INŽENIRING, ENERGETIKA IN NADZOR GRADNJE
Matjaž Filipčič s.p.
Šmarje pri Sežani 72
6210 Sežana

RAZŠIRJEN ENERGETSKI PREGLED

Osnovna šola Milojke Štrukelj
Nova Gorica

Nova Gorica, september 2017

Naziv:	Razširjen energetski pregled Osnovna šola Milojke Štrukelj Delpinova ulica 7 5000 Nova Gorica
Naročnik:	**GORIŠKA LOKALNA ENERGETSKA** **AGENCIJA – GOLEA, Nova Gorica** Trg Edvarda Kardelja 1 5000 Nova Gorica
Izvajalec:	**INŽENIRING, ENERGETIKA IN NADZOR GRADNJE,** **Matjaž Filipčič s.p.** Šmarje pri Sežani 72 6210 Sežana E: matjaz@filipcic.si G: +386 41 558 125
Izdelali:	Matjaž Filipčič, univ. dipl. inž. grad. Aleksander Gorjup, mag. inž. stavb.
Odgovorna oseba izvajalca:	Matjaž Filipčič, univ. dipl. inž. grad.
Kraj in datum izdelave:	Nova Gorica, september 2017

Kazalo

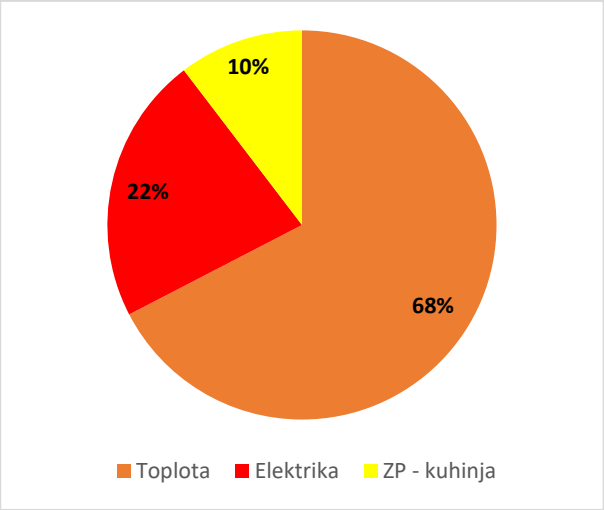
I Povzetek za poslovno odločanje 7
1 Povzetek ukrepov 8
1.1 Pregled ukrepov s prikazom prihrankov in prioritet 8
1.2 Napotki za izvedbo ukrepov 8
II Splošni del 9
2 Namen in cilji energetskega pregleda 9
3 Uvod 9
3.1 Opis dejavnosti organizacije 9
3.2 Prostorska razporeditev stavb z označeno namembnostjo glavnih stavb 10
3.3 Skupna raba energije in stroški 12
3.4 Stanje toplotnega ugodja 15
4 Shema upravljanja s stavbo 17
4.1 Organiziranost in interes udeležencev v upravljanju z energijo 17
4.2 Shema denarnih tokov in procesa odločanja na področju investiranja URE 17
4.3 Potek nadzora nad rabo energije in stroški 18
4.4 Motivacija za URE pri vseh udeležencih 18
4.5 Raven promoviranja URE 18
5 Oskrba in raba energije 19
5.1 Cene energetskih virov 19
6 Pregled naprav za pretvorbo energije 26
6.1 Ogrevalni sistem 26
6.2 Sistem za oskrbo s sanitarno vodo 27
6.3 Ohlajevanje objekta 28
6.4 Prezračevanje objekta 28
7 Pregled rabe končne energije 29
7.1 Ovoj stavbe 29
7.2 Električni aparati in oprema 35
7.3 Razsvetljava 35
III Analiza možnosti znižanja energije 36
8 Analiza energetskih tokov v stavbi 36

8.1 Potrebna toplota za ogrevanje stavbe 36
8.2 Transmisijske izgube 36
8.3 Izgube zaradi prezračevanja 37
8.4 Toplotni pritoki 38
9 Ocena energetsko varčevalnih potencialov 39
9.1 Ovoj stavbe 39
9.2 Ogrevanje 41
9.3 Prezračevanje in klimatizacija 41
9.4 Priprava tople sanitarne vode (TSV) 42
9.5 Razsvetljava 42
IV Predlogi in analiza ukrepov za učinkovito rabo energije 43
10 Organizacijski ukrepi 43
10.1 Ozaveščanje 43
10.2 Izobraževanje 43
10.3 Informiranje 43
11 Ocena izvedljivosti ukrepov za učinkovito rabo energije 44
11.1 Izračun možnih prihrankov energije in investicijska sredstva 44
11.2 Potreben čas za vračilo investiranih sredstev 47
11.3 Presoja izvedenih ukrepov iz vidika ekologije in bivalnega udobja 48
V Viri in literatura 49
VI Priloge – izračun gradbene fizike 50

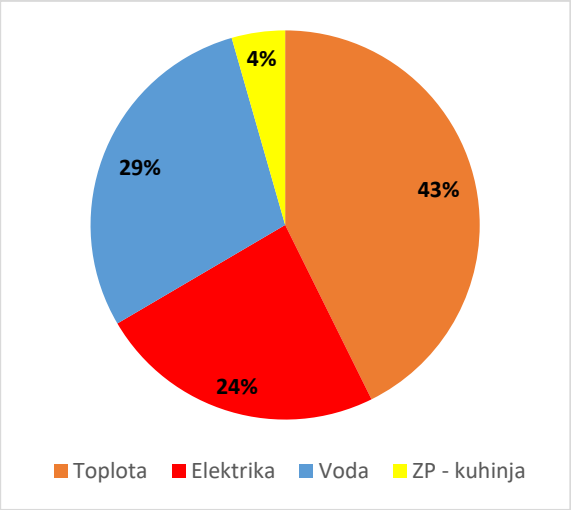
I Povzetek za poslovno odločanje

Osnovna Šola Milojke Štrukelj se nahaja v središču Nove Gorice, ob Delpinovi Ulici. Delo in bivanje v objektu je zagotovljeno z oskrbo toplote, električne energije, zemeljskega plina in vode.

Struktura rabe končne energije v stavbi je prikazana v spodnjem grafu. Dobavljeni energenti so: daljinska toplota iz centralne kurilnice (toplovod), električna energija in zemeljski plin, ki je namenjen za delovanje kuhinje. Iz grafa je razvidno, da poraba toplote predstavlja večinski delež porabljene energije na stavbi. Razdelitev stroškov za delovanje stavbe je razvidna iz grafa 2. Nekaj manj kot polovica stroškov je namenjenih toploti, voda in elektrika sta razdeljena v približno enakem deležu, manjši delež pa predstavlja dobavljeni zemeljski plin. Od vse dobavljene toplote je približno šestina namenjena pripravi tople sanitarne vode, ki se uporablja samo v kuhinji.



Graf 1: Deleži porabljene končne energije v stavbi



Graf 2: Stroškovna razporeditev energentov

Ocenjuje se, da je možno z implementacijo organizacijskih in investicijskih ukrepov doseči znaten prihranek sredstev za energente. Z organizacijskimi ukrepi je možno prihraniti do 10% končne energije v stavbi oz. **41.500 kWh** ter **1.000 m^3 vode** kar pomeni do **8.000** EUR na leto.

Z izvedbo investicijskih ukrepov pa bi lahko privarčevali od 50 – 55% končne energije oziroma do **215.000 kWh**, kar pomeni do **25.000 EUR** na leto.

1 Povzetek ukrepov

1.1 Pregled ukrepov s prikazom prihrankov in prioritet

V tabeli so prikazani glavni investicijski ukrepi z oceno možnih prihrankov, s katerimi bi stavbo kot celoto ustrezno energetsko sanirali do te mere, da bi zagotovili ustreznost glavnih parametrov zahtevanih po PURES-u, zagotovili bistveno izboljšanje bivalnih in delovnih pogojev v objektu ter zmanjšali stroške za dobavljeno energijo.

Tabela 1: Pregled predlaganih ukrepov

Investicijski ukrepi					
Opis ukrepa	Možni prihranki		Ocena investicije	Enostavna vračilna doba	Prioriteta
	kWh/leto	€	€	let	
Ovoj: TI fasade, dodatna TI streh in zamenjava stavbnega pohištva	153.700	16.600 €	750.000 €	45	1
Sistem ogrevanja: novi razvodi, hidravlično uravnoteženje, novi radiatorji z ustrezno regulacijo	27.060	2.900 €	80.000 €	28	1
Vgradnja prezračevalnega sistema z rekuperacijo toplote	52.480	4.200 €	140.000 €	33	2
Zamenjava razsvetljave	33.930	6.200 €	130.000 €	21	3
Skupaj / Povprečna vračilna doba	**214.790**	**24.400 €**	**1.100.000 €**	**45**	

Poleg navedenih investicijskih ukrepov je potrebno sočasno izvajati tudi organizacijske ukrepe. Ocenjuje se, da lahko z organizacijskimi ukrepi prihranimo do 10% končne energije na stavbi.

1.2 Napotki za izvedbo ukrepov

Izvajanje organizacijskih ukrepov je možno pričeti izvajati takoj, kar pa je odvisno predvsem od vodstva organizacije. Priporočljivo je, da se za namen zagotavljanja implementacije ukrepov določi odgovorno osebo v organizaciji. V primeru, da take osebe ni, se lahko organizacija odloči za najem specializirane organizacije na tem področju.

Investicijski ukrepi so povezani z visokimi stroški, zato je potrebno le-te skrbno načrtovati. Pred izvedbo posameznega ukrepa se je potrebno posvetovati s strokovnjaki s področja učinkovite rabe energije in financ ter izdelati ustrezne projekte za izvedbo del.

II Splošni del

2 Namen in cilji energetskega pregleda

Mestna občina Nova Gorica (MONG) sodeluje v okviru projekta tehnične pomoči, ki jo zanjo izvaja GOLEA iz Nove Gorice z namenom pridobivanja sredstev za energetske sanacije objektov. Cilj energetskega pregleda je ugotoviti trenutno stanje energetske učinkovitosti stavb in opredeliti tehnične zmožnosti in potrebne investicije za izboljšanje energetske učinkovitosti in zmanjšanje stroškov oskrbe z energijo ter izboljšanje bivalnega ugodja.

V letu 2014 je bil sprejet posodobljen energetski zakon EZ-1, ki spodbuja uvajanje energetskih pregledov stavb in industrijskih obratov. Energetski zakon povzema in dopolnjuje določila iz evropske direktive o energetski učinkovitosti stavb EPBD (energy performance of buildings directive) iz leta 2008. Omenjena direktiva je bila sprejeta z namenom spodbujanja energetske učinkovitosti stavb in s ciljem, da se na evropskem nivoju doseže znižanje energije za 20%, znižanje emisij CO_2 za 20% in povečanje obnovljivih virov energije za 20%.

Stavbe in gradbeništvo porabijo približno 30% vse končne energije. Ostale dele predstavljata promet in industrija. Investicije v energetsko učinkovitost stavb so razmeroma visoke in morajo biti zato skrbno načrtovane. Hitri in nepremišljeni ukrepi lahko vodijo v neracionalne in stroškovno neoptimalne izvedbe. Stavbo je potrebno obravnavati kot celoten sklop njenega ovoja, vgrajenih sistemov in zunanjega okolja. Samo tako lahko določimo prioritetni seznam stroškovno učinkovitih ukrepov.

Namen energetskega pregleda pregledati trenutno stanje in predlagati ustrezne ukrepe za izboljšanje obstoječe energetske učinkovitosti stavbe. Končni cilj pa je znižanje stroškov za energijo ob hkratnem izboljšanju bivalnega ugodja. Pri tem se sistematično sledi metodologiji izvedbe energetskega pregleda (MOP 2007). Analizirati je potrebno vse dobave energentov in pitne vode, opraviti pregled stavbe in njenih sistemov ter analizirati možne ukrepe za povečanje energetske učinkovitosti stavbe. V zaključku se predstavi stroškovno učinkovite ukrepe, ki vodijo do znižanja stroškov za energente in služijo kot pomoč za prihodnja investicijska dela na objektu.

3 Uvod

3.1 Opis dejavnosti organizacije

Osnovna šola Milojke Štrukelj s svojo vzgojno, izobraževalno, raziskovalno in razvojno dejavnostjo uresničuje in zagotavlja potrebe po osnovnošolskem izobraževanju na območju Nove Gorice, za katerega je ustanovljena. V sestavi Osnovne šole Milojke Štrukelj deluje še podružnična šola Ledine, kjer se izvaja pouk 1. triletja. V tem energetskem pregledu je obravnavan objekt matične šole, skupaj z upravnim delom in kuhinjo.

Kot je razbrati iz letnega delovnega načrta vrtca za 2017-2018, matični objekt osnovne šole v šolskem letu 2017/2018 obiskuje 496 učencev od 4. do 9. razreda.

V spodnji tabeli so prikazani osnovni podatki o javnem zavodu in objektu:

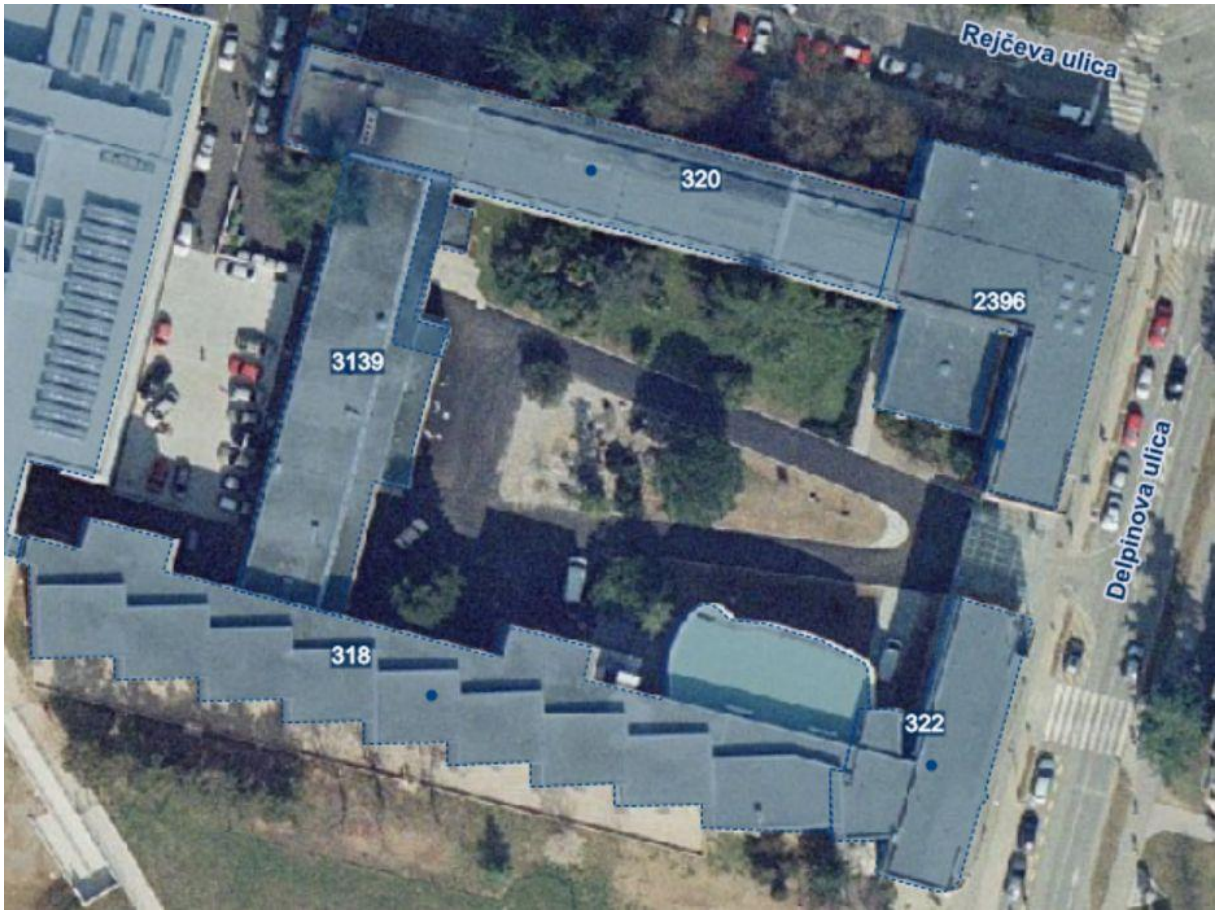
Tabela 2: Osnovni podatki o objektu

Ime podjetja	Osnovna šola Milojke Štrukelj Nova Gorica
Naslov	Delpinova 7, 5000 Nova Gorica
Matična št.	5089352000
ID za DDV	SI 96298197
Glavna dejavnost	P85.200 - Osnovnošolsko izobraževanje
Odgovorna oseba	Janez Kobe, ravnatelj
Telefon	05 335 81 00
Fax	05 335 81 01
E-pošta	o-ms.ng@guest.arnes.si
Spletna stran	http://www.osms.si
Delovni čas	Pon – pet: 6:00-17:00
Število zaposlenih	48
Število učencev	496
ID številke objekta	318, 3139-1, 322-11
Parcelne številke	657/36, 657/55, 657/54, 657/36, 657/25
K. O.	2304 Nova Gorica
Klasifikacija objekta	1263001 šola, vrtec
Neto tlorisna površina	3.977 m^2
Površina učilnic	2.135 m^2
Površina zemljišča	3.467 m^2
Površina zemljišča pod stavbo	2.164 m^2
Lastnik stavbe	MESTNA OBČINA NOVA GORICA, Trg Edvarda Kardelja 1, 5000 Nova Gorica
Upravljavec stavbe	MESTNA OBČINA NOVA GORICA, Trg Edvarda Kardelja 1, 5000 Nova Gorica

3.2 Prostorska razporeditev stavb z označeno namembnostjo glavnih stavb

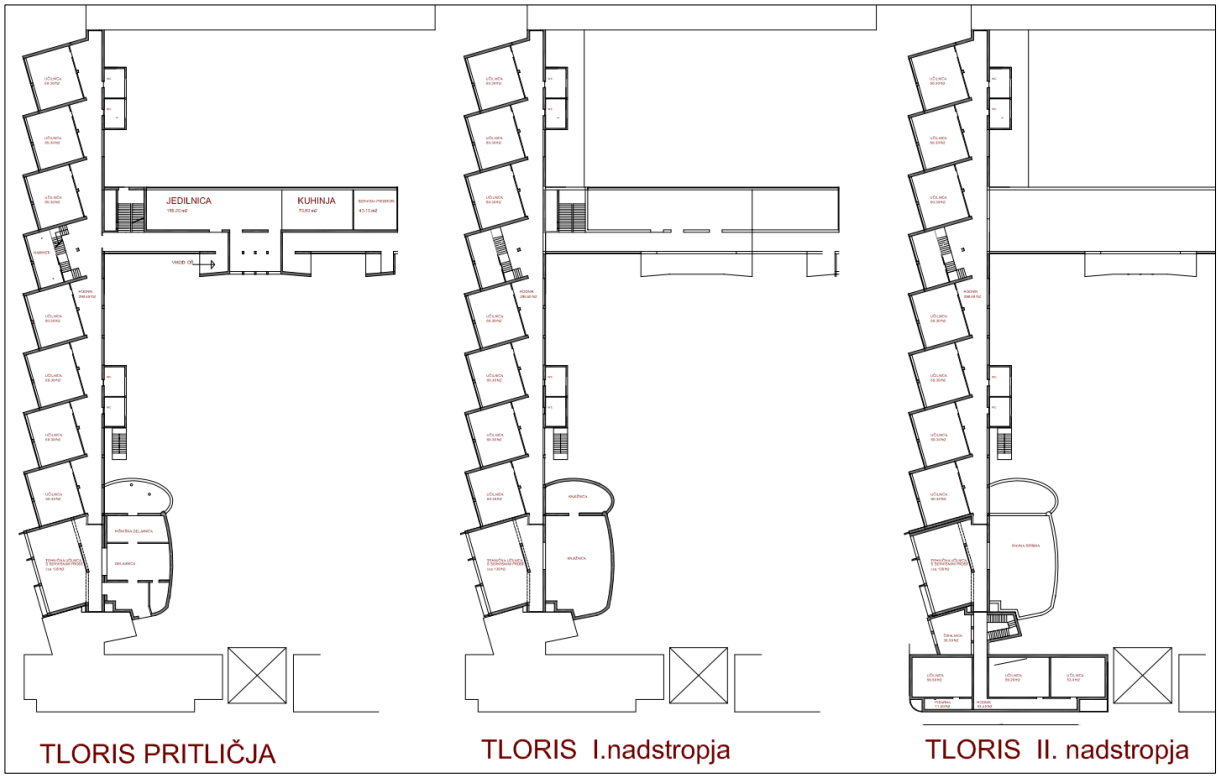
Obravnavani objekt osnovne šole se nahaja v sklopu šolskega centra na Delpinovi ulice v centru Nove Gorice, objekt si deli dvorišče še z objektom v katerem je gimnazija, na zadnji, zahodni strani, pa se nahaja še športni večnamenski objekt. Osnovno šolo sestavljajo trije objekti, in sicer glavna stavba s št. 318, vezni del s št. 3139 ter del prizidka stavbe 322. Glavna stavba je etažnosti P+2N, v njej je glavnina učilnic ter pomožni prostori za vzdrževalce. Vezni trakt je etažnosti P+N, v njem je v pritličju kuhinja z jedilnico, v nadstropju pa so upravni prostori. Prostori šole so še v prizidku ob vhodu (št. 322), tu šoli pripada samo drugo nadstropje, v katerem so tri učilnice in kabinet.

Na sliki 1 so prikazani objekti kompleksa iz ortofoto posnetka z razvidnimi številkami iz katastra stavb, na sliki 2 pa je slika objekta upravnega objekta iz strani glavnega vhoda. Prikazani so še tlorisi pritličja in dveh nadstropij (slika 3).



Slika 1: Ortofoto posnetek

Slika 2: Vhodni del



Slika 3: Tlorisi objekta

3.3 Skupna raba energije in stroški

Raba energije in energentov je bila analizirana za obdobje treh preteklih let, od leta 2014 do vključno 2016. Obravnavane so bile porabe energentov, ki so namenjeni za delovanje stavbe, za ogrevanje, za delovanje kuhinje in pitna voda. Analiza je bila opravljena na podlagi izpisa iz programa, s katerim se izvaja energetsko knjigovodstvo in je bil pridobljen iz strani agencije GOLEA.

Objekt za delovanje uporablja daljinsko toploto, elektriko, zemeljski plin ter pitno vodo. Dobavitelji energentov so javna in zasebna podjetja, kot je razvidno iz tabele 3.

Tabela 3: Seznam dobaviteljev energentov

Energent, vir	Dobavitelj
Toplota	JAVNO PODJETJE KENOG d.o.o.
Elektrika	E3, d.o.o. Energija plus d.o o.
Voda	VODOVODI IN KANALIZACIJA NOVA GORICA d.d.
Zemeljski plin	ADRIAPLIN d.o.o.

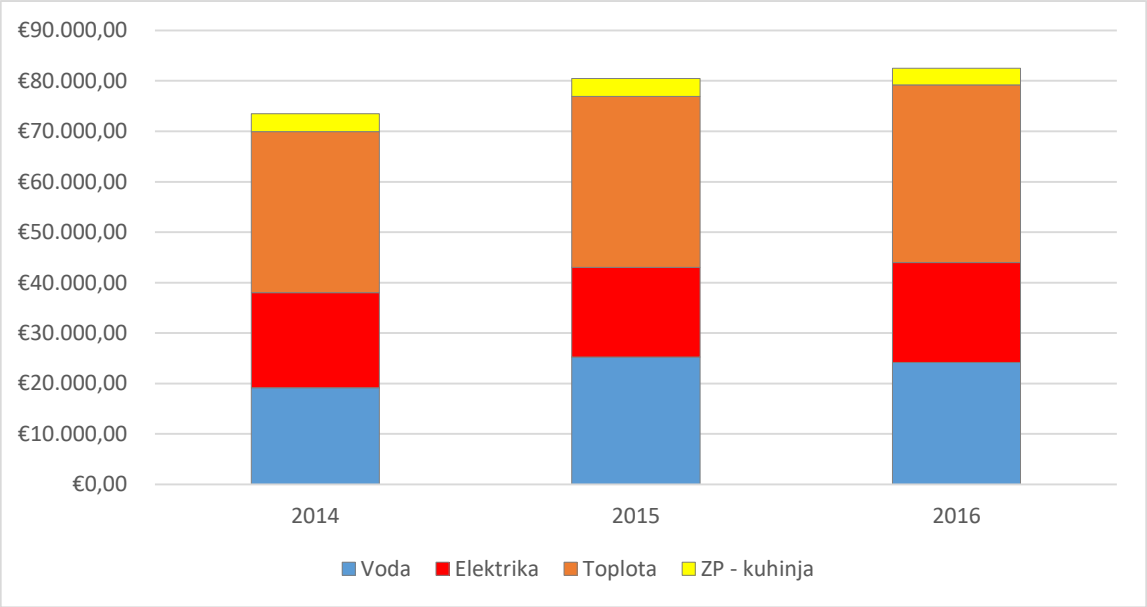
V tabeli 4 so zbrani podatki o porabi energentov in virov med letoma 2014 in 2016.

Tabela 4: Pregled dobavljenih energentov po posameznih letih

	Toplota		***Elektrika***		***Zem. plin (ZP) - kuhinja***			***Voda***		***Skupaj***
	kWh	*€*	*kWh*	*€*	*Sm^3*	*kWh*	*€*	*m^3*	*€*	*€*
2014	286.860	31.886 €	103.409	18.875 €	4.965	47.019	3.555 €	8.863	19.158 €	73.474 €
2015	304.450	33.875 €	100.773	17.782 €	5.399	51.129	3.586 €	11.114	25.253 €	80.496 €
2016	348.670	35.181 €	105.809	19.796 €	4.913	46.526	3.345 €	10.469	24.212 €	82.533 €
Skupaj	**939.980**	**100.942 €**	**309.991**	**56.453 €**	**15.277**	**144.673**	**10.486 €**	**30.446**	**68.623 €**	**236.503 €**
Povpr.	313.327	33.647 €	103.330	18.818 €	5.092	48.224	3.495 €	10.149	22.874 €	78.834 €

Iz gornje tabele je razvidno, da so stroški elektrike in plina sorazmerno konstantni, večja nihanja pa so pri porabi in stroških toplote ter vode.

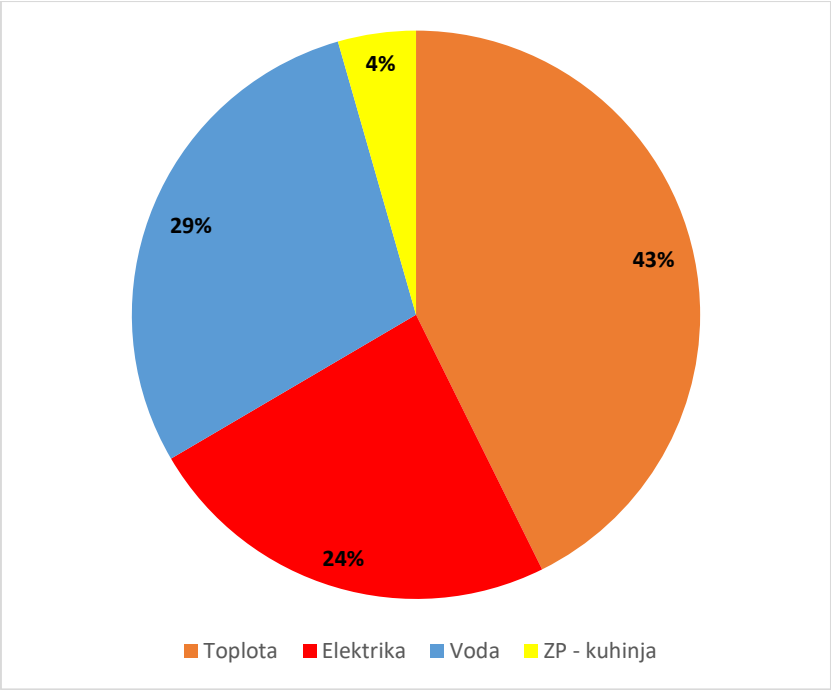
Nazornejši prikaz stroškov je razviden iz spodnjega grafa.



Graf 3: Strošek energentov po posameznih letih

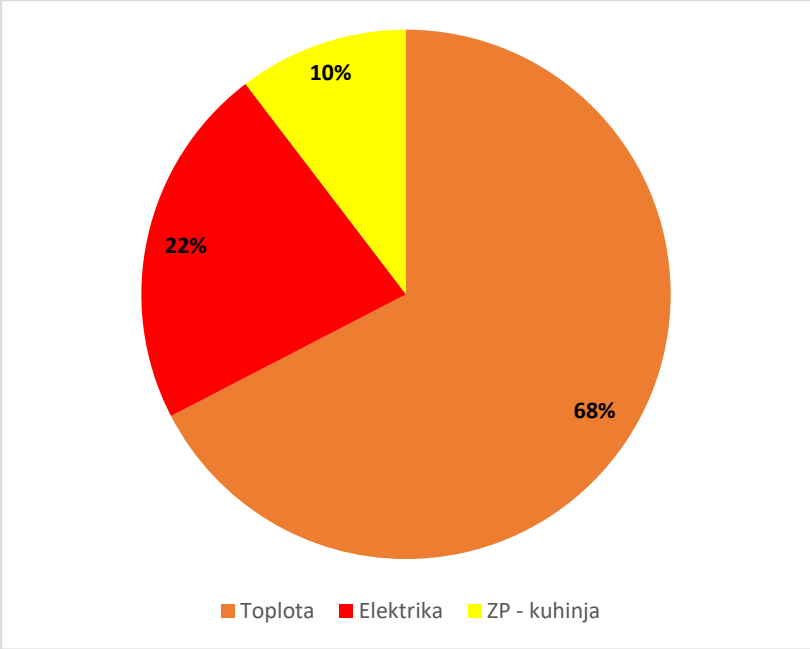
Stroški dobavljene energije, upoštevaje DDV, v povprečju znašajo okrog 80.000 € na leto, gibljejo pa se med 73.000 in 83.000 €.

Če pobliže pogledamo stroškovno razporeditev med posameznimi energenti (graf 2), lahko vidimo, da nekaj manj kot polovični delež stroška predstavlja dobavljena toplota. Del te toplote, po tabeli porabe je to 10 – 15%, se porabi za pripravo tople sanitarne vode (TSV), praktično samo za potrebe kuhinje. Stroška za vodo in dobavljeno električno energijo predstavljata dobro polovico preostalih stroškov energentov, v približno enakem deležu. Zemeljski plin predstavlja manjši delež celotne dobavljene toplote, strošek zanj je pa vsa leta sorazmerno konstanten.



Graf 2: Stroškovna razporeditev energentov

Za ogrevanje in delovanje stavbe se uporabljata daljinska toplota in električna energija. Delež posameznih energentov je prikazan na grafu 4. Iz prikazanega je razvidno, da večinski delež energije predstavlja dobavljena daljinska toplota.



Graf 4: Delež energentov za ogrevanje in delovanje stavbe

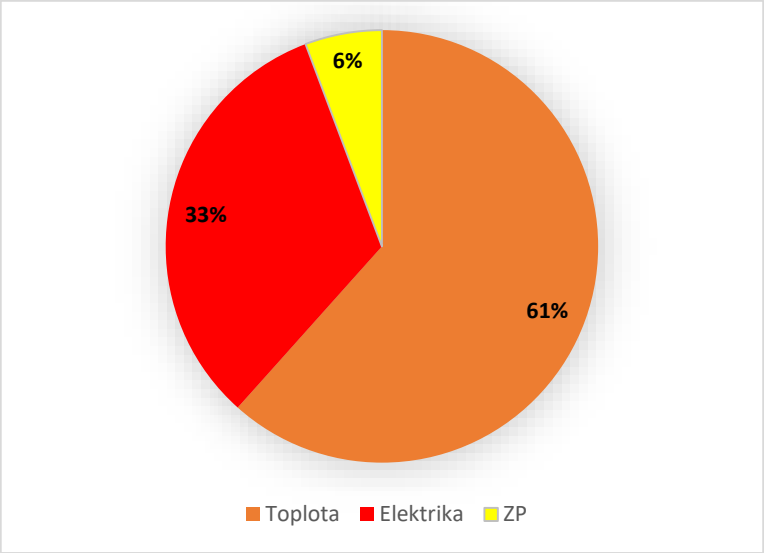
Glede na predstavljene podatke energijsko število za ogrevanje objekta znaša **79 kWh/m²** na leto, kar predstavlja slabšo vrednost glede na primerljive objekte in predstavlja velik potencial za doseganje prihrankov. Energijsko število za električno energijo znaša **26 kWh/m²** na leto, kar je primerljivo s podobnimi objekti. Skupno energijsko število za delovanje objekta pa znaša **105 kWh/m²**.

Delovanje in ogrevanje stavbe ima tudi neposredne posledice na okolje in atmosfero. S porabo fosilnih goriv in elektrike se sprošča toplogredni plin CO_2. Pri proizvodnji daljinske toplote se CO_2 proizvaja na mestu porabe – v kurilnici. Pri porabi električne energije se CO_2 proizvaja v elektrarni. Pri zgorevanju zemeljskega plina (za pripravo hrane) pa nastaja CO_2 znotraj obravnavanega objekta.

V tabeli 5 so prikazane emisije CO_2 po posameznih energentih. Skoraj dve tretjini vseh emisij CO_2 je posledica uporabe daljinske toplote, slaba tretjina predstavljajo emisije, ki nastajajo pri proizvodnji elektrike, manjši delež pa predstavlja zgorevanje zemeljskega plina v objektu.

Tabela 5: Emisije CO_2 po posameznih energentih

	Daljinska toplota	Elektrika	ZP
Povprečna poraba (kWh)	313.327	103.330	48.224
CO_2 (kg/kWh)	0,330	0,530	0,200
CO_2 (kg)	**103.398**	**54.765**	**9.645**



Graf 5: Delež emisij CO_2 po posameznih energentih

Iz prikazanega v tabeli 5 in grafu 5 sledi, da je potrebno za zmanjšanje emisij zmanjšati porabo obeh glavnih virov energije oziroma uvesti na stavbi ustrezen delež obnovljivih virov energije, ki pomenijo zmanjšanje emisij CO_2.

3.4 Stanje toplotnega ugodja

Toplotno ugodje je eden od ključnih ciljev vsake analize energetske učinkovitosti stavbe v kateri se zadržujejo ljudje. Uporabniki stavbe, ki se v stavbi dobro počutijo, izkazujejo višjo produktivnost in zadovoljstvo. Ključnega pomena je torej poznati in oceniti parametre, ki vplivajo na človekovo toplotno ugodje in občutenje le-tega. Pri tem je potrebno poudariti, da mejne vrednosti parametrov ne zajamejo celotne populacije, ampak upoštevajo povprečje.

Bivalno ugodje je po definiciji občutek, kako se človek počuti v prostoru. Počutje je odvisno od mnogih dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši higienski pogoji, občutenje toplote,

hrupa in svetlobe. Človekovo telo z okolico izmenjuje toploto, pri čemer se trudi ohranjati konstanto temperaturo telesa. Izmenjava toplote z okolico poteka s transmisijskimi, konvekcijskimi in sevalnimi energijskimi tokovi, podobno kot pri drugih telesih. Na te tokove pa neposredno vplivajo temperatura v prostoru, gibanje zraka (prepih), izmenjava zraka in vlažnost zraka. Občutenje teh parametrov je odvisno od mnogih dejavnikov, zato je občutenje bivalnega ugodja različno za vsakega uporabnika stavbe.

V literaturi in standardih je možno zaslediti, da se optimalna temperatura zraka giblje med 20°C in 26°C in relativna vlažnost zraka med 30% in 70%. Prepih ali naravna ventilacija zraka vpliva na občutenje temperature v prostoru. Človekovo telo ga občuti kot neugodnega, saj znižuje zaznano temperaturo v prostoru. Izmenjava zraka vpliva na splošno človekovo občutje, saj premajhna količina zraka vpliva na njegovo utrujenost in storilnost. Higiensko minimalna izmenjava zraka je med $n=0,2^{-1}$. Normalno privzet parameter izmenjave zraka pa znaša $n=0,5^{-1}$.

Za namen tega energetskega pregleda se je bivalno ugodje ocenilo na osnovi informacij uporabnikov, pridobljenimi ob ogledih objekta, saj za objekt te vrste dajo še najhitrejše rezultate. Že hiter pregled stavbe kaže na velika nihanja parametrov bivalnega ugodja.

Toplotni tok skozi ovoj objekta je velik, zato prihaja do hitrega ohlajevanja in pregrevanja objekta. Kljub zadostni toplotni moči za ogrevanje učilnic in delovnih prostorov v zimskem času, pa je zaradi velikih transmisijskih izgub manjše toplotno ugodje, ki nastane zaradi povečane temperaturne razlike med površino konstrukcij proti zunanjosti in temperaturo zraka v prostoru. Zaradi tega prihaja do povečane konvekcije in sevanja, ki neugodno vpliva na počutje. Problem so tudi hodniki, ki z orientacijo proti severu nimajo dovolj grelnih teles za zadostno ogrevanje. Temperatura tu v zimskih mesecih včasih pade skoraj do 15°C.

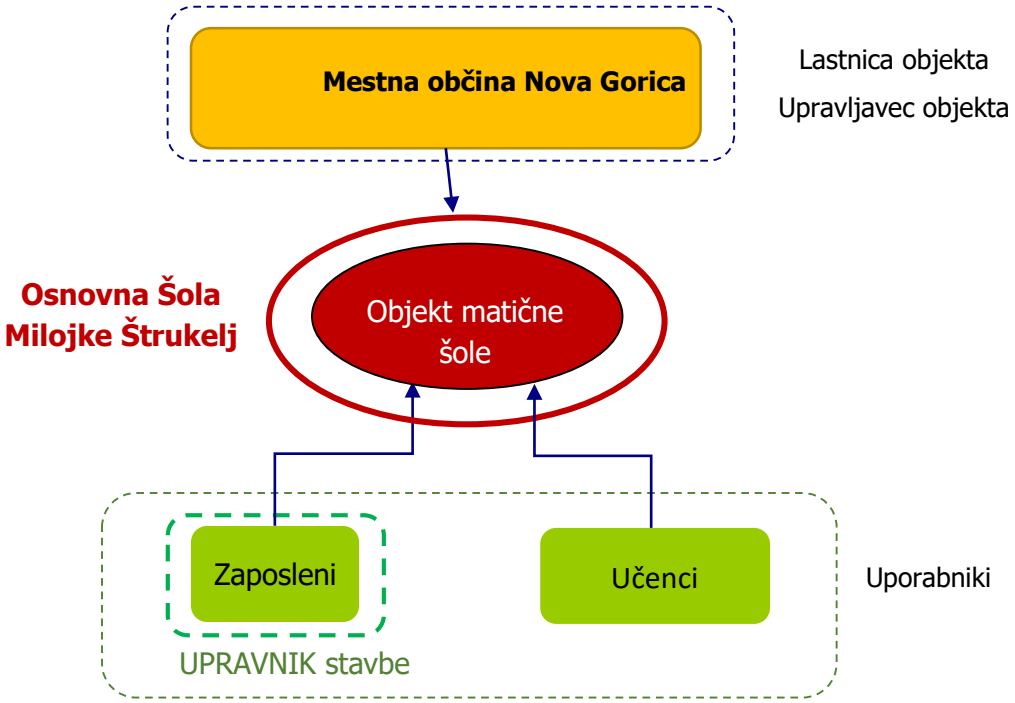
Še večji problem pa predstavlja pregrevanje objekta, ki se pojavlja v spomladansko-poletnem in zgodnje jesenskem času. Večina učilnic je orientirana proti jugu, z velikimi prosojnimi površinami. Kljub senčenju, se stanje ne bistveno ne izboljša. Zaradi dokaj velikih notranjih dobitkov in neustrezne toplotne izolacije je temperatura zraka naraste in bivalno ugodje se bistveno poslabša.

Pregrevanje je izrazito tudi v upravno-pisarniškem delu. Zaposleni so tu prisotni tudi precej časa v poletnih mesecih. Vgrajeni split sistemi morajo zaradi visokih temperaturnih razlik dovajati zelo hladen zrak pri visoki hitrosti, kar ima za posledico izrazito poslabšano stanje toplotnega ugodja.

4 Shema upravljanja s stavbo

4.1 Organiziranost in interes udeležencev v upravljanju z energijo

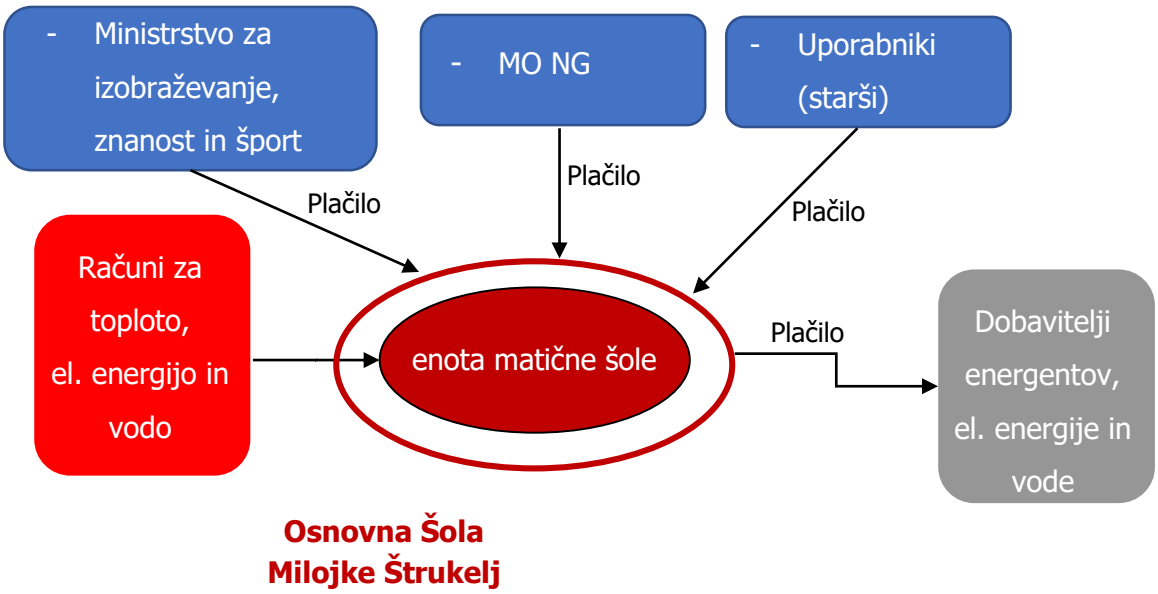
Ustanoviteljica vrtca, Mestna občina Nova Gorica, ki je tudi lastnica objekta, namerava izvesti energetsko sanacijo objekta, ki do sedaj še ni bil ustrezno energetsko saniran. V okviru sodelovanja z agencijo GOLEA je tako naročnik pregleda agencija, glavni interes po zmanjšanju rabe pa ima lastnik objekta in upravljavec. Interes pri upravljanju z energijo imajo tudi uporabniki, ki bi z ustrezno energetsko sanacijo pridobili boljše bivalne oziroma delovne pogoje in toplotno ugodje v objektu.



Slika 4: Shema upravljanja s stavbo

4.2 Shema denarnih tokov in procesa odločanja na področju investiranja URE

Delovanje objekta je financirano iz strani občine, sredstva za izvajanje programov financira Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport, manjši delež pa predstavljajo plačila stroškov iz strani uporabnikov vrtca (prihodki za obroke ipd.).



Slika 5: Shema denarnih tokov

4.3 Potek nadzora nad rabo energije in stroški

Za spremljanje porabe energije je uveden sistem energetskega knjigovodstva. V sistem se mesečno vnaša prejete račune za dobavljeno toploto, elektriko in vodo, dostop do podatkov pa ima vodstvo, občina in pogodbeni partner – agencija GOLEA.

Sistem omogoča dobro kontrolo nad stroški, pomanjkljivost pa je, da se vanj vnašajo ročno računi za dobavljene energente. Pomanjkljivost sistema je, da ne izračunava cene po enoti dobavljene energije. Tako pride lahko do zelo visokih cen posamezne količine, v primeru, da je majhna poraba. Sistem bi moral tudi omogočati beleženje prekomernih odstopanj porabe od povprečja, da bi se na ta način lahko pravočasno ukrepalo.

4.4 Motivacija za URE pri vseh udeležencih

Mestna občina Nova Gorica se zaveda pomena energetske učinkovitosti v javnih objektih in ima namen energetsko sanirati obravnavani objekt. Vodstvo zavoda je s svojimi podpornimi službami tudi pokazalo visoko stopnjo zanimanja za izvedbo energetske sanacije objekta. Potrebne podatke so posredovali zelo ažurno ter ob ogledu dali še ostale potrebne informacije, s čimer so izpostavili prioriteto glede URE. Z izvedenim energetskim pregledom so tako postavljena osnovna izhodišča za investiranje v ukrepe za povečanje energetske učinkovitosti stavbe.

4.5 Raven promoviranja URE

Pri zaposlenih in uporabnikih objekta je zaznati zanimanje za izvajanje učinkovite rabe energije, a je možnost za njeno implementacijo omejena s trenutno izvedbo objekta in njegovih sistemov. Promoviranje URE pa se ne izvaja, tako da je raven promoviranja odvisna od ozaveščenosti uporabnikov objekta. Ustrezno motivacijo lahko dosežemo z nadgradnjo obstoječega sistema.

5 Oskrba in raba energije

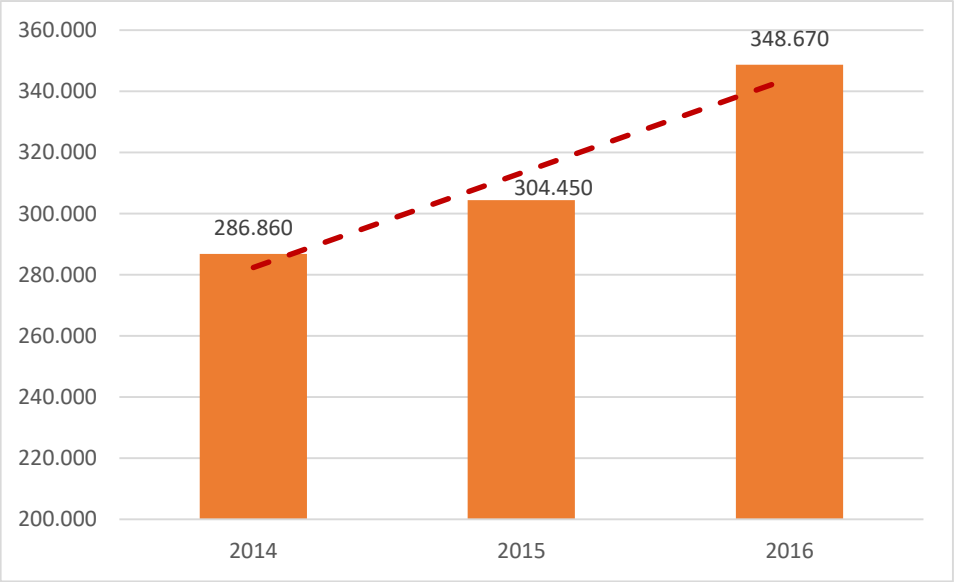
5.1 Cene energetskih virov

Kot je bilo že večkrat prikazano, so viri energije, ki se porabljajo za delovanje objekta: daljinska toplota, električna energija, zemeljski plin in pitna voda. Povprečen letni strošek za energente in pitno vodo znaša 78.800 €, zaokroženo na sto evrov. Cena posamezne enote energenta je sestavljena iz stroška za končno energijo, omrežnine, dajatev in davka na dodano vrednost. Razrez posameznih cen na enoto energenta je odvisen od posameznega dobavitelja ali distributerja.

5.1.1 Daljinska toplota

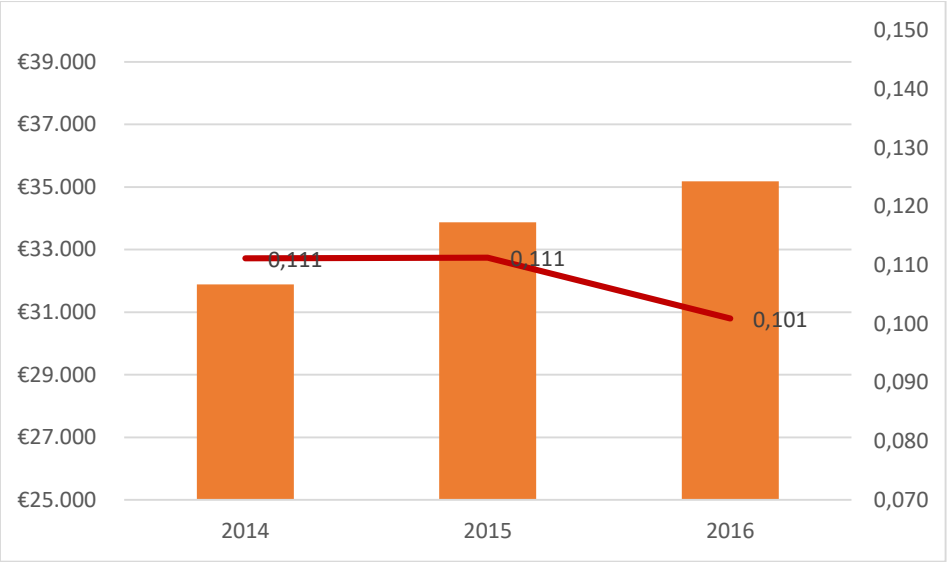
Objekt osnovne šole letno porabi v povprečju 313.300 kWh dobavljene toplote. Podatek o dobavljeni toploti in strošku je pridobljen na osnovi izpisa energetskega knjigovodstva. K izpisu je dodan še 22% DDV, skupaj z DDV je tako povprečni letni strošek dobavljene toplote 33.647 €.

V spodnjem grafu je prikazano gibanje porabe toplote med leti 2014 in 2016. Vidi se velik porast porabljene energije v letu 2015 in še večji v 2016.



Graf 6: Poraba in trend porabe za daljinsko toploto

Za natančnejši prikaz trenda rasti stroška daljinske toplote je potrebno natančneje analizirati ceno na enoto dobavljene količine, kar prikazuje spodnji graf.



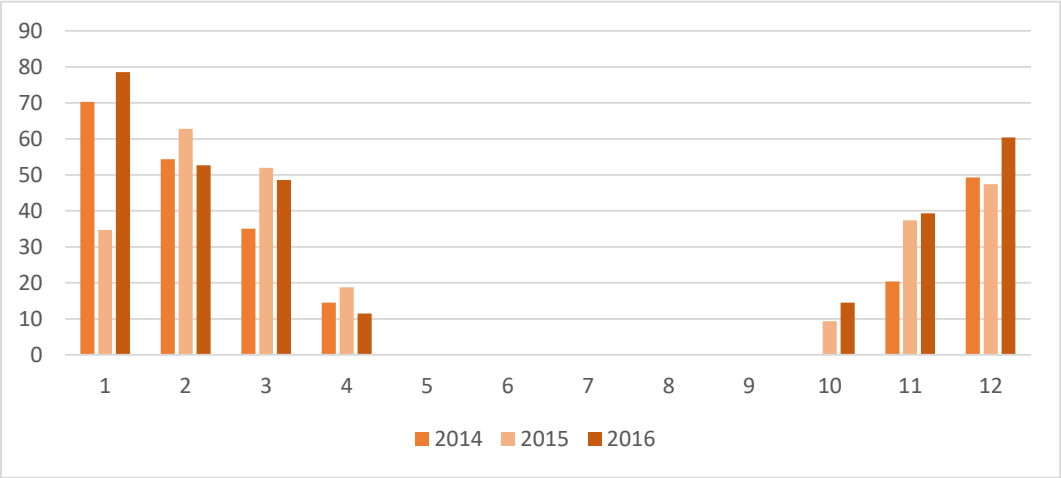
Graf 7: Stroški in cene za daljinsko toploto

Prikazan je strošek dobavljene toplote ter cena na enoto. Zaradi korekcije enotne cene navzdol v letu 2016 za približno 10% je kljub povečani porabi skupni strošek dobavljenega energenta znižan. Neglede na to, je pričakovati še nihanja cene, zato se priporoča čim prej energetsko sanirati objekt s ciljem zmanjšanje končne rabe energije.

V nadaljevanju pa je prikazana bolj razčlenjena struktura rabe toplote za namen ogrevanja objekta in pripravo TSV.

Tabela 6: Prikaz dobavljene toplote glede na namen uporabe

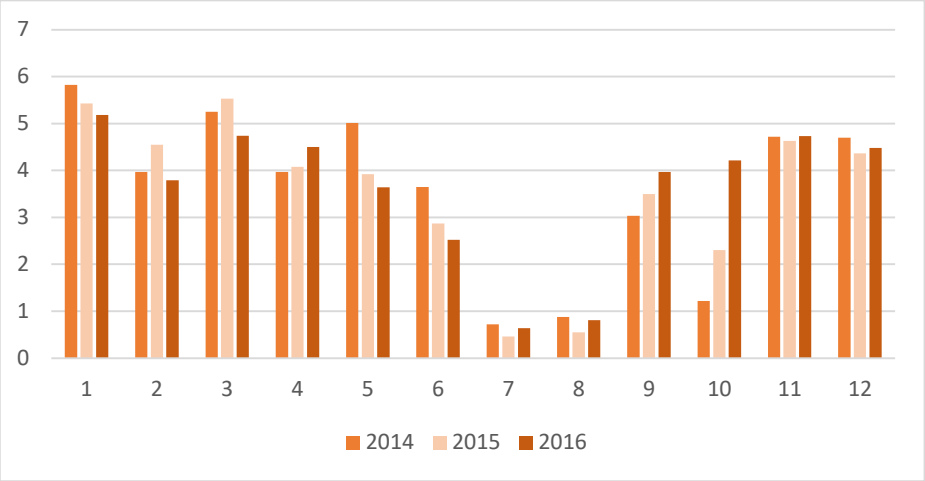
	Toplota - ogrevanje		Toplota - TSV		Skupaj
	kWh	€	kWh	€	€
2014	243.920	26.899 €	42.940	4.987 €	31.886 €
2015	262.270	29.462 €	42.180	4.413 €	33.875 €
2016	305.460	30.889 €	43.210	4.292 €	35.181 €
Skupaj	**811.650**	**87.250 €**	**128.330**	**13.692 €**	**100.942 €**
Povprečje	270.550	29.083 €	42.777	4.564 €	33.647 €



Graf 8: Dovedena daljinska toplota za namen ogrevanja objekta [MWh]

Iz prikazanega grafa so razvidne količine, predvsem pa obdobja, v katerih je potrebna daljinska toplota za ogrevanje objekta. Graf je predvidljiv v smislu obdobja potrebnega za ogrevanje, kaže pa precejšnja odstopanja v med količinami istega meseca v različnih letih.

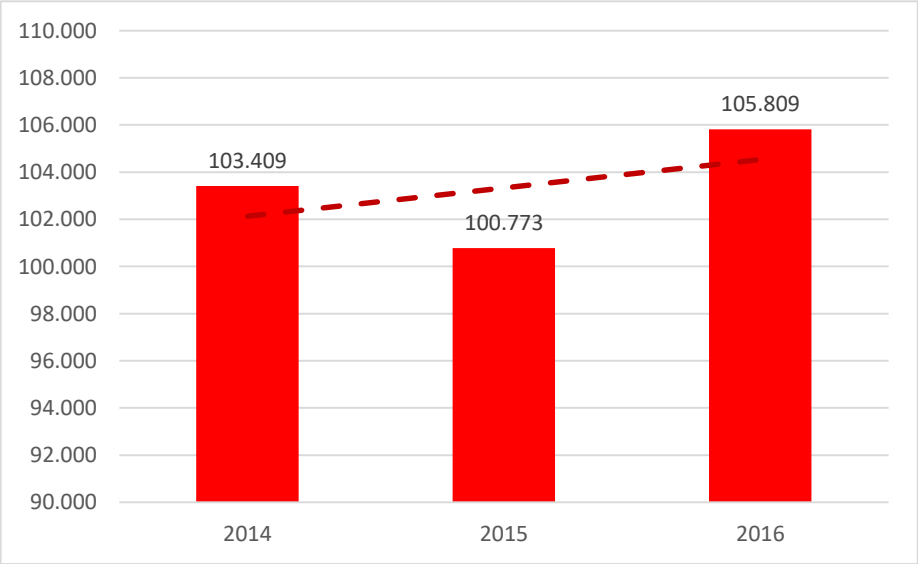
Graf dovedene toplote za sanitarno vodo, če izvzamemo nekatera večja mesečna odstopanja, kaže bolj enakomerno porabo oziroma potrebo po dovedeli toploti. Pri porabi v poletnih mesecih kaže razumljivo bistveno zmanjšanje porabe.



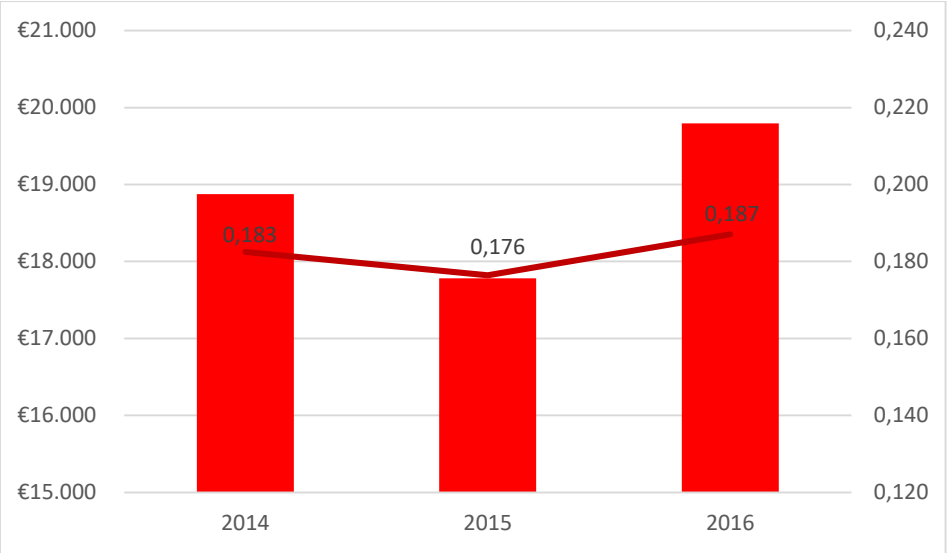
Graf 9: Dovedena daljinska toplota za namen priprave tople sanitarne vode [MWh]

5.1.2 Električna energija

Objekt za svoje delovanje porabi letno v povprečju 103.330 kWh električne energije. Obračunavanje električne energije se vrši z dvotarifnim merjenjem električne energije, in sicer na treh odjemnih mestih: 7-1833 ŠOLA, 7-1835 ŠOLSKA KUHINJA in 7-1794 TOPLOTNA ČRPALKA. V glavni tabeli in diagramih je prikazana samo skupno porabljene električna energija, podrobneje je porabljene elektrika prikazana v nadaljevanju. Količina elektrike dobavljene v visoko-tarifnem režimu znaša na leto v povprečju 87.980 kWh in 15.350 kWh v nizko-tarifnem režimu. Strošek za dobavljeno električno energijo znaša v povprečju 18.818 € upoštevaje 22% DDV. Na spodnjem grafu je opaziti, da poraba elektrike letno narašča.



Graf 10: Količina in trend porabe električne energije



Graf 11: Strošek in cene za električno energijo

Glede na to, da je cena enote električne energije sorazmerno stabilna, trendu rasti porabe sledijo tudi stroški.

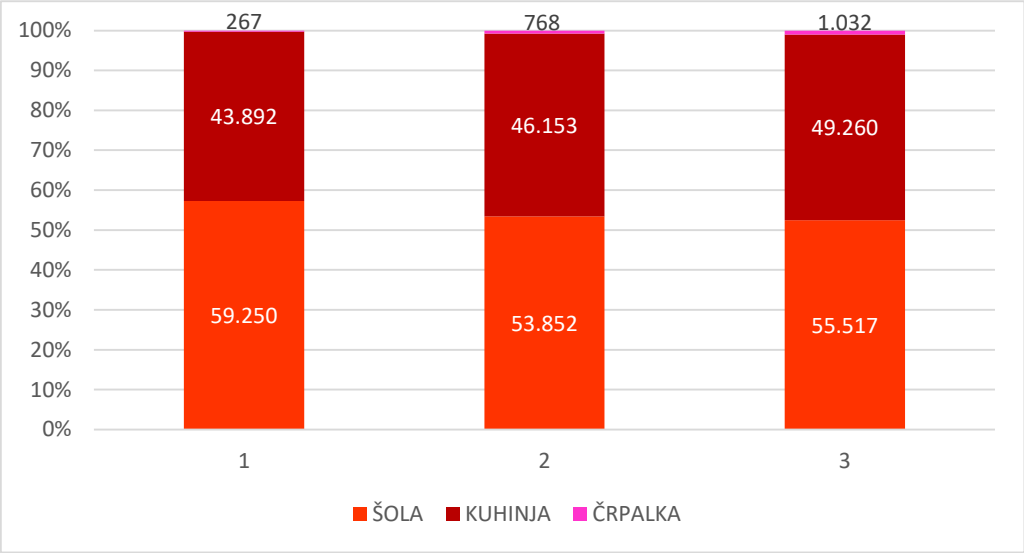
V nadaljevanju pa je prikazana bolj razčlenjena struktura rabe električne energije po posameznem merilnem mestu.

Tabela 7: Struktura rabe električne energije

	ŠOLA			KUHINJA			TOPLOTNA ČRPALKA			SKUPAJ	
	VT [kWh]	MT [kWh]	€	VT [kWh]	MT [kWh]	€	VT [kWh]	MT [kWh]	€	VT [kWh]	MT [kWh]
2014	47.353	11.897	8.176 €	40.571	3.321	6.947 €	198	69	348 €	84.238	15.287
2015	43.202	10.650	7.516 €	41.897	4.256	6.718 €	572	196	341 €	85.671	15.102
2016	44.251	11.266	7.891 €	45.210	4.050	7.885 €	686	346	450 €	90.147	15.662
Skupaj	**134.806**	**33.813**	**23.583 €**	**127.678**	**11.627**	**21.550 €**	**1.456**	**611**	**1.139 €**	**260.056**	**46.051**
Povpr.	44.935	11.271	7.861 €	42.559	3.876	7.183 €	485	204	380 €	86.685	15.350

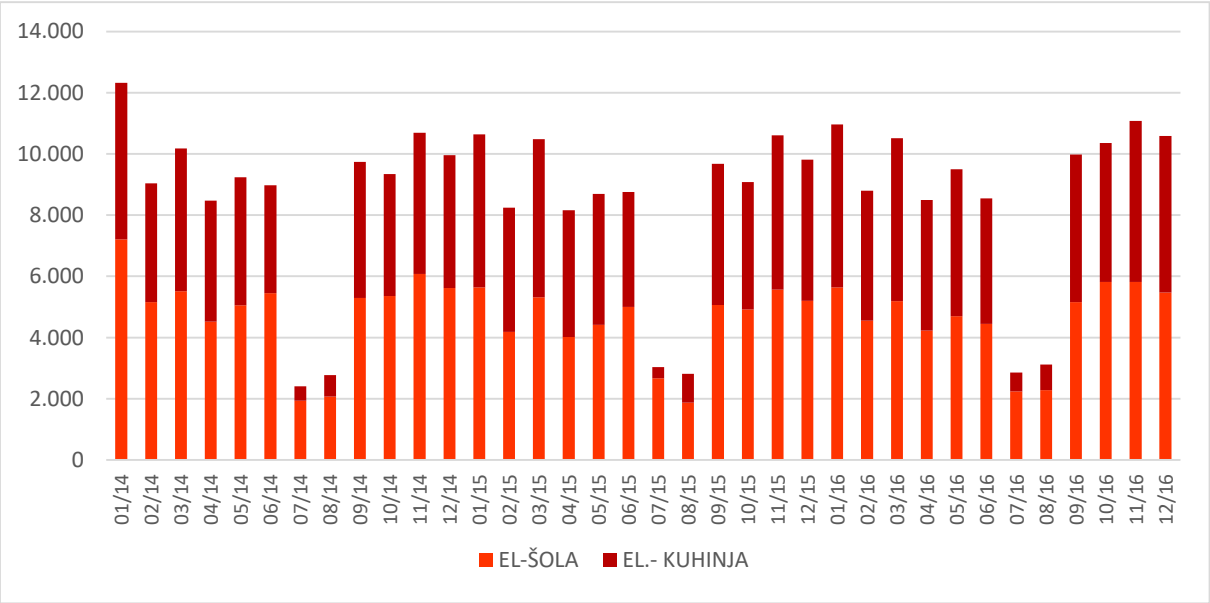
Iz tabele je razvidna glavnina porabljene elektrike, to je za delovanje šole in kuhinje. Manjši del porabljene energije odpade za delovanje odjemnega mesta z imenom »TOPLOTNA ČRPALKA«. To je namenjeno delovanju toplotne podpostaje za ogrevalno vejo prizidka v 2. nadstropju. To odjemno mesto beleži precej velik porast porabljene energije. Neglede na sorazmerno nizek znesek v primerjavi s celoto, pa je izračunana cena te energije 3 do 10 –krat višja od siceršnje cene elektrike. Vsekakor se priporoča to merilno mesto ukiniti in izvesti priključek na merilno mesto šole.

V spodnjem grafu je prikazano razmerje in porabe posameznih merilnih mest. Iz prikazanega grafa je razvidno, da dovedena energija za delovanje kuhinje predstavlja skoraj polovični delež celotne dovedene energije za delovanje objekta. Poleg tega je opaziti porast porabe elektrike v kuhinji. To gre pripisati verjetno povečani produkciji toplih obrokov in zamenjavi nekatere opreme. Vsekakor je potrebno posvetiti posebno pozornost kuhinji, saj je velik porabnik in beleži porast porabljene energije.



Graf 12: Deleži in količina [kWh] porabljene elektrike po merilnih mestih

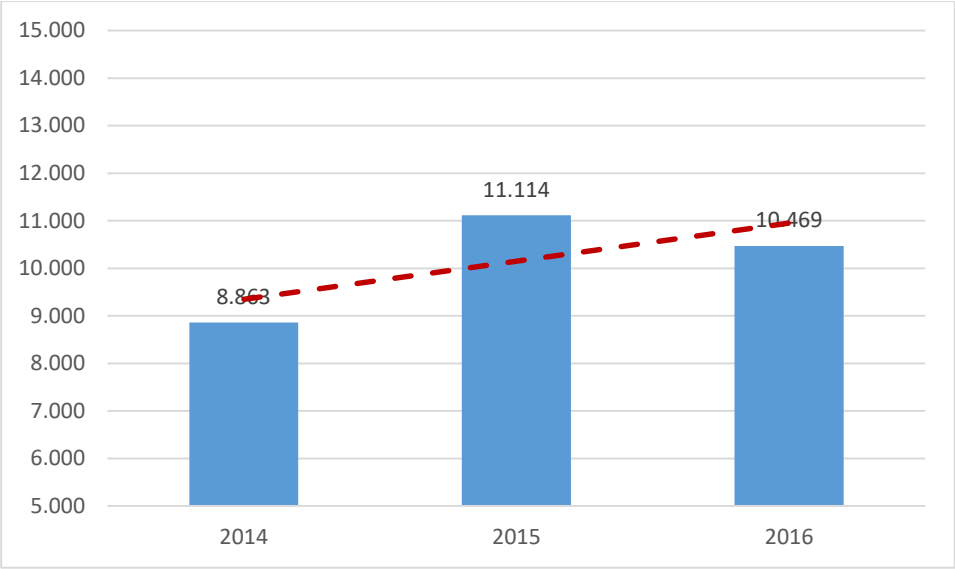
Za še bolj razčlenjen prikaz porabe elektrike je prikazan še graf porabe za obdobje 36 mesecev. Prikazana je skupna poraba v kWh v obdobju 01/2014 – 12/2016 ter sorazmerni delež porabe za delovanje šole in kuhinje. Vidna je bistveno zmanjšana poraba elektrike v poletnih mesecih, predvsem pri odjemnem mestu kuhinje, ko šola ne obratuje.



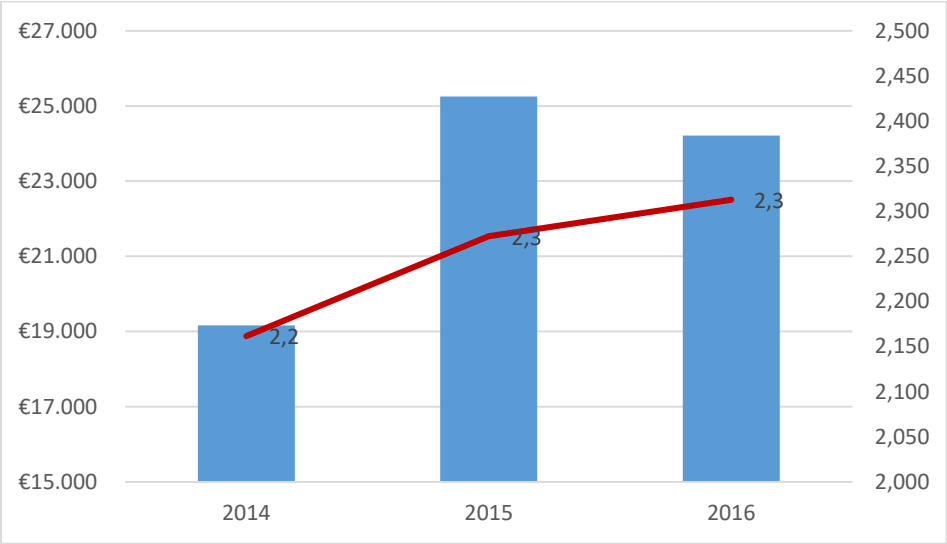
Graf 13: Količine [kWh] in razmerja porabljene elektrike za merilni mesti šole in kuhinje

5.1.3 Pitna voda

Povprečna letna poraba vode znaša okoli 10.150 m^3, strošek zanjo pa v povprečju okrog 22.900 EUR upoštevaje 9,5% DDV. Poraba pitne vode se je v zadnjih dveh letih povečala, kar je prikazano na spodnjem grafu, nakazan je tudi trend rasti porabe. Povečanje je verjetno povezano z večjimi generacijami in povečano aktivnostjo kuhinje, razvidno tudi iz porabe elektrike.



Graf 14: Količina in trend porabe pitne vode po letih



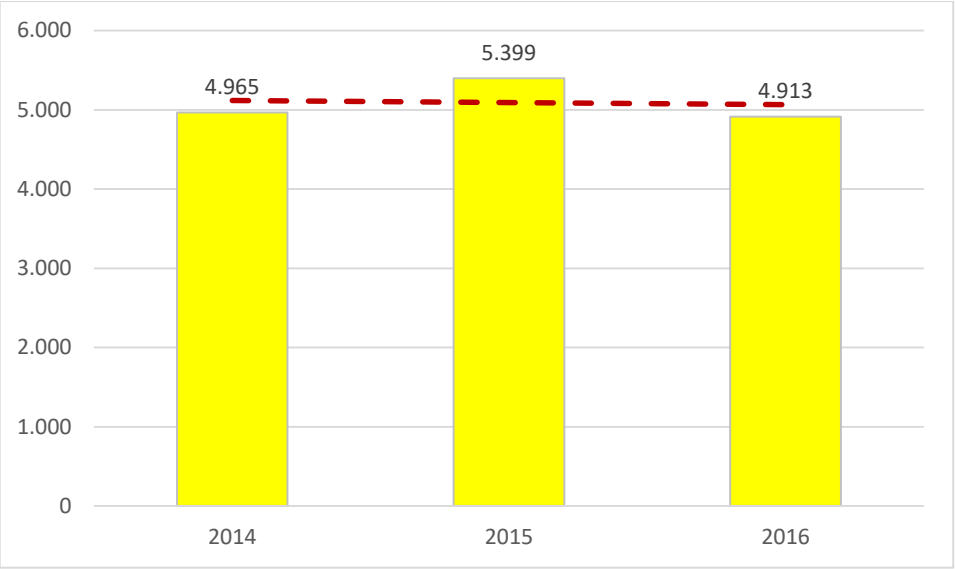
Graf 15: Strošek in cene za pitno vodo po posameznih letih

Na zgornji sliki je prikazan trend stroška za pitno vodo po posameznih letih. Zvišala se je cena in poraba, temu je sledili tudi skupni strošek.

Energetski pregled pa je pokazal še na eno anomalijo, in sicer izredno visok strošek za porabljeno vodo na enem odjemnem mestu, ki v skupnih stroških ni razviden, je pa viden v razčlenjeni tabeli energetskega knjigovodstva. To odjemno mesto je namenjeno samo za nekaj učilnic v 2. nadstropju prizidka. Zaradi visoke omrežnine je kljub minimalni porabi, to je cca. 20 m^3 na leto, strošek te vode ranga velikosti 1.000 €. Priporoča se čimprejšnjo ukinitev tega odjemnega mesta in prevezavo na obstoječi glavni priklop.

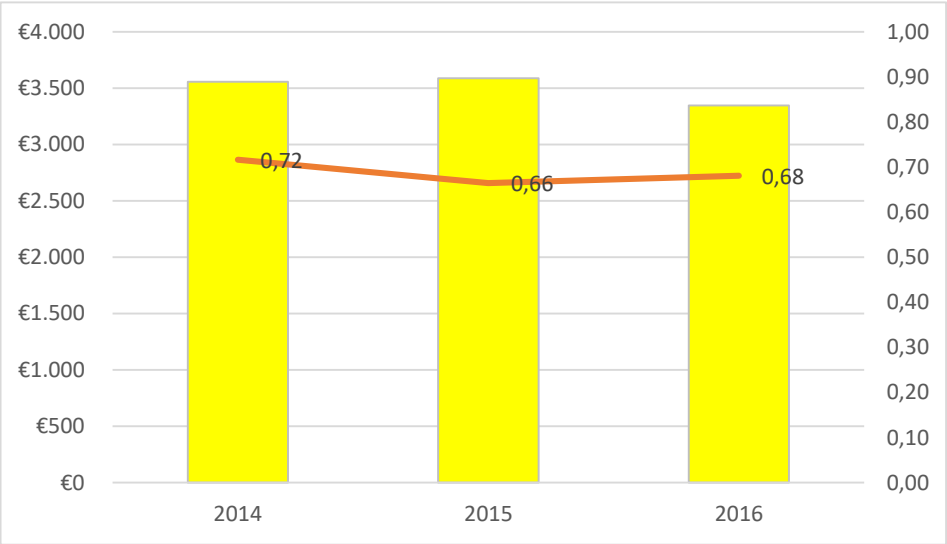
5.1.4 Zemeljski plin

Uporaba zemeljskega plina je namenjena samo za kuhinjo. Povprečna letna raba se vedno giblje okrog 5.000 Sm^3 in ima trend konstantne porabe, kar je razvidno na spodnjem grafu.



Graf 16: Količina in trend porabe zemeljskega plina po letih

Strošek za uporabo plina je glede na porabo tudi zelo konstanten, odvisen je še najbolj od cene enote, ki ima minimalne korekcije iz leta v leto.



Graf 17: Strošek in cene za zemeljski plin po posameznih letih

6 Pregled naprav za pretvorbo energije

6.1 Ogrevalni sistem

Ogrevalni sistem je v kotlovnici v kleti sosednjega objekta. Vanjo sta speljani dve ogrevni veji primarnega voda. Ena je namenjena ogrevanju objekta, druga pa je za toplo sanitarno vodo.

Delilnik toplote za ogrevanje objekta iz primarnega voda vodi toploto za ogrevanje preko treh sekundarnih vej. Moč toplotne podpostaje ni znana ocenjena pa je na 500 kW. Prva je namenjena ogrevanju šolskega dela. Druga je namenjena ogrevanju veznega trakta oziroma upravnega dela šole. Tretja veja pa ne pripada ogrevanju tega objekta, temveč se vodi v sosednji objekt, kjer ima šola prostore samo v 2. nadstropju. Prvotno je ta veja ogrevala cel prizidek ob Delpinovi, kasneje pa se je to preuredilo tako, da se prostori šole ogrevajo preko ogrevalne veje šole, ta ogrevalna veja pa ogreva poslovne prostore pritličja in prvega nadstropja. Za obračun sta na obeh dovodih vgrajena kalorimetra, prav tako so kalorimetri vgrajeni na vsaki od treh vej veji od razdelilca dalje. Cevovodi v toplotni postaji so ustrezno izolirani. Regulacija primarnega voda se vrši glede na zunanjo temperaturo, regulacija sekundarja pa je samo časovna.

Slika 6: Priključka toplovoda v kotlovnici, ogrevanje in topla voda

Slika 7: Ogrevalne veje s kalorimetri: šola, povezovalni trakt in sosednji objekt

Ogrevanje objekta je radiatorsko s temperaturnim režimom 90/70°C v dvocevnem sistemu s pločevinastimi ploščatimi radiatorji, starejše izvedbe. Radiatorji imajo naknadno instalirane termostatske ventile. Ogrevalni razvod je starejše izvedbe, izveden iz črnih cevi podometno. Razvodni sistem ni hidravlično uravnotežen, v taki izvedbi se hidravličnega uravnoteženja tudi ne da enostavno izvesti. Ogrevnih teles je premalo, to je izraziteje opazno v zimah z nižjimi temperaturami, na hodnikih pa je podhladitev praktično vsako zimo, saj tu toplotnih teles še bolj primanjkuje. Zaradi nedelovanja šole v poletnem času se objekt pregreva, kar ima za posledico zablokiranje zapornih iglic v termostatskih glavah in potrebo po dodatnem servisiranju ob začetku ogrevalne sezone.

Slika 8: Radiatorji

6.2 Sistem za oskrbo s sanitarno vodo

Oskrba objekta z vodo se vrši preko dveh odjemnih mest. Dodatno je izvedeno še eno odjemno mesto za oskrbo pitnika na zunanjem igrišču. Kljub temu, da je to izven objekta, spada v sklop delovanja objekta in je zato zajeto pri obravnavi sistemov in prikazu porabe.

Glavno odjemno mesto je namenjeno dobavi vode za šolo kot celota. Za dobavo vode objektu pa je izvedeno še eno odjemno mesto, in sicer ob prizidku pri vhodnem portalu. Po informacijah vzdrževalcev je ta števec namenjen samo vodi, ki napaja par učilnic in kabinet 2. nadstropja prizidka ob Delpinovi. Glede na majhno porabo in zelo visoko ceno, ki nastane zaradi omrežnine, se priporoča ta števec čim prej ukiniti.

Priprava tople sanitarne vode (TSV) se vrši centralno, samo za potrebe delovanja kuhinje, preko izmenjevalnika priklopljenega na daljinski sistem ogrevanja. Za potrebe odjema je vgrajen zalogovnik kapacitete 800 L, v sistemu se vzdržuje temperaturna raven 60°C, zaradi zaščite pred legionelo. V nekaterih prostorih so vgrajeni še lokalni podpultni električni grelniki z neposredno ogrevanim hranilnikom kapacitete do 15 L, skupno se ocenjuje da je v celotnem objektu do 5 takih priklopov. Sicer so pa vsi priključki izvedeni samo z mrzlo vodo.

Slika 9: Zalogovnik TSV za kuhinjo v toplotni postaji

6.3 Ohlajevanje objekta

Hlajenje objekta je izvedeno lokalno za posamezne prostore s split klima napravami. Hlajenje je na tak način izvedeno v upravnih prostorih (pisarne, zbornica) in nekaterih učilnicah v 2. nadstropju, kjer prihaja do pregrevanja v toplih mesecih. Skupna moč vgrajenih lokalnih naprav je ocenjena na 30 kW.

Slika 10: Lokalne naprave za hlajenje v split izvedbi, učilnica v 2. nadstropju, J fasada

6.4 Prezračevanje objekta

Prezračevanje objekta, razen kuhinje, je naravno preko oken, izjema so WC-ji in kopalnice, kjer so vgrajeni lokalni odvodni ventilatorji. Kuhinja ima svoj sistem prisilnega prezračevanja z dovodom svežega zraka preko kanala z vgrajenim registrom za predgrevanje vstopnega zraka. Odvod je izveden preko kuhinjske nape in parolovov z odvodnim strešnim ventilatorjem na strehi.

Slika 11: Kuhinjska napa

Slika 12: Dovod zraka v kuhinjo, register za predgrevanje zraka

7 Pregled rabe končne energije

7.1 Ovoj stavbe

Zunanji ovoj stavbe sestavljajo stene proti zunanjosti ali neogrevanim prostorom, strešna konstrukcija, tla proti terenu ali neogrevani kleti, okna in zunanja vrata.

7.1.1 Zunanje stene

Fasada je eden ključnih elementov zunanjega ovoja. Dobro izolirane zunanje stene ščitijo objekt pred pregrevanjem in pred izgubljanjem toplote. Hkrati omogočajo, da se v prostoru ustvarja enakomerna porazdelitev toplote in tako omogoča boljše bivalno ugodje. Zunanje stene objekta šole so orientirane pretežno proti S in J, upravnega dela pa proti V in Z. Nosilna konstrukcija obeh traktov izvedena iz opečnih zidov, debeline 40 cm, obojestransko ometane, znotraj z apneno malto, zunaj pa je izvedena fasada po t.i. sistemu Terranova. Pod okni je izveden parapet kot opečni zid debeline 20 cm, ki tudi nima dodatne toplotne izolacije.

Slika 13: Pogled na J fasado, učilnice

Slika 14: Pogled na S fasado, hodniki, prizidek s sanitarijami

Zahodna fasada upravnega dela, proti servisnem dvorišču med šolo in telovadnico, ima izvedene zaščito pred soncem z betonskimi slopi, kot nekakšni betonski brisoleji. Iz vidika izvedbe dodatne toplotne izolacije je taka fasada zelo problematična za izvedbo zunanje TI.

Slika 15: Pogled na Z stran – betonski brisoleji, uprava

Na V strani objekta je bil leta 2005 izveden še prizidek s servisnimi prostori v pritličju in knjižnico v nadstropju. Tu je je na zunanjih stenah izvedeno 5 cm toplotne izolacije iz mineralne volne v sistemu tankoslojne fasade, nosilna konstrukcija pa je izvedena iz opečnega modularnega bloka debeline 29 cm.

Slika 16: Pogled na prizidek iz l. 2005, servisni prostori in knjižnica

7.1.2 Streha

Na celotnem objektu je v različnih višinah izvedena ravna streha, različnih sestav.

Vse medetažne konstrukcije nad šolskim in upravnim delom so izvedene kot super strop, debeline 35-40 cm. Sicer sestava v smislu toplotne zaščite ni natančno znana. Predvideva se, da je bilo na teh strehah naknadno izvedena toplotna izolacija iz XPS oziroma, bolj verjetno, poliuretanskih plošč debeline do 5 cm.

Nad prizidkom ob Delpinovi ulici je strešna konstrukcija iz opečnih polnil s 5 cm tlačne plošče ter izolirana z 9 cm toplotne izolacije (povzeto po projektni dokumentaciji).

Strešna konstrukcija nad prizidkom iz l. 2005 pa je ravna streha izvedena kot AB plošča, izolirana s 15cm toplotne izolacije iz mineralne volne, zaključena pa je s PVC membrano.

Slika 17: Pogled na ravno streho, upravni del

Slika 18: Pogled na ravno streho, prizidek iz l. 2005

7.1.3 Tla proti terenu

Sestava tlakov na terenu je, skladno s projektom prvotnega objekta, izvedena v sledečem sestavu:

1. HODNIKI, JEDILNICA

- teraco 3cm
- estrih 2,5cm
- izolit 2,5cm
- betonska plošča 6cm
- lepenka
- betonska plošča 10cm

2. UČILNICE

- parket v asfaltu 3cm
- estrih 2,5cm
- izolit 2,5cm
- betonska plošča 6cm
- lepenka
- betonska plošča 10cm

V kuhinji je bil tlak saniran, izvedena je granitogres keramika. V smislu toplotne zaščite pa v sestavah tlakov ni dodatne toplotne izolacije oz. je le-ta minimalna.

7.1.4 Okna in vrata

Stavbno pohištvo je v večini objekta izvedeno iz ALU okvirjev, brez prekinjenega toplotnega mostu, s starejšo dvojno termopan zasteklitvijo, polnjeno z zrakom. Na nekaterih mestih so bila okna zamenjana z novejšimi profili in zasteklitvijo. Na prizidku iz l. 2005 so izvedena okna z dvojno zasteklitvijo polnjeno s plinom, predvidene toplotne prehodnosti 1,10 W/m^{2}K. Na J fasadi so okna učilnic senčena z Alu roletami na motorni pogon. Vhodna vrata v objekt so izvedena na novo kot drsna avtomatska steklena vrata.

Slika 19: Alu okna z novimi roletami na J strani, učilnice

Slika 20: Alu okna, starejši Alu okvirji, V in S fasade

Slika 21: Vhodni del na Z fasadi upravnega trakta, del S fasade šolskega dela

Slika 22: Zamenjano, novejše Alu stavbno pohištvo, V fasada, jedilnica

Slika 23: Starejše stavbno pohištvo, V fasada, hodniki upravnega dela

7.2 Električni aparati in oprema

V objektu so instalirani električni aparati za delovanje kuhinje, manjše pralnice ob kuhinji, uprave (računalniki, pisarniška oprema) ter druge opreme za izvajanje učnega procesa.

V kuhinji so večji porabniki: pomivalni stroj, odvodni ventilator (napa), hladilniki, hladilne omare, konvektomat in drugi manjši aparati. Ocenjena skupna priključna moč kuhinjskih naprav je 50 kW. V pralnici ob kuhinji je instaliran en pralni in en sušilni stroj, skupna priključna moč je ocenjena na 20 kW. Ostali večji porabniki so še lokalne klima naprave v split izvedbi, skupna ocenjena moč je 30 kW.

7.3 Razsvetljava

Razsvetljava v objektu se razlikuje glede na čas izvedbe in glede na posege ob sanacijah. V nekaterih učilnicah so vgrajena svetila z zrcalnim rastrom in fluo žarnicami v nadometni izvedbi. V preostalih učilnicah in drugih prostorih objekta so vgrajena nadgradna svetila s fluo sijalkami z difuznim plastičnim pokrovom ter starejšo predstikalno napravo. Ostala svetila so s kompaktnimi fluo sijalkami, ponekod v manjših prostorih pa še svetila s sijalko z žarilno nitko.

Slika 24: Svetila z zrcalnim rastrom

Slika 25: Starejša svetila s fluo žarnico

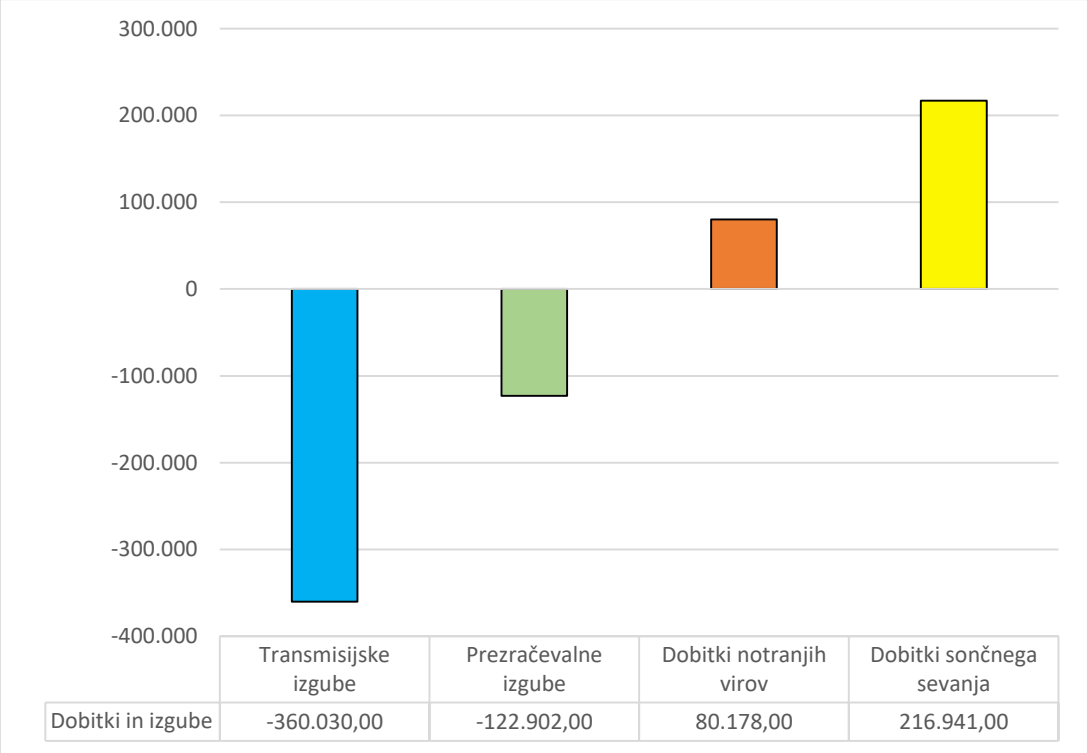
III Analiza možnosti znižanja energije

8 Analiza energetskih tokov v stavbi

Analiza energetskih tokov v stavbi je bila opravljena na podlagi posnetka obstoječega stanja in idejnega projekta za sanacijo oziroma izvedbo investicijsko-vzdrževalnih del.

8.1 Potrebna toplota za ogrevanje stavbe

Izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe sledi metodologiji, ki je zajeta v tehnični smernici TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije v stavbah, na osnovi katere je bil tudi izdelan izračun oziroma elaborat gradbene fizike. Potrebna toplota za ogrevanja stavbe je izračunana kot bilanca toplotnih izgub in pritokov v stavbi. Toplotne izgube predstavljajo transmisijske in ventilacijske izgube, pritoki pa so seštevek notranjih toplotnih virov in sončnega obsevanja. Za pokritje izgub je potrebno prostor ogrevati ali hladiti. Teoretična letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} znaša **232.748 kWh**. Če potrebno toploto za ogrevanje stavbe izrazimo na enoto ogrevane površine stavbe dobimo rezultat **58,5 kWh/m²**. V spodnji bilanci energetskih tokov je moč opaziti, da so izgube precej večje od notranjih pritokov. Razliko med energijskimi pritoki in izgubami je potrebno pokriti z ogrevanjem stavbe, da se lahko zagotavlja željene bivanjske pogoje (temperatura, vlaga …).

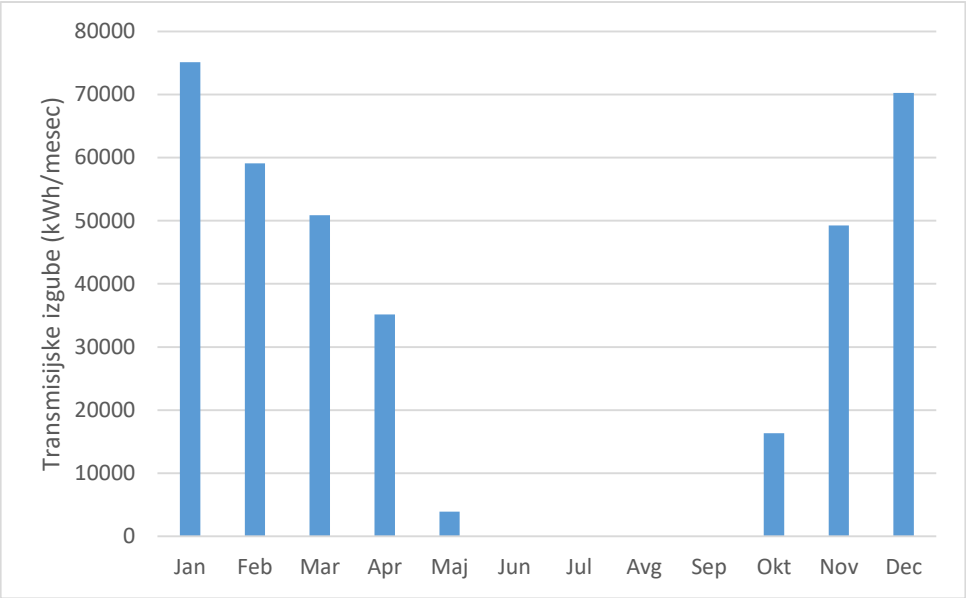


Graf 18: Bilanca letnih energijskih izgub in dobitkov v stavbi

8.2 Transmisijske izgube

Transmisijske toplotne izgube so bile upoštevane v času, ko se stavba ogreva. Prikazane so mesečne vrednosti transmisijskih toplotnih izgub, izražene v enoti kWh/mesec. Letni seštevek

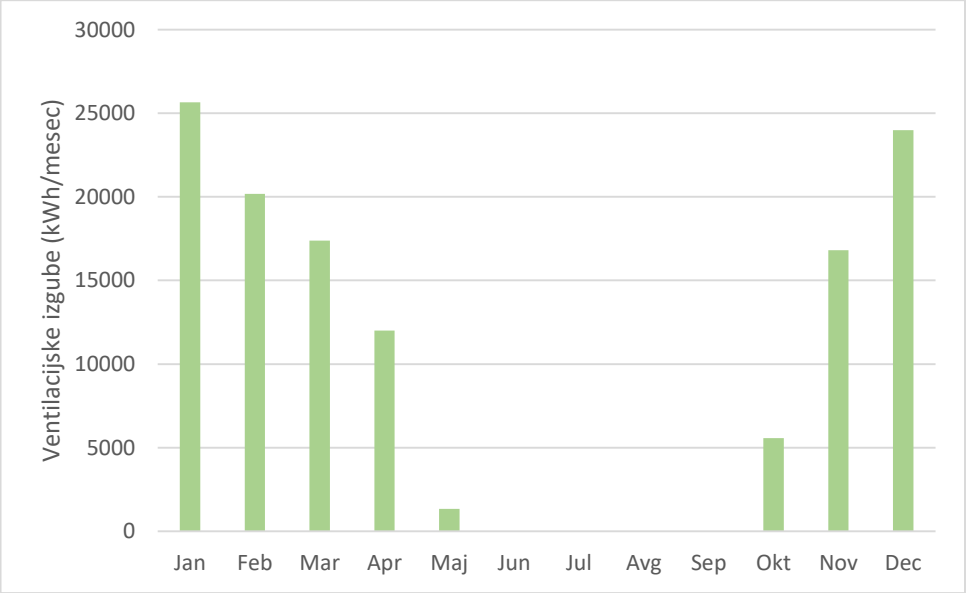
vseh transmisijskih izgub objekta znaša 360.030 kWh. Povprečna ogrevalna sezona traja med oktobrom in majem oziroma glede na pretekla opazovanja je računsko število dni za gretje objekta 210 na leto. Po pričakovanjih so največje transmisijske izgube v mesecu januarju, ko se pojavi tudi največja razlika med temperaturama notranjega in zunanjega zraka.



Graf 19: Transmisijske toplotne izgube

8.3 Izgube zaradi prezračevanja

Ventilacijske toplotne izgube nastajajo zaradi netesnosti ovoja stavbe. Navadno se pojavljajo na mestih stika oken vrat s toplotnim ovojem stavbe. Pri izračunu ventilacijskih izgub je bila privzeta vrednost $n=0,5^{-1}$ izmenjave zraka med stavbo in zunanjim zrakom, kar je minimalna zahteva za stavbe. Podobno kot pri transmisijskih toplotnih izgubah se tudi tukaj pojavljajo največje izgube v času največje temperaturne razlike med zunanjim in notranjim zrakom.

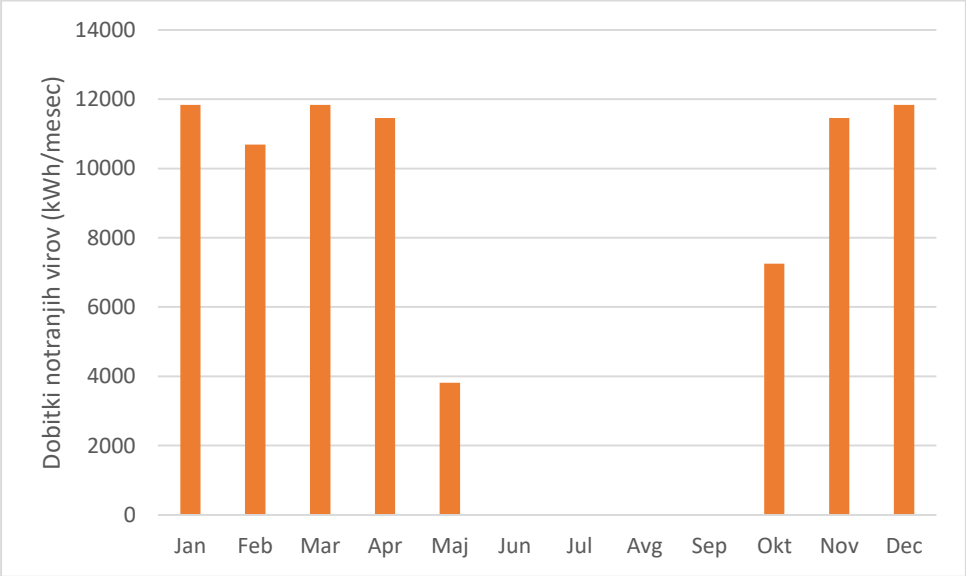


Graf 20: Ventilacijske toplotne izgube

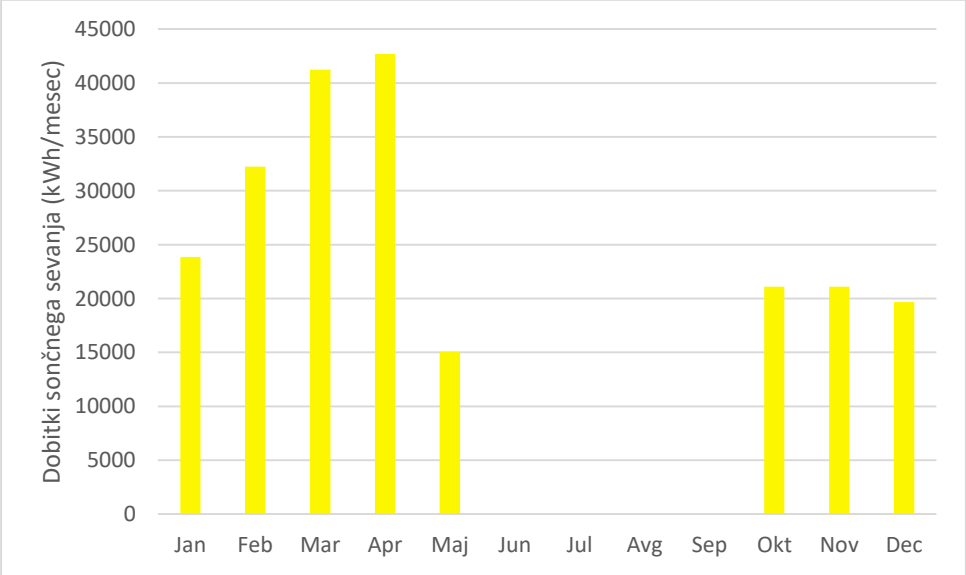
8.4 Toplotni pritoki

Toplotni pritoki v stavbi so dveh tipov. Ločimo pritoke, ki so posledica sončnega sevanja in pritoke notranjih virov, ki so posledica zadrževanja ljudi in delovanja naprav. Izračun sončnih pritokov je odvisen od prozornih površin v stavbi (oken, vrat) ter intenzitete globalnega sončnega obsevanja na področju, kjer stoji stavba. Notranji toplotni viri so upoštevani skladno s predpisi in standardi v vrednosti 4W/m^2.

Pritoki sončnega obsevanja naraščajo proti koncu kurilne sezone. V mesecih med junijem in septembrom ne vplivajo več na zmanjšanje potrebne energije za ogrevanje stavbe, ugodno pa jih lahko izkoristimo za potrebe po pripravi TSV, v kolikor bi se za to koriščenje odločili. Notranji toplotni viri so v času ogrevalne sezone razmeroma konstantni, saj je privzeto, da se delovni procesi bistveno ne spreminjajo. Izven kurilne sezone pa notranji toplotni viri vplivajo na potreben hlad za hlajenje objekta.



Graf 21: Pritoki notranjih virov



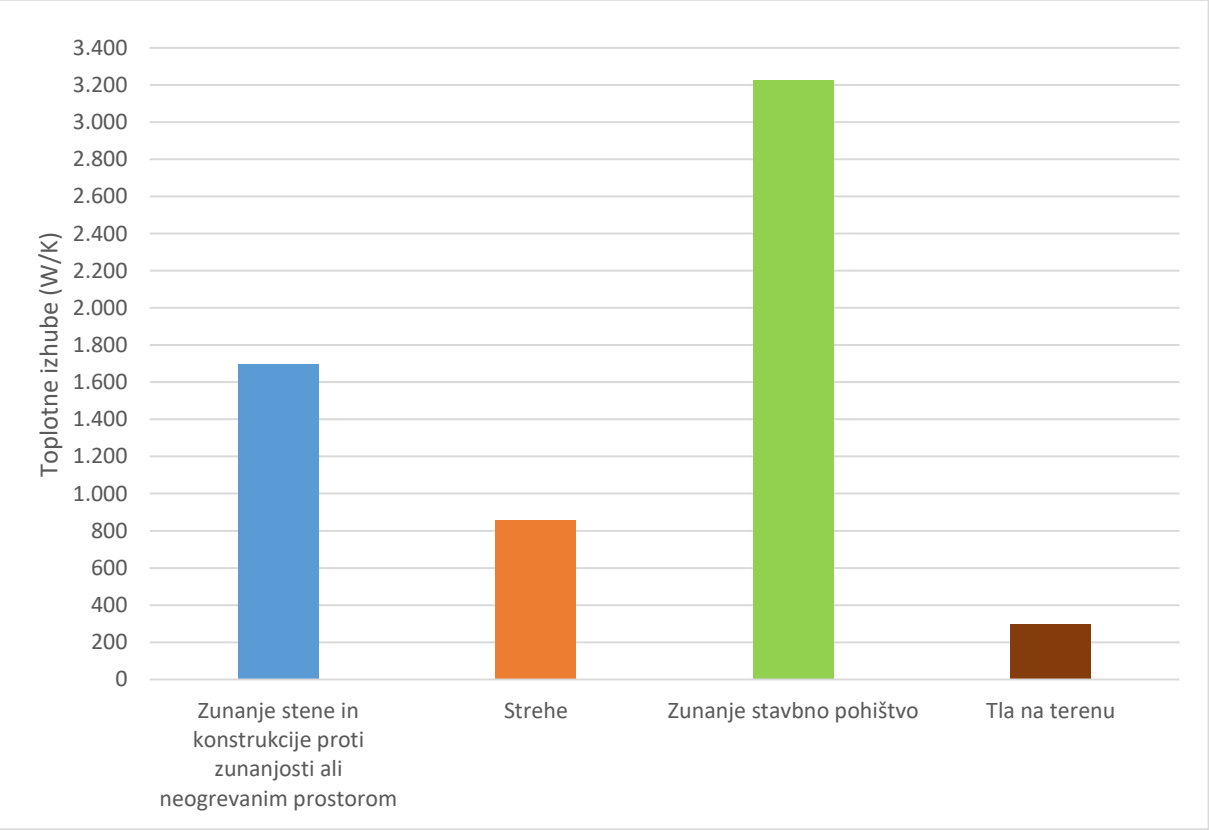
Graf 22: Pritoki sončnega obsevanja

9 Ocena energetsko varčevalnih potencialov

9.1 Ovoj stavbe

Ovoj stavbe predstavlja neposreden stik objekta z njegovo okolico. Naloga ovoja stavbe je, da s svojimi konstrukcijskimi in fizikalnimi lastnostmi ščiti objekt pred vlago, hrupom, emisijami prašnih delcev ter da zagotavlja zadostno toplotno zaščito. Od leta 2008 je v uporabi Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah ali skrajšano PURES. Ta pravilnik določa minimalne fizikalne zahteve, ki jih morajo posamezni konstrukcijski sklopi (zunanje stene, streha, tla, okna, vrata) dosegati.

Obravnavani objekt je imel ob nastanku zadostno toplotno izolacijo, iz stališča današnjega standarda in predpisov pa ta izolacija ni ustrezna. Določitev potencialov za izboljšanje energetske učinkovitosti zunanjega ovoja stavbe je odvisna od toplotnih izgub posameznega konstrukcijskega sklopa stavbe. Toplotne izgube se izražajo v W/K in so odvisne od površine konstrukcijskega sklopa ter od njegove toplotne prevodnosti (W/m^{2}K). Največji potencial za izboljšanje toplotnega ovoja predstavljajo zunanje stene, streha in stavbno pohištvo.



Graf 23: Toplotne izgube skozi stene, streho, okna in tla objekta

Iz prikazanega grafa se izvede ocena potencialov prihrankov, ki jih na objektu lahko izkoristimo.

1. Zunanje stene

   Večina površin zunanjih sten je izvedenih kot opečni zid debeline 40 cm ter obojestransko zaključen z apnenim oz. apneno-cementnim ometom. Računska toplotna prehodnost take

konstrukcije znaša U=0,685 W/m^{2}K. Potencial prihrankov pri tej konstrukciji se ocenjuje kot znaten.

Pri izvedbi sanacije se predlaga izvedbo toplotne izolacije iz fasadnega EPS z dodatkom grafita, ki ima toplotno prevodnost λ=0,032W/mK, debeline 14 cm ter tankoslojno silikatno fasado. S tem ukrepom dosežemo toplotno prehodnost zidu 0,170 W/m^{2}K, kar je pod dovoljeno mejo postavljeno s PURES-om. Izvedba z umetnim materialom je predlagana zaradi velikega števila detajlov, ki se na fasadi pojavljajo. Možna je tudi izvedba z lamelami mineralne volne, ki imajo sicer manj ugodno toplotno prevodnost in bi morali v tem primeru izvesti izolacijo debeline 16 cm. Ta material je okolju prijaznejši in se smatra kot ustrezen glede na kriterije zelenega javnega naročanja. Obdelava se detajlno obdela v sklopu PZI, upoštevati je potrebno še druge zahteve (požarna varnost).

2. Ravne strehe

   Ravne strehe nimajo definirane natančne sestave, glede na informacije pridobljene na terenu je v sklopu slojev ravne strehe že izvedena toplotna izolacija iz EPS ali poliuretanske pene debeline 5 cm. Na strehah je prodnato nasutje.

   Kot ukrep izvedbe sanacije se predlaga odstranitev obstoječega nasutja ravne strehe ter izvedbo dodatne toplotne izolacije iz XPS na zunanji strani konstrukcije v dodatni debelini vsaj 20 cm. Streha se lahko izvede kot obrnjena ravna streha. S dodatnimi 20 cm XPS bi se dosegla toplotna prehodnost strehe 0,130 W/m2K. V kolikor se bi pristopilo h kompletni odstranitvi slojev strehe, se predlaga izvedbo note TI v debelini 25 cm.

3. Stavbno pohištvo

   Stavbno pohištvo je bilo od prvotne izvedbe že enkrat zamenjano, tako da je sedaj pretežno izvedeno iz Alu profilacije starejšega datuma, brez prekinjenega toplotnega mostu in z dvojno navadno zasteklitvijo polnjeno z zrakom. Ocenjena toplotna prehodnost znaša U_w=2,40 W/m^{2}K. Stavbno pohištvo, ki je bilo zamenjano v zadnjih 5 – 10 letih, je iz Alu profilacije, z izolacijsko dvoslojno zasteklitvijo polnjeno s plinom s toplotno prehodnostjo U_g=1,10 W/m^{2}K in je ocenjeno na U_w=1,60 W/m^{2}K.

   Stanje stavbnega pohištva je praktično povsod, razen novejših oken in avtomatskih vhodnih vrat, zelo slabo in nujno zamenjave. Izgube so za cel velikostni razred večje od izgub skozi stene, zato je potencial prihranka energije zaradi velikih zastekljenih površin največji. Potrebno je zamenjati vsa okna na objektu z novimi s troslojno zasteklitvijo s toplotno prehodnostjo zasteklitve $U_g \leq$ 0,70 W/m^{2}K in Alu okvirji z $U_f \leq$ 1,30 W/m^{2}K. Predlaga se dodatno pozornost tudi pri faktorju prehodnosti sončnega sevanja, ki naj bo vsaj g=0,60. Nujni ukrep ob zamenjavi stavbnega pohištva je tudi zagotovitev ustreznega senčenja, da ne bo prihajalo do pretiranega pregrevanja objekta.

4. Tla

   Tla predstavljajo toplotno manj izpostavljeno območje in zadostujejo bistveno manjše debeline toplotne izolacije v primerjavi z ostalimi konstrukcijami. Tla predstavljajo iz stališča sanacije tudi zahtevnejši poseg (selitev), zato se pri sanacijah večkrat ne obdelajo.

V kolikor se bo iz stališča zahtev uporabnika šole odstranjevalo parket v učilnicah, se predlaga izvesti tudi novo toplotno izolacijo v sklopu sestave tlakov. Namesto izvedbe estriha se predlaga izvedbo suhega poda (lesena podkonstrukcija z vmesno toplotno izolacijo ter nanjo izvedene dvojno križno lepljene OSB plošče) ter gotovega parketa. S tem se bo izboljšala toplotna izolacija tal v učilnicah in doseglo tudi boljše toplotno ugodje.

Za bolj podrobno analizo stavbnega ovoja bi bilo potrebno izvesti še pregled s termografsko kamero. V času izdelave energetskega pregleda se stavba žal ni ogrevala, zato termografije ni bilo mogoče izvesti.

9.2 Ogrevanje

Obstoječa toplotna postaja s primarnim priključkom na toplovod se ohrani. V ta namen se primarni del dodatno opremi z elementi za daljinski nadzor sistema. Sekundarni del toplotne postaje se v celoti izvede na novo. Predvidi se nov razdelilec in zbiralec, obtočne črpalke za posamezno cono ogrevanja ter posebej za kuhinjo z jedilnico, poslovne prostore, upravo in skupne prostore.

V toplotni postaji se izvedejo regulacijski elementi za centralno regulacijo temperature za posamezno vejo, regulacijski elementi za uravnoteženje sistema (vgradnja na posameznem odcepu), merilnike porabe energije z daljinskim odčitavanjem za posamezen sklop porabnikov.

Vse obtočne črpalke se izvede s frekvenčno regulacijo vrtljajev, vgradijo se nova grelna telesa (radiatorji), na vseh radiatorjih se namesti termostatske glave s plinskim polnjenjem.

9.3 Prezračevanje in klimatizacija

Prezračevanje objekta z načinom naravnega prezračevanja pomeni velik delež izgubljene toplote. Izvedba prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka tako pomeni velik doprinos pri učinkoviti rabi energije, ob tem, da so bivalni in delovni pogoji v objektu zelo dobri. Celovita energetska sanacija bo pomenila tudi veliko večjo zrakotesnost, zato je prezračevanje še toliko bolj smiselno. Ocenjeni potencial je velik, zato se predlaga izvedbo prezračevanja z rekuperacijo toplote za cel objekt.

V sklopu priprave projektov PZI se predlaga preučitev variant lokalnega ali centralnega prezračevanja. Iz stališča vzdrževanja je večkrat ugodnejše lokalno prezračevanja, iz stališča nadzora in učinkovitosti pa centralno prezračevanje z vračanjem toplote. Prav tako se predlaga, da se v sklopu projektiranja preveri varianto izvedbe klimatizirana objekta s centralno pripravo zraka. Slednje bi imelo za posledico povečano rabo energije glede na izvedbo samo prezračevanja, se bo pa raven udobja bistveno povečala. Prezračevanje kuhinje se uredi ločeno z varčno napo, to je napo, ki ima vgrajen rekuperator odpadne toplote. Prezračevanje se dimenzionira skladno s potrebami za ta namen, vgrajeni rekuperatorji pa morajo dosegati izkoristek toplote odpadnega zraka nad 75%.

9.4 Priprava tople sanitarne vode (TSV)

Priprava tople sanitarne vode se ohrani s tem, da se obstoječi sistem nadgradi. V sklopu celovite energetske sanacije se izvede tudi sanacija vodovodnega sistema in s tem dogradi tudi cevi za toplo vodo, tako da bo TSV tudi v sanitarijah šole. Ta sistem se izvede z ločenim krogom ogrevanja, s svojim hranilnikom TSV in cirkulacijo. Ukrep ne pomeni varčevanja z energijo, temveč je namenjen povečanju udobja v šoli, zato v izračunu prihrankov ni obravnavan.

9.5 Razsvetljava

Pregled razsvetljave je pokazal, da je večji del svetil zastarel, nekatera novejša svetila bodo glede na razvoj sistemov razsvetljave tudi hitro zastarala. Zato je smiselno sistem posodobiti na novo tehnologijo. Predlaga se zamenjavo obstoječih svetil z LED tehnologijo razsvetljave (zamenjava svetil v bolj zasedenih prostorih ali zamenjava žarnic z LED sijalkami za manj zasedene in pomožne prostore), nameščanje senzorjev prisotnosti v sanitarijah in hodnikih ter izvedbo regulacije razsvetljave glede na osvetljenost prostora.

IV Predlogi in analiza ukrepov za učinkovito rabo energije

10 Organizacijski ukrepi

Z organizacijskimi ukrepi je možno doseči znatne prihranke ob nizkih stroških. Vpeljava organizacijskih ukrepov se tudi hitro povrne, saj je vračilna doba krajša od enega leta. Organizacijski ukrepi temeljijo na udeležbi zaposlenih v procesu doseganja učinkovite rabe energije v stavbah. V okviru organizacijskih ukrepov je uporabnike objekta potrebno ozaveščati, izobraževati in informirati o pomenu učinkovite rabe energije v stavbah. Končni učinek organizacijskih ukrepov je težko merljiv in določljiv. Ob ustreznem izvajanju ukrepov je možen do 10% prihranek končne energije v stavbi.

10.1 Ozaveščanje

Organizacijski ukrepi, ki obsegajo ozaveščanje uporabnika so naslednji:

- ozaveščanje vodstva in zaposlenih o učinkoviti rabi energije v stavbah;
- energetsko knjigovodstvo (poleg beleženja tudi letno poročilo in pregled količin);
- postavitev odgovorne osebe na področju učinkovite rabe energije;
- spremljanje porabe energentov in stroškov zanje;
- pregled pogodb o dobavi energentov in letno spremljanje ponudb dobaviteljev energentov s ciljem znižati strošek zanje.

10.2 Izobraževanje

Organizacijski ukrepi, ki obsegajo izobraževanje zaposlenih in uporabnikov stavbe so usmerjeni na pravilno ravnanje z napravami v stavbi. Velik potencial za znižanje končne energije v stavbi je pravilno hlajenje prostorov, saj se konice porabe električne energije pojavljajo v poletnih mesecih, ko se stavba pregreva. S pravilnim zračenjem in večernim izklapljanjem hladilnih naprav je možen znaten prihranek električne energije. Pozornost je potrebno nameniti tudi ogrevalnim telesom in ravnanju s termostatskimi ventili. Ti delujejo le ob pravilni nastavitvi, zato je potrebno uporabnike poučiti o ravnanju z njimi. Končno je potrebno uporabnike naprave poučiti tudi o pravilni osvetljavi prostorov in izklapljanju naprav, ko te niso v uporabi.

10.3 Informiranje

Izvedene organizacijske ukrepe je potrebno predstaviti zaposlenim. Priporočljivo je letno obveščanje o porabi energentov in stroškov zanje.

11 Ocena izvedljivosti ukrepov za učinkovito rabo energije

Ocena izvedljivosti ukrepov temelji na podlagi primerjave med stroški, ki so potrebni za izvedbo posamezne investicije ter koristi, ki jih taka investicija prinese. Pri tem je potrebno upoštevati tudi sam tip rekonstrukcije in možnosti njene izvedbe. Če je ta tehnično zelo zahtevna in za svojo izvedbo potrebuje velika sredstva in vire je praviloma neugodna in se je ne lotimo. Zato je največja pozornost usmerjena proti identifikaciji takega ukrepa, ki je ob sprejemljivih stroških najmanj zahteven.

Pri ocenjevanju izvedljivosti je potrebno upoštevati različne ekonomske in fizikalne parametre posameznih ukrepov. Cene energentov se ves čas spreminjajo, spreminjajo pa se tudi podnebni parametri. Zato je ocena prihrankov energije, ki jo določen ukrep prinese odvisna od nihanja omenjenih parametrov. Dejansko je nemogoče natančno določiti finančni izplen posameznega ukrepa. V ocenjevanju upravičenosti posameznega ukrepa je bila uporabljena enostavna vračilna doba, zato je potrebno pred odločitvijo o izvedbi posameznega ukrepa izvesti njegovo natančno ekonomsko presojo.

V nadaljevanju je podana ocena izvedljivosti ukrepov s prikazom ovrednotenja prihrankov.

11.1 Izračun možnih prihrankov energije in investicijska sredstva

11.1.1 Ukrepi na ovoju stavbe

<u>Ukrep 1: Toplotna izolacija fasade, ravnih streh, neizoliranega stropa kleti in zamenjava stavbnega pohištva</u>

V poglavju 9 so bili kot najšibkejši členi ovoja stavbe identificirani zunanji zid, strešna konstrukcija (ravna streha) in stavbno pohištvo, še posebej tisto z neustreznimi Alu okvirji in/ali neustrezno zasteklitvijo.

Z dodatno toplotno izolacijo ovoja se bistveno zniža potrebna energija za ogrevanje stavbe. Pri tem je potrebno slediti določilom PURES-a, ki pravijo, da mora vsaka nadgradnja toplotnega ovoja stavbe zadostiti minimalnim vrednostim toplotne prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov. Pri zamenjavi dotrajanega stavbnega pohištva pa se poleg izboljšanja toplotne prehodnosti elementa izboljša tudi konvekcijske toplotne mostove (tesnjenje ovoja), kjer tudi prihaja do večjih toplotnih izgub.

Ukrep 1	Ukrepi na ovoju stavbe
Izvedba toplotno izolativne fasade s TI iz EPS z dodatkom grafita z λ=0,032W/mK v debelini 14 cm ali iz mineralne volne v debelini 16 cm ter izvedba tankoslojne kontaktne fasade. Odstranitev obstoječih slojev ravnih streh in izvedba novih ravnih streh, dodatna toplotna zaščita s TI z $\lambda \leq$ 0,036W/mK v debelni 20 cm. V primeru, da se izvedejo ravne strehe komplet na novo, izvedba TI v debelini 25 cm.	

Stavbno pohištvo v celoti zamenja z novim z okviri iz Alu toplotne prehodnosti $U_f \leq 1,3$ W/m^{2}K ter zasteklitvijo z U_g=0,7 W/m^{2}K, tako da bo toplotna prehodnost okna kot celote $U_w \leq 1,2$ W/m^{2}K. Izvedba ustreznega senčenja prosojnih površin.			
Obstoječe stanje		**Novo stanje**	
Toplotna prehodnost sten U [W/m^{2}K]	0,690	Toplotna prehodnost sten in konstrukcij proti neogrevanim U [W/m^{2}K]	0,170
Toplotna prehodnost streh U [W/m^{2}K]	0,490	Toplotna prehodnost streh U [W/m^{2}K]	0,130
Toplotna prehodnost oken [W/m^{2}K]: - starejših iz Alu - zamenjanih z Alu	 2,40 1,40	Toplotna prehodnost [W/m^{2}K]: - novih oken	 1,20
Povprečna energija za ogrevanje stavbe [kWh]	270.550	Ocenjena vrednost prihranka energije za ogrevanje stavbe [kWh]	153.700
Povprečen letni strošek za ogrevanje stavbe [€]	29.083 €	Ocenjen povprečen prihranek stroška za ogrevanje stavbe [€]	16.600 €
Ocena prihranka končne energije	57 %		

11.1.2 Ukrepi na instalacijah

<u>Ukrep 2: Izvedba novega razvoda ogrevanja, hidravlično uravnoteženje, izvedba novih grelnih teles (radiatorjev) z ustrezno regulacijo</u>

Ukrep 2		**Ukrep na instalacijah**	
Izvede se celovita sanacija ogrevalnega sistema z novimi razvodi ogrevanja. V toplotni postaji se izvedejo regulacijski elementi za centralno regulacijo temperature za posamezno vejo, regulacijski elementi za uravnoteženje sistema, merilnike porabe energije z daljinskim odčitavanjem za posamezen sklop porabnikov. Vse obtočne črpalke se izvede s frekvenčno regulacijo vrtljajev, vgradijo se nova grelna telesa (radiatorji), na vseh radiatorjih se namesti termostatske glave s plinskim polnjenjem.			
Obstoječe stanje		**Novo stanje**	
Povprečna raba energije za ogrevanje stavbe [kWh]	270.550	Ocenjena vrednost prihranka energije za ogrevanje stavbe [kWh]	27.060
Povprečen strošek za ogrevanje stavbe [€]	29.083 €	Ocenjen povprečen prihranek stroška za energijo [€]	2.900 €
Ocena prihranka končne energije	10 %		

Ukrep 3: Vgradnja prezračevalnega sistema z rekuperacijo toplote in vgradnja energetsko varčne nape v kuhinji

Prezračevanje objekta z načinom naravnega prezračevanja pomeni velik delež izgubljene toplote. Izvedba prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka tako pomeni velik doprinos pri učinkoviti rabi energije, ob tem, da so bivalni in delovni pogoji v objektu zelo dobri.

Ukrep 3		**Ukrep na instalacijah**	
Vgradnja naprave za kontrolirano prezračevanje z vračanjem odpadne toplote z izkoristkom η≥0,75. Pred izvedbo preveriti varianto z lokalnimi prezračevalnimi sistemi. Instalacija energetsko učinkovite nape v kuhinji, ki omogoča vračanje odpadne toplote.			
Obstoječe stanje		**Novo stanje**	
obstoječe prezračevanje	naravno	prezračevanje	prezračevanje z rekuperacijo
obstoječe prezračevanje kuhinje	samo odvod	napa	napa z vračanjem odpadne toplote
Povprečna raba energije za ogrevanje stavbe [kWh]	270.550	Ocenjena vrednost prihranka energije za ogrevanje stavbe [kWh]	72.640
		Potrebna dodatna el. energija za izvedbo prezračevanja [kWh]	20.160
Povprečen strošek za ogrevanje stavbe [€]	29.083 €	Ocenjen povprečen prihranek stroška za energijo [€]	4.200 €
Ocena prihranka končne energije	19 %		

Ukrep 4: Zamenjava razsvetljave

Ukrep 4		**Ukrep na instalacijah**	
Izvedba nove razsvetljave s sijalkami LED, senzorji gibanja in sistemom za krmiljenje glede na dnevno svetlobo.			
Obstoječe stanje		**Novo stanje**	
Povprečna raba električne energije [kWh]	103.330	Ocenjena vrednost prihranka električne energije [kWh]	33.930
Povprečen strošek za elektriko [€]	18.818 €	Ocenjen povprečen prihranek stroška za energijo [€]	6.200 €
Ocena prihranka končne energije	33 %		

11.1.3 Ukrepi skupaj

Smiselno je izvesti vse ukrepe skupaj, saj na ta način dobimo boljšo dolgoročno energetsko bilanco objekta, bivalno oz. delovno ugodje ter stabilnejše upravljanje z energetskimi potrebami. V spodnji tabeli je prikazana ocena energetskega in stroškovnega prihranka za izvedbo vseh štirih ukrepov na objektu.

Ukrepi 1+2+3+4		**Celovita prenova**	
V tabeli je prikazan skupen prihranek za sinergijo navedenih ukrepov, izračunan na osnovi elaborata GF in dodatno ocenjen glede na izkustvene prihranke primerljivih objektov.			
Obstoječe stanje		**Novo stanje**	
Povprečna raba energije za ogrevanje stavbe in pripravo TSV [kWh]	313.327	Ocenjena vrednost prihranka energije za ogrevanje stavbe in pripravo TSV [kWh]	197.910
Povprečna raba električne energije za delovanje stavbe [kWh]	103.330	Ocenjena vrednost prihranka električne energije [kWh]	16.880
Povprečen strošek za ogrevanje stavbe in TSV [€]	33.647 €	Ocenjen povprečen prihranek stroška za energijo [€]	21.300 €
Povprečen strošek za elektriko [€]	18.818 €	Ocenjeni povprečni prihranek stroška za električno energijo [€]	3.100 €
Ocena prihranka končne energije	52 %		

11.2 Potreben čas za vračilo investiranih sredstev

Potreben čas za vračilo ukrepov v povečano energetsko učinkovitost stavb je določen z upoštevanjem enostavne vračilne dobe. Ukrepi so predstavljeni v sledeči tabeli, nekateri zneski so zaokroženi.

Tabela 8: Pregled predlaganih ukrepov

Investicijski ukrepi					
Opis ukrepa	Možni prihranki		Ocena investicije	Enostavna vračilna doba	Prioriteta
	kWh/leto	€	€	let	
Ovoj: TI fasade, dodatna TI streh in zamenjava stavbnega pohištva	153.700	16.600 €	750.000 €	45	1
Sistem ogrevanja: novi razvodi, hidravlično uravnoteženje, novi radiatorji z ustrezno regulacijo	27.060	2.900 €	80.000 €	28	1
Vgradnja prezračevalnega sistema z rekuperacijo toplote	52.480	4.200 €	140.000 €	33	2
Zamenjava razsvetljave	33.930	6.200 €	130.000 €	21	3
Skupaj / Povprečna vračilna doba	**214.790**	**24.400 €**	**1.100.000 €**	**45**	

Bolj natančne vrednosti investicije se predvidijo v projektantskem predračunu ali na osnovi prejetih ponudb izvajalcev in opredelijo v investicijskem programu. Seštevek posameznih ukrepov v smislu vrednosti ni enak linearnemu seštevku posameznega ukrepa. To pa zato, ker se vpliv posameznega ukrepa ob izboljšanju energetskih lastnosti pri izvedbi vseh ukrepov skupaj proporcionalno zmanjša. Se pa v primeru ukrepov skupaj bistveno poveča ekološki vpliv, kot je prikazano v nadaljevanju.

11.3 Presoja izvedenih ukrepov iz vidika ekologije in bivalnega udobja

Poleg energetskega in finančnega vidika je potrebno pri izvedenih ukrepih pogledati tudi na druge pomembne vidike. Pri tem sta najpomembnejša vidika iz pogleda ekologije in bivalnega udobja. Bivalno udobje je pravzaprav tisto, kar je en od glavnih ciljev pri snovanju gradnje, enako pomemben je pri izvedbi sanacije.

Iz vidika ekološkega odtisa bi se z implementacijo ukrepov količina CO_2 iz dosedanjih 168 ton znižala na 94 ton na leto, kar pomeni 44% zmanjšanje emisij CO_2.

Celovita energetska sanacija pa pomeni tudi povečanje bivalnega udobja uporabnikov stavbe. Z izvedbo ukrepov se doseže kvalitetne razmere zaradi prezračevanja. Nadalje se doseže višjo površinsko temperaturo obodnih sten objekta, kar ima za posledico višjo srednjo sevalno temperaturo površin in zaradi tega boljše ugodje uporabnikov.

V Viri in literatura

1. *Metodologija izvedbe energetskega pregleda*, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, april 2007
2. *Priročnik za izvajalce energetskih pregledov, Projekt PHARE št. SL9404/0103*, Ministrstvo za gospodarstvo, oktober 1997
3. Izsek iz letnega delovnega načrta za šolsko leto 2017 – 2018, Osnovna šola Milojke Štrukelj Nova Gorica, september 2017
4. Javne zbirke prostorskih podatkov, Geodetska uprava Republike Slovenije
5. Podatki o dobavljeni energiji, izpis iz energetskega knjigovodstva programa CSRE, GOLEA Nova Gorica, september 2017

VI Priloge – izračun gradbene fizike