

OSNOVNA ŠOLA BRATOV LETONJA ŠMARTNO OB PAKI

Šmartno ob Paki 117, 3327 Šmartno ob Paki

Mladi raziskovalci za razvoj Šaleške doline

Raziskovalna naloga

**ENERGETSKI KAZALNIKI NA OSNOVNI ŠOLI BRATOV LETONJA
ŠMARTNO OB PAKI**

Tematsko področje: Tehnika

Avtor:

Jan Konečnik, 9. razred

Mentorja:

Boštjan Ketiš, prof. fizike in matematike

Simon Konečnik, univ. dipl. inž. elektrotehnike

Velenje, 2018

Raziskovalna naloga je bila opravljena na OŠ bratov Letonja, Šmartno ob Paki, 2018.

Mentorstvo: Boštjan Ketiš, prof. fizike in matematike, Simon Konečnik, univ. dipl. inž. elektrotehnike

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD OŠ bratov Letonja, Šmartno ob Paki, šolsko leto 2017/2018
KG energijsko število / termografija / osvetljenost
AV KONEČNIK, Jan
SA KETIŠ, Boštjan/ KONEČNIK, Simon
KZ 3327 Šmartno ob Paki, SLO, Šmartno ob Paki 117
ZA OŠ bratov Letonja, Šmartno ob Paki, 2018
LI 2018
IN ENERGETSKI KAZALNIKI NA OSNOVNI ŠOLI BRATOV LETONJA ŠMARTNO OB PAKI
TD Raziskovalna naloga
OP XII / 34 str. / 16 sl. / 19 tab. / 4 pril. / 16 vir.
IJ SL
JI sl / en

AI Ozadje: V osnovni šoli se učimo o energiji in njenih zakonitostih, manj poudarka pa dajemo učinkovitosti njene porabe. Tehnika zelo hitro napreduje tako v smislu okolju prijaznejšega proizvodnje energije kot tudi porabnikov, ki porabijo manj energije.

Namen: Osnovni namen raziskovalne naloge je bil ugotoviti, ali je naša šola energetsko varčna. Želel sem raziskati povezavo med vloženo energijo in njeno učinkovitostjo, kar se odraža skozi energijska števila in osvetljenostjo v notranjih prostorih šole.

Metode: V raziskovalni nalogi sem uporabil metodo sklepanja, predvsem na področju vrednotenja rezultatov izmerjene osvetljenosti, sevanja toplote, energijsko število, porabo kurilnega olja in električne energije v zadnjih 5-ih letih.

Rezultati: Raziskava je pokazala, da objekt obravnavane osnovne šole ne dosega energijskih števil, ki jih določajo priporočila. Presenetljivo je, da so ob dejstvu, da objekt nima toplotnega ovoja, tam izgube razmeroma majhne, razen na toplotnih mostovih. Meritve osvetljenosti so pokazale, da ne dosegamo predpisanih povprečnih vrednosti osvetljenosti, razen kjer je bila razsvetljava prenovljena.

Zaključek: Rezultate sem ovrednotil tako, da sem izračunal skupno energijsko število, ki predstavlja končni rezultat, ali so energetski kazalniki dobri. Za vrednotenje energijskega števila pa moramo poznati priporočila, s katerimi sem primerjal svoje rezultate. Ugotovil sem, da energetski kazalniki na OŠ bratov Letonja kažejo tako nekaj dobrih rezultatov kot tudi pomanjkljivosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND OŠ bratov Letonja, Šmartno ob Paki, school year 2017/2018

CX energy number / termography / illumination

AU KONEČNIK, Jan

AA KETIŠ, Boštjan/ KONEČNIK, Simon

PP 3327 Šmartno ob Paki, SLO, Šmartno ob Paki 117

PB Osnovna šola bratov Letonja Šmartno ob Paki, 2018

PY 2018

TI Energy indicators on primary school bratov Letonja Šmartno ob Paki

DT RESEARCH WORK

NO XII / 34 p. / 16 pic. / 19 ann. / 4 att. / 16 ref.

LA EN

AL sl/en

AB Background: Primary school pupils learn about energy and its laws; however less emphasis is given to the knowledge about energy efficiency. Technological improvement is very fast in consideration of environmentally friendly energy production and energy consumers that consume less energy.

Purpose: The main purpose of this research was to find out if our school is energy-efficient. I wanted to research the connection between energy input and its efficiency that is based on the energy numbers and indoor illumination of the school building.

Methods: In the research I used conclusive research method, especially on the area of results evaluation. The evaluation was based on measured illumination, thermal radiation, energy number and fuel oil consumption in the last five years. The qualitative research method interviewing was used as well.

Results: The research has revealed that the school building does not reach energy numbers that are determined by recommendations. It is surprising that the heat loss is rather low despite the fact that the building has not got a thermal envelope; the exceptions are the heat bridges.

The illumination measurements have revealed that prescribed average energy levels of illumination were not achieved. The exceptions are classrooms with renovated lightning.

Conclusion: Results were evaluated by calculating the total energy number, which presents the final result of energy indicators. For evaluation of energy number one should be familiar with the recommendations, which were used for comparison with my results. I have established that there are some good results and also some imperfections considering energy indicators in OŠ bratov Letonja.

UPORABLJENE OKRAJŠAVE

itd. – in tako dalje

ipd. – in podobno

npr. – na primer

oz. – oziroma

prof. – profesor

univ. dipl. inž. - univerzitetni diplomirani inženir

IR – infrardeča svetloba

TV – televizija

m² – kvadratni meter

J – Joule

W – Watt

kWh – kilovatna ura

CO₂ – ogljikov dioksid

P – moč

Q – toplota

URE – učinkovita raba energije

Ws – vatna sekunda

E_{op} – energijsko število za ogrevanje prostorov

E_{tv} – energijsko število za pripravo tople vode

E_{tn} – energijsko število za tehnične naprave in ostalo opremo

nm – nanometer

n – število mernih točk

E_i – horizontalna osvetljenost v točki i

a – dolžina prostora v m,

b – širina prostora v m,

h_k – koristna višina prostora v m (razdalja od svetilke do delovne površine)

A – površina uporabnega oz. delovnega prostora v m²

W_{op} – porabljena energija za toploto (ogrevanje prostorov) v kWh

W_{tv} – porabljena energija za toplo vodo v kWh

W_{tn} – porabljena energija za ostalo tehnično opremo v kWh

st. dan – stopinja dan

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen	1
1.2	Hipoteze	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	Raba energije v zgradbah	3
2.2	Električna in toplotna energija	3
2.3	Učinkovita raba energije (URE)	4
2.4	Termovizija ali termografija?	4
2.5	Energijsko število	5
2.6	Razsvetljava	5
2.6.1	Od kod svetloba?	5
2.6.2	Naravna in umetna svetloba	6
2.6.3	Fotometrične veličine	6
2.7	Temperaturni primanjkljaj	7
2.8	Energetska izkaznica stavbe	8
3	MATERIALI IN METODE DELA	10
3.1	Raziskovalni intervju	10
3.2	Postopek merjenja osvetljenosti	10
3.2.1	Predpisane vrednosti minimalne osvetljenosti	11
3.3	Postopek izračuna energijskega števila	12
3.3.1	Orientacijske vrednosti energijskih števil	13
3.4	Potek termografskega pregleda	14
3.4.1	Uporaba programa SmartView	15
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	16
4.1	Povzetek raziskovalnega intervjuja	16
4.2	Poraba kurilnega olja v letih od 2012 do 2016	16
4.3	Izračun temperaturnega primanjkljaja od 2012 do 2016	17
4.4	Poraba električne energije v letih od 2012 do 2016	17
4.5	Meritve osvetljenosti	18
4.6	Rezultati termografskega pregleda stavbe	20
4.7	Izračun energijskega števila šole	23

4.7.1	Energetska izkaznica naše šole.....	23
4.8	Priporočene vrednosti energijskih števil.....	24
4.9	Uporaba spletnega kalkulatorja gradbene fizike.....	25
4.10	Preverjanje hipotez	25
5	Zaključek.....	27
6	POVZETEK	27
7	ZAHVALA.....	28
8	PRILOGE.....	29
8.1	Priloga 1 – Intervju z ravnateljem.....	29
8.2	Priloga 2 – Podatki o temperaturnem primanjkljaju	31
8.3	Priloga 3 – Kalkulator gradbene fizike – prikaz kazalnikov sedanjega stanja	32
8.4	Priloga 4 – Kalkulator gradbene fizike – prikaz kazalnikov kasnejšega stanja	33
9	VIRI.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Termografska kamera (6)	5
Slika 2: Spekter elektromagnetnega valovanja – vidne svetlobe (6).....	6
Slika 3: Prikaz fotometričnih veličin (9)	7
Slika 4: Povprečni temperaturni primanjkljaj v Sloveniji med leti 1971 in 2009 (14)	8
Slika 5: Primer energetske izkaznice stavbe (12).....	9
Slika 6: Luksmeter in laserski merilec razdalje (Foto: J. Konečnik)	10
Slika 7: Meritve termografije na Osnovni šoli bratov Letonja Šmartno ob Paki (Foto: S. Konečnik)	15
Slika 8: Posnetek zaslona v programu SmartView z vstavljenjo sliko posnetka s termografske kamere	15
Slika 9: Zračni posnetek OŠ bratov Letonja v Šmartnem ob Paki (13)	20
Slika 10: Sevanje zgradbe ob stiku s tlemi (Foto: J. Konečnik).....	21
Slika 11: Sevanje fasadnega sloja na sredini (Foto: J. Konečnik).....	21
Slika 12: Sevanje oken (Foto: J. Konečnik)	21
Slika 13: Sevanje vrat (Foto: J. Konečnik).....	22
Slika 14: Sevanje toplotnega mostu (Foto: J. Konečnik)	22
Slika 15: Sevanje oken iz notranjosti (Foto: J. Konečnik)	22
Slika 16: Energetska izkaznica OŠ bratov Letonja (Foto: J. Konečnik)	24

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Poraba energije v EU v % (1)</i>	3
Tabela 2: Primeri osvetljenosti ob naravnih svetlobnih virih (7).....	7
Tabela 3: Minimalne srednje osvetljenosti za šolske prostore (7).....	11
Tabela 4: Minimalne srednje osvetljenosti za šolske prostore (7).....	12
Tabela 5: Primer uporabe energijskega števila (3).....	13
Tabela 6: Energijska učinkovitost objektov – klasifikacija glede na porabljeno energijo ogrevanja (3).....	13
Tabela 7: Razvrstitev objektov v razrede energetske učinkovitosti (3).....	14
Tabela 8: Poraba kurilnega olja v letih od 2012 do 2016.....	16
Tabela 9: Vpliv temperaturnega primanjkljaja na porabo toplotne energije v letih od 2012 do 2016.....	17
Tabela 10: Poraba električne energije v letih od 2012 do 2016.....	18
Tabela 11: Skupina prostorov – učilnice za predmetno stopnjo.....	18
Tabela 12: Skupina prostorov – učilnice za razredno stopnjo ter učilnici za likovno umetnost in tehniko.....	18
Tabela 13: Skupina prostorov – kabineti in pisarne vodstva šole.....	18
Tabela 14: Skupina prostorov – prostori knjižnice, vrtca in telovadnice.....	19
Tabela 15: Skupina prostorov – osvetljenost table učilnic razrednega pouka.....	19
Tabela 16: Izračun energijskih števil šole, prikazan ločeno po porabi v letih od 2012 do 2016.....	23
Tabela 17: Primer uporabe energijskega števila (3).....	24
Tabela 18: Kronološki pregled tehniških ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti.....	25
Tabela 19: Kronološki pregled tehniških ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti.....	31

1 UVOD

1.1 Namen

V zadnjem razredu osnovne šole sem se odločil za izdelavo raziskovalne naloge, katere tematika je povezana z mojimi razmišljanji o nadaljnjem izobraževanju. Odločil sem se raziskovati področje porabe energije v stavbah in s tem povezane mikroklimatske razmere. Kot objekt sem izbral zgradbo osnovne šole, ki jo obiskujem.

V osnovni šoli se učimo o energiji in njenih zakonitostih, manj poudarka pa dajemo učinkovitosti njene porabe. Prek medijev lahko spremljamo prispevke o ekstremnih okoljevarstvenih težavah našega planeta, marsikaj ekstremnega pa lahko občutimo tudi v Sloveniji. Na onesnaževanje okolja in posledično okoljevarstvene težave ima pomemben vpliv tudi proizvodnja energije za potrebe človeštva. Težava, ki ji moramo nameniti več pozornosti, je njena neracionalna poraba.

Tehnika zelo hitro napreduje tako v smislu okolju prijaznejšega proizvodnje energije kot tudi porabnikov, ki porabijo manj energije. Pri tem je pomembna še ozaveščenost uporabnikov, da so naša ravnanja v stavbah takšna, da energijo učinkovito porabljamo.

Namen moje naloge je, da se na področju učinkovite rabe energije v stavbah čim več naučim in da ugotovim na primeru, kakšni so trenutni energetski kazalniki pri porabljeni energiji osnovne šole, ki jo obiskujem. Obravnavani primer je primer ene izmed mnogih javnih stavb v Sloveniji in predvsem skozi primere se lahko vidijo naše rezerve pri porabi energije. Prav tako lahko skozi konkretne primere vidimo, da lahko dobimo boljši učinek z manj vložene energije, če uporabimo nove tehnologije.

Moj cilj je, da se te ugotovitve širijo na način, da se tudi drugi ljudje kaj naučijo in da šole skozi svoje dejavnosti na splošno dajo učinkoviti rabi energije več poudarka skozi dejavnosti na šolskih in obšolskih dejavnostih.

1.2 Hipoteze

V fazi raziskovanja sem si zastavil tri hipoteze, s katerimi sem hotel preveriti zmožnost ter uporabnost razširitve:

1. Osnovna šola bratov Letonja Šmartno ob Paki ne dosega energijskega števila, ki predstavlja energijsko učinkovitost za tovrstne stavbe.
2. Največjo izgubo toplotne energije predstavlja toplotni ovoj stavbe.
3. Osvetljenost v učilnicah ustreza priporočilom.

2 PREGLED OBJAV

2.1 Raba energije v zgradbah

V državah EU je okoli 160 milijonov zgradb, ki porabijo skoraj 40 % vse energije in posledično povzročijo več kot 40 % emisij CO₂. Zgradbe porabijo več energije kot industrija in transport.

Največ energije v zgradbah se porabi za ogrevanje prostorov. V Tabeli 1 je prikazana poraba energije v EU (v %) po posameznih območjih porabe.

Tabela 1: Poraba energije v EU v % (1)

	Javni objekti	Stan. objekti
Ogrevanje	52	57
Priprava tople vode	9	25
Kuhanje	5	7
Razsvetljava	14	11
Hlajenje	4	-
Drugo	16	-

2.2 Električna in toplotna energija

Električna energija je ena izmed mnogih oblik energije, podobno kot so toplotna, mehanska, svetlobna itd. Električna energija je prehodna oblika energije, kar pomeni, da jo iz npr. mehanske pretvorimo v električno, jo prenesemo na velike razdalje in jo razdelimo porabnikom. Porabniki pretvorijo električno energijo v svetlobno, toplotno ali v mehansko obliko energije.

Med najpomembnejše energetske veličine štejemo:

- Električna moč je najbolj tipičen podatek, ki je zapisan na vsakem potrošniku. Označimo jo s črko P (ang. Power), njena enota pa je Watt (oznaka W).
 - Električna energija je rezultat moči, ki jo porabnik črpa iz električnega omrežja v enoti časa. Električno energijo označimo s črko W (ang. Work). Enota je kWh (kilovatna ura).
 - Toplotna energija je prehodna oblika energije, ko telo z višjo temperaturo oddaja toploto telesu z nižjo temperaturo. Toplota prehaja s telesa na telo s prevajanjem, v kapljevinah in plinih pa s konvekcijo – s kroženjem in mešanjem. Znak za toploto je Q, enota pa Joule (J).
- (2)

Povezava med enotami, ki jih uporabljamo tako za električno energijo kot tudi toplotno:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws},$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws (J)}.$$

2.3 Učinkovita raba energije (URE)

URE se začne z našim zavedanjem, da energije ni v neomejenih količinah. Je tudi draga in povzroča ekološke posledice. Vse to ima finančne posledice in tudi širše – vpliva na celotno gospodarstvo. (3)

Slovenske šole in druge javne ustanove so potratne. Veliko šolskih objektov porabi več kot 140 kWh na kvadratni meter na leto. (1)

Večina javnih stavb, ki so starejše, imajo velik potencial za URE:

- 10 % predstavlja ustrezna organiziranost, ki lahko zmanjša toplotno in električno energijo ter porabo vode.
- Nadaljnjih 5 % lahko prihranimo z ozaveščanjem uporabnikov zgradb.
- Do 30 % prihranka lahko dosežemo s tehnično investicijskimi ukrepi. (3)

Na porabo energije pa vpliva še veliko zunanjih dejavnikov, na katere nimamo vpliva: vremenski vplivi, cene energentov števila uporabnikov ...

2.4 Termovizija ali termografija?

V Sloveniji se pojma termovizija in termografija pogosto mešata. Termovizija je primeren izraz za vojaške in policijske infrardeče naprave za opazovanje. Za vso ostalo uporabo se uporablja izraz termografija. (4)

Termografija je tehnologija, ki uporablja optiko v povezavi z elektroniko in ki v stvarnem času pretvarja toplotno sliko v vidno. Medtem ko je vidna slika predvsem rezultat razlik v odbojnosti površin teles in je za njen nastanek nujno potrebna osvetlitev z naravno ali z umetno svetlobo, je toplotna slika rezultat lastnega sevanja, ki ga določata temperatura ter emisivnost (emisivnost pomeni sposobnost površine, da seva energijo). Prav v tem je razlog za zelo razširjeno uporabo termokamer na veliko področjih človekovega delovanja. Termografske naprave pogosto imenujemo tudi infrardeče ali toplotne kamere (termokamere). Te naprave imajo za razliko od človekovega očesa sposobnost zaznavanja infrardeče svetlobe (IR svetloba je tisti del svetlobe, ki je človekovemu očesu neviden in učinek te očesu nevidne svetlobe je toplota). Po delovanju in zgradbi so enake običajnim TV video kameram, saj imajo optiko, detektor IR sevanja, elektroniko za obdelavo signalov in zaslon za prikaz slike, kjer se prikaže toplotna slika. Format slike ustreza TV standardom. Američani te naprave že od začetkov razvoja, ki se je pri njih začel v petdesetih letih, imenujejo FLIR (Forward Looking InfraRed), medtem ko Evropejci pogosteje uporabljamo ime »Thermal Imager« ali »IR Camera«. (4)



Slika 1: Termografska kamera (6)

Termografske preglede izvajamo v času kurilne sezone, saj lahko samo na ta način ugotovimo uhajanje toplote iz ogrevanega prostora prek oken, vrat, fasade ...

2.5 Energijsko število

Energijsko število je določeno kot celotna raba energije v stavbi na površinsko enoto uporabne površine bivalnega ali delovnega prostora v obdobju enega leta. Enota je kWh/m² letno oziroma kWh/m²a. Energijsko število je namenjeno ocenjevanju energijske učinkovitosti stavb, občasni kontroli rabe energije v stavbi in ocenjevanju uspešnosti učinkovite rabe energije.

Energijsko število je sestavljeno iz energijskega števila za ogrevanje prostorov (E_{op}), za pripravo tople vode (E_{tv}) in za ostalo tehnično opremo (E_{tm}), kot je na primer poraba električne energije za razsvetljavo, naprave itd. (3)

2.6 Razsvetljava

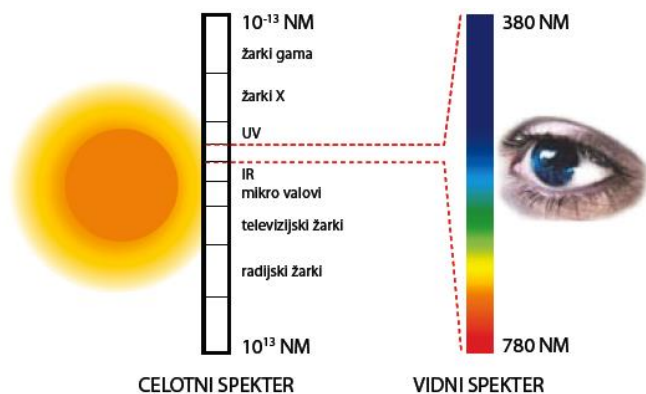
Svetloba nam omogoča, da lahko gledamo in prepoznavamo različne predmete in naravo. Umetna svetloba mora v največji meri nadomestiti dnevno (naravno) svetlobo. Pri načrtovanju razsvetljave moramo paziti, da izberemo pravilno barvo svetlobe, ki jo svetilo oddaja, zadostno osvetljenost, enakomernost in omejevanje bleščanja. (7)

2.6.1 Od kod svetloba?

Vsako telo, trdo, tekoče ali plinasto, ki je podvrženo spremembi energijskega nivoja, povzroča sevanje zaradi gibanja atomov in molekul, iz katerega je sestavljeno. Nastane elektromagnetna energija, ki v obliki elektromagnetnega valovanja različnih valovnih dolžin seva v prostor.

Svetloba je torej elektromagnetno valovanje, ki ima zelo širok razpon: od radijskih valov z valovno dolžino nekaj metrov in vse do rentgenskih žarkov z valovno dolžino manj kot nekaj bilijonink metra.

Človekovo oko prek možganov zaznava zelo ozek del spektra: od 380 do 780 nm. Temu delu rečemo vidna svetloba, ki jo zaznava človeško oko. (1)



Slika 2: Spekter elektromagnetnega valovanja – vidne svetlobe (9)

2.6.2 Naravna in umetna svetloba

Popoln primer naravnega telesa, ki seva, je Sonce. Sonce seva do neskončnih valovnih dolžin, človek pa vidi le ozko območje od 400 do 760 nm. Posamezna sevanja znotraj vidnega spektra vidimo kot barve. 400 nm ustreza vijolični barvi, 760 nm ustreza rdeči, največjo občutljivost za človekovo oko pa dosežemo pri 555 nm, kar ustreza rumeno-zeleni barvi.

Danes pridobivamo umetno svetlobo z uporabo elektrike na tri načine:

- termično izžarevanje (žarnice z žarilno nitko),
- luminiscenčno sevanje (sijalke),
- elektroluminiscenca (LED razsvetljava).

2.6.3 Fotometrične veličine

Da bi lahko svetlobo merili in primerjali učinke posameznih svetil, uporabljamo v svetlobni tehniki določene veličine, ki jih skupno pojmujeemo z izrazom fotometrične veličine.

a) Svetlobni tok: je celotna oddana moč svetlobnega vira, ki jo človekovo oko občuti kot svetlobo. Oznaka za svetlobni tok je Φ , enota pa je lumen – oznaka je lm.

b) Prostorski kot: je del prostora, ki ga oklepa plašč stožčastega ali piramidastega izseka krogle s polmerom r . Velikost prostorskega kota je dana s površino osnovne ploskve A , ki leži na površini krogle, v katere središču je točkasti vir svetlobe, in kvadratom polmera krogle r :

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (\text{steradian – sr}).$$

c) Svetilnost: je gostota svetlobnega toka ϕ , ki ga vir izseva v element prostorskega kota ω :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (\text{candela – cd}).$$

d) Osvetljenost: je povprečni svetlobni tok ϕ , ki pade na površino A v neki razdalji od svetila:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (\text{lux – lx}).$$

En lux je osvetljenost površine 1 m², na katero pada enakomerno porazdeljen svetlobni tok enega lumna.

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{I \cdot \omega}{r^2 \cdot \omega} = \frac{I}{r^2}.$$

Zadnja enačba nam pove, da osvetljenost pada s kvadratom oddaljenosti od svetlobnega vira. Človek potrebuje za razna opravila osvetljenost od 3 do 5000 lx. (7)

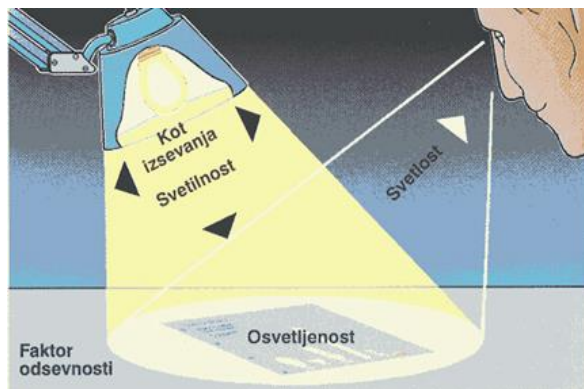
V Tabeli 2 so prikazani primeri osvetljenosti ob naravnih svetlobnih virih.

Tabela 2: Primeri osvetljenosti ob naravnih svetlobnih virih (7)

Na prostem pri polni luni	0,5 lx
V sobi podnevi	300 lx
Na prostem ob oblačnem vremenu	20.000 lx
Na prostem ob sončnem vremenu	100.000 lx
V senci ob sončnem vremenu	10.000 lx

e) **Svetlost:** je edina svetlobno tehnična veličina, ki jo oko direktno zaznava. Označuje intenzivnost proizvedene ali odbite svetlobe od neke površine. Z njo ocenjujemo bleščanje.

Enota za svetlost je kandela na kvadratni meter (cd/m²). Imenujejo jo tudi nit (oznaka nt).



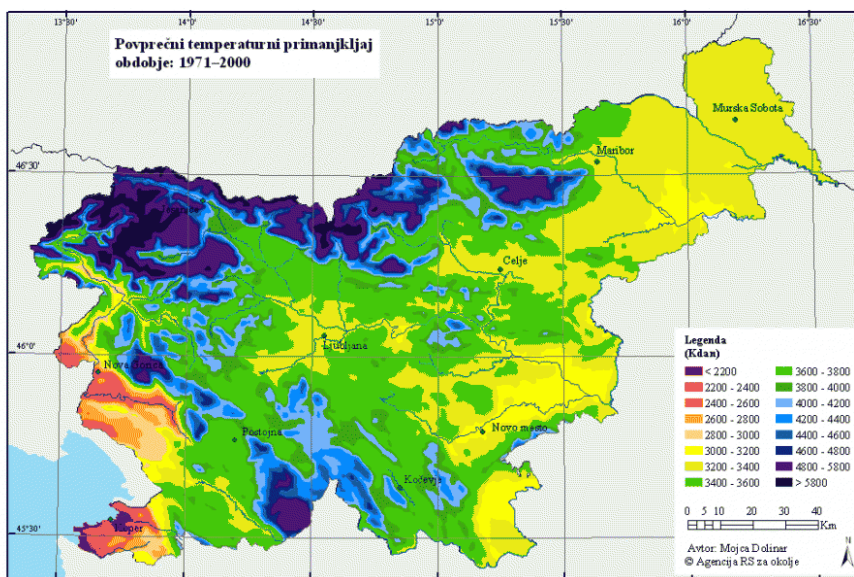
Slika 3: Prikaz fotometričnih veličin (9)

2.7 Temperaturni primanjkljaj

Temperaturni primanjkljaj je podatek, s katerim upoštevamo klimatske pogoje in ki ga potrebujemo za izračun porabljene energije. Temperaturni primanjkljaj je definiran kot produkt časa ogrevanja z razliko temperatur med notranjostjo zgradbe (po dogovoru je to 20 °C) in zunanjo temperaturo zraka. Trajanje po dogovoru omejimo na čas kurilne sezone, ki traja v jeseni v času, ko je zunanja temperatura nižja od 12 °C (tri dni zapored po 21. uri) in se zaključí spomladi, ko je zunanja temperatura višja od 12 °C (tri dni zapored po 21. uri). Za naš kraj (najbližji je Celje) torej vzamemo povprečno zunanjo temperaturo v času ogrevalne sezone in

jo odštejemo od dogovorjenih 20 °C ter jo pomnožimo s številom ogrevalnih dni. To podajamo v enoti stopinja dan ali stopinjski dnevi.

Vrednosti temperaturnega primanjkljaja v Sloveniji so od 1970 (st. dan) v Piranu, 3300 v Ljubljani, 3600 v Kamniku in 4800 v Planici. Potrebne podatke dobimo v raznih priročnikih. Pri računanju jemljemo povprečne vrednosti za daljše obdobje, pri primerjavah rabe energije med posameznimi leti pa moramo upoštevati dejanske vrednosti, ki so za posamezna leta seveda različne, dobimo pa jih na Agenciji republike Slovenije za okolje. (14)



Slika 4: Povprečni temperaturni primanjkljaj v Sloveniji med leti 1971 in 2009 (14)





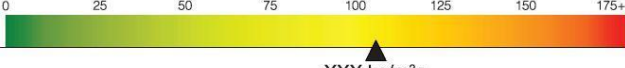
2.8 Energetska izkaznica stavbe

Energetska izkaznica stavbe je dokument, ki podaja najpomembnejše kazalce rabe energije v stavbi. Navadno ima obliko preglednega obrazca, ki vsebuje bistvene kazalce rabe energije v stavbi in razvršča stavbo v enega od razredov rabe energije, podobno kot pri energetski nalepki za gospodinjske aparate. Osnovni namen energetske izkaznice stavbe je informiranje kupca oz. najemnika stavbe o njeni energetski učinkovitosti, posredno o pričakovani višini stroška za energijo in o morebitnih naložbah, potrebnih za energijsko posodobitev stavbe in naprav v njej. (3)

Energetska izkaznica ne označuje samo razreda oz. določa energetske učinkovitosti stavbe, temveč so sestavni del energetske izkaznice tudi priporočeni ukrepi, s katerimi se lahko ta učinkovitost poveča.

Energetska izkaznica ni obvezna za vse stavbe. Pridobiti jo moramo v primeru, če bomo stavbo (ali stanovanje) prodajali ali oddajali v nov najem (daljši od enega leta). Lastniki stavb, ki svojih nepremičnin ne prodajajo ali ne oddajajo v najem, pa energetske izkaznice ne potrebujejo. Energetska izkaznica je potrebno pridobiti tudi za vse nove stavbe in za vse javne stavbe s površino večjo od 500 m², od 9. julija 2015 pa za površine nad 250 m². (11) Podobno kot pri označevanju energijskih razredov gospodinjskih aparatov, razlikujemo pri stavbah razrede njihove energetske učinkovitosti ogrevanja. Razredov rabe potrebne ogrevalne

energije je devet, in sicer od A1 do G. Razred A1 predstavlja energetsko najučinkovitejšo stavbo (pasivni objekt) z letno potrebno toploto ogrevanja od 0 kWh/m²a do 10 kWh/m²a, razred G pa energetsko najpotratnejšo s potrebno toploto ogrevanja od 210 kWh/m²a do 300 kWh/m²a in več. Za stavbe, grajene v skladu s sodobnimi pravili gradbene prakse, pričakujemo, da se bodo uvrščale v razred C, izjemoma v razred B. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 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. (3)

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE	
Podatki o stavbi	Vrsta izkaznice: merjena
t. izkaznice: _____ Velja do: _____	Vrsta stavbe: nestanovanjska
Identifikacijska oznaka stavbe, posameznega dela ali delov stavbe: Klasifikacija stavbe: Leto izgradnje: Naslov stavbe: Katastrska obina: Parcelna t.: Koordinati stavbe (X,Y):	
Dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto	
XXX kWh/m ² a	
	
Dovedena električna energija	
XXX kWh/m ² a	
	
Primarna energija in Emisije CO₂	
XXX kWh/m ² a	
	
	
XXX kg/m ² a	
Izdajatelj	Izdelovalec
Izdajatelj d.o.o. (t. pooblastila) Ime in podpis odgovorne osebe: Opcija: elektronski podpis. Datum izdaje:	Janez Novak (t. pooblastila) Ime in podpis: Opcija: elektronski podpis. Datum izdaje:
<small>Izdelovalec te energetske izkaznice s podpisom potrjuje, da ne obataja kalera od okolin iz Energetskega zakona (Uk.I. RS 27/07 - uradno pre. besedilo s spremembami), ki bi mi preprečevala izdelavo energetske izkaznice.</small>	
<small>Energetska izkaznica stavbe je izdana v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavbe in z Energetskim zakonom (Uk.I. RS 27/07 - uradno pre. besedilo s spremembami).</small>	
list 1/4	

Slika 5: Primer energetske izkaznice stavbe (12)

3 MATERIALI IN METODE DE LA

3.1 Raziskovalni intervju

Intervju z ravnateljem sem izvedel tako, da sem mu po e-pošti poslal vprašanja, on pa je podal odgovore. Namen intervjuja je bil izvedeti čim več o šoli s strani osebe, ki vodi šolo in jo tudi najbolj pozna. Ocenil sem, da bom na ta način izvedel več o sedanjem stanju in strategijah, kot pa če bi šel izvesti anketo med učenci, kar sem tudi razmišljal.

Od ravnatelja šole sem pridobil podatke o porabi kurilnega olja v letih od 2012 do 2016. Ugotovil sem, da kurilno olje služi kot vir energije tako za ogrevanje prostorov in sanitarno toplo vodo. To pomeni, da je potrebno energijski števili sešteti oz. obravnavati kot enoten podatek (nimamo podatka, koliko olja porabimo ločeno za ogrevanje prostorov in koliko za toplo vodo).

3.2 Postopek merjenja osvetljenosti

Meritve osvetljenosti sem izvedel s pomočjo instrumenta, ki ga imenujemo luksmeter (Slika 6). Razdaljo med svetili in delovno površino pa sem izvedel z laserskim merilcem razdalje. Z njim sem izmeril tudi širino in dolžino prostorov, v katerih sem izvedel osvetljenost prostora.



Slika 6: Luksmeter in laserski merilec razdalje (Foto: J. Konečnik)

Osvetljenost v notranjih prostorih sem meril na delovni površini. To pomeni, da je v učilnici, kabinetu, delavnici to na površini mize (0,85 m od tal), v telovadnici pa je to na tleh.

Pri merjenju osvetljenosti sem upošteval naslednje robne pogoje:

- Osvetljenost sem meril v učilnicah, delavnici, igralnicah, kabinetih, pisarnah, telovadnici in v knjižnici po metodologiji, ki sem jo opisal v poglavju 3.2.
- Osvetljenosti nisem meril na hodnikih, ker je zaradi delovanja časovnega senzorja težko zagotoviti pogoje realne osvetljenosti na delovni površini. Da je meritev pravilna, mora biti svetilka neprekinjeno delujoča vsaj 10 minut. Osvetljenosti nisem meril tudi v sanitarnih prostorih, ker za meritev nisem videl smisla.

- Vsa svetila, kjer smo merili osvetljenost, so fluorescenčne sijalke, moči 2 x 36 W. V novejšem delu šole (igralnicah vrtca, učilnici za tehniko in delavnici, učilnice za 1. in 2. razred), so nameščene sodobnejše fluorescenčne sijalke, ki imajo vgrajene elektronske predstikalne naprave. V vseh ostalih prostorih, kjer sem meril osvetljenost, so vgrajene starejše predstikalne naprave z elektromagnetnimi dušilkami.
- Meritve osvetljenosti sem izvajal 30. 11. 2017 od 17.30 do 21.00 in 19. 12. 2017 od 18.00 do 20.30.
- Postopek merjenja je vključeval meritve dimenzij prostora z laserskim merilnikom in luksmetrom, mentorja pa sta v predpripravljeno tabelo vpisovala podatke (razdalje in posamezne osvetljenosti).

Osvetljenost sem meril v več točkah prostora in potem izračunal povprečno oziroma srednjo osvetljenost v prostoru. Pogoj za opravljanje meritev osvetljenosti z luksmetrom pa je, da jih opravljamo v času, ko je zunaj popolna tema. Razsvetljavo sem vklopil v merjenem prostoru in počakal 10 minut, da so svetlobni viri pridobili polno moč osvetljevanja.

Srednjo osvetljenost sem dobil iz števila izmerjenih osvetljenosti na različnih mestih v prostoru kot srednjo vrednost merjenih točk:

$$E_{sr} = \frac{1}{n} (E_1 + E_2 + \dots + E_n).$$

Najmanjše število mernih točk določimo na osnovi izračunanega prostorskega indeksa k :

$$k = \frac{a \cdot b}{h_k \cdot (a + b)}.$$

Za določitev števila mernih točk sem si pomagal s Tabelo 3.

Tabela 3: Minimalne srednje osvetljenosti za šolske prostore (7)

Prostorski indeks k	Število mernih točk
$k < 1$	4
$1 \leq k < 2$	9
$2 \leq k < 3$	16
3 in več	25

3.2.1 Predpisane vrednosti minimalne osvetljenosti

Predpisane vrednosti minimalne osvetljenosti določa standard SIST EN 12464, ki ga morajo poznati naprej projektanti, ki načrtujejo vgrajeno opremo ob gradnji. Kasneje, ko je objekt zgrajen, pa morajo to poznati strokovni delavci za varnost in zdravje pri delu. Za strokovno kontrolo nad delovnimi pogoji pa so zadolženi inšpektorji za delo.

Izvleček iz standarda SIST EN 12464 za šolske prostore prikazuje Tabela 4.

Tabela 4: Minimalne srednje osvetljenosti za šolske prostore (7)

Prostor	Osvetljenost E_{sr} (lx)
Učilnice osnovnih in srednjih šol	300
Učilnice za izobraževanje odraslih	500
Računalniške učilnice in šolske delavnice	500
Šolska tabla	500
Športne dvorane, prostori za telovadbo	300
Stopnišča	150
Hodniki	100

3.3 Postopek izračuna energijskega števila

Energijsko število za ogrevanje prostorov (E_{op}) sem izračunal po enačbi:

$$E_{op} = \frac{W_{op}}{A}.$$

E_{op} pomeni porabljena energija za ogrevanje prostorov v kWh.

Energijsko število za sanitarno toplo vodo (E_{tv}) sem izračunal po enačbi:

$$E_{tv} = \frac{W_{tv}}{A}.$$

E_{tv} pomeni porabljena energija za ogrevanje sanitarne tople vode v kWh.

Energijsko število za tehnično opremo sem izračunal po enačbi:

$$E_{tn} = \frac{W_{tn}}{A}.$$

E_{tn} pomeni porabljena električna energija v kWh.

Zaradi že omenjene specifikne naše šole, kjer imamo podatek o porabi kurilnega olja združen za ogrevanje prostorov in za sanitarno toplo vodo, sem naredil izračun energijskega števila za skupek obojega:

$$E_{op+tv} = \frac{W_{op+tv}}{A}.$$

V tem primeru sem upošteval podatek iz Tabele 6 v poglavju 3.3.1, kjer je navedeno, da 1 liter lahkega kurilnega olja predstavlja energijsko enakost z 10 kWh.

Skupno energijsko število objekta je vsota energijskih števil za posamezno vrsto energenta:

$$E = E_{op} + E_{tv} + E_{tn} = \frac{W_{op}}{A} + \frac{W_{tv}}{A} + \frac{W_{tn}}{A}.$$

oz. za moj primer:

$$E = E_{op+tv} + E_{tn} = \frac{W_{op+tv}}{A} + \frac{W_{tn}}{A}.$$

Energijsko število določim kot: $E = E_{op} + E_{tv} + E_{tn}$ in ga merim z enoto kWh/m² letno.

3.3.1 Orientacijske vrednosti energijskih števil

Za objekte (velja za EU) so ciljne vrednosti energijskih števil razvidne iz Tabele 5.

Tabela 5: Primer uporabe energijskega števila (3)

	E_{op} (kWh/m ² a)	E_{tv} (kWh/m ² a)	E_{tn} (kWh/m ² a)	E (kWh/m ² a)
Večstanovanjska hiša	50	20	25	95
Poslovni objekti	45	15	20	80

S stališča starosti stavb so za slovenski prostor karakteristična energijska števila ogrevanja:

- stavbe zgrajene pred letom 1979 $E_{op} = 200 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- stavbe zgrajene med leti 1971 in 1980 $E_{op} = 280 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- stavbe zgrajene po letu 1980 $E_{op} = 125 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Tabeli 6 in 7 prikazujeta klasifikacijo objektov v energijske razrede glede na porabljeno energijo.

Tabela 6: Energijska učinkovitost objektov – klasifikacija glede na porabljeno energijo ogrevanja (3)

Vrsta objekta glede na porabo energije	Raba energije E_{op} (kWh/m ² a)
Zelo potratni objekt	več kot 250
Potratni objekt	200–250
Povprečni objekt	150–200
Varčni objekt	100–150
Zelo varčni objekt	50–100
Nizkoenergijski objekt	15–50
Energijsko pasivni objekt	manj kot 15
Upoštevano: 1 liter lahkega kurilnega olja = 10 kWh	

Tabela 7: Razvrstitev objektov v razrede energetske učinkovitosti (3)

Razred	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe 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	od 35 do vključno 60
D	od 60 do vključno 105
E	od 105 do vključno 150
F	od 150 do vključno 210
G	od 210 do 300 in več

3.4 Potek termografskega pregleda

Termografske preglede izvaja oseba, ki zna rokovati s termografsko kamero in ima nasploh izkušnje s termografijo. Za meritve sem prosil osebo, ki je opravila usposabljanje iz tega področja in sva potem skupaj izvajala meritve termografije na šoli.

Termografske preglede lahko izvedemo z zunanje, notranje ali obeh strani objekta. Z zunanje strani objekta pregledamo celotno površino objekta, kjer lahko potencialno uhaja toplota. Z notranje strani pa pregledamo vse površine zunanjega ovoja zgradbe in na osnovi izmerjenih temperatur ter vlage dobimo informacijo, kje lahko pričakujemo morebitne kondenzacije in razvoj plesni.

Rezultat pregleda so zaslonske slike s termografske kamere, ki jih moramo znati tudi odčitati. Termografska analiza stavbe prikaže pomanjkljivosti v toplotni izolaciji, slabo tesnjenje oken in vrat, poškodbe v objektu, vlago v stavbi in druge pomanjkljivosti. Vse to odraža ne le kvalitete pri gradnji ali adaptacijah, pač pa tudi pri vzdrževanju objekta in pri njegovi uporabi.

Za meritev sem uporabil merilnik TiR1, proizvajalca Fluke. Kamera TiR1 je kompaktna, zanesljiva in enostavna za uporabo. Narejena je posebej za odkrivanje napak v gradbeništvu. Posebnost kamere je, da ima IR Fusion tehnologijo, ki omogoča prikaz tako IR kakor tudi vidne slike hkrati.

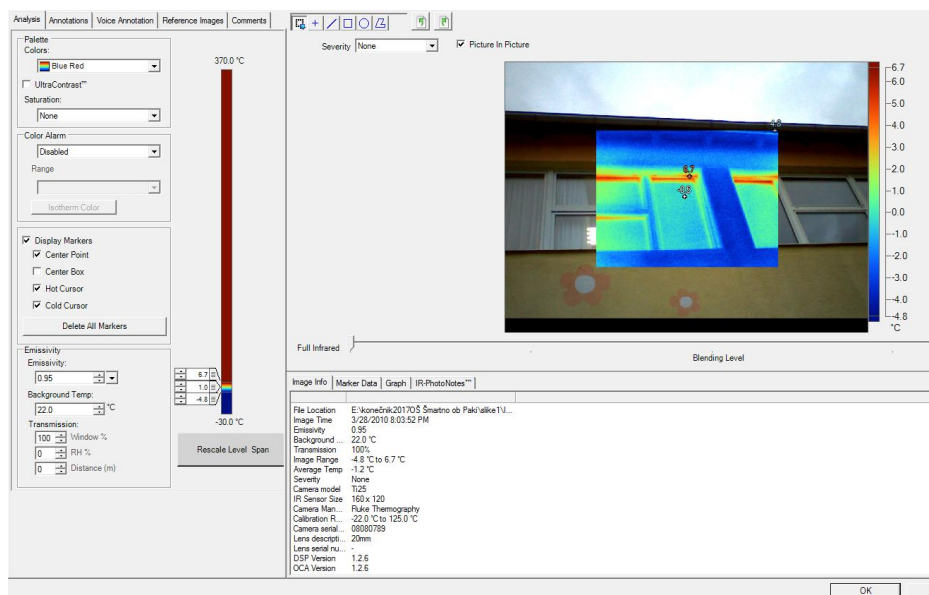


Slika 7: Meritve termografije na Osnovni šoli bratov Letonja Šmartno ob Paki (Foto: S. Konečnik)

3.4.1 Uporaba programa SmartView

Za natančnejšo analizo termografskih posnetkov sem uporabil tudi programsko opremo, ki je kompatibilna s termografsko kamero. V mojem primeru sem uporabil najnovejšo različico programa SmartView 4.3, ki ga lahko brezplačno prenesemo s spletne strani proizvajalca termografske kamere Fluke (<http://en-us.fluke.com/support/software-downloads/ti-fc-software-update.html>).

Programska oprema ni obvezna za analizo posnetih fotografij, je pa v pomoč, ker želim v točno določenih točkah posnetka poznati temperaturo in posledično uhajanje toplote. Bolj natančno sem analiziral določene dele posnetka, prav tako sem ob strani dodal temperaturno skalo v barvi in tako posnetki še bolj nazorno pokažejo, kje se odražajo potencialne težave pri uhajanjih toplote.



Slika 8: Posnetek zaslona v programu SmartView z vstavljenjo sliko posnetka s termografske kamere

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Povzetek raziskovalnega intervjuja

V Prilogi 1 sem podal celotni intervju, v nadaljevanju pa sem podal povzetek intervjuja.

Ravnatelj je povedal, da poteka ozaveščanje o varčevanju z energijo dobro, čeprav se da še kaj izboljšati. Pomembno je tudi dobro delo tehničnega osebja na šoli. Uspešni tehnični ukrepi so bili: zamenjava oken, zamenjava navadnih ventilov s termostatskimi, menjava svetil, izolacija podstrešja stavbe in montaža sončnih kolektorjev za proizvodnjo tople vode, žal pa še ni prišla na vrsto nova fasada.

Ravnatelj je še povedal, da če bi na šoli dobili sredstva, bi najprej investirali v izolacijo ovoja stavbe, nato bi razsvetljavo nadomestili z LED, za tem pa bi zamenjal tudi vir ogrevanja.

4.2 Poraba kurilnega olja v letih od 2012 do 2016

Kot prikazuje Tabela 8, se je največ kurilnega olja porabilo leta 2013 (36 050 l), najmanj pa leta 2014 (23 260 l). Najmanj kurilnega olja se je porabilo v mesecih julij in avgust (med 0 in 300 litri), največ pa od decembra do marca (med 3 500 in 8 000 l). Povprečna poraba od leta 2012 do 2016 je na leto 29 433 litrov kurilnega olja.

Tabela 8: Poraba kurilnega olja v letih od 2012 do 2016

Mesec/leto	2012	2013	2014	2015	2016
Januar	7 956	7 900	5 500	6 000	6 900
Februar	8 000	5 100	3 800	4 700	3 500
Marec	3 200	6 000	2 500	3 400	3 900
April	1 700	2 150	1 300	1 400	500
Maj	600	700	700	400	300
Junij	500	300	400	300	700
Julij	300	300	200	200	
Avgust	200	200	200	200	
September	800	800	200	500	300
Oktober	1 700	1 600	660	1 200	2 000
November	3 000	5 700	3 000	3 500	4 200
December	6 000	5 300	4 800	3 600	6 200
Skupaj (l)	33 956	36 050	23 260	25 400	28 500

4.3 Izračun temperaturnega primanjkljaja od 2012 do 2016

Temperaturni primanjkljaj ima vpliv na porabo toplotne energije.

Podane sem imel podatke o porabljeni toplotni energiji med leti 2012 do 2016 skozi porabo kurilnega olja (1 l olja = 10 kWh). V Tabeli 9 je podan izračun podatkov porabljene toplotne energije upoštevajoč temperaturni primanjkljaj. Podatki o temperaturnih primanjkljajih za najbližjo meteorološko postajo Celje in podane temperaturne primanjkljaje za 12 °C so črpani iz Priloge 2.

Tabela 9: Vpliv temperaturnega primanjkljaja na porabo toplotne energije v letih od 2012 do 2016

Leto	Temp. prim. (stopinja dan)	Temp. povp. 10-ih let (stopinja dan)	Izračunani indeks temp. primanjkljaja	Poraba topl. energije (kWh)	Preračunana poraba topl. energ. (kWh)
2012	3 225	3 159	1,021	339 560	346 654
2013	3 137	3 167	0,991	360 500	357 085
2014	2 556	3 101	0,824	232 600	191 721
2015	2 730	3 045	0,897	254 000	227 724
2016	2 993	3 022	0,990	285 000	282 265

Legenda:

Temp. prim. – temperaturni primanjkljaj tekočega leta

Temp. povp. 10-ih let – povprečje temperaturnega primanjkljaja zadnjih 10-ih let do obravnavanega leta

Izračunani indeks temp. primanjkljaja – dobimo tako, da temperaturni primanjkljaj tekočega leta podelimo s temperaturnim povprečjem zadnjih 10-ih let

Poraba topl. energ. (kWh) – izračunana iz porabe kurilnega olja, upoštevajoč, da je 1 l olja ekvivalenten 10 kWh toplotne energije

Preračunana poraba toplotne energije (kWh) – poraba kurilnega olja v enem letu se pretvori v kWh in to se pomnoži z indeksom temperaturnega primanjkljaja

Upoštevanje temperaturnega primanjkljaja je pomembno za relativno primerjanje posameznih let in spremljavo aktivnosti v kurilni sezoni, ki bi se izvedle v določenih časovnih obdobjih.

4.4 Poraba električne energije v letih od 2012 do 2016

Od ravnatelja šole sem pridobil podatke o porabi električne energije v letih od 2012 do 2016. Kot prikazuje Tabela 10, je bila največja poraba električne energije leta 2014 (41 404 kWh), najmanjša pa leta 2016 (35 888 kWh).

Tabela 10: Poraba električne energije v letih od 2012 do 2016

Leto	Porabljena el. energija (kWh)
2012	39 234
2013	42 295
2014	42 404
2015	41 568
2016	35 888

4.5 Meritve osvetljenosti

Tabele sem razdelil po posameznih skupinah prostorov, da je preglednejše. V Tabeli 11 so zapisane povprečne osvetljenosti učilnic, kot so poimenovane na osnovni šoli za predmetno stopnjo. Največja povprečna osvetljenost je v učilnici TJA, in sicer 466 lx, najmanjša pa v učilnici BIO (191 lx).

Prvi sklop učilnic sestavljajo učilnice, namenjene predmetni stopnji:

Tabela 11: Skupina prostorov – učilnice za predmetno stopnjo

Oznaka učilnice	MAT 1	MAT 2	BIO	RAČ	GLA	ZGO	SLO 1	SLO 2	TJA	NEM
E _{sr} (lx)	209	191	168	216	164	173	384	317	466	184

V Tabeli 12 so zapisane povprečne osvetljenosti učilnic za razredno stopnjo ter učilnici za tehniko in likovno umetnost. Največja povprečna osvetljenost je v učilnici X4, in sicer 512 lx, najmanjša pa v učilnici U1 (140 lx).

Tabela 12: Skupina prostorov – učilnice za razredno stopnjo ter učilnici za likovno umetnost in tehniko

Oznaka učilnice	U1	U2	U3	U4	U5	X1	X2	X3	X4	TEH	LIK
E _{sr} (lx)	140	226	182	169	264	417	483	493	512	472	142

V Tabeli 13 so podane povprečne osvetljenosti kabinetov in pisarn vodstva šole, kot so poimenovane na osnovni šoli. Največja osvetljenost je v kabinetu ravnatelja (481 lx), najmanjša pa v kabinetu DSP (116 lx).

Tabela 13: Skupina prostorov – kabineti in pisarne vodstva šole

Oznaka učilnice	KA BBI O	KA BM AT	KA BZ GO	KA BT EH	RA ČU N	TAJ	KA BR AV	KA BS D	ZB O	DSP	TAJ VR T	KA B ŠPO
E _{sr} (lx)	131	176	124	472	336	364	481	199	455	116	226	217

V Tabelo 14 sem podal prostore knjižnice, vrtca in telovadnice. Največja osvetljenost je v prostoru VRTEC 1 (599 lx), najmanjša pa v STARI KNJIŽNICI (92 lx).

Tabela 14: Skupina prostorov – prostori knjižnice, vrtca in telovadnice

Oznaka učilnice	STARA KNJIŽNICA	KNJIŽNICA	TEL	ČITALNICA	VRTEC 1	VRTEC 2
E_{sr} (lx)	92	125	284	144	599	563

V Tabeli 15 sem prikazal osvetljenost tabel učilnic razrednega pouka. Največja osvetljenost table je v X3 (222 lx), najmanjša pa v U3 (83 lx). Priporočena vrednost za povprečno osvetljenost table pa je 500 lx. Vse table so v povprečju premalo osvetljene.

Tabela 15: Skupina prostorov – osvetljenost table učilnic razrednega pouka

Oznaka učilnice	U1	U2	U3	U4	U5	X1	X2	X3	X4
E_{sr} (lx)	88	128	83	93	128	143	169	222	261

Na podlagi izmerjenih osvetljenosti in pregleda svetilk lahko strnem naslednje ugotovitve:

- V učilnicah, kjer je starejša razsvetljava z elektromagnetnimi dušilkami, je v večini učilnic premajhna E_{sr} . Predpisana E_{sr} je 300 lx, v našem primeru pa znaša od 140 lx do 466 lx. Neustrezna osvetljenost je v 13-ih učilnicah, ustrezna pa le v 4-ih učilnicah.
- Telovadnica skoraj dosega predpisano osvetljenost (izmerjena E_{sr} je 284 lx).
- Med »kritične« prostore spada tudi računalniška učilnica, kjer bi morali imeti 500 lx, v resnici pa znaša E_{sr} komaj 216 lx.
- Na splošno se kažejo težave tudi v ostalih prostorih (kabineti učiteljev, knjižnica, čitalnica, stara knjižnica), kjer je prav tako stara razsvetljava.
- V vseh prostorih, kjer so nove svetilke, ki vključujejo tudi elektronske predstikalne naprave, pa osvetljenost dosega predpisane vrednosti.
- Osvetljenosti table nismo merili v vseh prostorih, pač pa samo v enem delu šole. Opazili smo, da je ta del prav tako šibka točka pri zagotavljanju zadostne osvetljenosti.

Med meritvami sem tudi opazoval vse tisto, kar lahko vidi uporabnik in ima vpliv na kvaliteto razsvetljave.

- Vzdrževanje svetilk je dobro; nekaj nedelujočih sem opazil na hodnikih.
- Kombinacija svetlobnih senzorjev za vklop luči na hodnikih, kjer so starejše predstikalne naprave za vžig luči, je slaba rešitev, ker se zaradi tega znižuje življenjska doba fluorescenčnih sijalk.
- V prostorih, kjer je nova razsvetljava, je npr. v obeh igralnicah vrtca moteča rdeča barva svetlobe. Na to vpliva barvna temperatura fluorescenčnih cevi (izrazita topla barva) v kombinaciji z barvo sten. Na drugi strani pa sta dve učilnici za 1. in 2. razred, kjer je svetloba izstopajoče hladna, k čemur zopet prispeva kombinacija izbranih fluorescenčnih cevi z visoko barvno temperaturo v kombinaciji z barvo sten.

4.6 Rezultati termografskega pregleda stavbe

Meritve smo izvajali v sredo, 20. 12. 2017, med 7.30 in 9.35.

Uporabljeni merilni instrument: Fluke Ti25 Thermal Imager.

Sodelujoče osebe pri merjenju:

- Stanislav Osojnik, strokovnjak na področju termografije
- Jan Konečnik, avtor raziskovalne naloge
- Boštjan Ketiš (mentor) in Simon Konečnik (somentor) ter Bojan Juras (ravnatelj šole).

Minimalna temperatura na ovoju objekta: $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Maksimalna temperatura na ovoju objekta: $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Zunanja temperatura: $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Notranja temperatura v prostoru: $20,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Merili smo:

- sevanje vhodnih vrat
- sevanje oken in fasade
- sevanja ob stiku stavbe s tlemi
- sevanja ob mejah med pritličjem in prvim nadstropjem
- sevanje v notranjosti objekta.

Splošni podatki o merjenem objektu:

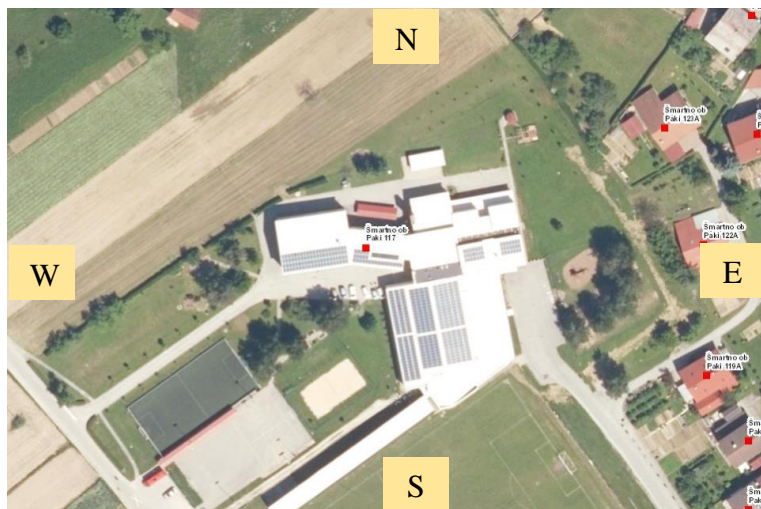
Osnovna šola bratov Letonja Šmartno ob Paki.

Objekt leži na koordinatah: $46^{\circ} 19' 53.16''\text{ N}$, $15^{\circ} 2' 10.37''$.

Nadmorska višina: 313 m.

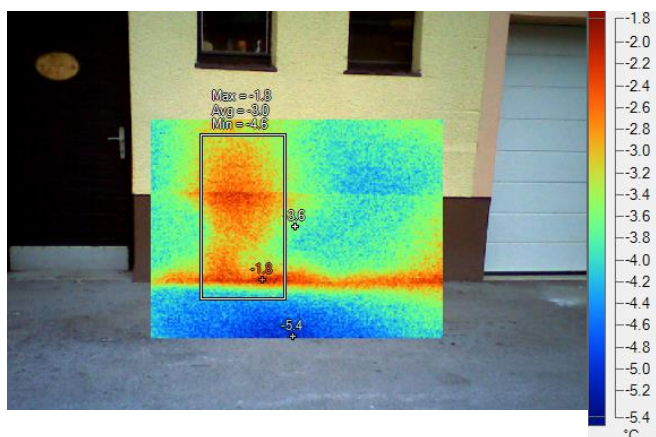
Termografske meritve smo izvajali s pomočjo termografske kamere, ki ob kreiranju fotografije prikaže tudi zunanjo oz. notranjo temperaturo (odvisno, kje merimo).

Slika 9 prikazuje orientacijo šole.



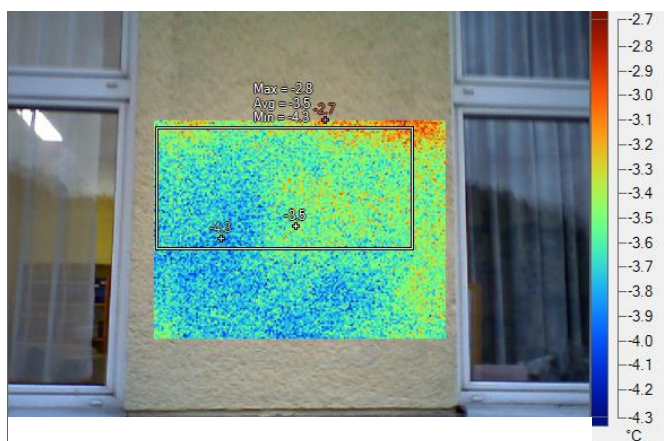
Slika 9: Zračni posnetek OŠ bratov Letonja v Šmartnem ob Paki (13)

Splošne ugotovitve so prikazane v kombinaciji fotografij in vzporedno prikazanih komentarjev.



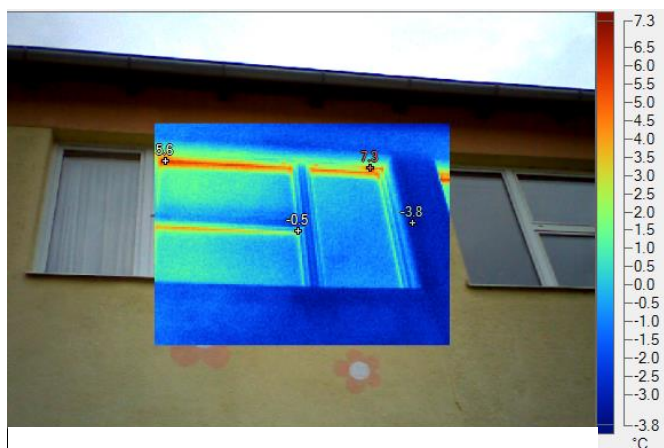
Slika 10 prikazuje slab stik ovoja zgradbe s tlemi, saj se v tem delu kaže uhajanje toplote (rdeča barva na sliki, modra pa predstavlja dobro izolacijo), kar je posledica, da zgradba nima izolacije.

Slika 10: Sevanje zgradbe ob stiku s tlemi (Foto: J. Konečnik)



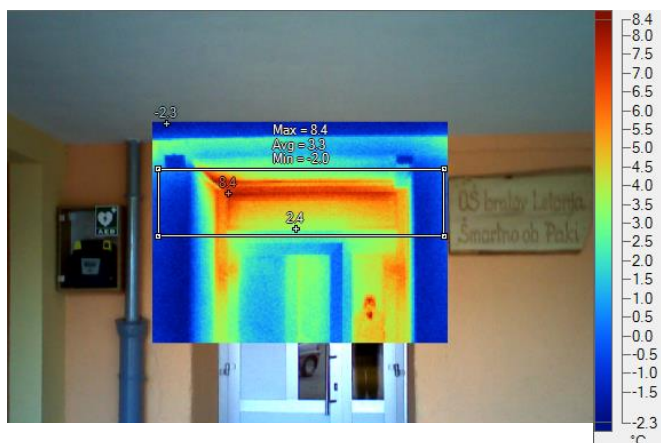
Slika 11 prikazuje ovoj fasadnega sloja, ki ne kaže uhajanja toplote v srednjem delu stavbe in proti vrhu stavbe.

Slika 11: Sevanje fasadnega sloja na sredini (Foto: J. Konečnik)



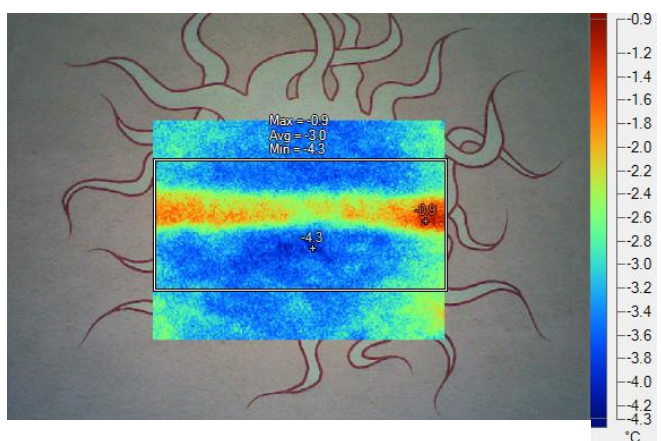
Slika 12 prikazuje uhajanje toplote (rdeča barva ob tesnilih oken) prek oken, kljub temu da so bila le-ta zamenjana leta 2000. Opaziti je bilo okna, ki so bila priprta ali slabo zaprta, kar daje slab učinek prezračevanja, vpliva pa na toplotne izgube objekta.

Slika 12: Sevanje oken (Foto: J. Konečnik)



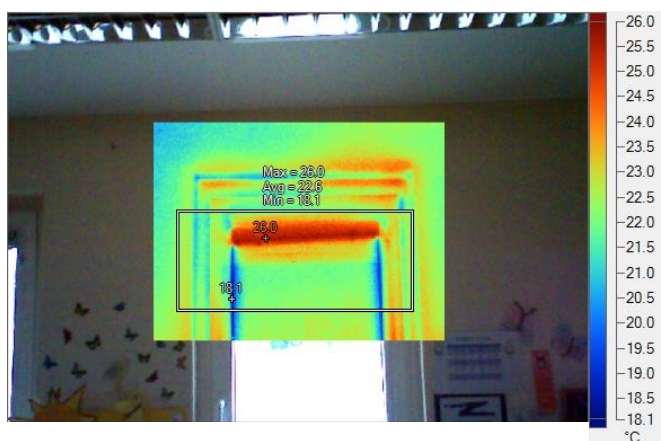
Slika 13 prikazuje uhajanje toplote (rdeča barva) pri vratih, ki so prav tako novejša.

Slika 13: Sevanje vrat (Foto: J. Konečnik)



Vzdolž celotne stavbe se kaže toplotno uhajanje t. i. toplotnega mostu, kar pomeni, da je težava stika stranskih sten stavbe z etažnimi nosilnimi ploščami.

Slika 14: Sevanje toplotnega mostu (Foto: J. Konečnik)



Podobno, kot se kaže uhajanje toplote iz zunanjega pogleda na okna, se kaže tudi iz notranjega pogleda.

Slika 15: Sevanje oken iz notranjosti (Foto: J. Konečnik)

4.7 Izračun energijskega števila šole

Izmerjena uporabna delovna površina prostora (A) znaša 3108 m². Podatek sem pridobil iz energetske izkaznice naše šole, ki je izobešena ob glavnem vhodu v šolo.

Primer izračuna E_{op+tv} za leto 2016:

$$E_{op+tv} = \frac{W_{op+tv}}{A} = \frac{285000 \text{ kWh}}{3108 \text{ m}^2} = 92 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}.$$

Primer izračuna E_{tn} za leto 2016:

$$E_{tn} = \frac{W_{tn}}{A} = \frac{35888 \text{ kWh}}{3108 \text{ m}^2} = 12 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}.$$

Primer izračuna skupnega energijskega števila E za leto 2016:

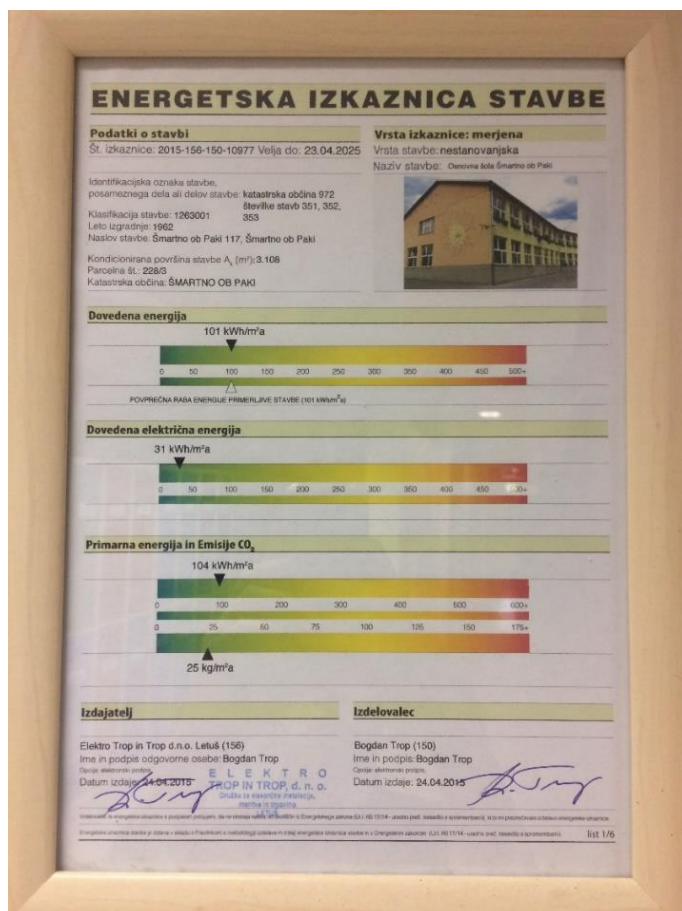
$$E = E_{op+tv} + E_{tn} = \frac{W_{op+tv}}{A} + \frac{W_{tn}}{A}$$
$$E = 92 + 12 = \frac{92 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{3108 \text{ m}^2} + \frac{12 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{3108 \text{ m}^2} = 104 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}.$$

Tabela 16: Izračun energijskih števil šole, prikazan ločeno po porabi v letih od 2012 do 2016

Leto	E _{op+tv} (kWh/m ² a)	E _{tn} (kWh/m ² a)	E (kWh/m ² a)
2012	109	13	122
2013	116	14	130
2014	75	14	89
2015	81	13	94
2016	92	12	104
Povprečje	94,6	13,2	107,8

4.7.1 Energetska izkaznica naše šole

Osnovna šola bratov Letonja Šmartno ob Paki je pridobila energetska izkaznico in je skladno z zahtevami nameščena uporabniku na vidno mesto. To je pri vhodu v stavbo. Vsi podatki, ki morajo biti na energetska izkaznici, so za našo šolo razvidni iz Slike 16.



Slika 16: Energetska izkaznica OŠ bratov Letonja (Foto: J. Konečnik)

4.8 Priporočene vrednosti energijskih števil

V EU so končne vrednosti energijskih števil, dane kot priporočilo v spodnji tabeli.

Tabela 17: Primer uporabe energijskega števila (3)

	E_{op} (kWh/m²a)	E_{tv} (kWh/m² a)	E_{tn} (kWh/m² a)	E (kWh/m² a)
Večstanovanjska hiša	50	20	25	95
Poslovni objekti	45	15	20	80

Osnovno šolo lahko smatramo kot poslovni objekt, v našem primeru smo lahko prišli samo do skupnega energijskega števila za ogrevanje prostorov (E_{op}) in za sanitarno toplo vodo (E_{tv}). Povprečna vrednost energijskega števila za ogrevanje prostorov in za sanitarno toplo vodo med leti 2012 in 2016 znaša 94,6 kWh/m² a. Če ta rezultat primerjamo z energetskimi priporočili EU, lahko iz tabele 16 povzamemo, da je E_{op} + E_{tv} = 45 + 15 = 60 kWh/m²a. Iz tega lahko sklepamo, da naša šola na področju energetske učinkovitosti za ogrevanje prostorov in pripravo sanitarne tople vode ne dosega priporočil EU.

Ogrevanje prostorov ima pri energetski oskrbi še posebej pomembno vlogo, saj so na tem področju lahko največji prihranki.

Šolska stavba, ki je predmet raziskave, je bila zgrajena leta 1959. Po tem času so bili narejeni nekateri tehnični posegi. Eden izmed pomembnih ukrepov je izolacija ovoja stavbe, ki pa še ni realiziran ukrep.

Tabela 18: Kronološki pregled tehniških ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti

Leto	Ukrep
2000	menjava oken
2004	postavitev solarnih kolektorjev za sanitarno toplo vodo
2010	menjava kritine
2010	namestitev sončnih celic (sončna elektrarne je v najemu)
2001-2017	namestitev termostatskih ventilov

V našem primeru operiramo s povprečnim energijskim številom zadnjih petih let, ki znaša 94,6 kWh/m²a. To našo šolo uvršča med zelo varčne objekte.

4.9 Uporaba spletnega kalkulatorja gradbene fizike

Za preverjanje potencialnih prihrankov energije sem uporabil spletni kalkulator gradbene fizike od nacionalne energetske poti Slovenije. Aplikacija je namenjena pomoči uporabnikom pri hitrem in enostavnem izračunu prihrankov energije za ogrevanje prostorov ob izvedenih določenih ukrepi učinkovite rabe energije. (16)

V našem primeru sem izbral obliko stavbe, vstavil dimenzije stavbe šole in pri prvem izračunu določil, kaj stavba v smislu možnih energetskih prihrankov že vsebuje (obstoječo izolacijo podstrešja, novejša okna in minimalno izolacijo sten). Rezultati iz spletnega kalkulatorja so podani v Prilogi 3 in v Prilogi 4. Pri tem je ključni podatek za porabo kurilnega olja, ki je v sedanjem energetskem stanju v okviru dejanske porabe (36.956 litrov). Nato sem dodal, da bi stavbi dodali toplotno izolacijo (16 cm) in spremenilo bi se, da bi porabili 31.544 litrov, torej okoli 5.500 litrov manj. V obeh primerih bi stavba ostala v energijskem razredu D.

Od tu naprej bi lahko s pomočjo spletnega kalkulatorja iskali možnosti energetske učinkovitosti šole glede na vpeljane tehnične posodobitve, ki pa zahtevajo tudi finančne vložke. Teh nisem predvidel, saj so precej odvisni od pripravljenosti lastnika stavbe.

4.10 Preverjanje hipotez

Na začetku raziskovanja sem si zastavil tri hipoteze in povzemam njihove rezultate po raziskavah.

1. Osnovna šola bratov Letonja Šmartno ob Paki ne dosega energijskih števil, ki predstavljajo energijsko učinkovitost za tovrstne stavbe.

Hipotezo sem ovrgel, saj je končni povprečni rezultat 94,6 kWh/m²a za ogrevanje prostorov in za pripravo tople vode med leti 2012 in 2016, merilo za tovrstne stavbe (Tabela 7) pa je v razredu D (60–105 kWh/m²a). Merilo vrednotenja energijskega števila predstavlja energijsko število za ogrevanje prostorov (v mojem primeru vsebuje tudi pripravo sanitarne tople vode). Če pa gledamo celotno energijsko število, potem je objekt umeščen pod varčen objekt s povprečjem 107,8 kWh/m²a (Tabela 6).

2. Največjo izgubo toplotne energije predstavlja toplotni ovoj stavbe.

To hipotezo sem ovrgel, saj objekt šole nima toplotnega ovoja, torej nima dodatne izolacije. Kljub temu da nima dodatne izolacije, to ne predstavlja tolikšnega problema kot vrata in okna. Čeprav so okna in vrata bila obnovljena po izgradnji šole, dopuščajo veliko uhajanja toplotne energije ob robovih oken in vrat (Slika 10 in Slika 11). Težave pa še predstavljajo spremembe temperatur in posledično uhajanje toplote na tako imenovanih toplotnih mostovih (Slika 12). Toplotni mostovi so se na slikah videli, kar pa je posledica dejstva, da objekt nima toplotne izolacije. Velik del toplote uhaja tudi ob stiku objekta s tlemi (Slika 8). Menim, da bi se to uredilo tudi z novo toplotno izolacijo.

3. Osvetljenost v učilnicah ustreza priporočilom.

Hipotezo o osvetljenosti učilnic sem ovrgel. Večina učilnic in tabel v njih ne zadostuje priporočilom za notranjo razsvetljavo (Tabela 4). Pokazalo se je, da so učilnice v povprečju pod vrednostmi, ki so določene s priporočili za notranjo razsvetljavo, predvsem so kritične učilnice, ki ne dosegajo niti tretjine vrednosti priporočene osvetljenosti (83 lx – učilnica U3). So pa izjeme – učilnice, kjer je razsvetljava prenovljena, in tam je razsvetljava ustrezna glede potrebne osvetljenosti.

5 ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga je temeljila na merjenju temeljnih energijskih kazalnikov: porabi električne in toplotne energije, v enem delu pa sem se lotil tudi meritve mikroklimе z meritvami osvetljenosti. V ta namen sem pogledal porabo električne energije in kurilnega olja skozi več let, izvedel sem meritve osvetljenosti ter sodeloval pri termografskih meritvah.

Rezultate sem ovrednotil tako, da sem izračunal energijska števila, ki predstavljajo končni rezultat, ali so energetski kazalniki dobri ali niso, in kje tiči razlog, da so takšni, kot so. Za vrednotenje energijskih števil kot tudi osvetljenosti v prostorih pa moramo poznati priporočila, ki sem jih prav tako moral poiskati. Ugotovil sem, da energetski kazalniki na OŠ bratov Letonja kažejo nekaj dobrih rezultatov in tudi pomanjkljivosti.

Cilj raziskovalne naloge je bil ugotoviti stanje energetskih kazalnikov in skozi to opozoriti odgovorne, kje so prioritete ob morebitni energetski sanaciji stavbe.

6 POVZETEK

Ozadje

V osnovni šoli se učimo o energiji in njenih zakonitostih, manj poudarka pa dajemo učinkovitosti njene porabe. Tehnika zelo hitro napreduje tako v smislu okolju prijaznejšega proizvodnje energije kot tudi postopnega prihajanja novih porabnikov, ki porabijo manj energije.

Namen

Osnovni namen raziskovalne naloge je bil ugotoviti, ali je naša šola energetsko varčna. Želel sem raziskati povezavo med vloženo energijo in njeno učinkovitostjo, kar se odraža skozi energijska števila in osvetljenostjo v notranjih prostorih šole.

Metode

V raziskovalni nalogi sem uporabil metodo sklepanja, predvsem na področju vrednotenja rezultatov izmerjenih osvetljenosti, sevanja toplote, energijskega števila, porabe kurilnega olja in električne energije v zadnjih 5-ih letih.

Rezultati

Raziskava je pokazala, da objekt obravnavane osnovne šole ne dosega energijskih števil, ki jih določajo priporočila. Presenetljivo je, da so ob dejstvu, da objekt nima toplotnega ovoja, tam izgube razmeroma majhne, razen na toplotnih mostovih.

Meritve osvetljenosti so pokazale, da ne dosegamo predpisanih povprečnih vrednosti osvetljenosti, razen kjer je bila razsvetljava prenovljena.

Zaključek

Rezultate sem ovrednotil tako, da sem izračunal skupno energijsko število, ki predstavlja končni rezultat, ali so energetski kazalniki dobri. Za vrednotenje energijskega števila pa moramo poznati priporočila, s katerimi sem primerjal svoje rezultate. Ugotovil sem, da energetski kazalniki na OŠ bratov Letonja kažejo tako nekaj dobrih rezultatov kot tudi pomanjkljivosti.

7 ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorjema Boštjanu Ketišu in Simonu Konečniku za svetovanje, pomoč, podporo in potrpežljivost pri izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujem se tudi Stanislavu Osojniku, za pomoč pri izvajanju meritev termografije in pomoč pri tolmačenju rezultatov. Prav tako hvala Cvetu Fendretu, ki je bil meni in mentorjema v pomoč za strokovno usmerjanje, ko so nastopile dileme, vprašanja, nejasnosti.

Hvala tudi ravnatelju Bojanu Jurasu za pomoč pri posredovanju podatkov o energetskih kazalnikih, sodelovanje v raziskovalnem intervjuju in za sprotno podporo. Prav tako hvala Katarini Čokl in Blanki Slemenšek za jezikovni pregled naloge v slovenskem in angleškem delu.

8 PRILOGE

8.1 Priloga 1 – Intervju z ravnateljem

1. Ali ocenjujete, da je ozaveščenost o varčevanju z energijo na naši šoli med učenci in učenkami zadostna?

»Moje mnenje je takšno, da je ozaveščenost naših učencev o varčevanju z energijo sicer dobra, a ne morem trditi, da zadostna, saj jo je še vedno mogoče izboljšati. Nenazadnje prihajajo vedno nove in nove generacije otrok, ki jih je potrebno ozaveščati, čeprav s tem z najrazličnejšimi projekti pričujemo že v našem vrtcu, tako da se ozaveščanje začne že pri vrtčevskih otrocih.«

2. Ali na šoli izvajate aktivnosti, ki predstavljajo načrtovane ukrepe varčevanja z energijo?

»Glavna in osnovna aktivnost je nenehno ozaveščanje tako učencev kot zaposlenih, predvsem pri varčni uporabi svetil. Tako potekajo redna izobraževanja o varčevanju z energijo tudi v okviru dejavnosti ekošole. Poleg tega s tehničnim osebjem redno izvajamo kontrolo nastavitve termostatskih ventilov v vseh šolskih prostorih, sam prav tako vsakodnevno prilagajam nastavitve centralnega ogrevalnega sistema, da dosežemo optimalno razmerje med zunanjim vlivom in primerno delovno temperaturo notranjosti šole.«

3. Kdaj ste na šoli zamenjali okna in katere vrste so?

»Prva menjava oken na južni strani stavbe se je izvedla l. 2000, ker pa je takšna investicija seveda zelo velik zalogaj, smo v skladu z omejenimi finančnimi sredstvi v nadaljevanju postopoma v desetletju in pol zamenjali vsa okna na stavbi, tako da so sedaj vsa energetsko varčna, na kar sem zelo ponosen.«

4. Kdaj ste naredili fasado in kakšna je izolacija?

»To pa je eno najbolj bolečih vprašanj, saj si sam že dva svoja mandata ravnateljevanja intenzivno prizadevam, da bi celotna šolska stavba dobila ustrezno izolacijo. Zavedam se, da gre za izjemno investicijo, a z občino, s katero sicer dobro sodelujemo, pri tem vprašanju še nismo prišli do rešitve. Tako je na najstarejšem delu šolskega poslopja, ki je bil zgrajen leta 1962, še prvi omet s prvotno izolacijo. Prav tako je prvi omet s prvotno izolacijo tudi na osrednjem delu stavbe, ki je bila zgrajena leta 1974. Ustrezna izolacija z novim ometom je na najnovejšem prizidku (štiri učilnice za prvo triado in povečana telovadnica) iz leta 2004, ki smo ga postavili za potrebe devetletke. A ker je stavba našega vrtca še bolj potrebna energetske sanacije, se zavedam, da bo šolska stavba na to še morala počakati.«

5. Kaj ste poleg že omenjenih aktivnosti naredili za zmanjšanje porabe energije? Kaj še imate v načrtu v roku naslednjih 5 let?

»Seveda moram omeniti še naš zelo uspešen projekt solarnega partnerstva iz leta 2004, ko smo pridobili 20 m² sončnih kolektorjev za toplo vodo, s čimer v poletnih mesecih prihranimo tudi do 3000 l kurilnega olja za ogrevanje tople vode (poleti ogrevamo vodo za potrebe lokalnega nogometnega kluba). Izjemnega pomena je bila tudi zamenjava celotne strehe in namestitve sončne elektrarne na njej, ki skrbi za dodatno ogrevanje. Velik prihranek energije smo dosegli z zamenjavo vseh navadnih ventilov s termostatskimi, menjavo svetilk

oz. nameščanjem varčnih luči ter tudi izolacijo podstrešja šolske stavbe. V naslednjih petih letih (oz. dolgoročno) načrtujemo novo izolacijo in omet na starem in osrednjem delu šolske stavbe.«

6. Ali Vaši zaposleni izvajajo kakšne aktivnosti za zmanjševanje porabe energije? Kje še vidite morebitne rezerve?

»Zaposleni v okviru vzgojnega načrta ozaveščajo učenke in učence, sami pa skrbijo za primerno varčno uporabo luči (ugašanje), zagrinjanje in odgrinjanje zaves, primerno zračenje ter izvajajo kontrolo temperature v učilnicah. Rezerva je seveda v doslednosti izvajanja vseh varčevalnih ukrepov.«

7. Ali ste na šoli v preteklosti izvajali projekte, ki so podpora zmanjševanju energije? Katere in kaj ste z njimi dosegli?

»Eden največjih in najodmevnejših je bilo že omenjeno solarno partnerstvo, drugače pa sproti projekti potekajo v okviru delovanja Ekošole.«

8. Ali vas občina ter šolsko ministrstvo kakorkoli vzpodbujata za zmanjševanje porabe energije? Ali ste za to kako nagrajeni, recimo z dodatnim denarjem za obnovo šole ...? Kaj bi občina (ministrstvo) še lahko naredila?

»Na žalost tukaj ne čutimo nobenih vzpodbud, ki bi še kako prav prišle. Vzdrževanje šolske stavbe je v celoti v domeni občine in ves lastni napor in trud je včasih že prav podoben pravemu boju z mlino na veter.«

9. Če bi imeli danes zadostna finančna sredstva, katere investicije bi najprej izpeljali?

»Zagotovo bi najprej izvedli namestitev nove izolacije in ometa ter celotno menjavo vseh luči z varčnimi LED svetili. Sledila bi tudi izboljšava oz. menjava ogrevanja z bolj varčnim, za kar bi bilo potrebno izvesti primerno študijo. V iskanju primerne partnerje sem se pred leti že pogajal za pridobitev sredstev za ogrevanje z biomaso, a žal se takrat občina ni odločila za takšno investicijo.«

10. Ali je po vašem gledanju situacija glede možnosti varčevanja z energijo na ostalih osnovnih šolah podobna ali se razlikuje od naše šole?

»Zagotovo je težko primerjati varčevanje z energijo s šolami, ki domujejo v energetsko varčnih novejših stavbah. A kar se tiče ozaveščenosti, mislim, da se vsi trudimo po svojih najboljših močeh; med sabo tudi izmenjujemo ideje in sodelujemo v okviru najrazličnejših projektov, ki jih združuje npr. skupina ekošol. Ob tem pa moram tu omeniti še to, da so k naši šolski stavbi priključeni še prostori lokalnega nogometnega kluba, pri katerem pa na žalost nimamo zadostnega vpliva pri ozaveščenosti o varčevanju z energijo, kakor tudi ne na porabo in samo varčevanje (samo za ilustracijo naj povem, da je njihov delež porabljene električne energije pri popoldanskih dejavnostih treningov in tekem v odnosu s šolskim povprečno kar 25 %, kar je v primerjavi s šolo, vsemi njenimi dejavnostmi, ki vključujejo tudi delovanje kuhinje, seveda zelo veliko). Tako so predvsem na tem področju povezovanja in sodelovanja še velike rezerve, ki jih želimo izboljšati.«

11. Ali razmišljate o menjavi luči, če bi bila kakšna sredstva možnosti za to?

»Seveda; najbolj energetsko varčna bi bila takojšnja menjava v celoti, a žal teh sredstev nimamo. Postopoma in v okviru danih finančnih možnosti menjavo tudi izvajamo.«

8.2 Priloga 2 – Podatki o temperaturnem primanjkljaju

Izvelek iz podatkovnega portala:

http://www.meteo.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_variable/cooling-heating-degree-days.txt (15)

*Tabela 19: Kronološki pregled tehniških ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti
268 – merilna postaja Celje*

Leto	T _{prim12}	T _{prim15}	Začetek_KS	Konec_KS
2000	3100	2785	07.10.1999	18.04.2000
2001	2538	2357	10.09.2000	30.04.2001
2002	3123	2820	12.09.2001	03.05.2002
2003	3282	2963	15.09.2002	25.05.2003
2004	3346	3011	17.09.2003	27.05.2004
2005	3236	2953	27.09.2004	15.05.2005
2006	3413	3161	21.09.2005	11.06.2006
2007	2418	2233	11.10.2006	22.04.2007
2008	3291	2857	07.09.2007	16.05.2008
2009	3151	2797	16.09.2008	08.05.2009
2010	3116	2869	09.09.2009	11.05.2010
2011	3217	2894	21.09.2010	20.05.2011
2012	3225	2824	05.10.2011	21.05.2012
2013	3137	2794	22.09.2012	04.06.2013
2014	2556	2359	23.09.2013	20.05.2014
2015	2730	2485	25.09.2014	26.05.2015
2016	2993	2642	09.09.2015	21.05.2016
2017	/	/	/	/ /
2018	/	/	/	/ /

8.3 Priloga 3 – Kalkulator gradbene fizike – prikaz kazalnikov sedanjega stanja

EnergyHouseAID
Podporno orodje presoje investicij trajnostne rabe energije

CentraLab
Central European Living Lab
for Territorial Innovation

Podatki o objektu

Oblika objekta: oblika L
Tip objekta: Prtličje + Prvo nadstropje

Izračunani podatki

Površina ovoja stavbe: 1 035 m²
Površina oken: 183 m²
Površina stropa na podstrešju: 1 913 m²
Površina ogrevanih tal: 1 913 m²
Površina ogrevanih prostorov: 3 825 m²
Volumen stavbe: 9 563 m³

Prikaz porabe pred ukrepi

Poraba energije pred ukrepi: 490 855 kWh
Poraba kurilnega olja: 48 696 l kurilnega olja
Letna poraba energije na kvadratni meter: 128 kWh/m²

Ukrepi za zmanjšanje porabe

Izolacija na fasadi: 1 cm, λ (fasada): 0.045 W/mK
Temperaturna prehodnost oken: 1.10 W/m²K
Izolacija na podstrešju: 5 cm, λ (podstrešje): 0.045 W/mK

Izračunane vrednosti po izvedenih ukrepih

Poraba energije po izvedenih ukrepih: 372 520 kWh
Poraba kurilnega olja: 36 956.38 l
Poraba na kvadratni meter: 97 kWh/m²


Dosegli ste 97 kWh/m² in spadate v energijski razred D


Energetski razred


Spadate v energetski razred **D**:

A	B	C	D	E	F	G
Od 0 do 15 kWh	Od 16 do 35 kWh	Od 36 do 60 kWh	Od 61 do 105 kWh	Od 106 do 150 kWh	Od 151 do 210 kWh	Od 211 do 300 kWh+

PDF dokument kreiran dne 03. 04. 2018

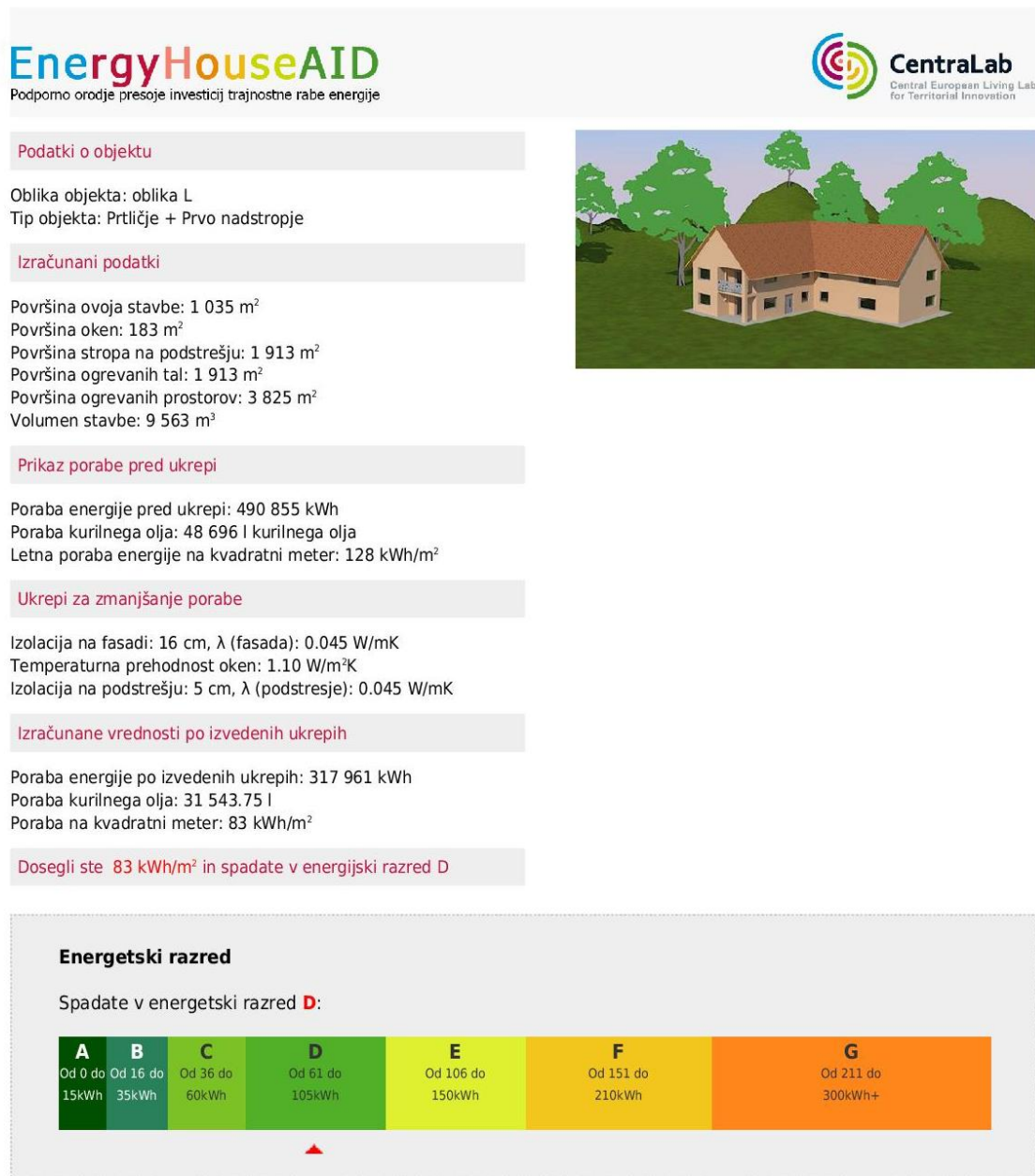
 **EUROPEAN UNION**
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND

 **CENTRAL EUROPE**
COOPERATING FOR SUCCESS

 **Ozavod Living Lab**
Inovativna Energetika - Živi Laboratorij

Projekt se izvaja v okviru programa Srednja Evropa, ki ga sofinancira ESRR

8.4 Priloga 4 – Kalkulator gradbene fizike – prikaz kazalnikov po morebitni zamenjavi toplotnega ovoja



PDF dokument kreiran dne 03. 04. 2018



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND



Ozavod
Central European Living Lab
Inovativna Energetika in Laboratorij

Projekt se izvaja v okviru
programa Srednja Evropa,
ki ga sofinancira ESRR

9 VIRI

1. Dovč, F. 2011. Učinkovita raba energije in obnovljivi viri energije (URE in OVE). Društvo DOVES, Portorož.
2. Beznec, P., Cedilnik, B., Černilec, B., Gulič, T., Lorger, J., Vončina, D. 2013. Moja prva fizika 2, učbenik za 9. razred osnovne šole, Modrijan, Ljubljana.
3. Božič, P., Fendre, C. 2011. Energetske in okoljske perspektive, Zavod IRC, Ljubljana
4. <http://www.terming.si/termografija-ali-termovizija-.html>, 5. 11. 2017
5. Študija energetske učinkovitosti stavb v Pomurju, 2007. Lokalna energetska agencija za Pomurje, Martjanci.
6. http://www.3me.rs/prodajni_program/termovizija/termovizija.html, 16. 12. 2017
7. Ravnikar, I. 1997. Električne inštalacije, Tehnična založba Slovenije, Ljubljana.
8. <https://www.zavas.si/4195/popolna-zascita-oci-zascitna.html>, 28.12.2017
9. Neumüller, S., 1996. Svetlobni viri in predstikalne naprave, GRAFOPLAST, TEAM, Zagreb.
10. http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv_aure/v15-eizkaznica.pdf, 9. 12. 2017.
11. Drevenšek, T., 2016. Meritev osvetljenosti v šolskih prostorih, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko.
12. <http://energetskaizkaznica.si/podrobnosti-o-izkaznici/>, 9. 12. 2017
13. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso, 16. 12. 2017
14. <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/temperaturni-primanjkljaj>, 31. 3. 2018
15. http://www.meteo.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_variable/cooling-heating-degree-days.txt, 31. 3. 2018
16. <http://nep.vitra.si/?nid=330>, 2. 4. 2018