

Denné osvetlenie vnútorných pracovných priestorov

Špes Michal · Elektrotechnika

24.10.2016



Tento príspevok sa zaoberá problematikou denného osvetlenia vnútorných priestorov. Cieľom tohto článku je priblížiť problematiku svetelnej techniky z pohľadu denného osvetlenia. V úvode článku sú popísané základne svetelno-technické parametre. Následne je bližšie charakterizovaný program DIALux spolu s praktickým vysvetlením práce s daným simulačným programom. Následne je na bližšie špecifikovanom vnútornom priestore riešená problematika denného osvetlenia z pohľadu platnej normy.

Úvod

Podstatnú časť života trávi človek v práci. Na pracovný výkon človeka a jeho pracovnú koncentráciu vplýva viacero faktorov. Medzi tieto faktory je možné zaradiť nevhodné umiestnenie pracovného stola, nevhodné kancelárske kreslo, nedostatok vzduchu či aj nedostatok svetla. Z uvedených príčin je pracovné prostredie so všetkými faktormi, ktoré toto prostredie ovplyvňujú dôležitým prvkom pre hodnotenie spokojnosti s prácou. Do pracovného prostredia by mal byť zahrnutý fakt, v akej miere je denné svetlo pre vykonávanie danej pracovnej činnosti nevyhnutné prípadne, či je možné ho nahradiť umelým osvetlením. V súvislosti s daným tvrdením prebehli výskumy, kde boli preukázané súvislosti v zrakovom výkone pri rôznej úrovni osvetlenia. Pri umelom osvetlení bola zistená väčšia únava, vyšší počet chýb a dlhšia latentná doba pohybovej reakcie na svetelný signál [1] [2].

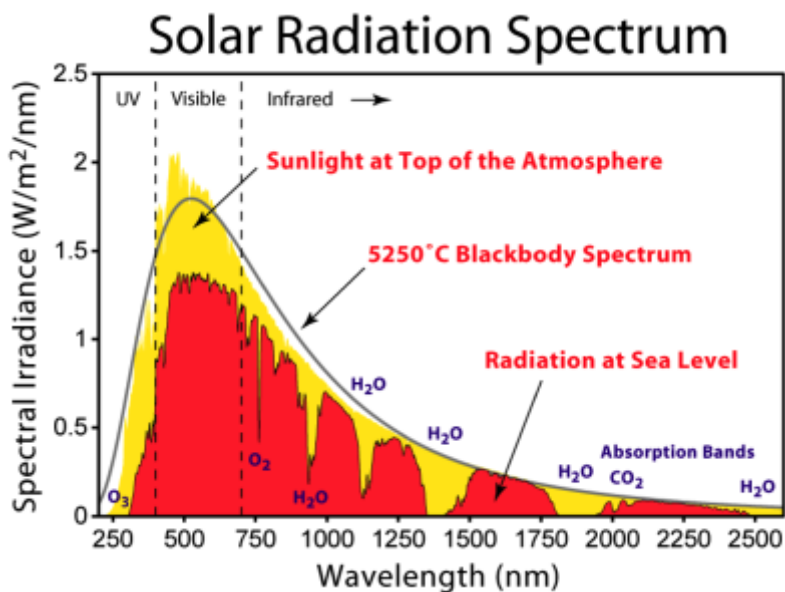
Medzi rozdiely pri dennom a umelom osvetlení patrí aj pôsobenie na centrálnu nervovú sústavu. Bolo preukázané, že pri dlhodobom pobyte v priestore s výlučne umelým osvetlením, toto prostredie vyvoláva stresové účinky. Denné osvetlenie svojim pravidelným striedaním tiež reguluje tzv. cirkadiánne rytmy funkcie niektorých orgánov v ľudskom tele [3]. Na základe týchto dôvodov je nutné prispôbiť pôsobenie pracovného prostredia a človeka tak, aby bol vplyv pracovného okolia kladný voči pracovníkom.

1. Denné osvetlenie budov

Zdrojom denného svetla je Slnko, teda denné osvetlenie je osvetlenie denným svetlom, dopadajúcim na zem buď ako priame slnečné svetlo alebo svetlo rozptýlené atmosférou ako tzv. oblohové (difúzne) svetlo. Intenzita denného osvetlenia sa v priebehu dňa mení a je tiež závislá od:

- Ročnej doby,
- Zemepisnej šírky,
- Stavu oblohy (jasná, polojasná, rovnomerne zatiahnutá) [1].

Energetické spektrum slnečného žiarenia je spojité v rozsahu od 200 do 2500 nm (Obr. 1). Integrálna hodnota spektra na hranici atmosféry sa nazýva solárna konštanta a má hodnotu 1371 W/m^2 . Pri prechode atmosférou sa za ideálnych podmienok približne 75% slnečného žiarenia dostane na povrch zeme ako priame osvetlenie, zvyšok je rozptýlený alebo pohltený. Prechodom svetla cez atmosféru sú niektoré vlnové dĺžky pohltené kyslíkom, ozónom, vodnými parami a kysličníkom uhličitým [1] [4].

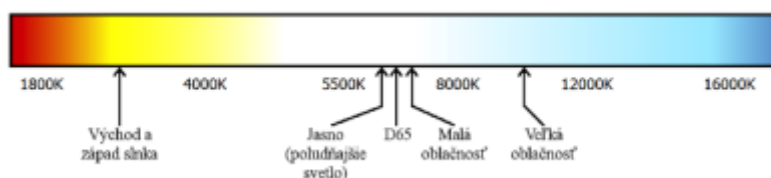


Obr. 1 Spektrum slnečného žiarenia [1]

Z pohľadu teploty chromatickosti denného svetla ma na tento svetelno-technický parameter vplyv:

- Časový úsek dňa,
- Stav atmosféry.

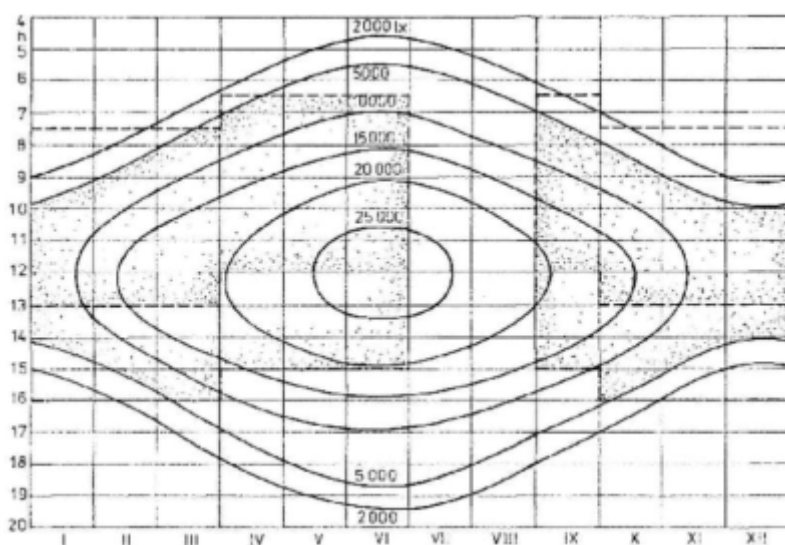
Tieto závislosti najlepšie vyjadruje nasledujúci obrázok (Obr. 2).



Obr. 2 Prehľad teploty chromatickosti denného svetla [1]

Priemerná osvetlenosť vonkajšej nezatienenej vodorovnej roviny pri rovnomerne zatiahnutej je v zimnom období cca 7 000 až 15 000 luxov, oproti tomu v letnom období je osvetlenosť cca 20 000 až 30 000 luxov [1]. Priebeh priemernej ročnej vonkajšej osvetlenosti denným svetlom pri rovnomerne zatiahnutej oblohe je zobrazený na nasledujúcom obrázku (Obr. 3). Na základe uvedenej závislosti je možné stanoviť celkovú dobu využitia denného svetla v interiéroch. Minimálna hraničná hodnota vonkajšieho osvetlenia potrebná pre určitú zrkovú činnosť vo vnútornom

priestore je cca 5000 luxov. V zimných mesiacoch s krátkym dňom sa vyskytujú cca 4 hodiny denné, v lete cca 13 hodín denne [1].



Obr. 3 Prehľad ročnej vonkajšej osvetlenosti

2. Požiadavky pre zabezpečenie denného osvetlenia vnútorných priestorov

Pre zabezpečenie dobrého denného osvetlenia a zrakovej pohody je nevyhnutné vo vnútorných priestoroch nutné rešpektovať:

- Kvantitatívnu stránku denného osvetlenia
- Kvalitatívnu stránku denného osvetlenia

Kvantitatívna stránka denného osvetlenia predstavuje dostatok denného svetla pre zabezpečenie danej zrakovej činnosti. Kvantitatívna úroveň denného osvetlenia je vyjadrená činiteľom dennej osvetlenosti [1] [4].

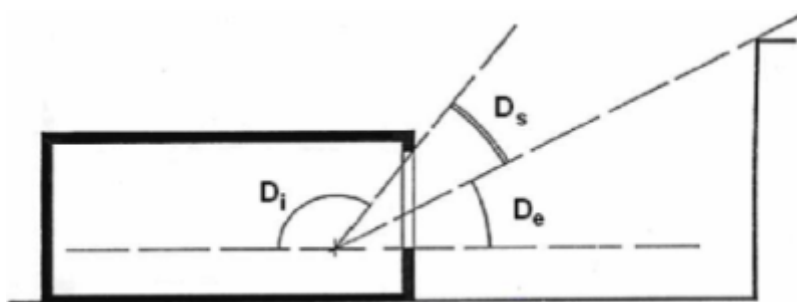
$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde: E - je osvetlenosť v danom bode vnútorného priestoru, E_h - je vonkajšia osvetlenosť nezaclonenej vodorovnej roviny pri rovnomerne zatiahnutej oblohe.

Činiteľ dennej osvetlenosti má tri zložky, rozlíšené podľa toho, odkiaľ denné svetlo na osvetľovanú porovnávaciu rovinu vo vnútornom priestore dopadá. Prvou zložkou je oblohová zložka (D_s), ktorá vzniká dopadom svetla priamo z oblohy po prechode osvetľovacím otvorom a má rozhodujúci podiel na dennom osvetlení vnútorných priestorov. Hlavne v blízkosti osvetľovacích otvorov prevažuje nad ostatnými zložkami [1] [5]. Ďalšou zložkou je vonkajšia odrazená zložka (D_e), ktorá vzniká priamym dopadom svetla odrazeného od vonkajších povrchov (stavieb, vegetácie, terénu,...). Uplatňuje sa hlavne pri vnútorných priestorov s bočným osvetlením a veľkým vonkajším tienením. Pri malom vonkajšom tienení je podiel tejto zložky nepodstatný [1] [5].

Tretia zložka je vnútorná odrazená zložka (D_i), ktorá vzniká odrazom svetla od povrchov vnútorného priestoru. Na jej vzniku sa podieľajú ako svetlo dopadajúce priamo z oblohy, tak aj svetlo odrazené od vonkajších povrchov. Táto zložka môže

výrazne prispievať k úrovni denného osvetlenia a lepšiemu rozloženiu svetelného toku [1] [5]. Súčinnosť týchto troch zložiek, ktoré tvoria činiteľ denného osvetlenia je zobrazený na nasledujúcom obrázku (Obr. 4).



Obr. 4 Zložky tvoriace činiteľ denného osvetlenia

Svetelno-technické požiadavky pre denné osvetlenie sú špecifikované normou STN 73 0580-1 Denné osvetlenie budov. Časť 1: Základné požiadavky. Požiadavky na úroveň denného osvetlenia potrebnú pre rôznu obťažnosť zrakovéj činnosti sú stanovené pomocou hodnôt činiteľa dennej osvetlenosti na základe zaradenia pracovných činnosti v danej miestnosti do triedy zrakovéj činnosti. Je nutné podotknúť, že v jednej miestnosti môže byť viacero tried zrakovéj činnosti (Např. priemyselná hala). Časť miestnosti môže byť na základe zrakovéj úlohy (montáž, spájkovanie) zaradená to Triedy I pričom, zvyšná časť môže byť zaradená to Triedy VII (skladovanie materiálu) [6].

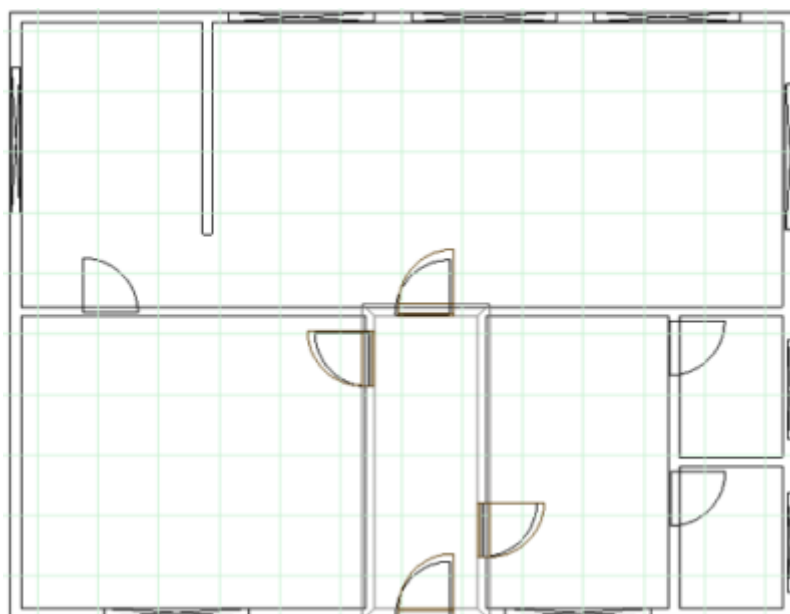
Tab. 1 Svetelno-technické požiadavky denného osvetlenia [6]

Trieda zrakovéj činnosti	Charakteristika zrakovéj činnosti	Pomerná pozorovacia vzdialenosť	Príklady zrakových činností	Hodnota činiteľa dennej osvetlenosti v %	
				Minimálna D_{min}	Priemerná D_m
I	Mimoriadne presná	3330 a väčšia	Najpresnejšia zraková činnosť s obmedzenou možnosťou použitia zväčšenia, s požiadavkou na vylúčenie chýb v rozlíšení	3,5	10
II	Veľmi presná	1670 až 3330	Veľmi presné činnosti pri výrobe a kontrole, veľmi presné rysovanie, ručné rytie s veľmi malými detailmi, veľmi jemné umelecké práce	2,5	7
III	Presná	1000 až 1670	Presná výroba a kontrola, rysovanie, technické kreslenie, obťažné laboratórne práce, náročné vyšetrenie, jemné šitie, vyšívavanie	2	6

IV	Stredne presná	500 až 1000	Stredne presná výroba a kontrola, čítanie, písanie, bežné laboratórne práce, vyšetrenie, ošetrovanie, obsluha strojov, hrubšie šitie, pletenie, žehlenie, príprava jedál	1,5	5
V	Hrubá	100 až 500	Udržovanie čistoty, sprchovanie a mytie, prevliekanie, chôdza po komunikáciach prístupných verejnosti	1	3
VI	Veľmi hrubá	Menšia ako 100	Chôdza, doprava materiálu, skladovanie hrubého materiálu, celkový dohľad	0,5	2
VII	Celková orientácia	-		0,25	1

3. Návrh denného osvetlenia vnútorných priestorov v programe DIALux

DIALux je vizualizačný svetelno-technický program využívaný na výpočty vnútorného aj vonkajšieho priestoru s možnosťou vizualizácie. Jeho výhodou je intuitívne ovládanie. Podporuje import svetelno-technických údajov výrobcov svetidiel. Taktiež umožňuje importovať pôdorysy budov v rámci podpory dxf a dwg formátov. Pre náš projekt návrhu denného osvetlenia vnútorných priestorov si zvolíme v úvodnej ponuke modul návrh osvetlenia vnútorného priestoru. Následne pre uľahčenie vizualizácie si importujeme CAD súbor s pôdorysom nášho objektu. Náš projekt zahŕňa celkovo 4 miestnosti (chodba, kancelária, zasadačka, kantína a sociálne zariadenie). V každej miestnosti, je nutné vybrať miesto vykonávania hlavnej zrakovej činnosti, kde vložíme výpočtovú plochu. Norma definuje umiestnenie výpočtovej plochy vo výške 0,85 metra.



Obr. 5 Pôdorys navrhovaného objektu

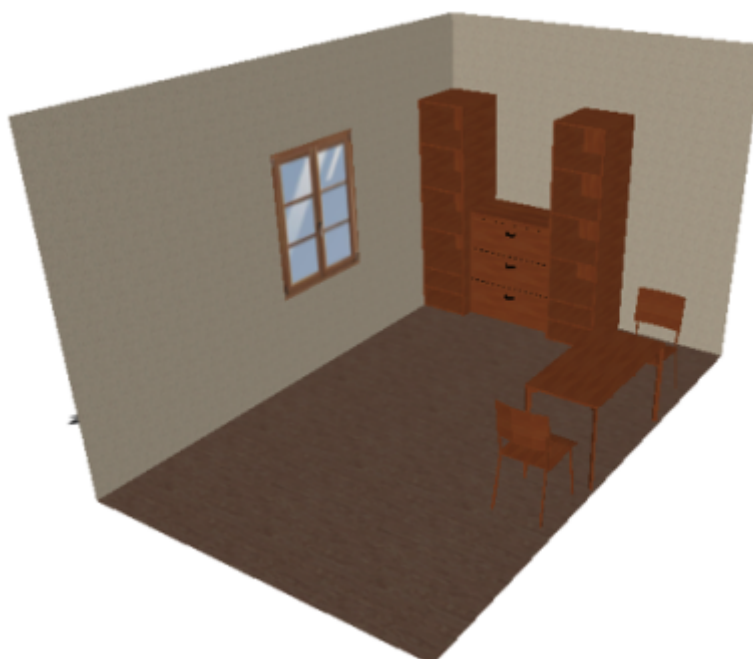
2.1 Popis miestnosti

Prvým krokom pre výpočet denného osvetlenia vnútorných priestorov je klasifikácia jednotlivých miestnosti do zrakových tried. Prvá miestnosť pre analýzu problematiky denného osvetlenia je kancelária. Miestnosť je určená pre vykonávanie činnosti spojených s chodom firmy, účtovníctvo, projektovanie, príprava podkladov pre realizáciu projektov. Danú miestnosť je možné zaradiť podľa normy STN 73 0580-1 do IV triedy zrakovej činnosti. Pre túto triedu je určená minimálna hodnota činiteľa dennej osvetlenosti 1,5. V prípade rovnomernosti denného osvetlenia je pre triedu IV určená hodnota $r > 0,2$.



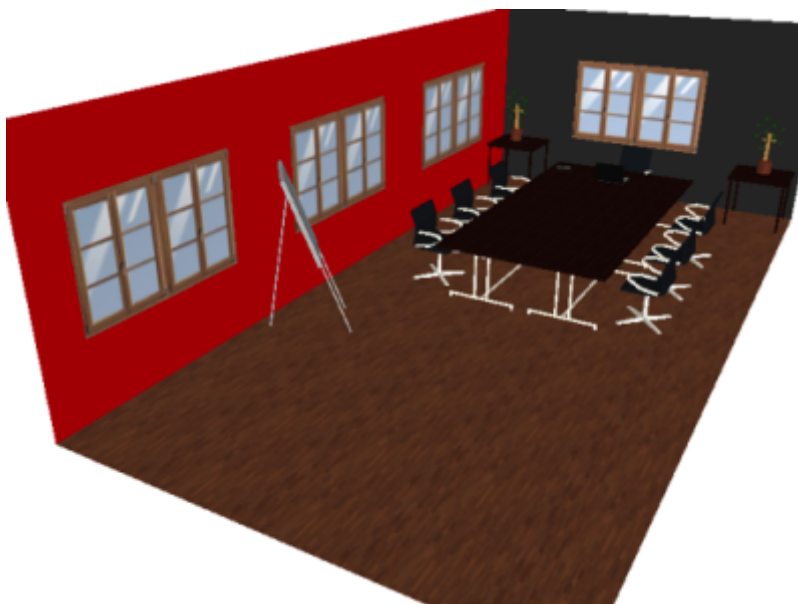
Obr. 6 3D vizualizácia kancelárie

Druhou miestnosťou je kantína, ktorá slúži ako oddychová miestnosť pre zamestnancov. Príklady zrakových činností sú konzumácia jedla, oddychová činnosť, príprava jedla. Na základe normy je možné túto miestnosť zaradiť do triedy zrakovej činnosti V. Činiteľ denného osvetlenia pre túto miestnosť je minimálne 1. Rovnomernosť denného osvetlenia musí spĺňať hodnotu $r > 0,15$.



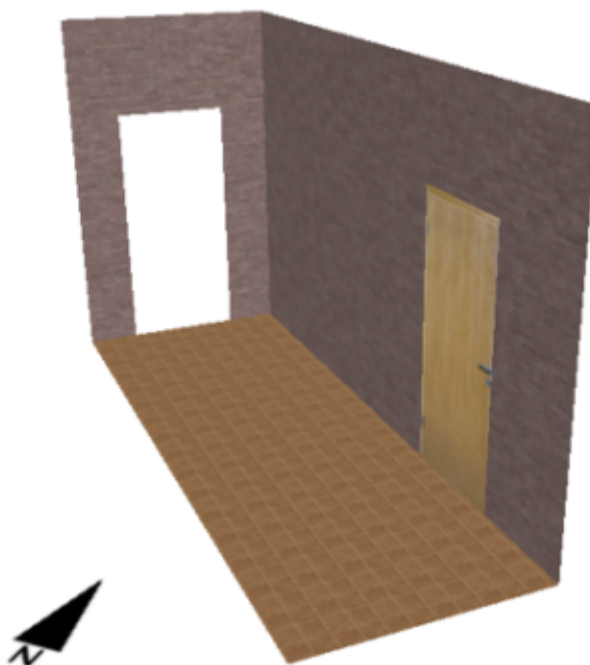
Obr. 7 3D vizualizácia kantíny

V poradí treťou miestnosťou pre klasifikáciu zrakovej činnosti a zrakovej triedy je zasadačka. Táto miestnosť slúži pre zasadnutia, prezentácie. Zaradiť ju môžeme do triedy zrakovej činnosti IV. Pre túto miestnosť platí podmienka minimálnej hodnoty činiteľa denného osvetlenia 1,5. Pre rovnomernosť denného osvetlenia v tejto triede zrakovej činnosti platí hodnota $r > 0,2$.



Obr. 8 3D vizualizácia zasadačky

Pre chodbu, ktorú sme zaradili do VII triedy zrakovej činnosti, platí minimálna hodnota činiteľa dennej osvetlenosti 0,25.



Obr. 9 3D vizualizácia chodby

Poslednou miestnosťou, ktorú je potrebné zaradiť do príslušnej triedy zrakovej činnosti je sociálne zariadenie. Túto miestnosť sme zaradili do VI triedy zrakovej činnosti. Pre túto miestnosť platí minimálna hodnota činiteľa dennej osvetlenosti 0,5.



Obr. 10 3D vizualizácia sociálneho zariadenia

2.2 Umiestnenie svetelnej scény

Nakoľko sa jedná o projekt denného osvetlenia vnútorného priestoru, dôležitým parametrom, ktorý je nutné zohľadniť je umiestnenie svetelnej scény. Pre tento projekt sme zvolili ako miesto umiestnenia objektu Bratislavu. Pre tento prípad je nutné zadať v programe DIALux geografickú polohu miesta.

 A screenshot of the DIALux software interface. The 'Stanoviště' (Location) tab is active. The 'Stanoviště:' dropdown menu is set to 'Bratislava'. Below this, the 'Geografická poloha' (Geographical position) section shows 'Stopeň' (Latitude) as 17.10 and 'Stopeň' (Longitude) as 48.20. The 'Časové údaje' (Time data) section shows 'Časová zóna:' (Time zone) as 1, 'Časový posun k GMT' (Time offset from GMT) as 1, and a checked 'Letní čas' (Daylight Saving Time) option with dates from 27. 3. to 30. 10. At the bottom, there are buttons for 'Vymazať' (Clear) and 'Uložiť stanoviště do paměti' (Save location to memory).

Obr. 11 Umiestnenie objektu

2.3 Výpočet svetelno-technických parametrov v programe DIALux

Po vykonaní výpočtu, je nutné vykonať kontrolu svetelno-technických výsledkov. V predchádzajúcej časti príspevku boli zadefinované požadované hodnoty činiteľa denného osvetlenia a minimálne hodnoty rovnomernosti denného osvetlenia vo vnútorných priestoroch. V nasledujúcej tabuľke je prehľad výsledkov v jednotlivých miestnostiach. Pre stručnosť v príspevku neuvádzame reporty výsledkov z programu DIALux.

Tab. 2 Porovnanie svetelno-technických výsledkov s požiadavkami normy STN 73 0580-1

Miestnosť	Požadované hodnoty určené normou STN 73 0580-1		Hodnoty získane výpočtom v programe DIALux	
	Rovnomernosť denného osvetlenia (r)	Činiteľ denného osvetlenia (D_{min})	Rovnomernosť denného osvetlenia (r)	Činiteľ denného osvetlenia (D_{min})
Kancelária	0,2	1,5	0,301	3,82
Kantína	0,15	1	0,428	4,39
Zasadačka	0,2	1,5	0,249	8,24
Soc. zariadenie	-	0,5	0,254	0,77
Chodba	-	0,25	0,532	4,05

4. Záver

Pre vykonávanie špecifických zrakových úloh musí byť zabezpečené dostatočné a vhodné osvetlenie. Osvetlenie môže byť zabezpečené denným osvetlením alebo umelým. V tomto článku je prezentované osvetlenie vnútorných pracovných priestorov pomocou denného osvetlenia. Na výpočet svetelno-technických parametrov denného osvetlenia bol použitý program DIALux, ktorý slúži na intuitívnu vizualizáciu riešenej problematiky.

Zoznam použitej literatúry

1. Sokanský, K: Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, ISBN 978-80-01-04941-9.
2. BEROUNSKÝ, B.: Osvětlení snižuje riziko úrazu při práci. In: Bezpečnost a hygiena práce. roč. 46, č. 4, s. 105.
3. MATOUŠEK, J. Denní osvětlení budov, Komentář k ČSN 73 0580. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1988. 72 s.
4. Lumnitzer, E. - Drahoš, R. - Liptai, P.: Elektromagnetické polia v životnom a pracovnom prostredí, Objektivizácia a hodnotenie faktorov prostredia, 1. vyd. : Technická univerzita v Košiciach, 2014, ISBN 978-80-553-1910-0.
5. Liptai, P. - Moravec, M. - Lumnitzer, E. Lukáčová, K.: Impact analysis of the electromagnetic fields of transformer stations close to residential building. SGEM 2014, volume 1, p. 17-26. ISBN 978-619-7105-17-9.
6. STN 73 0580-1 Denné osvetlenie budov. Časť 1: Základné požiadavky

Spoluautorom článku je doc. Ing. Ľubomír BEŇA, PhD., Ing. Miroslav MIKITA, Katedra elektroenergetiky, FEI TUKE, Slovenská republika; Bc. Michal MÁRTON, Katedra elektroniky a multimedialných telekomunikácií

