

Lighting Quality and Visual Comfort Assessment in Working Environment

Abstract. The contribution deals with the evaluation of illumination of work in the manufacturing organization. The evaluation was performed by questionnaire survey and objectivised by measuring. The object of the investigation were all the staff who were willing to participate in an anonymous survey valuation visual comfort at your workplace. For the evaluation of the questionnaires were used basic statistical methods and evaluation methods of qualitative data.

Keywords: lighting, environment, visual comfort, color rendering index.

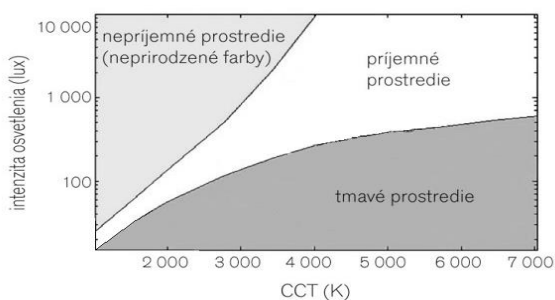
Úvod

Osvetlenie je dôležitý prvok pracovného prostredia, ktorý ovplyvňuje kvalitu, efektivitu, ale aj 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.

Zraková pohoda

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. Aktuálna európska technická norma o osvetľovaní pracovných priestorov v interiéroch STN EN 12464-1, platná od marca 2012, podporuje komplexné riešenia. 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 [1].

Zrakovú pohodu zabezpečuje Optimálne osvetlenie priestoru. Zraková pohoda je psychologický stav, pri ktorom zrakový systém plní svoju funkciu optimálne. Vhodné osvetlenie je rozhodujúcim činiteľom, ovplyvňujúcim úroveň zrakovej pohody, ktorú ovplyvňuje typ svetelných zdrojov, druh a rozmiestnenie svietidiel, hladina osvetlenia, rovnomernosť osvetlenia v rôznych rovinách a rozloženie jasů v priestore. Dôležitú úlohu zohrávajú aj geometrické parametre priestoru a vlastnosti povrchov [2]. Graf svetelnej pohody vyjadruje potrebnú intenzitu osvetlenia pri danej teplote svetelného zdroja, tak aby sa svetlo javilo ako prirodzené, nie ako tmavé alebo príliš silné.



Obr. 1 Graf svetelnej pohody

Farba svetla

Pre dosiahnutie vhodného zrakového výkonu je dôležitá farba svetla a farebnosť povrchov. Vzťah farby svetla vychádzajúceho zo svetelného zdroja k zdanlivej farbe

vyžarovaného svetla sa vyjadruje tzv. teplotou chromatickosti, ktorá sa udáva v kelvinoch (K). Aby sa zabezpečila zraková pohoda, majú byť na osvetlenie pracoviska použité svetelné zdroje s rovnakou farbou svetla. Výber je nutné prispôbiť prostrediu. Cieľom by malo byť, aby sa svetlo javilo čo najprirodzenejšie [3].

Podanie farieb

Pre objektívne posúdenie vlastností svetelných zdrojov z hľadiska prirodzeného podania farieb sa používa index podania farieb Ra (CRI - color rendering index). Index podania farieb udáva mieru zhodnosti skutočnej farby povrchu predmetov s farbou pri osvetlení rôznymi zdrojmi svetla. Najvyšší index Ra na úrovni 100 má slnečné žiarenie. Index vyjadruje percentuálny podiel vlnových dĺžok slnečného svetla v umelom osvetlení. Parameter indexu podania farieb je menší pri svetelných zdrojoch s menšou kvalitou podania farieb.

Obmedzenie oslnenia

Oslnenie je nepriaznivý stav zrakového vnímania. Vzniká vtedy, keď je sietnica alebo jej časť vystavená vyššiemu jasů, ako je ten, na ktorý je adaptovaná. Oko sa adaptuje na určitý priemerný jas zorného poľa, ktorý ovplyvňuje všetky funkcie oka, teda aj pracovný výkon, kvalitu práce či únavu. Pri oslnení dochádza k prerušeniu príjmu obrazových informácií prostredníctvom zraku. Oslnenie v interiéri nesmie prekročiť hodnoty stanovené pre danú kategóriu priestoru alebo vykonávanej činnosti normou Maximálne hodnoty oslnenia, označovaného ako UGRL, sú uvedené v norme STN EN 12464-1.

Intenzita osvetlenia

Osvetlenosť alebo intenzita osvetlenia (E) je kvalitatívnu fyzikálnou veličinou, ktorá popisuje dosiahnutú úroveň osvetlenia. Je to podiel intenzity svetelného toku a osvetlenej plochy bez ohľadu na odrazivosť tejto plochy. Udáva sa v luxoch (lx). Plocha má osvetlenosť 1 lux, ak pri veľkosti 1 m² na ňu rovnomerne dopadá svetelný tok veľkosti 1 lm. Osvetlenosť klesá s kvadratickou závislosťou od vzdialenosti svetelného zdroja. Osvetlenosť má vplyv na to, ako rýchlo, bezpečne a pohodlne vnímame a vykonávame potrebnú zrakovú úlohu. Priemerná hodnota osvetlenia na pracovisku v mieste zrakovej úlohy nesmie klesnúť pod normou stanovené hodnoty.

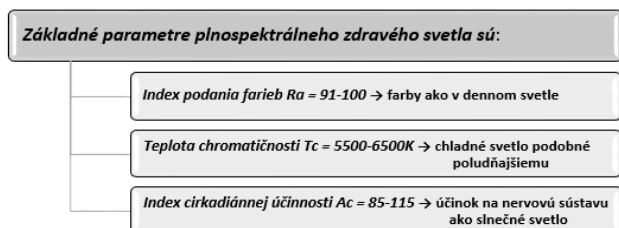
Osvetlenie pracovného prostredia priamo určuje priebeh pracovnej činnosti, kvalitu vykonávanej pracovnej činnosti, kvantitu vykonávanej pracovnej činnosti, psychickú pripravenosť pracovníka podať čo najlepší výkon a psychický stav.

Nedostatočné osvetlenie môže byť príčinou úrazov, chýb vo výrobe, napr. pri meraní. Pri osvetlení sa môže

zbytočne plyvať energiou a pri nesprávnom umiestnení svetidiel sa zbytočne namáha zrak. Dôležitosť osvetlenia sa prejavuje v tom, že osvetlenie ovplyvňuje výkon a kvalitu práce, vznik úrazov a nehôd. V prevádzkach so stálym umelým osvetlením musia byť hodnoty osvetlenia v luxoch z psychologických dôvodov mnohonásobne prekročené, aby sa aspoň čiastočne kompenzovala potreba denného svetla.

Plnospektrálne osvetlenie

Používanie plnospektrálnych svetidiel má priaznivé účinky na ľudský organizmus. Zmierňuje únavu zraku, podporuje zrakovú ostrosť a celkovú schopnosť vidieť. Zvyšuje výkonnosť a produktivitu práce, zmierňuje pocit únavy a prispieva k lepšiemu sústredeniu sa. Plnospektrálne svetlo umožňuje neskreslené vnímanie farieb a zmierňuje aj stres, obr.2.



Obrázok 2. Parametre plnospektrálneho svetla

V značnej miere obmedzuje symptómy SAD [2,4]. Plnospektrálne žiarovky, žiarivky a lampy poskytujú svetlo, ktorú sa podobá prirodzenému slnečnému svetlu, poskytujú farby denného svetla, zlepšuje ostrosť videnia, znižuje napätie a únavu v očiach, odstraňuje symptómy SAD (zimné depresie), zvyšuje koncentráciu a produktivitu práce, zlepšuje zdravie, znižuje hyperaktivitu – ADHD a pod.. Ďalšie výhody týchto zdrojov svetla sú ekologickosť, vyššia životnosť a nižšie energetické náklady. V Nemecku a USA sa plnospektrálne osvetlenie používa už mnoho rokov a uskutočnil sa tam aj celý rad výskumov potvrdzujúcich jeho jedinečný vplyv na zrak, zdravotný stav i pracovnú výkonnosť. Plnospektrálne svetlo pôsobí preventívne na viaceré problémy. Špeciálne simulátory slnečného svetla, ktoré majú dostatočný výkon (až 10 000 luxov) môžu tieto problémy riešiť efektívne. Ideálna doba na terapiu je ráno hneď po prebudení. Prítom si môžeme čítať, či pracovať na počítači, a pod. Účinnosť tejto fototerapie je až 80%. Aj na Slovensku v Čechách sa robil výskum plnospektrálneho osvetlenia. Výsledky v percentách boli pri používaní plnospektrálneho osvetlenia nasledovné:

- 70% účastníkov výskumu výrazne spríjemňuje pobyt na pracovisku,
- 60% trpí menšou únavou zraku,
- 58% lepšie vníma farby a farebné odtiene,
- 45% sa lepšie vie sústrediť a udáva zmiernenie únavy a podráždenosti,
- 38% má lepšiu náladu.

V súčasnosti sa dodáva široký sortiment kompaktných úsporných žiariviek s plnospektrálnym svetlom.

Dotazníkový výskum

Dotazník predstavuje jednu z najrozšírenejších metód získavania hromadných údajov, pomocou ktorých je možné analyzovať subjektívne názory účastníkov vyjadrené k danému problému.

Na skúmanie stavu vplyvu osvetlenia na výkonnosť a zdravie zamestnancov bola použitá subjektívna metóda hodnotenia, realizovaná prostredníctvom dotazníkového prieskumu vo vybranej organizácii. Firma je zameraná na

šitie odevov, kde nároky na zrak sú pri pracovnej činnosti pomerne vysoké.

Výsledky a údaje z dotazníka boli následne štatisticky spracované a vyhodnotené. Otázky boli kladené náhodným respondentom, ktorí pracovali v hodnotenej firme a boli ochotní sa do prieskumu zapojiť. Do prieskumu sa zapojilo 105 respondentov z celkového počtu 320 zamestnancov skúmanej firmy. Prvá skupina otázok sa týkala zmapovania rušivých vplyvov osvetlenia pri výkone danej činnosti. Druhá skupina otázok poskytuje obraz o tom, aké subjektívne ťažkosti vyvoláva osvetlenie u pracovníkov.

Dotazník obsahoval identifikačné údaje pre výber pohlavia, veku a dĺžky pracovného pomeru súbora a 21 uzavretých otázok, na ktoré bola nasledovná škála odvodená: 1- nikdy, 2-občas/zriedkavo, 3-často, 4-vždy.

Najpočetnejšou vekovou kategóriou zo všetkých 105 respondentov bola skupina do 30 rokov - 44% a len 14% bolo vo veku nad 50 rokov, 61% bolo žien (39% mužov), dĺžka pracovného pomeru do 5 rokov malo 51% dotazovaných, od 5 do 15 rokov 32%, nad 15 rokov 17%.

Použitie metódy riešenia

Pomocou štatistickej metódy sme vykonali preverenie vzájomnej závislosti medzi tromi vybranými údajmi významnými pre možné rozdelenie pracovníkov a vykonávanej pracovnej činnosti do kategórii. Preskúmali sme, či dané znaky sú zo štatistického hľadiska významné, ako aj to, aká je miera ich závislosti. Vo väčšine prípadov bola zistená veľmi silná závislosť medzi vybranými ukazovateľmi.

Kontingenčné tabuľky boli použité na vizualizáciu vzájomného vzťahu dvoch štatistických znakov. Riadky kontingenčnej tabuľky zodpovedajú možným hodnotám prvého znaku, stĺpce možným hodnotám druhého znaku. Pomocou kontingenčného grafu bol náslene vytvorený prehľad o týchto údajoch. Na testovanie bol použitý neparametrický Pearsonov test - Chí kvadrát.

Postup bol v nasledovných krokoch:

1. Zostavenie kontingenčných tabuliek a grafov, kde boli postavené skúmané skupiny a ich zistené názory.
2. Zostavenie nulovej hypotézy H_0 a k nej alternatívnu hypotézu H_n .
3. Určenie hraničnej hodnoty Chí-kvadrátu na zvolenej hladine významnosti.
4. Vypočet testovacieho kritéria, Chí-kvadrát podľa vzťahu:
$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad (1)$$
5. Porovnanie vypočítanej hodnoty Chí-kvadrátu s tabuľkovou hodnotou Chí-kvadrátu na zvolenej hladine signifikancie.
6. Vyhodnotenie: Ak je vypočítaná hodnota nižšia než tabuľková, nezamietame H_0 . Ak je naša hodnota Chí – kvadrátu vyššia, než príslušná tabuľková, H_0 zamietame a prijímame alternatívnu hypotézu H_n .

Overenie závislosti medzi sledovanými znakmi

Hodnotenie jednotlivých znakov X a Y (Tab.1), získaných z dotazníkov bolo spracované v kontingenčných tabuľkách a grafoch.

Table 1 Vybrané porovnávané znaky

Znak X		Znak Y	
X_1	Vek	Y_1	Pálenie, svrbenie a slzenie očí
X_2	Dĺžka pracovného pomeru	Y_2	Bolesť hlavy v dôsledku zrakovkej námahy
X_3	Náročnosť práce	Y_3	Celková zraková únava

Na základe údajov z dotazníkového prieskumu bolo prevedené štatistické vyhodnotenie závislosti a miery významnosti sledovaných ukazovateľov. Boli skúmané hypotézy H_n . Stanovené hypotézy boli testované prostredníctvom Pearsonovho χ^2 - kvadrátu testu nezávislosti a stupeň závislosti bol určený pomocou Cramerovho koeficientu, s použitím stupnice uvedenej v Tab.2.

Table 2. Stupne závislosti

Hodnota koeficientov kontingencie	
0,1 – 0,3	slabá závislosť
0,3 – 0,5	stredne silná závislosť
0,5 – 0,8	silná závislosť
> 0,8	veľmi silná závislosť

Pri nulovej hypotéze H_0 sa predpokladalo, že sledované znaky X a Y sú nezávislé.

Testované hypotézy H_n predpokladajú, že sledované znaky X a Y sú závislé. Boli testované hypotézy H_n :

- Hypotéza H1: Hodnotenie závislosti zrakových ťažkostí Y_i od veku pracovníkov X_1 , tab. 3.
- Hypotéza H2: Hodnotenie závislosti zrakových ťažkostí Y_i od dĺžky pracovného pomeru X_2 , tab.4.
- Hypotéza H3: Hodnotenie závislosti zrakových ťažkostí Y_i od náročnosti vykonávanej práce X_3 , tab.5.

Table 3. Hodnotenie závislosti zrakových ťažkostí od veku pracovníkov

Znaky X	X_1	Vek	X_2	Vek	X_3	Vek
Znaky Y	Y_1	Pálenie, svrbenie a slzenie očí	Y_2	Bolesť hlavy v dôsledku zrakovej námahy	Y_3	Celková zraková únava
Testovacia char. χ^2	8,852		8,320		13,072	
P-hodnota	0,031		0,040		0,004	
Rozhodnutie	H_0 zamietame		H_0 zamietame		H_0 zamietame	
Výsledok	Sledované znaky X_1 a Y_1 sú závislé		Sledované znaky X_2 a Y_2 sú závislé		Sledované znaky X_3 a Y_3 sú závislé	
Cramerov koeficient	0,863 - veľmi silná závislosť		0,812 - veľmi silná závislosť		1,275 - veľmi silná závislosť	

Table 4. Hodnotenie závislosti zrakových ťažkostí od dĺžky pracovného pomeru

Znaky X	X_2	Dĺžka pracovného pomeru	X_2	Dĺžka pracovného pomeru	X_2	Dĺžka pracovného pomeru
Znaky Y	Y_1	Pálenie, svrbenie a slzenie očí	Y_2	Bolesť hlavy v dôsledku zrakovej námahy	Y_3	Celková zraková únava
Testovacia char. χ^2	3,848		0,632		11,851	
P-hodnota	0,278		0,889		0,008	
Rozhodnutie	H_0 nezamietame		H_0 nezamietame		H_0 zamietame	
Výsledok	Sledované znaky X_2 a Y_1 nie sú závislé		Sledované znaky X_2 a Y_2 nie sú závislé		Sledované znaky X_2 a Y_3 sú závislé	
Cramerov koeficient	-		-		1,156 - veľmi silná závislosť	

Table 5. Hodnotenie závislosti zrakových ťažkostí od náročnosti vykonávanej práce

Znaky X	X_3	Náročnosť práce	X_3	Náročnosť práce	X_3	Náročnosť práce
Znaky Y	Y_1	Pálenie, svrbenie a slzenie očí	Y_2	Bolesť hlavy v dôsledku zrakovej námahy	Y_3	Celková zraková únava
Testovacia char. χ^2	8,666		5,081		8,146	
P-hodnota	0,034		0,166		0,042	
Rozhodnutie	H_0 zamietame		H_0 nezamietame		H_0 zamietame	
Výsledok	Sledované znaky X_3 a Y_{15} sú závislé		Sledované znaky X_3 a Y_2 nie sú závislé		Sledované znaky X_3 a Y_3 sú závislé	
Cramerov koeficient	0,845 - veľmi silná závislosť		-		0,794 - silná závislosť	

Zhodnotenie

Dotazníkovým prieskumom bolo zistené, že so stúpajúcim vekom pracovníkov a so zvyšovaním náročnosti práce stúpa pravdepodobnosť výskytu zrakových a psychicko-fyziologických problémov.

Hypotéza H1: Vplyv veku pracovníka na výskyt zdravotných problémov. V prípade hypotézy č. 1 sa potvrdila silná závislosť.

Hypotéza H2: Vplyv dĺžky pracovného pomeru na výskyt zrakových zdravotných ťažkostí. V prípade hypotézy č. 2 sa potvrdila štatisticky významným len vzťah dĺžky pracovného pomeru a celkovej zrakovej únavy.

Hypotéza H3: Náročnosť práce mala silný až veľmi silný vplyv na výskyt pálenia, svrbenia a slzenia očí, ako aj na celkovú zrakovú únavu.

Z výsledkov prieskumu vyplýva, že v danej organizácii je potrebné odstránenie nedostatkov v osvetlení a jeho zdokonalenie, čo je možné odhaliť napr. svetelno-technickými audítmi. Dopad týchto objektívnych vplyvov sa dá zmierniť aj osvetovou prácou zameranou na to, aby si pracovníci uvedomili súvislosť medzi zdravotnými problémami a osvetlením, dôležitosť odborného zdravotného posúdenia zraku a pod..

Záver

Človek vníma zrakom až 90% informácií a dobré osvetlenie bezprostredne súvisí ako s bezpečnosťou, bdelosťou, výkonnosťou, tak aj kvalitou a komfortom práce, s pohodou aj záujmom o okolitý svet. Vplyv osvetlenia na výkon sa prejavuje v tom, že ak zvýšime intenzitu osvetlenia, zaznamenávame stúpanie výkonu. Výsledky dlhoročných výskumov hovoria jednoznačne, že svetlo je vo vzťahu k celkovému zdraviu jedným z najdôležitejších faktorov životného a pracovného prostredia.

Zdravé svetlo v zamestnaní pomáha zmierniť únavu, zvýšiť výkonnosť a produktivitu, prispieva k ochrane zraku pri dlhodobej práci s počítačom, pozitívne ovplyvňuje stres na pracovisku a počet konfliktov medzi zamestnancami, vo výrobných halách prispieva k zníženiu úrazovosti a pod..

Podakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0537/15 „Výskum vplyvu vybraných parametrov pracovného prostredia na pracovnú výkonnosť a produktivitu“ (Research of influence of chosen parameters of working environment on working power and productivity).

Literatúra

- Dostál, F., Sokanský, K., Novák, T.: Long-term measurement of obtrusive light in campus VŠB-TUO, EPE 2009, VŠB-TUO, 60-62(2009), Czech republic, ISBN 978-80-248-1947-1
- Tyl, J.: Léto v zimě léčba světlem, Regena 2(2006), <http://www.nastrojezdravia.sk/www/download.ph>
- Walker, M.: The Power of Color, (1998), <http://www.vitalight.com/articles/walker.htm>
- Plich, J.: Svietidlá SAD, In: Svetlo 2005, Zborník zo 16. medzinárodnej konferencie, Jasná - Nízke Tatry, Bratislava, Typhoon, 261-268(2005), ISBN 80-969403-0-9.
- Králiková, R.: Lamps light therapy and influence of light on human, In: Transfer inovation, TUKE, Slovakia, 30 (2014), p. 245-248. ISSN 1337-7094.

Authors: doc. Ing. Ružena Králiková, PhD.¹
Dr.h.c. prof. ing.Miroslav Badida, PhD.¹

¹Technická Univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra procesného a environmentálneho inžinierstva, P. Komenského 5, 040 01 Košice, Slovensko. e-mail: ruzena.kralikova@tuke.sk, miroslav.badida@tuke.sk

²Ing. Tomáš Konkoly, Magneti Marelli Slovakia, s.r.o, Kechnec, Slovakia, e-mail: tomas.konkoly@magnetimarelli.com