



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Studijní materiály k předmětu Osvětlovací soustavy a jejich projektování

Měření osvětlení

Měření osvětlení - úvod

Měření parametrů osvětlení slouží k **objektivnímu vyhodnocení** jeho kvality.

Měření je činnost, jejímž cílem **je určení velikosti fyzikálních veličin** a výsledkem měření je číselné vyjádření měřené veličiny se stanovenou mírou (jednotkou). Kromě velikosti měřené veličiny je vhodné **určit i nejistotu** jejího stanovení.

Pod pojmem **fotometrie** se rozumí **měření světelně-technických veličin**. Vlastní měření se dělí na:

- **vizuální (subjektivní – metody)**, při kterých se využívá vlastností lidského zraku
- **fyzikální (objektivní – metody)**, při kterých měření probíhá s využitím fyzikálních čidel (fotočlánků). Pro měření platí normy ČSN EN 13032 Světlo a osvětlení - Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel (2005), ČSN 36 0011 Měření osvětlení vnitřních prostorů (2006). Kromě toho existují postupy měření osvětlení v laboratorním prostředí (např. na modelech) a na dopravních komunikacích.

Měření osvětlení – základní pojmy

Měření podle požadované přesnosti dělíme na:

Přesná měření – nejistota měření je do 8%.

Provozní měření – nejistota měření je do 15%.

Orientační měření – nejistota měření do 20%.

Typ měření	Odhad rozšířené nejistoty U (%)	Příklady
Přesná	$U \leq 8$	Tvorba normálů, kalibrace přístrojů, laboratorní měření
Provozní	$8 < U \leq 14$	Ověřování parametrů zdrojů, svítidel a osvětlovacích soustav
Orientační	$14 < U \leq 20$	Kontrola funkce osvětlovacího zařízení

Dále lze měření dělit podle rozsahu na:

Podrobná měření – pro náročné posouzení prostoru, při soudních sporech nebo při analýze osvětlenosti složitých zrakových činností.

Provozní měření – pro ověření správnosti navržených a realizovaných systémů osvětlování, pro porovnání systémů osvětlované a pro zjištění zrakové pohody (nejpoužívanější typ).

Orientační měření – pro zjištění základních podmínek vidění a pro orientační kontrolu osvětlení.

Měření osvětlení – měřicí přístroje

Luxmetr

Luxmetry jsou přístroje na měření osvětlenosti (rovinné, kulové, válcové, polokulové, poloválcové aj.). Pokud není uvedeno jinak, myslí se pod pojmem luxmetr přístroj na měření rovinné osvětlenosti. Snímací úhel luxmetru pro měření rovinné osvětlenosti má být ve všech rovinách kolmý k rovině, ve které se určuje osvětlenost. Fotometrická hlava je obvykle vybavena **filtrem pro přizpůsobení spektrální citlivosti $V(\lambda)$ a difúzním nástavcem pro korekci směrové chyby fotodetektoru**. Snímačem je fotonka a vyhodnocovacím přístrojem analogový nebo digitální mikroampérmetr, který je kalibrován v jednotkách intenzity osvětlení v lx. U běžných luxmetrů se nyní nejčastěji používají fotonky na bázi křemíku.



Měření osvětlení – měřicí přístroje

Jasoměr

Jasoměr pracuje na stejném principu jako luxmetr, který je doplněn o optiku, která vymezuje kolmý dopad světla na čidlo luxmetru v definovaném prostorovém úhlu, ve kterém je snímán jas integrován. Měří jas reálných nebo fiktivních povrchů vyzařujících nebo odrážejících světlo. Bývá doplněn optickým systémem, který umožňuje, aby obsluha nasměrovala vlastní měřicí systém přesně na zvolené místo.

Jasový analyzátor je v podstatě digitální fotoaparát, který má opticky nebo softwarově upravenou citlivost podle křivky citlivosti lidského oka $V(\lambda)$. Na rozdíl od klasického jasoměru umožňuje jasový analyzátor snímat jasové mapy s rozlišovací schopností danou prostorovým úhlem snímaným jedním pixelem (makropixelem). K navýšení dynamického rozsahu snímaných jasových map je využíváno softwarové překrývání několika identických snímků pořízených při různých expozicích. Vyhodnocení jasů se provádí pomocí software.



Měření osvětlení – měřicí přístroje

Kolorimetr

Je to přístroj k měření kolorimetrických souřadnic světla. Běžně se u nás nepoužívá. Některé jasoměry a luxmetry (např. fy Minolta) mají možnost měřit i kolorimetrické souřadnice světla a možnost vypočítat teplotu chromatičnosti.



Spektrofotometr

Spektrofotometr je přístroj k měření spektra optického záření na principu rozkladu světla na mřížce nebo hranolu. Spektrofotometr může měřit následující hodnoty, jako jsou spektrální složení dopadajícího záření, jas, osvětlenost, trichromatické souřadnice x , y , u , v , náhradní teplotu chromatičnosti, dominantní vlnovou délku, index podání barev a kolorimetrickou čistotu.

Měření osvětlení – chyby a nejistoty

Stejně jako při měření různých elektrických veličin, vznikají i při měření světelných veličin chyby a nejistoty měření.

Proto se měřicí přístroje vybavují **označením třídy přesnosti**, která udává kvalitu měření. Drahé přístroje většinou dosahují větších přesností než ty levnější.

Nejistota zase určuje, v jakém rozmezí hodnot se může měřená veličina pohybovat, aby bylo dosaženo dané přesnosti měření.

Jednoduše můžeme chybu měřicího přístroje popsat jako rozdíl mezi naměřenou hodnotou a hodnotou skutečnou.

Chyby můžeme rozdělit na **absolutní** a **relativní**.

$$\Delta_x = x_m - x_s \qquad \delta_x = \frac{\Delta_x}{x_s} = \frac{x_m - x_s}{x_s}$$

Měření osvětlení – chyby a nejistoty

Nejistota vyjadřuje interval hodnot okolo změřené veličiny, ve kterém můžeme uvažovat hodnotu jako správnou. Standardní nejistota se označuje malým písmenem u . Standardní nejistota může být dvou typů.

Typ A představuje nejistotu, kterou získáme opakovaným měřením při stejných podmínkách, nebo pomocí statistickou analýzou naměřených hodnot.

Typ B, u kterého se nejistota zjišťuje jinými způsoby. Nejistota typu B vyhodnocuje nepřesnosti měření, u kterých je známá příčina,.

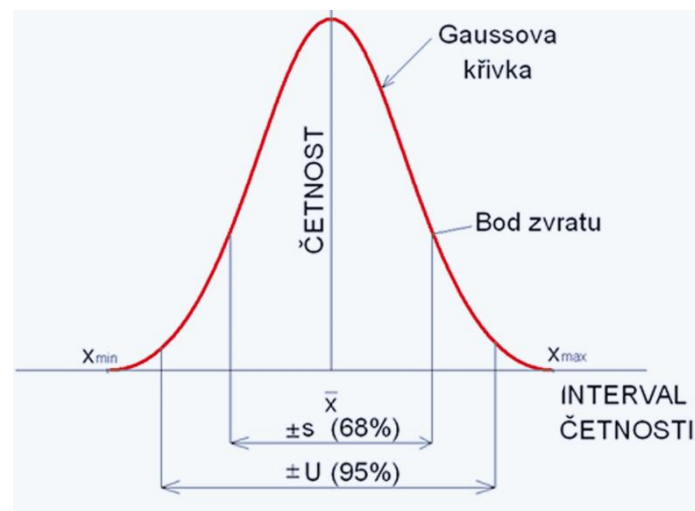
Z obou typů tak můžeme získat kombinovanou standardní nejistotu

$$u = \sqrt{u_a^2 + u_b^2}$$

Měření osvětlení – rozšířená nejistota

Pro další charakteristiku nejistoty měření se udává **rozšířená standardní nejistota**. Ta představuje k-násobek standardní nejistoty a označuje se velkým písmenem U. Určuje se, pokud chceme udat větší pravděpodobnost správného výsledku.

$$U = k \cdot u$$



Hodnota **U** je rozšířená standardní nejistota, která odpovídá 95 % pravděpodobnosti správného výsledku. To znamená, že 95 % výsledků musí být v rozsahu nejistoty měřicího přístroje, která byla dána. Zbýlých 5 % výsledků může hranici nejistoty překročit.