

## EKOLOGIZÁCIA NÁVRHU UMELÉHO OSVETLENIA

Ružena KRÁLIKOVÁ

### GREENING DESIGN OF ARTIFICIAL LIGHTING

#### **Abstrakt.**

Svetelné zdroje a ich prevádzkovanie významnou mierou ovplyvňujú hospodárnosť osvetlenia, preto pri návrhu nových osvetľovacích sústav alebo pri ich rekonštrukcii a modernizácii treba venovať zvýšenú pozornosť ich výberu. Šetrenie elektrickou energiou nie je len výsledkom tlaku koncových používateľov na znižovanie svojich nákladov, ale stáva sa aj povinnosťou v súlade s politikou energetickej efektívnosti. Príspevok je venovaný systémom umelého osvetlenia s použitím svetelných zdrojov novej generácie, ktoré sú energeticky úsporné a šetrné k životnému prostrediu.

**KLúčové slová:** umelé osvetlenie, úspora elektrickej energie, regulácia osvetlenia.

#### **Abstract.**

Lighting sources and their operation significantly affects to their efficiency, so design the new lighting systems or their reconstruction, innovation and modernization needs more attention to their selection. Energy saving illumination is not only a result of pressure from end-users to reduce their costs, but becomes the responsibility in accordance with the policy of energy efficiency. This paper is devoted to artificial light systems using a new generation of light sources that are energy saving and environmentally friendly.

**Key words:** artificial light, energy saving illumination, environment

#### Úvod

Svetlo je jedným z faktorov na vytvorenie pohody v miestnostiach a je tiež súčasťou energeticky úsporných princípov pri správe budov. Umelé osvetlenie sa vo vyspelých krajinách stalo neoddeliteľnou súčasťou každodenného života. Z energetického hľadiska je jedným z významných spotrebiteľov elektrickej energie. Úspora elektrickej energie na osvetlenie napr. pre výrobnú halu s inteligentným regulačným systémom môže predstavovať od 40% až do 80%. [1]  
Osvetlenie ako dôležitý prvok pracovného prostredia ovplyvňuje kvalitu, efektívnosť a bezpečnosť práce. Hoci za posledné desaťročie prešiel vývoj svietidiel a svetelných zdrojov určených na osvetľovanie pracovných priestorov výraznými zmenami, aj v súčasnosti sa nájdu budovy s technicky zastaranými svietidlami.

#### Svetlo a projektový manažment

Splniť požiadavky zabezpečenia osvetlenia priestoru je najvýhodnejšie v štádiu návrhu – projektu, kedy náklady na zmeny sú najnižšie. Prístupy k návrhu osvetlenia sú rôznorodé, závisia od mnohých skutočností, ale cieľ majú rovnaký – zabezpečiť optimálne riešenia osvetlenia a maximálnej miere využitie denného osvetlenia v interiéroch budov.

Reaktívny prístup je reakciou na požiadavky verejnoprávnych zložiek – stavebný úrad, hygienika, alebo požiadavky účastníkov výstavby v zmysle platných noriem, vyhlášok a nariadení.

Proaktívny prístup spočíva v návrhu osvetlenia už v štádiu urbanistického konceptu, ktorý zahŕňa návrh veľkosti a počtu osvetľovacích otvorov, ich rozmiestnenie a materiálové riešenia.

Prívod denného svetla do vnútorných priestorov stavieb je spravidla zabezpečovaný transparentnými konštrukciami a rôznymi nadväzujúcimi technickými systémami:

- pasívnymi systémami denného osvetlenia budov – oknami, svetlíkmi, strešnými oknami, vikiermi, presvetlenými átriami či zimnými záhradami, svetlovodmi, doskami s reflexným povrchom a pod.
- aktívnymi osvetľovacími systémami: slnečnými heliostatmi, systémami využívajúcimi optické vlákna či rôzne hybridné systémy. [2]

Aktuálna európska technická norma o osvetľovaní pracovných priestorov v interiéroch STN EN 12464-1, platná od marca 2012, podporuje komplexné riešenia. Pri návrhu osvetľovacej sústavy pracoviska by malo byť prioritou vytvoriť optimálne podmienky pre zrakový výkon v konkrétnom pracovnom prostredí tak, aby bola maximálne zabezpečená zraková pohoda. Vzhľadom na nové možnosti svetelnej techniky norma síce niektoré požiadavky sprísnila, zároveň však platí, že predpísané hodnoty sa nevzťahujú na celý vnútorný priestor. Požadovaná intenzita osvetlenia, maximálne prípustné oslnenie či

optimálne podanie farieb svetelnými zdrojmi musia byť dodržané pri jednotlivých druhoch pracovných prostredí špeciálne v miestach zrakovej úlohy a v jej bezprostrednom okolí.

### Osvetlenie v priemysle

Stav osvetlenia v priemyselných prevádzkach je v súčasnej dobe na úrovni, ktorá v mnohých prípadoch nevyhovuje požiadavkám stanovených v legislatíve a normách. Z hľadiska bezpečnosti práce je osvetlenie v pracovnom prostredí jedným z najdôležitejších faktorov. Veľa firiem preto stojí pred problémom, ako zrekonštruovať súčasné osvetlenie, tak aby vyhovovalo všetkým požiadavkám pre vytvorenie najoptimálnejších svetelných podmienok a tým sa dosiahol bezpečný pracovný výkon.

Slovensko má historicky vysoko energeticky náročnú štruktúru priemyslu a v jeho odvetvovej štruktúre prevláda strojársky priemysel. Podiel elektrickej energie pripadajúci na umelé osvetlenie je značný a nie zanedbateľný. Inštalovanie a prevádzkovanie energeticky efektívnych osvetľovacích systémov vo väčšine prípadov doposiaľ nie je považované za hlavnú prioritu, pretože dostupný kapitál sa predovšetkým používa na prevádzku, modernizáciu výrobného procesu a iné súvisiace činnosti, ktoré priamo súvisia s výrobou a existenciou priemyselných podnikov a inštitúcií.

Správne osvetlenie má vytvoriť priaznivé podmienky videnia. Týmto požiadavkám sa vyhovie najmä primeranou intenzitou osvetlenia, vhodnými jasnými, kontrastnými jasmi a farieb a správnym smerom dopadu svetla a pod. Kombináciou umelého a prirodzeného svetla je možné dosiahnuť najlepšie výsledky. Svetlenie počas celého dňa vedie k vysokým nákladom. Kombináciou denného a umelého osvetlenia je možné dosiahnuť veľké úspory. Senzory pohybu a riadenie osvetlenia ovplyvnené prítomnosťou resp. neprítomnosťou osôb aktivujú osvetlenie v prípade, že sa v miestnosti niekto nachádza.

Tento systému ovládania osvetlenia vychádza :

- sledovania prítomnosti,
- časového plánovania,
- ovládania stmievania v závislosti od intenzity denného osvetlenia,
- riadenia konštantnej úrovne osvetlenia a i.

Stmievanie svetelného zdroja je najznámejšou a najzákladnejšou formou riadenia osvetlenia. Možnosť ako kreatívne riadiť osvetlenie je čím ďalej, tým viac, ako aj možnosti, ako ovplyvňovať charakter svetla s cieľom vytvoriť ideálnu atmosféru pre akúkoľvek činnosť, napr. zmenou teploty chromatickosti, miešaním farieb svetla až po dynamické kopírovanie denného svetla.

Pri návrhoch optimalizácie a ekologizácie osvetľovacích systémov priemyselných objektov je potrebné zdôrazniť také faktory, ako sú špecifické vlastnosti konkrétnych výrobných hál a budov, v ktorých pracovné činnosti môžu byť vykonávané počas viacerých zmien, s rôznou dĺžkou pobytu osôb na jednotlivých pracovných miestach a s rôznymi požiadavkami na zrakovú náročnosť podľa charakteru vykonávanej práce a typu pracoviska. [4]

Implementáciou počítačovej inteligencie, environmentálnych a ekonomických aspektov je možné optimalizovať parametre osvetľovacích systémov a dosiahnuť úsporu elektrickej energie až o 80% prispôbovaním intenzity osvetlenia vo vnútornom pracovnom prostredí je možné odvíjať riešenia v závislosti od premenlivosti denného svetla, pohybu osôb v priestore a časového plánovania (obr. 1).

Progressívne osvetľovacie systémy využívajú svetelné zdroje novej generácie, ktoré sú energeticky úsporné, šetrné k životnému prostrediu, spoľahlivé a majú dlhú životnosť. Voľba svetelného zdroja vyplýva už zo základných požiadaviek na osvetľovanie priemyselných prevádzok (strojárenských hál). Ďalším hľadiskom je ekonomika prevádzky a údržby.

Kritéria pre výber svetelného zdroja na osvetlenie strojárenských prevádzok sú nasledovné:

- hľadisko úspory el. energie pri inštalácii nových zdrojov (max. merný výkon, optimálne využitie svet. toku v svietidle, rýchlosť poklesu svet. toku ...),
- ekonomické hľadisko pri údržbe osvetlenia (život, priebeh úmrtnostní krivky v čase = počet kusových výmen pri údržbe, plošné výmeny ...),
- estetické hľadisko (farba svetla),
- obstarávacie náklady vzhľadom k úžitkovým vlastnostiam.

V tab. č. 1 je uvedený prehľad svetelných zdrojov, ktoré sú v najväčšej miere používané v sústavách na osvetľovanie. Uvedené sú porovnávacie hodnoty životnosti zdrojov, merných výkonov a svetelných tokov, a pre ďalšiu voľbu z hľadiska použiteľnosti aj hodnoty indexu farebného podania a teploty chromatickosti.

Tab. 1. Porovnanie parametrov jednotlivých druhov svetelných zdrojov

Druh svetelného zdroja	Obrázok svetelného zdroja	Typ	Prikon [W]	Merný výkon [lm/W]	Životnosť [h]	Korelovaná teplota chromatickosti [K]	Index podania farieb R <sub>a</sub>
Žiarovka		klasická	15 - 200	6 - 16	1000	2750	100
Halogénová žiarovka		na sieťové napätie	60 - 2000	12 - 25	> 2000	2850	100
		na nízke napätie (12 V)	5 - 75	11 - 19	3000 - 4000	2800 - 3050	90 - 100
Žiarivka		kompaktná	5 - 55	50 - 87	6000 - 16000	2700 - 6000	> 80
		lineárna $\Phi$ 16 mm	14 - 35	96 - 106	8000 - 12000	2700 - 6000	> 80
		lineárna $\Phi$ 26 mm	10 - 58	33 - 83	8000 - 12000	2700 - 6000	> 80
		lineárna $\Phi$ 38 mm	20 - 65	57 - 68	8000 - 12000	2700 - 6000	> 80
Výbojka		Xenónová s krátkym obl.	25 - 8000	15 - 50	1200	6000	> 94
		Halogenidová	35 - 2000	52 - 110	5000 - 10000	3000 - 6000	65 - 96
		Vysokotlaková sodíková	35 - 1000	70 - 150	28000	2000	20 - 40
		Nízkotlaková sodíková	17,5 - 180	100 - 203	10000 - 18000	1800	0
		Indukčná	40 - 200	65 - 80	60000	3500 - 6000	80
LED		Dióda	cca 0,04	20 - 150*	20000 - 100000	2800 - 3200	> 90

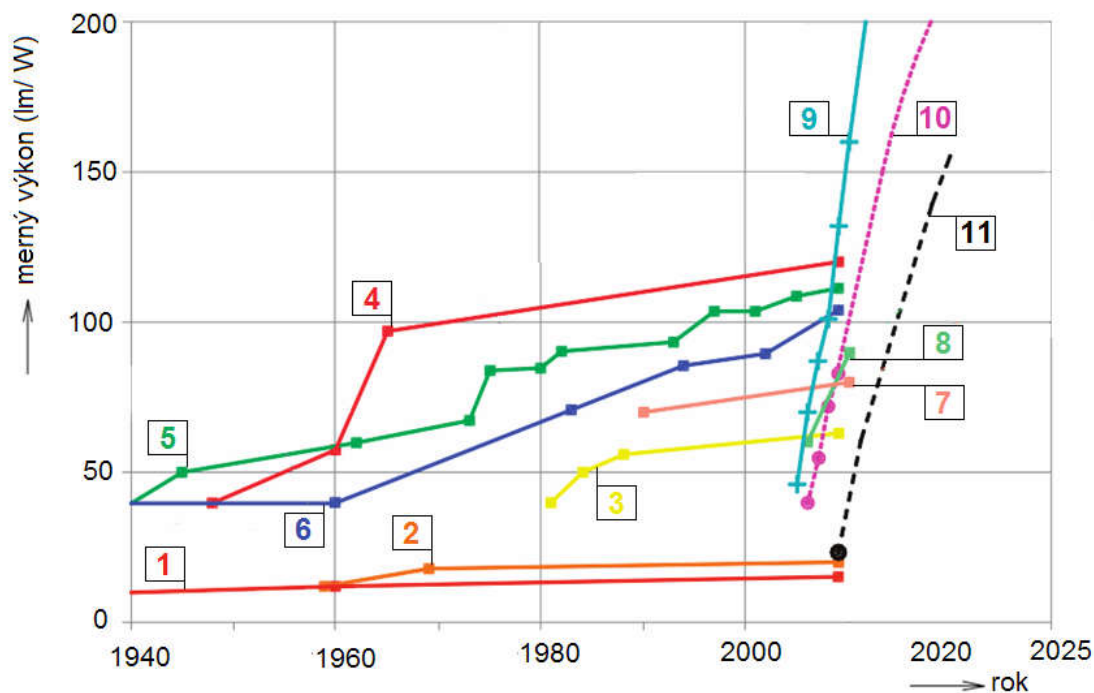
\* Záleží na vlnovej dĺžke diódy (najnižší je pri infračervených a najväčší pri ultrafialových).

\*\* Teoreticky vypočítané, maximum je 220 lm/W.

Dôležitým údajom, súvisiacim s ekonomikou prevádzky svetelných zdrojov je životnosť svetelného zdroja (hod). Výrobcovia svetelných zdrojov spravidla uvádzajú hodnoty životnosti, keď ešte svieti 50 % skúmaného súboru za stanovených podmienok. Taktiež je potrebné uvažovať s tým, že svetelný tok každého zdroja sa v čase života mení. Tieto zmeny zachytávajú krivky poklesu svetelného toku. Určujú, aký je percentuálny pokles počiatkovej hodnoty svetelného toku po 100 hod života v závislosti na počte odsvietených hodín. Tento údaj je dôležitý pre návrhy a výpočty osvetľovacích sústav. Počiatkové hodnoty výpočtu treba nadhodnotiť o toľko, aby na konci intervalu výmeny zdroja hodnota svetelného toku, resp. osvetlenosti ešte vyhovovala STN.

Vzhľadom k tomu, že medzi aspekty, ktoré významne ovplyvňujú rozvoj svetelných zdrojov patrí požiadavka na energetickú účinnosť ich využitia, bolo v posledných rokoch v Európskej únii, v Spojených štátoch, v Austrálii a v ďalších krajinách prijatých niekoľko legislatívnych opatrení súvisiacich s minimálnymi požiadavkami na účinnosť svetelných zdrojov.

V rámci Európskej únie bol prijatý súbor nariadení, podľa ktorých budú svetelné zdroje s nízkym merným výkonom postupne sťahované z trhu. V dôsledku uvedených nariadení budú do roku 2012 z obchodnej siete úplne sťahované žiarovky pre všeobecné osvetlenie. Ak sa v reálne krátkej dobe nepodarí výrazne zvýšiť merný výkon halogenidových žiaroviek a vysokotlakových ortuťových výbojok, budú i tieto svetelné zdroje stiahnuté z predaja. Vývoj merného výkonu bežne používaných svetelných zdrojov pre všeobecné osvetlenie je na obrázku 2. [5]



- |  |  |
|--|--|
| 1 - žiarovky                               | 7 - indukčné výbojky                     |
| 2 - halogénové žiarovky                    | 8 - bezelektrodové vysokotlakové výbojky |
| 3 - kompaktné žiarovky (E27)               | 9 - LED chladne biela                    |
| 4 - lineárne žiarivky                      | 10 - kompaktné LED (E27)                 |
| 5 - vysokotlakové výbojky (nízke príkony)  | 11 - panel OLED                          |
| 6 - vysokotlakové výbojky (vysoké príkony) |  |

Obr.2. Vývoj merného výkonu svetelných zdrojov [5]

V posledných rokoch sa čoraz výraznejšie v rôznych svetelnotechnických aplikáciách presadzujú LED diódy. Diódy spoľahlivo vytlačujú miniatúrne žiarovky a nachádzajú aj úplne nové použitie, napríklad v dopravnej signalizácii, pri osvetlení exponátov citlivých na UV žiarenie, začínajú sa využívať aj vo verejnom osvetlení a objavujú sa aj v architektonickom osvetlení.

Trendy vývoja u LED sú zo všetkých typov zdrojov najrýchlejšie. Podľa údajov výrobcov sa každým rokom zhruba zdvojnásobí dosiahnutá hodnota svetelného toku, rozširuje sa sortiment pre najrôznejšie aplikácie ( zväzky (klastre), fokusované v najrôznejších uhloch, farebné spektrum a pod).

#### Monitorovanie a vyhodnocovanie osvetlenia

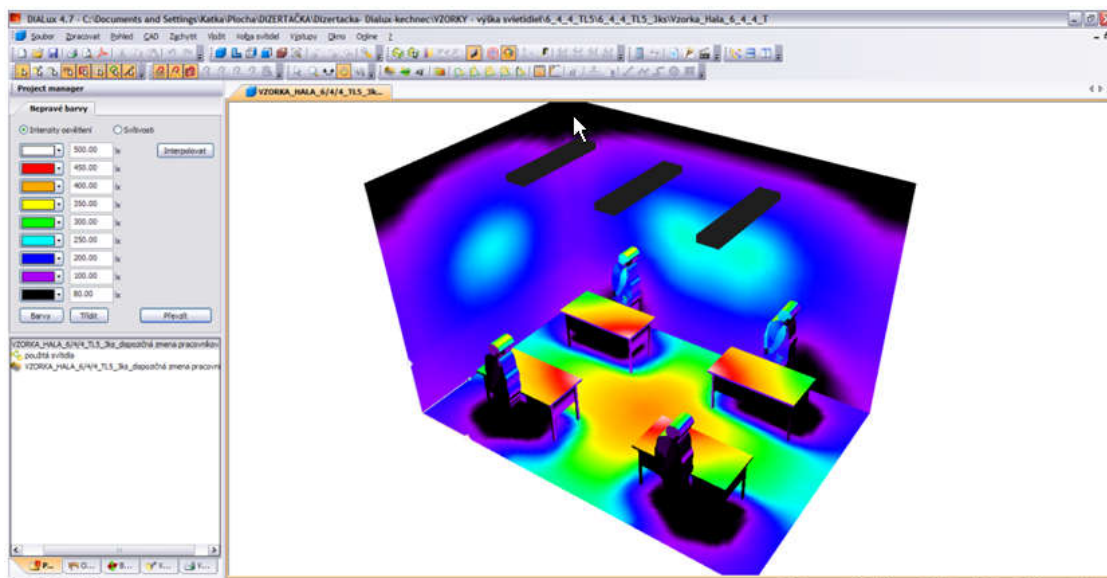
Na podporu monitorovania a vyhodnocovania osvetlenia sú nápomocné simulačné metódy a vizualizačné techniky na tvorbu dynamických svetelných máp a ďalších grafických výstupov.

Súčasný prudký rozvoj informačných technológií vytvára predpoklady pre riešenie úloh aj v danej oblasti.

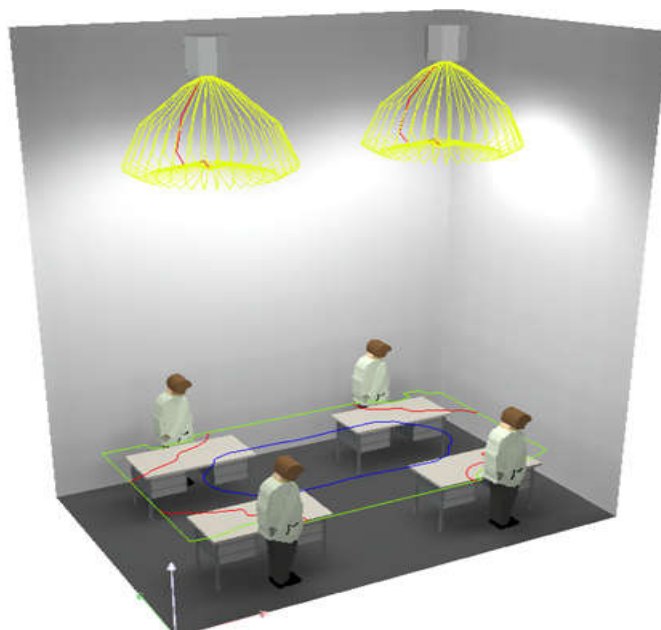
Výpočet osvetľovacích sústav a charakteristík osvetlenia je možné realizovať využitím moderných počítačových programov, ktoré okrem svetelnotechnických výsledkov ponúkajú aj 2D a 3D vizualizáciu osvetľovaných priestorov a umožňujú tak spracovať kompletnú výkresovú dokumentáciu k svetelnotechnickému projektu. Na nasledujúcich obrázkoch (obr. 3 až obr. 6) sú zobrazené výstupy z programu Dialux, ktorý patrí medzi výpočtové počítačové programy slúžiace pri návrhu osvetlenia.



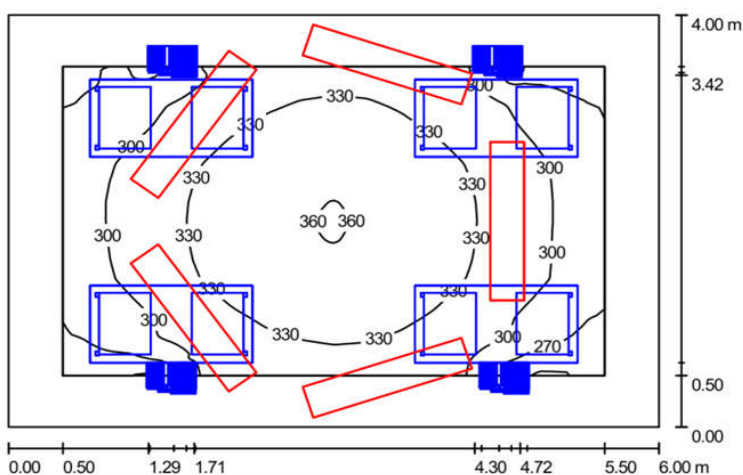
*Obr.3. 3D vizualizácia vnútornej scény*



*Obr.4. Renderovanie nepravými farbami /osvetlenosť/*



Obr.5. Izofotická mapa s vyznačenými izolíniami a krivkami svietivosti



Obr.6. Izolínie hodnôt osvetlenosti na porovnávacjej rovine

### Záver

Požiadavka znižovania energetickej náročnosti aj na osvetlenie v priemysle z dôvodu rastu cien energií a narastajúcej závislosti na dovoze energií sa stáva stále aktuálnejšou. Vhodné osvetlenie prispieva k zvyšovaniu produktivity, kvality práce, bezpečnosti a ekologizácii pracovného prostredia. Moderné osvetľovacie systémy novej generácie sú energeticky úsporné, spoľahlivé a šetrnejšie k životnému prostrediu. Správne navrhnuté a udržiavané osvetlenie zabezpečí dodržanie kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov požadovaných normami počas celej prevádzky. Hospodárnosť osvetlenia pomáha dosahovať aj samotný návrh osvetľovacích sústav. Vhodne navrhnuté osvetlenie nielenže zabezpečuje požadované podmienky na vykonávanie zrakových úloh, vplýva aj na produktivitu práce a umožňuje minimalizovať investičné aj prevádzkové náklady, čím zvyšuje efektívnosť osvetlenia. Nevhodné svetelné podmienky môžu viesť k zníženiu produktivity zamestnancov a v konečnom dôsledku môžu byť straty na celkových výrobných a prevádzkových nákladoch zamestnávateľa oveľa vyššie ako by predstavovali náklady na inovované, resp. nové osvetlenie.

### Pod'akovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA 1/0537/15 Výskum vplyvu vybraných parametrov pracovného prostredia na pracovnú výkonnosť a produktivitu.

### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV



- [1] HOŘÍNEK, D.: Osvetlenie priemyselných hál a priestorov svetidlami so žiarivkami T5, In: Světlo, 3/2008, FCC Public s. r. o., Praha
- [2] FLIMEL M.: Prístupy k návrhu denného osvetlenia v interiéri. In: Světlo, roč. 9, č. 4, 2006 , s. 40 – 42.
- [3] DLUGOPOLSKÝ,J.: Energetická efektívnosť- Ovládanie osvetlenia Schneider Electric, AT&P journal 3/2008, Bratislava, ISSN 1336-5010, s-24-25
- [4] Dlugopolský,J.: Energetická efektívnosť- Ovládanie osvetlenia Schneider Electric, AT&P journal 3/2008, Bratislava, ISSN 1336-5010, s-24-25
- [5] ŽÁK, P.: Trendy ve světelných diodách a svítidlech se světelnými diodami, In: Světlo, ročník 2010, číslo. 6, FCC Public s. r. o., Praha.
- [6] BADIDA, M.- KRÁLIKOVÁ, R.- KRUPA, M. (2005): Svetelno – technická štúdia interiérov a exteriérov kompresorovej stanice Jablonov nad Turňov, 246 s.
- [7] SMOLA,A., Osvetlenie priemyselných hál, AT&P journal, 3/2003, Bratislava, ISSN 1336-5010, s-34-36
- [8] SMOLA, A., BLUBLA, J.: Racionalizácia spotreby elektrickej energie využitím žiarivkového programu TL5. In: Konferencie osvetľovacej techniky XIV. Ostrava: 1997, s. 98 - 103.
- [9] [KRÁLIKOVÁ, R. - BADIDA, M. - KEVICKÁ, K.: Inovácie osvetlenia - úspora energie . In: Strojárstvo. Roč. 16, č. 5 (2012), s. 102-104. - ISSN 1335-2938
- [10] KRÁLIKOVÁ, R. - KEVICKÁ, K. :Analýza možností využitia inteligentných softvérov pri návrhoch osvetľovacích sústav . In: Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 2, č. 1 (2012), s. 16-23. - ISSN 1338-3922

**ADRESA AUTORA:**

**doc. Ing. Ružena KRÁLIKOVÁ, PhD.,** Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra procesného a environmentálneho inžinierstva, Park Komenského 5, 042 00, Košice, Slovenská republika, e-mail: ruzena.kralikova@tuke.sk

**RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

**REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*