

Димитрије Лилић, Бојан Ковачић

Агенција за енергетску ефикасност Републике Србије, Београд, Србија

Поређење потрошње енергије и CO₂ емисије пре и после примене мера за повећање енергетске ефикасности у зградама

Стручни рад

UDC: 69.058:662.613.5

BIBLID: 0350-218X, 35 (2009), 1, 63–71

У оквиру вишегодишњег програма „Енергетска ефикасност у зградарству”, који треба да допринесе повећању енергетске ефикасности и смањењу потрошње енергије у стамбеном и терцијарном сектору, Агенција за енергетску ефикасност Републике Србије је у 2005. и 2006. години реализовала пројекат „Енергетска ефикасност у јавним зградама – демонстрациони пројекти”. Активности овог пројекта спроведене су уз финансијску подршку Европске Уније, преко Европске агенције за реконструкцију. У раду је приказан начин оцене и резултати оцене повећања енергетске ефикасности на успешно реализованим демонстрационим пројектима. Оцена резултата је извршена поређењем потрошње енергије и CO₂ емисије у две зреле сезоне: у зрелој сезони пре и зрелој сезони после примене мера за повећање енергетске ефикасности.

Кључне речи: енергетска ефикасност, зграда, потрошња енергије, CO₂ емисија

Увод

У оквиру вишегодишњег програма „Енергетска ефикасност у зградарству”, који треба да допринесе повећању енергетске ефикасности и смањењу потрошње енергије у стамбеном и терцијарном сектору, Агенција за енергетску ефикасност Републике Србије је у 2005. и 2006. години реализовала пројекат „Енергетска ефикасност у јавним зградама – демонстрациони пројекти”.

Агенција је закључила 16 уговора са општинама којима је додељена донација (сл. 1) тако да је укупна вредност уговорених инвестиција износила око 1,400.000 €, од тога укупна вредност донација износила је 897.900 € [1–4].

Активности Пројекта спроведене су уз финансијску подршку Европске Уније (ЕУ) преко Европске агенције за реконструкцију (ЕАР).



Слика 1. Реализовани демонстрациони пројекти у зградарству у Србији

њених мера енергетске ефикасности (ЕЕ), стварни број грејних степен-дана, који одговара начину коришћења објекта у посматраним грејним сезонама, израчунат је и уграђен у евалуациони модел.

Број грејних степен-дана израчунат је према климатолошким подацима достављеним од Републичког хидрометеоролошког завода (РХМЗ) Србије. За школе је обрачунат за средњу вредност температура свих грејаних просторија од 18 °С, за грејање пет дана седмично (понедељак – петак) и за период од 1. октобра текуће до 30. априла наредне године (сл. 2).

Грејни степен-дани (SD) рачунати су према изразу [5, 6]:

$$SD = \sum_{n=1}^Z (t_u - t_{sr,n}) \quad (1)$$

$$\text{за: } t_{sr,n} - t_u \quad SD_n = 0$$

где су:

Z – број дана грејног периода,

t_u – унутрашња температура меродавна за израчунавање SD ,

$t_{sr,n}$ – средња дневна температура. На основу три читавања у 7, 14 и 21 сати израчунава се према емпиријској формули:

У раду су приказани начин и резултати оцене повећања енергетске ефикасности на примерима успешно реализованих демонстрационих пројеката у зградама.

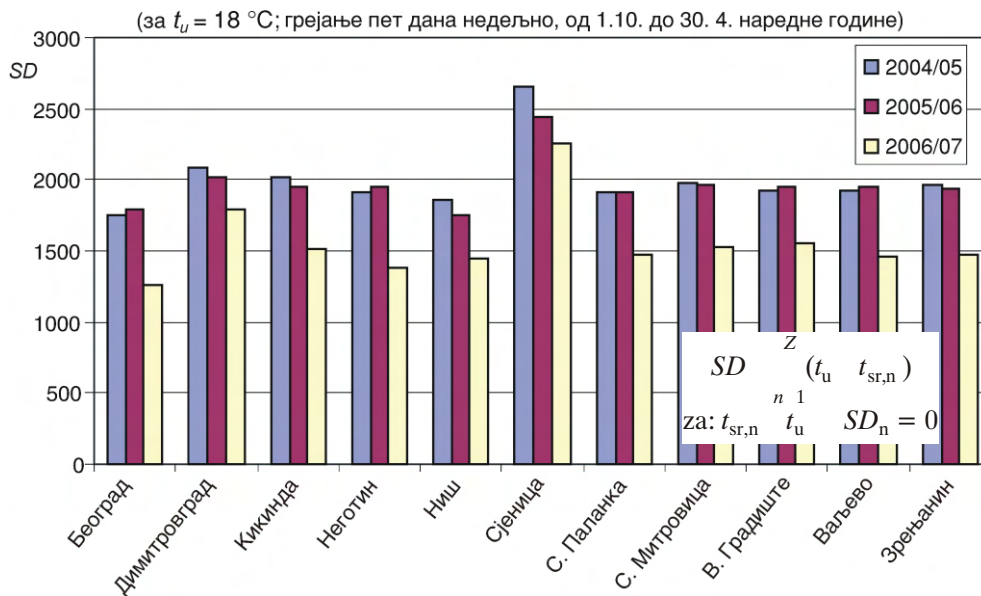
Начин оцене резултата примењених мера енергетске ефикасности

Директива 2002/91/ЕС* о енергетским карактеристикама зграда, у члану 2: Термини, дефинише „енерџејску карактеристичку зграде“ као стварно потрошену или оцењену количину енергије која задовољава различите потребе које су у вези са стандардизованим коришћењем зграде, ...

Оцена ефеката примене мера за повећање енергетске ефикасности на зградама је извршена поређењем стварно потрошене енергије, трошкова за енергију, CO_2 емисије и енерџејских индикатора у две грејне сезоне: у грејној сезони пре и грејној сезони после примене мера.

Пошто су грејне сезоне које се упоређују метеоролошки различите, у циљу тачнијег обрачуна и реалније оцене резултата приме-

* Directive 2002/91/EC, OJLI of the European Parliament and of the Council of 04 January 2003 on the energy performance of buildings



Слика 2. Број грејних степен-дана (SD) за наведена места, за грејне сезоне 2004/05, 2005/06 и 2006/07

$$t_{sr,n} = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4} \quad (2)$$

Енергетски индикатори (EI) представљају показатеље укупне потрошње енергије по јединици бруто површине објекта на годишњем нивоу, или за период који дефинише корисник. Корисник може да се дефинише више кориснички погодних индикатора.

Тако у раду, енергетски индикатор (EI_G), представља показатељ укупне потрошње енергије објекта у грејном периоду по јединици грејане површине објекта, израчунат коршћењем стварног броја грејних степен-дана у посматраним сезонама:

$$EI_G = \frac{Q_{G, \text{пре (после)}}}{A_g} \frac{SD_m}{SD_{\text{пре (после)}}} \quad (3)$$

где су:

$Q_{G, \text{пре (после)}}$ – укупно потрошена енергија у грејној сезони *пре (после)* примењених мера ЕЕ,

A_g – грејана површина објекта,

$SD_{\text{пре (после)}}$ – број грејних степен-дана за грејну сезону *пре (после)* примењених мера ЕЕ,

SD_m – просечан годишњи број грејних степен-дана за дужи временски период (10 година и дуже), за наведено место и за одговарајући начин коришћења објекта.

Пошто се не располаже подацима за просечан број грејних степен-дана за дужи временски период (10 година и дуже), за наведена места и за одговарајући начин коришћења објекта, просечан годишњи број степен-дана SD_m обрачунат је на основу расположивих података као просек за последње три грејне сезоне.

Оцена ефеката примењених мера енергетске ефикасности

У табл. 1 упоредно су приказане примењене мере за повећање ЕЕ на два објекта – две школе, у оквиру Пројекта.

Таблица 1. Примењене мере за повећање енергетске ефикасности на два објекта

Школа „Радивој Поповић” у Сремској Митровици	Школа „Јован Поповић” у Чоки
	
<ul style="list-style-type: none"> – замена 222 m² дрвених прозора, врата и светларника, новим од трокоморних ПВЦ профила, – замена дотрајалог котла на лож-уље, новим котлом на природни гас (500 kW), са гориоником и пратећом опремом, – изградња котларнице, – набавка, уградња и прикључење на мрежу нове мерно регулационе станице (радове реализовала Општина), и – уградња 115 термостатских радијаторских вентила (Донација фирме ДАНФОС) 	<ul style="list-style-type: none"> – набавка и уградња два котла на гас (2 kW), са гориоником и пратећом опремом, – адаптација котларнице, и – набавка, уградња и прикључење на мрежу нове мерно регулационе станице (MPC) са припадајућом опремом (радове реализовала Општина)

У табл. 2 дата је укупна потрошња енергије и укупна емисија CO₂ на два објекта – две школе, у оквиру Пројекта. Извор података за табл. 2 су од корисника достављени ажурирани подаци, рачуни за набављено и утрошено гориво и рачуни за потрошену електричну енергију у току три грејне сезоне, за 7 календарских месеци, од октобра текуће закључно са априлом наредне године, у раду третирани као годишња потрошња енергије у грејној сезони.

Таблица 2. Укупна потрошња енергије и емисија CO₂ на два објекта

Грејна сезона	A _g [m ²]	Број SD	Укупна потрошња енергије у грејној сезони		Укупна емисија CO ₂ у грејној сезони		EI _G [kWh/m ² годишње]
			[kWh/m ² годишње]	[kWh/m ² SD]	tCO ₂ годишње	tCO ₂ SD	
Школа „Радивој Поповић” у Сремској Митровици							
2004/05	2800	1975	130,5	185	143,8	0,07278	120,18
2005/06	2800	1958	70,6	101	76,0	0,03880	65,59
2006/07	2800	1523	46,2	85	55,5	0,03644	55,18
Школа „Јован Поповић” у Чоки							
2004/05	3300	2015	155,5	255	239,3	0,11877	141,16
2005/06	3300	1953	153,1	159	240,6	0,12321	143,37
2006/07	3300	1519	99,7	217	107,2	0,07059	120,07

У табл. 3 дат је упоредни приказ ефеката реализованих мера ЕЕ кроз смањење потрошње енергије, смањење трошкова за утрошену енергију и смањење емисије CO₂, за наведене објекте.

Реализација пројекта у школи „Радивој Поповић” у Сремској Митровици [7–9], где је укупна вредности радова износила 58.780 €, обављена је у јесен 2005. године, односно у време грејне сезоне 2005/2006. Оцена ефеката реализованих мера ЕЕ обављена је поређењем показатеља у грејним сезонама 2004/05 и 2006/07.

Годишња потрошња енергије по m² грејане површине се са 130,5 kWh по m² годишње, у грејној сезони 2004/05, смањила на 46,2 kWh по m² годишње у грејној сезони 2006/07 (смањење за 64,6%), док се потрошња енергије по степен-дану за објекат са 185 kWh у грејној сезони 2004/05, смањила на 85 kWh у грејној сезони 2006/07 (смањење за 54%) (табл. 3).

Трошкови за утрошену енергију по m² грејне површине су са 281 динара по m² годишње, у грејној сезони 2004/05, смањени на 166 динара по m² годишње у грејној сезони 2006/07. *Поређењем трошкова за утрошену енергију у грејним сезонама 2004/05 и 2006/07 смањење износи око 41%* (табл. 3).

Укупна годишња емисија CO₂ је са 143,8 tCO₂ годишње у грејној сезони 2004/05, смањена на 55,5 tCO₂ годишње у грејној сезони 2006/07. *Поређењем емисија CO₂ у грејним сезонама 2004/05 (tCO₂ годишње) и 2006/07 (tCO₂ годишње) смањење износи 61,4%. Поређењем емисија CO₂ по степен-дану, у грејним сезонама 2004/05 (tCO₂/SD) и 2006/07 (tCO₂/SD) смањење након примењених мера ЕЕ износи 50%* (табл. 3).

Вредност енергетског индикатора, EI_G, према изразу (3), је смањена са 120 kWh по m² годишње на 55 kWh по m² годишње (табл. 4).

У табл. 4 дат је упоредни графички приказ енергетских индикатора, за наведене објекте.

Таблица 3. Оцена ефеката реализованих мера енергетске ефикасности

Школа „Радивој Поповић” у Сремској Митровици	Школа „Јован Поповић” у Чоки	
Смањење потрошње енергије по m ² грејане површине у грејним сезонама 2004/05 и 2006/07, износи 54%		Смањење потрошње енергије по m ² грејане површине у грејним сезонама 2005/06 и 2006/07, износи 16,25%
Смањење трошкова за утрошену енергију у грејним сезонама 2004/05 и 2006/07, износи 41%		Смањење трошкова за утрошену енергију у грејним сезонама 2005/06 и 2006/07, износи 39,4%
Смањење укупне емисије CO ₂ у грејним сезонама 2004/05 и 2006/07, износи 50%		Смањење укупне емисије CO ₂ у грејним сезонама 2005/06 и 2006/07, износи 42,7%

Реализација пројекта у школи „Јован Поповић” у Чоки, где је укупна вредности радова износила 43.945 €, обављена је почетком 2006. године, односно у време грејне сезоне 2005/2006, када је за загревање објекта и даље коришћен стари котлао и мазут. Сагледавање ефеката реализованих мера ЕЕ обављено је поређењем показатеља у грејним сезонама 2005/06 и 2006/07.

Годишња потрошња енергије по m² грејане површине је у грејној сезони 2005/06 износила 153,1 kWh по m² годишње, а у грејној сезони 2006/07 је износила 99,7 kWh по m² годишње (смањење за 34,9%), док се потрошња енергије по степен-дану за објекат са 259 kWh/SD у грејној сезони 2005/06, смањила на 217 kWh/SD у грејној сезони 2006/07 (смањење за 16,25%) (табл. 3).

Реално смањење укупне потрошње енергије за грејање објекта, након примењених мера ЕЕ, износи 16,25%. Смањење укупне потрошње енергије за грејање објекта је постигнуто и побољшаном регулацијом система грејања, односно регулацијом рада нових котлова према спољној температури.

Трошкови за утрошену енергију по m² грејне површине су се са 567 динара по m² годишње, у грејној сезони 2005/06, смањили на 343 динара по m² годишње у грејној

сезони 2006/07. Поређењем трошкова за утрошену енергију у грејним сезонама 2005/06 и 2006/07 смањење износи око 39,4% (табл. 3).

Укупна годишња емисија CO₂ је у грејној сезони 2005/06 износила 240,6 tCO₂ по години, а у грејној сезони 2006/07 је износила 107,2 tCO₂ годишње. Поређењем емисија CO₂ у грејним сезонама 2005/06 (tCO₂ по години) и 2006/07 (tCO₂ годишње) смањење износи 55,4%. Поређењем емисија CO₂ по степен-дану, у грејним сезонама 2005/06 (tCO₂/SD) и 2006/07 (tCO₂/SD) смањење након примењених мера ЕЕ износи 42,7% (табл. 3).

Вредност енергетског индикатора, EI_G, према изразу (3), је смањена са 143 kWh по m² годишње на 120 kWh по m² годишње (табл. 4).

Ради даљег повећања енергетске ефикасности на објекту школе „Јован Поповић” у Чоки препоручене су мере у циљу побољшања термичких особина омотача објекта и следствено томе и регулације система грејања (уградња термостатских радијаторских вентила и др.).

Таблица 4. Графички приказ енергетских индикатора према изразу (3)

Школа „Радивој Поповић” у Сремској Митровици				Школа „Јован Поповић” у Чоки			
Критеријуми школе		После	Пре		После	Пре	Критеријуми школе
< 65	A	A		A			< 65
66–100	B			B			66–100
101–130	C			C	C		101–130
131–160	D		C	D		D	131–160
161–190	E			E			161–190
191–290	F			F			191–290
> 290	G			G			> 290
	EI [kWh/m ² годишње]	55	120	EI [kWh/m ² годишње]	120	143	

Закључак

Агенција за енергетску ефикасност Републике Србије је у 2005. и 2006. години реализовала пројекат „Енергетска ефикасност у јавним зградама – демонстрациони пројекти”. Циљ пројекта је да се демонстрирају једноставне, добро познате и широко коришћене, трошковно ефективне мере за повећање енергетске ефикасности на постојећим јавним зградама.

Оцена ефеката примене мера за повећање енергетске ефикасности на зградама је извршена поређењем стварно потрошене енергије, трошкова за енергију,

CO₂ емисије и енергетских индикатора у две грејне сезоне: у грејној сезони *пре* и грејној сезони *после* примене мера.

У циљу коректније оцене ефеката реализованих мера, пошто су године по којима упоређујемо постигнуте уштеде по правилу климатолошки различите, стварни број грејних степен-дана за посматране грејне сезоне је израчунат и уграђен у евалуациони модел.

Ако се утицај метеоролошких података занемари, у случају метеоролошки значајно различитих година (у овим случајевима је разлика у броју *SD* око 23%) резултати могу да одступају значајно. На пример, за школу „Радивој Поповић” у Сремској Митровици, разлике између резултата добијених *са* и *без* употребе *SD* су око 16% у оци смањења потрошње енергије, и око 18% у односу на смањење CO₂ емисије.

Постојање ажурираних и корисницима доступних података о *SD* у многоме би олакшало оцене ефеката мера за повећање ЕЕ на сличним пројектима.

Очигледан је успех пројеката и потреба да се обезбеде стабилна средства за финансирање јединственог националног програма за побољшање ЕЕ и коришћење обновљивих извора енергије и успостављање националног фонда за овакав програм.

Литература

- [1] Лилић, Д., Енергетска ефикасност у зградарству – Приступ Агенције за енергетску ефикасност, Округли сто „Унапређење енергетске ефикасности у Србији”, ЕНЕРГЕТИКА 2005, Београдски сајам, Београд, 4–7. октобар 2005.
- [2] Павловић, Н., Савић, Р., Дурковић, А., Лилић, Д., Искуства Агенције за енергетску ефикасност у побољшању ефикасности јавних зграда, 36. конгрес о грејању, хлађењу и климатизацији, Београд, 2005.
- [3] Лилић, Д., Програм енергетске ефикасности у зградарству, Национална конференција о енергетској ефикасности и обновљивим изворима енергије „Србија 2006”, Београд, 3–5. октобар 2006.
- [4] Лилић, Д., Енергетска ефикасност у зградама – Приказ тренутне ситуације у Србији и улога Агенције, Семинар „Енергетска ефикасност зграда у светлу ЕУ директиве 2002/91/ЕС”, Београд, 6. октобар 2006.
- [5] www.epa-ed.org., Energy Performance Assessment – Existing Dwellings, Calculation Scheme, 2004
- [6] Тодоровић, Б., Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2005.
- [7] Лилић, Д., Ковачић, Б., Дурковић, А., Енергетска ефикасност у јавним зградама – Демонстрациони пројекти, *КТХ*, 37 (2007), 3, 53–59
- [8] Лилић, Д., Ковачић, Б., Унапређење енергетске ефикасности у јавним зградама – Демонстрациони пројекти, Пети научни скуп „Алтернативни извори енергије и будућност њихове примене”, Будва, Црна Гора, 4. и 5. октобар 2007, 93–99
- [9] Лилић, Д., Ковачић, Б., Оцена ефеката примењених мера ЕЕ у згради школе „Радивој Поповић” у Сремској Митровици, *Зборник радова на комјакти диску*, 13. симпозијум термичара Србије и Црне Горе, Сокобања, Србија, 16–19. октобар 2007, 23

Abstract

Comparison of the Energy Consumption and CO₂ Emission before and after Implementation of the Energy Efficiency Measures in Buildings

by

Dimitrije LILIĆ and Bojan KOVAČIĆ

Energy Efficiency Agency of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia

Within multi annual strategy program “Energy Efficiency in the Building Stock” aimed to reduction of energy consumption in residential and tertiary buildings, Energy Efficiency Agency of the Republic of Serbia, implemented in 2005/2006, the project “Energy Efficiency in the Public Buildings – Demonstration Projects”. The project was implemented with the financial support of the EU, through the European Agency for Reconstruction (EAR). The paper presents method of the evaluation and evaluation results on the examples of the successfully realized demonstration projects of the energy efficiency improvement. Evaluation of the results was performed by comparison of the energy consumption, and CO₂ emission in two heating seasons: in the heating season before and the heating season after implementation of energy efficiency measures.

Key words: energy efficiency, building, energy consumption, CO₂ emission

Одговорни аутор / Corresponding author (D. Lilić)
E-mail: dimitrije.lilic@seea.gov.rs