

INOVÁCIE V OSVETLENÍ PRACOVÍSK – POROVNANIE VARIANTOV OSVETĽOVACEJ SÚSTAVY PRIEMYSELNEJ HALY A ICH ENVIRONMENTÁLNE HODNOTENIE

RUŽENA KRÁLIKOVÁ

OF INNOVATION IN ILLUMINATION OF WORKPLACES - LIGHTING SYSTEM VARIANTS OF THE INDUSTRIAL BUILDING COMPARE AND THEIR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá problematikou osvetlenia pracovísk v priemysle. Predmetom riešenia je priemyselná hala, v ktorej sa realizujú výrobné činnosti z oblasti strojárkej výroby. Na základe súčasného stavu inštalovanej svetelnej sústavy bolo meraním objektivizované a hodnotené osvetlenie priestorov z hľadiska technických, hygienických a environmentálnych požiadaviek. V príspevku sú prezentované variantné návrhy modernizácie pôvodnej osvetľovacej sústavy, prevedené s počítačovou podporou. Pri návrhoch osvetľovacích sústav bol pri výbere svietidiel a svetelných zdrojov kladený dôraz na tie, ktoré sú vhodné ako z hľadiska energetickej úspornosti, tak aj z environmentálneho hľadiska, pri ktorom je už pri výskume a vývoji produktov z oblasti osvetľovacej techniky kladený dôraz na ochranu životného prostredia nie len pri ich prevádzkovaní, ale aj pri ich zneškodňovaní po ukončení životnosti.

KLúčové slová: pracovné prostredie, energetická úspornosť, osvetlenie, svetelné zdroje, LED.

ABSTRACT

This paper deals with lighting of workplaces in industry. The subject of solution is an industrial hall in which the production activities carried out in the field of mechanical engineering. Based on the current state of the installed lighting system has been objectified and measured the illumination of workplace and assessed appropriate for technical, health and environmental requirements. The paper presented proposals for the modernization of variants of the original lighting system, transferred to computer support. For lighting systems proposals has been the selection of luminaires and lamps focuses on those that are appropriate both in terms of energy efficiency, as well as from an environmental points of view, in which are already in the research and development of products in lighting emphasis on environmental protection not only for their operation, but also at their disposal after the end of life.

Key words: working environment, energy saving, illumination, lighting sources, LED.

Súčasný stav osvetlenia priemyselnej haly

Pre zistenie súčasného stavu nainštalovanej svetelnej sústavy priemyselnej haly boli realizované merania celkovej osvetlenosti výrobné haly a osvetlenosti v mieste pracovnej úlohy v súlade so štandardnou metodikou pre meranie a hodnotenie osvetlenia a normy STN EN 12464-1. Svetelná sústava pozostávala z 28 ks výbojkových svietidiel Elsvit, každé z príkonom 400W, s celkovým príkonom 11,2 kW. V svietidlách boli použité ako svetelné zdroje ortuťové výbojky OSRAM HQL 400W. Jedná sa o prevádzku s nepretržitým používaním osvetľovacej sústavy výrobné haly. Výrobný proces je zabezpečovaný kontinuálne v dvoch 12-hodinových pracovných zmenách. Meranie umelého osvetlenia bolo prevedené počas nočnej zmeny, kedy už keďže sa jedná o nepretržitú prevádzku boli svetelné zdroje zahriate na prevádzkovú teplotu a stabilizované. Výsledné hodnoty celkovej osvetlenosti ako aj hodnoty osvetlenosti v miestach zrakovéj úlohy nedosahovali požadované hodnoty osvetlenosti, čo predpokladá inováciu osvetľovacej sústavy. V ďalšej časti príspevku sú uvedené dva návrhy inovácií osvetlenia danej osvetľovacej sústavy vytvorené v programe Dialux. Základné geometrické rozmery priemyselnej haly, ako aj spôsob údržby boli zadávané do programu podľa parametrov uvedených v Tabulka 1.

Rozmery haly	dĺžka	Šírka	výška
	42 m	25 m	12 m
Metódy plánu údržby	Okolité podmienky	Interval údržby	
-	znečistené	ročne	
Stupeň odrazu	strop	steny	podlaha
	30%	10%	20%

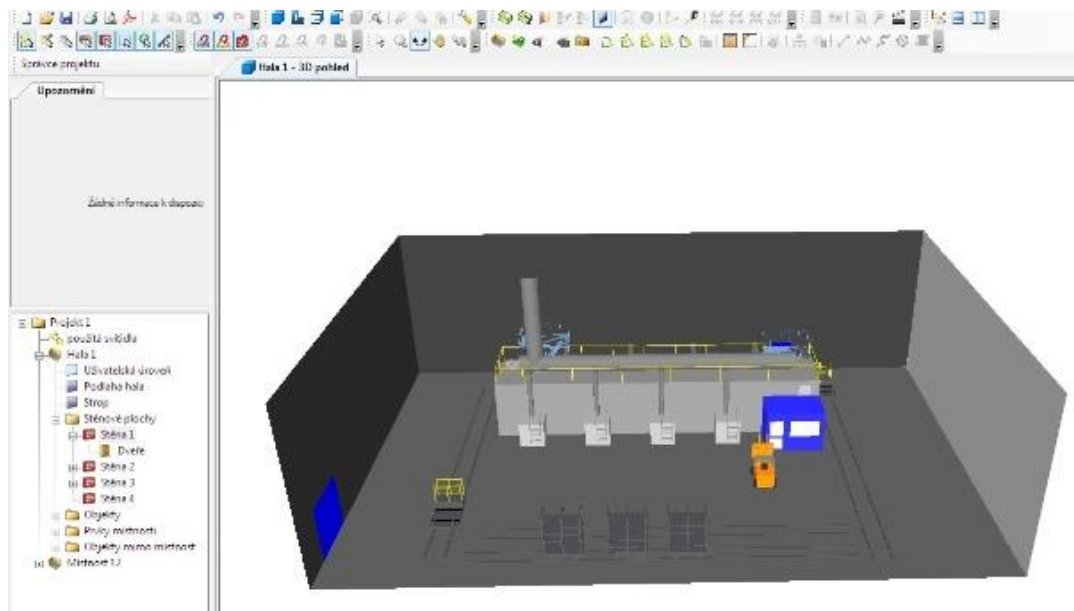
Tabulka 1: Vstupné parametre výrobné haly

Jedná sa o prevádzku s nepretržitým používaním osvetľovacej sústavy výrobné haly. Výrobný proces je zabezpečovaný kontinuálne v dvoch 12-hodinových pracovných zmenách.

Tvorba modelu v programe Dialux

Pri tvorbe návrhov osvetľovacích sústav s využitím najnovších poznatkov v oblasti osvetľovacej techniky pre priemyselnú halu a realizáciu svetelno-technických výpočtov a vizualizáciu bol použitý softvér Dialux 4.12. Práca s týmto programom je nenáročná.

Tvorba modelu a práca s ním je interaktívna, program ponúka množstvo priamych príkazov v editačných lištách, ktoré umožňujú aj vkladanie svietidiel priamo z katalógov výrobcov. Základným predpokladom pre reálne výsledky osvetlenosti je čo najhodnovernejšie vytvorenie modelu hodnoteného priestoru. Následne je potrebné zadať všetky potrebné údaje, ktoré program požaduje. Jedná sa o charakteristiku povrchov, komponentov interiéru a ich materiálov. Na obrázku č.1 je v programe vytvorený 3D model riešenej priemyselnej haly.



Obrázok 1: 3D model priemyselnej haly vytvorený v programe Dialux 4.12

Pred výberom osvetľovacej techniky, ktorá bola použitá pri návrhoch osvetľovacej sústavy riešenej priemyselnej haly boli zaradené pracovné priestory podľa charakteru vykonávaných činností, v zmysle normy STN EN 12464-1. Hodnoty pre dosiahnutie požadovanej osvetlenosti pri návrhu osvetlenia priemyselnej haly podľa zrakovej úlohy určené normou sú uvedené v Tabuľka 2: 2.

Typ miestnosti, úlohy alebo činnosti	E_m	UGR_L	R_a
2.3 Cement, cementové výrobky, betón, tehly			
2.3.2 Príprava materiálu, práca pri vypaľovacích peciach	200 lx	28	40
2.3.3 Bežné práce pri strojoch	300 lx	25	80

Tabuľka 2: Požadované hodnoty osvetlenosti priestoru podľa zrakovej úlohy[23]

Pre dodržanie parametrov, ktoré sú uvedené v Tab.2 sa pri návrhoch inovovaných osvetľovacích sústav uvažovalo s dosiahnutím minimálnej osvetlenosti 300 lx pri dodržaní indexu podania farieb v rozmedzí $R_a \geq 80$.

Inovácie osvetlenia priemyselnej haly

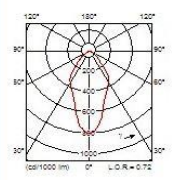


V dnešnej dobe je ponuka priemyselných svietidiel a svetelných zdrojov na trhu veľmi pestrá. Od najznámejších výrobcov až po tých menších, ktorí tak isto ponúkajú svoje produkty v tejto oblasti. Pri návrhoch osvetľovacích sústav bola snaha o výber tých najlepších svietidiel, ktoré v súčasnosti ponúka rozsiahly trh. Zo širokej ponuky sa vytypovali svietidlá a svetelné zdroje, ktoré sú vhodné nielen z hľadiska energetickej úspornosti ale aj z hľadiska environmentálneho. V obidvoch variantoch boli použité technické komponenty na osvetlenie vyrobené spoločnosťou Philips. Je to jeden z popredných výrobcov osvetľovacej techniky v Európe. Ponúka širokú škálu kvalitných svietidiel a svetelných zdrojov s využitím v oblasti osvetľovania pracovných priestorov. Pri výskume a vývoji svojich produktov v oblasti osvetľovacej techniky v nemalej miere prihliada na ochranu životného prostredia pri prevádzkovaní svietidiel, ako aj pri ich zneškodňovaní po ukončení životnosti.

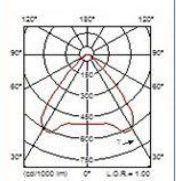


Osvetľovacia sústava – variant 1

Pre prvú variantu osvetľovacej sústavy priemyselnej haly bolo použité svietidlo typového označenia BY151P. Toto svietidlo patrí do produktovej rady Cabana 2. Jedná sa o interiérové vysokozašesné svietidlo, určené pre použitie v priemysle. Externý regulátor umožňuje, ľahké nastavovanie svetelného zdroja v mieste inštalácie. Disponuje vonkajším konektorom pre elektrické pripojenie, bez nutnosti otvárania jednotky. V ponuke sú dve vyhotovenia:

- štandardná verzia pre výbojky rady SON a HPI-P,
- kruhová verzia pre výbojky rady CDM-TMW.

V svietidlách sa uvažovalo so svetelnými zdrojmi - vysokotlakými halogénovými výbojkami rady CDM-TMW. Pre optimálne výsledky bol počet svietidiel stanovený na 28 Ks. Montážna výška bola navolená vo výške 10m. Vlastnosti svietidla, ako aj svetelného zdroja sú uvedené v Tab. 3a.

Krivka svietivosti:	Svietidlo : Philips BY 151P 1xCDM-TMW315W-942 EB NB	Svetelný zdroj:
		Vysokotlaková výbojka 
	Napájacie napätie: 220V – 240V Sieťová frekvencia: 50-60Hz Výkon: 315W Krytie: IP 65 Cena: 631,59€	Typ: CDMT elite MW Prikon: 315W R _a = 85(min),93 Merný výkon: 113l/W Svetelný tok: 36 200lm Životnosť: 30 000h Teplota chromatickosti: 3100K

Krivka svietivosti	Svietidlo : PHILIPS BY461P LED240S/840WB GC	Svetelný zdroj:
		LED Počet: 128 pcs Typ: LED 240S Prikon: 292W R _a = 80 Merný výkon: 82l/W Svetelný tok: 24 000lm Životnosť: 50 000h Teplota chromatickosti: 4000K
	Napájacie napätie: 220V – 240V Sieťová frekvencia: 50-60Hz Výkon: 315W Krytie: IP 65 Cena: 2162,14€	

Tabuľka 3. Základne parametre svetelnej techniky pre : a) variant č.1 b) variant 2

Osvetľovacia sústava priemyselnej haly – variant č.2

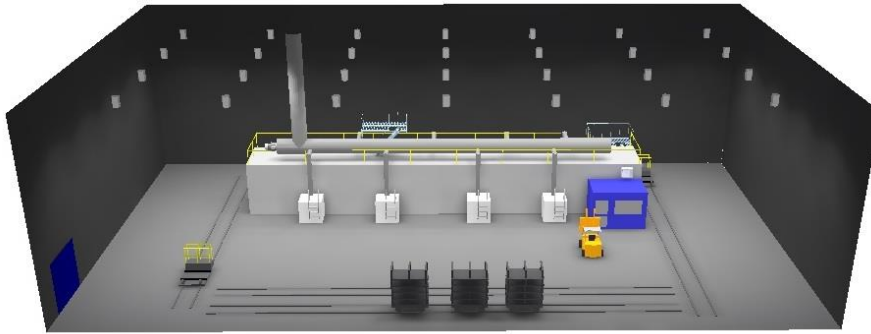
Pre druhý variant bola použitá osvetľovacia technika najnovšej rady v oblasti osvetľovania priemyselných vnútorných priestorov s využitím LED technológie. Ide o produktovú radu Gentle space firmy Philips typové označenie BY460P a BY461P. Jedná sa o vysokozávesné LED svetidlo, ktoré dokáže nahradiť v plnom rozsahu závesné svetidlá využívajúce výbojky do 400W. V okamihu zapnutia poskytujú okamžité svetlo. Jeho intenzitu je možné regulovať pomocou stmievania cez rozhranie DALI. Vyznačuje sa vysokou životnosťou. Vyrába sa v dvoch veľkostiach:

- dvojdielne systémy (náhrada závesných halogenidových svetidiel s výkonom 250W),
- štvordielne systémy (náhrada závesných halogenidových svetidiel s výkonom 400W).

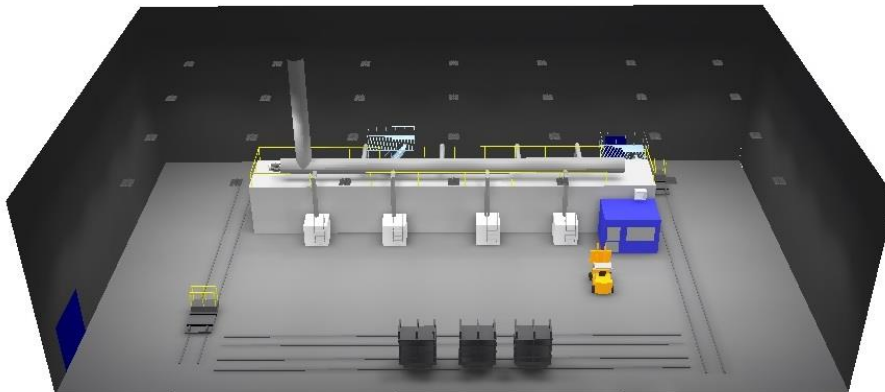
V tomto návrhu - vo variante č.2 bol použitý štvordielny systém s typovým označením BY461P. Svetidlo obsahuje štyri panely s vysokovýkonnými LED čípmi. Ako v predchádzajúcom variante boli svetidlá umiestnené do montážnej výšky 10 m v počte 28 ks. Základné parametre svetidla sú uvedené v Tab.3 b.

Porovnanie variantov

Po vytvorení modelu osvetľovacej sústavy boli v programe Dialux prevedené svetelno-technické výpočty ako aj samotná vizualizácia osvetleného priestoru, variant 1 – na obrázku č.2, variant 2 – na obrázku č.3.

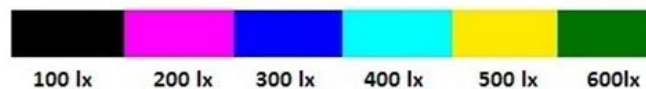
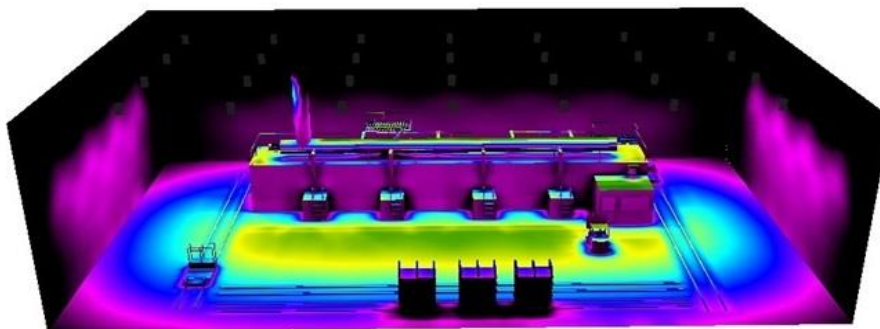


Obrázok 2: Vizualizácia svetelnej scény variant 1

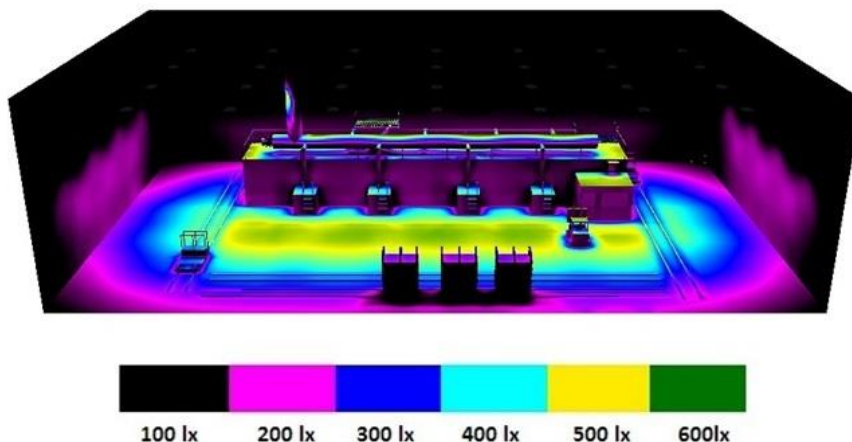


Obrázok 3: Vizualizácia svetelnej scény variant .2

Jednou z možností, ktoré ponúka Dialux 4.12 pre lepší prehľad osvetelneného priestoru je zobrazenie vizualizácie v nepravých farbách – renderovanie (Obr.4, obr.5) pomocou prednastavenej alebo užívateľom zvolenej odstupňovanej farebnej škály intenzity osvetlenia, pričom každá farba odpovedá priradenej hodnote v luxoch alebo cd.m^{-2} . Táto možnosť veľmi uľahčuje celkový prehľad o intenzite osvetlenia a je ľahko pochopiteľná aj pre laikov.

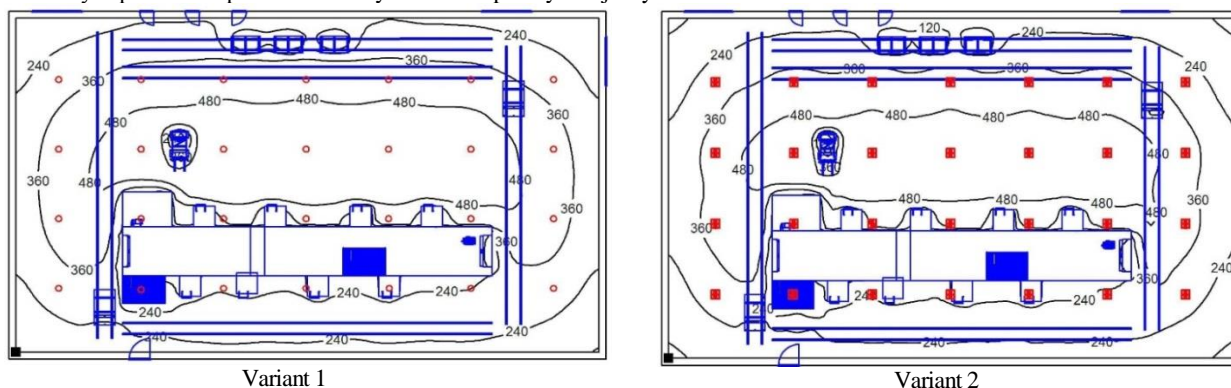


Obrázok 4: Renderovanie svetelnej scény nepravými farbami variant 1



Obrázok 5: Renderovanie svetelnej scény nepravými farbami variantu 2

Na obrázku č. 6 je 2D zobrazenie hodnôt osvetlenosti pomocou izolínií na pracovnej porovnávacej rovine po výpočte svetelno-technických parametrov pre dané vavianty osvetlenia priemyselnej haly.



Obrázok 6: Zobrazenie izolínií v programe Dialux 4.12 s hodnotami osvetlenosti (lx)

Pre lepší prehľad sú v tabuľke (Tab. 4) uvedené základné hodnoty svetelno-technických výpočtov vygenerované v programe Dialux 4.12. V oboch variantoch sú hodnoty podobné. Boli dodržané hodnoty (Tab.2) určené normou STN EN 12464-1 pre osvetlenie zvoleného pracovného priestoru. Ďalším z aspektov návrhov bola voľba svetelnej techniky, ktorá spĺňa všetky nároky, ktoré sú v súčasnosti kladené na osvetľovanie pracovných priestorov. V oboch variantoch je možná regulácia osvetľovacích zdrojov v prípade inštalácie inteligentného riadenia osvetľovacích sústav pri predpokladanej realizácii návrhov.

	Variant 1 PHILIPS BY151P 1xCMD-TMW315W/942 EB NB	Variant 2 PHILIPS BY461P LED240S/840 PSD WB GC SI MB
Celkový výkon OS	9548 W	8176 W
Svetelný tok	1 013 600 lm	672 000 lm
Špecifický príkon	9,09 Wm ⁻² = 2,53 Wm ⁻² /100 lx	7,79 Wm ⁻² = 2,27 Wm ⁻² /100 lx
Pôdorys -layout	10 050 m ²	10 050 m ²
Priem. osvetlenosť	360 lx	342 lx
Počet svietidiel	28 ks	28 ks

Tabuľka 4: Sumár realizovaných svetelno-technických výpočtov programom Dialux 4.12 variant č.1

Hodnotenie

Pre variant 1 boli ako svetelné zdroje uvažované vysokotlakové výbojky typu: Philips TDM-TMW s výkonom 315W, ktoré sú zdrojom kvalitného dlhotrvajúceho bieleho svetla pri strednom výkone, vhodné na osvetľovanie vnútorných aj vonkajších priestorov. V kombinácii so svietidlom Cabana 2 BY151P poskytuje kvalitné osvetlenie potrebné pre pracovné priestory priemyselnej haly. Vo variante 2 bolo uvažované s LED technológiou, výberom svietidiel od firmy Philips GentleSpace typu BY461P LED240S/840WB GC. Jedná sa o pomerne nové svietidlo na trhu osvetľovania priemyselných hál s vysokými stropmi. Ich použitie plne nahrádza doteraz využívané závesné svietidlá s vysokotlakovými výbojkami. Využívajú nižší príkon pri prevádzke ako výbojkové svietidlá.

Produkujú biele svetlo s chromatickosťou 4 000 K. Dokážu vytvoriť dostačujúce osvetlenie pracovných priestorov vo vysokých priemyselných halách.

Diskusia

Výber vhodného variantu nie je jednoznačný. Z ekonomického hľadiska vyplýva (viď Tab.5), že pri voľbe variantu 1 bude počiatková investícia i návratnosť výhodnejšia ako pri variante 2. návrhu priemyselnej haly Z environmentálneho hľadiska je výhodnejšia realizácia variantu 2, ktorý umožňuje aplikáciu riadenia intenzity osvetlenia LED svietidiel pomocou regulovateľných predradníkov zabudovaných priamo v svietidlách. Tieto využívajú protokol DALI, prostredníctvom inteligentného riadiaceho systému a inštaláciou snímačov denného osvetlenia je možné dosiahnuť ešte vyššie úspory energie. Ďalšou výhodou je vysoká životnosť LED. V neprospech variantu č.1 je aj prítomnosť ortuť v použitých svetelných zdrojoch, pomerne vysoká pracovná teplota pri prevádzke a s tým spojená produkcia odpadového tepla, vyššia spotreba elektrickej energie a teda aj vyššia produkcia emisií CO₂.

Údaje	Jednotky	Porovnanie OS priemyselnej haly			
		Pôvodná OS	Variant č. 1 OS	Variant č. 2 OS	
Osvetlenosť	E _{min}	(lx)	29	12	12
	E _{max}	(lx)	139,8	584	567
	E _m	(lx)	300	300	300
	E _{priem}	(lx)	77,05	360	342
Svetelná technika	–	Svietidlo: Elsvit Zdroj svetla: Výbojka OSRAM HQL 400W	Svietidlo: Philips Cabana 2 BY151P Zdroj svetla: Výbojka TDM-TMW 315W	Svietidlo: Philips GentleSpace BY461 Zdroj svetla:LED 240S	
Montážna výška svietidiel	(m)	11	10	10	
Počet svietidiel	(ks)	28	28	28	
Výkon OS	(kW)	11,2	8,82	8,18	
Spotreba el. energie OS za rok	(kWh)	98 112	77 263,20	71 656,8	
Počiatkové náklady na realizáciu OS	(€)	–	17 684,52	60 539,62	
Cena za spotrebovanú energiu OS za rok	(€)	76 527,36	60 265,30	55 112,30	
Ročná úspora oproti pôvodnej OS	(€)	–	16 262,06	21 415,06	
Návratnosť počiatkových nákladov na realizáciu OS	(mesiac)	–	14	34	

Tabuľka 5: Porovnanie osvetľovacích sústav

ZÁVER

Pri analýze problematiky tvorby inovovaného návrhu a výbere vhodného variantu osvetľovacej sústavy bolo predmetom záujmu zistenie možností využitia súčasných trendov pre tvorbu modelov svetelných scén ako účinného nástroja pri projektovaní nových alebo inovovaných osvetľovacích sústav. Pri riešení návrhov sa vychádzalo z aktuálnych poznatkov z danej oblasti osvetľovania a osvetlenia, kedy je stále viac, ale hlavne u veľkých výrobcov osvetľovacej techniky kladený dôraz na vývoj a konštruovanie výrobkov, ktoré v čo možno najmenšej miere zaťažujú životné prostredie.

Pod'akovanie:

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu APVV 0432 - 2012.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Smola, A.: Osvetlenie priemyselných hál.[Online].2003 [cit:24.02.2014] AT&P journal roč.2003,č.3,str.34-36, Dostupné na internete: <<http://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp-2003-03-34.pdf>>
- [2] Králiková, R. Badida, M. Kevická, K. Bartko, L.: Znižovanie energetickej náročnosti osvetľovacích sústav v priemysle, Elfa s.r.o. Košice 2013, 182 s. ISBN 978-80-553-1594-2
- [3] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech'. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1

**Manažérstvo životného prostredia 2014 ♦ Management of Environment '2014**

Zborník - XIV. medzinárodná vedecká konferencia, 28. - 29. marec 2014 v Bojniciach
Proceedings of the 14rd International Conference, Bojnice, March 28 - 29, 2014
■ Žilina:Strix. Edícia ESE-20, ISBN 978-80-89281-98-5 ■ Rusko,M.- Harangozó,J.[Eds.] ■

- [4] Mácha, M.: Inteligentné systémy pre osvetlenie a návrh svetidiel In: SVĚTLO, roč.2009, č.5, str.34-35, ISSN 1212-0812, Dostupné: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39787>
- [5] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1
- [6] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1
- [7] Habel, J., Dvořáček, K., Dvořáček, V., Žák, P.: Světlo a osvětlování, FCC Public, Praha 2013, 624 s., ISBN978-80-86534-21-3

ADRESA AUTORA

doc.Ing.Ružena Králíková,PhD., Katedra environmentalistiky, SJF - TU v Košiciach, Park Komenseho 5, Košice
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.