

doc. Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D.
Bc. Matěj ANDRÝSEK
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Tepelná zátěž od umělého osvětlení

Heat Load from Artificial Lighting

Recenzenti:

prof. Ing. František Drkal, CSc.
Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Článek analyzuje tepelnou zátěž od umělého osvětlení pro různé typy prostor a světelných zdrojů na základě požadavků na celkové osvětlení pracovních prostor. Cílem článku je stanovit směrné hodnoty tepelné zátěže od umělého osvětlení pro účely dimenzování klimatizačních systémů. Pro analýzy byla využita toková metoda výpočtu průměrné osvětlenosti vnitřních prostorů a dostupné údaje výrobců osvětlovacích soustav.

Klíčová slova: osvětlení, tepelná zátěž, toková metoda, světelné diody LED, zářivky

The article analyzes the thermal load from artificial lighting for different types of rooms and light sources based on the requirements for general workspace lighting. The aim of the article is to determine the indicative values of the heat load from artificial lighting for the purpose of air conditioning systems design. The current method of calculating the average illumination of indoor spaces and the available data from the of lighting systems manufacturers were used for the analyses.

Keywords: lighting, heat load, flow method, light emitting diodes LED, fluorescent lamps

ÚVOD

Podkladem pro návrh klimatizačních zařízení jsou výpočty tepelných ztrát a tepelných zisků. Návrh klimatizačního zařízení se zpravidla provádí pro extrémní podmínky, které mohou v daném prostoru a oblasti nastat, tj. pro pokrytí extrémních tepelných toků – v létě tepelné zátěže. Tepelná zátěž klimatizovaných prostor se stanovuje podle ČSN 730548 z roku 1985 [6]. Tato norma obsahuje tabulku pro stanovení tepelné zátěže od umělého osvětlení (žárovky a zářivky) pro základní pracoviště (viz tab. 1).

V oblasti osvětlení došlo v uplynulých letech ke značnému vývoji v souvislosti se snižováním energetické náročnosti budov a ekodesignem. Údaje uvedené v normě [6] jsou poplatné době svého vzniku a jeví se účelné je aktualizovat. I když se pro detailní návrh osvětlení používají pokročilé výpočetní softwary, návrh osvětlení není v kompetenci projektanta vzduchotechniky; nicméně ten pro návrh klimatizačního zařízení potřebuje znát směrné hodnoty.

Tab. 1 Doporučené intenzity umělého osvětlení a produkce tepla pro různá pracoviště podle ČSN 73 0548 [6]

Tab. 1 Recommended artificial lighting levels and related heat production for different workplaces according to CSN 73 0548 [6]

Pracoviště	Osvětlenost [lx]	Měrná tepelná zátěž	
		žárovky [W/m ²]	zářivky [W/m ²]
Skladiště, byty, restaurace, divadla	120	20 až 30	7 až 9
Učebny, pokladny, jednoduchá montáž	250	40 až 55	13 až 18
Kanceláře, čítárny, výpočetní střediska, výzkumná pracoviště	500	75 až 105	25 až 35
Výstavy, obchodní domy, jemná montáž	750	115 až 160	38 až 53
Montáž elektrotechniky, retuš	1000	-	50 až 70
Nejnáročnější jemná montáž	1500	-	75 až 105
Hodinářství, subminiaturní elektronika	2000	-	100 až 140
Televizní studia	nad 2000	-	nad 140

SVĚTELNÉ ZDROJE

V následujících analýzách byly uvažovány dva nejrozšířenější světelné zdroje, a to zářivková svítidla a světelné diody LED.

Lineární zářivky jsou nízkotlaké výbojky naplněné parami rtuti a vzácnými plyny, které snižují zápalné napětí výboje. Při výbojích v parách rtuti se energie uvolňuje ve formě ultrafialového záření, které je pro lidské oko neviditelné. Proto se na vnitřní povrch trubice nanáší luminofor v jedné nebo dvou vrstvách, který ultrafialové záření převádí na viditelné světlo. Lineární zářivky jsou jedny z nejpoužívanějších zdrojů v osvětlovacích soustavách, zejména v administrativních budovách, průmyslu, školách, restauracích, chodbách, sportovních prostorách, nemocnicích a obchodech. Je tomu tak díky široké nabídce příkonů, velikostí a barev podávaného světla. Disponují dlouhou životností až 20 000 hodin a vysokou účinností přeměny elektrické energie na světelnou. Ta se s vývojem elektrických předřadníků, tj. s vysokofrekvenčním napájením, výrazně zvýšila. Měrný výkon běžně dosahuje hodnot 50 až 104 lm/W [3].

Kompaktní zářivky pracují na stejném fyzikálním principu jako lineární zářivky. Vykazují ale podstatně menší rozměry, což je dáno rozložením výbojové dráhy do dvou, čtyř, šesti, osmi nebo více paralelně umístěných trubec, které jsou však elektricky v sérii. Dalším rozšířeným případem konstrukčního řešení jsou zářivky s výbojovou trubicí ve tvaru různých šroubovic nebo písmene U. Jejich cílem je co nejvíce se rozměrově přiblížit méně šetrným klasickým žárovkám. Mezi jejich přednosti patří až 80% úspora elektrické energie oproti obyčejným žárovkám, vysoký měrný výkon dosahující 40 až 87 lm/W, vysoký index podání barev, dlouhá životnost až 20 000 hodin, možnost provozu se stmívači a nepřeberné množství nabízených výkonů, barev a tvarů [3].

Světelná dioda LED (z anglického Light Emitting Diode) je polovodičová součástka, která mění elektrickou energii na viditelné světlo. LED diody disponují nejširší oblastí využití vůbec, od osvětlení vnitřních a venkovních prostorů, přes signalizační osvětlení ve vypínačích a kontrolkách až po čtečky, displeje, dezinfekci vzduchu zářením a mnoho dalších. Je tomu tak hlavně pro jejich výborné geometrické, elektrické, světelné, kolorimetrické a provozní parametry. Dosahují životnosti přes 10 000 hodin a měrného výkonu 60 až 160 lm/W [3].

TOKOVÁ METODA VÝPOČTU PRŮMĚRNÉ OSVĚTLENOSTI

Pro analýzu tepelné zátěže od umělého osvětlení pro různé druhy pracovních prostorů byla použita toková metoda výpočtu průměrné osvětlenosti ve vnitřním prostoru [3]. Tato metoda určuje v celkové osvětlovací soustavě potřebný počet svítidel a hodnotu celkového počátečního světelného toku světelných zdrojů Φ_z [lm] nutného ke splnění světelně-technických požadavků v bodech srovnávací roviny (rovina, na které se ověřuje úroveň osvětlení; výška roviny viz další text). U této metody se zanedbává vliv zastínění srovnávací plochy předměty instalovanými do prostoru. I když se jedná o předběžnou a orientační metodu návrhu osvětlení, pro účely stanovení směrných hodnot tepelné zátěže je metoda dostačující.

Celkový světelný tok Φ_c [lm], který je potřeba v uvažovaném prostoru o půdorysné ploše A [m²] instalovat, se určí z obecného vztahu:

$$\Phi_c = \frac{E_m A}{\eta_E z} \quad [\text{lm}] \quad (1)$$

kde je:

- A půdorysná plocha místnosti [m²],
- E_m požadovaná osvětlenost [lx],
- z udržovací činitel [-],
- η_E činitel využití místnosti [-].

Požadavky na osvětlení pracovních prostorů E_m [lx] pro většinu zrakových úkonů a činností ve vnitřním prostředí stanovuje norma ČSN EN 12464-1 [4]. V praxi je osvětlenost ovlivněna mnoha dalšími faktory (stárnutí světelných zdrojů, znečištění zdroje apod.), souhrnně vyjádřenými udržovacím činitelem z , který se pohybuje v rozmezí 0,5 až 0,75. Pro analýzu byla zvolena hodnota 0,6. Činitel využití η_E závisí na geometrických parametrech místnosti, rozložení světelného toku svítidel a odrazivosti stěn, stropu a podlahy. Určuje se pro každé svítidlo zvlášť v závislosti na indexu místnosti m , který je definován jako:

$$m = \frac{ab}{h_v(a+b)} \quad [-] \quad (2)$$

kde je:

- a, b rozměry místnosti [m],
- h_v výška svítidla nad srovnávací rovinou [m].

Výška svítidla nad srovnávací rovinou h_v [m] se volí pro místo zřakového pracovního úkonu:

$$h_v = h - h_s \quad [\text{m}] \quad (3)$$

kde je:

- h výška umístění svítidla [m],
- h_s výška srovnávací roviny [m].

Výška srovnávací roviny h_s se volí obvykle 0,85 m nad podlahou, pokud není určeno jinak [5]. Pomocí indexu místnosti m a činitelů odrazu ρ_1 stropu, ρ_2 stěn a ρ_3 podlahy lze určit činitel využití η_E např. podle [4]. Pokud není v textu uvedeno jinak, byly hodnoty činitele odrazu uvažovány následovně: $\rho_1 = 0,7$; $\rho_2 = 0,5$ a $\rho_3 = 0,1$.

Účinnost svítidla η_{sv} je definována jako podíl užitečného toku vyzářeného svítidlem a celkového světelného toku zdrojů svítidla, neboť užitečný světelný tok svítidla Φ_{sv} je vždy menší než součet světelných toků zdrojů svítidla Φ_z :

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z} \quad [-] \quad (4)$$

Světelně činné části svítidel zajišťují základní funkci svítidel, kterou je osvětlování určitého předmětu nebo prostoru tím, že upravují rozložení světelného výkonu emitovaného světelnými zdroji. Jedná se zejména o reflektory, difuzory, čočky a refraktory, clony a stínidla, filtry aj. Některé skupiny slouží k rovnoměrnému rozptýlení světelného toku, jiné naopak k jeho usměrnění do specifického svazku, nebo zabraňují přímému oslnění cloněním nebo filtrací spektrálního složení světla. Ovlivňují tak fotometrické vlastnosti daných svítidel.

Například opálový kryt svítidla, mající zabraňovat přímému oslnění pohledem do svítidla, snižuje jeho účinnost až o 40 % [3].

Počet svítidel n_{sv} [-] v dané místnosti se určí na základě celkového požadovaného světelného toku Φ_c [lm] a světelného toku konkrétního svítidla Φ_{sv} [lm]:

$$n_{sv} = \frac{\Phi_c}{\Phi_{sv}} = \frac{\Phi_c}{\Phi_z \eta_{sv}} \quad [\text{ks}] \quad (5)$$

U diodových LED svítidel výrobce udává celkový světelný tok vyzářený svítidlem Φ_{sv} , tzn. v této hodnotě je již zahrnuta účinnost svítidla. U zářivkových svítidel udává výrobce účinnost a typ zdroje, pro který je těleso určeno. Účinnost analyzovaných zářivkových svítidel se pohybovala v rozmezí 34 až 95 %.

Celkový instalovaný příkon (tepelná zátěž) P_c se následně určí z počtu n_{sv} a příkonu svítidel P_{sv} :

$$P_c = n_{sv} P_{sv} \quad [\text{W}] \quad (6)$$

a měrná tepelná zátěž od umělého osvětlení pak bude:

$$q_{sv} = \frac{P_c}{A} \quad [\text{W/m}^2] \quad (7)$$

ANALÝZA TEPELNÉ ZÁTĚŽE VYBRANÝCH PROSTOR

Pro analýzu tepelné zátěže od umělého osvětlení byly vybrány typické pracovní prostory v administrativních a vzdělávacích budovách, obchodních domech, průmyslových objektech a zdravotnických a stravovacích zařízeních. Výčet typických místností je uveden níže. Rozměry místností a další parametry byly zvoleny s ohledem na účel prostoru. Požadavky na osvětlení E_m jsou pro všechny zkoumané prostory převzaty z normy ČSN EN 12464-1 [4]. V tab. 2 je uveden příklad výsledků pro jednotlivou kancelář a konkrétní svítidlo na základě výše uvedeného postupu.

Na základě podkladů výrobců [7] až [19] byla vytvořena databáze svítidel. Svítidla byla rozdělena do kategorií budov podle použití pro specifické prostory. U zářivkových svítidel byla uvažována jen svítidla s účinností $\eta_{sv} > 60$ %. V tab. 3 je uveden seznam výrobců použitých svítidel a jejich počet v dané kategorii.

Pro každou místnost v daném typu budovy (viz dále) a typ svítidla byl realizován výpočet měrné tepelné zátěže na základě tokové metody výpočtu průměrné osvětlenosti uvedené výše. Vyhodnocení výsledků bylo realizováno statisticky, výsledky v podobě měrné tepelné zátěže q_{sv} [Wm²] jsou zobrazeny ve formě „krabicového grafu“ (box-plot), který znázorňuje dolní kvartil x_{25} , horní kvartil x_{75} , medián x_{50} a dále maximální a minimální hodnotu. Více viz [20].

Tab. 2 Příklad výpočtu měrné tepelné zátěže pro kancelář

Tab. 2 Example of the specific heat load calculation for an office

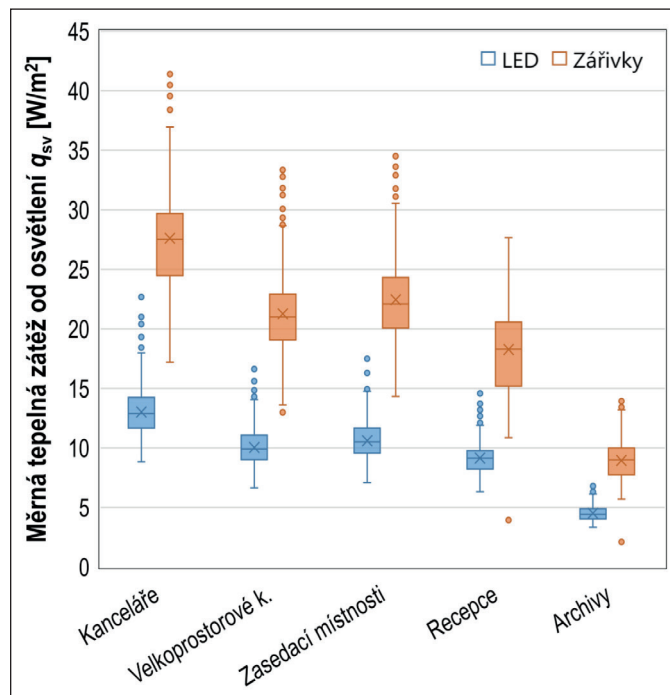
Zadání			Poznámka
a	5	[m]	volba
b	5	[m]	volba
h	2,9	[m]	volba
h_s	0,85	[m]	ČSN EN 17037
E_m	500	[lx]	ČSN EN 12464-1
z	0,6	[-]	volba
ρ_1	0,7	[-]	
ρ_2	0,5	[-]	
ρ_3	0,1	[-]	
Svitidlo			
Typ	LED		
výrobce	Halla		
označení	Zuli 121-501M-25GGE/840		
P_{sv}	63,1	[W]	údaj výrobce
Φ_{sv}	7640	[lm]	údaj výrobce
Výsledky			
A	25	[m ²]	
m	1,2	[-]	rovnice (2)
η_E	0,56	[-]	tabulková hodnota [3]
Φ_c	37 520	[lm]	rovnice (1)
n_{sv}	5	[ks]	rovnice (5)
P_c	315,5	[W]	rovnice (6)
q_{sv}	12,62	[W/m ²]	rovnice (7)

Administrativní budovy

V běžných kancelářích se nejčastěji vykonávají dva typy prací – psaní a čtení dokumentů a práce na počítači. Běžné kancelářské prostory využívají přes den zejména denní osvětlení, nicméně jsou vybaveny i osvětlením umělým (přímým či nepřímým) [3]. Administrativní budovy jsou často vybavovány stínícími prvky, které mají za cíl zabránit oslnění nebo průchodu přímé sluneční radiace z důvodu snížení tepelné zátěže. Seznam a uvažované parametry zkoumaných prostorů administrativních budov je uveden v tab. 4, výsledky analýz pak na obr. 1.

Budovy pro vzdělávání

Světelné podmínky ve školách a vzdělávacích zařízeních významně ovlivňují kvalitu procesu získávání informací. Prostory pro výuku a studium lze podle funkce rozdělit na běžné učebny, speciální učebny a před-



Obr. 1 Měrná tepelná zátěž od umělého osvětlení pro vybrané prostory – administrativní budovy

Fig. 1 Specific heat load from artificial lighting for selected premises – administrative buildings

Tab. 3 Počty analyzovaných svítidel pro vybrané kategorie budov

Tab. 3 Numbers of analysed lighting units for the selected building categories

Výrobce	Administrativní budovy		Školy		Obchodní domy		Zdravotnictví		Průmysl	
	LED	zářivky	LED	zářivky	LED	zářivky	LED	zářivky	LED	zářivky
Trevos	142	156	192	156	233	223	175	156	153	98
NBB Bohemia		30		30		30		30	24	20
Modus	129	202	60	202	83	202		202	137	68
Halla	168	5	14	5	9			5		
Thome Lighting	8				3				25	
Thorn Lighting	30		30		30		30			15
Elektro-Lumen	97								120	19
Opille Lighting			86		66		16			
DiaLight									83	
Celkem	574	393	382	393	424	455	221	393	542	220

Tab. 4 Zkoumané prostory administrativních budov

Tab. 4 Examined spaces of administrative buildings

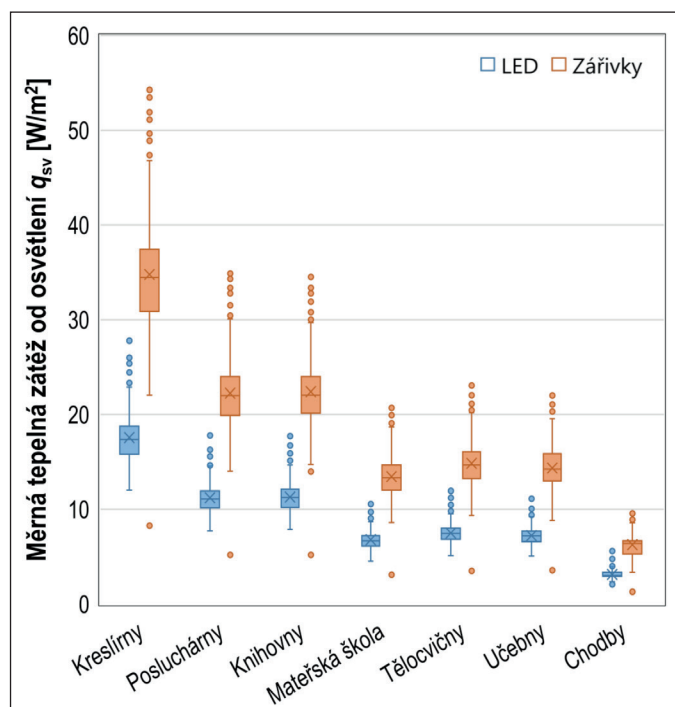
Místnost	E_m [lx]	a [m]	b [m]	A [m ²]	h [m]	h_s [m]
Kanceláře jednotlivé	500	5	5	25	2,9	0,85
Velkoprostorové kanceláře	500	10	12	120	2,9	0,85
Zasedací místnosti	500	8	9	72	2,9	0,85
Recepce	300	3,5	5	17,5	2,9	0,85
Archivy	200	10	12	120	2,9	0

náškové sály. V běžných učebnách tvoří jednu podélnou stranu stěna s okny, a může tedy docházet k oslnění (oblohou nebo odrazem). Učebny tak bývají často vybaveny horizontálními nebo vertikálními žaluziemi nebo roletami pro ovládnání dopadajícího denního světla z důvodu časových změn adaptačního jasu při změnách pozorovací vzdálenosti. Požadované intenzity osvětlení a parametry vybraných prostor vzdělávacích budov jsou uvedeny v tab. 5. Výsledky analýz jsou zobrazeny na obr. 2.

Tab. 5 Zkoumané prostory budov pro vzdělávání

Tab. 5 Examined spaces of buildings for education

Místnost	E_m [lx]	a [m]	b [m]	A [m ²]	h [m]	h_s [m]
Kreslírny	750	6,5	9	58,5	2,9	0,85
Posluchárny	500	12	10	120	3,5	0,85
Knihovny – čítárny	500	8	10	80	3	0,85
Mateřské školy	300	10	9	90	3	0,85
Tělocvičny	300	30	15	450	7	0
Učebny	300	6,5	9	58,5	2,9	0,85
Chodby	100	3	12	36	2,9	0,85



Obr. 2 Měrná tepelná zátěž od osvětlení pro vybrané prostory – školy a vzdělávací zařízení

Fig. 2 Specific heat load from lighting for selected premises – schools and educational establishments

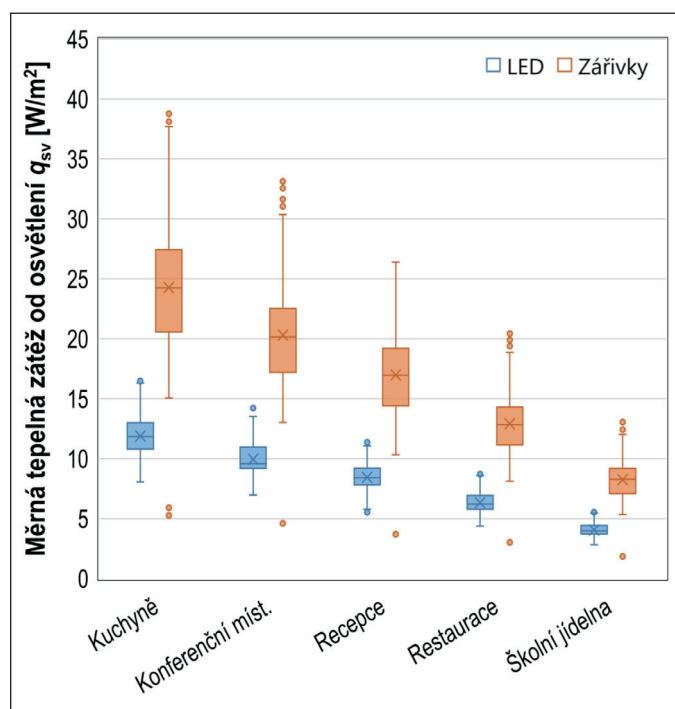
Hotely a stravovací zařízení

Obdobně jako v předchozích případech byly vybrány typické prostory hotelů a stravovacích zařízení (tab. 6). Výsledky analýz jsou na obr. 3.

Tab. 6 Zkoumané prostory – hotely a stravovací zařízení

Tab. 6 Examined spaces – hotels and catering establishments

Místnost	E_m [lx]	a [m]	b [m]	A [m ²]	h [m]	h_s [m]
Kuchyně	500	5	7	35	2,8	0,85
Konferenční místnosti	500	10	20	200	3,2	0,85
Recepce	300	5	5	25	3,2	0,85
Restaurace, bufety	300	7	12	84	2,8	0,85
Školní jídelny	200	10	15	150	2,9	0,85



Obr. 3 Měrná tepelná zátěž od osvětlení pro vybrané prostory – hotely a stravovací zařízení

Fig. 3 Specific heat load from lighting for selected premises – hotels and catering establishments

Obchodní prostory

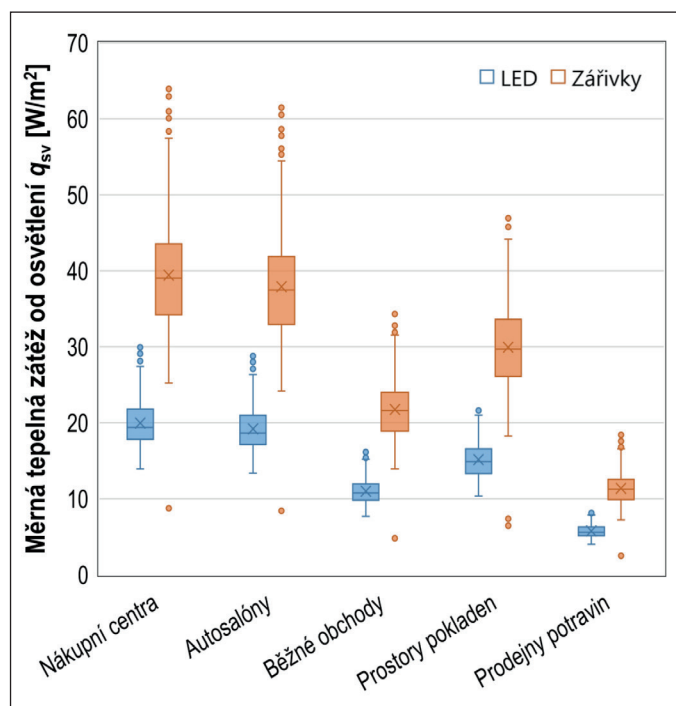
Osvětlení obchodních prostor se liší podle typu daného obchodu, roli zde hraje vzhled obchodu, cenová kategorie, rozsah sortimentu a styl prodeje [3]. Osvětlení obchodních prostor se řeší na základě požadavku zajištění světelného prostředí pro zaměstnance a rovněž z hlediska prodeje zboží. Rozsah osvětlenosti je poměrně široký, doporučený rozsah pro celkové

Tab. 7 Zkoumané prostory – obchodní prostory

Tab. 7 Examined spaces – commercial premises

Místnost	E_m [lx]	a [m]	b [m]	A [m ²]	h [m]	h_s [m]
Obchody v nákupním centru	1000	20	25	500	3,5	0,5
Autosalony	1000	36	20	720	3,5	0,85
Běžné obchody	500	12	20	240	3,5	0,85
Pokladny	500	5	5	25	3,5	0,85
Prodejny potravin	300	60	20	1200	3,5	0,5

osvětlení je v rozmezí 100 až 1000 lx. Vyšší hodnoty 500 až 1000 lx se uplatňují pro specializované nebo exkluzivní obchody s jedním typem zboží, např. obchody v nákupních centrech. Pro obchody mimo nákupní centra je doporučený rozsah osvětlenosti 300 až 500 lx. Ve výlohách je doporučené osvětlení v rozsahu 500 až 2000 lx. Výsledky analýz pro vybrané prostory jsou uvedeny na obr. 4.



Obr. 4 Měrná tepelná zátěž od osvětlení pro vybrané prostory – obchodní prostory

Fig. 4 Specific heat load from lighting for selected premises – commercial premises

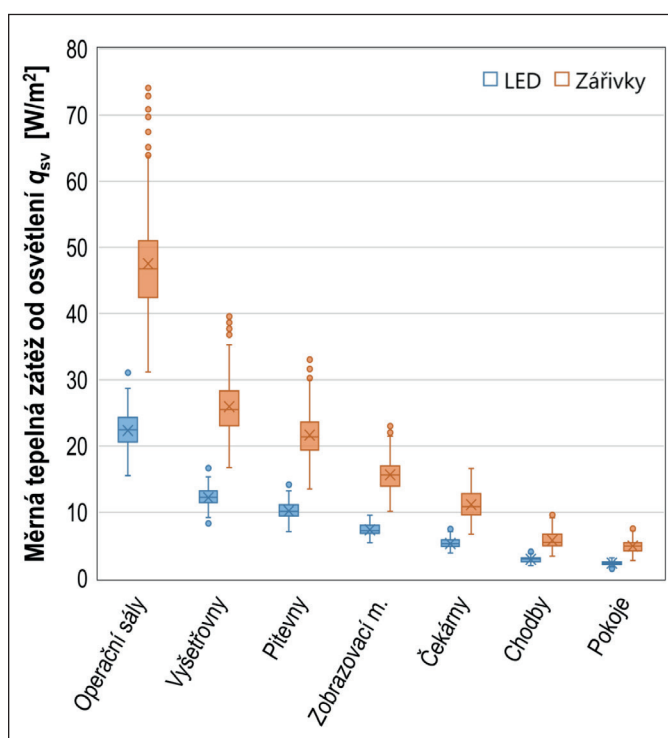
Nemocnice a zdravotnická zařízení

Požadavky na osvětlení v nemocnicích a zdravotnických zařízeních se liší podle typů prostoru a jejich účelu a vycházejí ze zrakových požadavků jednotlivých uživatelů. Umělé osvětlení zajišťuje celkové nebo místní osvětlení a dále osvětlení pro vyšetření a zdravotnické úkony. V tab. 8 jsou uvedeny typické prostory ve zdravotnictví a požadavky na celkové osvětlení. Osvětlení pracovních ploch operačních sálů a piteven může dosahovat výrazně vyšších hodnot v širokém rozmezí hodnot – u operačních sálů 500 až 100 000 lx, v pitevnách 500 až 5000 lx [3]. Tepelnou zátěž se v takových případech doporučuje určovat individuálně podle skutečného příkonu osvětlení v daném prostoru.

Tab. 8 Zkoumané prostory – nemocnice a zdravotnická zařízení

Tab. 8 Examined spaces – hospitals and medical facilities

Místnost	E_m [lx]	a [m]	b [m]	A [m ²]	h [m]	h_s [m]	ρ_1 [-]	ρ_2 [-]	ρ_3 [-]
Operační sály	1000	7	5,5	38,5	3	0,85	0,7	0,7	0,1
Vyšetřovny	500	5	5	25	3	0,85	0,7	0,7	0,1
Pitevný	500	10	8	80	3	0,85	0,7	0,7	0,1
Místnosti zobrazovacích metod	300	5	6	30	3	0,85	0,7	0,7	0,1
Čekárny	200	4	12	48	2,7	0,85	0,7	0,5	0,1
Chodby	100	4	12	48	2,7	0,85	0,7	0,5	0,1
Pokoje	100	8	8	64	2,9	0,85	0,7	0,7	0,1



Obr. 5 Měrná tepelná zátěž od osvětlení pro vybrané prostory – zdravotnická zařízení

Fig. 5 Specific heat load from lighting for selected premises – medical facilities

Provozovny a průmyslové provozy

Průmyslové budovy a provozovny mohou sloužit k různým účelům z hlediska pracovních a zrakových úkonů a jedná se o budovy s rozličným stavebním řešením. Stavební řešení průmyslových objektů často ovlivňuje nejen možnosti využití denního světla, ale i volbu osvětlovací soustavy. U rozsáhlých průmyslových celků může mít umělé osvětlení podstatný podíl na vnitřní tepelné zátěži a celkových provozních nákladech. V průmyslových objektech kvalita osvětlení ovlivňuje pracovní výkon a způsob osvětlení přímo souvisí s bezpečností práce. Požadavky na osvětlení pracovních míst jsou často vyšší než požadavky na osvětlení provozů s automatickou výrobou (provozy s omezenou obsluhou). Seznam zkoumaných provozů a průmyslových prostor uvádí tab. 9 a výsledky jsou znázorněny na obr. 6 a 7.

Tab. 9 Zkoumané prostory – provozovny a průmyslové provozy

Tab. 9 Examined spaces – business and industrial premises

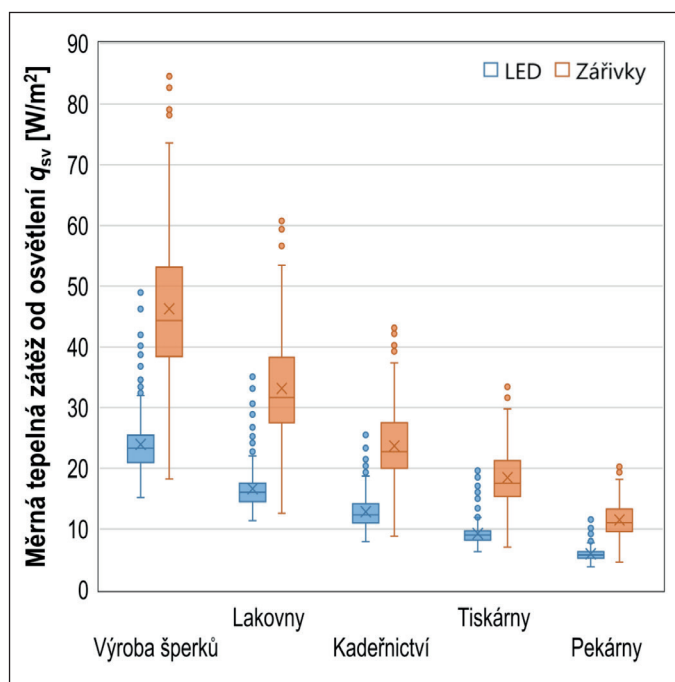
Místnost	E_m [lx]	a [m]	b [m]	A [m ²]	h [m]	h_s [m]
Jemná montáž	1000	20	30	600	3,5	0,85
Kontroly, brusírny	750	20	30	600	3,5	0,85
Laboratoře, výroba léků	500	20	30	600	3,5	0,85
Běžné výrobní provozy	300	20	30	600	3,5	0,85
Provozy s omezenou obsluhou	150	20	30	600	3,5	0,85
Skлады	150	20	50	1000	8	0
Výroba šperků	1000	5	5	25	2,9	0,85
Lakovny	750	10	8	80	3,5	0
Kadeřnictví	500	4	6	24	2,8	0,85
Tiskárny	500	10	20	200	3,5	0,85
Pekárny	300	10	10	100	3	0,85

Tab. 10 Měrná tepelná zátěž od umělého osvětlení pro vybrané prostory

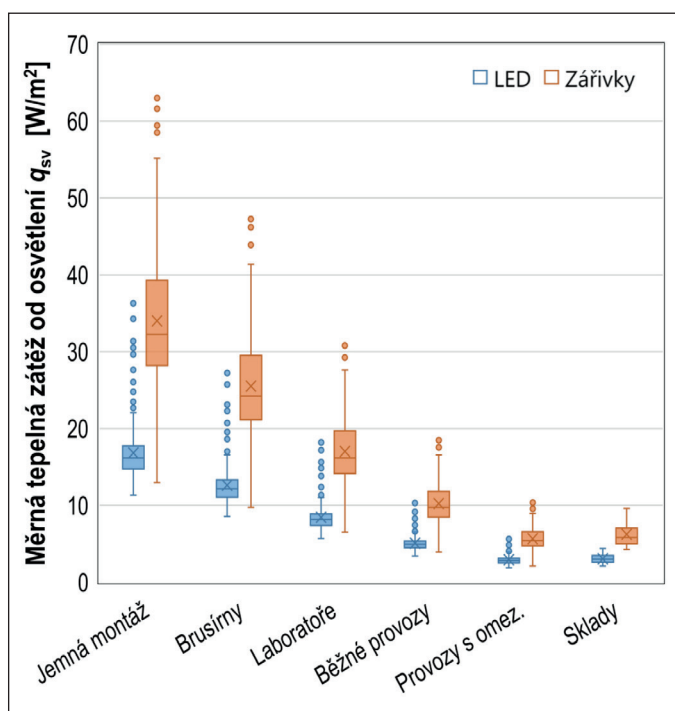
Tab. 10 Specific heat load from artificial lighting for selected premises

Budova	Místnost	Osvětlenost ¹⁾ E_m [lx]	Měrná tepelná zátěž q_{sv} [W/m ²]	
			LED	zářivky
Administrativní budovy	Kanceláře jednotlivé	500	12 až 15	24 až 30
	Velkoprostorové kanceláře		9 až 12	19 až 23
	Zasedací místnosti			20 až 25
	Recepce	300	8 až 10	15 až 21
	Archivy	200	4 až 5	7 až 10
Vzdělávací budovy	Kreslírny	750	16 až 19	31 až 38
	Posluchárny	500	10 až 12	20 až 24
	Knihovny – čítárny			
	Mateřské školy	300	6 až 8	12 až 15
	Tělocvičny			13 až 16
	Učebny			13 až 16
Chodby	100	3 až 4	5 až 7	
Hotely a stravovací zařízení	Kuchyně	500	11 až 13	21 až 28
	Konferenční místnosti		9 až 11	17 až 23
	Recepce	300	7 až 10	14 až 20
	Restaurace, bufety		5 až 7	11 až 15
	Školní jídelny	200	3 až 5	7 až 10
Obchodní prostory	Obchody v nákupním centru	1000	18 až 22	34 až 44
	Autosalony		17 až 22	34 až 43
	Běžné obchody	500	7 až 13	19 až 25
	Pokladny		13 až 17	26 až 34
	Prodejny potravin	300	5 až 7	9 až 13
Nemocnice a zdravotnická zařízení	Operační sály	1000	20 až 25	42 až 51
	Vyšetřovny	500	11 až 14	23 až 29
	Pitevny		9 až 12	19 až 24
	Místnosti zobrazovacích metod	300	7 až 9	14 až 18
	Čekárny	200	5 až 6	10 až 13
	Chodby	100	2 až 3	5 až 7
	Pokoje		2 až 3	4 až 6
Průmyslové provozy	Jemná montáž	1000	14 až 18	28 až 40
	Kontrola, brusírny	750	11 až 14	21 až 30
	Laboratoře, výroba léků	500	7 až 9	14 až 20
	Běžné výrobní provozy	300	4 až 6	8 až 12
	Provozy s omezenou obsluhou	150	2 až 3	4 až 7
	Sklady			
Provozovny	Výroba šperků	1000	20 až 26	38 až 54
	Lakovny	750	14 až 18	27 až 39
	Kadeřnictví	500	11 až 15	20 až 28
	Tiskárny		8 až 10	15 až 22
	Pekárny	300	4 až 7	9 až 14

¹⁾Hodnoty E_m byly zvoleny dle ČSN 12464-1.



Obr. 6 Měrná tepelná zátěž od osvětlení pro vybrané prostory – provozovny
 Fig. 6 Specific heat load from lighting for selected premises – business premises



Obr. 7 Měrná tepelná zátěž od osvětlení pro vybrané prostory – průmyslové provozy
 Fig. 7 Specific heat load from lighting for selected premises – industrial premises

DISKUZE A ZÁVĚR

Směrné hodnoty měrné tepelné zátěže od umělého osvětlení pro zkoumané prostory jsou uvedeny v tab. 10. Tepelná zátěž od umělého osvětlení vychází z požadavku na celkové osvětlení daných prostor stropními svítidly. Rozsah výsledků měrné tepelné zátěže byl určen následovně: dolní mez odpovídá dolnímu kvartilu q_{25} zaokrouhlenému na celé číslo

dolů, horní mez odpovídá hornímu kvartilu q_{75} zaokrouhlenému na celé číslo nahoru.

Podle předpokladů je z uvedených výsledků patrné, že LED svítidla tepelně zatěžují prostory podstatně méně než svítidla zářivkového typu. Tepelná zátěž od LED svítidel je cca poloviční oproti zářivkovým svítidlům, což je rovněž patrné z výsledků prezentovaných v tab. 10.

Norma na výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor ČSN 73 0548 [6] obsahuje údaje měrné tepelné zátěže od umělého osvětlení pro žárovky a zářivky. V článku jsou analyzovány údaje pro zářivková a moderní LED svítidla. Porovnání původních (tab. 1) a nově získaných údajů (tab. 10) tepelné zátěže od umělého osvětlení je uvedeno v tab. 11. Porovnání je možné pouze pro některé typy prostorů a pouze pro zářivková svítidla. Norma ČSN 73 0548 [6] uvádí odlišné hodnoty osvětlenosti E_m než norma ČSN EN 12464-1 [4], proto jsou ve výsledcích patrné rozdíly. Z pohledu osvětlenosti E_m by se projektanti měli řídit údaji uvedenými v normě ČSN EN 12464-1 a výpočet tepelné zátěže od umělého osvětlení musí respektovat aktuálně platné hodnoty. I když je norma ČSN 73 0548 z roku 1985 stále platná, údaje zde uvedené jsou poplatné době svého vzniku.

Hodnoty měrné tepelné zátěže od umělého osvětlení byly získány pro konkrétní geometrické uspořádání místnosti a odrazivosti okolních ploch (podlahy, stěna a stropu). Výčet prostorů není úplný, pro analýzy byly vybrány typické prostory z hlediska geometrie, využití a odrazivosti okolních povrchů. Okrajové podmínky konkrétních místností se mohou samozřejmě lišit, nicméně pro analýzy byly vybrány reprezentativní případy, které se blíží reálným podmínkám. Údaje tepelné zátěže pro obdobné, v článku nepublikované prostory je možné odvodit na základě prezentovaných výsledků. U složitých prostor, jakými jsou např. operační sály, se doporučuje spolupracovat s projektantem osvětlení a klimatizační zařízení dimenzovat podle skutečného instalovaného příkonu svítidel.

Tab. 11 Porovnání měrné tepelné zátěže od umělého osvětlení podle ČSN 73 0548 s nově získanými údaji pro zářivková svítidla

Tab. 11 Comparison of the specific heat load from artificial lighting according to ČSN 73 0548 with newly obtained data for fluorescent lamps

Pracoviště	ČSN 73 0548		Nové údaje	
	Osvětlenost	Měrná tepelná zátěž	Osvětlenost ¹⁾	Měrná tepelná zátěž
	E_m [lx]	q_{sv} [W/m²]	E_m [lx]	q_{sv} [W/m²]
Skladiště	120	7 až 9	150	4 až 7
Restaurace			300	11 až 15
Učebny	250	13 až 18	300	12 až 16
Pokladny			500	26 až 34
Jednoduchá montáž			300	8 až 12
Kanceláře	500	25 až 35	500	19 až 30
Obchodní domy	750	38 až 53	1000	34 až 44
Jemná montáž			1000	28 až 40
Montáž elektrotechniky	1000	50 až 70	1000	38 až 54

¹⁾Hodnoty E_m byly zvoleny dle ČSN 12464-1

Kontakt na autora: Vladimír.Zmrhal@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] DRKAL, F., ZMRHAL, V. Větrání. Vysokoškolské skriptum. 2. vydání. Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2018.
- [2] LAIN, M., LIŠKA, P. *Teplotná zátěž od umělého osvětlení*. TZB-info [online]. 6. srpen 2007. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/4276-tepl-na-zatez-od-umeleho-osvetleni>. ISSN 1801-4399.
- [3] HABEL, J., DVOŘÁČEK, K., DVOŘÁČEK, V., ŽÁK, P. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public s.r.o., 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [4] ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. 2012.
- [5] ČSN EN 17037. Denní osvětlení budov. 2019.
- [6] ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor. 1985.
- [7] Technické podklady Dialight. Katalog produktů Dialight [online]. Dostupné z: <https://www.dialight.com>
- [8] Technické podklady Halla. Katalog produktů Halla, a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.halla.cz>
- [9] Technické podklady Modus. Katalog produktů Modus spol. s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.modus.cz/>
- [10] Technické podklady NBB Bohemia. Katalog produktů NBB Bohemia s.r.o. [online]. <https://www.nbb.cz>
- [11] Technické podklady Thome Lighting. Katalog produktů THOME Lighting s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.thomelighting.com>
- [12] Technické podklady Thorn Lighting. Katalog produktů Thorn Lighting s.r.o. [online]. Dostupné z: <http://www.thornlighting.cz>
- [13] Technické podklady Trevos. Katalog produktů Trevos, a.s. [online]. Dostupné z: <https://trevos.eu>
- [14] Technické podklady Nasli. Katalog produktů Nasli spol. s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.nasli.cz>
- [15] Technické podklady Oppla Lighting. Katalog produktů Oppla Lighting [online]. Dostupné z: <https://eu.oppla.com>
- [16] Technické podklady Ecophon. Katalog produktů Ecophon Lighting [online]. Dostupné z: <https://www.ecophon.com>
- [17] Technické podklady Lumen Lights. Katalog produktů Elektro-Lumen s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.el-lumen.cz>
- [18] Technické podklady Philips. Katalog produktů Philips s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.lighting.philips.cz>
- [19] Technické podklady Sylvania. Katalog produktů Sylvania-Lighting [online]. Dostupné z: <https://www.sylvania-lighting.com>
- [20] Box-plot [online]. Dostupné z: <http://kvalita-jednoduse.cz/box-plot>

Nejvýkonnější lithium-sírová baterie

Jistě bychom uvítali běžně dostupnou baterii, která by dokázala na jedno dobíjení pohánět chytrý telefon pět dní. Anebo by umožnila elektromobilu dojet až 1000 km bez nutnosti dobíjení.

Takovou technologii už téměř mají k dispozici odborníci australské Monash University. Vyvinuli nový typ dobíjitelné lithium-sírové (Li-S) baterie, jejíž parametry jsou více než čtyřikrát lepší než současné nejlepší baterie tohoto typu na trhu. Baterie má extrémně vysokou hustotu uložené elektrické energie a svými výkony soudobé lithium-iontové baterie výrazně předčí. Velkou výhodou je i to, že je šetrnější vůči životnímu prostředí.

V německém Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology vyrobili prototyp této patentované baterie. Nová baterie si okamžitě získala celosvětovou pozornost a někteří z největších výrobců dobíjitelných baterií v Evropě a Číně již vyjádřili zájem podílet se na dalším testování baterie v Austrálii. Australská vláda i mezinárodní partneři z průmyslu poskytli výzkumnému týmu více než 2,5 milionů dolarů na testování nové Li-S baterie v automobilech a rozvodných sítích. K testování by mělo dojít v průběhu letošního roku.

Podle odborníků představuje tato baterie zásadní průlom pro průmyslovou výrobu baterií. Do budoucna by mohla změnit výrobní postupy chytrých telefonů, elektromobilů, přenosných počítačů i solárních panelů. Mohlo by to znamenat revoluci v automobilovém průmyslu, zvýšení spolehlivosti rozvodných sítí i snížení zátěže na životní prostředí.

Zdroj: *Technický týdeník 2/2020*

(VZ)

Hygienické provedení větracích jednotek se stává standardem!

Geniox je #HygienicByDesign.

systemair