

## ОЦЕНА СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА ПРЕМА ПРЕДЛОЖЕНОЈ МЕТОДИ “OPEN HOUSE”<sup>1</sup>

Ђорђе Ђорђевић<sup>2</sup>  
Велизар Павловић<sup>3</sup>  
Драгослав Стојић<sup>4</sup>  
Биљана Аврамовић<sup>5</sup>

УДК: 504.61 : 628.971.6

DOI: 10.14415/konferencijaGFS 2016.091

**Резиме:** Грађевински кластер „ДУЊЂЕР“, заједно са неколико својих чланова, учествује као водећи партнер у националном пројекту који је делимично финансиран од стране Националне агенције за регионални развој и који се бави иновативном применом LED светиљки у систему јавног осветљења са применом даљинског управљања. Иако је спољашње осветљење неопходно за осветљавање пешачких пролаза, паркиралишта и приступних путева ради сигурности и комфора, оно може нарушити ноћни екосистем и ограничити осматрања неба. У складу са LEED<sup>6</sup> и BREEAM<sup>7</sup> нормама, развијен је метод за оцену светлосног загађења. Овај метод ће бити коришћен за пројектовање и прорачун осветљења у оквиру овог и других пројеката. Оцена је примењена при пројектовању осветљења у општинама Књажевац, Бела Паланка и Прешево. Методологија процене је презентована у овом раду.

**Кључне речи:** Светлосно загађење, спољно осветљење, ЛЕД осветљење, даљинско управљање осветљењем, оцена светлосног загађења

### 1. УВОД

Евалуациони оквир дефинише хијерархијску структуру методологије оцењивања квалитета објеката. Он се састоји од 6 главних области:

<sup>1</sup> Ово истраживање је делимично подржано од стране Националне агенције за регионални развој Р. Србије

<sup>2</sup> Др Ђорђе Ђорђевић, Факултет за грађевинарство и архитектуру, Универзитет у Нишу, ул. А. Медведева14, Грађевински кластер „Дунђер“, Ниш, ул. Рајићева 30а, тел: 064 156 36 76, e-mail: [djoka@ni.ac.rs](mailto:djoka@ni.ac.rs)

<sup>3</sup> Др Велизар Павловић, Грађевински кластер „Дунђер“, Ниш, ул. Рајићева 30а, тел: 069 166 4765, e-mail: [VelizarPavlovic@gmail.com](mailto:VelizarPavlovic@gmail.com)

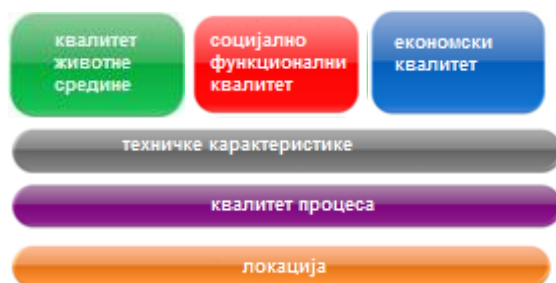
<sup>4</sup> Др Драгослав Стојић, Факултет за грађевинарство и архитектуру, Универзитет у Нишу, ул. А. Медведева14, тел: 065 217 0200, e-mail: [dragoslav.stojic@gmail.com](mailto:dragoslav.stojic@gmail.com)

<sup>5</sup> Биљана Аврамовић, Грађевински кластер „Дунђер“, Ниш, ул. Рајићева 30а, тел: 062 251 812, e-mail: [biljana.avramovic@yahoo.com](mailto:biljana.avramovic@yahoo.com)

<sup>6</sup> LEED® стандарди, тј. Leadership in Energy and Environmental Design standards

<sup>7</sup> Building Research Establishment's (BRE) Environmental Assessment Method (BREEAM)

- Квалитет животне средине (Environmental Quality),
- Социјално/функционални квалитет (Social/Functional Quality),
- Комерцијални квалитет (Economic Quality),
- Техничке особине (Technical Characteristics),
- Квалитет процеса производње (Process Quality),
- Положај објекта (The Location).



Квалитет животне средине се састоји од следећих критеријума:

- 1.1 Потенцијал глобалног загревања (GWP);
- 1.2 Потенцијал потрошње озона (ODP);
- 1.3 Потенцијал раста киселости (AP);
- 1.4 Потенцијал еутрофикације (EP);
- 1.5 Потенцијал стварања фотохемијског озона (POCP);
- 1.6 Ризици настали уграђеним материјалима;
- 1.7 Биолошки диверзитет и урушавање станишта;
- 1.8 **Светлосно загађење;**
- 1.9 Потреба за необновљивом примарном енергијом (PEng);
- 1.10 Укупна потребна примарна енергија и проценат обновљиве примарне енергије;
- 1.11 Вода и отпадна вода;
- 1.12 Коришћење земљишта;
- 1.13 Отпад;
- 1.14 Енергетска ефикасност опреме у згради (лифтови, ескалатори и покретне пешачке траке).

## 2. ЦИЉЕВИ ЗАШТИТЕ ОД СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА

И поред тога што је спољашње осветљење намењено пре свега осветљавању коловоза, тротоара и паркинга ради сигурности и погодности, оно може променити ноћни екосистем на локацији и ограничити осматрање неба. Да би се то избегло, препоручују се следећа ограничења.

- Пројектовати само стриктно неопходно спољашње осветљење и осигурати да је спољно осветљење концентрисано на одговарајућу површину,
- Избегавати ремећење људског и животињског здравља и психологије,
- Избегавати нарушавање еколошког система,

- Редуковати одсјај и одблесак неба,
- Побољшати услове за ноћно осматрање неба (утицаји на астрономију).

### 3. МЕТОДОЛОГИЈА ОЦЕЊИВАЊА

Пројектима треба обезбедити осветљавање површина само онолико колико је потребно за сврху сигурности и комфора, обезбеђивањем нивоа светлости неопходног за испуњавање пројектног задатка и изабрати такву опрему која користи ефикасне изворе светлости да обезбеди потребно осветљење локације уз минимизирање светлосног загађења (LEED, SSc8). Стога се инсталирана светлосна снага упоређује са максималним прихватљивим вредностима. Јак осветљај на границама површине може утицати на суседне површине и зграде и пореметити околне екосистеме или станаре. Циљ је да се задржи емитована светлост унутар граница површине, па се оцењују хоризонталне и вертикалне вредности осветљености на границама циљне површине. Извори светлости уперени директно у правцу небеског покривача имају критичан утицај у односу на сјај и одсјај ноћног неба чиме ограничавају могућност ноћног осматрања неба. Циљ је да се ограничи количина светлости уперене ка небеском своду, што се оцењује процентом светиљки са светлошћу емитованом под углом од 90° или више према **nadir** (**nadir** је правац директно испод одређене тачке, тј. правац правог угла - **normal angle direction**). Оцењују се следећи под-индикатори:

- Густине светлосне снаге (LEED),
- Осветљај на граници површине (LEED & BREEAM),
- Угао светлосне емисије (LEED).

### 4. ПРОРАЧУН И ОЦЕЊИВАЊЕ

#### 4.1. Густине светлосне снаге (LEED)

Густине светлосне снаге (Lighting power densities, LPD) не смеју прећи захтеве дате у даљем тексту, ASHRAE 90.1-2007, Section 9, Table 9-4-5., Lighting for External Areas for the classified zone (Комерцијалне и некомерцијалне површине).

**Комерцијалне површине** (Густине светлосне снаге (LPDs) за непокривене паркинге, околине зграда, улазе и излазе, надстрешнице и висеће надстрешнице, као и отворене пијаци):

Непокривена паркиралишта (Паркинг места и пролази) – 1.6 W/m<sup>2</sup> ;

Околина зграде (Пролази ужи од 3m ) – 3.3 W/по дужном метру; (Пешачки пролази шири од 3m или више, трговачки центри, подручја за специјалне намене) – 2.2 W/m<sup>2</sup>; Степенице 10.8 W/m<sup>2</sup>;

Улази и излази из зграда (Главни улази) – 98 W/дужни метар ширине врата; (Друга врата) – 66 W/дужни метар ширине врата;

Надстрешнице и висеће надстрешнице (Надстрешнице – слободне, прикопчане или окачене) – 13.3 W/m<sup>2</sup>;

Отворени продајни простори (Отворене пијаце укључујући пијаце аутомобила) – 5.4 W/m<sup>2</sup> (Стране улица за продају возила, поред отворених пијаца) – 66 W/дужни метар.

**Некомерцијалне (поседнуте – nontradable) површине** (Густине светлосне снаге - LPD могу се користити само за специфичне примене и не могу се заменити површинским густинама или неким другим спољним осветљењем. Надаље наведене дозвољене вредности су наставци дозвољених вредности на други начин наведених претходно у одељку „Комерцијалне површине“):

Фасаде зграда – 2.2 W/m<sup>2</sup> за сваки осветљени зид или површину, или 16.4 W/дужни метар за сваки осветљени зид или дужину површине;

Банкомати (ATM) и ноћни трезори – 270 W по локацији плус 90 W по додатном банкомату по локацији;

Портирнице уз улазе зграда или капије за чуване објекте – 13.5 W/m<sup>2</sup> непокривене површине (покривене површине су укључене у “Надстрешнице и висеће надстрешнице” у одељку “Комерцијалне површине”);

Површине за приступ полиције, ватрогасце, хитну помоћ и друга ургентна сервисна возила: – 5.4 W/m<sup>2</sup> непокривених површина (покривене површине су укључене у “Надстрешнице и висеће надстрешнице“ у одељку “Комерцијалне површине”);

Излози код ресторана брзе хране са приступом аутомобилима: – 400 W по пролазу;

Паркинзи у близини улаза у 24-сатне малопродајне објекте. – 800 W по једном главном улазу.

Овај под-индикатор је базиран на претходно дефинисаним вредностима.

4.1. Густине светлосне снаге	Поена
Густине светлосне снаге мање од ANSI/ASHRAE/IESNA стандарда 90.1-2007 за одређену зону	100
Густине светлосне снаге веће од ANSI/ASHRAE/IESNA стандарда 90.1-2007 за одређену зону	0

## 4.2. Осветљеност на граници површине (LEED & BREEAM)

Захтеви за максимално осветљење зависе од класификације пројекта. Пројект мора бити категорисан између једне од следећих зона дефинисаних према IESNA RP-33 и мора бити усаглашен са свим захтевима дате зоне:

**Зона: LZ1**

**Светлосна околина:** Неосветљено - мрачно;

**Карактеризација:** Уређене површине у националним парковима, државни пошумљени паркови, руралне области;

**Максимална иницијална вредност осветљаја:** 0.1 lux у хоризонталном и вертикалном правцу на границама области и изван области.

## Зона: LZ2

**Светлосно окружење:** Слаба градска осветљеност;

**Карактеризација:** Примарне стамбене зоне, околина пословних зона, мешовита зона лаке индустрије са ограниченим ноћним активностима и стамбене зоне;

**Максимална иницијална вредност осветљаја:** 1.0 lux у хоризонталном и вертикалном правцу на граници области; 0.1 lux у вертикалном правцу на даљини од 3 m изван граница области.

## Зона: LZ3

**Светлосно окружење:** Средња градска осветљеност;

**Карактеризација:** Све друге области које нису укључене у LZ1, LZ2 или LZ4, као што су комерцијално/индустријске и густе стамбене области;

**Максимална иницијална вредност осветљаја:** 2.0 lux у хоризонталном и вертикалном правцу на граници области; 0.1 lux у хоризонталном правцу 5 m иза границе области.

## Зона: LZ4

**Светлосно окружење:** Висока градска осветљеност;

**Карактеризација:** Комерцијално високо активне области у главним деловима метрополиса;

**Максимална иницијална вредност осветљаја:** 6.0 lux у хоризонталном и вертикалном правцу на границама области; 0.1 lux у хоризонталном правцу 5 m иза границе области.

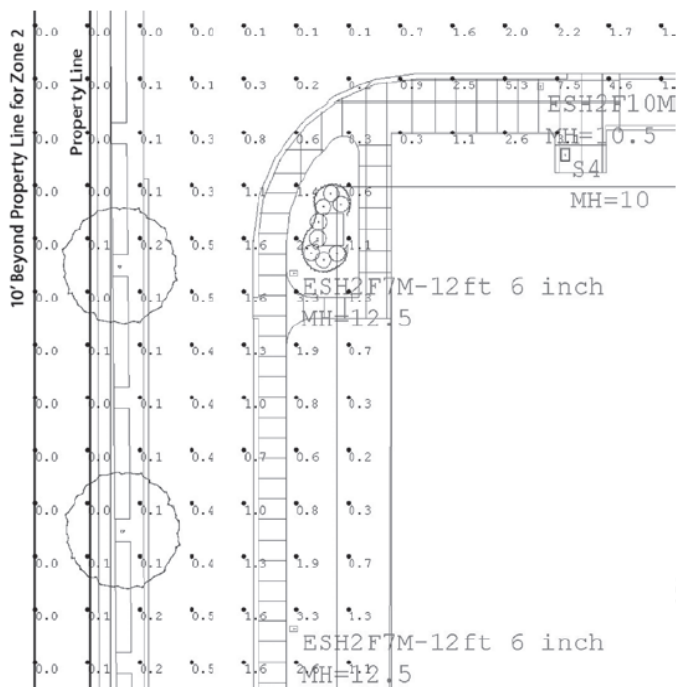
Ради мерења усаглашености са захтевима у вези са расипањем светлости, треба користити софтвер за пројектовање осветљења и развити модел осветљења одређене локације. Модел треба да обухвати комплетан обим локације и све светлосне стубове. Слика 1 приказује фотометријски прорачун генерисан једним пројектом осветљења. Пример је у сагласности са основним захтевима за пројекат лоциран у LZ2: ниво осветљења на границама површине не прелази 1 lux и ниво осветљења на удаљености од 3 m иза граничне линије не прелази 0.1 lux.

## Мере за смањење осветљења

Сво спољашње осветљење (осим осветљења ради безбедности и сигурности, као и светлосних реклама) може се аутоматски искључити у периоду између 23ч и 7ч. То се може постићи помоћу тајмера за сво спољашње осветљење подешено на одговарајуће сате (BREEAM, Pol 7). Подешавање спољашњег осветљења може се контролисати и помоћу сензора дневне светлости, ради спречавања рада током дневних сати (BREEAM, Ene 4). Коришћење тачкастих извора светлости (LED), посебно са сочивима за усмерење светлости, даје изванредне резултате у смањењу светлосног загађења. Следећи под-индикатор је базиран на максималном иницијалном осветљењу, као што је претходно дефинисано.

4.2. Осветљај на граници површине	Поена
Испуњен захтев у зависности од зоне (Иницијална вредност осветљаја < максимума)	100

Неиспуњен захтев у зависности од зоне (Иницијална вредност осветљаја > максимума), али су у току мере усаглашавања	50
Неиспуњен захтев у зависности од зоне (Иницијална вредност осветљаја > максимума), без мера усаглашавања	0



Слика 1. Пример модела осветљења

### 4.3. Угао светлосног зрачења (LEED)

Захтеви који дефинишу угао светлосног зрачења зависе од класификације пројекта. Пројекат се мора класификовати у једну од следећих зона, дефинисаних у IESNA RP-33 и мора бити у сагласности са свим условима за дату зону:

**Зона: LZ1**

**Светлосно окружење:** Неосветљено - мрачно;

**Карактеризација:** Уређене површине у националним парковима, државни пошумљени паркови, руралне области;

**Захтеви су:** 0 % укупне иницијално пројектоване инсталисане светлосне снаге (у луменима) се зрачи под углом од 90 степени или већим у односу на **nadir** (**nadir** је правац од светиљке директно ка тлу). То практично значи да укупни лумени флух мора бити усмерен испод хоризонталног правца.

### Зона: LZ2

**Светлосно окружење:** Слаба градска осветљеност;

**Карактеризација:** Примарне стамбене зоне, околина пословних зона, мешовите зоне лаке индустрије са ограниченим ноћним активностима и стамбених зона;

**Захтеви су:** Не више од 2 % укупне пројектоване снаге рефлектора се емитује под углом од 90 степени или већим углом у односу на **nadir** (**nadir** је правац од светиљке директно ка тлу).

### Зона: LZ3

**Светлосно окружење:** Средња градска осветљеност;

**Карактеризација:** Све друге области које нису укључене у LZ1, LZ2 или LZ4, као што су комерцијално/индустријске и густе стамбене области;

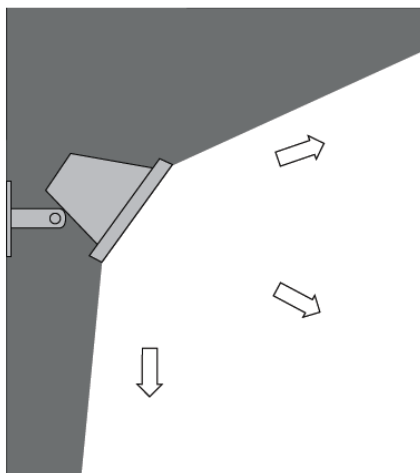
**Захтеви су:** Не више од 5 % укупне иницијално пројектоване рефлекторске светлосне снаге се емитује под углом од 90 степени или већим у односу на **nadir** (**nadir** је правац од светиљке директно ка тлу).

### Зона: LZ4

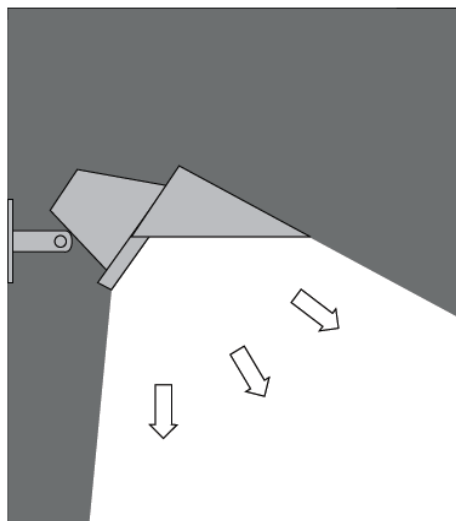
**Светлосно окружење:** Висока градска осветљеност;

**Карактеризација:** Комерцијално високо активне области у главним деловима метрополиса;

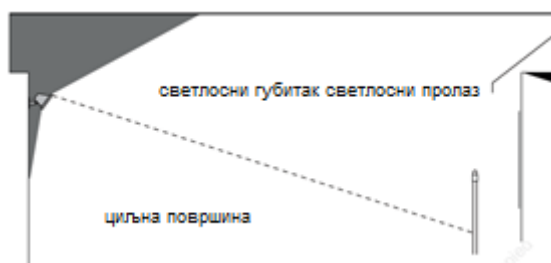
**Захтеви су:** Не више од 10 % укупне иницијалне рефлекторске светлосне снаге се емитује под углом од 90 степени или већим у односу на **nadir** (**nadir** је правац од светиљке директно ка тлу).



Слика 2. Рефлектор без заклона са углом светлосног зрачења  $> 90^\circ$



Слика 3. Рефлектор са заклоном и углом светлосног зрачења  $< 90^\circ$



Слика 4. Корисна површина од светлосног зрачења незаклоњеног рефлектора

Овај под-индикатор је базиран на захтевима за угао светлосне емисије као што је дефинисано претходно.

4.3. Угао светлосног зрачења	Поена
Сви пројектовани светлосни извори зраче под углом мањим од 90 степени у односу на <b>nadir</b>	100
Испуњени захтеви у зависности од зоне	90
Процент (укупне иницијалне пројектоване светлосне снаге зрачене под углом од 90 степене или више од <b>nadir</b> ) приближан захтеву (до највише 1,5% веће снаге)	75
Процент већи од захтеваног, до 40 %	30
Више од 40 % укупно пројектоване светлосне снаге је емитовано под углом од 90 степени или више од <b>nadir</b>	0



### 5. ДОКУМЕНТАЦИОНА УПУТСТВА

Следећа документа су предвиђена да би се извршила оцена:

#### Основна & брза оцена

Писмо о ангажовању или **једноставно и брзо** доступна документација за предвиђену проверу (погледати комплетну оцену), тј. разумне процене предвиђених/очекиваних вредности.

#### Комплетна оцена

##### 5.1. Густине светлосне снаге

- Лист са техничким подацима стубова (носача) светиљки,
- Произвођачки подаци за светиљке коришћене на пројектној локацији.

##### 5.2. Осветљај на границама локације

- Класификација пројектне локације,
- Опис процедуре анализе расподеле светлости ради дефинисања усаглашености са фотометријским пројектом за локацију.
- Спецификација која потврђује стратегију екстерног управљања осветљењем.

##### 5.3. Угао светлосне емисије

- Фотографије инсталираних стубова које показују углове  $<90^\circ$  у односу на **nadir**.

### 6. ВЕЗА СА ОСТАЛИМ ИНДИКАТОРИМА

Индикатор 1: Визуелни конфор (Индикатор 2.7, Open House Manual);

Индикатор 2: Потреба за примарном необновљивом енергијом PEnr (Индикатор 1.9, Open House Manual);

Индикатор 3: Потреба за укупном примарном енергијом и учешће обновљиве примарне енергије (Индикатор 1.10, Open House Manual)

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] BREEAM Europe Commercial 2009 Assessor Manual;
- [2] LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition;
- [3] ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Lighting, Section 9 (без амандмана) ;
- [4] Lighting for Exterior Environments RP-33-99, by the Outdoor Environment Lighting Committee of Illuminating Engineering Society of North America ([www.iesna.org](http://www.iesna.org)) (IESNA, 1999) ;
- [5] International Dark-Sky Association ([www.darksky.org](http://www.darksky.org)).

## ASSESSMENT OF LIGHT POLLUTION ACCORDING TO PROPOSED METHOD „OPEN HOUSE”

*Summary:* The Construction Cluster „DUNDJER“, together with a number of its members, is participating, as a leading partner, in a national project co-financed by the National Agency for Regional Development, which deals with innovative implementation of LED lamps in the system of public enlightening by introducing distance control. Although outdoor lighting is imperative to illuminate sidewalks, parking lots and driveways for safety and convenience reasons, it can alter a site's nocturnal ecosystem and limit sky observations.

According to LEED and BREEAM norms, the method for assessment of light pollution is developed. This method will be used in design and calculation of enlightening in frame of noted project. The key study is realized in the Municipalities Knjaževac, Bela Palanka, and Preševo. The assessment methodology is presented in this paper.

**Keywords:** Light pollution, external lighting, LED lighting, distance control of lighting, assessment of light pollution.