

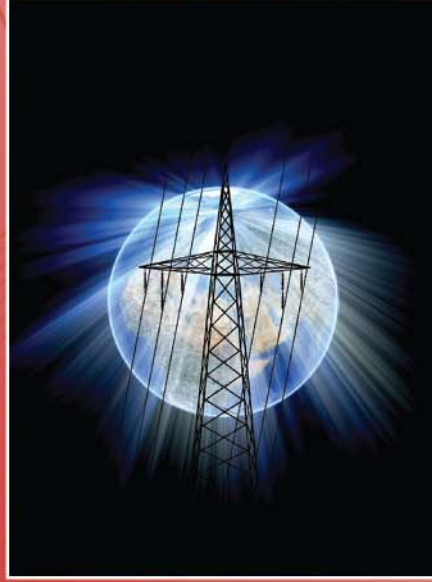
ISSN br. 0354-8651



List Saveza energetičara
Broj 1-2 / Godina XVIII / Mart 2016.
UDC 620.9

energija

■ ekonomija ■ ekologija



ENERGETIKA 2016

Небојша Јуришевић, Младен Јосијевић, Никола Ракић, Александар Миловановић
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу

UDC: 621.316.17 (497.11)

Специфична потрошња финалне енергије у предшколским установама у Крагујевцу

РЕЗИМЕ

У овом раду се анализирају параметри потрошње финалне енергије у предшколским установама на територији града Крагујевца. Комбинација података локалних комуналних предузећа и установа укључених у истраживање има за циљ да пружи увид у специфичне потрошње јавних установа и одреди приоритете за реконструкцију. Обрачунавање утрошка топлотне енергије мерењем калориметрима и напуштање старог, фиксног, тарифног система наплате омогућило је квантификавање индивидуалних потрошњи топлоте сваког од објеката засебно. Добијени резултати су показали да се све предшколске установе на територији града налазе у нижем енергетском разреду од законом прописаног „С” а да се сви објекти осим два изграђена након и једног реновираног 2010. године се налазе или у „F” или у најнижем „G” енергетском разреду.

Кључне речи: енергетска ефикасност, специфична потрошња енергија, предшколске установе

ABSTRACT

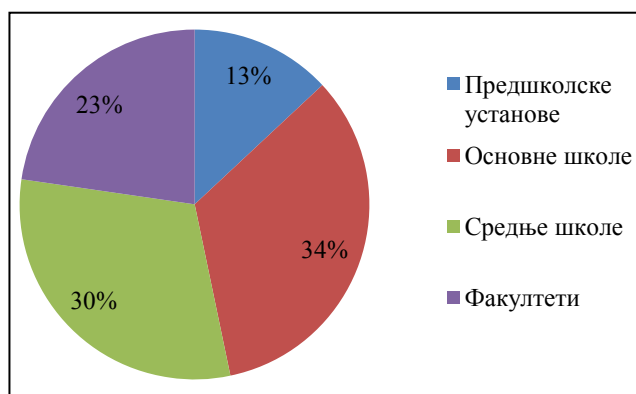
Specific energy Consumption of preschool buildings in the city of Kragujevac has been analyzed in this paper. The review of specific consumption of energy and determination of refurbishment priorities was made according to combination of data outsourced by local utility services and representatives of analyzed institutions. Introduction of new billing system, according to (measured) consumption of heat instead of an old fixed tariff system where payments were made due to heated surface of the building enabled quantification of heat consumption for individual buildings. Analyzed data shows that all monitored preschool institutions in Kragujevac have specific heat consumption higher than allowed by the law and that all buildings have energy class higher lower than „С”, and that all buildings except the one renovated in 2010 and the two build after that has eater “F” eater the lowest “G” energy class.

Key words: energy efficiency, specific energy consumption, preschool buildings

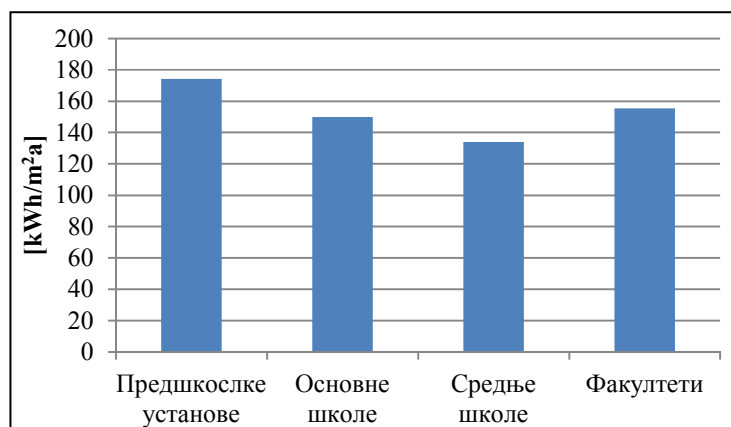
УВОД

Република Србија према званичним подацима Еуростата [1] [2] и Светске банке [3] бележи највећу потрошњу финалне енергије према оствареној јединици бруто домаћег производа (2013.г.). Године 2013. влада Републике Србије је усвојила Закон о ефикасном коришћењу енергије [4] чиме уређује услове и начине ефикасног коришћења енергије и енергената у сектору производње, пре-

носа, дистрибуције и потрошње на територији републике и даје допринос глобалним циљевима. Исте године на територији града Крагујевца, за објекте прикључене на градски систем даљинског грејања, почиње обрачунавање потрошње топлотне енергије по утрошку, и постепено напуштање старог, фиксног, тарифног система наплате по јединици површине грејаног простора. Нови начин наплате омогућио је контролу реалне потрошње топлотне енергије објеката који се греју на овај



Слика 1.- Прерасподела укупне потрошње топлотне енергије у образовним установама у Крагујевцу



Слика 2.- Средња специфична потрошња топлоте образовних установа у Крагујевцу

начин што уједно служи и као подстицајна мера потрошачима да штеде енергију и термички изолују своје објекте. Иако стамбени сектор у Републици Србији бележи већу потрошњу финалне енергије у поређењу са јавним 32.51% према 8.6% респективно (2014. г.) [5], праћење стања енергетске ефикасности јавних објеката добија све више на значају како због еколошких тако и из економских разлога. Сектор услуга у Европи (јавни и приватни) забележио највиши раст у уделу потрошње финалне енергије од 41.4% у периоду од 1990 – 2010. и 12.2% у периоду од 2005 – 2010.г. [6]. За 2015.г. у Републици Србији прогнозиран је раст потрошње финалне енергије за чак 9% у односу на претходну [7]. Због свега наведеног, поштовање законских правилника при изградњи и пројектовању нових објеката, као и контрола и унапређење ефикасности раније изграђених стамбених и нестамбених зграда, имају за циљ да у што већој мери рационализују потрошњу финалне енергије и тиме, у одређеној мери, допринесу националним и глобалним циљевима.

Образовне установе због своје намене имају значајну друштвену одговорност. Због своје бројности, радног времена а и додатних услуга као што су кантине и базени бележе највишу потрошњу унутар јавног сектора. Удели прерасподеле потрошње топлотне енергије унутар образовних установа у Крагујевцу приказани су на *графику 1*.

Иако предшколске установе бележе свега 13% укупне потрошње топлотне енергије анализираних образовних установа на територији града, њихова укупна грејна површина чини 11.1% грејаних површина свих анализираних образовних установа (основне школе 33.3%, средње школе 33.9% факултети 21.7%) што специфичну потрошњу топлоте предшколских установа чини највећом међу четири посматране (*слика 2*). Како би се одредило енергетско стање (потрошња финалне енергије) сваке предшколске установе засебно квантификована је њихова специфична потрошња топлотне и електричне енергије.

2. МЕТОДА/АНАЛИЗА

Потребе за грејањем, условљене временским условима у дефинисаном периоду исказане су у грејним степен-данима, рачунатим према унутрашњој пројектованој температури од 20°C и температурном прагу грејања од 12°C. Средње спољне температуре су преузете из дневних извештаја Републичког хидрометеоролошког завода [8]. Средња вредност степен дана за град Крагујевац усвојена према [9] као и прорачунате вредности степен-дана према [8] за две грејне сезоне приказане су у *табели 1*.

Начини грејања, који зависе од локације и године изградње објекта су различити. Највећи број посматраних јавних објеката се греје преко система градског даљинског грејања, док релативно мали број објеката као извор грејања користи природни гас и лож уље. Специфична потрошња топлоте анализираних објеката је представљена као однос средњих вредности укупне потрошње топлотне енергије за посматрани период (период без промене намене објекта, стања омотача зграде, грејане површине, начина грејања итд.) и грејане површине објекта. Вредности индивидуалне потрошње топлотне енергије сваког од анализираних објеката за једну или две грејне сезоне (2013/14 и 2014/15) у зависности од доступности података, измерене су калориметрима или одређене на основу потрошње грејног енергента у зависности од начина грејања.

Табела 1.- Вредности грејних степен-дана за Крагујевац

Грејна сезона	просечно	2013/14	2014/15
Грејни степен-дан (°Сдан)	2610	2176	2445

Табела 2.- Општи подаци о енергентима и начину грејања истраживаних објеката

Енергент	Калорична вредност	Ефикасност котла [-]
Природни гас	34000 [kJ/Nm ³]	0,9
Лож уље	38520 [kJ/l]	0,9
Градско даљинско грејање	-	-

Карактеристике горива и система грејања објеката анализираних у раду приказани су у табели 2.

Како би се енергетски разред сваког од анализираних објеката одредио што прецизније тј. у што већој мери занемарио утицај разлике (стварног) броја степен дана посматраног периода у односу на (средњи) број степен дана за град Крагујевац усвојен Правилником о енергетској ефикасности зграда [9], специфична потрошња топлоте образовних установа у раду је одређивана према изразу 1.1:

$$SHC = \frac{1}{A} \cdot \left[\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_i} \right] \cdot \frac{1}{n} \cdot HDD_a \cdot 10^3 \quad (1.1)$$

При чему је:

- SCH [kWh/m²a] - специфичне потрошња топлоте
- A [m²] - грејана површина објекта
- n [-] - број i грејних сезона
- Q_i [MWh] - потрошња топлотне енергије у току i -те грејне сезоне
- HDD_i [°C day] - стваран (измерен) број степен-дана i -те грејне сезоне
- HDD_a [°C day] - средњи број грејних степен-дана усвојен према правилнику [9]

Такође, за сваки од анализираних објеката, а за потребе поређења њихових специфичних потрошњи топлоте, одређена је и специфична потрошња по кориснику услуге [MWh/user] према изразу 1.2:

$$SHC_{user} = \frac{1}{N_u} \cdot \left[\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_i} \right] \cdot \frac{1}{n} \cdot HDD_a \quad (1.2)$$

Процентуални однос остварене (SHC) и максималне дозвољене специфичне потрошње (SHC_{max}) дефинисане према правилнику [9], одређује енергетски разред објекта. Класификација енергетских разреда са прописаним оквирима специфичних потрошњи топлоте за новоизграђене и постојеће зграде, према [9] приказана је у табели 3.

Специфична потрошња електричне енергије (по кориснику услуге), за период почевши од 2010. а закључно са 2014.г. одређена је према изразу:

$$SEC_{user} = \frac{1}{N_u} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{ei} \cdot \frac{1}{n} \quad (1.2)$$

Где је:

SEC_{user} [MWh/user.a] – специфична потрошња електричне енергије по кориснику

Q_{ei} [MWh] – потрошња електричне енергије на годишњем нивоу

Како би поређење специфичних потрошњи топлоте у Републици Србији (град Крагујевац) са специфичним потрошњама у другим земљама било могуће потребно је у анализу параметара укључити и климатски фактор. За потребе тих поређења извршена је нормализација специфичних потрошњи према оствареном броју степен дана према обрасцу 1.3 и 1.4:

$$SHC_{HDD} = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_a} \cdot 10^6 \quad (1.3)$$

$$SHC_{HDD} = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_a} \cdot 10^6 \quad (1.4)$$

где је:

Табела 3.- Енергетски разреди новоизграђених и постојећих зграда

Енергетски разред	SHC/SHC _{max} [%]	SHC [kWh/(m ² a)]	SHC [kWh/m ² 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

SHC_{HDD} [Wh/(m²a·°CDay)] - Нормализована вредност потрошње специфичне топлоте (по јединици површине)

$SHC_{HDD_{user}}$ [kWh/user.a·°CDay)] - Нормализована вредност потрошње специфичне топлоте (по кориснику услуге)

N_u [-] - Број корисника услуге

За сваки тип школског објекта добијене вредности специфичних потрошњи топлоте су поређене са вредностима специфичних потрошњи одговарајућих објеката земаља које се према средњем броју степен дана [10] налазе у истој, умереној, групи у којој и Република Србија (2200 – 4400 °CDay [10]).

$$SHC_{HDD_{user}} = \frac{1}{N_u} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_a} \cdot 10^3 \quad (1.4)$$

3.1 Предшколске установе и вртићи

На територији града Крагујевца постоји 15 предшколских установа организованих у оквиру предшколских установа: „др Нада Наумовић“ и предшколских установа „Ђурђевдан“. Установе са 437 запослених пружају бригу за око 3800 корисника (2015.г.) услуге. Објекти су различитих површина, у највећем броју изграђени 70-их и 80-их година прошлог века. Начин грејања сваког од објеката зависи првенствено од локације. Предшколске установе и вртићи у градским предграђи-

ма се греју на лож уље и земни гас, док су они у градској унутрашњости најчешће прикључени на систем градског даљинског грејања. Детаљније информације анализираних предшколских објеката приказани су у *табели 4*.

Из *табеле 4*. се може видети да је најзаступљенији начин грејања предшколских установа у Крагујевцу градско даљинско грејање, као и да су сви објекти вртића и предшколских установа, осим ПУ „Бубамара“ (PS2**) и Невен (PS11**/**) и релативно скоро изграђених објеката „Сунце“ (PS14) и „Цветић“ (PS15), нереновиран, са дотрајалом столаријом и по правилу без термалне изолације. На *слици 3*. је приказан график са специфичним потрошњама топлотне енергије, одређен према 1.1, за сваки од анализираних објеката предшколских установа за посматрани период од једне/две грејне сезоне.

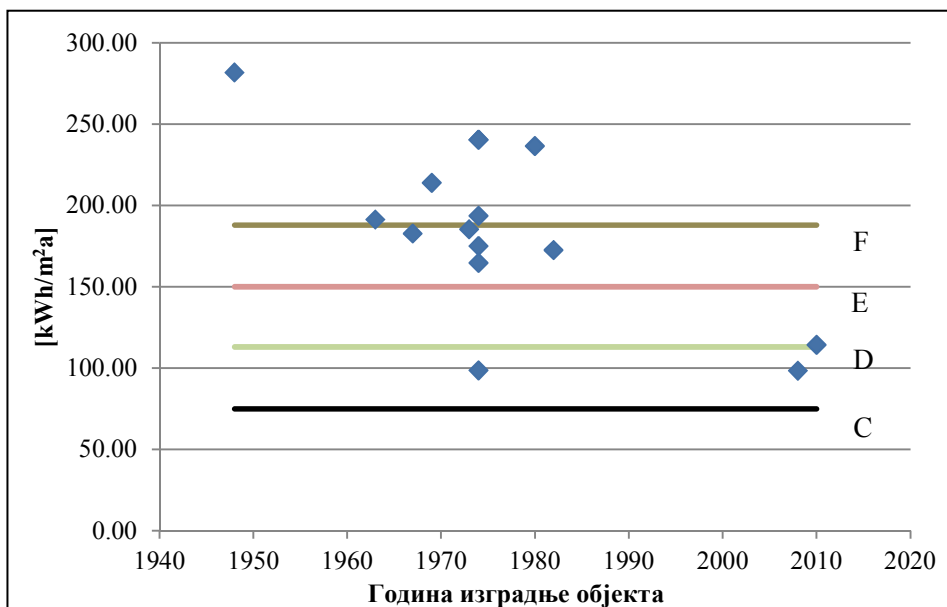
Анализиране предшколске установе на територији града Крагујевца раде у једној (5:30 – 16:30 ч.) или две (5:30 – 19:30 ч.) смене. На основу забележених специфичних потрошњи ни један анализирани објекат предшколских установа у Крагујевцу не задовољава потрошњу енергетског разреда С или нижу, па чак ни објекти изграђени 2008. и 2010.г. Са *слике 3* се може закључити да специфична потрошња топлотне енергије у предшколским установама и вртићима зависи од године изградње објеката тј. њихове дотрајалости. Највишу специфичну потрошњу топлоте забележила је најраније изграђена (1948.г.) и нереновирана предшколска установа „Лептирић“ (PS1) – 281.78 kWh/m²a (0.65

Табела 4.- Предшколске установе на територији града Крагујевца

#	Предшколска установа	Извор грејања	Година изгр.	Година ренов.	Деца	Г. пов. [m ²]	Потрошња топлотне енергије [MWh]	
							2013/14	2014/15
PS1	"Лептирић"	DH	1948	-	190	400	99.75	119.88
PS2**	"Бубамара"	DH	1963	2009	243	974	149.46	180.96
PS3	"Наша Радост"	DH	1967	-	150	443	67.68	75.56
PS4	"Шврћа"	DH	1969	-	30	117	19.71	24.61
PS5	"Зека"	DH	1973	-	183	1022	154.14	181.92
PS6	„Црвенкапа“	Oil	1974	-	370	1486	-	258.04
PS7	"Бамби"	DH	1974	-	170	1404	275.18	322.88
PS8	"Лане"	DH	1974	-	180	971	-	138,42
PS9	"Цицибан"	DH	1974	-	248	1076	210	249
PS10	"Колибри"	DH	1974	-	439	1753	237.79	273.49
PS11**/**	"Невен"	Gas	1974	-	372	2002	-	200.87
PS12	"Чуперак"	Gas	1980	-	213	1294	-	286.67
PS13	"Полетарац"	DH	1982	-	675	2097	279.68	363.36
PS14	"Сунце"	DH	2008	-	150	379	28.18	38.14
PS15	"Цветић"	Gas	2010	-	170	450	-	48.17

** замењена столарија

*** термичка изолација

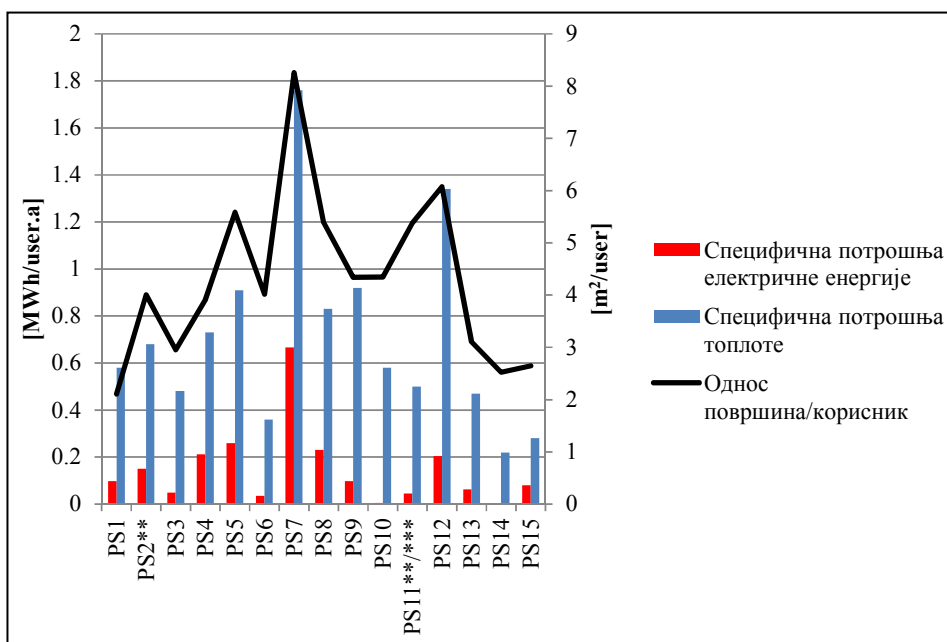


Слика 3.- Специфична потрошња топлотне енергије у предшколским установама и вртићима у граду Крагујевцу и енергетске класе

MWh/user.a) док је новоизграђени објекат „Сунце“ најефикаснији у посматраном низу са 98.41 kWh/m²a (0.25 MWh/user.a). Највишу потрошњу како топлотне тако и електричне енергије по кориснику услуге (1.98 MWh/user.a и 0.66 MWh/user.a респективно), као и једну од највиших потрошњи топлотне енергије по јединици површине (240.31 kWh/m²a) забележила је предшколска установа „Бамби“ (PS7) што због непостојања термичке изолације објекта и дотрајалости, што због слабе искоришћености просторног капацитета објекта тј. релативно малог броја корисника услуге. Најнижу специфичну потрошњу топлоте по кориснику услуге забележио је вртић „Сунце“ (PS14), подаци о потрошњи електричне енергије за овај вртић нису били доступни. На слици 4 је приказана просечна потрошња топлотне и електричне енергије по кориснику услуге као и однос површина/ученик анализираних предшколских установа.

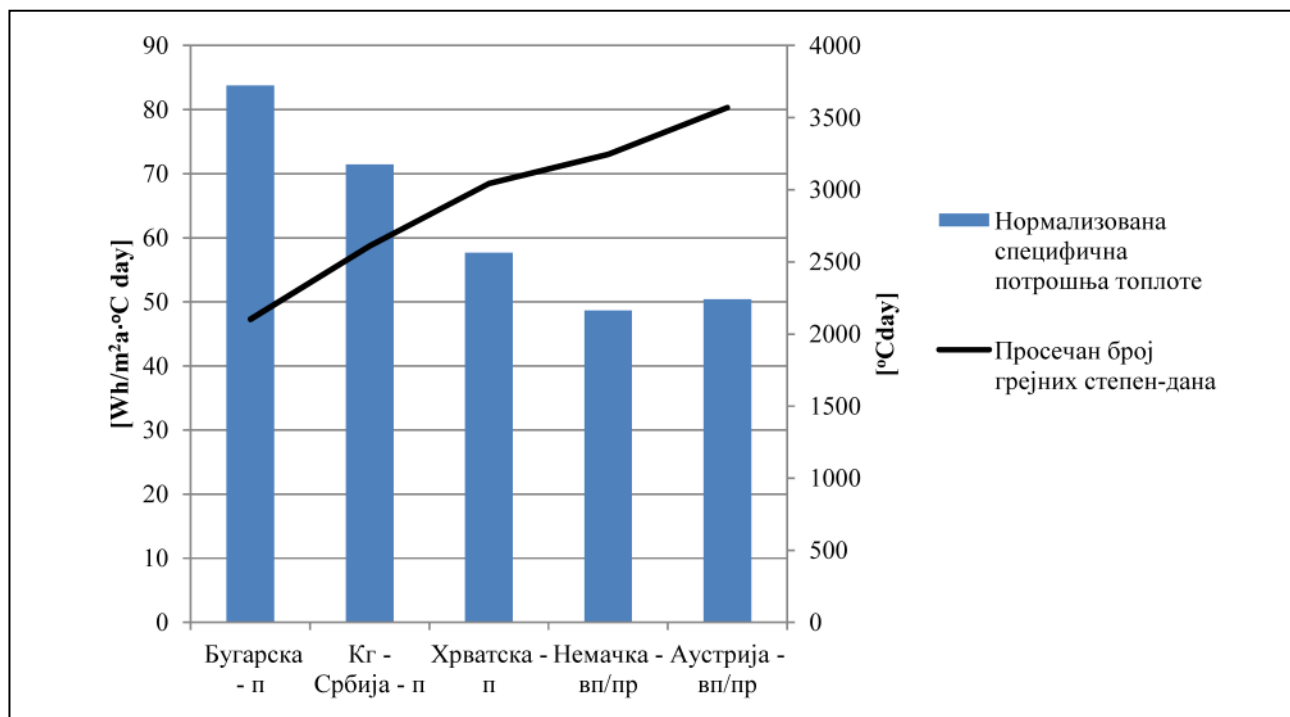
Просечна вредност специфичне потрошње топлотне енергије за анализирани објекте на основу доступних података приказаних у табели 4. у граду Крагујевцу била је 185.97 kWh/m²a (195.15 kWh/m²a за објекте прикључене на систем даљинског грејања, 193.64 kWh/m²a за објекат који се греје на лож уље и 149.79 kWh/m²a за оне на гас) тј. 0.79 MWh/user.a (0.3 kWh/(user.a·°CDay). Специфична потрошња топлотне енергије објекта исте намене у главном граду суседне и бивше југословенске републике Хрватске, Загребу (3044 HDD in average [10]) износи 175.7 kWh/m²a (2013) [11], док на нивоу Републике Бугарске (2101 HDD in average [10]) она износи 176 kWh/m²a у просеку, тј. 2.12 MWh/user.a (1 kWh/(user.a·°CDay) [12] (обе чланице Европске Уније од 2014. и 2007.г. респективно), на основу чега се може закључити да се предшколске установе и вртићи у региону, по питању енергетске ефикасности, налазе у приближно истом (лошем) стању као и они у Републици Србији.

Податак да се индивидуални вртићи у Аустрији (3569 HDD in average [10]) чија је потрошња 180 kWh/m²a [13], што је приближно једнако просечној потрошњи вртића у земљама региона, и Немачкој (3244 HDD in average [10]) 158 kWh/m²a [22], земљама које се према класификацији климатских зона на основу броја степен дана налазе у истој (умереној) групи са Србијом и Хрватском [10] сматрају јавним објектима са изузетно високом енергетском потрошњом [13] и



** замењена столарија; *** термичка изолација

Слика 4.- Подаци о средњим специфичним потрошњама топлотне и електричне енергије вртића у Крагујевцу по кориснику услуге



п – просечно; вп/пр – узима се за високу специфичну потрошњу, препорука за реконструкцију

Слика 5.- Поређење нормализованих специфичних потрошњи топлоте предшколских установа

подвргавају хитној реконструкцији, говори довољно о разлици у односима потрошњи јавних објеката ове намене у наведеним земљама. Нормализована специфична потрошња топлоте, одређене према 1.3, за сваку од поменутих земаља, приказана је на слици 5.

ЗАКЉУЧАК

У овом раду се анализира потрошња топлотне и електричне енергије предшколских установа на нивоу града Крагујевца (Србија), у периоду од две грејне сезоне 2013/14 и 2014/15. При томе се квантификују специфичне потрошње топлоте (kWh/m²a и kWh/user.a) анализираних објеката како би се одредили приоритети за реконструкцију. Специфичне потрошње топлотне енергије јавних сектора су упоређиване са специфичним потрошњама истих сектора бивших Југословенских Република и земаља у окружењу, чланицама ЕУ од скоро, као и земаља чији су закони већ релативно дужи низ година усклађени са европским законима и енергетском политиком која за крајњи циљ има смањење енергетске зависности Уније. На основу анализираних података може се закључити да јавни сектор у Србији бележи веће специфичне потрошње од оних у земљама Европске Уније, у свим анализираним секторима, али не толико веће и у поређењу са релативно новим чланицама ЕУ, бившим Југословенским и суседним бившим социјалистичким Републикама, где су дугогодишње политички дириговане цене енергената оставиле

негативне последице на стање јавног и приватног сектора које траје до данас. Са друге стране, тежак период транзиције у којем се Република Србија (заједно са земљама региона) још увек налази, као и до скоро, непостојање закона о ефикасном коришћењу енергије, негативно су се одразили на стање јавног сектора.

Као пример добре праксе Владама Република и региона могу да послуже решења развијених земаља Западне и Централне Европе, Уједињеног Краљевства, Немачке и Аустрије на првом месту, које у изградњу нових објеката по правилу укључује савремене елементе паметних зграда а чије су специфичне потрошње у јавним секторима, чак и у изузетним случајевима индивидуалних објеката, ниже од просечних потрошњи истих сектора у Републици Србији приказаних у раду.

Резултати овог истраживања перпознају реконструкцију предшколских као приоритет при реконструкцију јавних објеката, како због највиших забележених специфичних потрошњи топлотне енергије, тако и због бројности установа и побољшања квалитета услуге које се пружају најмлађим корисницима. Истраживање је показало да сви анализирани објекти имају специфичну потрошњу топлоте већу од максималне дозвољене годишње прописане правилником [8], тј. да су енергетски разреди свих анализираних објеката нижи од С а да се добар део анализираних објеката налази у најнижем G енергетском разреду (6 (40%) предшколских установа, 4 (28.5%) основне школе и 1 факултет). Квантификовањем потрошњи и дефинисањем приоритета уз усвајање закона и

обезбеђивање финансијских средстава из локалних, републичких, кредитних или донаторских фондова, републичке и регионалне власти почињу са стварањем повољне климе за унапређење стања енергетске ефикасности дугогодишње запустаних објеката јавног сектора.

Да би подаци добијени анализом били што релевантнији потребно је обрадити податке за што дужи временски период тј. што већи број грејних сезона. Резултати овог истраживања су због (не) доступности података били ограничени на две или једну грејну сезону.

Захвалница

Овај рад је настао као резултат истраживања на пројекту „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења (III 42013)“ које је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] EUROSTAT, Simplified energy balances - annual data (http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-datasets/-/NRG_100A, приступљено новембра 2015.г.)
- [2] EUROSTAT - GDP and main Components (output, expenditure and income), (http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-datasets/-/NAMQ_10_GDP приступљено новембра 2015.г.)
- [3] The World Bank – World Development Indicators (http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?cid=GPD_29, приступљено новембра 2015.г.)
- [4] Закон о ефикасном коришћењу енергије, Службени гласник Републике Србије бр. 25/2013
- [5] Биланс топлотне енергије 2014, Републички завод за статистику (<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=114>, приступљено новембра 2015.г.)
- [6] Eurostat - Final energy Consumption by sector (link: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-Consumption-by-sector-5/assessment>, приступљено новембра 2015)
- [7] Енергетски биланс Републике Србије за 2015. годину, Министарство рударства и енергетике, Република Србија - <http://www.mre.gov.rs>
- [8] Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник Републике Србије, бр. 61/11
- [9] RHZM - Republički Hidrometeorološki Zavod Srbije – оперативни билтени (http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_produkti.php приступљено новембра 2015.г.)
- [10] Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries Final Report for the European Commission Directorate-General Energy and Transport, EC Service OContract Number TREN/D1/239-2006/S07.66640, ENERDATA (Grenoble, France) Institute of Studies for the Integration of Systems ISIS (Rome, Italy) Technical University (Vienna, Austria) Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy WI (Wuppertal, Germany) Karlsruhe/Grenoble/Rome/Vienna/Wuppertal, 15. March 2009, revised
- [11] Tokic D, Krajacic G, Doracic B, Vad Mathiesen B, Krklec R, Larsen J, Comparative analysis of the district heating systems of two towns in Croatia and Denmark, Energy 92 (2015) 435e443
- [12] Model Project 12 / Bulgaria Monitoring of energy performance of municipal buildings in Bulgaria, SOFIA ENERGY AGENCY – SOFENA, Sofia, Bulgaria December 2007
- [13] Comprehensive refurbishment and enlargement of Kindergarten, Austria, eesi2020.eu, <http://eesi2020.eu/bestpractice/Comprehensive-refurbishment-and-enlargement-of-kindergarten-austria/>