

## Povećanje efikasnosti korišćenja toplotne energije objekata predškolskih ustanova - studija slučaja obdanište „Ciciban“

VLADIMIR J. VUKAŠINOVIĆ, Univerzitet u Kragujevcu,

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

NEBOJŠA M. JURIŠEVIĆ, Univerzitet u Kragujevcu

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

MLADEN M. JOSIJEVIĆ, Univerzitet u Kragujevcu

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

DUBRAVKA N. ŽIVKOVIĆ, Univerzitet u Kragujevcu

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

DUŠAN R. GORDIĆ, Univerzitet u Kragujevcu

Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

Stručni rad

UDC: 373.29:620.9

DOI: 10.5937/tehnika1803381V

Zgrade obrazovnih institucija imaju veliki udeo u ukupnom broju zgrada koje pripadaju javnom sektoru i značajan deo energetske potrošnje pripada ovim zgradama. Na teritoriji Grada Kragujevca nalazi se 15 objekata koje posluju u okviru 2 predškolske ustanove, čija je specifična godišnja potrošnja toplotne energije od 79,42 kWh/m<sup>2</sup> do 491,52 kWh/m<sup>2</sup> (od 106,02 kWh/m<sup>2</sup> do 325 kWh/m<sup>2</sup> za objekte koji su povezani na sistem daljinskog grejanja). Srednja specifična godišnja potrošnja toplotne energije je značajno viša od zgrada iste namene u zemljama u okruženju. Većina objekata predškolskih ustanova je izgrađena u periodu '70 i '80 godina prošlog veka i ne poseduje adekvatnu termičku izolaciju. Na osnovu definisane metodologije analizirane su specifične potrošnje toplotne energije ovih objekata, odrađeni prioriteti za rekonstrukciju i predložene mere unapređenja energetske efikasnosti. Studijom slučaja primene predloženih mera na obdaništu „Ciciban“ pokazano je da se mogu ostvariti uštede u potrošnji toplotne energije od 36% do 58%.

**Ključne reči:** energetska efikasnost, toplotna energija, predškolske ustanove

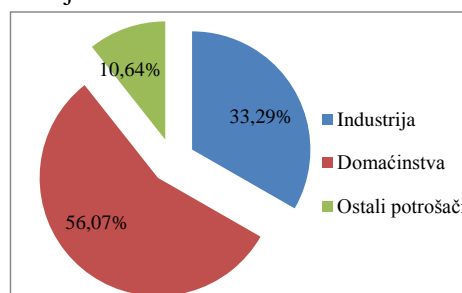
### 1. UVOD

Finalna potrošnja toplotne energije u Srbiji, u 2015. godini je iznosila 29.988 TJ. Najveći udeo u finalnoj potrošnji toplotne energije zauzima sektor domaćinstava sa 56,07%, zatim sektor industrije 33,29% i ostali potrošači 10,64%, slika 1 [1].

Ostali potrošači su (najvećim delom javni sektor), u skladu sa metodološkim objašnjenjem Republičkog zavoda za statistiku, obrazovne, zdravstvene, administrativne institucije, itd [2].

Iako potrošnja javnog sektora ima najmanji udeo u finalnoj potrošnji toplotne energije, Petrović-Bećirović

i Vasić u svom radu [3] ističu da, zbog činjenice da je veliki broj objekata izrađen u socijalističkoj eri '70 i '80 godina prošlog veka, postoji veliki potencijal za sprovođenje mera unapređenja energetske efikasnosti. Konstrukcija objekata iz ovog perioda se zasniva na armirano betonskoj nosećoj konstrukciji sa zidovima od opeke ili betona bez termičke izolacije. Godišnja potrošnja u većini ovih objekata je 2-3 puta veća nego u novim objektima.



Slika 1 - Finalna potrošnja toplotne energije prema sektorima u Srbiji, za 2015 godinu [1]

Adresa autora: Vladimir Vukašinić, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Sestre Janjić 6

e-mail: vladimir.vukasinovic@kg.ac.rs

Rad primljen: 12.10.2017.

Rad prihvaćen: 30.03.2018.

Zbog toga se unapređenju energetske efikasnosti u objektima javnog sektora poklanja sve veća pažnja [4], odnosno, uvećanje energetske efikasnosti predstavlja jedan od prioritarnih zadataka [5]. U cilju promoviranja i unapređenja efikasne upotrebe energije Vlada Republike Srbije je usvojila nekoliko akata:

- Zakon o efikasnom korišćenju energije;
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada;
- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada;
- Treći akcioni plan za energetske efikasnost Republike Srbije za period do 2018. godine.

Prema Studiji „Energetska efikasnost zgrada u Srbiji“ koju je radila Svetska banka, od ukupnog fonda zgrada javne namene, obrazovni sektor uzima 42% i značajan deo energetske potrošnje pripada ovim zgradama. S obzirom na njihovu funkciju i značajnu socijalnu ulogu energetske karakteristike ovih zgrada, kao i termička ugodnost u njima, su od velike važnosti. Ovo je posebno izraženo kada se radi o predškolskim ustanovama koje su namenjene najmlađim korisnicima [6]. Specifična godišnja potrošnja toplotne energije u obrazovnim institucijama različitog nivoa, u zemljama u okruženju i pojedinim evropskim zemljama, prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Specifična potrošnja toplotne energije za zgrade obrazovnih institucija različitih nivoa [6-10]

Zemlja (lokacija)	Specifična godišnja potrošnja toplotne energije [kWh/m <sup>2</sup> ]
Predškolske ustanove	
Bugarska (Sofija)	176
Hrvatska (Zagreb)	175,7
Danska	90 - 170
Nemačka	158
Austrija	180
Osnovne škole	
Slovenija	112 - 196
Engleska	164
Slovačka	85 - 112
Austrija	95 - 117
Nemačka	140
Severna Irska	119
Srednje škole	
Bugarska (Sofija)	109
Austrija	116
Italija	110 - 115
Severna Irska	120
Engleska	144
Švedska (Karlskrona)	210

Mere koje se primenjuju za poboljšanje energetske efikasnosti u objektima mogu se podeliti u tri osnovne grupe [11]:

- Mere poboljšanja karakteristika samog objekta kroz smanjenje potreba za grejanjem u zimskom i hlađenja u letnjem periodu (termička izolovanost i zaptivenost, zaštita od Sunčevog zračenja leti);
- Mere unapređenja termotehničkih instalacija kroz primenu opreme i uređaja sa visokim stepenom korisnosti, korišćenje otpadne toplote i obnovljivih izvora energije (bolje iskorišćenje primarne energije);
- Mere optimizacije eksploatacije tehničkih sistema kroz uvođenje automatskog upravljanja rada instalacija grejanja, hlađenja, ventilacije i veštačkog osvetljenja (termički parametri sredine se održavaju na željenom nivou samo u periodu korišćenja prostorija u zgradi).

Najveća redukcija u potrošnji energije u zgradama mogla bi biti izvršena kroz smanjenje gubitaka toplotne energije. Zbog toga se kao najčešće korišćene mere za unapređenje energetske karakteristika objekata sprovode mere za smanjenje potrošnje energije potrebne za zagrevanje prostora [11, 12, 13].

Analizom javnog sektora u radu [3] je pokazano da bi u obrazovnim institucijama ukupna finalna potrošnja energije mogla biti redukovana za 49% (sa 251,9 kWh/m<sup>2</sup> na 128,3 kWh/m<sup>2</sup>), odnosno za oko 47% u javnim zgradama (sa 301,5 kWh/m<sup>2</sup> na 159,3 kWh/m<sup>2</sup>).

Na osnovu izvršene simulacije i uporedne analize energetske zahteva za zagrevanje prostora u odnosu na različite konstrukcije termičkog omotača i različitim vrstama stolarije, Dragičević [12] je zaključila da se u javnim zgradama potrošnja energije za zagrevanje prostora može smanjiti do 61%.

Primenom mera za unapređenje energetske efikasnosti na primeru jedne osnovne škole pokazano je da je moguće postići uštede do 48% energije potrebne za zagrevanje prostora (sa 168,99 kWh/m<sup>2</sup> do 87,94 kWh/m<sup>2</sup>).

Energetska sanacija ovog objekta, obuhvatila je postavljanje termoizolacije na svim fasadnim zidovima objekta, zamenu stolarije, rekonstrukciju krovne konstrukcije i zamenu kotla za grejanje [14].

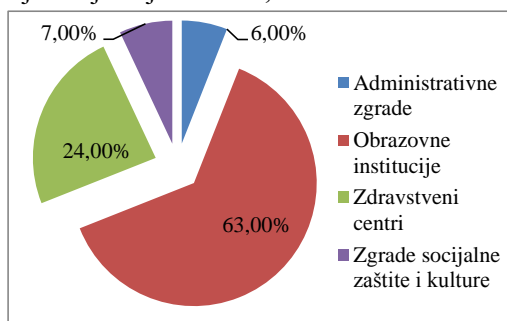
Pojedina iskustva su pokazala da u zavisnosti od primenjenih mera energetske efikasnosti, uštede u potrošnji energije mogu biti i do 80% [15]. Nikolić i ostali su u svom radu [16] predložili tri seta mera koji mogu biti primenjeni na javne zgrade i to:

- set mera koje zahtevaju srednji nivo investicija - standardne mere energetske efikasnosti bez promena dimenzija objekta;

- set visoko efikasnih mera - unapređenje mere energetske efikasnosti bez promene dimenzija zgrade;
- set visoko efikasnih mera sa uvećanjem površine i zapremine objekta.

Primenom ovih mera na jednom obdaništu u Nišu, isti autori su pokazali da je moguće ostvariti uštede od oko 56% (sa 137,79 kWh/m<sup>2</sup> na 60,17 kWh/m<sup>2</sup>) za prvi set mera, odnosno oko 80% (sa 137,79 kWh/m<sup>2</sup> na 28,01 kWh/m<sup>2</sup>) za drugi set mera [16].

Analiza potrošnje toplotne energije u objektima javnih ustanova u Kragujevcu (na osnovu prikupljenih podataka od strane autora o potrošnji i troškovima za toplotnu energiju) pokazuje da zgrade obrazovnih institucija imaju najveći udeo, slika 2.



Slika 2 - Udeo pojedinih sektora javne potrošnje u prosečnoj potrošnji toplotne energije u Kragujevcu

Sa ciljem sticanja uvida u specifične potrošnje toplotne energije i određivanja prioriteta za rekonstrukciju, u ovom radu je izvršena analiza potrošnje toplotne energije u zgradama predškolskih ustanova u Kragujevcu. Takođe, kroz studiju slučaja, prikazane su mogućnosti ušteda u potrošnji toplotne energije primenom mera energetske efikasnosti za objekte koji se toplotnom energijom snabdevaju iz sistema daljinskog grejanja.

## 2. MATERIJAL I METOD

Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada, za Grad Kragujevac je usvojen broj grejnih stepen dana  $HDD_a$  u iznosu od 2610 [°C dan] [17]. Stvarni broj grejnih stepen dana, koji se dobija na osnovu podataka Republičkog hidrometeorološkog zavoda, razliku je se od usvojenog, pa je u cilju što preciznijeg određivanja specifične godišnje potrošnje toplotne energije  $Q_{H,nd,s}$  [kWh/m<sup>2</sup>] korišćen izraz (1):

$$Q_{H,nd,s} = \frac{1}{A} \cdot \left[ \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_i} \right] \cdot \frac{1}{n} \cdot HDD_a \quad (1)$$

Gde su:

- $A$  [m<sup>2</sup>] - grejana površina objekta,
- $n$  [-] - broj igodina,
- $Q_i$  [kWh] - potrošnja toplotne energije u toku  $i$ -te godine,

$HDD_i$  [°Cdan] - stvaran (izmeren) broj grejnih stepen-dana  $i$ -te godine.

Proračunate vrednosti stepen-dana prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda za tri godine prikazani su u tabeli 2:

Tabela 2. Vrednosti grejnih stepen dana za Kragujevac

Godina	2014	2015	2016
$HDD$	2.133	2.510	2.349

Prema Pravilniku [17], na osnovu dobijenih vrednosti specifične godišnje potrošnje toplotne energije, vrši se određivanje energetske razreda objekata. Energetski razredi objekata propisani Pravilnikom, B prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Energetski razredi novoizgrađenih i postojećih objekata namenjenih obrazovanju i kulturi

Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	nove	postojeće
		$Q_{H,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	$Q_{H,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]
A+	≤ 15	≤ 10	≤ 12
A	≤ 25	≤ 17	≤ 20
B	≤ 50	≤ 33	≤ 38
C	≤ 100	≤ 65	≤ 75
D	≤ 150	≤ 98	≤ 113
E	≤ 200	≤ 130	≤ 150
F	≤ 250	≤ 163	≤ 188
G	> 250	> 163	> 188

Određivanje prioriteta za rekonstrukciju vrši se na osnovu izračunatih vrednosti specifične godišnje potrošnje toplotne energije i obavljenih energetske pregleda objekata. Ovim pregledima određuje se stanje termičkog omotača objekata i stanja termotehničkih instalacija i dobijaju podaci o komforu korisnika. Nakon određivanja prioriteta za rekonstrukciju, predlažu se mere za unapređenje energetske efikasnosti i procenjuju ostvarene energetske uštede. Za procenu efekata primenjenih mera energetske efikasnosti, odnosno ostvarenih energetske ušteda, u radu je korišćen softver Knauf Term2 PRO S.

## 3. ANALIZA POTROŠNJE I ODREĐIVANJE PRIORITETA ZA REKONSTRUKCIJU

Na teritoriji Grada Kragujevca nalazi se 15 objekata koje posluju u okviru 2 predškolske ustanove finansirane od strane Grada. Objekti su različitih površina, u najvećem broju izgrađeni 70-ih i 80-ih godina prošlog veka, tabela 4. Četiri objekta imaju individualne sisteme grejanja u kojima se kao energent najčešće koriste prirodni gas i u jednom obdaništu lož-ulje, dok su ostali objekti priključeni na sistem gradskog daljinskog grejanja.

Tabela 4. Karakteristike objekata predškolskih ustanova

Objekat	Izgrađeno/renovirano	A [m <sup>2</sup> ]	Sistem grejanja	$Q_{H,nd,s}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Bambi	1974	1360	daljinsko grejanje	231,36
Cvetić	2010	450	prirodni gas	79,42
Naša Radost	1967	277	daljinsko grejanje	291,20
Leptirić	1948	400	daljinsko grejanje	325,17
Poletarac	1982	2769	daljinsko grejanje	138,69
Lane	1974	903	daljinsko grejanje	209,41
Sunce	2008	387	daljinsko grejanje	106,02
Crvenkapa	1974	1486	lož-ulje	491,52
Švrća	1969	106	daljinsko grejanje	213,99
Neven	1974/2006	2002	prirodni gas	120,37
Čuperak	1980	1294	prirodni gas	280,35
Kolibri	1974	1908	daljinsko grejanje	157,49
Bubamara	1963/2009	754	daljinsko grejanje	261,63
Zeka	1973	942	daljinsko grejanje	195,51
Ciciban	1974	1160	daljinsko grejanje	283,36
			PROSEČNO	225,77

Specifična godišnja potrošnja toplotne energije kreće se od 79,42kWh/m<sup>2</sup> za objekat „Cvetić“ izrađen 2010. godine do 491,52 kWh/m<sup>2</sup> za objekat „Crvenkapa“. Na osnovu navedenih specifičnih potrošnji zaključuje se da ni jedan objekat predškolskih ustanova u Kragujevcu ne zadovoljava potrošnju energetskog razreda C ili nižu (ni objekti izgrađeni 2008. i 2010. godine). Posebno je bitno istaći činjenicu da se 10 od 15 objekata nalazi u najnižem G energetskom razredu.

Upoređivanjem ovih potrošnja sa podacima iz tabele 1, vidi se da srednja specifična godišnja potrošnja toplotne energije je u objektima predškolskih ustanova u Kragujevcu znatno viša nego u zemljama u okruženju (Bugarska i Hrvatska), odnosno 30% viša nego u Nemačkoj i 20% u odnosu na Austriju. Na osnovu izvršenih pregleda objekata, podataka o specifičnoj potrošnji toplotne energije i sprovedene analize ustanovljeno je da većina razmatranih objekata zahteva rekonstrukciju obzirom da su samo dva objekta renovirana i dva izgrađena u prethodnih 10 godina.

Obdaništa koji se snabdevaju iz sistema daljinskog grejanja imaju specifične potrošnje od 106,02 kWh/m<sup>2</sup> do 325,17kWh/m<sup>2</sup>. Najveću specifičnu potrošnju toplotne energije imaju objekti obdaništa „Leptirić“ (325,17 kWh/m<sup>2</sup>), „Naša Radost“ (291,20 kWh/m<sup>2</sup>) i „Ciciban“ (283,36 kWh/m<sup>2</sup>). Obdaništa „Leptirić“ i „Naša Radost“ su male površine, smeštena u adaptiranim porodičnim kućama od istorijskog značaja. Za razliku od ova dva objekta, obdanište „Ciciban“ je izrađeno namenski za potrebe boravka dece i ovaj objekat je odabran kao prioritetan za rekonstrukciju.

Obdanište „Ciciban“ je izgrađeno 1974. godine i ima grejnu površinu objekta od 1160 m<sup>2</sup>.



Slika 3 - Stanje spoljašnjih zidova

Obzirom da je objekat star više od 40 godina bez adekvatne izolacije, pri čemu nisu vršena značajna ulaganja u njegovo održavanje, omotač objekta je u veoma lošem stanju, slike 3-5. Sem toga, kao posledica lošeg stanja termičkog omotača, optimalni uslovi termičke ugodnosti nisu obezbeđeni tokom cele godine.



Slika 4 - Stanje krova i stolarije

Građevinske karakteristike ovog obdaništa su slične ostalim obdaništima na teritoriji Grada iz ovog perioda, pa se može smatrati da će primenjene mere za unapređenje energetske efikasnosti imati slične efekte na ove objekte.



Slika 5 - Stanje unutrašnjih zidova

Prikazana specifična godišnja potrošnja toplotne energije, dobijena je na osnovu prikazane metodologije koja je uzela u obzir stvarni broj stepen dana i realnu izmerenu potrošnju toplotne energije. Prema Pravilniku [17] energetske performanse zgrade se određuju na osnovu usvojene vrednosti broja grejnih stepen dana za gradove i opštine u Srbiji i na osnovu građevinskih karakteristika objekata.

Korišćenjem softvera Knauf Term2 PRO S koji računa specifičnu potrošnju toplotne energije u skladu sa metodologijom iz Pravilnika [17] dobijena je vrednost od 274,51 kWh/m<sup>2</sup>. Razlika u vrednostima godišnjih specifičnih potrošnji je manja od 3%.

#### 4. PRIMENA MERA ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI - STUDIJA SLUČAJA

##### Građevinska konstrukcija objekta

Objekat se sastoji od tri građevinske celine, slika 6: zastakljeni deo (I deo), pravougaoni zidani deo (II deo) i šestougaoni zidani deo (III deo). Zastakljeni deo je potpuno zastakljen sa tri strane (od poda do krova),

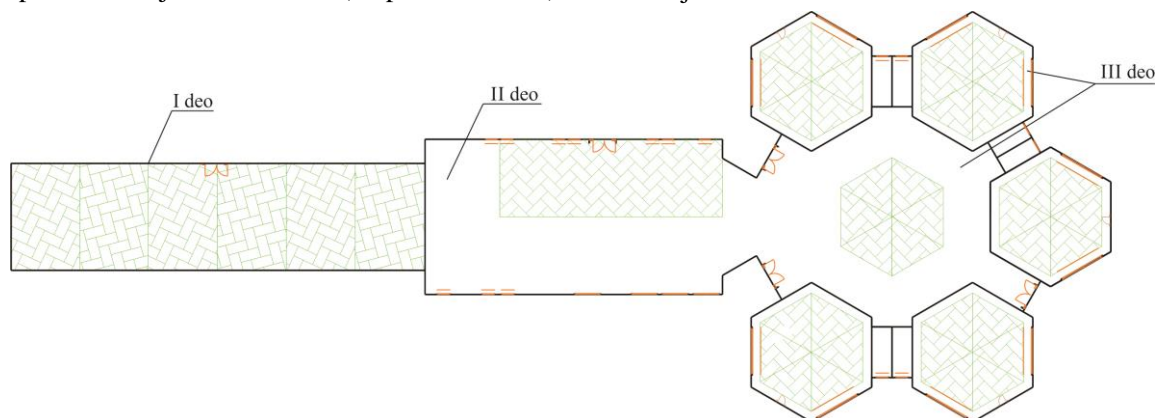
dok kod pravougaonog dela postoji kombinacija zidnih površina i prozora.

Šestougaoni zidani deo ima specifičnu geometriju koja se sastoji od pet spoljašnjih i jednog centralnog šestougaonika. U ovom delu preovlađuju zastakljene površine dok se zidne površine se nalaze u osnovi na visini od 1 m.

Tabela 5. Struktura termičkog omotača

Konstrukcija	Površina [m <sup>2</sup> ]
Spoljni zid 1 (krečni malter 2 cm; šuplja opeka 25 cm)	211,27
Spoljni zid 2 (beton 30 cm)	53,57
Ravan krov (produženi krečni malter 2 cm; šljaka blok 20 cm; cementni estrih 5 cm; bitumenska hidroizolacija 0,3 cm; laki betonski elementi 3cm)	468,12
Kos krov 1 (lamperija 1 cm; staklena vuna 5 cm; iverica 1,5 cm; bitumenska hidroizolacija 0,2 cm; krovna lepenka 0,3 cm)	507,87
Kos krov 2 (krečni malter 2 cm; šljaka blok 20 cm; cementni estrih 5 cm; krovna lepenka 0,3 cm)	230,83
Prozori 1 (čelični okvir jednostruko zastakljen)	170,0
Prozori 2 (jednokrilni i dvokrilni drveni okvir dvostruko zastakljen)	323,85
Spoljna vrata (čelični okvir jednostruko zastakljen)	4,40
Pod iznad negrejanog prostora (keramičke pločice 1 cm; cementni estrih 4 cm; bitumenska hidroizolacija 0,2 cm; beton 20 cm)	159,37
Pod na tlu 1 (parket 2,2 cm; cementni estrih 4 cm; bitumenska hidroizolacija 0,2 cm; beton 10 cm; šljunak 10 cm)	844,3
Pod na tlu 2 (keramičke pločice 1 cm; cementni estrih 4 cm; bitumenska hidroizolacija 0,2 cm; beton 10 cm; šljunak 10 cm)	313,33

U tabeli 5 prikazana je struktura termičkog omotača objekata



Slika 6 - Celine objekta

### Sistem grejanja

Toplotna energija se objektu dovodi iz sistema daljinskog grejanja i predaje su u podstanici čiju osnovu čini pločasti razmenjivač instalisane snage 245 kW. Razvod tople vode od podstanice do grejnih tela (konvektora) se ostvaruje prinudnom cirkulacijom kroz čelične cevi. Cevovod je izolovan u negrejanom delu objekta.

Za zagrevanje tople sanitarne vode se koriste električni bojleri, snage 2 kW. Ukupan broj ovih uređaja je tri jedinice. Topla voda se koristi u sanitarnim čvorovima i u kuhinji za pranje sudova.

### Predlog mera

Sanacija postojećih objekata, prema Pravilniku [16] mora da rezultuje unapređenjem energetskog razreda minimalno za jedan. U okviru studije slučaja predviđene su četiri mere koje podrazumevaju:

1. Ugradnju lokalne regulacije - ugradnja termostatskih regulacionih ventila;

Izolaciju spoljnog zida i krova. Izolacijom zidova i krova postiže se smanjenje koeficijenta prolaza toplote. Pravilnikom [17] propisane su najveće dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote za elemente termičkog omotača koje moraju biti zadovoljne nakon rekonstrukcije. Kod zidova i krovova predviđena je izolacija kamenom vunom (90 mm i 160 mm) kao osnovnim materijalom uz ostale elemente koji čine kompaktnu fasadu. Kod izolacije krovova predviđeno je i dodavanje hidroizolacionih materijal. Usporedne vrednosti koeficijenta prolaza toplote pre i nakon primene predloženih mera prikazane su tabeli 6.

Tabela 6. Koeficijenti prolaza toplote termičkog omotača pre i nakon primene mera

Konstrukcija	Postojeće stanje	Nakon primene mera
Spoljni zid 1	1,653	0,327
Spoljni zid 2	3,344	0,363
Ravan krov	1,462	0,199
Kos krov 1	0,485	0,199
Kos krov 2	1,887	0,199

Zamena postojećih prozora, vrata i zastakljenih površina novom PVC stolarijom. U tabeli 7 prikazani su koeficijenti prolaza toplote za postojeće stanje i stanje nakon zamene.

Tabela 7. Koeficijenti prolaza toplote prozora i vrata pre i nakon primene mera

Konstrukcija	Postojeće stanje	Nakon primene mera
Prozori 1	5,8	1,3
Prozori 2	3,3	1,3
Spiljna vrata	3,5	1,3

Zamena zastakljenih površina u okviru I dela objekta zidanom konstrukcijom. U tabeli 8 prikazani su koeficijenti prolaza toplote za elemente pre i posle primene mere.

Tabela 8. Koeficijenti prolaza toplote prozora i vrata pre i nakon primene mera

Konstrukcija	Postojeće stanje	Nakon primene mera
Prozori 1 - Zid	5,8	0,327

### Efekti predloženih mera

Predložene mere daju različite rezultate u pogledu ostvarenih ušteda u potrošnji toplotne energije. Primena pojedinih pojedinačnih mera, kao što je slučaj sa izolacijom zidova i krova nije razmatrana. Obzirom na kompletno stanje termičkog omotača, izolacija zidova i krovova bez zamene dotrajale stolarije ne bi imala željene efekte i ne bi bila opravdana sa stanovišta redosleda izvođenja radova. Zbog toga je, u praktičnoj primeni, predviđeno kombinovanje pojedinih mera u cilju postizanja većih energetskih ušteda. U okviru studije slučaja analizirano je četiri različita slučaja (rekonstruisana stanja) primene mera za unapređenje energetske efikasnosti označenih kao EE01 - EE04.

#### EE01

Prvi predloženi slučaj podrazumeva ugradnju termostatskih regulacionih ventila na postojeća grejna tela unutar objekta. Primenom predložene mere ostvaruje se godišnja ušteda toplotne energije od 16,38 kWh/m<sup>2</sup> odnosno oko 6%.

#### EE02

Zamena prozora i vrata, kao i ugradnja termostatskih regulacionih ventila predviđena je drugim slučajem. Kako, u okviru postojećeg stanja, koeficijent prolaza toplote ima vrednosti od 3,3 za drvenu stolariju do 5,8 za čeličnu, ugradnjom nove stolarije, koja zadovoljava maksimalne vrednosti koeficijenta prolaza toplote definisane pravilnikom, i termostatskih regulacionih ventila postiže se ušteda od 36,1%. Specifična godišnja potreba za toplotnom energijom iznosila bi 175,53kWh/m<sup>2</sup> što bi objekat svrstalo u F energetski razred (jedan iznad postojećeg).

#### EE03

Ovaj slučaj razmatra, pored primene mera definisanih kroz EE02, i izolaciju spoljnog zida i krova. Primenom ovih mera, koeficijenti prolaza toplote, za zidove i krov, kao i za zastakljene površine, bi se doveli u granice dozvoljenih vrednosti propisanih pravilnikom.

Nakon primene predloženih mera, potrebna godišnja specifična toplotna energija za grejanje objekta bi iznosila 116,20 kWh/m<sup>2</sup> čime bi se energetski razred podigao za dva nivoa u odnosu na postojeće stanje (sa

G na E). Ukupna godišnja ušteda toplotne energije iznosila bi oko 57,7%.

#### EE04

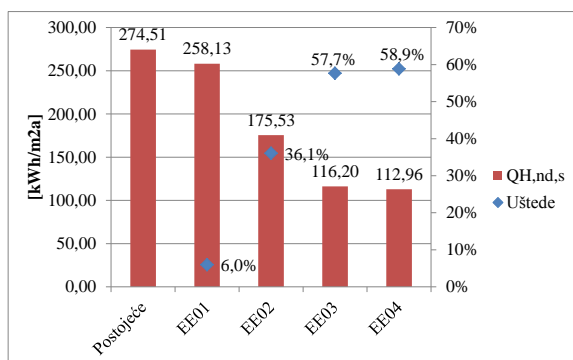
Kako bi se dodatno smanjili gubici toplote, četvrtim slučajem je predviđeno da se deo zastakljenog dela objekta (I deo) zameni zidanom konstrukcijom (zid sa adekvatnom termičkom izolacijom). Netransparentna konstrukcija bi bila izgrađena na 117 m<sup>2</sup> dok ja na 56 m<sup>2</sup> predviđena ugradnja PVC stolarije. Ostale mere bi bile iste kao u slučaju EE03. Specifična godišnja potreba za toplotnom energijom bi, u ovom slučaju, iznosila 112,96 kWh/m<sup>2</sup> čime bi energetska razred objekta bio na granici između E i D. Ostvarene godišnje uštede bi, u ovom slučaju, bile oko 58,9%.

### 5. ZAKLJUČAK

Ostvarivanje optimalnih uslova termičkog komfora u predškolskim ustanovama je od velikog značaja uzimajući u obzir uzrast i potrebe korisnika.

Većina objekata predškolskih ustanova u Kragujevcu je izgrađena u periodu intenzivne gradnje koja se odlikuje građevinskom konstrukcijom bez adekvatne izolacije termičkog omotača. Obzirom na do trajalost objekata i nepostojanje adekvatne izolacije, primenom definisane metodologije i prikupljenih podataka o potrošnji toplotne energije, zaključeno je da većina objekata u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada, spada u najniži G energetska razred. Zgrade predškolskih ustanova u Kragujevcu imaju srednju specifičnu godišnju potrošnju toplotne energije koja je značajno viša od zgrada iste namene u zemljama u okruženju.

Kako najveća redukcija u potrošnji energije u zgradama može biti izvršena kroz smanjenje gubitaka toplotne energije, u radu su kroz studiju slučaja prikazani efekti primene pojedinih mera energetske efikasnosti, odnosno njihovih kombinacija. Nakon analize specifičnih godišnjih potrošnja toplotne energije i obavljenih energetskih pregleda kao prioritarno za rekonstrukciju odabrano je obdanište „Ciciban“. Efekti primene predloženih mera na odabranom objektu prikazani su na slici 7.



Slika 7 - Efekti primene predloženih mera

Ostvarene uštede se, u odnosu na postojeće stanje, kreću od 6% u slučaju ugradnje lokalne regulacije na grejnim telima do oko 58% za izolaciju zidova i krovova i zamenu postojeće stolarije novom koja zadovoljava vrednosti koeficijentata prolaza toplote definisane Pravilnikom.

Kako je većina objekata predškolskih ustanova izrađena u istom vremenskom periodu (iste karakteristike građevinske konstrukcije) kada i objekat koji je razmatran kroz studiju slučaja, primena predloženih mera bi dala slične efekte. Primenom mera energetske efikasnosti koje bi bile u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada na objekte predškolskih ustanova u Kragujevcu mogle bi se postići uštede od 36% do 58% toplotne energije, što bi predstavljalo i značajne uštede za budžet Grada.

### 6. ZAHVALNICA

Rad nastao kao rezultat istraživanja na projektu III 42013 - „Istraživanje kogeneracionih potencijala u komunalnim i industrijskim energanama Republike Srbije i mogućnosti za revitalizaciju postojećih i gradnju novih kogeneracionih postrojenja“, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### LITERATURA

- [1] Republički zavod za statistiku. Bilans toplotne energije [Internet]. 2015. (Citirano 22. septembar 2017) Dostupno na: <http://www.stat.gov.rs/WebSite/userFiles/file/Energetika/2017-02-28/Bilans%20-toplotne%20energije,%202015.pdf>
- [2] Republički zavod za statistiku. Godišnji energetska bilans za toplotnu energiju - metodološke osnove. Citirano 22. septembar 2017) Dostupno na: [http://www.stat.gov.rs/WebSite/userFiles/file/Energetika-smet/SMET0070T0C\(1\).pdf](http://www.stat.gov.rs/WebSite/userFiles/file/Energetika-smet/SMET0070T0C(1).pdf)
- [3] Petrović Bećirović S. Vasić M. Methodology and results of Serbian Energy-Efficiency Refurbishment Project, *Energy and Buildings*, Vol.62, pp. 258-267, 2013.
- [4] Todorović M. Ećim O. Martinović I. Izbor prilaza unapređenju energetske efikasnosti i održivosti zidanih zgrada, *Materijali i konstrukcije*, Vol. 53 No. 4, pp. 5-27, 2010.
- [5] Pendić Z. Jakovljević B. Pastuović N. Marković, Ž. Energetska efikasnost – Jedan predlog. *Tehnika*, Vol. 70, No. 5, pp. 879-883, 2015.
- [6] Dias Pereira L. Raimondo D. Paolo Corgnati S. Gameiro da Silva M. Energy consumption in schools - A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Review*, Vol. 40, pp. 911-922, 2014.

- [7] Sofia Energy Agency – SOFENA: *Monitoring of energy performance of municipal buildings in Bulgaria*. Summary Report, Sofia, 2007.
- [8] Čulig-Tokić D. Krajačić G., Doračić B. Vad Mathiesen B. Krklec R. Moller Larsen J. Comparative analysis of the district heating systems of two towns in Croatia and Denmark. *Energy*, Vol. 92, pp. 435-443, 2015.
- [9] Rose J. Engelund Thomsen K. Energy saving potential in retrofitting of non-residential buildings in Denmark. *Energy Procedia* Vol. 78, pp. 1009-1014, 2015.
- [10] Power A. Zulaf M. *Cutting Carbon Costs: Learning from Germany's Energy Saving Program*. Germany, 2011
- [11] Todorović M, Ristanović M, *Efikasno korišćenje energije u zgradama*, Univerzitet u Beogradu, 2015, ISBN 978-86-7522-049-7
- [12] Dragičević S. Primena dinamičkih simulacija u analizi mera za unapređenje energetske efikasnosti objekata. *Vojnotehnički glasnik*, Vol. 64, No. 1, pp. 75-91, 2016.
- [13] Perez-Lombard L. Ortiz J. Pout C. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, Vol. 40, pp. 394-398, 2008.
- [14] Radosavljević J. Živanović S. Vukadinović A. Đorđević A. Petrović N. Energetska sanacija objekta Osnovne škole "Dobriša Stambolić" u Svrlijigu. *Tehnika*, Vol. 72, No. 3, pp. 331-338, 2017.
- [15] Agić E. Šljivac D. Topić D. The possibilities of increasing the energy efficiency in the city of Tuzla. *Tehnicki vjesnik*, Vol. 19, No. 1, pp. 131-139, 2012.
- [16] Nikolić M. Milojković A. Stanković D. Bogdanović V. Mijailović I. Implementation models for energy recovery measures of existing kindergarten facilities in Serbia. *Tehnički vjesnik*, Vol. 23, No. 2, pp. 437-446, 2016.
- [17] Vlada Republike Srbije. Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada. ("Službeni glasnik RS" broj 61/2011).
- [18] Vasić M. Petrović Bećirović S. Methodology and results of Serbian energy-efficiency refurbishment project. *Energy and Buildings*, Vol. 62, pp. 258-267, 2013.

## SUMMARY

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF USING HEAT IN PRESCHOOL BUILDINGS - CASE STUDY OF „CICIBAN“ KINDERGARTEN

*Educational buildings have a significant share in the total number of buildings of public sector. Also, significant part of energy consumption belongs to these buildings. There are 15 kindergartens that are under 2 preschool institutions. Their specific annual heat consumptions are from 79.42 kWh/m<sup>2</sup> to 491.52 kWh/m<sup>2</sup> (from 106.02 kWh/m<sup>2</sup> to 325 kWh/m<sup>2</sup> for objects connected to the district heating system). The average specific annual heat consumption is about 22% more than the consumption in neighboring countries. Most kindergarten buildings were built in the '70 and '80s of the last century and do not have adequate thermal insulation. Based on the defined methodology, specific annual heat consumption of these buildings has been analyzed, priorities for reconstruction have been defined and measures for improvement of energy efficiency have been proposed. Conducted case study of implementing the proposed measures at "Ciciban" kindergarten showed that savings could be from 36% to 58% in heat consumption.*

**Key words:** *energy efficiency, heat consumption, preschool buildings*