

8. Denní a sdružené osvětlení

8.1 Denní osvětlení

Denní osvětlení je přirozené sluneční osvětlení. Vyskytuje se tedy pouze v průběhu dne mezi východem a západem Slunce. Jedná se o nestálý zdroj světla (např. s ohledem na konkrétní kalendářní den v roce, oblačnost aj.). Kromě toho je třeba při návrhu denního osvětlení v interiérech budov zachovat zrakovou pohodu člověka jak při přímém slunečním světle, tak i při jasné, polojasné až úplně zatažené obloze. Zraková pohoda je dána kvantitativními a kvalitativními kritérii.

Denní osvětlení je dáno přímým využitím sluneční energie.

8.1.1 Kvantitativní kritérium denního osvětlení

Aby byla zajištěna zraková pohoda, je třeba umožnit přístup denního světla v dostatečném množství. Jako kvantitativní kritérium denního osvětlení je definován činitel denní osvětlenosti D [%]:

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100, \quad (8.1)$$

kde E [lx] je naměřená osvětlenost v kontrolním bodě dané roviny v interiéru, E_h [lx] – osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny.

Činitel denní osvětlenosti je dán poměrem osvětlenosti dané roviny v interiéru k současné osvětlenosti nezastíněné venkovní vodorovné roviny.

Velikost činitele denní osvětlenosti v daném kontrolním bodě se všeobecně mění v závislosti na daném ročním období, na množství oblačnosti a mezi východem a západem Slunce. Obvykle stačí stanovit velikost stanovit hodnotu činitele denní osvětlenosti při nejméně příznivém venkovním osvětlení, tzn. v zimě při zatažené obloze.

8.1.2 Kvalitativní kritéria denního osvětlení

Přístup světla na dané místo je třeba zajistit nejen v dostatečném množství, ale i v určité kvalitě. Jedním z nejdůležitějších kvalitativních kritérií je rovnoměrnost denního osvětlení r [-], která je dána poměrem minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti změřené na určité pracovní rovině v interiéru:

$$r = \frac{D_{\min}}{D_{\max}}. \quad (8.2)$$

Rovnoměrnost denního osvětlení je dána poměrem minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti.

Mezi další kvalitativní kritéria patří:

- rozložení světelného toku – ve většině případů se dává přednost osvětlení zleva nebo zleva a zepředu,
- rozložení jasu ploch v zorném poli – snaha odstranit rušivé jasy a kontrasty v zorném poli pozorovatele za účelem soustředění se na předmět zřakové práce,
- zábrana oslnění – jak při zatažené obloze, tak i při přímém slunečním světle. Osvětlovací otvory by neměly být umístěny v zorném poli pozorovatele. Pro zábranu

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



oslnění je tedy nutné vhodně umístit osvětlovací otvory, resp. použít pevné nebo pohyblivé zařízení pro omezení přímého slunečního záření (např. žaluzie, závěsy, slunolamy a sezónní nátěry oken),

- barevné podání ploch v interiéru – barva povrchu má vliv na odrazivost (a tím i na množství) světla v uzavřené místnosti. Kromě toho barvy povrchu místnosti mají vliv na chování a prožitky člověka a mohou vyvolat různé pocity (chlad, teplo, smutek, uklidnění, vzrušení apod.).

8.1.3 Světelné ztráty při průchodu světla osvětlovacím otvorem

Při šíření světla přes osvětlovací otvor vznikají světelné ztráty podle druhu materiálu zasklení, vlivem neprůsvitných částí konstrukce osvětlovacího otvoru, vlivem znečištění na obou stranách okna a částečným stíněním osvětlovacího otvoru (v exteriéru i interiéru). Charakteristickou veličinou pro popis světelných ztrát při průchodu světla přes osvětlovací otvor je činitel prostupu světla τ [-], který je dán poměrem prošlého světelného toku přes osvětlovací otvor a dopadajícího světelného toku na osvětlovací otvor. V případě více vrstev skleněných materiálů, které jsou mezi sebou odděleny vzduchem, je výsledný činitel přestupu světla dán součinem jednotlivých činitelů přestupu světla.

Činitel prostupu světla je dán poměrem prošlého světelného toku přes osvětlovací otvor a dopadajícího světelného toku.

Druh materiálu		Činitel prostupu světla $\tau_{s,nor}$ [-]
Čiré tabulové sklo 3 až 4 mm		0,92
Surové sklo (nevzorované)		0,88
Vzorované sklo		0,85 až 0,90
Drátové sklo 6 až 7 mm		0,60 až 0,86
Mdlené sklo		0,75 až 0,80
Laminát se skelným vláknem		0,35 až 0,85
Akrylát	Čirý	0,85 až 0,92
	Rozptýlený	0,60 až 0,80
Netermální skla		0,35 až 0,70
Reflexní skla		0,55 až 0,65
Skleněné tvárnice	Jednovrstvé	0,85 až 0,89
	Dvouvrstvé	0,55 až 0,62
Skleněné příčky z tvárnice Copilit (podle údajů výrobce)	Jednovrstvé	0,86
	Dvouvrstvé	0,80
Záclony		0,50 až 0,75

Tab. 8.1: Hodnoty činitele prostupu světla u vybraných materiálů při kolmém dopadu světla na daný materiál

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



Velikost činitele prostupu světla závisí také na úhlu dopadu světla na osvětlovací otvor. V tab. 8.1 jsou uvedeny příklady hodnot činitele prostupu světla při kolmém dopadu světla $\tau_{s,nor}$ na daný druh materiálu.

Velikost činitele prostupu světla procházejícího pod úhlem ψ od normály $\tau_{s,\psi}$ se stanoví z matematických vztahů podle druhu použitých materiálů. Např. pro jednoduché čiré sklo je velikost činitele prostupu světla v závislosti na úhlu dopadu světla dána rovnicí:

$$\tau_{s,\psi} = \tau_{s,nor} \cdot \cos\psi \cdot \left(1 + \sin^3\psi\right) + e^{\frac{-\psi}{27}} - e^{\frac{-\psi}{26}}. \quad (8.3)$$

Podobně pro zasklení běžným dvojitým sklem s přímým vstupem světla a pro zasklení jedním drátovým sklem platí pro činitel prostupu světla rovnice:

$$\tau_{s,\psi} = \tau_{s,nor} \cdot \cos\psi \cdot \left(1 + \frac{\sin^2\psi}{2}\right). \quad (8.4)$$

Činitel prostupu světla závisí na úhlu dopadu světla na daný osvětlovací otvor.

Jak již bylo uvedeno, kromě úhlu dopadu světla na danou látku je přestup světla ovlivněn také neprůsvitnými částmi konstrukce okna a jeho znečištěním.

Vliv neprůsvitných částí konstrukce okna (např. okenních rámců a žaluzií) se vyjadřuje pomocí činitele prostupu světla stíněním konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějících světlo τ_k :

$$\tau_k = \frac{S_s}{S_c}, \quad (8.5)$$

kde S_s [m²] je průsvitná plocha, S_c [m²] – celková skladebná plocha.

Činitel prostupu světla stíněním konstrukcí osvětlovacího otvoru je dán poměrem průsvitné a celkové skladebné plochy.

Prostup světla se snižuje v důsledku znečištění dané látky, jak na její vnější, tak i na její vnitřní straně. Potom výsledný činitel znečištění je dán součinem dvou dílčích činitelů znečištění:

$$\tau_z = \tau_{z,e} \cdot \tau_{z,i}, \quad (8.6)$$

kde $\tau_{z,e}$ [-] je činitel znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru, $\tau_{z,i}$ [-] je činitel znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru.

Činitel znečištění je dán součinem činitele znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru a činitele znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru.

Některé příklady velikostí dílčích činitelů znečištění jsou uvedeny v tab. 8.2. Malé znečištění venkovního vzduchu je při ročním spadu prachu do 50 Mg/km² (např. ve volné krajině a v sídlištích do 2 000 obyvatel). Střední znečištění venkovního prachu (od 50 Mg/km² do 200 Mg/km²) se vyskytuje u většiny běžných sídlišť. Velké znečištění venkovního vzduchu je při ročním spadu prachu nad 200 Mg/km² (tj. v průmyslových oblastech). Malé znečištění vnitřního vzduchu je v prostorech bez zdrojů znečištění (např. v bytech, kancelářích, zdravotnických zařízeních a školách). Střední znečištění vnitřního vzduchu je v prostorech s běžnými zdroji prachu (např. čisté dílny a skladiště). Velké znečištění vnitřního vzduchu se vyskytuje v prostorech s významnými zdroji prachu (např. v prašných dílnách).

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Druh osvětlovacího otvoru	Sklon zasklení osvětlovacího otvoru	Znečištění vzduchu	Činitel znečištění	
			Na vnější straně $\tau_{z,e} [-]$	Na vnitřní straně $\tau_{z,i} [-]$
Svislý	90°	Malé	0,95	0,95
		Střední	0,90	0,85
		Velké	0,85	0,65
Šikmý	45°	Malé	0,80	0,95
		Střední	0,70	0,90
		Velké	0,60	0,80
Vodorovný	0°	Malé	0,70	0,95
		Střední	0,60	0,90
		Velké	0,50	0,80

Tab. 8.2: Činitelé znečištění

Souhrnný činitel světelné propustnosti $\tau_{o,\psi}$ při úhlu dopadu ψ na osvětlovací otvor je dán vztahem:

$$\tau_{o,\psi} = \tau_{s,\psi} \cdot \tau_k \cdot \tau_z \quad (8.7)$$

Podobně při kolmém dopadu světla na osvětlovací otvor je souhrnný činitel světelné propustnosti $\tau_{o,n}$ určen vztahem:

$$\tau_{o,n} = \tau_{s,nor} \cdot \tau_k \cdot \tau_z \quad (8.8)$$

Souhrnný činitel světelné propustnosti je dán součinem tří činitelů – činitele prostupu světla při daném úhlu dopadu světla, činitele prostupu světla stíněním konstrukcí osvětlovacího otvoru a činitele znečištění.

8.1.4 Stanovení činitele denní osvětlenosti

Hodnotu činitele denní osvětlenosti lze určit:

- měřením na hotové stavbě,
- měřením na modelu,
- výpočtovou metodou (početně nebo graficky).

Při experimentálním měření činitele denní osvětlenosti je nutno použít dva luxmetry pro měření osvětlenosti (viz rovnice (8.2)). Jedním luxmetrem se měří osvětlenost v kontrolním místě, druhým se současně měří osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny.

Při výpočtech se vychází z poznatku, že kontrolní místo na pracovní rovině může být osvětleno kombinací přímého oblohového světla, světla odraženého od vnějších stínících překážek (např. okolních budov) a světla odraženého od vnitřních povrchů místnosti, ve které se nachází kontrolní místo (viz obr. 8.1). Potom pro činitel denní osvětlenosti platí rovnice:

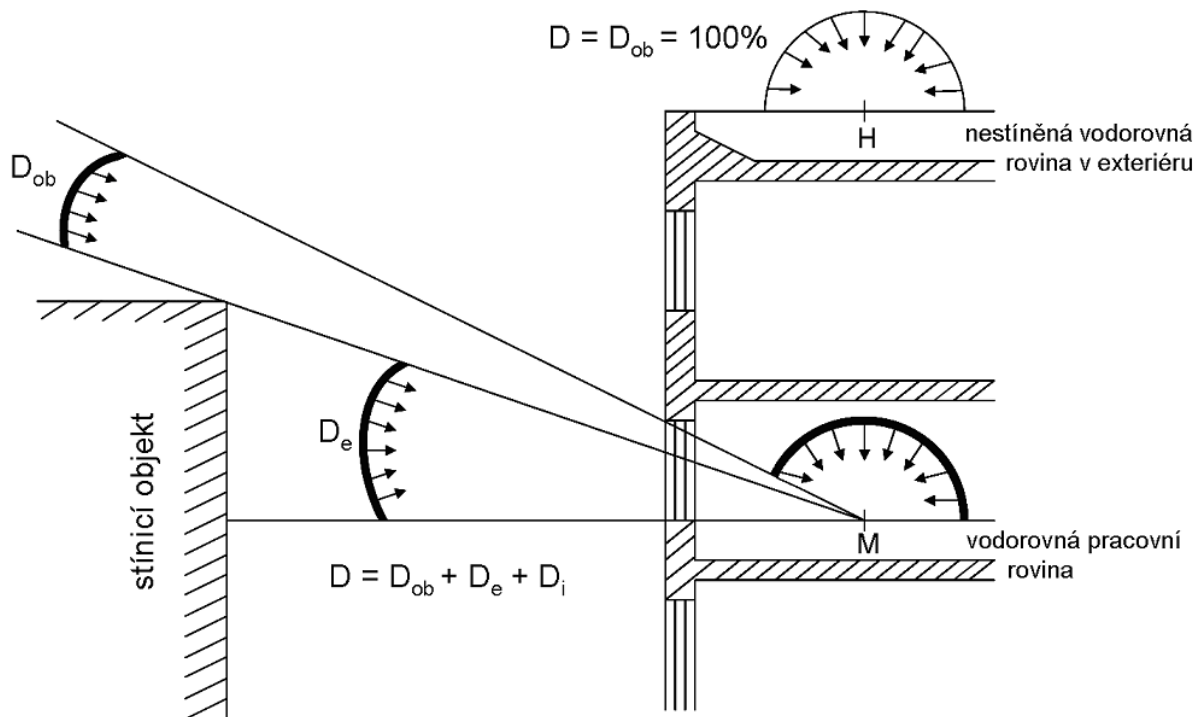
$$D = D_{ob} + D_e + D_i \quad (8.9)$$

kde D_{ob} [%] je oblohová složka činitele denní osvětlenosti, D_e [%] – vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti, D_i [%] – vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.

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



Činitel denní osvětlenosti v kontrolním místě je dán součtem oblohové, vnější odražené a vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti.



Obr. 8.1: Složky činitele denní osvětlenosti

Odras světla souvisí s činitelem odrazu ρ [-], který je definován jako poměr odraženého zářivého (nebo světelného) toku od daného povrchu a dopadajícího toku na tento povrch. Směrné hodnoty činitele odrazu světla běžných povrchů jsou uvedeny v tab. 8.3. Tyto hodnoty jsou průměrné pro čisté a rozptýlné povrchy, pokud není uvedeno jinak.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Druh povrchu		Činitel odrazu světla ρ [-]
Povrch konstrukce	Bílý	0,75 až 0,80
	Krémový, béžový	0,60 až 0,70
	Světle žlutý	0,60 až 0,70
	Tmavě žlutý	0,50 až 0,60
	Světle červený	0,40 až 0,50
	Tmavě červený	0,15 až 0,30
	Světle zelený	0,45 až 0,65
	Tmavě zelený	0,05 až 0,20
	Světle modrý	0,40 až 0,60
	Tmavě modrý	0,05 až 0,20
	Hnědý	0,12 až 0,25
	Světle šedý	0,40 až 0,60
	Tmavě šedý	0,15 až 0,20
	Černý	0,01 až 0,03
Cihla (Červená, pálená hlína)		0,25
Písek světlý		0,50
Sádra bílá		0,80 až 0,92
Mramor bílý		0,55 až 0,80
Žula		0,40 až 0,50
Dřevo	Světlé	0,30 až 0,50
	Tmavé	0,10 až 0,25
Zeleň, tráva		0,05 až 0,10
Živičný povrch		0,10
Betonová dlažba		0,30
Zemina		0,08 až 0,20
Ocel		0,28
Hliník eloxovaný nebo leštěný		0,75 až 0,85
Zrcadlo skleněné (zrcadlový odraz)		0,80 až 0,90
Okno	S čirým sklem (z vnější strany)	0,10
	S čirým sklem a bílou záclonou	0,30 až 0,40
Sníh		0,75 až 0,80

Tab. 8.3: Činitelé odrazu světla běžných povrchů

Třída	Zraková	Poměrná	Příklady zrakových	Hodnota činitele
-------	---------	---------	--------------------	------------------

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

zrakové činnosti	činnost	pozorovací vzdálenost	činností	denní osvětlenosti v %	
				D_{min}	D_{max}
I	Mimořádně přesná	3 330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností použití zvětšení, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola	3,5	10
II	Velmi přesná	1 670 až 3 330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce	2,5	7
III	Přesná	1 000 až 1 670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání	2	6
IV	Středně přesná	500 až 1 000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní (rukou i strojem), běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, obsluha strojů, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel	1,5	5
V	Hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídel a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání	1	3
VI	Velmi hrubá	Menší než 100	Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti	0,5	2
VII	Celková orientace	–	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled	0,25	1

Tab. 8.4: Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti

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



8.1.5 Požadavky na denní osvětlení

Zrakové činnosti se podle zrakové obtížnosti dělí do sedmi tříd. Kritériem těchto tříd je poměrná pozorovací vzdálenost, která je dána poměrem vzdálenosti kritického detailu od oka pozorovatele a velikosti tohoto kritického detailu. Požadavky na velikost činitele denní osvětlenosti pro každou třídu jsou uvedeny v tab. 8.4. Minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti přitom musí být splněny ve všech kontrolních bodech interiéru nebo jeho funkčně vymezené části.

8.2 Sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení je dáno kombinací denního a umělého osvětlení. Při dlouhodobém působení na člověka není v plném rozsahu rovnocenné dennímu osvětlení, ale je mnohem příznivější než umělé osvětlení. Sdružené osvětlení se používá v místech, kde je nedostatečné denní osvětlení a je třeba ho doplnit umělým osvětlením (např. v šatnách, jídelnách, kuchyních, koupelnách a zasedacích místnostech).

Sdružené osvětlení je dáno kombinací denního a umělého osvětlení.

8.2.1 Rozdělení sdruženého osvětlení

Sdružené osvětlení se rozděluje podle dvou kritérií. Z hlediska doby používání se dělí sdružené osvětlení na:

- trvalé – využívá se umělého světla po celý den,
- přechodné – využívá se umělého světla jen po určitou dobu (např. při svítání a soumraku).

Z hlediska rozsahu se dělí sdružené osvětlení na:

- celkové – přisvětluje se celý vnitřní prostor nebo jeho podstatná část umělým osvětlením,
- místní – přisvětlují se pouze vybraná místa vnitřního prostoru s omezeným přístupem denního osvětlení. Jedná se o zastíněná místa nebo místa, kde se vyžaduje vyšší intenzita osvětlení pro danou činnost.

Sdružené osvětlení se podle hlediska doby používání rozděluje na trvalé a přechodné. Z hlediska rozsahu může být sdružené osvětlení celkové nebo místní.

8.2.2 Požadavky na sdružené osvětlení

Při sdruženém osvětlení je vhodné používat svítidla, jejichž spektrální složení světla se blíží dennímu světlu. Jako vhodné se z tohoto hlediska jeví bílé zářivky. Při návrhu, posuzování a používání sdruženého osvětlení je třeba dbát na dosažení:

- takové úrovně sdruženého osvětlení, které je nezbytné pro konkrétní zrakovou činnost v celém vnitřním prostoru nebo jeho částech,
- vhodného rozložení světelného toku,
- rovnoměrnosti sdruženého osvětlení pro konkrétní zrakovou činnost v celém vnitřním prostoru nebo jeho částech,
- vyhovujícího rozložení jasů ploch a jejich kontrastů.

Dále je třeba u sdruženého osvětlení zabránit oslnění přímým slunečním světlem, oslnění odraženým světlem a tzv. siluetovému efektu, který vzniká při pozorování předmětu proti

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

pozadí s velkým jasem, při kterém zrak člověka při malém jasu tohoto předmětu vnímá pouze jeho obrys (tj. siluetu).

U sdruženého osvětlení musí být zachován dostatečný podíl denního osvětlení. V tab. 8.5 jsou uvedeny požadované minimální (D_{min}) a průměrné (D_m) hodnoty činitele denní osvětlenosti pro denní osvětlení jako složky sdruženého osvětlení. Třídy zrakové činnosti jsou přitom stejné jako u denního osvětlení (viz tab. 8.4).

Třída zrakové činnosti	Hodnota činitele denní osvětlenosti v %	
	D_{min}	D_m
I, II	1,0	2,5
III	0,7	2,0
IV	0,5	1,5
V ÷ VII	0,5	1,0

Tab. 8.5: Hodnoty činitele denní osvětlenosti u sdruženého osvětlení

8.3 Testové otázky ke kapitole 8

1. Definujte pojem denní osvětlení. Jaká jsou kvantitativní a kvalitativní kritéria denního osvětlení?
2. Definujte pojmy činitel denní osvětlenosti a rovnoměrnost osvětlení. Uveďte jejich definiční rovnice včetně významu a jednotek jednotlivých veličin.
3. Definujte pojem činitel prostupu světla.
4. Co ovlivňuje velikost činitele prostupu světla? Napište rovnici pro souhrnný činitel prostupu světla přes osvětlovací otvor včetně významu a jednotek jednotlivých veličin.
5. Definujte pojem činitel prostupu světla stíněním konstrukcí osvětlovacího otvoru. Dále uveďte jeho definiční vztah a význam jednotlivých veličin.
6. Definujte veličinu činitel znečištění. Dále uveďte její definiční vztah a význam jednotlivých veličin.
7. Z jakých tří složek se skládá činitel denní osvětlenosti v kontrolním místě? Napište rovnici pro činitel denní osvětlenosti s významem jednotlivých složek.
8. Kolik je tříd zrakové činnosti? Podle jakého kritéria jsou tyto třídy charakterizovány? Která z těchto tříd je nejvíce (resp. nejméně) přesná?
9. Definujte pojem sdružené osvětlení. Podle jakých hledisek se rozděluje sdružené osvětlení? Vyjmenujte druhy sdruženého osvětlení.
10. Jaké jsou požadavky na sdružené osvětlení? Vyjmenujte je.

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

