

nad obzorem, tudíž na ročním období. V zimě, tedy při malé výšce slunce nad obzorem, vzniká při přenosu světla více odrazů, což se projeví na ztrátách světla. Kromě toho je exteriérová osvětlenost výrazně nižší oproti letnímu období. Naopak v létě se slunce nachází výše nad obzorem a exteriérová osvětlenost je vysoká. Poměr mezi světelným výstupem světlovodu v zimním a letním období může pro nás představovat určitý indikátor pro hodnocení. V ideálním případě by světlovod měl přivádět stále stejný světelný tok do interiéru bez vlivu ročního období, reálně to však možné není. Důmyslnou konstrukcí kopule však můžeme krajní hodnoty světelného výstupu účinně ovlivnit (tedy světelný tok v zimním období navýšit a naopak omezit příliš silné osvětlení v letních měsících okolo poledne). Světlovody od firmy Solatube umožňují osvětlovat interiér delší dobu během dne a získávat stálejší výstup během roku.

### O čem vypovídá číselník zachování teploty chromatičnosti světla a čím je důležitý?

Tento číselník (CTM – Color Temperature Maintenance) vypovídá o kvalitě přenosu světla světlovodem bez barevného posuvu světla. Ukazuje tedy, jak dobře světlovodný systém dokáže přenést světlo bez změny barvy. Vysoká hodnota tohoto číselníku (CTM) znamená, že světlovodný systém způsobí minimální barevný posuv přenášeného světla, což z něj činí velmi vhodný světelný zdroj k osvětlení interiéru (obr. 3).

### Co je to optický prostup a jaký dopad má na světelný výstup světlovodu?

Optický prostup (VT – Visual Transmittance) představuje účinnost přenosu světla optickým prostředím. Jeho hodnota se pohybuje mezi 0 a 1. Větší světelný prostup znamená, že daný světlovod je vhodnější pro denní osvětlování.

### Jaká značka světlovodů nabízí nejlepší odraznost a účinnost přenosu světla (LTE – Light Transfer Efficiency)?

Uvedená tabulka a graf uvádějí změřenou odraznost povrchů materiálů většiny výrobců tubusových světlovodů v České republice i na Slovensku. Nezávislé měření (tab. 1 a obr. 4) za dobrovolné účasti firem prováděla Laboratoř světelné techniky v Ústavu elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně (Ing. Jan Škoda, Ph.D., a Ing. Jan Nekvapil). Měření bylo uskutečněno na spektrofotometru Konica Minolta CM-3600D. Je však nutné podotknout, že konstrukce přístroje umožňuje měření pouze pod úhlem dopadu 8° od kolmice k odraznému materiálu.

Kontakt:  
**WT-Windows Tomorrow, s. r. o.**  
 e-mail: [info@solatube.cz](mailto:info@solatube.cz)  
 tel.: +420 608 918 484  
[www.solatube.cz](http://www.solatube.cz)



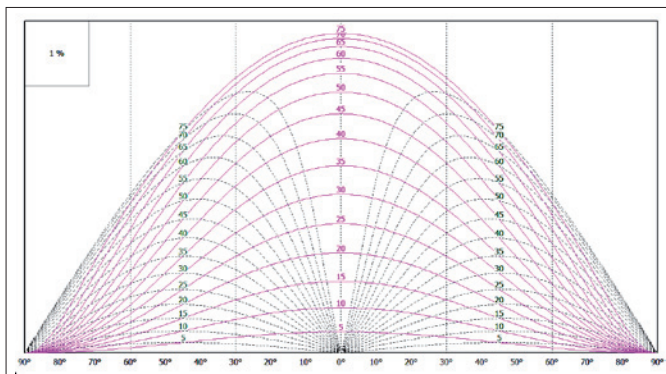
# Waldramův diagram pro osvětlení svislé roviny zataženou oblohou

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

Waldramův diagram (W-diagram) je zobrazení, ve kterém plocha zobrazených objektů je úměrná úbytku činitele denní osvětlenosti  $D$  (%), který objekt svým stíněním části oblohy v posuzovaném místě způsobí. Původní diagram, jenž byl sestrojen ve

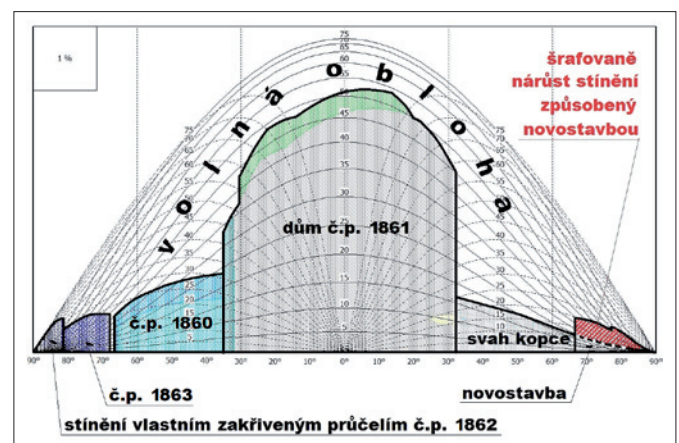
$$L = L_m \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \varepsilon) \quad (1)$$

kde  $L_m$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) je průměrný jas oblohy. V souvislosti se zaváděním nové evropské normy [2] se inovují výpočetní programy. Tyto programy k výpočtu používají numerické metody, zatímco odvození vztahu pro sestavení W-diagramu je analytické. Diagram ale může poskytnout výstupům z PC větší názornost. Z tohoto hlediska je zajímavý diagram (obr. 1) pro stanovení činitele



Obr. 1. W-diagram osvětlení svislé roviny oblohou CIE 1:3 nakreslený programem SVĚTLO+

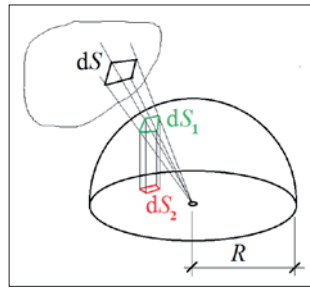
Velké Británii ve 20. letech minulého století, uvažoval osvětlení vodorovné roviny oblohou s konstantním jasnem. Diagram pro podmínky zatažené oblohy CIE 1:3 a pro zasklení okna čířm sklem zmiňuje publikace [1] z roku 1985. S modelem zatažené oblohy CIE 1:3 počítá i EN 17037 [2]. V tomto modelu jas oblohy  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) závisí jen na výškovém úhlu  $\varepsilon$  (rad) podle vztahu



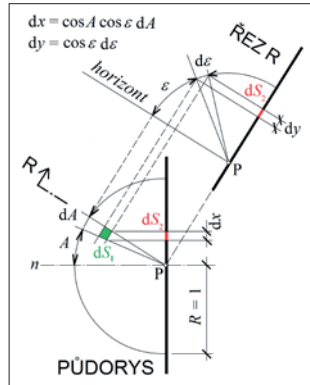
Obr. 2. Příklad použití W-diagramu k objasnění příčin stínění

denní osvětlenosti  $D_w$  (%) svíslé roviny zasklení okna. Uvedený činitel funguje v českých technických normách jako kritérium stínění novostavbou stávajícím budovám a i po zavedení [2] bude jako kritérium nadále platit. Na Slovensku se ke stejnému účelu jako kritéria používá ekvivalentní úhel stínění, pro jehož stanovení je W-diagram nezbytný. V České republice byl W-diagram pro osvětlení svíslé roviny publikován ve [4]. Jeho odvození lze nalézt v [5] a je opakováno v tomto článku. Užitečnost W-diagramu může být dokumentována obr. 2, na kterém zobrazení v diagramu jasně ukazuje, že posuzované místo je dominantně stíněno domem č. p. 1861, zatímco stínění novostavbou lze považovat za zanedbatelné.

Při odvození vztahu pro konstrukci W-diagramu se vychází z poznatku, že osvětlenost  $dE$  (lx) elementárním plošným zdrojem  $dS$  ( $m^2$ ) je úměrná jasu  $L$  ( $cd \cdot m^{-2}$ ) zdroje a ploše jeho dvojího průmětu  $dS_2$  ( $m^2$ ) podle vztahu (2). První průmět,  $dS_1$  ( $m^2$ ), je veden ze středu myšlené polokoule o poloměru  $R$  (m) na její povrch a druhý průmět,  $dS_2$  ( $m^2$ ), je rovnoběžný s osou polokoule do její podstavy, která je v osvětlované rovině (viz obr. 3).



Obr. 3. Ke stanovení osvětlenosti plošným zdrojem světla



Obr. 4. Ke stanovení osvětlenosti svíslé roviny plošným zdrojem světla

$$dE = \frac{1}{R^2} L dS_2 \quad (2)$$

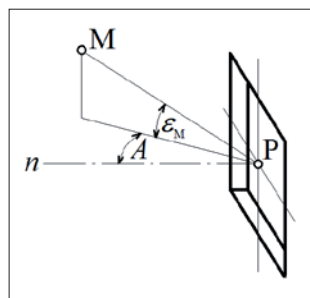
Na obr. 4 je schéma osvětlení svíslé roviny plošným zdrojem světla. Poloměr myšlené polokoule je volen  $R = 1$ . Plochu  $dS_2$  dvojího průmětu elementární plochy  $dS$  lze vyjádřit vztahem (3).

$$dS_2 = dx dy = \cos A \cos^2 \varepsilon dA d\varepsilon \quad (3)$$

Ve vztahu (3) je  $A$  (rad) azimutální odklon od kolmice  $n$  ke svíslé osvětlované rovině a  $\varepsilon$  (rad) je výškový úhel nad horizontem. S použitím vztahů (1), (2) a (3) bude mít elementární osvětlenost  $dE$  (lx) hodnotu

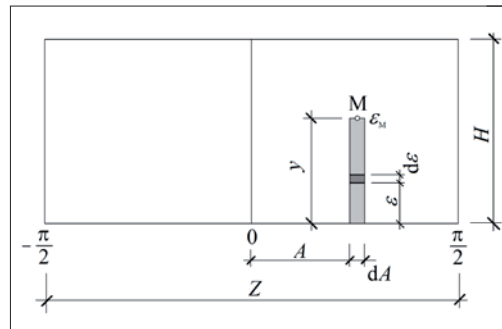
$$dE = \frac{3}{7} L_m \cos A dA (1 + 2 \sin \varepsilon) \cos^2 \varepsilon d\varepsilon \quad (4)$$

Posuzované místo P je ve středu okna (viz obr. 5). Poloha každého bodu M v okolí je charakterizována azimutem  $A$  (rad) a výškovým úhlem  $\varepsilon_M$  (rad). Nyní je možné přistoupit k návrhu diagramu podle obr. 6. Vodorovný rozměr  $Z$  (m) a svíslý rozměr  $H$  (m) diagramu se zvolí. Poměr  $Z/H$  může být libovolný a jeho volba neovlivní funkci či použitelnost diagramu. Vodorovná stupnice diagramu je lineární a využívá se k vynášení azimutu v rozsahu od  $-\pi/2$  do  $+\pi/2$ . Vzdálenost  $Z$  (m) tak odpovídá úhlové míře  $\pi = 3,14159$  rad. Svíslá stupnice není lineární a navíc je proměnná s azimutem. Musí zajis-



Obr. 5. Souřadnice libovolného bodu M

tit požadovanou vlastnost, že totiž plocha v diagramu má být úměrná činiteli denní osvětlenosti. Cílem je tedy stanovit pořadnici  $y$  (m) bodu M v diagramu tak, aby toto platilo. Plocha celého diagramu  $\pi H$  je úměrná činiteli denní osvětlenosti 50 %



Obr. 6. Ke konstrukci W-diagramu

a plocha  $y dA$  je úměrná činiteli denní osvětlenosti  $D$  (%) způsobenému osvětlením svíslé roviny částí oblohy, která je vymezená azimutem  $dA$  (rad) a výškovým úhlem  $\varepsilon_M$  (rad). Z uvedných úměrností plyne

$$y = \frac{\pi H D}{50 \% dA} \quad (5)$$

Činitel denní osvětlenosti  $D$  (%) je definován

$$D = \frac{E}{E_h} 100 \% = \frac{E}{\pi L_m} 100 \% \quad (6)$$

kde

$E_h$  (lx) je vodorovná osvětlenost bez stínění (celou oblohou),  $E$  (lx) osvětlenost výše uvedenou částí oblohy. Tato osvětlenost se stanoví integrací vztahu (4) v mezích  $\langle 0, \varepsilon_M \rangle$

$$E = \frac{3}{7} L_m \cos A dA \int_0^{\varepsilon_M} (1 + 2 \sin \varepsilon) \cos^2 \varepsilon d\varepsilon \quad (7)$$

$$E = \frac{1}{28} L_m \cos A dA (6\varepsilon_M + 3 \sin 2\varepsilon_M + 8 - 8 \cos^3 \varepsilon_M) \quad (8)$$

Dosažením (8) do (6) se obdrží

$$D = \frac{1}{28\pi} \cos A dA (6\varepsilon_M + 3 \sin 2\varepsilon_M + 8 - 8 \cos^3 \varepsilon_M) 100 \% \quad (9)$$

Hledaný vztah pro pořadnici  $y$  (m) bodu M vznikne dosažením (9) do (5)

$$y = \frac{1}{14} H \cos A (6\varepsilon_M + 3 \sin 2\varepsilon_M + 8 - 8 \cos^3 \varepsilon_M) \quad (10)$$

kde  $H$  je libovolné kladné číslo, jehož volbou lze ovlivnit převýšení svíslé stupnice diagramu. Převýšení diagramu ale nemá vliv na jeho funkci. Plocha  $S_0$  ( $m^2$ ), odpovídající ve W-diagramu hodnotě  $D = 1$  %, se stanoví podle vztahu (11)

$$S_0 = \frac{ZH}{50} \quad (11)$$

kde  $Z$  (m) je délka vodorovné stupnice azimutů v diagramu, která odpovídá hodnotě  $\pi$ .

#### Literatura:

- [1] HALÁHYJA a kol. *Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie*. Bratislava: Alfa, 1985.
- [2] EN 17037. *Daylight of buildings*. 2018.
- [3] STN 730580-1:Z2. *Denné osvetlenie budov. Časť 1: Základné požiadavky*.
- [4] KAŇKA, J. Použití Waldramova diagramu při stanovení činitele denní osvětlenosti. *Stavební obzor*. 1993, (6), 157–160.
- [5] KAŇKA, J. *Vliv barvy stínících překážek na denní osvětlení vnitřních prostor budov*. 2005. Habilitační práce.

Recenze: prof. Ing Jitka Mohelníková, Ph.D.