

Úloha č. 4

Měření osvětlení

Úkoly měření:

1. Proměřte průměrnou osvětlenost v různých místnostech v areálu školy.
2. Hodnoty naměřených průměrných osvětleností v měřených místnostech podle bodu 1 porovnejte s normovanými hodnotami osvětlenosti podle normy ČSN EN 12464-1.
3. Měřte osvětlenost v závislosti na vzdálenosti od zdroje světla při nulovém úhlu dopadu světla. Jako zdroje světla použijte tři různé žárovky.
4. Z naměřených hodnot osvětleností podle bodu 3 stanovte svítivosti jednotlivých čirých žárovek. Svítivost každého světelného zdroje stanovte jak početně, tak i graficky pomocí lineární regrese.
5. Pro 3 různé hodnoty zvolené osvětlenosti naměřte vzdálenosti od zdroje světla, ve které se daná osvětlenost nachází.
6. V závěru zhodnoťte, které místnosti dle bodu 2 vyhovují normám z hlediska kvality osvětlení. Dále dle bodů 3 až 5 porovnejte mezi sebou navzájem jednotlivé zdroje osvětlení.

Použité přístroje a pomůcky:

1. luxmetr, skládací metr, lampa, žárovky.

Základní pojmy, teoretický úvod:

Osvětlení patří k důležitým environmentálním faktorům, protože většina aktivit člověka je spojena s vykonáváním zrakové práce nebo se získáváním zrakových informací. Nedostatek světla působí negativně na psychiku, nervový systém a duševní pohodu člověka. Osvětlení má také velký vliv na bezpečnost a produktivitu práce.

Viditelné světlo je elektromagnetické záření o vlnové délce od 380 nm do 780 nm.

V teorii osvětlení se rozlišuje zářivý a světelný tok. Zářivý tok ϕ_e [W] je definován jako výkon přenesený zářením, resp. jako množství zářivé energie Q_e [W·s] přenesené tokem fotonů za jednotku času t [s]:

$$\phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad (1)$$

Světelný tok ϕ , jehož jednotkou je 1 lumen [lm], vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakové vnímání. Pro přepočty zářivých veličin na fotometrické a naopak se používají rovnice:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

$$1 \text{ lm} = 147 \cdot 10^{-5} \text{ W}, \text{ resp.} \quad (2)$$

$$1 \text{ W} = 680 \text{ lm} . \quad (3)$$

Prostorový úhel Ω [sr] je úhel, ve kterém se z určitého elementárního zdroje v prostoru šíří svazek paprsků. Je definován vztahem:

$$\Omega = \frac{S_r}{r^2}, \quad (4)$$

kde: S_r [m²] je velikost plochy, kterou na povrchu koule o poloměru r [m] se středem v elementárním zdroji vytkne kuželová plocha, ve které se šíří světelné paprsky z elementárního zdroje.

Svítivost (zdroje v daném směru) I je dána podílem světelného toku $d\phi$, který zdroj vyzařuje ve směru osy elementárního prostorového úhlu $d\Omega$, a velikosti tohoto prostorového úhlu:

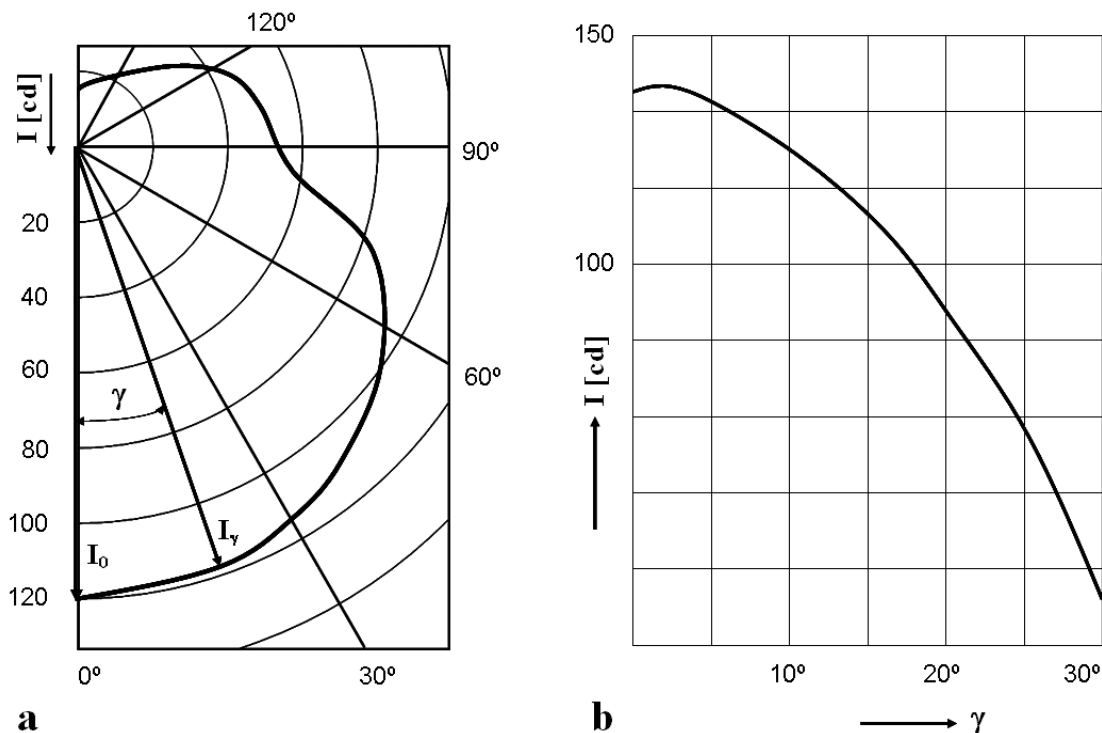
$$I = \frac{d\phi}{d\Omega}. \quad (5)$$

Jednotkou svítivosti je 1 kandela [cd], která patří mezi sedm základních jednotek v soustavě SI a je dána součinem:

$$\text{cd} = \text{lm} \cdot \text{sr}^{-1}. \quad (6)$$

Svítivost zdroje je obecně jiná v různých směrech (tj. vzhledem k úhlu γ). Z tohoto důvodu se svítivost zdroje popisuje křivkou svítivosti, která bývá uvedena v katalogovém listu svítidla. Křivky svítivosti se zakreslují v polárních nebo pravoúhlých souřadnicích (viz obr. 1).

Definice: Svítivost je dána podílem světelného toku, který zdroj vyzařuje ve směru osy elementárního prostorového úhlu, a velikosti tohoto prostorového úhlu.



Obr. 1: Znárodnění křivek svítivosti v polárních a pravoúhlých souřadnicích.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Další důležitou veličinou v oblasti osvětlení je intenzita osvětlení (resp. osvětlenost) E , která je dána poměrem dopadajícího světelného toku ϕ [lm] na elementární plochu S [m²] a velikostí této plochy:

$$E = \frac{d\phi}{dS}. \quad (7)$$

Jednotkou osvětlenosti je 1 lux [lx], který je dán součinem:

$$lx = lm \cdot m^{-2}. \quad (8)$$

Definice: Osvětlenost je dána podílem světelného toku dopadajícího na elementární plochu a velikostí této elementární plochy.

Osvětlenost všeobecně klesá se čtvercem vzdálenosti l [m] od zdroje světla. Tuto skutečnost popisuje kvadratický zákon:

$$E = \frac{I}{l^2}. \quad (9)$$

V případě, že světelné paprsky nedopadají kolmo na osvětlovanou plochu, ale obecně pod nějakým úhlem dopadu α , platí kosinový (resp. Lambertův) zákon pro osvětlenost:

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{l^2}. \quad (10)$$

Pozn.: Při kolmém dopadu světelných paprsků na osvětlovanou plochu (tzn. ve směru osy normály procházející touto plochou) je úhel dopadu $\alpha = 0^\circ$ a v tomto případě platí rovnice (9) při stanovení osvětlenosti. V ostatních případech je třeba stanovit osvětlenost z rovnice (10).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Princip měření osvětlení:

Digitální luxmetr LX-101 (viz obr. 2) se používá k měření osvětlenosti, která se snímána selenovým čidlem. Měřené hodnoty osvětlenosti se přímo zobrazují na displeji přístroje. Luxmetr LX-101 měří osvětlenost od 0 lx do 50000 lx ve třech rozsazích:

- <0, 1999> lx s rozlišením 1 lx,
- <2000, 19990> lx s rozlišením 10 lx,
- <20000, 50000> lx s rozlišením 100 lx.

Ve spodní části luxmetru (viz obr. 2) se nachází přepínač rozsahu měření osvětlenosti (vlevo dole) a vypínač tohoto přístroje (vpravo dole).



Obr. 2: Digitální luxmetr LX-101.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Postupy měření a pokyny k úloze:

1. Měření osvětlenosti ve vnitřních pracovních prostorech

- Seznamte se s principem činnosti digitálního luxmetru LX-101.
- V tab. 1 jsou uvedeny příklady vnitřních prostorů s hodnotami udržované osvětlenosti \bar{E}_m . Seznamte se s těmito prostory. Zvolte si v areálu budovy U5 UTB ve Zlíně 6 různých vhodných vnitřních prostorů, u kterých budete naměřené hodnoty osvětlenosti porovnávat s normovanými hodnotami osvětlenosti (viz tab. 1).
- Pozn.: Udržovaná osvětlenost \bar{E}_m je hodnota průměrné osvětlenosti, pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout. Je to průměrná osvětlenost v okamžiku, kdy má proběhnout údržba.
- Ve zvolených místnostech proměřte osvětlenost alespoň v 10-ti různých místech. Z naměřených hodnot vypočtete průměrnou osvětlenost a porovnejte ji s normovanými hodnotami osvětlenosti (viz tab. 1). Posuďte, která místnost z hlediska norem ČSN EN 12464-1 vyhovuje (resp. nevyhovuje) požadavkům na osvětlenost.
- Pozn.: Měření osvětlenosti provádějte pouze při zapnutém hlavním osvětlení v dané místnosti, tzn. pokud možno při zatažených žaluziích (aby se zabránilo prostupu rušivého venkovního světla), dále při vypnutí ostatních světelných zdrojů (např. stolních lamp) v místnosti.
- Pozn.: Měřte osvětlenost při nejnižším rozsahu luxmetru, tzn. při nastaveném rozsahu osvětlenosti $E = <0, 1999>$ lx. Pokud by tento rozsah byl nedostatečný, přepněte luxmetr na vyšší rozsah.
- Pozn.: Měření horizontální osvětlenosti se provádí v místech, kde se nacházejí hlavní předměty zrakové činnosti (např. na rovině pracovního stolu, stroje apod.). V ostatních případech se horizontální osvětlenost měří zpravidla ve výšce $h = 85$ cm nad podlahou dané místnosti. V některých případech se též měří vertikální osvětlenost (např. u tabule v učebně) nebo osvětlenost na obecně nakloněné pracovní rovině, pokud je na takové rovině vyžadována zraková činnost.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]
Komunikační prostory a chodby	100
Schodiště, eskalátory	150
Šatny, umývárny, koupelny, toalety	200
Skladiště a zásobárny	100
Vstupní haly (ve školách)	200
Psaní, čtení, zpracování dat	500
Technické kreslírny	750
Pracovní stanice CAD	500
Přednáškové haly	500
Konferenční a zasedací místnosti	500
Tabule	500
Počítačové učebny	300
Učebny, konzultační místnosti	300
Učebny pro večerní studium a vzdělávání dospělých	500
Jazykové laboratoře	300
Místnosti pro ruční práce, učební dílny	500
Místnosti pro praktickou výuku a laboratoře	500
Místnosti vyučujících	300
Školní jídelny	200
Kuchyně	500
Knihovny – místa pro čtení	500
Zakládání dokumentů, kopírování atd.	300
Recepce	300

Tab. 1: Požadavky na osvětlení pro místnosti (prostory), úkoly a činnosti [5].

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

2. Měření svítivosti a osvětlenosti zdroje

- Nejprve našroubujte první čirou žárovku do lampy.
- Rozsviďte lampu a nechte ji svítit alespoň po dobu $t = 1$ min před vlastním měřením.
- Měření svítivosti proveďte s využitím vztahu (9), tzn. měřením osvětlenosti E v určité vzdálenosti l . Luxmetr přitom míří kolmo k žárovce. Měření osvětlenosti provádějte ve vzdálenosti $l = \langle 20, 120 \rangle$ cm od zdroje světla s délkovým krokem $\Delta l = 5$ cm.
- Pozn.: Vzdálenost l mezi luxmetrem a žárovkou se měří od zdroje světla, tzn. od vlákna žárovky.
- Z rovnice (9) vypočítejte svítivost zdroje pro každou vzdálenost l .
- Následně stanovte průměrnou svítivost zdroje světla jako aritmetický průměr svítivostí stanovených pro všechny vzdálenosti l .
- Stanovte svítivost zdroje z rovnice (9) grafickou metodou pomocí lineární regrese v programu Excel. Svítivost bude určena směrnici přímky při grafické závislosti $E = f(l^2)$.
- Stejným způsobem postupujte při měření svítivosti u dalších dvou čirých žárovek.
- Nakreslete společnou grafickou závislost $E = f(l)$ pro všechny žárovky. Dále nakreslete pro každou žárovku zvlášť grafickou závislost $E = f(l^2)$ včetně rovnice lineární regrese.
- Porovnejte hodnoty svítivosti získané početně a graficky u každé žárovky.
- Zvolte si tři různě velké hodnoty osvětlenosti (např. $E_1 = 100$ lx, $E_2 = 500$ lx, $E_3 = 1000$ lx). Naměřte vzdálenosti l , ve kterých jsou u každé žárovky naměřeny zvolené hodnoty osvětlenosti.
- Pozn.: Měření svítivosti a osvětlenosti provádějte pouze při zapnuté lampě s příslušnou žárovkou, tzn. pokud možno bez jakéhokoliv dalšího rušivého osvětlení (tj. při zatažených žaluziích na oknech a při vypnutí ostatních světelných zdrojů v místnosti). Při měření se snažte zabránit přímému pohledu na rozsvícenou žárovku. Zabraňte stínění čidla luxmetru směrem k žárovce.
- Pozn.: Z hlediska nastavení rozsahu luxmetru postupujte stejným způsobem jako v úloze č. 1.
- V závěru porovnejte jednotlivé světelné zdroje mezi sebou z hlediska intenzity osvětlení.

Seznam použité a doporučené literatury:

- [1] Bystřický V., Kaňka, J.: Osvětlení, ČVUT v Praze, (1994).
- [2] Baxant P.: Elektrické teplo a světlo, VUT v Brně, (2004).
- [3] Hornák P.: Svetelná technika, Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, (1989).
- [4] Mádr, V., Krejzlík, J., Kopečný, J., Novotný, I.: Fyzikální měření, SNTL Praha, (1991).
- [5] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Český normalizační institut, (2004).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně