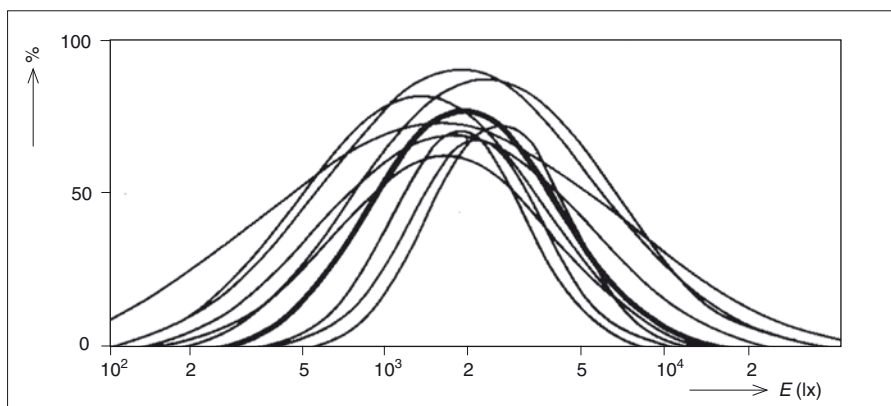


Návrh osvětlení a úspory elektrické energie

Ing. Petr Žák, Ph.D., Etna s. r. o.

Problematické úspor energií nejen v oblasti osvětlování, ale i v mnoha dalších oborech je věnována pozornost již dlouhá desetiletí. Téma, které v průběhu několika předchozích let vývoj v této problematice výrazně akcelerovalo, je globální oteplování. Jedním z výsledků tohoto urychlení je zavádění nových postupů souvisejících s problematikou energetické náročnosti budov do praxe a jejím hodnocením. Prvním normativním doku-

mentem týkajícím se této problematiky byla americká norma 90.1 Úspory energie při návrhu nových budov, publikovaná již v roce 1975. Vznikla spolupráci organizací ASHRAE a IESNA (společnost inženýrů pro vytápění, chlazení a klimatizaci a společnost pro světelnou techniku). V loňském roce byla do evropských norem zavedena norma EN 15193 Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení, zabývající se stanovením a hodnocením energetické náročnosti osvětlovacích soustav. V rámci českých norem ji doplňuje dokument TNI 730327, který je komentářem k této normě a obsahuje přehled možných přístupů k vypracovávání návrhu energeticky účinných osvětlovacích soustav.



Obr. 1. Výsledky výzkumů subjektivního hodnocení hladin osvětlenosti ve vnitřních pracovních prostorech při zářivkovém osvětlení vyjádřené procentuálním počtem spokojených lidí v závislosti na hladině osvětlenosti

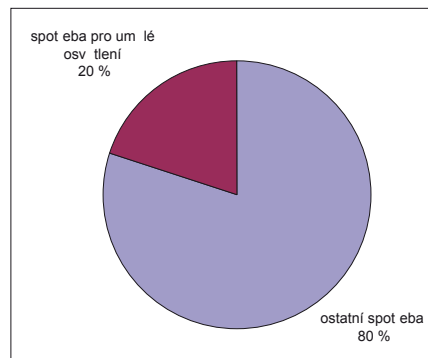
mentem týkajícím se této problematiky byla americká norma 90.1 Úspory energie při návrhu nových budov, publikovaná již v roce 1975. Vznikla spolupráci organizací ASHRAE a IESNA (společnost inženýrů pro vytápění, chlazení a klimatizaci a společnost pro světelnou techniku). V loňském roce byla do evropských norem zavedena norma EN 15193 Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení, zabývající se stanovením a hodnocením energetické náročnosti osvětlovacích soustav. V rámci českých norem ji doplňuje dokument TNI 730327, který je komentářem k této normě a obsahuje přehled možných přístupů k vypracovávání návrhu energeticky účinných osvětlovacích soustav.

Před vlastními úvahami o problematice energetické náročnosti osvětlení je vhodné se zmínit o významu osvětlení a také o hlediscích, která výslednou podobu osvětlení předurčují. Návrh osvětlení ve vnitřních i venkovních prostorech primárně vychází z využití daného prostoru, z jeho účelu. Smyslem návrhu osvětlení je vytvořit dostatečné světelné podmínky pro zrakové činnosti vykonávané v řešeném prostoru (např. čte-

ni, psaní, obrábění, lékařské zákroky apod.). Pro to, aby bylo možné stanovit, jaké světelné podmínky jsou pro konkrétní zrakovou činnost dostatečné, byla uskutečněna řada vědeckých studií a experimentů. Podle statistických vyhodnocení jejich výsledků byly pro jednotlivé zrakové činnosti stanoveny hodnoty světelnotechnických parametrů, které se staly součástí národních i mezinárodních norem. Důležité je, že světelnotechnické

parametry obsažené v normách a doporučeních nejsou hodnotami optimálními, ale jsou kompromisem mezi ekonomickými možnostmi společnosti a hodnotami optimálními [1].

Optimální hodnoty světelnotechnických parametrů v porovnání s normativními jsou výrazně vyšší. Na obr. 1 jsou uvedeny výsledky některých experimentů zaměřených na hodnocení dostatečné úrovně osvětlení ve vnitřních pracovních



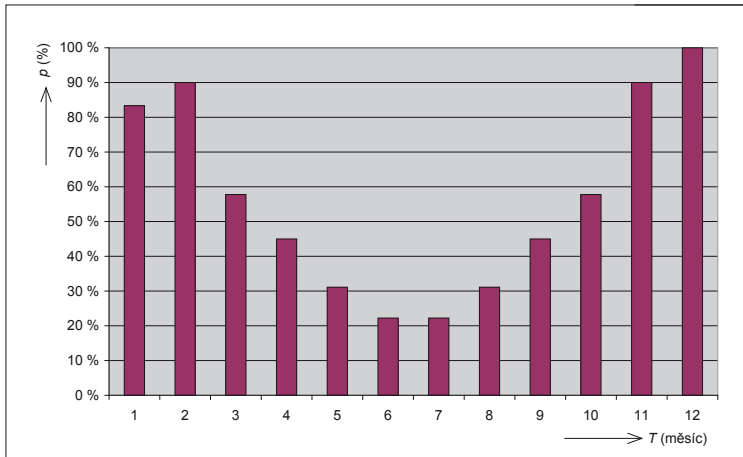
Obr. 2. Příklad odhadu energetické náročnosti umělého osvětlení stanovené jako poměr z celkové spotřeby objektu za určité časové období (např. rok)

prostorech určených pro obvyklé kancelářské práce. Zatímco normativní hodnoty osvětlenosti pro tyto zrakové úkoly se pohybují okolo 500 lx, optimální hodnoty se pohybují okolo 2 000 lx.

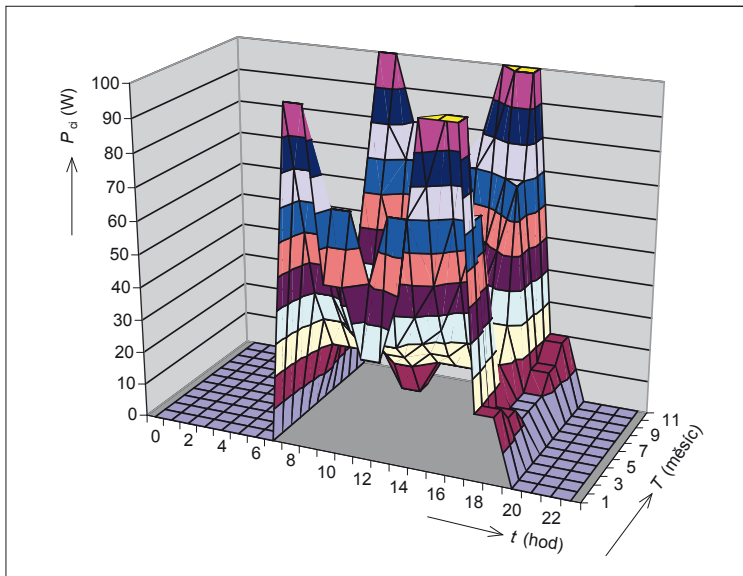
Při posuzování osvětlení je třeba si uvědomit, že jeho energetická náročnost je sekundárním hlediskem při vypracovávání návrhu osvětlení. Požadavky na energeticky účinné osvětlení lze formulovat tak, že požadovaných světelnotechnických parametrů by mělo být dosaženo energeticky nejúspornějším způsobem. Požadavky na nižší energetickou náročnost osvětlení nelze v žádném případě nadřazovat nad požadavky světelnotechnické.

Energetická náročnost osvětlení

Úvahy o energetické náročnosti osvětlovací soustavy lze odlišit v závislosti na tom, zda se hodnotí nově navrhovaná nebo již existující budova. Při navrhování nové budovy je přesně znám instalovaný příkon osvětlovací soustavy, ale dobu využití, popř. i skutečný provozní příkon je třeba určit na základě informací o předpokládaném charakteru provozu daného objektu. Spotřeba elektrické energie je tedy stanovena odhadem. V případě již stojících budov lze energetickou náročnost osvětlení stanovit z naměřených hodnot spotřeby elektrické energie. Ale vzhledem k tomu, že ve většině případů se spotřeba elektrické energie k osvětlení neměří samostatně, je třeba tento podíl spotřeby opět odhadnout (obr. 2). Následně je zapotřebí se pokusit, na základě instalovaného příkonu a charakteru provozu objektu, stanovit, jaké je časové využití příkonu osvětlovací soustavy v průběhu určitého časového období, např. roku. V obou případech se tedy běžně pracuje s odhadovanými veličinami. Pro návrh úsporných opatření a stanovení návratnosti investic je důležité stanovit míru nepřesnosti tohoto odhadu. Pro to, aby v budoucnu bylo možné objektivněji hodnotit energetickou náročnost osvětlených objektů, je třeba zajistit přímé měření spotřeby elektrické energie pro osvětlení (obr. 3). Nejpodrobnější informace o časovém využití příkonu osvětlovací soustavy lze získat použitím řídicích systémů, které umožňují velmi podrobně monitorovat průběh spotřeby energie jak celé osvětlovací soustavy, tak i jednotlivých svítidel (obr. 4).



Obr. 3. Příklad podrobnějšího zpracování výsledků měření spotřeby elektrické energie umělým osvětlením v měsíčních časových intervalech ve sledovaném ročním období



Obr. 4. Příklad podrobného zpracování výsledků měření skutečného příkonu P_{ci} (W) vybraného svítidla sledované soustavy umělého osvětlení

Strategie úsporných opatření

Posuzování energetické náročnosti osvětlení má smysl pouze v případě, že osvětlení, a tedy i světelnotechnické parametry v daném prostoru odpovídají jeho účelu a využití. Ve fázi projektu jsou dokladem o parametrech osvětlení protokoly světelnotechnických výpočtů. U již realizovaných budov jsou dokladem protokoly o měření provedeném autorizovanou osobou. Pro volbu strategie při navrhování úsporných opatření lze vyjít ze základního vztahu, který vyjadřuje spotřebu elektrické energie pro osvětlení za určité časové období, např. za rok:

$$W = P_n t_0 \quad (\text{kW} \cdot \text{h/rok})$$

kde
 P_n je celkový provozní příkon svítidel (kW),
 t_0 provozní doba (h/rok).

Z uvedeného vztahu je zřejmé, že strategie hledání úspor ve spotřebě elektrické energie pro osvětlení může vycházet z hledání úspor v provozním příkonu nebo

v době využití osvětlovací soustavy, popř. z kombinace obou parametrů. Úsporná opatření mohou vycházet ze strategií uvedených v následujících odstavcích.

a) Volba osvětlovací soustavy

Osvětlovací soustava pro umělé osvětlení je soubor technických zařízení, která jsou primárně určena k vytvoření požadovaného světelného prostředí. Zmíněná technická zařízení využívají ke svému provozu elektrickou energii, kterou přeměňují na energii světelnou. Volba typu osvětlovací soustavy významně ovlivňuje její energetickou náročnost. Hlavní osvětlení, které vychází z fyziologických požadavků uživatelů, lze realizovat třemi základními typy osvětlovacích soustav: celkovou, odstupňovanou nebo kombinovanou.

Možnosti využití jednotlivých typů osvětlovacích soustav souvisejí s oblastí použití a charakterem osvětlovaného prostoru. Nejvyšší energetickou náročnost vykazuje celková osvětlovací soustava, nejmenší kombinovaná osvětlovací soustava. Celkové osvětlení zajišťuje požado-

vanou horizontální osvětlenost s předepsanou rovnoměrností v celém prostoru. Za požadovanou osvětlenost se v tomto případě považuje předepsaná osvětlenost pro nejnáročnější zrakový úkol v řešeném prostoru. Návrh odstupňované soustavy vychází ze zónování vnitřního prostoru. Zóny jsou funkčně vymezené části prostoru, které se liší charakterem a náročností zrakových činností, jež jsou v nich vykonávány (obr. 5). Jedním z pomocných parametrů, který může usnadnit toto zónování, je rozložení denní osvětlenosti v prostoru. Kombinovaná soustava je kombinací celkové nebo odstupňované soustavy a soustavy místního osvětlení. Kombinovaná osvětlovací soustava je energeticky neúčinnějším způsobem osvětlení. Hlavní oblastí použití této soustavy jsou prostory, kde je na velké ploše relativně malý počet pracovišť nebo kde jsou pro daný zrakový úkol požadovány vysoké hladiny osvětlenosti. Na obr. 5 je uveden příklad velkoprostorové kanceláře a jejího členění do funkčních zón pro různé typy osvětlovacích soustav. Již jen z jednoduché úvahy o osvětlovaných plochách jednotlivých zón a požadovaných hladinách osvětlenosti vyplývá, že energetická náročnost kombinované osvětlovací soustavy je, ve srovnání s osvětlovací soustavou celkovou, výrazně nižší.

b) Volba technických prostředků

Základními technickými prostředky, které tvoří osvětlovací soustavu a ovlivňují energetickou náročnost, jsou světelné zdroje, předřadné přístroje, svítidla a řídicí systémy. Světelné zdroje se z hlediska energetické účinnosti přeměny elektrické energie na energii světelnou posuzují měrným výkonem η (lm/W). Některé typy světelných zdrojů potřebují ke svému provozu předřadné přístroje, které umožňují start a stabilní provoz světelného zdroje nebo přizpůsobují napájecí napětí či proud. Energeticky se předřadné přístroje popisují ztrátovým příkonem P_Z (W). Příkony světelných zdrojů se obvykle uvádějí bez ztrát v předřadných přístrojích. Z tohoto důvodu nemá porovnávání samotných světelných zdrojů energetické náročnosti dostatečnou vypovídací hodnotu a lze je použít pouze jako určité vodítko.

Svítidla jsou technická zařízení, která svými optickými prvky rozdělují, filtrují nebo mění světlo vyzařované jedním nebo více světelnými zdroji. Z pohledu energetického hodnocení svítidel je důležitá jejich účinnost η_{sv} (%), která udává podíl výstupního světelného toku svítidla a světelného toku světelných zdrojů změřeného za stanovených podmínek mimo svítidlo. Druhým důležitým parametrem je charakter vyzařování svítidla. Tento parametr se popisuje křivkami svítivosti, které znázorňují

prostorové rozložení vyzařovaného světelného toku. Při hodnocení energetické náročnosti technických prostředků pro konkrétní účel je nejvhodnější posuzovat kompletní svítidla. Určitém vodičkem je měrný výkon svítidla označovaný LER (lm/W) [3] a definovaný jako poměr výstupního světelného toku svítidla a elektrického příkonu svítidla. Na obr. 6 je znázorněno osvětlení velkoprostorové kanceláře podhledovými svítidly. V tab. 1 je uvedena energetická náročnost takové osvětlovací soustavy při použití různých typů podhledových mřížkových svítidel.

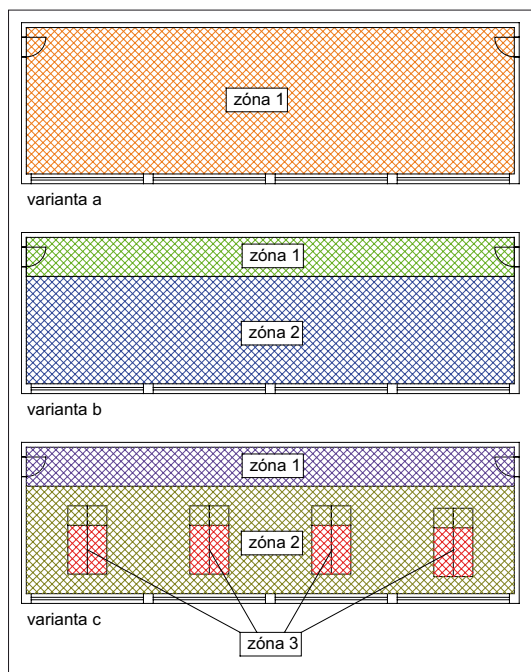
c) Kontrola dimenzování osvětlovací soustavy

Výsledná hodnota osvětlenosti na srovnávací rovině nebo v místě pracovního úkolu je na začátku provozu osvětlovací soustavy vždy vyšší, než jsou hodnoty uvedené v normách. Hlavním důvodem je, že požadované parametry osvětlení musí být dodrženy po celou dobu životnosti osvětlovací soustavy. Vzhledem k tomu, že osvětlovací soustava stárne, musí být světelnotechnické parametry naddimenzovány. Dalším důvodem vyšších hodnot parametrů osvětlení je, že se světelné zdroje a svítidla vyrábějí v určitých výkonových řadách. Proto zpravidla nelze osvětlovací soustavu navrhnout na přesně předepsané hodnoty světelnotechnických parametrů, ale musí být opět mírně naddimenzována. Toto naddimenzování osvětlovací soustavy lze eliminovat použitím stmívatelných svítidel připojených na řídicí systém osvětlení, který je schopen průběžný pokles světelného toku vyrovnávat postupným zvyšováním příkonu svítidel.

d) Využití denního světla

Osvětlení prostoru i místa zrakového úkolu se neposuzuje podle toho, zda je ho dosaženo umělým nebo denním osvětlením. Proto dobře navržené denní osvětlení prostoru napomáhá snížit požadavky na dobu provozu soustavy umělého osvětlení. Při dostatečném denním osvětlení v řešeném prostoru lze dosáhnout vý-

znamných úspor kontrolou úrovně denního osvětlení prostřednictvím řídicího systému. Informace ze světelných čidel umožňují omezit dobu provozu umělé osvětlovací soustavy, popř. snížit její příkon tak, aby nesvítila v době dostatečné-



Obr. 5. Příklad velkoprostorové kanceláře a jejího rozdělení do funkčně vymezených zón: varianta a – celková osvětlovací soustava; varianta b – odstupňovaná soustava; varianta c – kombinovaná soustava

ho denního osvětlení. Podle informací ze světelných čidel může být osvětlovací soustava ovládána skokově nebo plynulým řízením výstupního světelného toku. Volba způsobu regulace souvisí s použitými



Obr. 6. Příklad osvětlení velkoprostorové kanceláře celkovou osvětlovací soustavou s podhledovými svítidly

Tab. 1. Porovnání energetické náročnosti osvětlení velkoprostorové kanceláře (obr. 6) podhledovými svítidly s různými typy zářivek při shodných parametrech osvětlení

Podhledové svítidlo (W)	n (ks)	η (%)	P_1 (W)	P_1 (W/m ²)	P_2 (W/m ² /100lx)
4x 18	27	62	2 376	20	3,7
4x 14	27	85	1 755	15	2,7
2x 28	21	85	1 300	10	2,0

světelnými zdroji a určuje technickou i finanční náročnost navrženého řešení.

e) Kontrola přítomnosti osob

Mnoho pracovních prostorů a pracovních míst není využíváno po celou pracovní dobu. Často zůstává i při nepřítomnosti osob osvětlovací soustava zapnutá. Jestliže uživatel není v místnosti přítomný, nemá význam, aby osvětlovací soustava byla v provozu. Pro kontrolu přítomnosti osob se používají čidla pohybu. Na základě informací získaných z těchto čidel se zapínají či vypínají příslušná svítidla, osvětlovací soustava nebo její části, popř. se omezují jejich příkon.

f) Zavedení časových režimů

Osvětlovací soustavy plní svoji hlavní funkci zpravidla pouze po určitou část dne. Po skončení vymezené doby provozu přestávají tuto funkci plnit a je možné je vypnout nebo přepnout do jiného režimu, ve kterém přejímají jinou funkci. Pro to, aby osvětlovací soustava byla provozována pouze po určenou dobu, popř. aby se automaticky přepnula do jiného provozního režimu, se používají časové ovládací prvky. Ty mohou, podle nastavení, ovládat osvětlovací soustavu jednoduchým zapínáním nebo vypínáním, popř. mohou být součástí řídicího systému, který podle informace z časového ovládacího prvku spouští předem nastavené světelné scény. Příkladem mohou být výlohy obchodů, ve kterých se osvětlení využívá jako prostředek k propagaci určitého zboží. Tuto funkci plní do určité doby, např. do půlnoci. Po této době je účinnost osvětlení z pohledu obchodního minimální, a proto je možné je vypnout nebo přepnout do redukovaného režimu, který plní např. bezpečnostní funkci.

Literatura:

- [1] HABEL, J. a kol.: *Světelná technika a osvětlování*. FCC Public, 1995.
- [2] ČSN EN 15193 *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*.
- [3] National Electrical Manufacturers Association. 1993. *Procedure for determining luminaire efficacy ratings for fluorescent luminaires*. NEMA LE, 5-1993. Rev. 1995. Washington, D. C.: National Electrical Manufacturers Association.

etna
iGuzzini

ETNA s. r. o.
Mečislavova 2, 140 00 Praha 4
tel.: +420 257 320 595, +420 257 320 597
fax: +420 257 310 604
brána gsm: 724 912 091
e-mail: etna@etna.cz, www.etna.cz