



Примена мера енергетске ефикасности у јавном осветљењу

Зоран Ковачевић

Универзитет у Крагујевцу, orcid : 0009-0002-5418-2164,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.77K>

Кратак садржај

Глобални недостатак енергије у свим областима коришћења као и начин њене производње који угрожава животну средину, условљавају нас да преузмемо смањење њене производње и ефикасно коришћење. Ово можемо остварити применом одговарајућих мера енергетске ефикасности којима ћемо постићи одрживост и здраву животну средину, а самим тим сигуран и безбедан живот. Мере енергетске ефикасности у систему јавног осветљења представљају скуп активности које се предузимају како би се побољшао квалитет јавног осветљења, смањила потрошња електричне енергије и трошкови његовог коришћења.

Кључне речи: енергетска ефикасност, јавно осветљење, светиљке, мере

Abstract

The global shortage of energy in all areas of use, as well as the method of its production that endangers the environment, force us to take on the task of reducing its production and using it efficiently. We can achieve this by implementing appropriate energy efficiency measures that will achieve sustainability and a healthy environment, and thus a safe and secure life. Energy efficiency measures in the public lighting system represent a set of activities that are undertaken to improve the quality of public lighting, reduce electricity consumption and the costs of its use.

Key words: energy efficiency, public lighting, lamps, measures

Увод

Развој јавног осветљења почиње од момента када су светиљке на фосилна горива замењене светиљкама које користе електричну енергију[1]. У почетку су коришћене светиљке са инкадесцентним изворима (сијалице са ужареним влакнима) [2,3,4], а касније осамдесетих година двадесетог века почиње комерцијална употреба светиљки са гасним цевима у којима долази до појаве светлости услед пражњења у металним парама и гасовима) [24]. Прве светиљке које се примењују су светиљки са живиним изворима светла (НРМ) ,а затим почетком 21 века светиљке са натријумовим изворима високог притиска (high-pressure sodium - *HPS*) са уделом од 48,5% , затим, са живиним сијалицама високог притиска (high-pressure mercury - *HPM*) са уделом од 38,2%, са натријумовим сијалицама ниског притиска (low-pressure sodium - *LPS*) са уделом од 8,6%) [24]., флуоресцентним сијалицама (*FL*) око 7,7% и метал халогеним сијалицама (metal halide - *MH*) са 2,5% [5,6].



Врхунац у развоју јавног осветљења се постиже појавом LED осветљења чији се рад базира на лед диодама које представљају полупроводни PN спој у ком прикључењем на одређени једносмерни напон долази до рекомбинације електрона из Н споја са шупљинама из П споја, при том долази до протока струје кроз ПН спој при чему долази до емитовања фотона које уочавамо као светлост. Овај тип осветљења нам пружа многе могућности и представља једно од највећих савремених достигнућа. Омогућава нам примену најсавременијих система за даљински надзор и управљање уз коришћење информатичких технологија при чему се остварује велика уштеда електричне енергије и новчаних средстава [7] [8] .

Атрибути јавног осветљења

Атрибути јавног осветљења представља скуп елемената са својим карактеристикама повезаних у једну функционалну целину која чини систем јавног осветљења и који омогућавају његово неометано функционисање и исправан рад. Они представљају скуп повезаних техничких елемената који омогућавају рад јавног осветљења. Поремећајем сваког од ових елемената узрокује неправилан рад система и захтева интервенцију у што краћем року како би систем успоставио стабилан рад и исправност.

Да би изабрали адекватно решење потребно је да идентификујемо атрибуте јавног осветљења ,а након тога да их систематизујемо [huang tema dis][andras-kovacs] . Након дефинисаних атрибута потребно је предложити и анализирати потенцијалне мере за унапређење енергетске ефикасности уз формирање модела за процену њихових техно-економских параметара. Применом предложених мера могуће је смањити потрошњу електричне енергије, а самим тим смањити укупне трошкове у буџету локалних самоуправа. Како би се одабрале мере које су адекватне за одређену локалну самоуправу, неопходно је спровести одговарајућу вишекритеријумску анализу .

.Неки од главних атрибута који одређују на који начин се врши избор одговарајућих мера за унапређење енергетске ефикасности су:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1.тип стуба | 12.тип светлосног извора |
| 2.висина стуба | 13.снага светлосног извора |
| 3.заштита стуба | 14.број светлосних извора |
| 4.напојна ТС | 15.систем за даљински надзор |
| 5.тип напојног кабла | |
| 6.пресек напојног кабла | |
| 7.тип НН мреже | |
| 8.тип светиљке | |
| 9.број светиљки | |



10. висина светиљке

11. висина лире

Дефинисањем атрибута јавног осветљења вршимо њихову систематизацију што се може видети у табелама 1, 2 и 3.

Табела 1

НАЗИВ УЛИЦЕ	БРОЈ СТУБА	ТИП СТУБА	ВИСИНА СТУБА [m]	ЗАШТИТА СТУБА	БРОЈ НАПОЈНЕ ТС
ГРАДА СИРЕНА	2	МЕТАЛНИ	10	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ГРАДА СИРЕНА	4	МЕТАЛНИ	8	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ГРАДА СИРЕНА	6	МЕТАЛНИ	8	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ГРАДА СИРЕНА	8	МЕТАЛНИ	8	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	10	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	12	МЕТАЛНИ	8	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	14	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	16	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	18	ДВОСТРУКИ МЕТАЛНИ	10	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	20	ДВОСТРУКИ МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	22	ДВОСТРУКИ МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	24	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	26	МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	27	МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	29	МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	31	БЕТОНСКИ	7,5		12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	32	МЕТАЛНИ		ГАЛВАНИЗОВАНИ	

Табела 2

НАЗИВ ТС	НАПОЈНИ КАБЛ	НН МРЕЖА	ТИП МРЕЖЕ	ТИП СВЕТИЉКЕ	БРОЈ СВЕТИЉКИ
МАЛА ПИЈАЦА				ONYX	1
МАЛА ПИЈАЦА				ONYX	1
МАЛА ПИЈАЦА	PP004X25mm			ONYX	1
МАЛА ПИЈАЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА	RO PP004X25mm	ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1



ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС		
ВОЈНА БОЛНИЦА					

Табела 3

ВИСИНА СВЕТИЉКЕ [m]	ВРСТА ЛИРЕ	БРОЈ ЛИРА	ТИП СИЈАЛИЦЕ	СНАГА СИЈАЛИЦЕ [W]	БРОЈ СИЈАЛИЦА
10,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
9,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
7,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
11,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
7	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
7	ЈЕДНОКРАКА		НАТРИЈУМ	250	1
7	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
6	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1

Мере за унапређење енергетске ефикасности јавног осветљења

Мере за унапређење енергетске ефикасности јавног осветљења представљају скуп активности које се предузимају како би се побољшао квалитет јавног осветљења, смањила потрошња електричне енергије и смањили трошкови његовог коришћења. Могу се се изабрати кроз инвестициони процес у фази пројектовања или изабрати и применити у току процеса редовног одржавања јавног осветљења. Мере могу бити различите и у зависности од локације на којој се спроводи одговарајући програм или пројекат при чему може бити развијено више сценарија [ŠEMA UL os] [9,10,11]).

Замена постојећих светиљки енергетски ефикасним светиљкама

Једна од првих мера која је примењена била је замена светиљки са изворима светла са ужареним влакнима са светиљкама које су имале изворе светла на бази гасних цеви у



којима светлост настаје услед електричног пражњења у гасу или пари. Ове светиљке се мењају са светиљкама које имају извор светла на бази пражњења електричног лука у живиним парама (НРМ) које су енергетски ефикасније и имају боље светло техничке карактеристике. Примењују се извори светла великих снага од 125 W; 160W; 250; и 400W које имају већи светлосни флуks али и већу потрошњу електричне енергије. Треба истаћи да у периоду до 2016 године године ове светиљке су представљале око 70% свих светиљки на јавном осветљењу због чега је било нужно да се изврши њихова замена како би се смањила потрошња електричне енергије, а самим тим и смањила средства која се троше у градским буџетима.

Замена светиљки са НРМ изворима светла са НРС светиљкама

Почетком 21 века почиње масовна замена постојећих НРМ светиљки са НРС светиљкама. Поред замене ових светиљки врло значајну улогу у енергетској ефикасности чини и компактибилност НРМ светиљки са могућношћу замене извора светла са НРС изворима светла што се може видети у Табели 4. Из ове табеле се може уочити да су НРС светиљке енергетски ефикасније и имају много боље светло техничке карактеристике, светлосни флуks, светлосну ефикасност и знатно мању снагу.

Замена постојећих светиљки LED светиљкама

У последњих десет година долази до наглог усавршавања светлотехничких карактеристика LED светиљки, побољшања светлосне ефикасности, усавршавања дизајна, омогућавају примену најсавременијих технологија за даљински надзор и управљање

по врло повољној цени која је приступачна и корисницима и креаторима јавног осветљења при чему заузимају водећу улогу на савременом тржишту у односу на друге типове осветљења. Све постојеће енергетски неефикасне светиљке у јавном осветљењу и другим областима осветљења се замењују енергетски ефикаснијим LED светиљкама. Такође у Табели 4 се може видети одговарајућа замена НРМ и НРС светиљки LED светиљкама чиме се уочава велика уштеда електричне енергије уз боље светлосне величине [12, 13].

Табела 4

НРМ [W]	Φ_s [lm]	НРС [W]	LED [W]
125	6200	70	53
160	8000	100	61
250	12700	150	83
400	22000	250	125



Системи за даљински надзор и управљање

Једна од значајнијих мера енергетске ефикасности система јавног осветљења је примена система за даљински надзор и управљање(Телеменаџмент).Први системи за регулацију потрошње електричне енергије у јавном осветљењу заснивали су се на фото ћелијама које су укључивале и искључивале светиљке са појавом и престанком дневне светлости затим на увођењу двофазног система за укључење и искључење одређених светиљки у току ноћи.Касније осамдесетих година долази до појаве РТК (радио теле команда) и МТК (мрежна тонфреквентна команда).Уређаји са РТК командом помоћу радио таласа бежичним путем преносе телекоманду,а МТК уређаји преносе телекоманду помоћу телеграфски модулисаног тон сигнала суперпонираног на мрежни напон.Мана оба ова система се огледао у томе што што нису омогућавали повратне информације о стању инсталација и светиљки у току свог рада.

Увођењем телеменаџмента регулација и управљање инсталацијама јавног осветљења се подижу на виши ниво чиме у сваком тренутку је познато стање сваке светиљке и инсталација,али такође и могућност даљинског управљања у сваком тренутку са повратним информацијама.Систем теле менаџмента се заснива на сегментном контролеру, контролеру светиљке и корисничком интерфејсу.

Врсте мера енергетске ефикасности

У зависности од аспекта и сценарија који се примењују постоје следеће врсте мера енергетске ефикасности:

- 1.Замена НРМ извора светла са НPS изворима светла
- 2.Замена НРМ извора светла са LPS изворима светла
- 3.Замена НРМ извора светла са HL изворима светла
- 4.Замена НРМ извора светла са FL изворима светла
- 5.Замена НРМ извора светла са МН изворима светла
- 6.Замена НРМ извора светла са LED изворима светла
- 7.Замена НРМ светиљки са НPS светиљкама
- 8.Замена НРМ светиљки са LPS светиљкама
- 9.Замена НРМ светиљки са HL светиљкама
- 10.Замена НРМ светиљки са FL светиљкама



- 11. Замена НРМ светилки са LPS светилкама
- 12. Замена НРМ светилки са МН светилкама
- 14. Замена НРМ светилки са LED светилкама
- 15. Димовање постојећих НРМ светилки
- 16. Замена постојећих НРМ светилки са НРМ светилкама и димовање
- 17. Замена постојећих НРМ светилки са LED светилкама и димовање
- 18. Замена постојећих НРМ светилки са LED светилкама и димовање
- 15. Димовање постојећих LED светилки

Рангирање мера енергетске ефикасности

Мере енергетске ефикасности могу бити различите и у зависности од локације на којој се спроводи одређени програм или пројекат може доћи до више сценарија. Локалне самоуправе често имају ограничене буџете и потешкоће у реализацији пројекта које нису само економске природе. Због тога је потребно предложене мере рангирати и одабрати одрживо решење. Додатни критеријуми (енергетски, економски, еколошки и социјални) требало би да буду укључени у разматрање предложених мера. Значај наведених критеријума може зависити од више фактора, а један од њих је ниво развијености земље.

Закључак

Применом мера енергетске ефикасности можемо уштедети потрошњу електричне енергије и одговарајућих новчаних средстава, али можемо и изабрати и одговарајући модел јавног осветљења уважавајући одговарајуће критеријуме и аспекте.

Литература

- [1] B. Bowers, *Lengthening the Day: a History of Lighting Technology*, Oxford University Press, UK, 1998.
- [2] D. DeLaura, *A brief history of lighting*, Opt. Photonics News (September 2008) 23.
- [3] For an excellent review of electrical lighting, see J.F. Waymouth, *History of light sources*, in: R. Karlicek, et al. (Eds.), *Handbook of Advanced Lighting*
- [4] For an excellent review of incandescent lamps, see M.F. Gendre, *Incandescent lamps*, in: R. Karlicek, et al. (Eds.), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing, Switzerland, 2017, p.1013.
- [5] Fryc, I.; Czyzewski, D.; Fan, J.; Gál, A.; Tanu, C.D. *The Drive towards Optimization of Road*



Lighting Energy Consumption Based on Mesopic Vision—A Suburban Street Case Study. *Energies* **2021**, *14*, 1175 [6]

Traverso, M.; Domatello, S.; Moons, H.; Rodriguez Quintero, R.; Gama Caldas, M.; Wolf, O.; Van Tichelen, P.; Van Hoof, V.; Geerken, T. *Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Street Lighting and Traffic Signals - Preliminary Report*. Final version. EUR 28622 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. **2017**.

[7]DOE, Energy savings forecast of solid-state lighting in general illumination applications, 2016, available at: https://energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/energysavingsforecast16_2.pdf.

[8]For an excellent review of incandescent lamps, see M.F. Gendre, Incandescent lamps, in: R. Karliceck, et al. (Eds.), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing, Switzerland, 2017, p.1013.

[9]Polzin, F., von Flotow, P., Nolden, C.: Modes of governance for municipal energy efficiency services – the case of LED street lighting in Germany. *Journal of Cleaner Production* 139, 133-145 (2016)

[10] Kostic, M., Djokic, L.: Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting. *Energy* 34, 1565-1572 (2009)

[11] Radulovic D, Skok S, Kirincic V., Energy efficiency public lighting management in the cities, *Energy*, 36 (2011) 1908-1915

[12] Campisi D., Gitto S., Morea D., Economic feasibility of energy efficiency improvements in street lighting systems in Rome, *Journal of Cleaner Production*, 175 (2018) 190-198

[13] Polzin F., Nolden C., von Flotow P., Drivers and barriers for municipal retrofitting activities – Evidence from a large-scale survey of German local authorities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2018) 99-108