

ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **ANALIZA TOPLOTNIH IZGUB OVOJA ZGRADBE ŠCC**

Raziskovalna naloga

Avtorja:

Rok Pražnikar, S-4. b

Leon Ratajc, S-4. b

Mentorja:

Aleš Ferlež, mag. inž. energ.

Žan Podbregar, mag. inž. energ.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2019

## IZJAVA

Mentorja, Aleš Ferlež in Žan Podbregar, v skladu z 2. in s 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljava, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Analiza toplotnih izgub ovoja zgradbe ŠCC, katere avtorja sta Rok Pražnikar in Leon Ratajc:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno;
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature;
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu;
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje;
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju;
- da smo seznanjeni z razpisnimi pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, \_\_\_\_\_

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

## **DOVOLJENJE ZA OBJAVO AVTORSKE FOTOGRAFIJE V RAZISKOVALNI NALOGI**

Podpisana Rok Pražnikar in Leon Ratajc izjavljava, da sva avtorja fotografskega gradiva, navedenega v priloženem seznamu in dovoljujema v skladu z 2. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, da se lahko uporabi pri pripravi raziskovalne naloge pod mentorstvom Aleša Ferleža in Žana Podbregarja z naslovom Analiza toplotnih izgub ovoja zgradbe ŠCC, katere avtorja sta Rok Pražnikar in Leon Ratajc.

Dovoljujemo tudi, da sme Osrednja knjižnica Celje vključeno fotografsko gradivo v raziskovalno nalogo objaviti na knjižničnih portalih z navedbo avtorstva v skladu s standardi bibliografske obdelave.

Celje, \_\_\_\_\_

Podpis avtorjev:

Priloga:

- Seznam fotografskega gradiva (kazalo slik)

## ZAHVALA

Zahvaljujema se vsem, ki so kakorkoli pomagali pri izdelavi raziskovalne naloge. Brez pomoči naloga ne bi nastala, pa naj je šlo le za spodbudne besede, majhno idejo ali pa nasvete in kritike pri izdelovanju naloge. Najprej bi se zahvalila najnima mentorjema Alešu Ferležu, mag. inž. energ. in Žanu Podbregarju, mag. inž. energ., za ves trud, čas, podporo in vztrajnost, ki sta jo vložila v izdelovanje raziskovalne naloge. Zahvalili bi se jima tudi za tehnični pregled naloge. Zahvala gre tudi mag. Marijani Marinšek, za lektoriranje povzetka v angleščini, Dragomiri Kunej, prof., za slovnični pregled in ravnateljici Simoni Črep, prof., ki podpira raziskovalno dejavnost na šoli.

# ANALIZA TOPLOTNIH IZGUB OVOJA ZGRADBE ŠCC

**Ključne besede:** toplotna prevodnost, ovoj stavbe, izolacija, termografske meritve

## POVZETEK

Toplotne izgube pri velikih stavbah so zelo velike, saj jih je, v primerjavi z manjšimi hišami, zelo težko učinkovito izolirati. Razvoj novih termoizolacijskih materialov nam je olajšal ta problem, zato je pomembno, da spremljamo ter sproti analiziramo možne izboljšave. Namen najine raziskovalne naloge je prav to. Želiva ugotoviti, kolikšne so toplotne izgube naše šole in s kakšnimi ukrepi bi lahko izgube zmanjšali. Za raziskavo teoretičnih izgub sva uporabila program Knauf insulation, v katerega sva vnesla vse potrebne parametre za izračun toplotne prevodnosti vsake stene posebej. Nato sva pridobljene rezultate primerjala z rezultati, v katere sva vnesla parametre z boljšo in novejšo izolacijo ter novimi okni. Poleg tega sva izvedla tudi termografsko analizo s pomočjo termografske kamere Flir M8. Analizirala sva celoten ovoj šole, delavnic in telovadnice. Ugotovila sva, da so največje toplotne izgube skozi kovinske okvirje starejših oken, ki bi jih bilo treba zamenjati.

# ANALYSIS OF HEAT LOSS IN ŠOLSKI CENTER CELJE (ŠCC)

**Key words:** heat conductivity, building envelope, insulation, thermographic measurements

## ABSTRACT

Heat loss in big buildings is enormous. This happens because, unlike small houses, big buildings are very hard to insulate efficiently. The development of new thermal insulation materials has made this problem manageable, which is why we should frequently check possibilities of reducing heat loss. The goal of our research paper was to measure thermal conductivity of walls in our school and find out how much we would improve the situation if we replaced the old windows with new ones. We used Knauf Insulation program to calculate theoretical loss. We inserted the parameters and thus calculated heat conductivity of each wall. We compared these results with the results calculated by improving the parameters of window and wall insulation. We also used Flir M8 thermal imaging camera to analyse the building envelope of our school. We found out that the old window frames and insufficient wall insulation were the cause for most of the heat loss, which is why we propose that they are replaced.

# KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	SPLOŠNI OPIS ŠOLSKEGA CENTRA CELJE.....	1
1.2	HIPOTEZE.....	4
1.3	METODA RAZISKOVALNEGA DELA .....	4
1.4	STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA .....	4
<b>2</b>	<b>UČINKOVITA RABA ENERGIJE NA ŠOLAH .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>OVOJ ZGRADBE .....</b>	<b>6</b>
3.1	PREGLED IZOLACIJSKIH SISTEMOV .....	6
3.1.1	Mineralna vlakna .....	7
3.1.2	Ekspandiran polistiren .....	8
3.1.3	Ekstrudiran polistiren .....	9
3.1.4	Poliuretanske pene .....	10
3.2	PREGLED OKEN .....	10
3.2.1	Okvirji.....	11
3.2.2	Zasteklitev .....	13
3.3	PREGLED RAVNIH STREH.....	13
3.3.1	Vrste ravnih streh .....	13
3.3.1.1	Klasična bitumenska toplotno izolirana ravna streha.....	13
3.3.1.2	Klasična obtežena ravna streha .....	14
3.3.1.3	Obrnjena (pohodna) ravna streha .....	15
3.3.2	Hidroizolacije ravne strehe.....	16
3.3.2.1	Bitumenski trakovi .....	16
3.3.2.2	Bitumenski trak armiran s stekleno tkanino.....	17
3.3.2.3	Sintetična membrana iz poliolefina.....	17
<b>4</b>	<b>ENERGETSKI PREGLED OVOJA ZGRADBE ŠOLSKEGA CENTRA CELJE.</b>	<b>18</b>
4.1	PREGLED OVOJA ZGRADBE ŠCC.....	19
4.1.1	Termografske meritve.....	25

4.1.2	Ugotovitve in predlogi.....	28
<b>5</b>	<b>ANALIZA TOPLOTNIH IZGUB OVOJA ZGRADBE ŠCC.....</b>	<b>30</b>
5.1	OPIS PROGRAMA »KNAUF INSULATION« .....	30
5.2	PRERAČUN TOPLOTNIH IZGUB OBSTOJEČEGA STANJA.....	31
5.2.1	Šola .....	33
5.2.2	Telovadnica .....	34
5.2.3	Delavnice .....	36
5.3	PRERAČUN TOPLOTNIH IZGUB PRI SANACIJI OVOJA ZGRADBE.....	39
<b>6</b>	<b>ENERGETSKA IZKAZNICA .....</b>	<b>42</b>
6.1.1	Računska energetska izkaznica .....	42
6.1.2	Merjena energetska izkaznica.....	43
6.2	PRIMERJAVE MED ENERGETSKIMI IZKAZNICAMI.....	44
<b>7</b>	<b>PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVALNE NALOGE.....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>PRILOGE.....</b>	<b>55</b>
10.1	PRILOGA 1: SKICA ZGRADBE ŠOLSKEGA CENTRA CELJE .....	55



## KAZALO SLIK

Slika 1.1: Zgradba Šolskega centra Celje.....	2
Slika 1.2: Zgradba ŠCC-ja z označenimi smerni neba.....	2
Slika 3.1: Steklena volna [2] .....	7
Slika 3.2: Kamena volna [3].....	8
Slika 3.3: Polaganje ekspaniranega polistirena [4].....	9
Slika 3.4: Ekstrudiran polistiren [5] .....	9
Slika 3.5: Vgradnja poliuretanske pene [6] .....	10
Slika 3.6: Leseni okenski okvir, kombiniran s kovino [7] .....	11
Slika 3.7: PVC okenski okvir [8] .....	12
Slika 3.8: Aluminijski okenski okvir [10] .....	12
Slika 3.9: Klasična bitumenska toplotno izolirana ravna streh [28].....	14
Slika 3.10: Klasična obtežena ravna streha [28].....	15
Slika 3.11: Obrnjena (pohodna) ravna streha [28] .....	16
Slika 4.1: Južna stran stavbe, kjer se izvaja poučevanje .....	19
Slika 4.2: Zahodna stran šole, kjer je del oken že bil zamenjan.....	20
Slika 4.3: Celotna zahodna stran šole z delavnicami.....	20
Slika 4.4: Vzhodna stran šole s telovadnico .....	21
Slika 4.5: Severni del šole, kjer se izvaja poučevanje .....	21
Slika 4.6: Severna stran telovadnice.....	22
Slika 4.7: Vzhodna stran telovadnice .....	22
Slika 4.8: Južna stran telovadnice.....	23
Slika 4.9: Stene delavnic, najslabše izolirani del šole .....	24
Slika 4.10: Nova okna v eni od delavnic .....	24
Slika 4.11: Termovizijska kamera Flir .....	25
Slika 4.12: Toplotna prehodnost na južnem delu stavbe .....	26

Slika 4.13: Prekomerna toplotna prevodnost skozi vhodna vrata na višješolskem delu šole...	26
Slika 4.14: Prekomerna toplotna prevodnost skozi zračnik. ....	27
Slika 4.15: Toplotna prevodnost zahodne stene šole, vidna razlika med starimi ter novimi okni .....	27
Slika 4.16: Toplotna prehodnost skozi stebre delavnic .....	28
Slika 4.17: Toplotna prevodnost skozi okvirje oken na vzhodnem delu telovadnice .....	28
Slika 5.1: Kazalniki energijske učinkovitosti stavbe.....	37
Slika 5.2: Simbolična slika AJM oken 75 EVO [12] .....	39
Slika 5.3: Simbolična slika steklene volne TP435 B [13] .....	40
Slika 5.4: Primer sestave stene delavnice po sanaciji.....	40
Slika 6.1: Energetska izkaznica dejanskega stanja.....	45
Slika 6.2: Energetska izkaznica stanja po sanaciji .....	46
Slika 6.3: Merjena energetska izkaznica 2013-2015 .....	47
Slika 6.4: Merjena energetska izkaznica 2015-2017 .....	48

## KAZALO TABEL

Tabela 1-1: Osnovni podatki .....	3
Tabela 5-1: Največje dovoljene toplotne prehodnosti [27] .....	31
Tabela 5-2: Sestava obodnega parapeta šole .....	33
Tabela 5-3: Sestava zunanje stene šole.....	33
Tabela 5-4: Sestava strehe šole.....	34
Tabela 5-5: Sestava obodnega parapeta telovadnice .....	34
Tabela 5-6: Sestava zunanje stene telovadnice.....	35
Tabela 5-7: Sestava strehe telovadnice.....	35
Tabela 5-8: Sestava zunanje stene delavnice.....	36
Tabela 5-9: Sestava strehe delavnice.....	36
Tabela 5-10: Dejansko stanje toplotnih prehodnostih elementov ovoja stavbe ŠCC.....	38
Tabela 5-11: Kazalnik energijske učinkovitosti stavbe.....	41
Tabela 6-1: Razredi toplotne učinkovitosti [31].....	43

## **UPORABLJENE KRATICE**

ŠCC - Šolski center Celje

KI - Knauf insulation

rEI – računsko energetska izkaznica

mEI – merjena energetska izkaznica

# 1 UVOD

Energije ni neomejeno, kljub temu pa se potreba po njej povečuje. Da pomagamo zadovoljiti potrebe, ne potrebujemo povečane proizvodnje energije, ki privede do večjih stroškov ter slabo vpliva na okolje. Energijo moramo začeti uporabljati bolj učinkovito, vse pa se začne že pri malih uporabnikih. Ukrepi, ki vodijo k učinkoviti rabi energije, na naše življenje ne vplivajo negativno in vsekakor ne zbijajo življenjskega standarda, temveč energijo porabljajo bolj koristno.

V raziskovalni nalogi se bova bolj osredotočila na toplotno energijo. V prvi vrsti toploto zadržimo v objektu z dobrimi izolacijskimi materiali. Izolacijski materiali zmanjšujejo uhajanje toplote iz objekta, pri tem pa tudi varujejo sam objekt pred zunanjimi vplivi ter njihovimi posledicami. Na trg prihaja vse več toplotnoizolacijskih materialov za različne namene, kar pomeni, da imamo tudi potrošniki večjo izbiro.

V interesu nam je privarčevati čim več energije. Pri tem nam pomaga PURES, pravilnik o učinkoviti rabi energije. V njem so podane tehnične smernice, ki stremijo k boljšemu izkoristku na področjih toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, pripravi tople vode in razsvetljave v stavbah. Narekuje nam tudi metodologijo izračunov energijskih lastnosti stavb. Uporaba pravilnika se pojavi pri novogradnji in rekonstrukciji stavb.

Odločila sva se poglobiti v problematiko učinkovite rabe energije v stavbah. Izvedla sva primerjavo med dejanskim stanjem energetske učinkovitosti Šolskega centra Celje in predlaganimi sanacijami. Predlagane sanacije zajemajo menjavo oken, menjavo fasade ter menjavo oken in fasade skupaj. S takšnimi sanacijami bi ovoj ŠCC-ja izboljšali predvsem glede energetske učinkovitosti ter tudi varnosti in izgleda.

## 1.1 Splošni opis Šolskega centra Celje

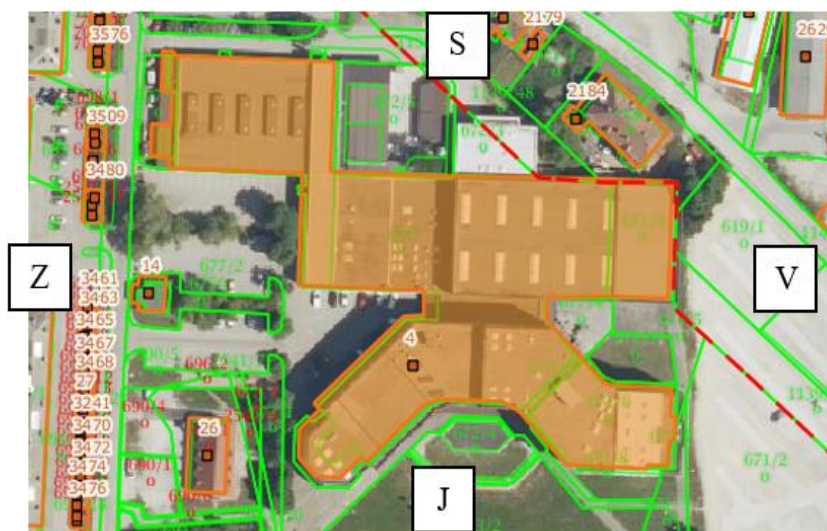
Šolski center Celje (ŠCC), prikazan na sliki 1.1 in sliki 1.2, leži v središču Celja, v istoimenski katastrski občini. Stavba je bila zgrajena leta 1974 in je v lasti Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport. Zadnja večja obnova je bila izvedena leta 1994, ko se je obnovila streha. V tej petnadstropni stavbi se izvaja srednješolsko in višješolsko izobraževanje, poleg tega se v

zgradbi nahajata tudi Medpodjetniški izobraževalni center ter šolska kuhinja, ki jo ima v najemu pogodbenik. Več osnovnih podatkov je prikazanih v tabeli 1-1.[21]



Slika 1.1: Zgradba Šolskega centra Celje

Skupni tloris šole je 109,74 m x 45,78 m, sicer pa je celotna stavba tako tlorisno kot višinsko zelo razgibana. Višina prostorov sega od 2,95 m do 3,05 m. Najnižji del stavbe je visok 16,56 m, najvišji pa 22,16 m.[21]



Slika 1.2: Zgradba ŠCC-ja z označenimi smermi neba

Tabela 1-1: Osnovni podatki

Naslov	Šolski center Celje, Pot na Lavo 22, 3000 Celje
Katastrska občina	Celje
Parcelna številka	1077
Številka stavbe	4
Dejanska raba stavbe	nestanovanjska
Višina stavbe	12,03 m
Neto tlorisna površina stavbe	17689 m <sup>2</sup>
Površina zemljišča pod stavbo	6239,25 m <sup>2</sup>
Število etaž	5
Leto izgradnje	1974
Leto obnove strehe	1994
Material nosilne konstrukcije	beton, železobeton
Vrsta ogrevanja	centralno ogrevanje
Priključek na omrežje plinovoda	DA
Priključek na električno omrežje	DA
Vrsta (tip) stavbe	samostoječa stavba
Način temeljenja	temeljna plošča

V pritličju šole se nahajajo vhodna avla, knjižnica, kuhinja ter jedilnica, telovadnica z garderobami in delavnice. V vseh etažah so učilnice ter kabineti za učitelje, v drugem nadstropju pa se poleg učilnic nahaja tudi zbornica z upravo šolskega centra. Šolski del in telovadnica sta bila dokončana v 70. letih prejšnjega stoletja, prostori delavnic pa že prej.

Na šoli obstaja nadzorni sistem za spremljanje porabe energije, ki omogoča tudi njeno analiziranje. Objekt se napaja z dvema vrstama energije, in sicer z zemeljskim plinom in električno energijo.[21]

## **1.2 Hipoteze**

V raziskovalni nalogi sva si postavila naslednje hipoteze:

- 1) Po sanaciji bo zgradba bolj energetske učinkovita.
- 2) Ovoj zgradbe ne zagotavlja zahtev PURES.
- 3) Največje toplotne izgube so skozi okna.
- 4) Sanacija objekta se povrne z manjšimi stroški ogrevanja.

## **1.3 Metoda raziskovalnega dela**

Pri raziskovalni nalogi sva imela na voljo veliko virov, saj je zanimanje za to temo vedno večje. Učinkovita raba energije pri stavbah se obravnava čedalje resneje, direktive in zakoni pa se zaostrojujejo. Stremi se k temu, da se močno zmanjša poraba energije v vseh objektih. Posledično s tem pripomoremo tudi k varovanju okolja. Vire sva črpala iz spleta, raznih diplomskih in magistrskih nalog in priročnikov, ponekod pa sva se obrnila tudi na podjetja, ki pokrivajo področja v zvezi z učinkovito rabo energije. Za raziskovalno nalogo sva si izposodila termografsko kamero, da sva ugotovila, kje se izgubi največ toplote. Računsko pa sva porabo energije dokazala s Knauf Isolation programom 2014, ki ga je ustvaril znani proizvajalec toplotnih izolacij.

## **1.4 Struktura raziskovalnega dela**

V prvem sklopu raziskovalne naloge sva raziskala strokovno literaturo na temo učinkovite rabe energije v objektih. V drugem sklopu sva se lotila termografskih meritev ter naredila energetske izkaznice za trenutno stanje ŠCC. V tretjem sklopu sva na podlagi teorije iz prvega sklopa in energetske izkaznice iz drugega sklopa naredila predlog za sanacijo objekta, ki je ustrezal vsem zahtevam. V četrtem, zadnjem sklopu, sva analizirala podatke, ki sva jih pridobila z meritvami in Knauf Insulation 2014 programom ter jih primerjala z dejanskim stanjem.



## 2 UČINKOVITA RABA ENERGIJE NA ŠOLAH

Leta 2016 se je pričel projekt TOGETHER, ki ga v okviru programa Interreg CENTRAL EUROPE 2014-2016 financira Evropska Unija. Predstavlja mnoga orodja, namenjena njihovim upravljalcem, lastnikom in uporabnikom.[13]

Orodja so razdeljena v tri skupine:

1. finančni in pogodbeni,
2. energetska upravljanje,
3. upravljanje energije glede na povpraševanje kot modifikacija potrošnikovih potreb po energiji.

Cilj tega projekta je zvišati energetska učinkovitost javnih stavb, zaradi česar so bila ustvarjena nepogrešljiva orodja, kot so:

- meddržavni protokol za opredelitev sistema za izračun prihrankov (z metodičnimi postopki pripomore k zbiranju podatkov o izračunih prihrankov);
- meddržavni koncept zaveznitva ključnih akterjev posamezne stavbe (poišče enotne cilje za zmanjševanje energetske izrabe);
- orodja za energetska upravljanje v šolah, v institucionalnih stavbah in v javnih zgradbah (Na voljo je vsem uporabnikom šol ter drugih javnih ali institucionalnih stavb. Uporabnikom nudi pregled Sistema za upravljanje z energijo (EnMS), ki ga lahko s skupnim delovanjem ostalih ukrepov uporabimo za skupni cilj izboljšanja energetske učinkovitosti).[14]

### 3 OVOJ ZGRADBE

Velik pomen ima ovoj zgradbe, zato mora biti dobro izoliran. Pozimi preprečimo izgube toplote in s tem prihranimo energijo, poleti pa nam omogoča, da se notranjost ne pregreva. Slaba izolacija lahko vodi do problemov z vlago, kondenzacije vodnih hlapov ter uhajanja emisij dimnih plinov v ozračje, ki nastanejo pri ogrevanju. Sestavne elemente ovoja zgradbe imenujemo tudi elementi toplotne izolacije. Delimo jih v 4 skupine [15]:

- strop na objektu (streha),
- zunanje stene (fasada),
- tla, ki mejijo na teren,
- stavbno pohištvo (okna, vrata).

Trg nam ponuja širok nabor izolacijskih materialov, zato lahko danes objekte toplotno izoliramo precej bolje kot nekoč. Izgube toplote lahko zmanjšamo v veliki meri ali pa jih skoraj popolnoma zatremo.

#### 3.1 Pregled izolacijskih sistemov

Stene predstavljajo največje površine objektov in od njih je odvisno tudi toplotno ugodje. Poleg izolacije morajo prenašati tudi mehanske obremenitve in varovati notranjost pred vplivi iz okolja. Prostore ščitijo pred padavinami, sončnim sevanjem, vlago, hrupom ter visokimi in nizkimi temperaturami. Stene delimo na:

- stene brez dodatne toplotne izolacije,
- stene s toplotno izolacijo na zunanji strani,
- stene s toplotno izolacijo na zunanji in notranji strani,
- lahke stene,
- stene s toplotno izolacijo na notranji strani. [16]

Stene moramo izolirati s pravilnimi toplotno izolacijskimi materiali. Za primerno izbiro teh materialov izbiramo med več kriteriji. Med pomembnejše kriterije spadata toplotna prevodnost

$\lambda$  [W/mK] in toplotna prehodnost  $k$  [W/m<sup>2</sup>K]. Toplotna prevodnost je lepo opisana in razložena v Gradbeniškem priročniku, citat: “Toplotna prevodnost je lastnost gradiva, ki pove, koliko toplotne moči se prevaja skozi enoto dolžine pri temperaturni razliki 1K.” Toplotna prehodnost pa nam pove, koliko moči se prevaja skozi enoto površine pri razliki 1K. Želimo si, da so vrednosti čim manjše, saj to pomeni dobro izoliran ovoj stavbe. Zanimariti pa ne smemo tudi trajnosti materialov, občutljivosti, protipožarne odpornosti in tlačne trdnosti. Izbira mora biti tudi okolju prijazna in ne sme vsebovati človeku škodljivih snovi. Za predloge sanacije ŠCC bova izbirala med klasičnimi vrstami toplotnoizolacijskih materialov. [1]

### 3.1.1 Mineralna vlakna

V tej skupini izolacijskih materialov sta najbolj razširjena steklena in kamena volna. Prednost teh materialov je, da sta kemijsko nevtralna, se ne starata, sta obstojna pri visokih temperaturah in ne trohnita.

Stekleno volno proizvajajo iz kremenčevega peska, h kateremu po možnosti dodajajo reciklirano steklo, nato jo segrevajo v elektropečeh, ki dosežejo temperaturo do 1350°C. Zmes, ki nastane pri segrevanju, nato razpihajo in dobijo vlaknasto strukturo. V celoto jo povežejo s pomočjo veziva. V tej fazi steklena volna dobi značilno rumenkasto barvo [17].



Slika 3.1: Steklena volna [2]

Kamena volna je proizvedena iz bazalta, diabaza in koksa pri temperaturah taljenja okoli 1600°C. Tudi zmes kamene volne razpihujejo ter jo v celoto povežejo s pomočjo veziva. Kamena volna dobi značilno sivozeleno barvo [17].



Slika 3.2: Kamena volna [3]

Toplotna prevodnost steklene in kamene volne se giblje v območju od 0,03 do 0,045 [W/mK], zato spadata med dobre toplotnoizolacijske materiale. V primeru, da se volna navlaži, se toplotna prevodnost poslabša, zato je pomembno pravilno skladiščenje in kakovostna izvedba parnih ovir in zapor. Kamena volna ima od steklene volne večjo gostoto, zato je bolj odporna, vendar ima zaradi tega tudi višjo ceno [17].

Mineralna vlakna so slabo razgradljiva in zaradi drobnih vlaken tudi rakotvorna. Pri proizvodnji se porabi približno 460 kWh energije na kubični meter mineralnih vlaken, zato so škodljiva okolju. Kljub temu so zelo uporabna in cenovno ugodna [17].

### 3.1.2 Ekspandiran polistiren

Območje toplotne prevodnosti se giblje med 0,035 W/mK in 0,04 W/mK. Ob pravilni vgradnji je material obstojen. Odporen je proti anorganskimi kislinami in soli ter ni strupen. Nanj slabo vplivajo organska topila, UV sevanje in temperature nad 80 °C. Ekspandirani polistiren ima majhno vodovpojnost, škoduje pa mu dolgotrajna izpostavljenost delovanju vodne pare pri spremembah temperature in tlaka. Upoštevati moramo, da je surovina naftni derivat, pri proizvodnji kubičnega metra materiala pa se porabi od 400 kWh do 1000 kWh energije. Kljub potratni proizvodnji ima material nizko ceno [17].



Slika 3.3: Polaganje ekspandiranega polistirena [4]

### 3.1.3 Ekstrudiran polistiren

Ekstrudiran polistiren ima zaradi drugačnega postopka proizvodnje zaprte celice, zaradi česar praktično ne vpija vode. Uporablja se ga, kadar je toplotna izolacija v neposrednem stiku z vodo. V primerjavi z ekspandiranim polistirenom je pri proizvodnji potrebno še nekajkrat več energije, uporabljajo pa tudi ozonski plasti škodljive CFC pline. Tudi razlika v ceni z ekspandiranim polistirenom je pri ekstrudiranem nekajkrat višja [17].



Slika 3.4: Ekstrudiran polistiren [5]

### 3.1.4 Poliuretanske pene

Material ima nizko toplotno prevodnost, in sicer tudi do 0,02 W/mK. Surovine za izdelavo poliuretanske pene pridobivajo iz naftnopredelovalne industrije, pri čemer nastajajo marsikateri strupeni plini. Po vgradnji toplotnoizolacijskega materiala so škodljive snovi, ki izhajajo, zanemarljive. Problem se pojavi pri gorenju, pri čemer se izločajo strupeni plini. Poliuretanske pene uvrščamo med dražje materiale, saj se za proizvodnjo kubičnega metra pene porabi med 750 kWh in 1030 kWh. Material je odporen na temperaturne spremembe do 150 °C. Slabost materiala je težavno odstranjevanje zaradi načina vgradnje [17].



Slika 3.5: Vgradnja poliuretanske pene [6]

## 3.2 Pregled oken

Okna so pomemben del ovoja stavbe. Skoznje dobimo svetlobo in stik z okoljem, uporabljamo pa jih za prezračevanje prostorov. Z energetskega vidika predstavljajo najbolj potraten del ovoja. V mrzlih mesecih objekte ogrevamo in takrat nastopijo toplotne izgube. Toplota skozi okna prehaja preko stekel in okvirjev ali tam, kjer slabo tesnijo. Pri izbiri oken moramo biti pozorni na več dejavnikov. Kot prvo moramo poznati velikost oken, na podlagi katere se odločimo glede zasteklitve, okvirjev in tesnila. Tudi barva oken je pomembna. Izgube lahko dodatno zmanjšamo z roletami ali polknami ter tudi okna mehansko zaščitimo [18].

### 3.2.1 Okvirji

Pri okvirjih lahko izbiramo med tremi različnimi materiali, ki nam ponujajo vsak svoje prednosti ter slabosti. Poznamo okvirje iz naravnih materialov oz. lesa, umetnih mas in kovine. Danes lahko okvirje dobimo že v vseh barvah, kar je tudi pomemben faktor. Poleg vrst materialov se okvirji razlikujejo tudi v sami toplotni in zvočni odpornosti. Upoštevati moramo tudi debelino oken, saj z njo narašča tudi toplotna in zvočna izolativnost [18].

Dobra lastnost lesenih okvirjev je, da nam les nudi najmanjšo toplotno prehodnost. V nasprotju s tem pa je življenjska doba teh okvirjev kratka. Les ima najmanjšo obstojnost, kar pa ne pomeni, da bomo morali okna redno menjati. Kljub temu bo potrebno redno vzdrževanje oken, da preprečimo škodo zunanjih vplivov. Les lahko tudi kombiniramo s kovino in učvrstimo zunanje ploskve okvirja. Les je tako bolj zaščiten pred zunanjimi vplivi in obstojnejši. Sam les ima tudi največje možnosti deformacije, vsekakor pa od ostalih okvirjev ni manj varen. Z evropsko direktivo (direktiva o gradbenih proizvodih EN-14351-1:2006) morajo proizvajalci narediti izdelke v skladu z zahtevami in jih označiti z oznako CE [6], [18].



Slika 3.6: Leseni okenski okvir, kombiniran s kovino [7]

Za okvirje iz umetnih mas se v večini uporablja PVC. Ti okvirji so sredina med lesenimi in kovinskimi po prehodnosti toplote in obstoju. Ne potrebujejo posebnega vzdrževanja, profili pa imajo kovinsko ojačanje, da preprečijo morebitno krivljenje ali zvijanje. Pri izbiri barve teh okvirjev moramo biti pozorni, ali je pobarvana samo površina ali pa je obarvana celotna masa. PVC okvirji morajo imeti zračne komore, ki jih izolativno izboljšajo [8], [18].



Slika 3.7: PVC okenski okvir [8]

Pri okvirjih iz kovine uporabljamo aluminij zaradi majhne teže. Takšni okvirju imajo dobro trdnost in stabilnost, zato so uporabljajo, kadar moramo zagotoviti tudi nosilnost oken in kadar imamo večje steklene površine. Material naredi okna obstojnejša, hkrati pa nam ne povzroča skrbi z vzdrževanjem. Okna so skoraj večna. Z energetskega stališča je negativna lastnost teh oken, da imajo največjo toplotno prehodnost. Aluminij je odporen proti ognju in vodi in nam s tem nudi tudi dobro varnost [9], [18].



Slika 3.8: Aluminijasti okenski okvir [10]



### 3.2.2 Zasteklitev

Zasteklitev okna je najpomembnejši element. Steklo predstavlja največjo površino na oknu in skozi njega se izgubi največ toplote. Pomembna je pravilna izbira zasteklitve, na katero imamo kar nekaj dejavnikov, ki jih moramo upoštevati. Izbiramo lahko med vrsto stekla in številom stekel na oknu ter polnilom v medsteklenem prostoru. Na voljo imamo tudi različne nizkoemisijske nanose in sončno zaščito [18].

## 3.3 Pregled ravnih streh

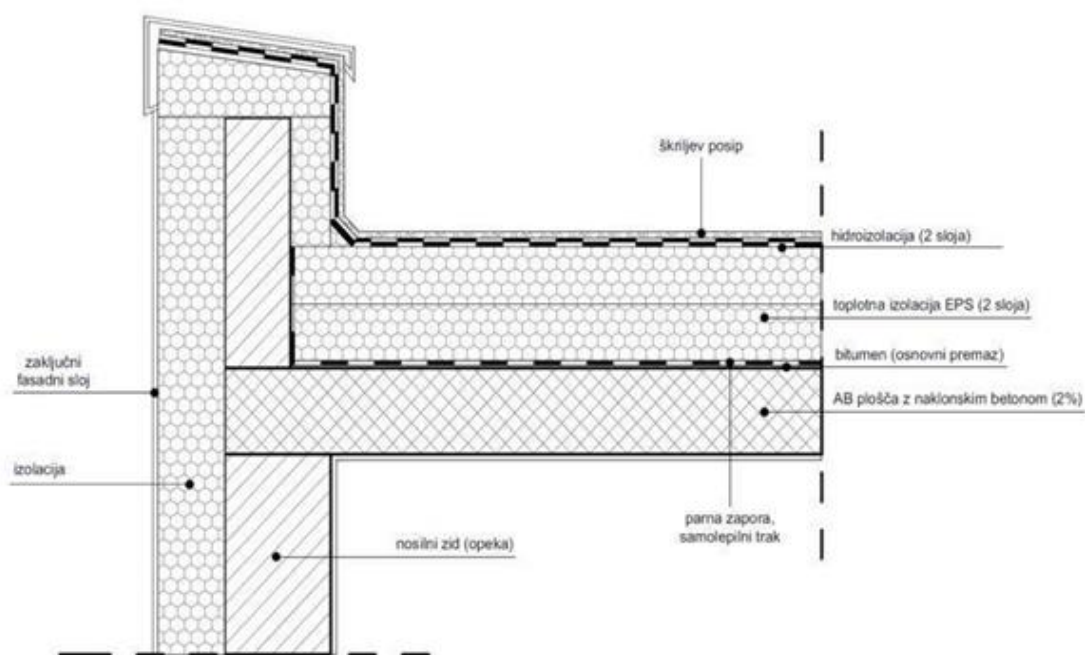
V vsakdanjem življenju se pogosto srečujemo z ravnimi strehami, saj je večina javnih objektov pokritih z njimi. Vedno več pa je tudi stanovanjskih hiš, ki imajo ravne strehe, saj dajejo nekakšen moderen vtis. Ravne strehe so bile sicer uporabljene že davno nazaj v Izraelu, Egiptu, Perziji in na splošno v bolj vročih ali puščavskih področjih. Prednost teh področij je bila, da voda ali deževnica, ki je zatekala v razpoke strehe, ni zmrznila in s tem povzročala večanja razpok. V hladnejših področjih sveta so zato ravne strehe bile neuporabne do razvitja sintetične hidroizolacije, ki jo uporabljamo danes. Strehe takšnega tipa so znane po veliki zahtevnosti gradnje, saj so najbolj izpostavljene atmosferskim ter večjim mehanskim vplivom. V primeru nepravilne gradnje lahko pride do zamakanja konstrukcije. Da se takšnim problemom izognemo, pa strehe zaščitimo z različnimi toplotnoizolacijskimi materiali, hidroizolacijami ter drugimi zaščitnimi plastmi. Kljub temu da se imenuje ravna streha, ta ni resnično ravna. Zgrajena mora biti pod 1-2% naklonom. Ta omogoča iztek deževnice s strehe in s tem podaljša obstojnost zaščitnih materialov [19].

### 3.3.1 Vrste ravnih streh

#### 3.3.1.1 Klasična bitumenska toplotno izolirana ravna streha

Sistem ravne toplotno izolirane strehe je znan kot enostaven ter stroškovno optimalen način kritja praktično vseh vrst objektov. Uporablja se na mnogih, če ne skoraj vseh, strehah javnih objektov ter večjih stavb [28].

V primeru klasične ravne strehe je na armirano betonsko ploščo položena parna zapora. Po tej plasti sledi izbrana toplotna izolacija, nad katero je dvojna plast hidroizolacije za preprečevanje prehoda vode ter vlage v preostale dele objekta. Ta del je zelo pomemben, saj v primeru nepravilnega polaganja teh plasti lahko pride do zamakanja ter oslabitve toplotne izolacije in betonske plošče. To plast hidroizolacije po navadi zaščitimo s škrljjevim posipom. Parna zapora je izvedena z bitumenskim trakom, ki je sestavljen iz steklenih vlaken ter aluminijaste folije, ki prepreči neposreden prehod pare v toplotno izolacijo. Sama toplotna izolacija je zelo pomembna pri vzdrževanju prijetnih sobnih temperatur tako pozimi kot poleti, zato je pomembno, da se odločimo za pravo vrsto ter debelino izolacije. V tem primeru klasične ravne strehe je najprimernejša vrsta izolacije ekspanziran polistiren (EPS), saj se v primerjavi z ostalimi strešnimi izolacijami ne skrči ali razteza na račun temperaturnih razlik. EPS je cenovno ugoden, lahek in nudi odlične toplotnoizolacijske sposobnosti [28].

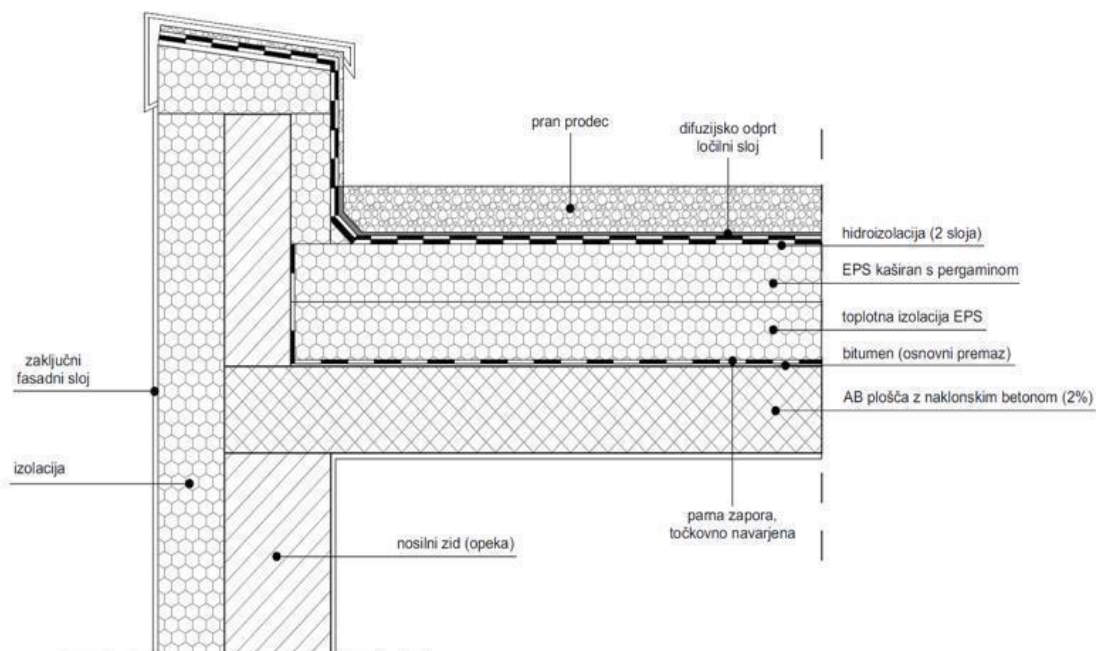


Slika 3.9: Klasična bitumenska toplotno izolirana ravna streh [28]

### 3.3.1.2 Klasična obtežena ravna streha

Sestava obtežene ravne strehe je zelo podobna klasični. Zaključni sloj te strehe predstavlja obtežitev, na primer strešni vrt, terasa ... Sloji klasične obtežene strehe si od znotraj navzven sledijo po naslednjem vrstnem redu: armirano betonska plošča z naklonom, bitumenski premaz,

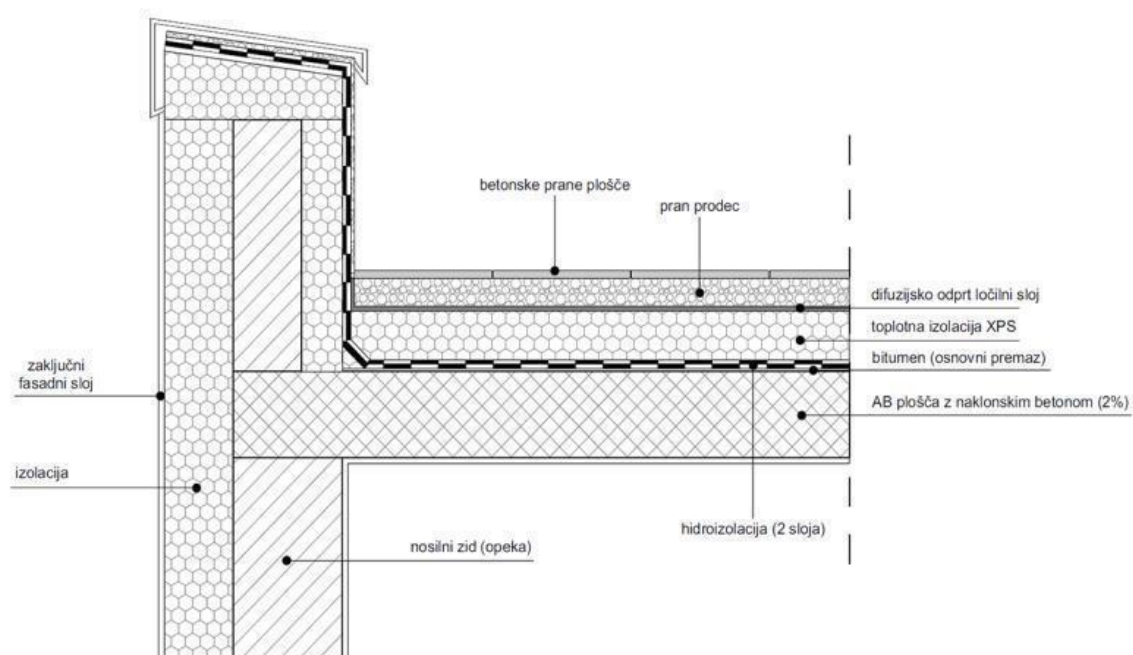
dva sloja ekspaniranega polistirena pri katerih je drugi kaširan s pergaminom, hidroizolacija v dveh slojih, nakar sledi še prani prodec [28].



Slika 3.10: Klasična obtežena ravna streha [28]

### 3.3.1.3 Obrnjena (pohodna) ravna streha

Glavna razlika med obrnjeno ter klasično ravno streho je vrstni red, po katerem si sledijo sestavne plasti strehe. Sledijo si po naslednjem vrstnem redu: armirano betonska plošča z naklonom, osnovni bitumenski premaz, dva sloja hidroizolacije, XPS toplotna izolacija, difuzijsko odpri ločilni sloj in prani prodec, na katerega so položene betonske plošče [28].



Slika 3.11: Obrnjena (pohodna) ravna streha [28]

### 3.3.2 Hidroizolacije ravne strehe

Hidroizolacija ravne strehe je zelo pomembna, saj v primeru nepravilne izvedbe pride do zamakanja celotne konstrukcije. Načinov izoliranja je več, najpogostejše pa so standardna bitumenska hidroizolacija, bitumenski trakovi armiranje s stekleno tkanino ali sintetične hidroizolacijske membrane [28].

#### 3.3.2.1 Bitumenski trakovi

Najpogostejše so še vedno uporabljeni bitumenski trakovi. Narejeni so iz polimerov in so obstojni na razne vremenske razmere. Na voljo imamo standardne ali pa visokokakovostne trakove. Pri gradnji klasične ravne strehe trakove namestimo nad toplotno izolacijo. Prednost teh trakov je, da se enostavno prilagajajo nestabilnim podlagam, saj so primerno fleksibilni. Hkrati jih je enostavno vgraditi ter popravljati [31].

### 3.3.2.2 Bitumenski trak armiran s stekleno tkanino

Ta trak ima podobne lastnosti kot prejšnji, le da je ta veliko močnejši in obstojnejši. Prenša lahko visoke prečne ter vzdolžne sile. Prednost tega traka je tudi veliko večja temperaturna obstojnost ter odpornost na staranje [31].

### 3.3.2.3 Sintetična membrana iz poliolefina

Sintetična hidroizolacijska membrana je narejena iz poliolefina. Odporna je proti vodi, vplivom sončnih žarkov ter drugimi vremenskimi vplivi. Z njo lahko izoliramo vse vrste streh, podzemne dele stavb, vodna zajetja, itd. Membranske trakove med seboj varimo z vročim zrakom, kar pospeši ter poenostavi delo. Ker je folija narejena iz posebnih materialov, se ta zelo počasi stara ter doseže zelo dolgo življenjsko dobo. Primerna je tudi za sanacije starejših izolacij, saj je lahko v stiku z bitumni [31].

## 4 ENERGETSKI PREGLED OVOJA ZGRADBE ŠOLSKEGA CENTRA CELJE

Za ugotavljanje porabe energije v stavbah si pomagamo z energetske pregledom (EP). To je sistematičen postopek, ki nam pomaga ugotoviti, kje se porablja energija in kako lahko stroške ter rabo energije učinkovito zmanjšamo [10].

V raziskovalni nalogi sva se osredotočila na izgube energije skozi obstoječ ovoj zgradbe. Izbrala sva si možne rešitve za sanacijo zgradbe ter jih primerjala z dejanskim stanjem. Z zbranimi podatki bo lahko šola naredila energetske sanacijo zgradbe in s tem zmanjšala stroške.

Vsi energetske pregledi niso enaki. Razlikujejo se po obsegu in namenu pregleda, zato jih lahko delimo v tri skupine:

1. Najbolj poglobljen pregled, ki zahteva natančno analizo, imenujemo razširjen pregled. Pregled mora vsebovati natančno analizo in izračune energetskih potreb za URE.
2. Manj obsežen pregled, ki je namenjen za lahko razumljive in preproste primere, imenujemo poenostavljen pregled.
3. Najenostavnejši pregled, kjer se analiza lahko izdelava že na podlagi enodnevnega ogleda ter zbranih podatkov o porabi energije, se imenuje preliminarni pregled [11].

Za poenostavljen pregled se odločimo pri manjših stavbah, kjer so ukrepi razvidni. V naši raziskovalni nalogi pa smo se poslužili poenostavljenega pregleda, ker je ŠCC večja in bolj kompleksna ustanova ter ima več porabnikov energije, zato sva se osredotočila na ovoj zgradbe.

Za lažjo izdelavo energetskega pregleda imamo običajno več stopenj. V prvi stopnji naredimo pregled celotne ustanove oziroma večstanovanjskega objekta. V drugi stopnji zgradbo razdelimo na več delov ter naredimo pregled vsakega posameznega dela. Nato v tretji stopnji naredimo pregled posameznih naprav v zgradbi [20].

Energetski pregledi so običajno podobni, razlikujejo pa se v podrobnostih odvisno od vrste stavbe ali panoge industrije. Vendar so osnovni koraki enaki za vse [20].

#### 4.1 Pregled ovoja zgradbe ŠCC

Stebri, v delu, kjer se izvaja poučevanje, so iz armiranega betona. Stene so iz marsikaterih različnih materialov, kot so modularna opeka, porolit, armirani beton, porobetonski bloki... Streha je v največjem delu izvedena kot ravna, z minimalnim naklonom [21, 22]. Povišan del šole je pokrit s streho enokapnico. Južni del objekta, kjer se nahaja glavni vhod, ima dvokrilna aluminijasta vrata, ki so zastekljena s toplotno izoliranim varnostnim steklom. Okna na celotnem objektu so aluminijasta, zastekljena s toplotno izoliranim steklom. Vsa okna so hkrati opremljena z notranjimi ter zunanji policami, zunanje so iz marmorja, notranje pa so in plastificirane pločevine. Na južni strani so vsa okna opremljena z žaluzijami, na ostalih straneh pa so delno opremljene vse učilnice ter večina kabinetov.

Sestava fasade je naslednja: do višine približno 3 m je narejena iz vidne oranžne opeke, ki je še dodatno pobarvana. Nad tem delu je fasada toplotno izolirana z mineralno volno ter obložena s trapezno valovitimi plastificiranimi pločevinastimi ploščami, ki so pritrjene na jekleno podkonstrukcijo. Streha je izvedena kot klasična toplotno izolirana ravna streha, katere osnovna konstrukcija je iz armiranega betona. Finalno je krita z bitumenskimi trakovi ter zaščitena s prodcem [21, 22]. Celoten ovoj zgradbe prikazujejo slike od 4.1 do 4.5.



Slika 4.1: Južna stran stavbe, kjer se izvaja poučevanje



Slika 4.2: Zahodna stran šole, kjer je del oken že bil zamenjan



Slika 4.3: Celotna zahodna stran šole z delavnicami





Slika 4.4: Vzhodna stran šole s telovadnico



Slika 4.5: Severni del šole, kjer se izvaja poučevanje

Telovadnica je pravokotne tlorisne oblike, velikosti 63,88 m x 31,44 m. Višina zgradbe na najnižjem robu je 10,70 m, na najvišjem delu pa 12,00 m. Sam objekt je grajen iz armiranobetonskega skeleta, zidanimi predelnimi in obodnimi stenami ter jekleno strešno konstrukcijo [21,22]. Okna so stara, aluminijasta ter zastekljena s »kopelit« steklom, manjša pa s toplotno izoliranim steklom. Vsa okna imajo zunanje okenske police iz plastificirane pločevine. Fasada je do višine 3 m izvedena iz vidne opeke, nad to plastjo pa je dodatno toplotno

izolirana z mineralno volno ter obložena s trapezno valovitimi plastificiranimi pločevinastimi ploščami, ki so pritrjene na jekleno podkonstrukcijo. Streha je, kot na ostalih delih šole, izvedena kot enokapnica z minimalnim naklonom 1,5 % , toplotno izolirana ter finalno krita z bitumenski trakovi in premazana z zaščitnim premazom. Ovoj telovadnice prikazuje slike od 4.6 do 4.8.



Slika 4.6: Severna stran telovadnice



Slika 4.7: Vzhodna stran telovadnice



Slika 4.8: Južna stran telovadnice

Del šolskega centra, kjer so delavnice, je hkrati najstarejši in zaradi tega tudi najslabše toplotno izoliran. Grajen je samo s polnim opečnim zidakom in zato je faktor toplotne prehodnosti teh sten zelo velik. Debelina sten je 35 cm. Tudi tla stavbe so brez dodatne izolacije. Stropi so iz mavčnih plošč ter v večini toplotno izolirani z mineralno volno. Okna so skoraj vsa nova (Slika 4.10).



Slika 4.9: Stene delavnic, najslabše izolirani del šole



Slika 4.10: Nova okna v eni od delavnic

Arhitekturna oblika zunanjega ovoja ima pomemben vpliv na toplotnoizolacijske lastnosti objekta. V tem primeru je ta zelo razgibana, kar pomeni večje izgube toplote.

#### 4.1.1 Termografske meritve

Termovizija je postala standardno diagnostično orodje, s katerim se enostavno in hitro odkrivajo napake pri gradnji pa tudi skrite napake v konstrukciji. Ob pregledih in kontrolah zgradb [23]:

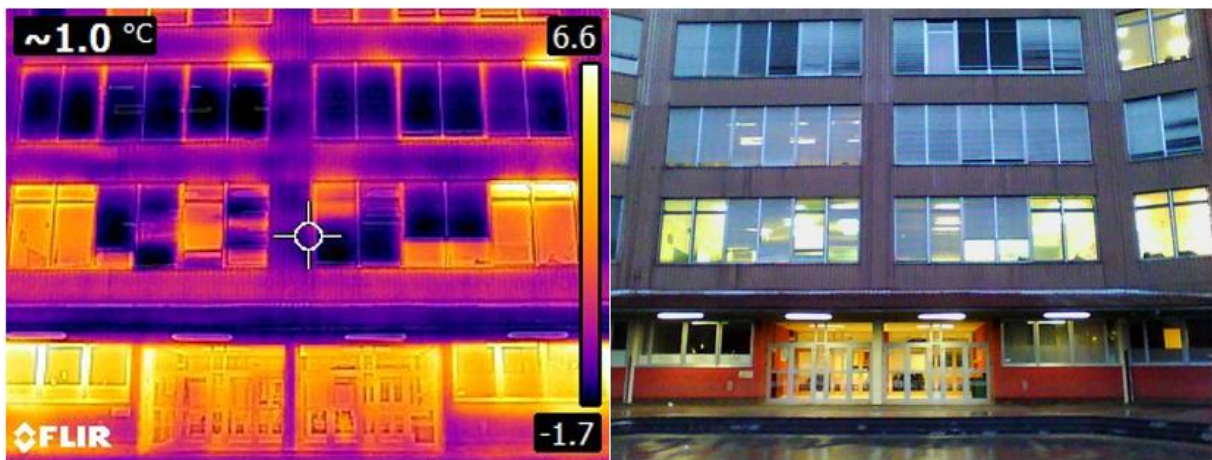
- vizualiziramo energijske izgube;
- odkrivamo manjkajočo, nepopolno ali poškodovano izolacijo;
- odkrivamo netesnost stavbnega pohištva;
- določamo vlažna mesta v stavbi, na strehah in v zidovih, tako v notranjih kot tudi v zunanjih stenah;
- lociramo toplotne mostove v zgradbah;
- odkrivamo zatekanja meteornih voda na ravnih strehah;
- odkrivamo slabo izolirana mesta v toplovodnih instalacijah;
- odkrivamo napake v gradnji objekta;
- odkrivamo napake v električnih instalacijah in razdelivcih.

Meritev se je izvajala v ponedeljek, 07.01.2019, med 7:00 in 7:45 uro z merilnim instrumentom Flir E8 infrared camera (Slika 4.11). Povprečna notranja temperatura v zgradbi je bila 20,2 °C in vlaga 36%. Medtem je bila zunanja temperatura -1.2 °C in vlaga 62 %.



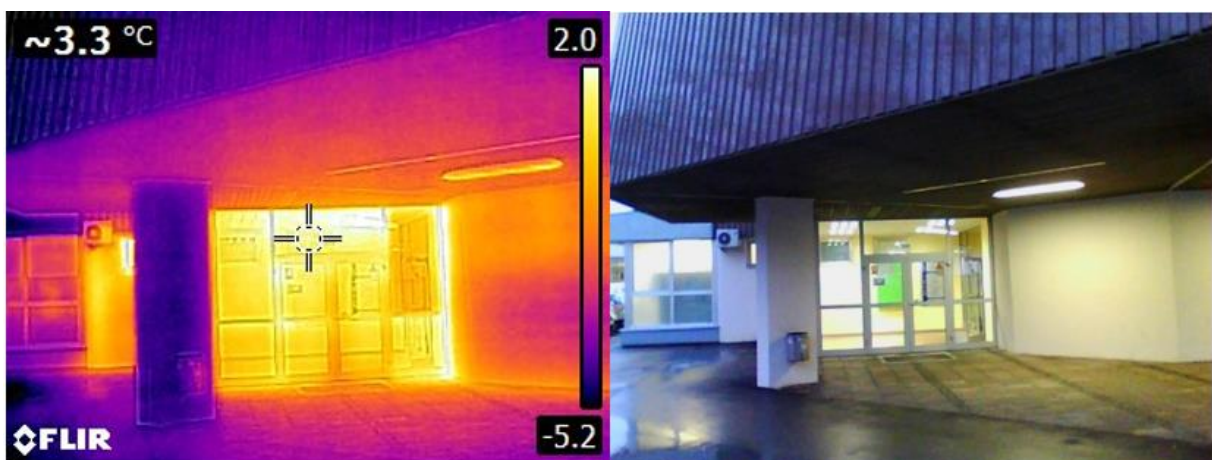
Slika 4.11: Termovizijska kamera Flir

Prekomerna toplotna prevodnost skozi zastekljeno površino južnega dela šole. (Slika 4.12)



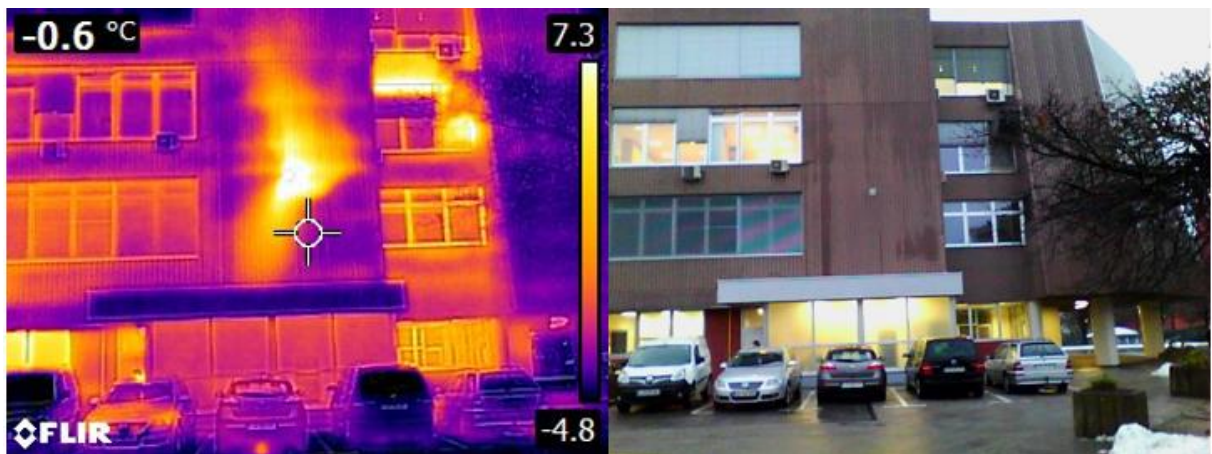
Slika 4.12: Toplotna prehodnost na južnem delu stavbe

Prekomerna toplotna prevodnost skozi zastekljena vhodna vrata na višješolski del stavbe. (Slika 4.13)



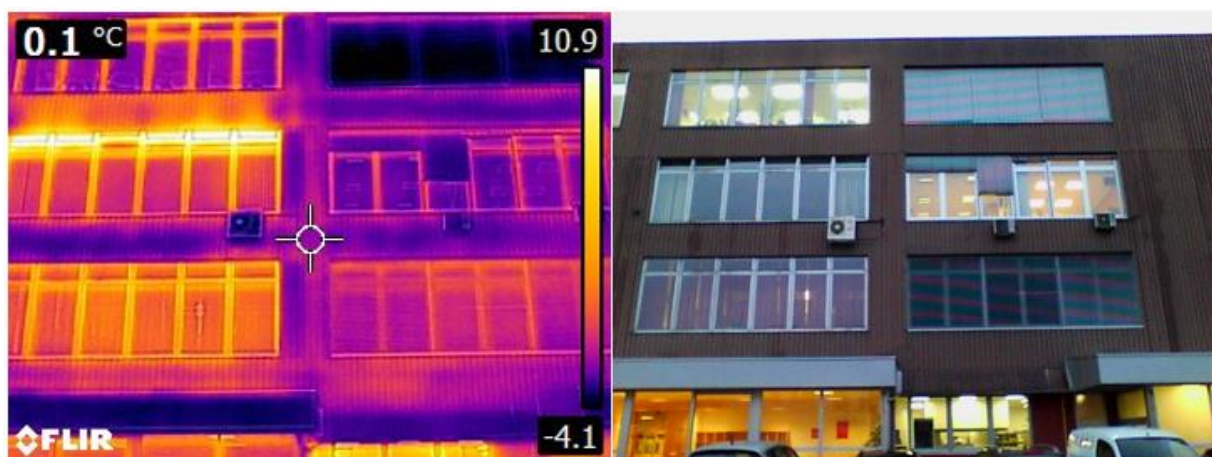
Slika 4.13: Prekomerna toplotna prevodnost skozi vhodna vrata na višješolskem delu šole.

Prekomerna toplotna prevodnost skozi zračnik na jugozahodnem delu stavbe. (Slika 4.14)



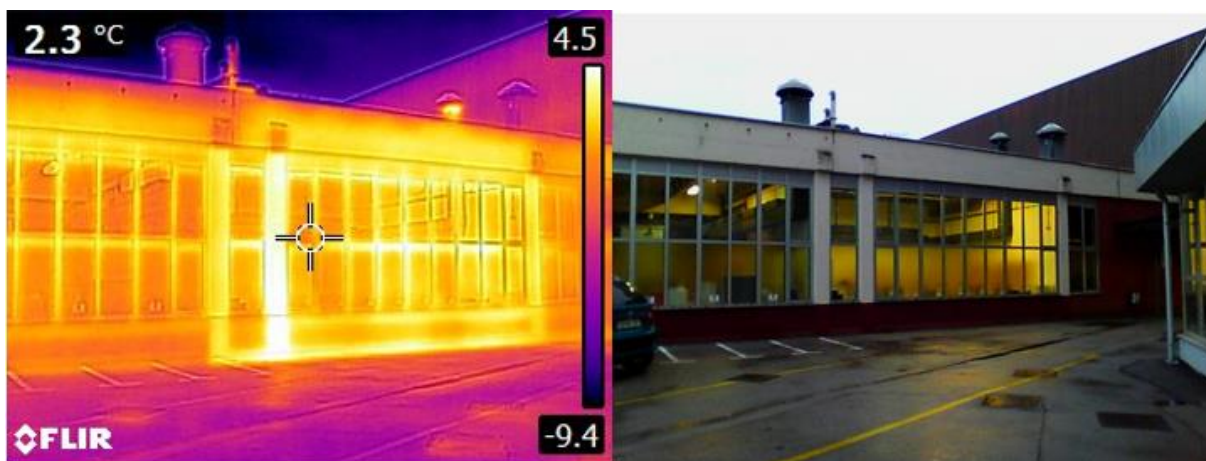
Slika 4.14: Prekomerna toplotna prevodnost skozi zračnik.

Zahodna stena nad jedilnico, kjer se na termografski sliki opazi razliko med starimi ter novimi okni. (Slika 4.15)



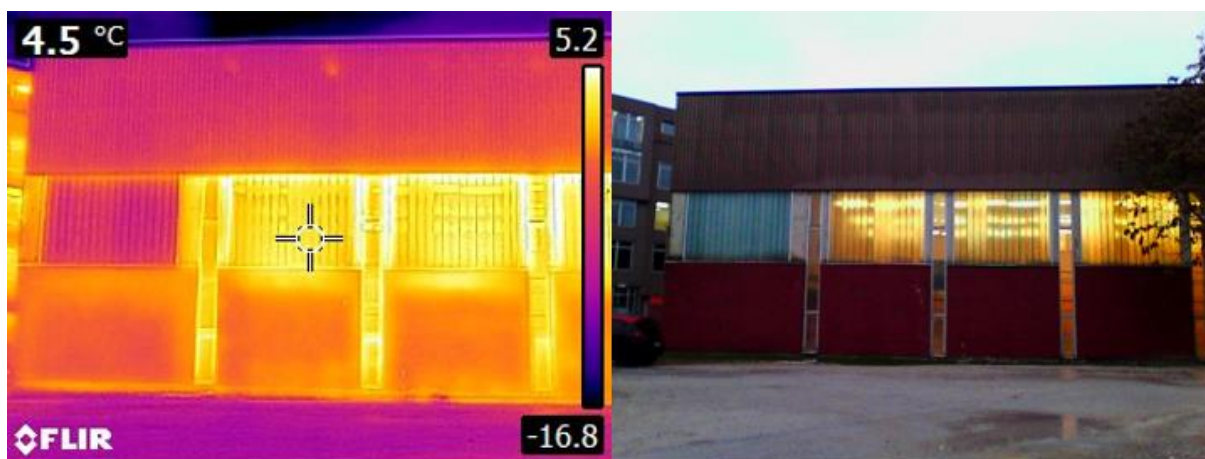
Slika 4.15: Toplotna prevodnost zahodne stene šole, vidna razlika med starimi ter novimi okni

Prekomerna toplotna prevodnost armiranobetonskih stebrov na predelu delavnic. (Slika 4.16)



Slika 4.16: Toplotna prehodnost skozi stebre delavnic

Prekomerna toplotna prevodnost skozi okvirje dotrajanih oken na vzhodnem delu telovadnice. (Slika 4.17)



Slika 4.17: Toplotna prevodnost skozi okvirje oken na vzhodnem delu telovadnice

#### 4.1.2 Ugotovitve in predlogi

V skoraj vseh primerih je bilo ugotovljeno, da sta glavna krivca za slabe toplotne karakteristike dotrajani okvirji oken ter vrat. To povzroči veliko toplotno prevodnost v stavbi ter s tem posledično pride do znižanja temperature v prostoru. Res pa je, da je določeno število oken že bilo zamenjanih, kar je pripomoglo k izboljššanju stanja. Na določenih predelih se še posebej opazi toplotno prevodnost pri kovinskih okenskih okvirjih, saj imajo sorazmerno veliko prevodnost toplote.



Termografski pregled ovoja je pokazal, da so največje toplotne prevodnosti pri okvirjih oken. To stanje na ovoju lahko popravimo z zamenjavo starih oken za novejša toplotno izolirana okna. Z uporabo takšnih oken pa se pojavi problem prezračevanja prostorov, zato je potrebno vgraditi prisilno prezračevanje. Vzrok slednjega je, da so v času izgradnje ŠCC-ja za tesnitev nastalih lukenj uporabljali malto ter mavec, danes pa se za tesnjenje uporabljajo umetne mase. Rabo energije lahko zmanjšamo tudi s pravilnim naravnim prezračevanjem, sicer pa ta ukrep spada pod organizacijske ukrepe.

Sklepamo, da so za slabe toplotne karakteristike celotne zgradbe kriva stara in dotrajana okna. Zaradi tega predlagava temeljito rekonstrukcijo oz. zamenjavo vseh dotrajanih in energetsko neučinkovitih oken skupaj s policami in senčili. V primeru, da se ta ukrep dejansko izvede, bi s tem močno vplivali na bivalno ugodje učencev ter osebja. Zmanjša se tudi hrup okolice, kar je koristno za poučevanje ter koncentracijo dijakov oz. študentov. Število starih oken se iz leta v leto počasi manjša, saj jih med poletnimi počitnicami vsako leto nekaj zamenjajo.

Tudi stanje senčil na oknih je slabo, saj jih je večina poškodovanih ali pa jih sploh ni. Predlagava, da se ob zamenjavi oken vgradijo tudi sodobna zunanja senčila. Takšna senčila so iz novejših materialov, ki lažje prenašajo hude sunke vetra in so bolj vzdržljiva.

## 5 ANALIZA TOPLOTNIH IZGUB OVOJA ZGRADBE ŠCC

### 5.1 Opis programa »Knauf insulation«

KI ENERGIJA 2014 je program, ki se uporablja za izvajanje Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. Namenjen je vsem projektantom arhitekture, strojnih inštalacij in elektro inštalacij. Omogoča celovito obravnavanje projekta, sestave konstrukcij, vseh možnih opcij strojne opreme in arhitekturne zasnove [24].

S KI ENERGIJA 2014 lahko izdelamo:

- izkaz stavbe,
- elaborat učinkovite rabe energije,
- energetska izkaznica [24].

Pri uporabi Knaufovega programa nam je v pomoč znanje oz. dostop do naslednjih uradnih dokumentov:

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. PURES-2010 (Ur. L. RS št. 52/2010 z dne 30.6.2010),
- Tehnična smernica za graditev – TSG-1-004 – URE [24].

Poleg zgoraj navedenih dokumentov je za izdelavo energetske izkaznice s KI Energija 2014 potrebno poznati tudi slednje pravilnike:

- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 93/2012),
- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS .št. 92/2014, z dne 19.12.2014) [24].

Program deluje na osnovi zgoraj navedenih dokumentov in pravilnikov. V njih so opredeljene določene mejne vrednosti, veličine, faktorji, različni postopki, kriteriji za definiranje con ...

Kot smo že omenili, je uporaba tehničnih smernic obvezna, zato je tudi v programu tehnična smernica TSG-1-004 – URE, ki določa gradbene ukrepe ter rešitve za doseganje zahtev iz pravilnika PURES 2010. Smernica določa tudi metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe [24].

Metodologija je predstavljena na približno 200 straneh, kjer je zbranih več kot 400 enačb. Vključuje tudi različne mednarodne standarde [24].

## 5.2 Preračun toplotnih izgub obstoječega stanja

Toplotne izgube predstavljajo toplotno energijo, ki se izgubi pri prehodu skozi zgradbo zaradi razlike med zunanjimi in notranjimi temperaturami. Zaradi njih moramo zagotavljati potrebno količino toplote za bivalno ugodje. Ne moremo se jim v celoti izogniti, ker so odvisne od več dejavnikov, želimo pa jih čim bolj zmanjšati. Večini toplotnih izgub se lahko izognemo s pravilnim načrtovanjem gradnje, medtem ko na nekatere nimamo vpliva. S PURES-om imamo danes tudi zakonsko urejeno energetska učinkovitost in URE v stavbah. Slednji določa obvezno uporabo tehnične smernice za graditev TSG-1-004, v kateri so podane maksimalne dopustne vrednosti toplotne prehodnosti. Največje dovoljene so prikazane v tabeli 3.6 [25, 26, 27].

Tabela 5-1: Največje dovoljene toplotne prehodnosti [27]

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{\max}$ [W/m <sup>2</sup> K]
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom – manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10 % površine neprozornega dela zunanje stavbe	0,60
Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom	0,7
	0,9

Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	
Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
Tla nad zunanjim zrakom	0,30
Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20

Zgradba je bila zgrajena v 70. letih prejšnjega stoletja in takrat naj bi oz. je ustrezala Pravilniku o največjih dovoljenih faktorjih toplotne prehodnosti. Danes nobena konstrukcija zgradbe ne ustreza zahtevam PURES-2010. Posledično zgradba ne dosega sedanjih usmeritev stroke za nizkoenergijske stavbe. Z morebitno menjavo oken in dodatno izolacijo fasade pa bi bili doseženi precejšnji toplotni prihranki. Precejšen del izgub nastaja na sorazmerno velikih steklenih površinah, ki so večinoma v slabem stanju.

Pri izračunih toplotne prehodnosti je kot toplotni izolator izbran stiropor, ki je bil zelo verjetno uporabljen pri gradnji. Zgradbo smo pri preračunih razdelili v tri dele oziroma cone, in sicer šolo, telovadnico in delavnice. Za lažjo predstavo tlorisov in sten v posameznih delih ŠCC-ja so v prilogah od A do F skice nadstropij.

V nadaljevanju so izračunane toplotne prehodnosti za vse tri dele šolskega centra, in sicer za šolo, telovadnico in delavnice.

## 5.2.1 Šola

### Zunanja stena šole

Tabela 5-2 prikazuje sestavo obodnega parapeta zunanje stene šole v pritličju, dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-2: Sestava obodnega parapeta šole

	U= 0.552 W/m <sup>2</sup> K			U <sub>max</sub> = 0.280 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Mavčna in apneno mavčna malta	2.5	0.7	9	1500	0.23	
Mrežasta in votla opeka (1400)	12	0.61	6	1400	0.72	
PVC folija, mehka	0.02	0.19	42000	1200	8.40	
FIBRAN xps ETICS GF	4	0.033	50	30	2.00	
Mrežasta in votla opeka (1400)	12	0.61	6	1400	0.72	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša 0,552 W/m<sup>2</sup>K, maksimalna dovoljena je 0,280 W/m<sup>2</sup>K.

Tabela 5-3 prikazuje sestavo zunanje stene šole, dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-3: Sestava zunanje stene šole

	U= 0.525 W/m <sup>2</sup> K			U <sub>max</sub> = 0.280 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Mavčna in apneno mavčna malta	2.5	0.7	9	1500	0.23	
Blok iz plinobetona_700	20	0.2	6	700	1.20	
FIBRAN xps ETICS GF	2	0.033	50	30	1.00	
Paraprepustna folija Sd=2cm	0.04	0.19	50	216	0.02	
Aluminijasta pločevina	0.5	2.03	700000	2700	3500.00	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša 0,525 W/m<sup>2</sup>K, maksimalna dovoljena je 0,280 W/m<sup>2</sup>K.

## Streha šole

Tabela 5-4 prikazuje sestavo strehe šole. Dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-4: Sestava strehe šole

	U= 0.643 W/m <sup>2</sup> K			U <sub>max</sub> = 0.200 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Betoni s kam. agregati (2000)	20	1.16	22	2000	4.40	
PVC folija, mehka	0.02	0.19	42000	1200	8.40	
Kamena volna 80	2	0.034	1	80	0.02	
Kamena volna 80	2	0.034	1	80	0.02	
Aluminijasta pločevina	1	2.03	700000	2700	7000.00	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša 0,643 W/m<sup>2</sup>K, maksimalna dovoljena je 0,200 W/m<sup>2</sup>K.

### 5.2.2 Telovadnica

Telovadnica ima enako sestavo konstrukcij, kot šola. Vendar ne vsebuje notranjih komponent, kot so notranje stene, stopnišča, medetaže.

#### Zunanja stena telovadnice

Tabela 5-5 prikazuje sestavo obodnega parapeta zunanje stene telovadnice. Dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-5: Sestava obodnega parapeta telovadnice

	U= 0.574 W/m <sup>2</sup> K			U <sub>max</sub> = 0.280 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Mavčna in apneno mavčna malta	2.5	0.7	9	1500	0.23	
Mrežasta in votla opeka (1400)	12	0.61	6	1400	0.72	
PVC folija, mehka	0.02	0.19	42000	1200	8.40	
XPS KI Polyfoam C-350 d = 50 - 60 mm	4	0.035	150	35	6.00	
Mrežasta in votla opeka (1400)	12	0.61	6	1400	0.72	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša  $0,574 \text{ W/m}^2\text{K}$ , maksimalna dovoljena je  $0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Tabela 5-6 prikazuje sestavo zunanje stene telovadnice. Dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-6: Sestava zunanje stene telovadnice

	U= $0.525 \text{ W/m}^2\text{K}$			U <sub>max</sub> = $0.280 \text{ W/m}^2\text{K}$		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Mavčna in apneno mavčna malta	2.5	0.7	9	1500	0.23	
Blok iz plinobetona_700	20	0.2	6	700	1.20	
FIBRAN xps ETICS GF	2	0.033	50	30	1.00	
Paraprepustna folija Sd=2cm	0.04	0.19	50	216	0.02	
Aluminijasta pločevina	0.5	2.03	700000	2700	3500.00	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša  $0,525 \text{ W/m}^2\text{K}$ , maksimalna dovoljena je  $0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### Streha telovadnice

Tabela 5-7 prikazuje sestavo strehe telovadnice. Dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-7: Sestava strehe telovadnice

	U= $0.555 \text{ W/m}^2\text{K}$			U <sub>max</sub> = $0.200 \text{ W/m}^2\text{K}$		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Iverke-mehke (200)	2	0.047	2	200	0.04	
Bitum.hidroizolacija/13-16mm	1	0.19	14000	1100	140.00	
Kamena volna 80	2	0.034	1	80	0.02	
Kamena volna 80	2	0.034	1	80	0.02	
PVC folija, mehka	0.02	0.19	42000	1200	8.40	
Aluminijasta pločevina	1	2.03	700000	2700	7000.00	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša  $0,555 \text{ W/m}^2\text{K}$ , maksimalna dovoljena je  $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 5.2.3 Delavnice

Delavnice so bile grajene pred šolskim delom in telovadnico. Sestavljene so iz klasičnega polno opečnatega zidaka in nimajo izolacije. Te stene imajo v primerjavi s šolskim delom in telovadnico večji faktor toplotne prehodnosti. Stropi delavnic so večinoma spuščeni v knauf izvedbi ter dodatno toplotno izolirani s stekleno volno.

#### Zunanje stena delavnice

Tabela 5-8 prikazuje sestavo zunanje stene delavnice. Dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-8: Sestava zunanje stene delavnice

		U= 1.148 W/m <sup>2</sup> K		U <sub>max</sub> = 0.280 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Mavčna in apneno mavčna malta	2	0.7	9	1500	0.18	
Polna opeka (1200)	30	0.47	5	1200	1.50	
Podaljšana apnena malta (1800)	3	0.87	20	1800	0.60	

Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša 1,148 W/m<sup>2</sup>K, maksimalna dovoljena je 0,280 W/m<sup>2</sup>K.

#### Streha delavnice

Tabela 5-9 prikazuje sestavo strehe delavnice. Dovoljeno toplotno prehodnost in dejansko toplotno prehodnost.

Tabela 5-9: Sestava strehe delavnice

		U= 0.608 W/m <sup>2</sup> K		U <sub>max</sub> = 0.200 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)	
Mavčno.kart.plošče-do 18mm	1.8	0.23	8	900	0.14	
Polietilenska folija	0.02	0.19	80000	1000	16.00	
Steklena volna	4	0.032	1	30	0.04	
Paraprepustna folija Sd=2cm	0.04	0.19	50	216	0.02	
Betoni s kam. agregati (1800)	10	0.93	15	1800	1.50	
Aluminijasta pločevina	1	2.03	700000	2700	7000.00	



Toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam pravilnika, saj znaša  $0,608 \text{ W/m}^2\text{K}$ , maksimalna dovoljena je  $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Na sliki 5.1 so prikazani kazalniki energijske učinkovitosti stavbe ŠCC-ja, iz katerih je razvidno, da noben koeficient ne ustreza zahtevam PURES-a, kar seveda pomeni, da je zgradba več kot primerna za temeljito energetska prenova.

V spodnji tabeli 5-10 so zajeti vsi bistveni podatki o stenah, strehah in tleh vseh con. Opredeljene so tudi smeri neba in površine elementov. V zadnjih dveh stolpcih so prikazane dejanske in maksimalne predpisane toplotne prehodnosti po zahtevah PURES.

Stene v coni telovadnice in šole imajo približno dvakrat večjo toplotno prehodnost, kot je predpisana maksimalna. To dokazuje slabo in dotrajano toplotno izolacijo. Vidimo lahko, da stene v coni delavnic bistveno bolj odstopajo od maksimalnih zahtev, saj je bila ta cona grajena brez toplotnih izolacij.

KAZALNIKI ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI STAVBE			Ustreznost
H't - koeficient specifičnih transmisijskih izgub	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,617	NE
H't dovoljeno	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,538	
QNH/Ve	$\text{kWh/m}^3\text{a}$	13,7	NE
QNH/Ve dovoljeno	$\text{kWh/m}^3\text{a}$	0,4	
Qp - potrebna primarna energija za delovanje stavbe	$\text{kWh/a}$	37995095	
Qp/Au	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	2450,7	NE
Qp/Au dovoljeno	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	152,0	
FOVE - delež obnovljivih virov energije	%	0	NE
letni izpust CO2	$\text{kg/a}$	6975043	

Ogrevana površina	15504 $\text{m}^2$
Hlajena površina	0 $\text{m}^2$
Notranji dobitki pozimi	4 $\text{W/m}^2$
Specifična moč svetilk	11 $\text{W/m}^2$

Slika 5.1: Kazalniki energijske učinkovitosti stavbe

Tabela 5-10: Dejansko stanje toplotnih prehodnostih elementov ovoja stavbe ŠCC

TOPLOTNE PREHDNOSTI ELEMENTOV OVOJA STAVBE				
NEPROZORNI ELEMENTI				
Oznaka elementa	Orientacija, naklon	Površina (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>max</sub> (W/m <sup>2</sup> K)
ZU07 - Obodni parapet telovadnica jug	J	99	0.574	0.28
ZU07 - Obodni parapet telovadnica vzhod	V	105	0.574	0.28
ZU07 - Obodni parapet telovadnica sever	S	120	0.574	0.28
ZU08 - Zunanja stena telovadnica zahod	Z	95	0.525	0.28
ZU08 - Zunanja stena telovadnica vzhod	V	45	0.525	0.28
ZU08 - Zunanja stena telovadnica jug	J	220	0.525	0.28
ZU08 - Zunanja stena telovadnica sever	S	320	0.525	0.28
ZU02 - parapet pritličje- šola vzhod	V	783	0.552	0.28
ZU02 - parapet pritličje- šola jug	J	152	0.552	0.28
ZU02 - parapet pritličje- šola sever	S	308	0.552	0.28
ZU06 - Zunanja stena-šola zahod	Z	380	0.525	0.28
ZU06 - Zunanja stena-šola sever	S	1188	0.525	0.28
ZU06 - Zunanja stena-šola jug	J	896	0.525	0.28
ZU06 - Zunanja stena-šola vzhod	V	303	0.525	0.28
ZU09 - Zunanja stena-delavnica	J	210	1.148	0.28
ZU09 - Zunanja stena-delavnica zahod	Z	385	1.148	0.28
ZU09 - Zunanja stena-delavnica sever	S	260	1.148	0.28
ZU09 - Zunanja stena-delavnica vzhod	V	298	1.148	0.28
ST02 - strop ravna streha telovadnica		1940	0.555	0.20
ST01-Ravna streha-šola		2520	0.643	0.20
ST03-Ravna streha delavnice		3690	0.608	0.20
TL02- Tla na terenu telovadnica		1940	0.025	0.35
TL01-Tla na terenu-šola		1500	0.025	0.35
TL03-Tla na terenu delavnice		3690	0.125	0.35

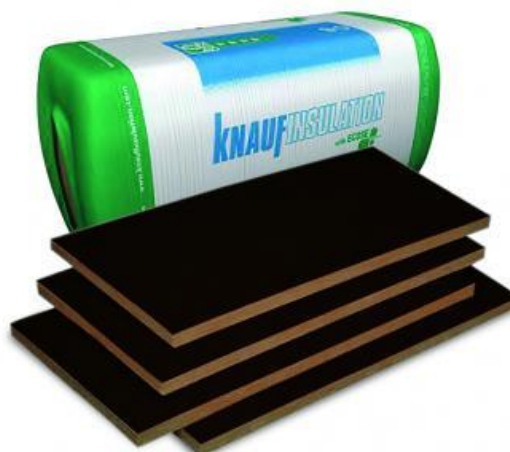
### 5.3 Preračun toplotnih izgub pri sanaciji ovoja zgradbe

Pri sanaciji ovoja zgradbe sva se odločila za menjavo oken in fasade. Dotrajana okna sva želela zamenjati z novimi aluminjastimi okni proizvajalca MIK, vendar nisva dobila potrebnih podatkov za izračun toplotne prevodnosti. Tako sva pri preračunu uporabila okna proizvajalca AJM. Stara okna bi sanirala z novimi aluminjastimi okni serije AJM 75 EVO. Zaradi velikih steklenih površin pa bi uporabila troslojno zasteklitev, kar dodatno izboljša energijsko prehodnost zasteklitve.



Slika 5.2: Simbolična slika AJM oken 75 EVO [12]

Pri sanaciji sten bi izolirala stene na vseh conah. Odstranila bi aluminjasto pločevino, ki je sedaj zunanji sloj. Nato bi izolacijo iz stiropora nadomestila z novo stekleno volno proizvajalca Knauf Insulation. Steklена volna serije TP435 B je namenjena izolaciji prezračevanih sten in ima dobre izolacijske lastnosti. Dobavlja se v obliki plošč, ki imajo standardne dimenzije in so enostransko kaširane. Steklена volna je narejene na bio osnovi in je negorljiva ter vsebuje 70% recikliranega stekla. Preko izolacije bi nanese papraprepustno folijo in kot zaključni sloj uporabila vlakneno-cementne plošče.



Slika 5.3: Simbolična slika steklene volne TP435 B [13]

Z menjavo vseh omenjenih komponent bi energijo bolj učinkovito obdržali v objektu. Koeficient specifičnih transmisijskih izgub ( $H't$ ) bi tako ustrezal dovoljenim predpisom, kar tudi prikazuje tabela 5-11. Zaradi velikosti objekta letna potrebna toplotna za ogrevanje (QNH) in letna raba primarne energije na enoto uporabne površine ( $Q_p/A_u$ ) vseeno ne ustrežata. Prav tako objekt ne izrablja nobenih obnovljivih virov energije, zato je tudi ta del neustrezen. Vendar s sanacijo fasade in oken sva dokazala, da lahko objekt energijsko izboljšamo. Toplotna prehodnost oken ( $U$ ), podana v  $W/m^2K$ , se je izboljšala za 2-kratno vrednost, medtem ko se je toplotna prehodnost sten izboljšala za 3 do 4-krat, pri delavnicah, kar za 6-krat (slika 5-4).

	U= 0.176 W/m <sup>2</sup> K		U <sub>max</sub> = 0.280 W/m <sup>2</sup> K		
Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	sd (m)
Mavčna in apneno mavčna malta	2	0.7	9	1500	0.18
Polna opeka (1200)	30	0.47	5	1200	1.50
Podaljšana apnena malta (1800)	3	0.87	20	1800	0.60
steklena volna KNAUF INSULATION TP	16	0.034	1.2	24	0.19
Paroprepustna folija	0.04	0.19	154	459	0.06
Vlakneno-cementne plošče	1	0.41	20	2100	0.20

Slika 5.4: Primer sestave stene delavnice po sanaciji

Tabela 5-11: Kazalnik energijske učinkovitosti stavbe

<b>KAZALNIKI ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI STAVBE</b>			<b>Ustreznost</b>
H't - koeficient specifičnih transmisijskih izgub	W/m <sup>2</sup> K	0.378	DA
H't dovoljeno	W/m <sup>2</sup> K	0.538	
QNH/Ve	kWh/m <sup>3</sup> a	13.4	NE
QNH/Ve dovoljeno	kWh/m <sup>3</sup> a	0.4	
Qp - potrebna primarna energija za delovanje stavbe	kWh/a	37334783	
Qp/Au	kWh/m <sup>2</sup> a	2408.1	NE
Qp/Au dovoljeno	kWh/m <sup>2</sup> a	152.0	
fOVE - delež obnovljivih virov energije	%	0	NE
letni izpust CO <sub>2</sub>	kg/a	6854890	

## 6 ENERGETSKA IZKAZNICA

Energetska izkaznica je javna listina, s katere lahko razberemo podatke o energetske učinkovitosti stavbe, zgradbe ali objekta. Na njej so zapisana tudi priporočila za povečanje energetske učinkovitosti. Poleg podatka o rabi energije in energijskem razredu so predlagani tudi ukrepi, ki stremijo k povečanju energetske učinkovitosti. Energetsko izkaznico nam lahko izdelata neodvisni strokovnjak, ki ima pridobljeno licenco za izdelavo EI. [29]

Namen energetskih izkaznic je boljši pregled energetske učinkovitosti objektov. Služijo tako lastnikom nepremičnin, da se seznanijo z ukrepi, ki so potrebni za izboljšavo, kot tudi kupcem, da dobijo neodvisno strokovno oceno o energetske učinkovitosti stavbe. [29]

Zadnji korak Direktive EU o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/ES) (direktiva EPBD) narekuje uvedbo obvezne energetske izkaznice. Direktiva EPBD je poleg obveznega certificiranja objektov uvedla nekaj novih zahtev, ki pa so na podlagi Zakona o graditvi objektov zapisani v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). [30]

Energetski zakon je zaradi direktive EPBD uveljavil, da:

- mora lastnik pri prodaji ali oddaji predložiti energetsko izkaznico;
- mora investitor pridobiti energetsko izkaznico preden zaprosi za uporabno dovoljenje;
- so iz energetskega certificiranja izvzeti nekateri objekti (npr. objekt z manj kot 50 m<sup>2</sup>; objekti s krajšim časom uporabe, stavbe pod spomeniškim varstvom);
- energetska izkaznica velja 10 let, vendar lahko investitor naroči izdelavo nove, v kolikor so se lastnosti stavbe spremenile. [30]

### 6.1.1 Računska energetska izkaznica

Ta vrsta izkaznice se izdaja pri novogradnjah, novozgrajenih delih stavb, obstoječih stanovanjskih stavbah in stanovanjih. Izkaznica se mora izdelati tudi za vse nepremičnine, ki so večje kot 50 m<sup>2</sup>.

Neodvisni strokovnjaki izkaznico izdelajo na podlagi energijskih kazalnikov rabe energije. Pri izdelavi izkaznice se upošteva notranja temperatura 20 °C. Metodologija izračuna energijskih kazalnikov je določena po pravilniku, ki temelji na standardu SIST EN ISO 13790. Stavbe se tako uvrščajo v različne energetske razrede. Merilo teh razredov je letna poraba toplotne energije za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe. Razredi energetske učinkovitosti pa segajo od A1 (energetsko najbolj učinkovit) do G (energetsko najmanj učinkovit). [31]

Tabela 6-1: Razredi toplotne učinkovitosti [31]

razred A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a
razred A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a
razred B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a
razred B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a
razred C	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a
razred D	od 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a
razred E	od 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a
razred F	od 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a
razred G	od 210 do 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a

Z nje lahko razberemo:

- letno porabo toplote za ogrevanje stavbe  $Q_{NH}$  (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letno dovedeno energijo  $Q_{(f)}$  (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letno primarno energijo  $Q_p$  (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letne emisije CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>a).

### 6.1.2 Merjena energetska izkaznica

Merjena energetska izkaznica se izdaja za vse obstoječe nestanovanjske objekte ali za nestanovanjske dele stavb. Stavba ali del stavbe velja za obstoječega, če je v uporabi namanj

eno leto. Namesto merjene energetske izkaznice se izdelava računski v primeru, da neodvisni strokovnjak oceni, da so podatki o dejanski rabi energije neverodostojni.

Na podlagi meritev rabe energije se izdelava merjena energetska izkaznica. Energijski kazalci se določijo glede na izmerjene vrednosti porabljene energije v obdobju treh koledarskih let pred izdelavo energetske izkaznice, v skladu s standardom SIST prEN 15603. Pravilnik dovoljuje, da se energijski kazalci izdelajo na podlagi zadnjih dveh ali enega koledarskega leta, v kolikor niso na voljo za celotno obdobje preteklih treh let. Ta vrsta energetske izkaznice ne vsebuje energijskih razredov, temveč se energijski kazalniki prikazujejo na barvnem poltraku. [31]

Iz merjene energetske izkaznice lahko razberemo:

- letno dovedeno energijo,
- letno dovedeno električno energijo,
- letno primarno energijo,
- letne emisije.

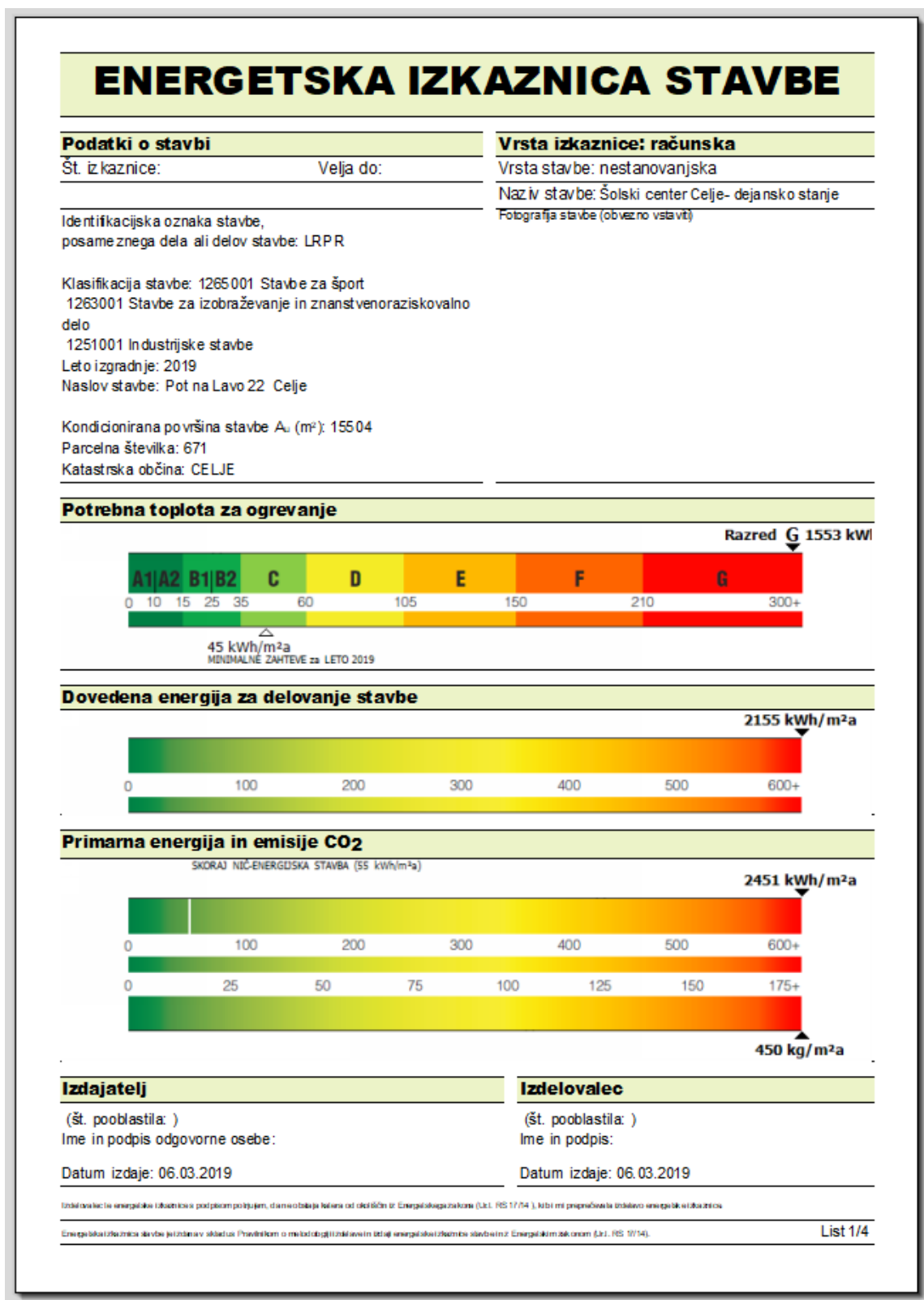
## 6.2 Primerjave med energetskimi izkaznicami

Izdelala sva računski izkaznici za ŠCC za dejansko stanje objekta in objekt po sanaciji. Izkaznica je narejena na podlagi PURES. Preračun je izdelan za prazno šolo, ki ima notranjo temperaturo 20°C pozimi in 26°C poleti. Iz Slike 6-1 in Slike 6-2, ki prikazujejo računsko energetska izkaznica stavbe, lahko vidimo, da se vsi parametri izboljšajo. Razlika ni zelo opazna, saj je stavba velika. Na podlagi rEI lahko rečemo, da je stavba tudi energetska potratna. Pomemben faktor pa je tudi, da je bila stavba zgrajena že več kot 40 let nazaj.

- Potrebna toplota za ogrevanje se zmanjša za 32 kWh/m<sup>2</sup>a.
- Dovedena energija za delovanje stavbe se zmanjša za 38 kWh/m<sup>2</sup>a.
- Primarna energija se zmanjša za 43 kWh/m<sup>2</sup>a.
- Emisije CO<sub>2</sub> se zmanjšajo za 8kg/m<sup>2</sup>a

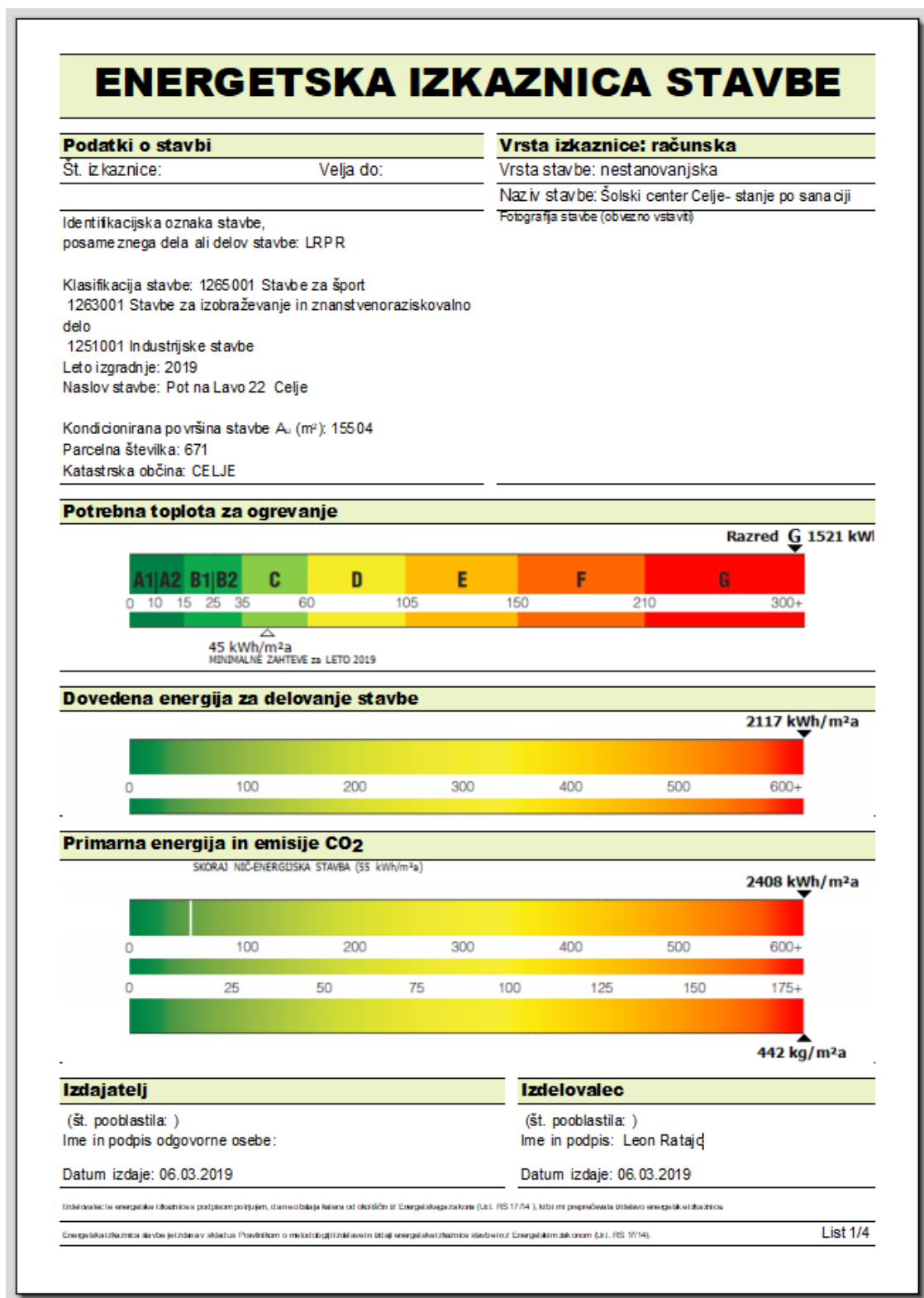
Vse izboljšave parametrov so na prvi pogled videti majhne. Vendar to so vrednosti, ki so določene za m<sup>2</sup> v časovnem obdobju enega leta. Če te podatke preračunamo na celotno površino zgradbe, ugotovimo, da so prihranki pri energiji veliki in tudi veliko manjši izpusti škodljivih emisij CO<sub>2</sub>.





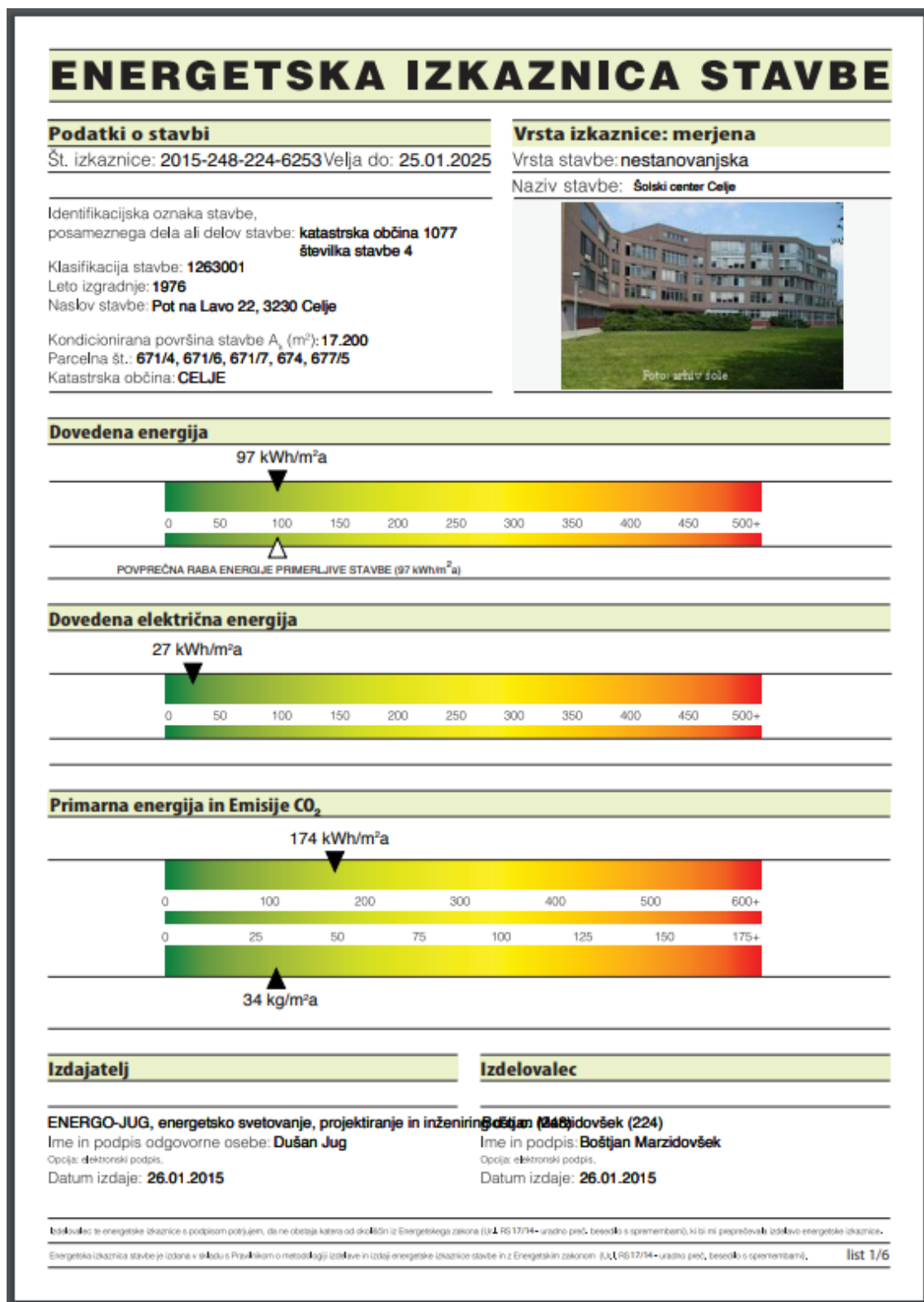
Slika 6.1: Energetska izkaznica dejanskega stanja

Prikazana je energetska izkaznica dejanskega stanja objekta. Parametri veljajo za stanje objekta, ki ne izpolnjuje zahtev PURES.



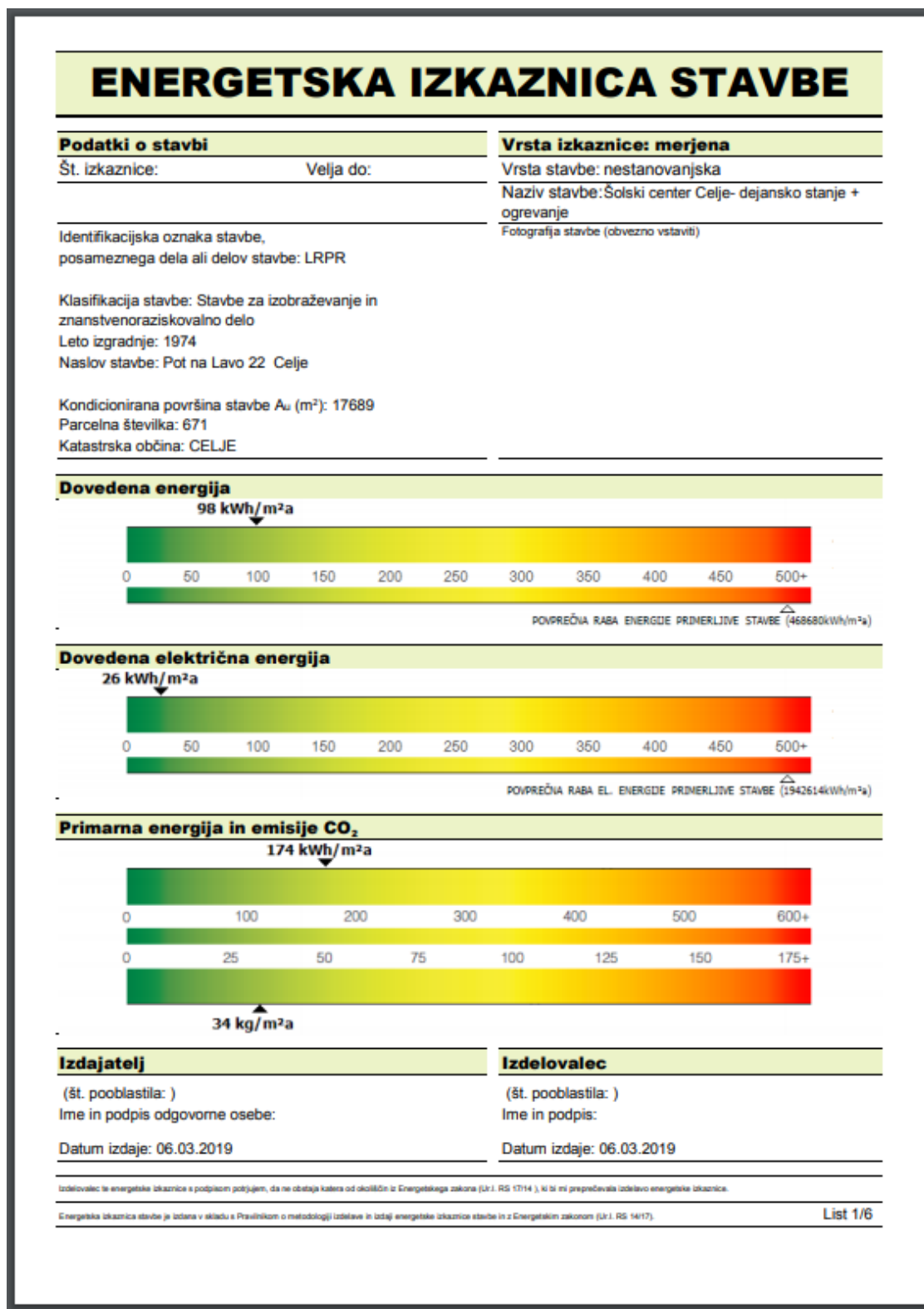
Slika 6.2: Energetska izkaznica stanja po sanaciji

Prikazana je rEI objekta po sanaciji fasade in oken. Vidimo lahko, da se vsi štirje parametri izboljšajo v primerjavi z rEN dejanskega stanja.



Slika 6.3: Merjena energetska izkaznica 2013-2015

Na sliki je prikazana merjena energetska izkaznica, ki je bila izdelana za obdobje od leta 2013 do leta 2015. Na njej so prikazani vsi parametri, ki jih zajema mEN.



Slika 6.4: Merjena energetska izkaznica 2015-2017

Na sliki je prikazana merjena energetska izkaznica, ki je bila izdelana za obdobje od leta 2013 do leta 2015. Na njej so prikazani vsi parametri, ki jih zajema mEN.

Merjeni energetske izkaznici prikazujeta majhno porabo energije za ŠCC. Razlog za tako majhno porabo pa je velika površina objekta. Energija se tako bolj enakomerno razporedi po površini. Upoštevati moramo tudi, da vsi prostori niso ogrevani na enako temperaturo in da nekaterih prostorov sploh ne ogrevamo. Zaradi velikosti šole, toplota ob ponedeljkih zjutraj še ne pride v A-etažo, kar pomeni manjšo porabo energije. Učilnice na ŠCC so projektirane od 21 do 22 °C, vendar je običajno temperatura v učilnicah okoli 18 °C. Velik vpliv ima tudi zelo veliko število oseb, ki je v času pouka v šoli. Temperatura se tako dvigne in dodatno ogrevanje ni potrebno, zato se tudi zapirajo radiatorji. Vse to so vplivi, ki prinesejo razlike za tako majhno porabo energije. Pri rEI teh vplivov ne moremo upoštevati. Program preračuna stanje glede na sestavo šole in zahtev PURES-a. Prav tako je pri rEI upoštevana dejanska priprava tople vode za ogrevanje objekta in tople sanitarne vode, ki se namreč izvaja v kotlovnici. V njej sta nameščena dva novejša kotla, katerih skupna nazivna moč znaša kar 2,8 MW. V kotlovnici pa je nameščen še kotel moči 18 kW in 1500-litrski bojler, s pomočjo katerega se ogreva sanitarna voda v poletnem času.

## 7 PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVALNE NALOGE

Najina prva hipoteza temelji na dejstvu, da bo zgradba po sanaciji bolj energetske učinkovita. To hipotezo sva potrdila teoretično s KI programom 2014. Podatke, ki sva jih pridobila iz programa, sva nato analizirala. Naredila sva primerjavo za dejansko stanje in stanje po sanaciji zgradbe. Ugotovila sva, da so parametri energetske učinkovitosti stavbe po sanaciji manjši kot pri dejanskem stanju.

Druga hipoteza je bila, da trenutni ovoj zgradbe ne zagotavlja zahtev PURES. Tudi to hipotezo sva lahko preverila s KI programom 2014. V program sva vnesla sestavo vseh sten, tal in strehe zgradbe. Določiti sva morala površino in smer sten. Vnesla sva tudi površino in smer oken. Ker program deluje na podlagi zahtev PURES, sva po tem ko sva vnesla podatke, lahko ustreznost ovoja zgradbe odčitala kar iz programa. Ugotovila sva, da zahtev PURES ne zagotavlja nobena od sten in tudi nekatera okna ne. To hipotezo lahko potrdiva, saj ovoj zgradbe ne zagotavlja zahtev PURES.

Tretja hipoteza je bila, da se največ toplote izgubi skozi okna. To hipotezo sva preverila s KI programom 2014 in termografskimi meritvami. V KI programu 2014 sva primerjala energetske izkaznice stanja zgradbe z novimi okni in z novo fasado. Pri tem sva ugotovila, da je zgradba bolj energetske učinkovita po menjavi oken kot po menjavi fasade. Tudi s termografsko kamero sva poslikala ovoj šole in dokazala, da se več toplote izgubi skozi okna kot fasado. S temi dokazi lahko hipotezo potrdiva.

Zadnja hipoteza je bila, da se sanacija objekta povrne z manjšimi stroški ogrevanja. Stroški ogrevanja se zmanjšajo ob manjših toplotnih izgubah. Ponovno sva s KI programom 2014 preverila toplotne izgube po sanaciji, ki pa so bile manjše kakor pri dejanskem stanju. Tudi zadnjo hipotezo lahko potrdiva.

## 8 ZAKLJUČEK

Raziskava je pokazala, da trenutno stanje ovoja Šolskega centra Celje ne izpolnjuje zahtev, ki so predpisane v Pravilniku o učinkoviti rabi energije PURES. Vse stene ŠCC so slabo izolirane, kar privede do velikih izgub toplotne energije. Stene delavnice so grajene celo brez toplotne izolacije, kar se pokaže tudi pri močnem odstopanju maksimalne toplotne prevodnosti od predpisanih vrednosti. Po raziskavah in primerjavah sva ugotovila, da stene niso največji problem za toplotne izgube. Največ toplote se izgubi pri oknih. Okna na ŠCC imajo velike steklene površine, kar privede do energetske potratnosti objekta. Okvirji oken so narejeni iz aluminija, ki ima slabo toplotno prehodnost, a je uporaben, ker ima dolgo življenjsko dobo. Upoštevati moramo, da so v času gradnje objekta veljali tudi drugačni pravilniki in zahteve, ki jim je takrat objekt ustrezal. Čez čas je ovoj ŠCC dotrajal, pravilniki o učinkoviti rabi energije pa so se zaostri. Tako sedanji ovoj ne ustreza novim zahtevam. V raziskovalni nalogi sva se poglobila v ta problem in pripravila predlog za sanacijo objekta. Najprej sva si morala pridobiti čim več podatkov o objektu, da sva lahko prikazala trenutno stanje. Slabo energetske učinkovitost sva potrdila tudi z termografskimi meritvami. S pomočjo termografske kamere sva prikazala, na katerih delih objekta se izgubi največ toplote. Nato sva raziskala vrste toplotnih izolacij in oken. Raziskati sva morala tudi, kaj je pri energetske učinkovitosti objekta pomembno in na kaj morava biti pozorna. Na osnovi tega znanja sva lahko nadaljevala z iskanjem rešitev za izboljšavo ovoja objekta. Raziskala sva, katere elemente povezane z energetske učinkovitostjo nam ponuja trg. Našla sva možno zamenjavo za okna in fasado znanih proizvajalcev. Za sanacijo fasade sva izbrala stekleno volno, ki jo izdeluje Knauf Insulation. Rešitev za okna pa sva našla pri podjetju AJM. V program za izdelavo energetske izkaznice ovoja stavbe sva vnesla izbrane izdelke in naredila predlog sanacije energetskega stališča. Energetske izkaznico sanacije sva nato primerjala z energetske izkaznico dejanskega stanjem objekta. Objekt bi bil po sanaciji energetske bolj učinkovit, ustrezal pa bi tudi novim zahtevam pravilnika PURES. Pri računski energetske izkaznici saniranega objekta so se vsi parametri izboljšali, kar prikazuje izboljšanje ovoja zgradbe.

## 9 VIRI IN LITERATURA

- [1] Berdajs, et al. Gradbeniški priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2004
- [2] Merkur [online]. (citirano 8. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.merkur.si/steklena-volna-ursa-twp-1-5-cm-pal-324-m2-zav-9-m2/>
- [3] Knauf Insulation [online]. (citirano 8. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://www.knaufinsulation.si/proizvodi/termotop>
- [4] Grama [online]. (citirano 8. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://grama.com.hr/stiropor-eps-ekspandirani-polistiren/>
- [5] Njegač [online]. (citirano 10. 2. 2019). Dostopno na WWW: <https://njegac.si/2017/02/15/cenik-izdelkov-proizvajalca-fibrana-za-letno-2017/>
- [6] Logo design [online]. (citirano 10. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <https://playmob.net/clanki/uporaba-poliuretanske-pene/>
- [7] MIK Celje [online]. (10. 2. 2019). Dostopno na naslovu: <http://www.mik-ce.si/okna/lesena-okna/lesena-okna-mik/>
- [8] MIK Celje [online]. (citirano 10. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <http://www.mik-ce.si/okna/pvc-okna/pvc-okna-mik/>
- [9] MIK Celje [online]. (citirano 10. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <http://www.mik-ce.si/okna/alu-okna/alu-okna-mik/>
- [10] MIK Celje [online]. (citirano 10. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <http://www.mik-ce.si/okna/alu-okna/comfort-line/>
- [11] Gospodarska zbornica Slovenije, SVO – Služba za varstvo okolja, Energetski pregled. Dostopno na: [https://www.gzs.si/skupne\\_naloge/varstvo\\_okolja/vsebina/Podnebnospremembe/Sistemi-in-orodja-energetske-u%C4%8Dinkovitosti/Energetski-pregledi](https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Podnebnospremembe/Sistemi-in-orodja-energetske-u%C4%8Dinkovitosti/Energetski-pregledi)
- [12] Energap – Energetska agencija za Podravje, Energetski pregled Stavbe. Dostopno na: <http://www.energap.si/?viewPage=76>
- [13] Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Integrirani pristopi za podporo energetske učinkovitosti v javnih stavbah, dostopno na: <https://www.fe.um.si/novice/1243-integritani-pristopi-za-podporo-energetske-u%C4%8Dinkovitosti-v-javnih-stavbah.html>



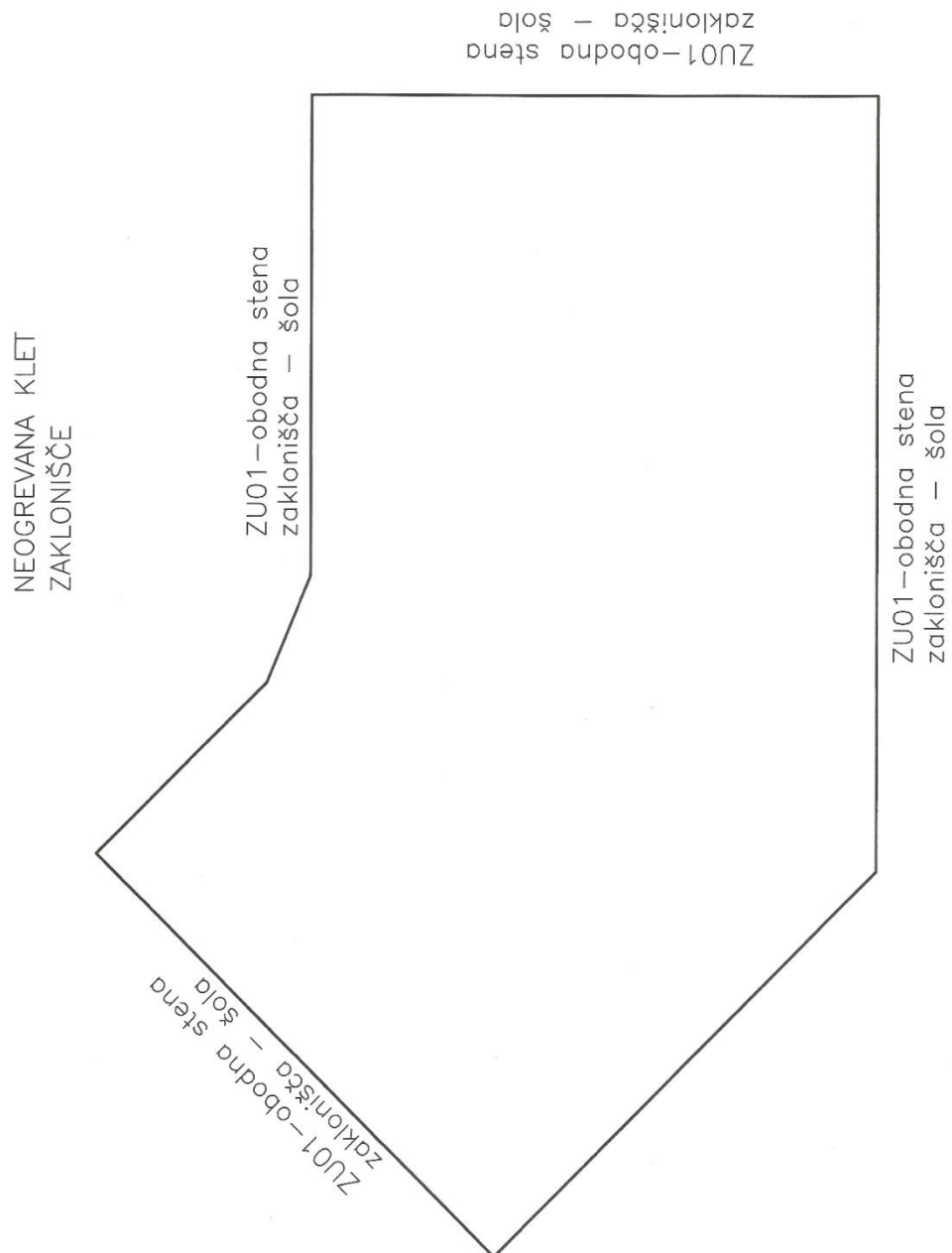
- [14] Interreg central Europe, Together project newsletter [online], dostopno na: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/TOGETHER/CE51-TOGETHER--I-newsletter-EN.pdf>
- [15] Legada, d. o. o., Stavbni ovoj. Dostopno na: <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/stavbni-ovoj/> [20. 2. 2019].
- [16] Toplotna zaščita zunanjih sten. Zbirka informativnih listov Za učinkovito rabo energije. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije.
- [17] Toplotno izolacijski materiali. Zbirka informativnih listov Za učinkovito rabo energije. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije.
- [18] Energetsko učinkovita okna in zasteklitve. Zbirka informativnih listov Za učinkovito rabo energije. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije.
- [19] Ravne strehe, stropne in talne konstrukcije. Zbirka informativnih listov Za učinkovito rabo energije. Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije.
- [20] Ministrstvo za okolje in prostor, Metodologija izvedbe energetskega pregleda. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2007.
- [21] Ferlež, A. Upravljanje z energijo na Šolskem centru Celje. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko. Krško, 2019.
- [22] D. Jug in B. Marzidovšek, Energetska izkaznica stavbe 1263001. Energo-Jug, Ponikva, 2015.
- [23] Z. Praunseis, Energetska oskrba objektov. Krško: Fakulteta za energetiko, 2014.
- [24] Ferlež, A. Energetska oskrba objektov. Zapiski predavanj. Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko. Krško, 2017.
- [25] B. Lekše, Energetski pregled večstanovanjske zgradbe, magistrsko delo. Krško: Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, 2016.
- [26] J. Drev in J. Onuk, Energetika. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2008.
- [27] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Junij: Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.
- [28] Moj mojster, Sestava ravne strehe [online]. Dostopno na: [https://www.mojmojster.net/clanek/858/Sestava\\_ravne\\_strehe](https://www.mojmojster.net/clanek/858/Sestava_ravne_strehe)

- [29] Gradbeni inštitut ZRMK [online]. (citirano 27. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<http://energetskaizkaznica.si/>
- [30] Gradbeni inštitut ZRMK [online]. (citirano 27. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://www.ursa.si/assets/uploads/files/ursa-1491809365.pdf>
- [31] Energetska izkatnica [online]. (citirano 28. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://www.energetskaizkaznicastavbe.si/>

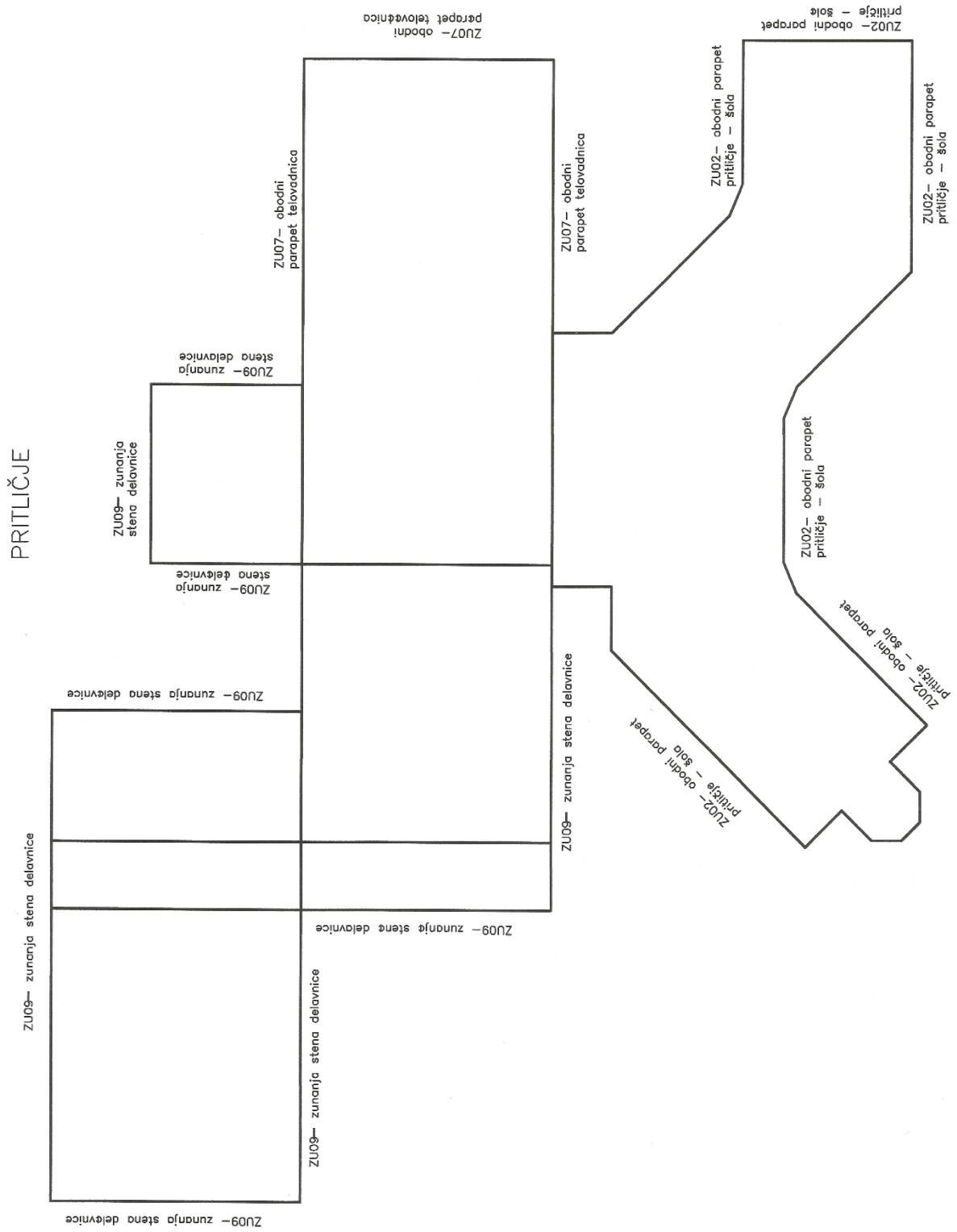
## 10 PRILOGE

### 10.1 Priloga 1: Skica zgradbe Šolskega centra Celje

#### SKICA NEOGREVANE KLETI – ZAKLONIŠČA ŠCC-ja



SKICA PRITLIČJA ŠCC-ja









SKICA 4. NADSTROPJA ŠCC-ja

IV. NADSTROPJE

