,4T_L) \left[\frac{kWh}{(m^3a)} \right];$

- dovoljen letni potreben hlad za hlajenje Q_{NC} stavbe, preračunan na enoto hlajene površine stavbe A_u , ne presega:
 - za stanovanjske stavbe: $\frac{Q_{NC}}{A_u} \leq 50 \frac{kWh}{(m^2a)}$;
- letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi Q_p , preračunana na enoto ogrevane površine stavbe A_u , ne presega:
 - za stanovanjske stavbe: $\frac{Q_p}{A_u} \leq 200 + 1,1(60f_0 - 4,4T_L) \left[\frac{kWh}{(m^2a)} \right]$;
- ne sme biti presežena nobena od mejnih vrednosti, določenih v tabeli tehnične smernice.«

Preglednica 1: Mejne vrednosti toplotne prehodnosti za gradbene elemente v stavbi [11]

	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 ter drugim manj ogrevanim prostorom Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,70 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

»se nadaljuje ...«

»nadaljevanje preglednice 1«

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
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 doseg energijske učinkovitosti stavbe je potrebno poleg zahtev iz 7. člena (mejne vrednosti učinkovite rabe energije) z uporabo obnovljivih virov energije zagotoviti vsaj 25 % celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi ali pridobiti delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode z enim od spodaj navedenih primerov:

- najmanj 25 % iz sončnega obsevanja,
- najmanj 30 % iz plinaste biomase,
- najmanj 50 % iz trdne biomase,
- najmanj 70 % iz geotermalne energije,
- najmanj 50 % iz toplote okolja,
- najmanj 50 % iz naprav SPTE z visokim izkoristkom v skladu s predpisom, ki ureja podpore električni energiji, proizvedeni v soproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom,
- je stavba najmanj 50 % oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja. [11]

Energijsko učinkovitost stavbe je moč doseči tudi, če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe preračunana na enoto kondicionirane površine oziroma površino stavbe za najmanj 30 % od mejne vrednosti iz 7. člena tega pravilnika. Pri enostanovanjskih stavbah pa to dosežemo, če je vgrajenih najmanj 6 m² (svetle površine) sprejemnikov sončne energije z letnim donosom najmanj 500 kWh/(m²a). [11]

2.4 Tehnična smernica, učinkovita raba energije, TSG – 004:2010

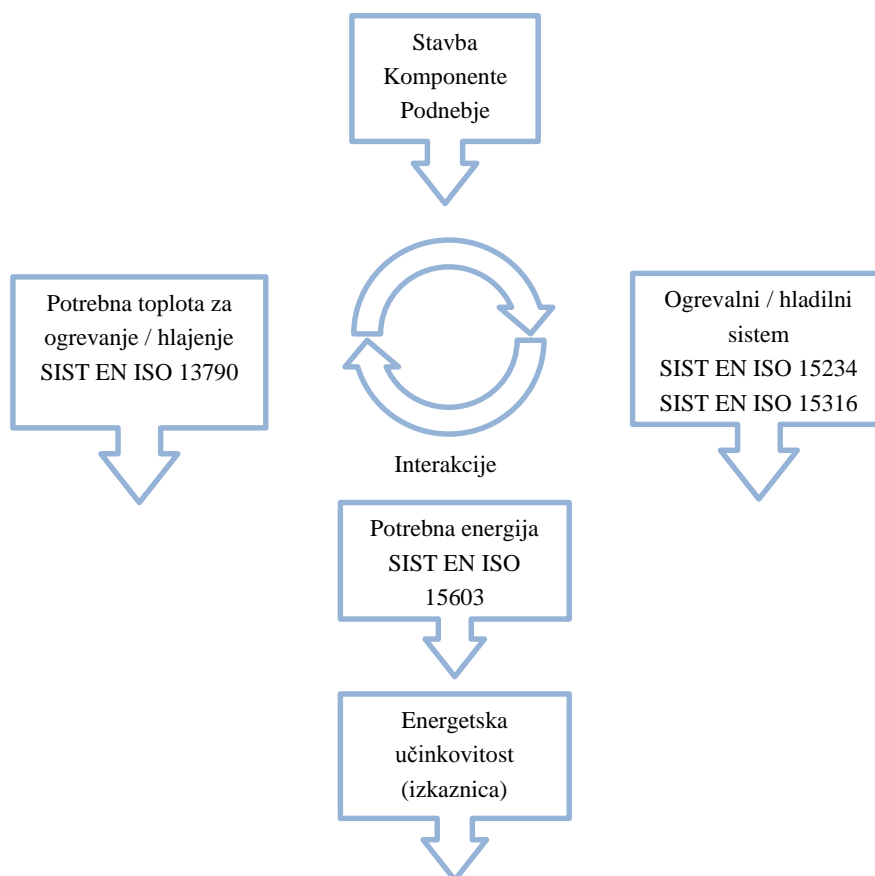
PURES zahteva obvezno uporabo TSG4 [12], kjer je med drugim zapisana tudi metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe in po kateri so sprogramirani računalniški programi za gradbeno fiziko, eden od teh je tudi program KI Energija.

V poglavju metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe v TSG4 je podan način izračuna:

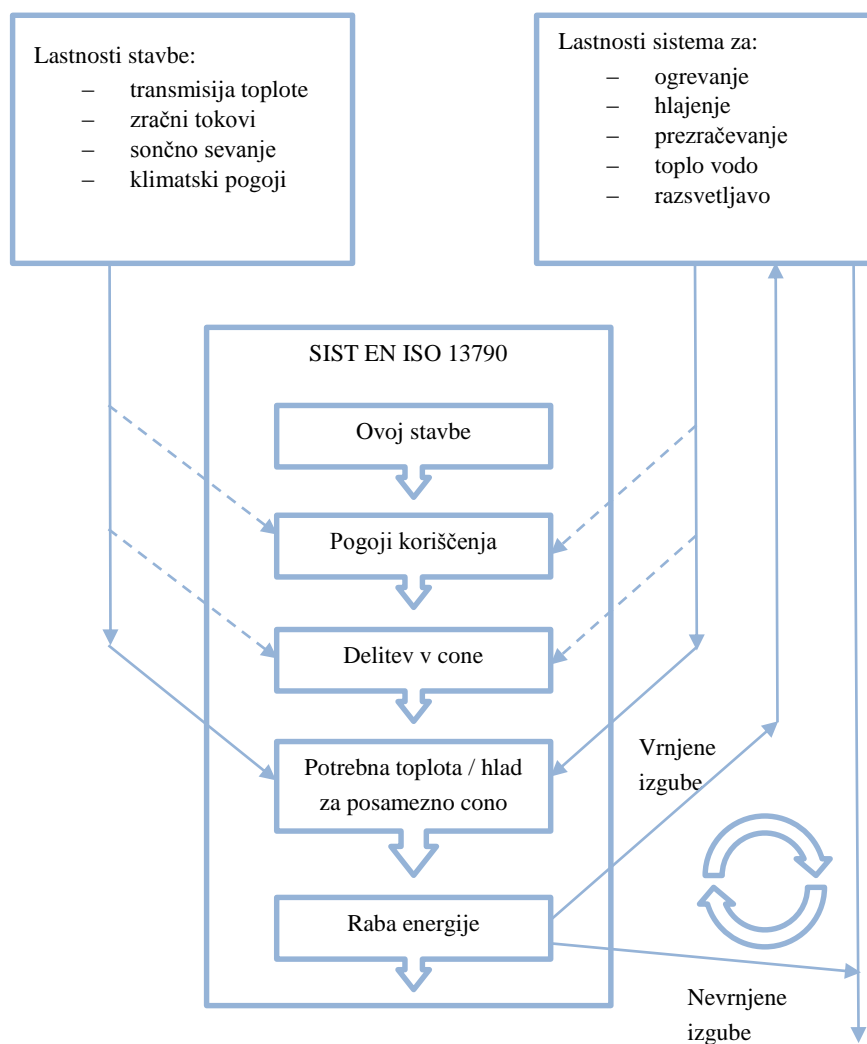
- letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe ter
- dovedene energije za delovanje stavbe za naslednje sisteme v stavbi:
 - za ogrevanje na tekoča in plinasta goriva ter biomaso,
 - toplotne črpalke,
 - toplotno podpostajo daljinskega ogrevanja, kjer je nosilec toplote v sekundarnem sistemu voda,
 - za pripravo tople vode na tekoča in plinasta goriva, električno energijo, biomaso ali s sprejemniki sončne energije,
 - za hlajenje,
 - za prezračevanje,
 - za razsvetljava. [12]

2.4.1 Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe

Pri računski metodi se letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} in letni potrební hlad za hlajenje stavbe Q_{NC} določi skladno s standardom SIST EN ISO 13790 [19] in nacionalnimi posebnostmi, določenimi v tej tehnični smernici. Za izračun Q_{NH} in Q_{NC} se uporablja mesečna računška metoda. [12]



Slika 1: Vloga standarda SIST EN ISO 13790 pri računanju potrebne energije [12]



Slika 2: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri [12]

Na osnovi toplotne bilance na nivoju cone se določi potrebna energija za ogrevanje in hlajenje. V izračunu so upoštevani (upoštevana samo senzibilna toplota):

- transmisijski toplotni tokovi med cono in zunanjim okoljem stavbe;
- ventilacijski toplotni tokovi med cono in zunanjim zrakom;
- transmisijski in ventilacijski toplotni tokovi med posameznimi conami;
- notranji dobitki/izgube;
- toplotni dobitki zaradi sončnega sevanja tako skozi zastekljene površine kot tudi skozi ostale elemente gradbene konstrukcije;
- akumulacija toplote zaradi mase stavbe;
- potrebna energija za ogrevanje – dovedena toplota za vzdrževanje minimalne temperature ogrevanja v coni;
- potrebna energija za hlajenje – odvedena toplota za vzdrževanje maksimalne temperature hlajenja v coni. [12]

Glavni vhodni podatki so:

- transmisijske in ventilacijske lastnosti;
- toplotni dobitki notranjih virov, lastnosti glede sončnega sevanja;
- opis stavbe in sistemov, koriščenje (uporaba);
- zahteva za toplotno ugodje (temperatura, izmenjava zraka);
- podatki o sistemih za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljavo, pripravo tople vode;
- podatki o conah (različni sistemi so lahko v različnih conah; glej sliko 5);
- izgube energije, vrnjene in nevrnjene izgube;
- pretok zraka, temperatura zraka;
- regulacija. [12]

2.5 Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic (Ur. l. RS, št. 77/2009:10310)

Energetska izkaznica (v nadaljevanju EI) stavbe je javna listina s podatki o energetski učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. [13] Trenutno je predpisana z Energetskim zakonom, EZ-1, sprejetim leta 2014. [13] S pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje EI stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009:10310.) pa je tudi bolj podrobno določena vsebina in oblika EI stavbe, metodologija za izdelavo in izdajo EI ter vsebina podatkov, način vodenja registra EI in način prijave, izdane EI za vpis v register. Poleg tega pa je tudi določena podrobnejša vsebina, oblika, metodologija in roki za nadzor nad izdanimi EI. [14]

Veljavna je 10 let in mora vsebovati referenčne vrednosti, ki omogočajo primerjavo in oceno energetske učinkovitosti stavbe. Sestavni del energetske izkaznice so priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti, razen pri novih stavbah in pri najemu. Stavba ali del stavbe ne more imeti več kot 1 veljavno EI in novejša razveljavi prejšnjo. Izdana je lahko le s strani pooblaščenih pravne ali fizične osebe, neodvisnega strokovnjaka z licenco. [14]

Zagotoviti jo mora lastnik stavbe ali dela stavbe, ki se zgradi, proda ali odda najemniku, ki pred najemom v stavbi ali najemnem prostoru ni imel prijavljenega stalnega ali začasnega prebivališča. Energijske kazalnike energetske učinkovitosti stavbe ali njenega posameznega dela iz EI je potrebno navesti že pri oglaševanju za prodajo ali najem le-te. So pa tudi primeri, kjer EI ni treba priložiti:

- pri oddaji v najem za obdobje krajše od enega leta,
- pri prodaji v primeru izkazane javne koristi za razlastitev,
- pri prodaji v postopku izvršbe ali v stečajnem postopku,
- pri prodaji ali oddaji nepremičnine, ki je v last Republike Slovenije ali lokalne skupnosti prešla na podlagi sklepa o dedovanju. [14]

Ter stavbe, za katere ni treba izdelati EI:

- 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 ter
- samostojne stavbe s celotno uporabno tlorisno površino, manjšo od 50 m². [14]

Stavbe v lasti ali uporabi javnega sektorja s celotno uporabno tlorisno površino nad 250 m² morajo imeti veljavno EI nameščeno na vidnem mestu. [13]

Ločimo dve vrsti izkaznic:

- računsko energetska izkaznica, ki se izda za novozgrajene stavbe in novozgrajene dele stavb, obstoječe stanovanjske stavbe in stanovanja,
- merjena energetska izkaznica, ki se izda za obstoječe nestanovanjske stavbe ali nestanovanjske dele stavb. [14]

V primeru, ko neodvisni strokovnjak oceni, da podatki o dejanski rabi energije niso zanesljivi, se namesto merjene EI izda računsko. [14]

Energijski kazalniki za računsko energetska izkaznico so naslednji:

- **letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_{NH}/A_k (kWh/(m²a))** je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur zraka v obdobju ogrevanja in je določena računsko po pravilniku, ki ureja učinkovito rabo energije v stavbah, [14]
- **letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q/A_k (kWh/(m²a))** je končna energija, dovedena sistemom v stavbi za pokrivanje potreb za ogrevanje, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljava, izračunana po pravilniku, ki ureja učinkovito rabo energije v stavbah, [14]
- **letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_p/A_k (kWh/(m²a))** je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni tehnični pretvorbi in so porabljeni za delovanje stavbe, [14]
- **letne emisije CO_2 zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/(m²a))** so letne emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/(m²a)) in se določijo v skladu s predpisi, ki urejajo učinkovito rabo energije v stavbah. [14]

Energijski kazalniki za merjeno energetska izkaznico so naslednji:

- letna dovedena energija na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/(m²a)),
- letna dovedena električna energija na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/(m²a)),
- letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/(m²a)),
- letne emisije CO_2 zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe A_k (kg/(m²a)).

Energijski kazalniki se prikažejo na barvnem poltraku energetske izkaznice in se razvrstijo v naslednje razrede:

Preglednica 2: Razredi energetske učinkovitosti

Razred energetske učinkovitosti	Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine stavbe [kWh/m²a]
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

Priporočila, navedena v energetske izkaznici, morajo biti skladna s pravili stroke in stanjem tehnike ter tehnično izvedljiva, da se z njimi lahko ocenijo stroškovne ugodnosti zaradi izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe. Primeri priporočil so v pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb pod prilogami, ki so sestavni del tega pravilnika, in so razdeljeni na naslednja področja:

- izboljšanje kakovosti ovoja,
- izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov,
- povečanje učinkovitosti rabe obnovljivih virov energije in
- organizacijski ukrepi. [14]

3 METODA DELA

Načrte stavbe (PID) sem pridobil pri upravniku stavbe, s pomočjo katerih sem določil uporabno površino stavbe in določenih con, volumen uporabne površine, površino fasade in lastnosti KS. V načrtih ni bilo zapisano, kakšen material se je vgradil za namembnost toplotne izolacije fasad. To sem preveril na objektu, ko sem tanko jekleno žičko potisnil skozi odprtino, ta je gladko in mehko prodrla skozi plast in tako ugotovil, da je TI, steklena volna. Dimenzije oken sem odčital iz načrtov in jih preveril na objektu. Podatke o plinskih pečeh, s katerimi se ogrevajo stanovanja in pripravlja topla voda, sem pridobil od servisnega podjetja.

Vse potrebne podatke sem vstavil v program KI Energija, s katerim se je opravila analiza energetske bilance. Določene neznane podatke, kot je na primer toplotna prehodnost oken ter vpliv toplotnih mostov sem smiselno ocenil ali pa jih poenostavil po predlogih TSG4.

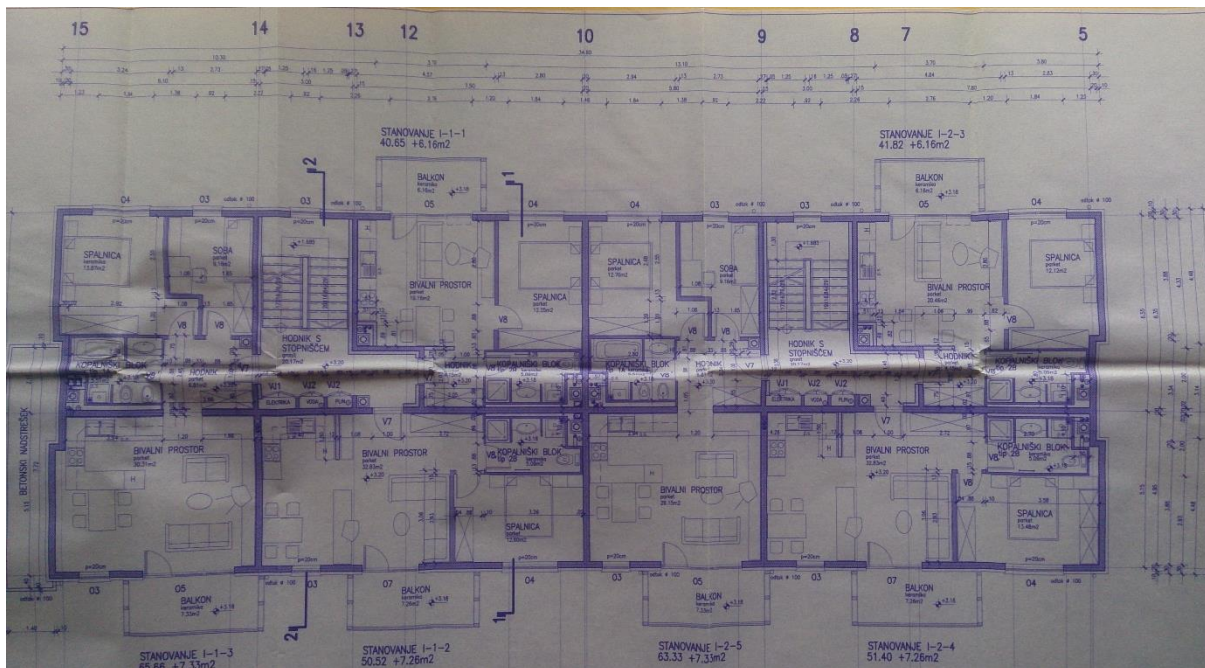
3.1 Predstavitev objekta

Večstanovanjski objekt na naslovu Sončni log 1, 1a v Logatcu, je bil načrtovan leta 2005 in tri leta kasneje tudi realiziran. Stavba je masivna, armirano-betonska nosilna konstrukcija, sestavljena iz kleti in garaže, ki sta na isti koti, pritličja, prvega nadstropja, dvonadstropne mansarde in podstrešja. V stavbi je 14 stanovanj ter 2 lokala, ki sta v lasti Banke Koper. Višina posamezne etaže znaša 3 m, tloris pritlične etaže je pravokotne oblike in dimenzij 12,1 x 34,6 m. Neto uporabna površina ogrevanega dela znaša 1531 m².

V pritličju so prostori različnih namembnosti, kot so bivalni prostori, lokal in prostor za čistila ter kolesarnica. V prvem nadstropju in mansardi so prostori namenjeni izključno bivanju. Drugače je z vkopanimi prostori, kot sta klet in garaža, kjer so parkirna mesta za stanovalce iz soseske Sončni log.



Slika 3: Sončni log 1, 1a. Pogled s ceste na J stran objekta



Slika 4: Tloris 1. nadstropja [15]

3.2 Razdelitev v cone

Stavbo sem razdelil v 4 različne cone, eno ogrevano (v nadaljevanju OC) in tri neogrevane (v nadaljevanju NC). Pod OC so šteta vsa stanovanja, ker se edina ogrevajo v času ogrevalne sezone. Pod NC spadajo: podstrešje, hodnik in stopnišče s servisnimi prostori ter garaža s kletjo.

Preglednica 3: Poimenovanje con

OC 1	Stanovanjski del
NC 1	Podstrešje
NC 2	Stopnišče s servisnimi prostori
NC 3	Garaža s kletjo

3.3 Vhodni podatki

Preglednica 4: Splošne značilnosti obravnavane stavbe

Vrsta stavbe	Večstanovanjski objekt	
Toplotna prevodnost zemljine, λ_c (W/(mK))	2	
Energent	Zemeljski plin	
Lokacija (x, y)	85695	440387

3.3.1 Ogrevana cona 1, stanovanjski del

Preglednica 5: Splošne značilnosti ogrevane cone OC 1

Opis cone	OC 1, stanovanjski del
Ogrevana prostornina cone, V_e (m³)	4200
Neto uporabna površina cone, A_u (m²)	1111,4
Vrste konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	Težka
Projektna notranja T, poleti (°C)	26
Projektna notranja T, pozimi (°C)	20
Povprečna moč notranjih virov (W)	4446
Vrsta prezračevanja	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem, n (h⁻¹)	0,5
Minimalna izmenjava zraka (h⁻¹)	0,5

Preglednica 6: Sestave konstrukcijskih sklopov

Zunanja stena				
Površina netransparentnega dela, A (m ²)	545,39			
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,336			
Streha				
Površina, A (m ²)	228			
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,215			
Predelni KS med conami	NC1 – Podstrešje	NC2 – Stopnišče s servisnimi prostori	NC3 – Garaža s kletjo	
Površina, A (m ²)	95,4	334	265,36	
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,220	0,286	1,456	
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe	J	S	V	Z
Površina odprtine, A_w (m ²)	168,3	105,3	0	8,7
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	1,1	1,1	0	1,1
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja, $g_{gl,w}$ (/)	0,6	0,6	0	0,6
Faktor okvirja, FF	0,7	0,7	0	0,7
Topla voda in razsvetljava				
Število dni zagotavljanja tople vode (dni)	365			
Referenčna površina (m ²)	981,56			
Gostota moči svetilk (W/m ²)	8			
OVE				
Vir	0			
Doseženo (%)	0			

3.3.2 Neogrevana cona 1, podstrešje

Preglednica 7: Splošne značilnosti NC 1

Opis cone	NC1, Podstrešje
Ogrevana prostornina cone, V_e (m³)	3,5
Uporabna notranja površina cone, A_u (m²)	126,6

Preglednica 8: Sestava konstrukcijskih sklopov

Streha	
Površina, A (m ²)	246
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	10
Predelni KS med OC 1 in NC 1	
Površina, A (m ²)	95,4
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,220

3.2.3 Neogrevana cona 2, stopnišče s servisnimi prostori

Preglednica 9: Splošne značilnosti NC 2

Opis cone	NC 2, Stopnišče s servisnimi prostori
Ogrevana prostornina cone, V_e (m³)	682,74
Uporabna notranja površina cone, A_u (m²)	267,74

Preglednica 10: Sestava KS

Zunanja stena	
Površina, A (m ²)	154,11
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,385
Streha	
Površina, A (m ²)	31,4
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,234
Predelni KS med OC 1 in NC 2	
Površina, A (m ²)	334
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	0,286

3.2.4 Neogrevana cona 3, garaža s kletjo

Preglednica 11: Splošne lastnosti NC 3

Opis cone	NC 3, Garaža s kletjo
Prostornina cone, V_e (m³)	925,22
Uporabna notranja površina cone, A_u (m²)	349,14

Preglednica 12: Sestava KS NC 3

Predelni KS med OC 1 in NC 3	
Površina	265,36
Toplotna prehodnost, U [W/(m ² K)]	1,456
Topla voda in razsvetljava	
Število dni zagotavljanja tople vode (dni)	0
Dnevna poraba vode (L/dan) / referenčna površina (m ²)	0
Gostota moči svetilk (W/m ²)	8

Koordinati objekta, GKY: 440387 in GKX: 85695, ključno vplivata na končno energetsko bilanco, saj so povprečne zunanje letne temperature s spremembo lokacije različne. V programu KI Energija je potrebno ročno nastaviti meteorološke podatke in izbrati med alpskim, celinskim in primorskim podnebjem. Izbrana stavba v Logatcu spada v celinsko podnebje, za katere veljajo naslednji podatki:

Preglednica 13: Lastnosti celinskega podnebja

Podnebje	Celinsko	
Temperaturni primanjkljaj	3500	Kdan/a
Projektna temperatura	-16	°C
Energija sončnega obsevanja	1111	kWh/m ²

Preglednica 14: Povprečne mesečne temperature zun. zraka (°C), rel. vlažnost zun. zraka (%) in son. obsevanje (kWh/m²) v celinskem podnebnju. Vir KI Energija

Mesec	Temperatura zraka (°C)	Relativna vlažnost zraka (%)	Son. obsevanje (kWh/m ²)
Jan	-1	81	1069
Feb	1	77	1856
Mar	4	74	2724
Apr	8	72	3953
Maj	13	74	4702
Jun	16	76	5067
Jul	19	75	5227
Avg	18	76	4591
Sep	14	80	3326
Okt	9	82	1983
Nov	4	83	1122
Dec	1	83	832

3.3 Lastnost zunanjih in predelnih konstrukcijskih sklopov stavbe

V stavbi so vgrajeni konstrukcijski sklopi (v nadaljevanju KS), sestavljeni iz materialov različnih lastnosti, ki nudijo različno toplotno upornost, zato je potrebno analizirati vsak KS posebej. Prav tako je treba preveriti difuzijo vodne pare skozi zunanje KS, ki pokaže, ali je možen nastanek kondenzacije v zunanjih KS. Program KI Energija je izračunal, da v obravnavanih primerih ni nevarnosti kondenzacije vodne pare, zato tega podatka nisem vključil v spodnje preglednice.

Sestave in fizične veličine konstrukcijskih sklopov so predstavljene v preglednicah 15 do 19:

- KS zunanje stene

Preglednica 15: KS zunanje stene

Materiali (1. sloj je znotraj)	Debelina (cm)	λ [W/(mK)]	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)	U [W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]
Cementna malta	0,5	1,4	30	2100	0,15	0,336	0,28
Beton s kam. agregati (2400)	20	2,04	60	2400	12		
Steklena volna	10	0,037	1,1	15	11		
Cementna malta	0,5	1,4	30	2100	0,15		

- KS strehe

Preglednica 16: KS strehe

Materiali (1. sloj je znotraj)	Debelina (cm)	λ [W/(mK)]	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)	U [W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]
Beton s kam. agregati (2000)	15	1,16	22	2000	3,3	0,215	0,2
KI parna ovira LDS 2 Silk	0,015	0,19	13500	450	2,03		
Steklena volna	16	0,037	1,1	15	0,18		
KI paroprepustna folija LDS 0,04	0,02	0,19	150	460	0,03		

- KS medetažne konstrukcije, garaža – ogrevani prostori v pritličju

Preglednica 17: KS medetažne konstrukcije, garaža – ogrevani prostori v pritličju

Materiali (1. sloj je znotraj)	Debelina (cm)	λ [W/(mK)]	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)	U [W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]
Granit, gnajs	1	3,5	65	2700	0,65	1,456	0,35
Cementni estrih	7,5	1,4	30	2200	2,25		
Betoni s kam. agregati (2400)	25	2,04	60	2400	15		
Trde plošče iz lesenih vlaken	5	0,19	70	900	3,5		
Mavčna malta na rabi mreži	2	0,58	4	1200	0,08		

- KS medetažne konstrukcije, mansardna stanovanja – podstrešje

Preglednica 18: KS medetažne konstrukcije, mansardna stanovanja-podstrešje

Materiali (1. sloj je znotraj)	Debelina (cm)	λ [W/(mK)]	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)	U [W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)]
Cementna malta	0,5	1,4	30	2100	0,15	0,22	0,2
Beton s kam. agregati (2400)	15	2,04	60	2400	9		
KI parna ovira LDS 2 Silk	0,015	0,19	13500	450	2,03		
Steklena volna	16	0,037	1,1	15	0,18		

- KS sten, stopnišče – ogrevani prostori (stanovanja)

Preglednica 19: KS sten, stopnišče – ogrevani prostori (stanovanja)

Materiali (1. sloj je znotraj)	Debelina (cm)	λ [W/(mK)]	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)	U [W/(m ² K)]	U_{max} [W/(m ² K)]
Cementna malta	0,5	1,4	30	2100	0,15	0,286	0,28
Beton s kam. agregati (2400)	15	2,04	60	2400	9		
Steklena volna	12	0,037	1,1	15	0,13		
Cementna malta	0,5	1,4	30	2100	0,15		

U vrednosti so vrednosti toplotne prehodnosti skozi določen KS, U_{max} pa je največja dovoljena vrednost toplotne prehodnosti skozi KS iz PURES-a 2010.

3.4 OC 1 – Stanovanjski del

OC 1 sestavlja štirinajst stanovanj in dva lokala v pritličju stavbe, ki so ogrevani na isto projektno temperaturo.

Preglednica 20: Lastnosti OC 1

Bruto ogrevana prostornina (m³)	4882
Neto ogrevana prostornina (m²)	3906
Neto uporabna površina (m²)	1531

Notranja temperatura je avtomatsko nastavljena v programu KI Energija. Privzeta zimska temperatura je 20 °C ter poletna 26 °C. Prav tako kot temperatura, je tudi vlažnost privzeta s programom 65 %. V stanovanjih ni nobenih prezračevalnih sistemov, zato je treba stanovanja prezračevati ročno oziroma naravno. Število izmenjav zraka je predvideno na 0,5 h⁻¹. Notranji viri so določeni po poenostavljeni metodi, ki jo dopušča Tehnična smernica 4 W/m².

3.4.1 Netransparentni del

Ogrevana cona ima južno, severno, vzhodno in zahodno fasado z različnimi površinami netransparentnega dela fasade. Do razlike med južno in severno ter vzhodno in zahodno pride zaradi različnega števila transparentnih površin, oken in vrat.

Preglednica 21: Površina netransparentnega dela OC 1

	Površina (m ²)
Južna fasada	89,26
Severna fasada	226,14
Zahodna fasada	112,03
Vzhodna fasada	117,96

3.4.2 Transparentni del

Med transparentni del fasade spadajo okna in vrata, ki so prosojna in prepuščajo sončno sevanje.

Preglednica 22: Število in površina oken ter vrat

	Število oken in vrat	Površina (m ²)
Južna fasada	37	168,30
Severna fasada	37	105,32
Zahodna fasada	1	8,71
Vzhodna fasada	0	0,00

Vgrajena okna so dvoslojna, vendar podatka o toplotni prehodnosti stekel nisem dobil. Zato predpostavljam, da je klasična dvoslojna zasteklitev, kjer je $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, s pripadajočo energijsko prehodnostjo 0,6. Prav tako ni poznan faktor okvirja, vendar v tem primeru tehnična smernica predlaga vrednost 0,7.

3.4.3 Predelni KS med OC 1 in neogrevanimi conami

OC 1 meji na neogrevane cone s predelnimi KS različnih površin in toplotno prehodnostjo, ki so zapisane v tabeli:

Preglednica 23: Predelni KS med OC 1 in neogrevanimi conami

	Površina (m ²)	U (W/m ² K)
NC 1 – podstrešje	95,4	0,22
NC 2 – stopnišče s serv. prostori	334	0,286
NC 3 – garaža	265,36	1,456

3.4.4 Toplotni most

Toplotni most je mesto povečanega prehoda toplote v konstrukciji ali napravi zaradi spremembe materiala, debeline ali geometrije konstrukcije. [12]

Tehnična smernica dopušča poenostavitev pri upoštevanju vplivov toplotnih mostov, če imajo vsi toplotni mostovi v stavbi linijsko toplotno prehodnost $\Psi_e < 0,2 \text{ W/(mK)}$, in sicer s povečanje toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

V primeru obravnavane stavbe nisem računal linijske toplotne prehodnosti toplotnega mostu po standardu, temveč sem upošteval poenostavitev, ki jo dopušča Tehnična smernica in povečal toplotno prehodnost celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. [12]

3.4.5 Prezračevanje

Prezračevanje v stavbi je naravno in za stanovanjske objekte tehnična smernica dopušča, da urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim, računana na neto ogrevano prostornino stavbe, znaša najmanj $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$.

»V času prisotnosti ljudi v prostorih stavbe, ki so namenjeni za delo in bivanje ljudi, je treba doseгти volumsko izmenjavo zraka (n) vsaj $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Z uporabljenim sistemom prezračevanja je treba

preprečiti pretok zraka iz bolj obremenjenih prostorov (npr. kuhinje, stranišča, kopalnice, garaže, laboratorija ...) v ostale prostore v stavbi.« [16]

Upoštevanje minimalnih standardov pri prezračevanju energetsko učinkovitih stavb in z visoko toplotno izolacijo ovoja stavbe, pogosto pripelje do nezdravega in neudobnega notranjega okolja, kar lahko vodi do SBS (Sick Building Syndrome). [17]

3.4.6 Ogrevanje

Stanovanja se ogrevajo na zemeljski plin in za te potrebe ima vsako stanovanje vgrajeno lastno peč ter termostat, na katerem se uravnava notranja temperatura v času ogrevalne sezone. S pečjo se ogrevajo notranji prostori in zagotavlja topla voda. Vrsta ogrevalnega sistema je visokotemperaturni (70 °C). Toplo vodo se segreva na temperaturo 55 °C, hladno pa na 10 °C.

Generator je kotel z ventilatorskim gorilnikom, ki je nameščen v ogrevanem prostoru in se regulira temperaturno. Nazivna moč generatorja znaša 25,9 kW.

Za vrsto razvodnega sistema pri ogrevanju nisem dobil informacije, vendar sem predvidel, da je ta dvocevni, pri moči črpalke pa sem privzel dovoljene vrednosti. Pri razvodnem sistemu tople vode sem predpostavil, da ni cirkulacije in da so črpalke tako kot pri ogrevanju v ogrevanih prostorih. Cevovodi niso izolirani. Ogrevala so radiatorji, izbral sem konvektorje 70/55 z elektrotermičnim pogonom in ventilatorskim konvektorjem. Radiatorji so nameščeni ob notranji steni.

3.4.7 Razsvetljava

V stavbi so uporabljena različna svetila, zato sem upošteval maksimalno povprečno moč vgrajenih svetilk na enoto uporabne površine (W/m^2), ki za večstanovanjske objekte znaša $8 W/m^2$.

Faktor zasedenosti prostora in faktor dnevne osvetlitve sta za obravnavan objekt enaka 1.

3.5 NC 1 – podstrešje

Podstrešje je neogrevan del stavbe in ga bom upošteval kot samostojno cono, ker nima skupne točke z ostalimi neogrevanimi conami. Prostornina prostora znaša $3,5 m^3$ in zunanji ovoj je brez transparentnih površin oziroma elementov. Meji na dve drugi coni, na mansardna stanovanja ($A = 95,4 m^2$) in stopnišče ($A = 31,2 m^2$). Cone so ločene s stropnim konstrukcijskim sklopom (beton (15 cm), parna ovira in steklena volna (16 cm)) s faktorjem toplotne prehodnosti, $0,22 W/m^2K$.

Zunanji ovoj je brez izolacije, narejen iz desk, zato ne nudi toplotne upornosti in je U faktor temu primerno visok.

3.6 NC 2 – stopnišče s servisnimi prostori

Pod cono 3 spadajo hodnik in stopnišče ter servisni prostori (vhod, vetrolov, prostor za vozičke in čistila), ki so v pritličju stavbe. Skupna uporabna površina NC 2 znaša, $267,74 m^2$.

Tehnična smernica dovoljuje upoštevanje stopnišča k ogrevani coni v primeru, da prostornina tega ne presega 20 % ogrevane prostornine stavbe. V primeru Sončni log 1, 1a znaša razmerje med ogrevanim delom in stopniščem, 24 %, kar pomeni, da se stopnišče upošteva kot neogrevan del stavbe.

3.7 NC 3 – garaža in kletni prostori

Garaža je pod zemljo, vozišče je na koti -3,35 m pod nivojem zemlje in na 472,25 m nadmorske višine. Razprostira se pod štirimi stavbami.

H garaži sem priključil še kletne prostore, ker so na isti koti in prav tako niso ogrevani. Neto prostornina znaša 925,2 m³. S površino 265,36 m² meji na stanovanjski del (OC 1) in zaradi nenačrtovane toplotne izolacije je toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa visoka, 1,456 W/(m²K).

Transparentnih površin garažni in kletni prostori nimajo.

4 REZULTATI ENERGETSKE BILANCE

V preglednici 24 so predstavljeni podatki o stavbi, ki vplivajo na rezultat energetske bilance.

Preglednica 24: Podatki o stavbi

A_u – Neto uporabna površina stavbe (m^2)	1111,4
V_e – Kondicionirana prostornina stavbe (m^3)	4200
A – Površina toplotnega ovoja stavbe (m^2)	1750
f_o – Oblikovni faktor (m^{-1})	0,42

V spodnji preglednici (preglednica 25) so zapisani izračunani kazalniki energetske učinkovitosti stavbe in primerjani z največjimi dovoljenimi vrednostmi iz PURES 2010.

Preglednica 25: Kazalniki energetske učinkovitosti stavbe

	Izračunan	Največji dovoljeni
$H'T$ – Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe (W/m^2K)	0,523	0,446
Q_p – Letna potrebna primarna energija (kWh)	299307	204977
Q_p/A_u – Letna potrebna primarna energija na enoto uporabne površine stavbe (kWh/m^2a)	274,1	184,4
Q_{NH} – Letna potrebna toplota za ogrevanje (kWh)	82407	34283
Q_{NH}/A_u – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m^2a)	74,1	30,8
f_{OVE} – Delež obnovljivih virov energije (%)	0	
Letni izpust CO_2 (kg/a)	55706	

Preglednica 26 prikazuje količino dovedene energije za delovanje stavbe. Energija se porablja za gretje, pripravo tople vode, razsvetljava in električno energijo.

Preglednica 26: Dovedena energija za delovanje stavbe (kWh/a oziroma $kWh/(m^2a)$)

Dovedena energija za delovanje stavbe	Dovedena energija	
	kWh/a	$kWh/(m^2a)$
$Q_{f,h}$ – Gretje	158460	143
$Q_{f,c}$ – Hlajenje	0	0
$Q_{f,V,aux}$ – Prezračevanje	0	0
$Q_{f,st}$ – Ovlaževanje	0	0
$Q_{f,w}$ – Priprava tople vode	74901	67

»se nadaljuje ...«

»nadaljevanje preglednice 26«

$Q_{f,I}$ – Razsvetljava	13337	12
$Q_{f,aux}$ – Električna energija	3707	3
Skupaj dovedena energija za delovanje stavbe	250405	225

Preglednica 27: Transmisijske, prezračevalne izgube, dobitki notranjih virov in sončnega sevanja, toplota za gretje (kWh/a)

Transmisijske izgube (kWh/a)	82763
Prezračevalne izgube (kWh/a)	43558
Dobitki notranjih virov (kWh/a)	27741
Dobitki sončnega sevanja (kWh/a)	16619
Toplota za gretje – QNH (kWh/a)	82407

Rezultati pridobljeni s programom KI Energija nakazujejo, da je stavba zelo energetska potrošna, če jo primerjamo z največjimi dovoljenimi vrednostmi po pravilniku PURES. Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine je za faktor 2,5 višja, kot jo dovoljuje veljavni pravilnik. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe je prav tako višji od dovoljenega, za faktor 1,2. Dejstvo je, da je stavba pomanjkljivo načrtovana. Največ energije se izgubi v medetažnem konstrukcijskem sklopu, ki loči garažo in pritlične ogrevane prostore, saj je faktor toplotne prehodnosti občutno previsok, 1,46 W/(m²K), glede na dovoljeno vrednost (0,35 W/m²K). Med merjenjem dimenzij oken sem povprašal zaposleno v banki, ki ima poslovne prostore točno nad garažo in mi je na vprašanja, če jih pozimi zebe v noge, odločno pritrdila. Tudi zunanje stene imajo po pravilniku previsoko vrednost toplotnega prehoda za 0,11 W/m²K.

Letni hlad sem izpustil iz rezultatov, ker stavba nima vgrajenega sistema za hlajenje.

4.1 Zakonodaja v času projektiranja

Stavba je bila načrtovala leta 2005 in takrat naj bi se projektanti držali pravilnika iz leta 2002, tako imenovanega Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 42/2002: 4114.). [21]

Preglednica 28: Primerjava U faktorjev med zakonodajama iz leta 2002 in 2010

	Gradbena konstrukcija	U_{max} [W/(m ² K)]- 2002	U_{max} [W/(m ² K)]- 2010	U [W/(m ² K)]- izračunane vrednosti
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,60	0,28	0,336
2	Strop proti neogrevanemu podstrešju	0,35	0,2	0,22

»se nadaljuje ...«

»nadaljevanje preglednice 28«

3	Strop nad neogrevano kletjo	0,50	0,35	1,456
4	Poševna streha nad ogrevanim podstrešjem	0,25	0,20	0,22

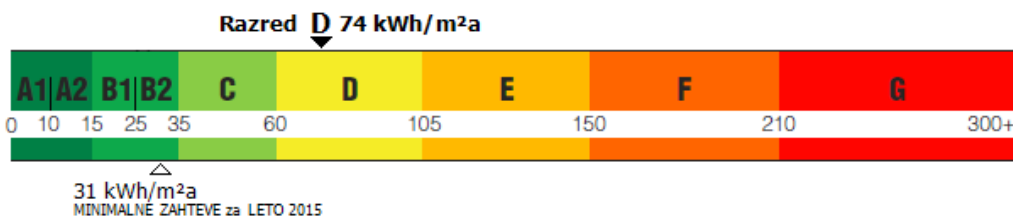
V zgornji tabeli so za primerjavo zapisane mejne vrednosti faktorjev toplotne prehodnosti, ki jih predpisujeta pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2002 (Ur. l. RS, št. 42/2002: 4114) in aktualni iz leta 2010 ter dejanske izračunane vrednosti. Praktično vsi izračunani oziroma načrtovani KS-ji ustrezajo Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2002, razen stropa nad neogrevano kletjo, kjer je bistveno višja vrednost od predvidene, $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) < 1,456 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Vzrok takemu odstopanju lahko pripišemo neizoliranemu stropu, ki nima vgrajene toplotne izolacije.

Za primerjavo s PURES-om iz leta 2010, U faktorji niso ustrezni za noben KS.

4.2 Rezultati prikazani z računsko energetske izkaznico

Kot sem opisal v poglavju, zakonodaja, se na prvi strani računske energetske izkaznice prikažejo energijski kazalniki na barvnem poltraku za:

- **Letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe** Q_{NH}/A_k ($\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$), ki znaša $74 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.



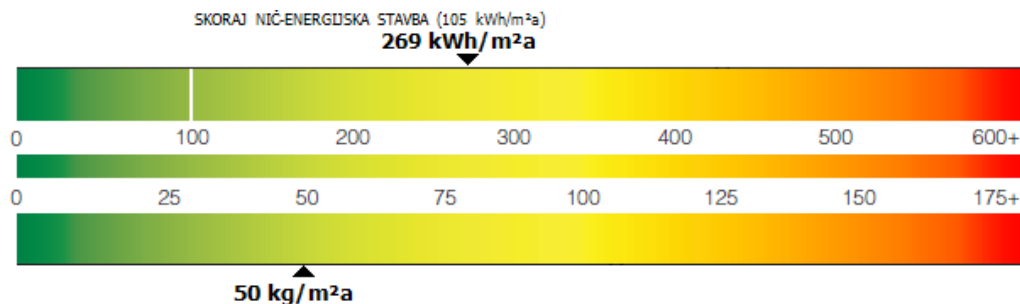
Slika 5: Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

- **Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe** Q/A_k ($\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$), ki znaša $225 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.



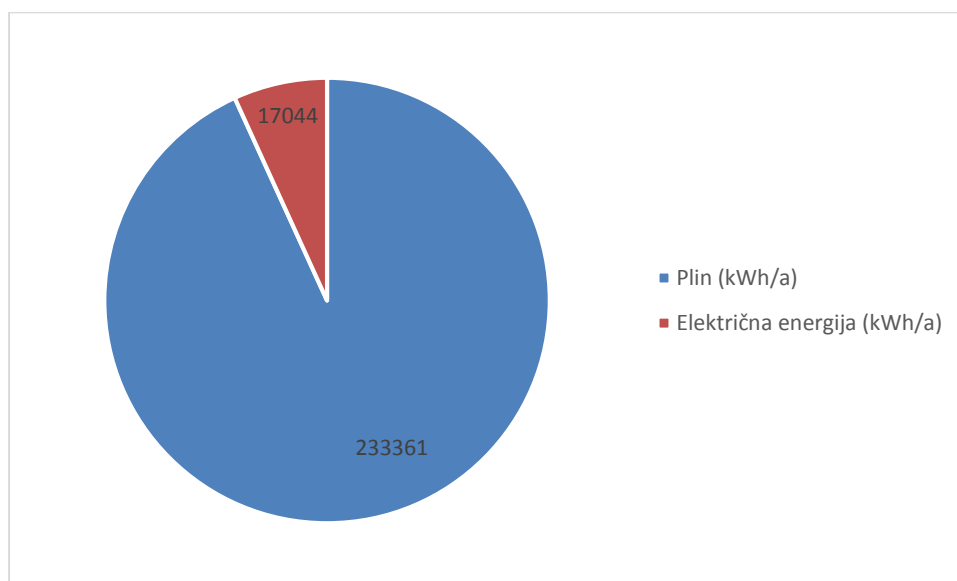
Slika 6: Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

- **Letno primarno energijo za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe Q_p/A_k (kWh/(m²a)), ki znaša 269 kWh/(m²a).**
- **Letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/(m²a)), ki znaša 50 kg/(m²a).**



Slika 7: Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe in letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe

Poleg tega je tudi dodana struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih.



Grafikon 2: Struktura rabe celotne energije za delovanje stavbe po virih energije in energentih (kWh/a)

Iz grafa je razvidno, da je plin večinski vir energije v stavbi.

5 SANACIJA OBSTOJEČEGA STANJA

V energetske izkaznici so poleg prikazov energetske učinkovitosti objekta prisotna tudi priporočila za izboljšavo, ki morajo biti tehnično izvedljiva, da se z njimi lahko ocenijo stroškovne ugodnosti zaradi izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe. Priporočila so razdeljena na področja:

- izboljšanje kakovosti ovoja,
- izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov,
- povečanje učinkovitosti rabe obnovljivih virov energije in
- organizacijski ukrepi. [14]

Predlagal bom sanacijske ukrepe, s katerimi se bodo izračuni energetske bilance izbrane stavbe približali mejnim vrednostim, ki jih predpisuje PURES. Tabela prikazuje, za koliko (procentualno) ukrep zmanjša letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe.

Ukrepi se nanašajo na izboljšanje kakovosti ovoja oziroma netransparentnih površin ogrevane cone, transparentnih površin (oken), konstrukcijskih sklopov, ki ločijo ogrevno cono z neogrevanimi in umestitev sistema mehanskega prezračevanja z vračanjem toplote. Vpliv vsakega ukrepa posebej bom prikazal v svoji preglednici, na koncu pa vpliv kombinacije ukrepov.

5.1 Izboljšanje kakovosti netransparentnih površin ogrevane cone, 15 cm TI

Vrednost toplotne prehodnosti netransparentne površine zunanjega ovoja ($545,39 \text{ m}^2$ ogrevane cone) oziroma fasade znaša $0,336 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z dodatnih 5 cm steklene volne (debelina steklene volne v obstoječem stanju je 10 cm) znižamo U faktor na $0,231 \text{ W/m}^2\text{K}$, s čimer ustrezemo zahtevam pravilnika, ki zahteva vsaj $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Preglednica 29: Učinek izboljšave fasade (dodatnih 5 cm) na letno potrebo toplote za ogrevanje stavbe

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
Q_{NH}/A_u – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine ($\text{kWh/m}^2\text{a}$)	74,1	68,8	30,8	7,15

Kot prikazuje zgornja preglednica, se z $0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$ nižjo toplotno prehodnostjo zunanjih sten (fasada) zniža letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe za $5,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ali procentualno izraženo; 7,15 %. Ta ukrep še vedno ne zadovolji mejnih vrednosti PURES-a, ki za to stavbo znaša $30,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ letne potrebne toplote za ogrevanje.

5.2 Izboljšanje kakovosti netransparentnih površin ogrevane cone, 25 cm TI

Preglednica 30: Učinek izboljšave fasade (dodatnih 15 cm) na letno potrebo toplote za ogrevanje stavbe

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
Q_{NH}/A_u – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a)	74,1	65	30,8	12,28

V primeru višje investicije in vgradnje dodatnih 15 cm steklene volne, kar znese skupno 25 cm TI, se U faktor zunanje stene zniža na 0,142 W/m²K in tako pripomore k 12,3 % znižanju letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine. Primerjava s prvotnim predlogom, kjer bi dodali minimalno debelino (5 cm) za zadostitev mejnih vrednosti po pravilniku PURES-a, pride do razlike 3,8 kWh/m²a oziroma 5,5 % manjše letne potrebne toplote za ogrevanje.

5.3 Izboljšanje kakovosti transparentnih površin ogrevane cone

Transparentne površine ali tako imenovana okna s skupno površino 282,33 m² v ogrevani coni ključno vplivajo na počutje ljudi, ki uporabljajo prostore.

»Okna kot element obodne površine zgradbe v prvi vrsti omogoča osvetlitev in prezračevanje prostorov, zagotavljajo pa tudi zvočno in zaščito pred vremenskimi vplivi.« [18]

Želimo si okna s čim manjšimi transmisijskimi toplotnimi izgubami in s čim večjo prepustnostjo sončnega sevanja. Transmisijske izgube zmanjšamo z nižjim U faktorjem oken, zato sem namesto dvoslojnih izbral okno s trojno zasteklitvijo, s pripadajočo toplotno prehodnostjo 0,9 W/m²K. Posledično se zniža svetlobna prepustnost stekla (LT) ter s tem faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja ($g_{gl,w}$) na 0,5. Zmanjša se prehod dnevne svetlobe, kar posledično lahko vodi do poslabšanja vizualnega in nevizualnega udobja uporabnikov.

Preglednica 31: Vpliv nižje toplotne prehodnosti oken na letno potrebo toplote za ogrevanje stavbe

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
Q_{NH}/A_u – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a)	74,1	69	30,8	6,88

Rezultat boljših oken je znižanje letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe za 5,1 kWh/m²a, kar znaša 6,88 % izboljšanje. Ukrep še vedno ne zadosti mejnim vrednostim.

5.4 Izboljšanje kakovosti notranjih in medetažnih KS

Več toplote uide, če je upornost KS nižja oziroma, če je toplotna prevodnost KS visoka. Problematičen KS v stavbi je definitivno medetažna konstrukcija brez izolacije, ki loči pritlično etažo z garažo, z visokim faktorjem toplotne prehodnosti 1,456 W/m²K (mejna vrednost U faktorja iz PURES-a 2010 je 0,35 W/m²K) na površini 266,4 m². Z dodatnih 10 cm XPS materiala (stirodur), se toplotna prehodnost celotnega KS zniža na zadovoljivih 0,269 W/m²K.

Poleg tega predlagam še 4 cm dodatne izolacije (s stekleno volno) medetažne konstrukcije, ki loči mansardna stanovanja in neogrevano podstrešje. S tem ukrepom se zniža U faktor iz 0,22 na 0,178 W/m²K (PURES zahteva največ 0,2 W/m²K).

Tudi stenam, ki ločijo stanovanja s hodnikom, sem dodal 3 cm dodatne izolacije, tako da je skupna izolacija notranjih sten 15 cm in U faktor pade na vrednost 0,232 W/m²K. Ker je hodnik neogrevana cona, je maksimalna dovoljena vrednost U faktorja po PURES-u 2010 0,28 W/m²K.

Preglednica 32: Vpliv izboljšanja kakovosti notranjih in medetažnih KS

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
Q_{NH}/A_u – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a)	74,1	63,7	30,8	14,04

Kot je razvidno iz preglednice, je ta ukrep učinkovit in se obstoječe stanje izboljša za 14,04 %, če gledamo spremembo letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe, z izboljšavo notranjih in medetažnih KS.

5.5 Namestitev sistema mehanskega prezračevanja z vračanjem toplote

Zaradi velikih prezračevalnih izgub 43558 kWh/a je smotrna namestitev sistema z mehanskim prezračevanjem z vračanjem toplote, če želimo doseči kriterij pravilnik o učinkoviti stavbi.

Preglednica 33: Vgradnja mehanskega prezračevanja z rekuperacijo

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
Q_{NH}/A_u – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a)	74,1	45,2	30,8	39

Z namestitvijo takega sistema se letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine občutno zmanjša za skoraj 39 % (preglednica 23), vendar upoštevanje samo tega ukrepa še vedno ne zadosti PURES-u.

5.6 Kombinacija ukrepov

Zaradi želje po energetsko učinkoviti stavbi sem združil predhodne ukrepe, saj z vsakim posameznim ukrepom ne pridemo pod mejo 30,8 kWh/m²a letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe, ki loči energetsko učinkovite in potratne stavbe .

5.6.1 Upoštevanje vseh predlaganih ukrepov z manj TI (15 cm)

Preglednica 34: Upoštevanje vseh ukrepov (TI debeline 15 cm)

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
$Q_{NH/Au}$ – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a)	74,1	26,4	30,8	64,37

Z izpolnitvijo vseh ukrepov (upošteva se TI debeline 15 cm) se prvotno stanje izboljša za 64,37 %, kar nanese 26,4 kWh/m²a letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in letna potrebna toplota za ogrevanje pade pod največjo dovoljeno mejo.

Preglednica 35: Primerjava dovedene energije za delovanje stavbe med obstoječim stanjem in z upoštevanimi ukrepi

Dovedena energija za delovanje stavbe	Obstoječe stanje		Upoštevanji ukrepi	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
$Q_{f,h}$ – Gretje	158460	143	43960	40
$Q_{f,c}$ – Hlajenje	0	0	0	0
$Q_{f,V,aux}$ – Prezračevanje	0	0	0	0
$Q_{f,st}$ – Ovlaževanje	0	0	0	0
$Q_{f,w}$ – Priprava tople vode	74901	67	78154	70
$Q_{f,I}$ – Razsvetljava	13337	12	13337	12
$Q_{f,aux}$ – Električna energija	3707	3	2462	2
Skupaj dovedena energija za delovanje stavbe	250405	225	137912	124

V preglednici 35 je primerjava dovedene energije za delovanje stavbe v obstoječem in sanacijskem stanju. Po sanaciji se porabi veliko manj energije za gretje, 114500 kWh/a, za pripravo tople vode je treba dovesti nekoliko več energije, 3250 kWh/a, pri razsvetljavi se nič ne spremeni, pri električni energiji pa se prihrani okoli 1250 kWh/a. Skupna dovedena energija za delovanje stavbe se bo po ukrepih zmanjšala za 112500 kWh/a.

5.6.2 Kombinacija ukrepov: mehansko prezračevanje, več TI (25 cm) netransparentnih površin in izboljšava notranjih – medetažnih KS

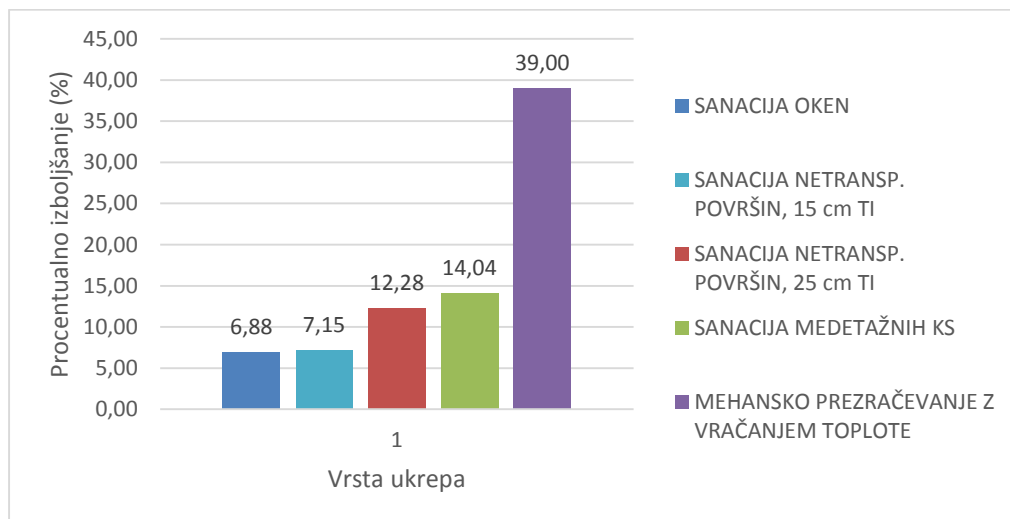
Preglednica 36: Kombinacija ukrepov: mehansko prezračevanje, 25 cm TI netransparentnih površin, izboljšava notranjih in medetažnih KS

	Prvotno stanje	Ukrep	Največja dovoljena vrednost	Razlika (%)
$Q_{NH/Au}$ – Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (kWh/m ² a)	74,1	27,5	30,8	62,89

Lahko bi se odločiti tudi za debelejši sloj toplotne izolacije ovoja, ohranili obstoječa okna in s temi ukrepi znižali letno potrebno toploto za ogrevanja pod mejo največje dovoljene vrednosti, ki jo

predpisuje PURES. Ta se zniža za 62,89 % v primerjavi s prvotnim stanjem, kar je malenkost slabše, kot če bi upoštevali vse ukrepe s tanjšo izolacijo fasade. Vendar bi s to kombinacijo še vedno znižali letno potrebno toploto za ogrevanje pod največjo dovoljeno mejo in hkrati prihranili stroške za zamenjavo oken.

5.7 Komentar predlaganih sanacijskih ukrepov



Grafikon 3: Primerjava predlaganih ukrepov

Iz grafikona 2 je razvidno, da ima mehansko prezračevanje z vračanjem toplote največji vpliv na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe, saj z naravnim prezračevanjem nastane veliko toplotnih izgub. Na zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje ima veliko manjši učinek zamenjava oken ter dodatna izolacija fasade in medetažnih konstrukcijskih sklopov. Za doseg kriterijev PURES-a, ki so postavljeni zelo visoko, je to z enim samim ukrepom nemogoče in v želji po energijsko učinkoviti stavbi je treba izvesti kombinacijo prej naštetih ukrepov.

Po študiji, ki so jo izvedli v Sloveniji [23], velja, da gradbeno-arhitekturni ukrepi (izboljšava toplotnega ovoja stavbe) rezultirajo v 6.25-krat večjih eksergijskih prihrankih v primerjavi z mehanskimi sistemi. To ima tudi največji vpliv na udobje in zdravje uporabnikov. [23] Poleg tega pa ne smemo pozabiti, da ima velik vpliv tudi uporabnik in njegovo obnašanje. Na tem področju je ozaveščanje prav tako pomembno. Študija Schweikerja in Shukuye [24] je pokazala, da izboljšave na nivoju stavbe in spremenjeno obnašanje uporabnikov vodi do 75–95% eksergijskih prihrankov.

V obstoječem stanju ima obravnavana stavba že nekaj TI in približno 2,4-krat višjo letno potrebo po toploti za ogrevanje stavbe, kot jo predpisuje PURES. Z dodatno TI se stanje drastično ne izboljša, zato v želji po izpolnitvi mejnih vrednosti PURES-a je treba poseči tudi po strojniških ukrepih. Pri strojniških sistemih je treba paziti, da so sanitarno tehnično in higiensko ustrezni ter redno vzdrževani.

Enostavno je govoriti o potrebnih sanacijah, drugo vprašanje pa je, kakšen strošek predstavljajo predvideni ukrepi in kakšen vpliv imajo na zdravje uporabnikov. Zagotovo niso poceni, vendar bi bilo za strokovnejši odgovor treba o ukrepih temeljito premisliti in podati argumente, kateri ukrep se finančno izplača in je najprimernejši za uporabnike. Študije o povračilu vložnih sredstev za sanacijo niso del te diplomske naloge, zato jih je ne bom izvedel.

5.8 Obnovljivi viri energije

Poleg zgoraj omenjenih sanacijskih ukrepov, s katerimi bi izboljšali energetske učinkovitost stavbe, nam za naziv »energetsko učinkovita stavba« manjka še uporaba obnovljivih virov energije. V drugem poglavju, zakonodaja, sem že opisal minimalne zahteve PURES-a pri uporabi OVE. Če na kratko ponovim, lahko za izpolnitev kriterija OVE iz PURES-a pridobimo delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode z najmanj: 25 % iz sončnega obsevanja, 30 % iz plinaste biomase, 50 % iz trdne biomase, 70 % iz geotermalne energije, 50 % iz toplote okolja, 50 % iz naprav SPTE z visokim izkoristkom in v 50 % je oskrbovana iz sistema energijsko učinkovitega daljinskega ogrevanja oziroma hlajenja. Kriterij OVE je izpolnjen tudi, če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe najmanj 30 % nižja od mejne vrednosti.

Obravnavan objekt ima dobro sončno pozicijo, saj z južne strani ni ovir, ki bi senčile na streho. Zaradi tega se lahko celotna južna površina strehe prekrije s fotonapetostnimi moduli, s katerim se pridobi potrebna elektrika za razsvetljavo in delovanje stavbe, vendar je pridobljena energije v primerjavi s celotno dovedeno energijo za delovanje stavbe zelo nizka, manj kot 2 %. Pri ogrevanju vode in stavbe je problem, ker ima vsako stanovanje svojo plinsko peč, s katero se ogreva. Zato bi v primeru namestitve toplotne črpalke ali sprejemnikov sončne energije zakomplicirali situacijo.

Možna je tudi vgradnja prosojne toplotne izolacije, ki mora biti nameščena na zunanji strani masivnega zidu, ki je temneje obarvan. Taka izolacija omogoči zajem sončnega sevanja in prenos absorbirane energije v stavbo. V ta namen se uporabljajo materiali prozornih snovi (polikarbonati, polimetil metakrilati). Zaradi krhkosti je treba prosojno toplotno izolacijo na zunanji strani zasteklit. Ne smemo pozabiti na senčenje izolacije z roloji ali žaluzijami, kajti masivni zid se poleti lahko segreje preko 90 °C. S klasično toplotno izolacijo se znižajo izgube energije, s prosojno pa se prav tako znižajo izgube in hkrati povečajo dobitki, ki v hladnih dneh segrevajo stavbo. [20]

Vse možne predloge bi bilo treba preveriti tudi iz finančnega vidika in ugotoviti, katera investicija za uporabo obnovljivih virov energije se splača.

6 ZAKLJUČEK

S pomočjo diplomskega dela sem ugotovil, da je izbrana stavba v Logatcu daleč od idealne in je celo energijsko potratna. V času projektiranja (leta 2005) so izpolnjeni skoraj vsi kriteriji vrednosti U faktorjev za konstrukcijske sklope iz Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2002, razen stropa nad ogrevano kletjo, ki praktično nima toplotne izolacije. Z novim, danes še veljavnim pravilnikom PURES 2010, pa so predpisani strožji kriteriji za doseg naziva energetske učinkovite stavbe. Po izračunu energetske bilance stavbe znaša letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe, $74 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, kar stavbo uvršča v D razred po lestvici računske energetske izkaznice.

S predlaganimi ukrepi sem poskusil letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe približati največjim dovoljenim zahtevam ($31 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$), kakor od leta 2015 dalje zahteva PURES, vendar mi to ni uspelo brez vključitve strojniških ukrepov in vgraditve mehanskega prezračevanja z rekuperacijo toplote v kombinaciji s še drugimi ukrepi. Tudi ob namestitvi debelejšje TI, tudi v debelini 25 cm, zamenjavi oken in izboljšavi medetažnih KS so zahteve PURES-a 2010 neuresničljive. Kot kaže, so kriteriji postavljeni zelo strogo in jih ni lahko doseči, če se v stavbo ne vključijo strojni mehanizmi, predvsem mehanska prezračevanja z uporabo toplote odpadnega zraka (rekuperacija). Vendar neustrezna uporaba teh mehanizmov (nevzdrževanje, nepravilno zasnovani sistemi) lahko negativno vpliva na zdravje in udobnost uporabnikov stavbe. Zato bi bilo treba pred realizacijo podanih ukrepov natančno preračunati in preveriti upravičenost omenjenih ukrepov ter izbrati sisteme, ki so ustrezni iz sanitarno-tehničnega in higienskega vidika. Smotno je opraviti tudi analizo toplotnega udobja, ki je zelo pomemben dejavnik za zadovoljstvo uporabnikov stavbe.

Menim, da ne smemo na vsak način težiti k nizki porabi energije, ampak je to treba storiti z glavo in stvari natančno premisliti. Treba se je zavedati, da ljudje večino svojega časa preživimo v stavbah, okoli 80–90 %, [10] zato nam mora biti prioriteta zdravo in udobno bivanje s čim nižjo porabo energije in ne nasprotno, kjer po želji po čim višji energetske učinkovitosti poslabšamo bivalne razmere (mehanska prezračevanja z rekuperacijo). Poleg tega se je treba zavedati, da se z željo po energetske učinkovitosti razvijajo novi materiali z zelo nizko toplotno prevodnostjo, ki po odsluženi dobi pristanejo na smetišču zaradi nezmožne reciklaže in obremenjujejo okolje.

Za prihodnost prijetnega bivanja bo treba vgrajevati vedno več naravnih materialov, ki jih je možno po uporabi reciklirati in ponovno uporabiti ter tako proizvesti minimalne odpadke ali celo ničelne. S tako miselnostjo deluje neprofitna organizacija, The Cradle to Cradle, ki stremijo k življenju brez odpadkov, z idejo, da so vsi izdelki in embalaža, izdelani iz naravnih snovi, ki bi jih po končni uporabi lahko 100 % reciklirali in ponovno uporabili. Življenjska doba izdelkov pa naj bi bila daljša. Projekt z izjemno idejo, vendar je v tem trenutku naša družba še nedojemljiva za takšne spremembe. Ideja je le majhen korak k spremembam in samo vprašanje časa je, kdaj se bo tudi ta uresničila.

VIRI

- [1] Causes of climate change. 2015.
http://ec.europa.eu/clima/change/causes/index_en.htm
(Pridobljeno 17. 8. 2015.)
- [2] Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide. 2015.
http://www.petitionproject.org/gw_article/GWReview_OISM150.pdf
(Pridobljeno 17. 8. 2015.)
- [3] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (prenovitev). 2010.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>
(Pridobljeno 20. 7. 2015.)
- [4] Energy 2020, a strategy for competitive, sustainable and secure energy. 2011.
http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_energy2020_en_0.pdf
(Pridobljeno 17. 8. 2015.)
- [5] Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 25. oktobra 2010 o energetski učinkovitosti. 2012.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN>
(Pridobljeno 20. 7. 2015.)
- [6] 2020 Energy strategy. 2015.
<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2020-energy-strategy>
(Pridobljeno 20. 7. 2015.)
- [7] 2030 Energy strategy. 2015.
<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2030-energy-strategy>
(Pridobljeno 20. 7. 2015.)
- [8] 2050 Energy strategy. 2015.
<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy>
(Pridobljeno 20. 7. 2015.)
- [9] DOVJAK, Mateja, KUKEC, Andreja, KRAINER, Aleš. Prepoznavanje in obvladovanje dejavnikov tveganja za zdravje v bolnišničnem okolju z vidika uporabnika, stavbe in sistemov = Identification and control of health risks in hospital environment from the aspects of users, buildings and systems. Zdravstveno varstvo. 2013, letn. 52, št. 4, str. 304-315
- [10] (Evans in sod., 1998), Evans GW, Mitchell McCoy J (1998). When buildings don't work: the role of architecture in human health. Journal of environmental psychology. 18 (1): 85–94.

[11] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Ur. l. RS, št. 52/2010: 7840.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856>

(Pridobljeno 20. 7. 2015.)

[12] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. 2010.

http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf

(Pridobljeno 20. 7. 2015.)

[13] Energetski zakon (EZ-1). Ur. l. RS, št. 17/2014: 1787.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=116549>

(Pridobljeno 20. 7. 2015.)

[14] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Ur. l. RS, št. 77/2009: 10310.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=119788&part=u/Pravilnik-o-metodologiji-izdelave-in-izdaji-energetskih-izkaznic-stavb>

(Pridobljeno 20. 7. 2015.)

[15] Tehnična dokumentacija – PID, stanovanjsko poslovno naselje »ob potoku«, objekt: Blok I. Julij 2005. Primorje d. d.

[16] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur. l. RS, št. 42/2002: 4139.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371>

(Pridobljeno 17. 8. 2015.)

[17] KUKEC, Andreja, DOVJAK, Mateja. Prevention and control of sick building syndrome (SBS). Part 1, Identification of risk factors. Sanitarno inženirstvo, ISSN 1854-0678, dec. 2014, no. 1, vol. 8, str. 16-40, ilustr. [COBISS.SI-ID 6868321]

[18] Izbira energijsko varčnih oken. 2008

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT32.htm>

(Pridobljeno 20. 7. 2015.)

[19] SIST EN ISO 13790:2008 – Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.

[20] Sistemi za naravno ogrevanje stavb. 2015.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT128.htm>

(Pridobljeno 23. 8. 2015.)

[21] Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Ur. l. RS, št. 42/2002: 4114.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2002-01-2012>

(Pridobljeno 20. 7. 2015.)

[22] Poraba energije po sektorjih v EU. 2015.

<http://www.kyotherm.com/en/files/2011/06/EU-Final-Consumption.jpg>

(Pridobljeno 27. 8. 2015.)

[23] M. Dovjak, M. Shukuya, B. W. Olesen, A. Krainer, Analysis on exergy consumption patterns for space heating in Slovenian buildings, *Energy policy* 38 (6) (2010) 2998–3007.

[24] M. Schweiker, M. Shukuya, Comparative effects of building envelope improvements and occupant behavioral changes on the exergy consumption for heating and cooling, *Energy policy* 38(6) (2010) 2976-2986.