

Mladá veda

Young Science



Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 6, ročník 10., vydané v decembri 2022

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Bunker. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišín, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

Mgr. Jakub Köry, PhD. (School of Mathematics & Statistics, University of Glasgow, Glasgow)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekonomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

Mgr. Michal Garaj, PhD. (Katedra politických vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda, Trnava)

REDAKCIA

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Banícke múzeum, Rožňava)

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FŠŠ UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

KOLKO DENNÉHO SVETLA MÁ BYŤ V OBYTNÝCH MIESTNOSTIACH BYTOV?

HOW MUCH DAYLIGHT SHOULD BE IN THE ROOMS OF APARTMENTS?

Peter Hartman, Jozef Hraška¹

Peter Hartman pôsobí ako odborný asistent na Stavebnej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Vo svojom výskume sa venuje najmä problematike denného osvetlenia budov a konštrukčnej tvorby budov. Jozef Hraška pracuje ako profesor na Stavebnej fakulte STU v Bratislave. Vo svojej vedeckej činnosti sa venuje najmä simuláciám fyzikálnych faktorov vnútorného prostredia v budovách.

Peter Hartman works as an assistant professor at the Faculty of Civil Engineering of the Slovak Technical University in Bratislava. In his research, he mainly deals with the issue of daylighting of buildings and constructions of buildings. Jozef Hraška works as a professor at the Faculty of Civil Engineering of STU in Bratislava. In his research, he mainly focuses on simulations of physical factors of the indoor environment in buildings.

Abstract

It is generally accepted that light is essential for visual perception, but it also has a range of non-visual effects on humans. Daylight is involved in the regulation of circadian biological processes, neuroendocrine and neurobehavioral human reactions. Current trends in the creation of the building environment and the modern lifestyle reduce the exposure of most people to daylight. In this article, we ask the question of what amount of daylight should be in the living rooms of apartments in order to ensure the conditions for vision, for the stimulation of non-visual effects and for visual well-being. In the article, older building regulations regarding the design of the size of lighting openings in building envelopes are confronted with current standards and knowledge of chronobiological research. The newly proposed criteria for daytime lighting of the interior spaces of buildings are analyzed, especially from the point of view of a sufficient degree of ensuring the stimulation of the circadian rhythms of their users.

Keywords: daylighting, circadian light, building regulation, housing, health

¹ Adresa pracoviska: Ing. Peter Hartman, PhD., prof. Ing. Jozef Hraška, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava
E-mail: peter.hartman@stuba.sk, jozef.hraska@stuba.sk

Abstrakt

Všeobecne sa uznáva, že svetlo je nevyhnutné na vizuálne vnímanie, má však aj celý rad nevizuálnych účinkov na ľudí. Denné svetlo sa podieľa na regulácii cirkadiánnych biologických procesov, na neuroendokrinných a neurobehaviorálnych ľudských reakciách. Súčasné trendy v tvorbe stavebného prostredia a moderný životný štýl znižujú expozíciu väčšiny ľudí denným svetlom. V tomto článku si kladieme otázku, aké množstvo denného svetla má byť v obytných miestnostiach bytov, aby zabezpečilo podmienky na videnie, na stimuláciu nevizuálnych efektov aj na zrakovú pohodu. Staršie stavebné predpisy týkajúce sa navrhovania veľkosti osvetľovacích otvorov v opláštení budov sa v článku konfrontujú s aktuálnymi normami a poznatkami chronobiologického výskumu. Analyzujú sa novonavrhované kritéria dennej osvetlenosti vnútorných priestorov budov, najmä z hľadiska dostatočnej miery zabezpečenia stimulácie cirkadiánnych rytmov ich užívateľov.

Kľúčové slová: denné osvetlenie, cirkadiánne svetlo, stavebné predpisy, bývanie, zdravie

Úvod

Ľudia patria medzi denné živočíchy, ktoré sa milióny rokov vyvíjali v podmienkach denného svetla. Pred priemyselnou revolúciou iba veľmi malá časť populácie trávila väčšinu času dní v uzatvorených priestoroch. V súčasnosti v priemyselne vyspelých krajinách trávia ľudia viac ako 85 - 90 % času života v uzatvorených priestoroch, prevažne v budovách. Celosvetovo už viac ako polovica ľudí žije v mestách. Vo väčšine európskych krajín žije najpočetnejšia časť obyvateľstva vo veľkomestskom prostredí. Rast populácie a jej urbanizácia je celosvetový trend, ktorý je spravidla spojený so zvyšujúcou sa hustotou zástavby. Tento trend je badateľný aj na Slovensku, hoci nie v takej miere, v akej sa prejavuje v mnohých častiach sveta. Hustotu zástavby totiž na Slovensku významným spôsobom regulujú zákonné požiadavky na denné osvetlenie a preslnenie budov [27, 28]. Úsilie o tvorbu zdravého a udržateľného stavebného prostredia je konfrontované s ekonomizáciou výstavby, s energetickou hospodárnosťou budov, zmenami v spôsobe života ľudí a ďalšími vplyvmi, ktoré majú dopad na znižovanie dostupnosti denného svetla v budovách. Hlboké budovy majú lepší pomer medzi ich objemom a plochou povrchu, čo je ukazovateľ zníženia potreby tepla na meter štvorcový vykurovanej plochy. Požiadavky na energetickú hospodárnosť sú v Európskej únii uzákonené a úspory tepla na vykurovanie významne zvyšujú energetickú hospodárnosť budov. Zvyšovanie tepelného odporu obalových konštrukcií budov vedie k používaniu trojskiel v oknách a k hrubým tepelným izoláciám stien, čo tiež znižuje množstvo denného svetla v budove. V súčasnosti sú kuchyne štandardne súčasťou obývacích izieb bytov v bytových domoch. Týmto sa zvyšujú hĺbky miestností často výrazne nad 6 m, čo bola v minulosti limitná hĺbka obytnej miestnosti vo viacerých stredoeurópskych krajinách. Kým ešte v nedávnej minulosti vyloženie balkóna alebo hĺbka lodžie v obytných miestnostiach neprekračovala hodnotu okolo 1,2 m, dnes sa stretávame s vyložením aj viac ako 2 m. V hustejšie zastavanom území sa v takýchto prípadoch do miestnosti takmer nedostáva priame oblohové svetlo.

Dostupnosť dostatočného množstva denného svetla vo vnútorných priestoroch budov sa všeobecne považuje za dôležitý funkčný parameter budov určených na bývanie. Denné svetlo v budovách je dôležité nielen z vizuálneho hľadiska, ale aj biologického a psychologického. Správne navrhnuté denné osvetlenie tiež pomáha znižovať spotrebu

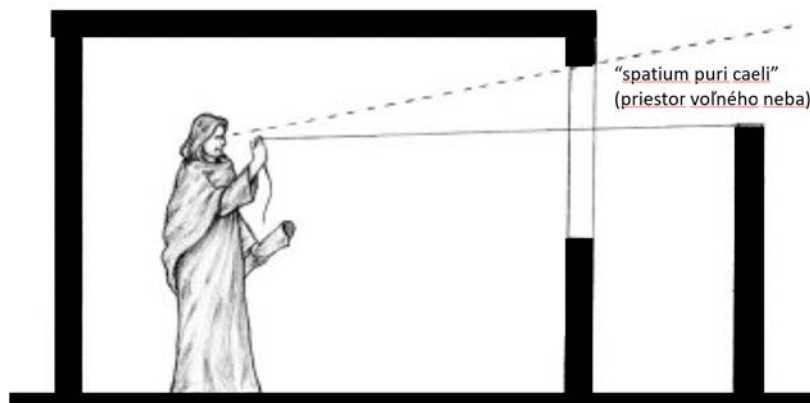
energie na prevádzku budov. Z hygienického hľadiska denné svetlo nie je úplne nahraditeľné svetlom umelým.

V súvislosti s prijatím kontroverznej prvej harmonizovanej európskej normy o dennom svetle v budovách [26] je potrebné sa znovu zaoberať otázkou, koľko denného svetla má byť v bytoch na Slovensku. Uvedená norma popiera desaťročia zavedenú prax navrhovania denného osvetlenia budov, ktorá sa uplatňovala v bývalom Československu a aj v jeho nástupníckych štátoch ako aj v mnohých iných európskych krajinách.

V tomto článku v stručnosti popíšeme históriu navrhovania denného svetla v budovách, budeme konfrontovať bývalé československé a slovenské normy o dennom svetle v budovách s aktuálnou harmonizovanou európskou normou a na kritériá dennej osvetlenosti obytných miestností sa pozrieme aj vo svetle najnovších poznatkov chronobiologického výskumu. Množstvo denného svetla vo vnútornom prostredí budov a jeho prirodzené spektrálne zloženie má byť také, aby zabezpečilo kritériálne podmienky na videnie, stimuláciu nevizuálnych efektov a zrakovú pohodu. Základná otázka je, ktorá z týchto kritériálnych požiadaviek je najnáročnejšia a či jej splnenie znamená súčasné splnenie ostatných dvoch uvedených požiadaviek.

Stručná história navrhovania denného osvetlenia v budovách na bývanie

Marcus Vitruvius Pollio vo svojom diele Desiat' kníh o architekture [14] uvádza postreh, že v tých častiach vnútorného priestoru v budove, z ktorých je vidieť obloha, sa subjektívne pociťuje dostatok denného svetla, obr. 1.



Obr. 1 – Ilustrácia postrehu Vitruvia [14] o subjektívnom dostatku denného svetla v budove
Zdroj: Nik Lukman, 2008

Na prelome 19. a 20. storočia, kedy sa kreovali vedecké základy navrhovania denného osvetlenia v budovách, sa uvedený poznatok postupne kvantifikoval. Najskôr bolo treba určiť akú časť, z akej oblohy a z ktorého miesta miestnosti treba „voľné nebo“ vidieť. Začiatkom 20. storočia sa ustálila predstava, že zamračená obloha je hemisféra s konštantným jasom. Pomocou rozličných grafických pomôcok sa zo stredu miestnosti vo výške pracovného stola (spravidla sa uvažovala výška 0,85 m nad podlahou) vymedzovala veľkosť viditeľnej oblohy, ktorá zabezpečí, že sa na stole budú dať vykonávať zrkovité práce spojené s písaním rukou a čítaním bežného textu aj pri zamračenej oblohe. Zaviedol sa pomer priemetu viditeľnej časti

oblohy z posudzovaného miesta v miestnosti k priemetu celej oblohy do horizontálnej roviny, ktorý sa nazýval činiteľ oblohovej osvetlenosti (angl. Sky Factor). Podľa [29] činiteľ oblohovej osvetlenosti 0,2 % zabezpečí dostatok denného svetla na vykonávanie administratívnej práce. Neskôr túto hodnotu viacerí odborníci považovali za príliš nízku. Spočiatku sa uvedeným spôsobom určovala iba veľkosť osvetľovacieho otvoru, straty svetla spôsobené zasklením a jeho znečistením a konštrukciou okna sa neuvažovali. V tomto období prevládala v európskych mestách uličná zástavba. Určovanie oblohového svetla v strede obytných a kancelárskych miestností definovalo aj výšku a vzajomný odstup budov v uličnej zástavbe. Za rozumný pomer tieniacej výšky budov a šírky ulice sa považoval 1 : 1 (uhol tienenia 45°). Pri „bežných“ svetlých výškach obytných miestností nemala byť ich hĺbka väčšia ako 6 m. V stredoeurópskych krajinách sa minimálna plocha okien navrhovala obyčajne 1/8 až 1/10 z podlahovej plochy miestnosti. Rešpektovanie požiadaviek na denné osvetlenie budov v podmienkach zamračenej oblohy tak v značnej miere dávalo formu architektúre aj urbanizmu. Merania rozloženia jasov na zamračených oblohách uskutočnené v prvej polovici 20. storočia ukázali, že zamračené oblohy nemajú konštantný jas. Napríklad Moon a Spencerová [18] zistili, že na husto zamračenej oblohe pri tmavom teréne je plynulá gradácia jasov od horizontu k zenitu, pričom jas zenitu je trojnásobný v porovnaní s jasom oblohy pri jej horizonte. V azimutálnom smere sa jas husto zamračenej oblohy pri jednotlivých elevačných výškach nemení. Po 2. svetovej vojne Medzinárodná organizácia pre osvetlenie (CIE) štandardizovala svetelnotechnický model husto zamračenej oblohy [3]. Štandardná zamračená obloha sa stala základom technických noriem, ktoré špecifikovali požiadavky, kritériá, výpočtové metódy a spôsoby merania denného osvetlenia v mnohých krajinách, najmä európskych. Intenzita denného svetla sa v priebehu dní aj v rámci roka neustále mení a teda sa neustále mení aj úroveň denného svetla v budovách. Základnou metódou navrhovania denného osvetlenia vnútorných priestorov budov sa stala metóda činiteľa dennej osvetlenosti. Činiteľ dennej osvetlenosti je pomerná hodnota dennej osvetlenosti na porovnávacej rovine v miestnosti (spravidla horizontálnej vo výške 0,85 m nad podlahou) k osvetlenosti exteriérovej horizontálnej ničím netienenej roviny štandardnou zamračenou oblohou. Činiteľ dennej osvetlenosti sa obyčajne vyjadruje v percentách. Metóda činiteľa dennej osvetlenosti si vyžaduje okrem určenia oblohovej osvetlenosti posudzovaného miesta v interiéri aj výpočet odrazeného svetla od vnútorných a vonkajších povrchov (okolitých budov a terénu). Okrem toho je potrebné stanoviť aj straty svetla prechodom cez zasklenie a ostatnou výplňou osvetľovacieho otvoru. Výpočet činiteľa dennej osvetlenosti je oveľa náročnejší ako stanovenie vyššie uvedeného činiteľa oblohovej osvetlenosti. Vo viacerých stredoeurópskych krajinách sa v obytných miestnostiach normovala hodnota činiteľa dennej osvetlenosti na porovnávacej rovine vo výške 0,85 m nad podlahou, pričom kritériálna hodnota 0,5 % sa spočiatku požadovala dosiahnuť v blízkosti kútov miestnosti, ktorú sú najvzdialenejšie od okna. To bolo nepraktické z toho hľadiska, že do týchto miest sa zvyčajne dostáva iba odrazené svetlo, ktorého výpočet je zložitý a neistý. Táto skutočnosť bola zdrojom nedorozumení a sporov, lebo sa neustálil jednotný a spoľahlivý spôsob výpočtu interreflexie svetla. V posledných desaťročiach 20. storočia sa postupne vypracovali sofistikované počítačové programy, ktoré dokážu pomerne verne simulovať denné aj umelé svetelné prostredie v budovách v podmienkach lokálnej svetelnej klímy v krátkych časových

úsekoch štandardizovaných klimatických rokov. Používanie týchto programov na navrhovanie denného osvetlenia „bežných“ obytných miestností sa v tomto čase, vzhľadom na náročnosť výpočtov, nepovažovalo za zmysluplné. Skôr sa hľadali spôsoby zjednodušenia existujúcich kritérií a výpočtových metód činiteľov dennej osvetlenosti.

Výskum dennej osvetlenosti obytných miestností realizovaný v Nemecku koncom 70. rokov [20, 21] opustil predstavu, že v strede obytnej miestnosti má byť na stole toľko denného svetla, aby sa tam dali vykonávať zrakové práce spojené s písaním a čítaním. V rámci tohto výskumu sa experimentálne zisťovala spokojnosť ľudí so svetelným prostredím v bočne osvetľovaných obytných miestnostiach pri zamračenej oblohe. Zisťovalo sa, koľko denného svetla má byť v miestnosti, aby ľudia nemali potrebu zapnúť umelé osvetlenie. Tiež sa skúmalo, aká veľkosť zasklenia okna zabezpečí pocit dostatočného vizuálneho kontaktu s vonkajším prostredím. Zistilo sa, že v polovičnej hĺbke miestnosti vo výške 0,85 m nad podlahou v dvoch bodoch vzdialených 1 m od bočných stien je potrebné dosiahnuť priemernú hodnotu činiteľa dennej osvetlenosti 0,9 %. Tieto kritériá sa dostali do nemeckej normy [8 – posledné vydanie] a v 80. rokoch sa zväčša s minimálnymi úpravami dostali do noriem a stavebných predpisov vo viacerých európskych krajinách (napr. vo Švajčiarsku, Švédsku, Československu). Aby sa v strede miestnosti vo výške 0,85 m nad podlahou dosiahla na horizontálnej rovine hodnota činiteľa dennej osvetlenosti aspoň 0,90 %, musí byť z tohto miesta cez osvetľovací otvor vidieť aspoň časť oblohy. Kritérium činiteľa dennej osvetlenosti v hodnote 0,90 % tak nepriamo garantuje aj kvalitný výhľad z obytnej miestnosti a aj hustotu zástavby. Hoci sa vo viacerých krajinách vypracovali tabuľky alebo aj viaceré grafické pomôcky na navrhovanie veľkosti a polohy osvetľovacích otvorov obytných miestností, bolo ich praktické použitie v zložitejších tvarových a urbanistických pomeroch pracné a z hľadiska presnosti určenia činiteľa dennej osvetlenosti v konkrétnych bodoch problematické. V polovici 80. rokov sa vo Veľkej Británii navrhla metóda priemerného činiteľa dennej osvetlenosti (PČDO) [5]. Priemerný činiteľ dennej osvetlenosti sa počíta z jednoduchého vzorca, v ktorom je podstatné určenie veľkosti uhla viditeľnej časti oblohy zo stredu okna. Hodnoty PČDO nižšie ako 2 % sa považujú za neakceptovateľné, ak je $PČDO \geq 2 \%$, tak priestor sa subjektívne vníma ako pomerne tmavý, pri jeho hodnote nad 3 % sa občas vyžaduje doplnkové umelé osvetlenie a ak je nad 4 %, tak sa priestor považuje za veľmi dobre osvetlený denným svetlom. V [11] sa preukázalo, že metóda PČDO je vo svojich výsledkoch porovnateľná s pracnejšími „bodovými“ kritériami dennej osvetlenosti obytných miestností používanými na Slovensku [22, 23].

Veľmi jednoduchý výpočet a pomerne voľne nastavené kritériá PČDO privítali a začali používať architekti a stavební projektanti vo viacerých krajinách.

Po 2. svetovej vojne sa najmä v bývalých socialistických krajinách uzákonila požiadavka, aby do každého novovybudovaného bytu svietilo slnko. V bývalom Československu sa koncom 60. rokov ustálila požiadavka, aby v čase od 1. marca do 13. októbra bola preslnená aspoň tretina obytnej plochy minimálne 1,5 hodiny denne. Podľa súčasnej normy navrhovania bytových budov [24] sa táto požiadavka vzťahuje na obdobie od 21. marca do 23. septembra. Veľkorysé požiadavky a kritériá denného osvetlenia a preslnenia bytov, ktoré sa zákonným spôsobom vyžadujú na Slovensku, sa odôvodňujú medicínskymi a hygienickými nárokmi na zdravé životné prostredie. V súčasných spoločensko-

ekonomických pomeroch sa najmä požiadavky na preslnenie bytov kritizujú a relativizujú, viaceré subjekty pôsobiace na stavebnom trhu ich považujú za nadmerné. Hlavný dôvod týchto kritických postojov spočíva v tom, že zákonné požiadavky na preslnenie a denné osvetlenie obmedzujú zahusťovanie zástavby.

Počítačová podpora projektovania budov sa postupne stala štandardom, ba až nevyhnutnosťou. Vývoj v oblasti simulácií svetelného prostredia v budovách dosiahol koncom minulého storočia vysokú úroveň z hľadiska presnosti výpočtu a vytvárania fyzikálne verných vizualizácií priestorov. Tento vývoj spôsobil, že dlhoročne a praktickou skúsenosťou overené národné normy hodnotenia denného svetla v budovách uplatňované vo viacerých európskych krajinách sa stále hlasnejším spôsobom navrhovali vymeniť za celoročné posudzovanie a hodnotenie, ktoré má byť založené na klimaticky bázanom modelovaní dennej osvetlenosti. Činiteľ dennej osvetlenosti sa kritizoval ako „statický“, štandardná zamračená obloha sa začala považovať za nevhodne zvolený extrémny prípad, na ktorom sa nemá zakladať navrhovanie osvetľovacích otvorov, má sa celoročne zohľadňovať miestna svetelná klíma vrátane priameho slnečného svetla a podobne. Navrhlo sa niekoľko nových spôsobov posudzovania dennej osvetlenosti a hodnotiacich kritérií [12]. Tento vývoj okrem viacerých pozitív má aj niekoľko negatívnych črt. Napríklad sa dynamika denného svetla vtisnáva do úzkeho rámca kritérií, ktorými sa hodnotí umelé osvetlenie budov. Tiež sa pomerne často nadradujú požiadavky na energetickú hospodárnosť budov nad hygienické aspekty denného svetla. Celoročné simulácie dennej osvetlenosti, ktoré zohľadňujú aj priame slnečné svetlo, otvárajú priestor pre vysokú „výpočtovú kreativitu“. V Európskej únii vyústil naznačený vývoj do prijatia prvej európskej normy o dennom svetle v budovách [25], v ktorej viaceré požiadavky a kritéria vychádzajú z klimaticky bázaného modelovania dennej osvetlenosti. Porovnajme si koncepčné východiská a kritériá bývalých slovenských noriem o dennom osvetlení budov s uvedenou harmonizovanou európskou normou.

Požiadavky a kritériá denného osvetlenia v bytoch – slovenské národné normy verzus EN 17037

V bývalom Československu sa vytvorila prax, ktorá zákonným spôsobom požadovala dostatok denného svetla vo všetkých vnútorných priestoroch s dlhodobým pobytom ľudí a preslnenie bytov. Vyšpecifikovali sa požiadavky a kritériá hodnotenia, ktoré hygienická služba prísne kontrolovala. Táto prax sa s malými úpravami preniesla po rozpade Československa aj do jeho následníckych štátov. Požiadavkami a kritériami na preslnenie bytov sa z rozsahových dôvodov v tomto článku nebudeme bližšie zaoberať, hoci sú dôležitou súčasťou denného svetla v budovách.

Požiadavky na denné osvetlenie obytných miestností, ktoré sa uplatňovali na Slovensku niekoľko desaťročí, sú odvodené z pocitového vnímania dostatočného naplnenia vnútorného priestoru denným svetlom pri husto zamračenej oblohe. Podľa [23] musí byť v dvoch kontrolných bodoch v polovici hĺbky obytnej miestnosti, ktoré sú vzdialené 1 m od vnútorných povrchov bočných stien, hodnota činiteľa dennej osvetlenosti najmenej 0,75 % a priemerná hodnota z oboch kontrolných bodov aspoň 0,90 %. Ak polovičná hĺbka miestnosti presahuje hodnotu 3 m, denné osvetlenie sa posudzuje vo vzdialenosti 3 m od okennej steny. V súčasných podmienkach tvorby obytného prostredia sa uvedené kritériá

dennej osvetlenosti obytných miestností dajú splniť iba s relatívne veľkými oknami a s predpokladom veľmi svetlých vnútorných povrchov. Ak sú nad oknami rozľahlejšie balkóny a pred oknami „bežné“ tieniace prekážky, tak sú kritériá [23] v mnohých prípadoch prakticky nesplniteľné.

Harmonizovaná európska norma [25] sa týka nielen zabezpečenia denného svetla v budovách, ale aj výhľadu z budovy, trvania preslnenia bytov a ochrany pred oslnením zraku užívateľov vnútorných priestorov. V tomto článku sa uvádzajú iba najpodstatnejšie informácie o kritériách zabezpečenia denného svetla v budovách podľa európskej normy. Výpočtovo sa v [25] preukazuje zabezpečenie denného svetla vo vnútornom priestore budovy dvoma metódami pomocou overeného simulačného softvéru a to buď:

- cieľovými činiteľmi dennej osvetlenosti (D_T) a minimálnymi cieľovými činiteľmi dennej osvetlenosti (D_{TM}) vyjadrenými v percentách, alebo
- cieľovými osvetlenosťami (E_T) a minimálnymi cieľovými osvetlenosťami (E_{TM}) vyjadrenými vo fotometrických veličinách (luxoch).

Podľa prvej uvedenej metódy sa požaduje dosiahnuť minimálnu osvetlenosť 300 luxov difúznym denným svetlom za podmienok mediánu exteriérovej difúznej horizontálnej osvetlenosti na 50 % plochy priestoru a minimálne 100 luxov na 95 % plochy priestoru. Obidve požiadavky je potrebné splniť počas viac ako polovice denných hodín v roku (2 190 hodín). Podľa druhej metódy sa vnútorná osvetlenosť na porovnávacej rovine počíta celoročne v luxoch v krátkom časovom kroku (maximálne 1 hodina) vrátane priameho slnečného svetla.

V tomto článku sa zaoberáme iba požiadavkami a kritériami na zabezpečenie denného osvetlenia v bočne osvetľovaných priestoroch podľa prvej metódy, lebo iba táto metóda je porovnateľná so spôsobom hodnotenia denného svetla podľa STN 73 0580-2.

Norma [25] uvádza hodnoty mediánu (strednej) difúznej oblohovej osvetlenosti pre hlavné mestá európskych štátov, pre Bratislavu je to hodnota 16 300 lx.

Ak sa v Bratislave na polovici referenčnej roviny požaduje dosiahnuť polovicu času výskytu denného svetla za rok $E_T = 300$ lx, potom cieľový činiteľ dennej osvetlenosti D_T vypočítame zo vzťahu

$$D_T = \frac{300 \text{ lx}}{E_{v,d,med}} \times 100 = \frac{300 \text{ lx}}{16\,300 \text{ lx}} \times 100 = 1,84\% \quad (1)$$

Podobne určíme pre Bratislavu hodnotu minimálneho cieľového činiteľa dennej osvetlenosti D_{TM}

$$D_{TM} = \frac{100 \text{ lx}}{E_{v,d,med}} \times 100 = \frac{100 \text{ lx}}{16\,300 \text{ lx}} \times 100 = 0,61\% \quad (2)$$

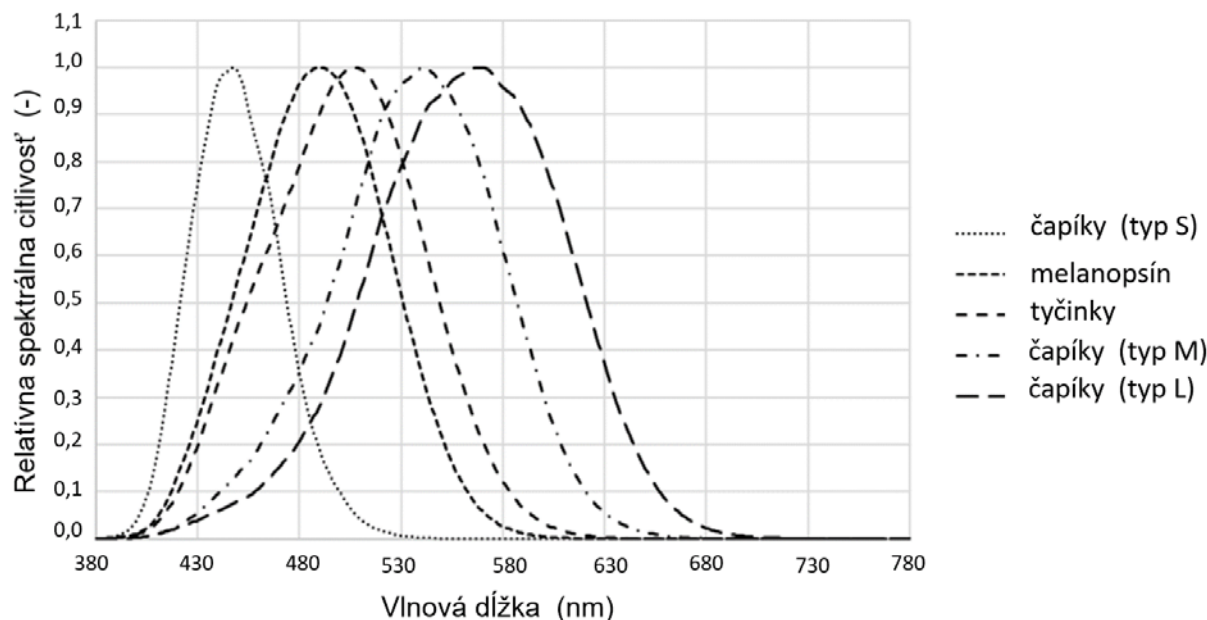
Zo vzťahu 1 vyplýva, že STN EN 17037 zvýšila pôvodné slovenské kritérium denného osvetlenia obytných miestností o viac ako 100 %. Vo veľkej väčšine prípadov je splnenie tejto kritériálnej požiadavky nemožné. K uvedenej absurdnej požiadavke sa európska norma dostala tak, že predpísala rovnaké kritérium dennej osvetlenosti pre všetky druhy vnútorných

priestorov (pre školské učebne, kancelárie, nemocničné izby atď.). To je v rozpore s dlhoročnou praxou navrhovania budov v stredoeurópskych krajinách. Overovanie kritérií dennej osvetlenosti uvedených v STN EN 17037 sa pravdepodobne robilo najmä druhou metódou, ktorou sa v slnečnejších lokalitách dá preukázať splnenie novozavedeného normového kritéria. Kritériá STN EN 17037 počítané v luxoch preferujú letnú polovicu roka, v ktorej sú dlhšie dni a v strednej Európe je vtedy aj vyšší výskyt priameho slnečného svetla. Napríklad v Bratislave sú v priemere v letnom polroku dni 1,5 násobne dlhšie ako v zimnom polroku. Priemerné trvanie slnečného svitu je v Bratislave v decembri 52 hodín, kým v júli je to 298 hodín. Najväčšie rozpaky spôsobila prvá európska norma o dennom svetle v budovách v krajinách, v ktorých sa uplatňuje právo na dostupnosť denného svetla v budovách. Medzi tieto krajiny patrí aj Slovensko. Ak sú požiadavky a kritériá denného osvetlenia uzákonené, musí byť spôsob ich určovania prehľadný, časovo efektívny a overiteľný objektívnym spôsobom. Z tohto pohľadu sú požiadavky a kritériá STN EN 17037 na dostupnosť denného svetla v budovách veľmi problematické. Už len tým, že referenčná rovina, resp. miesto hodnotenia kritériálnych požiadaviek nie je v STN EN 17037 určená jednoznačne, sa kritériá stávajú „gumené“. Ak navrhované kritériá D_T nevyhovujú pre polovicu miestnosti, resp. kritériá D_{TM} celú miestnosť, norma umožňuje zvoliť aj podstatne menšiu referenčnú rovinu a posudzuje sa splnenie normových kritérií na tejto rovine. Tiež spôsob výpočtu (numerický simulačný program) nie je určený a voľba viacerých výpočtových parametrov poskytuje väčší priestor na „výpočtovú kreativitu“ v porovnaní s bývalými jednoduchými a ľahko kontrolovateľnými metódami. Aj keď sa v európskej norme uvádza, že verifikácia zvolených kritérií je možná meraním, dá sa o tom polemizovať. Ani celoročné meranie by signifikantne nedokázalo potvrdiť výsledky numerických simulácií urobených na báze „priemerného“ klimatického roka.

Svetlo a cirkadiánne rytmy

Endogénne cirkadiánne rytmy (názov pochádza z latinských slov circa – „približne“ a diem – „deň“) regulujú v ľudskom organizme sekrécie celého radu hormónov s dopadom na fyzické, duševné aj behaviorálne zmeny. Cirkadiánne rytmy majú konštantnú periódu, ktorá sa mierne líši od dĺžky dňa v trvaní 24 hodín. Cirkadiánne rytmy regulujú (nastavujú) biologické hodiny, ktoré sú lokalizované v suprachiazmatických jadrách hypotalamu. Až začiatkom 21. storočia sa podarilo objasniť základný mechanizmus cirkadiálneho systému. Zistilo sa, že gangliové bunky v očnej sietnici obsahujú dovtedy v ľudských očiach nepozorovaný fotopigment melanopsín. Melanopsín je citlivý najmä na modré svetlo s vrcholom citlivosti približne na vlnovej dĺžke 480 nm. Dostatočne jasné svetlo, ktoré v primeranej miere obsahuje modrú zložku svetelného spektra, je nevyhnutné na nastavenie chodu cirkadiánnych hodín. Dôležitý je aj čas dňa, v ktorom svetlo pôsobí, dĺžka jeho trvania a to nielen v danom, ale aj v predchádzajúcom dni. Na nastavovaní cirkadiánnych (biologických) hodín sa podieľajú informácie vysielané do mozgu zo všetkých 5 v súčasnosti známych fotoceptorov v ľudskom oku, obr. 2. Tieto procesy nie sú v súčasnosti dostatočne detailne preskúmané. Podľa [1] spektrálna citlivosť melanopsínu v dostatočnej miere charakterizuje väčšinu cirkadiánnych efektov svetla. Časť svetelného spektra, na ktoré je citlivý melanopsín, hovoríme melanopické svetlo. Väčšina melanopického svetla sa nachádza v modrej oblasti

spektra, časť aj v jeho zelenej časti. Najmä melanopické svetlo výrazným spôsobom ovplyvňuje fyziologické, duševné aj behaviorálne zmeny, a to v takmer všetkých živých organizmoch.



Obr. 2 - Relatívna spektrálna citlivosť fotoreceptorov v ľudskom oku
Zdroj: CIE S 026 2018

Viacere medicínske publikácie [napr. 30] upozorňujú na to, že narušenie cirkadiánnych rytmov môže vyústiť do viacerých chorôb. Výrazný nedostatok svetla počas dňa alebo jeho nadbytok počas noci sa môže prejavovať zmenami teploty ľudského tela, únavou, depresiou, problémami s prirodzeným spánkovým cyklom, srdcovými chorobami, obezitou a dokonca aj niektorými druhmi rakoviny. Tieto poznatky vyvolali veľký záujem o danú problematiku najmä v oblasti umelého osvetlenia. Umelé svetlo sa v mnohých smeroch odlišuje od denného. Odlišnosti sú v spektrálnom zložení, intenzite a dynamike svetla, vo význame pre produkciu vitamínu D v telách ľudí, vo význame pre nevizuálne efekty svetla, vo vizuálnej výkonnosti a aj v ďalších oblastiach. Vo všetkých uvedených parametroch je denné svetlo lepšie ako umelé. Ľudia vo všeobecnosti preferujú denné osvetlenie pred umelým. Rozsiahly výskum a vývoj v oblasti umelých svetelných zdrojov a umelého osvetlenia sa predovšetkým v posledných dvoch desaťročiach snažil aspoň sčasti priblížiť k parametrom denného svetla. Prispôbovanie sa umelého svetla dennému svetlu má však objektívne limity. Pri navrhovaní umelého osvetlenia sa okrem požiadaviek na videnie majú splniť aj minimálne požiadavky na melanopickú osvetlenosť. Navrhlo sa niekoľko metód hodnotenia cirkadiálneho, resp. melanopického svetla a jeho kritériálnych spodných limitov [napr. 7, 13, 26], ktoré sa však v priebehu niekoľkých rokov aj viackrát menili. Uvedené metódy a ich kritériá sa používajú aj na hodnotenie cirkadiánnych efektov denného svetla. Hoci sa táto prax dá kritizovať, v súčasnosti nemáme špecifické kritériá na hodnotenie cirkadiánnych aspektov denného svetla. Určitú chaotickosť v spôsoboch hodnotenia cirkadiálneho svetla zmiernila Medzinárodná komisia pre osvetlenie (CIE) vydaním publikácie [4]. Tento medzinárodný

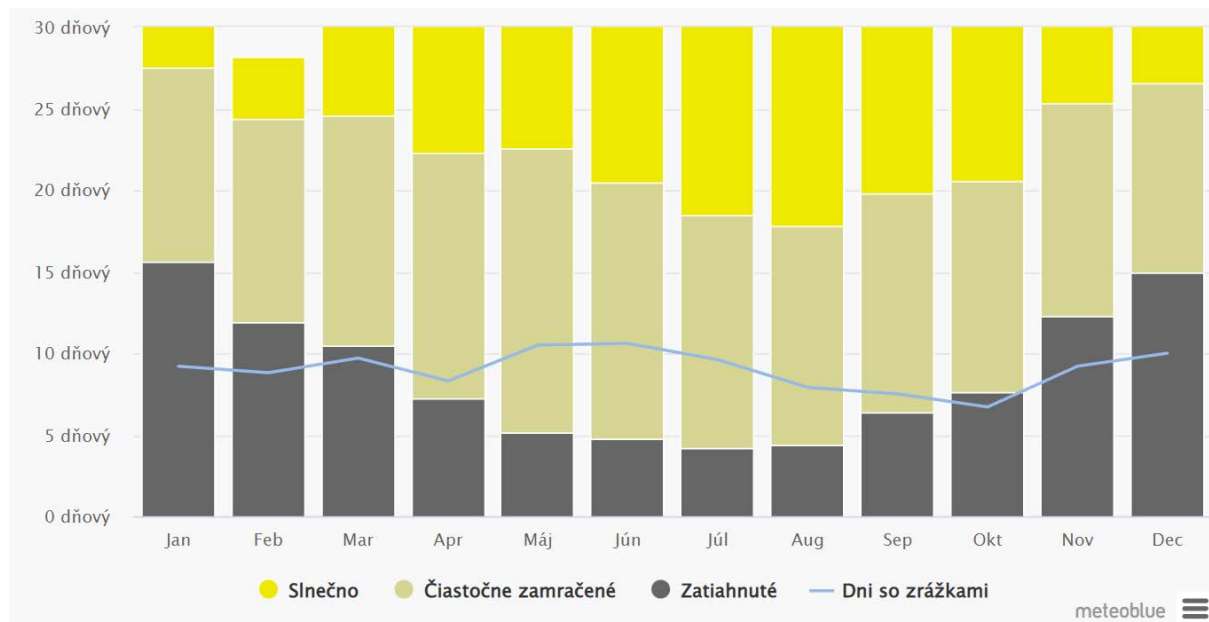
štandard definuje fyzikálno-technické základy na výskum a meranie cirkadiánneho (melanopického) osvetlenia. Táto publikácia zaviedla pojem melanopickú ekvivalentnú dennú osvetlenosť (m-EDO) a s ňou súvisiaci melanopický lux. V [2] sa odporúča svetelný stimul na vyvolanie zdravých fyziologických reakcií minimálne 250 melanopických luxov na očiach ľudí počas dňa. S týmto odporúčaním súhlasila veľká skupina vedcov, ktorí sa zaoberajú cirkadiálnymi rytmi a melanopickým osvetlením. Aj svetelnotechnická prax považuje toto odporúčanie za krok vpred, hoci zatiaľ nemá oporu v nejakom právne záväznom predpise.

Garantujú súčasné normové požiadavky na denné osvetlenie obytných miestností požiadavky na melanopickú osvetlenosť?

V [23] sa hodnotí denné osvetlenie obytných miestností na horizontálnej rovine. Kritériá dennej osvetlenosti sa opierajú o vyššie zmienený výskum [20, 21], ktorý bol zameraný na pocit dostatočného naplnenia obytných miestností denným svetlom v podmienkach husto zamračenej oblohy. Kritériá [23] sa v podstate transformovali z vertikálnej osvetlenosti na očiach ľudí na činiteľ dennej osvetlenosti na horizontálnej rovine, ktorý bol v čase realizovaného výskumu štandardnou metódou navrhovania a hodnotenia denného osvetlenia. Hodnoty činiteľov dennej osvetlenosti v strede miestnosti na úrovni 0,90 % môžeme charakterizovať ako spodný limit, pri ktorom majú užívatelia priestoru pocit svetelnej pohody. V [25] sa kritérium minimálnej dennej osvetlenosti 300 lx inšpirovalo štúdiou [10], v ktorej sa analyzovalo denné osvetlenie učebne, veľkoplošnej kancelárie a knižnice v USA. V [16] sa vypracoval návrh pre komisiu, ktorá pripravovala EN 17037, pričom sa osvetlenosť 300 luxov odporúčala používať pre všetky druhy vnútorných priestorov s dlhodobým pobytom ľudí (detailnejšie sú normové kritériá EN 17037 opísané vyššie). V harmonizovanej európskej norme sa ignorovala mnohoročná prax v oblasti denného aj umelého osvetlenia, keď kritériá na úroveň osvetlenia obytných miestností boli vždy nižšie ako požiadavky na osvetlenie pracovných priestorov.

Je otázne, do akej miery kritériá oboch vyššie uvedených noriem korešpondujú s požiadavkou na minimálnu melanopickú osvetlenosť očí užívateľov obytných miestností. V praxi sa osvetlenosť očí zvykne aproximovať osvetlenosťou vertikálnej roviny vo výške 1,2 m nad podlahou miestnosti, čo má reprezentovať výšku očí sediaceho človeka. Vyššie uvedené odporúčanie podľa [2] nešpecifikuje, na akých miestach miestnosti, v ktorom čase a v akých smeroch pohľadu sa má melanopická osvetlenosť na očiach vyššia ako 250 luxov dosahovať. Autori tohto článku uskutočnili sériu meraní horizontálnej a vertikálnej fotopickkej a melanopickkej osvetlenosti vo viacerých miestnostiach. V prípade „bežných“ miestností s „bežnými“ činiteľmi odrazu svetla od vnútorných povrchov a s malým vonkajším a vlastným tienením okien sa zistilo, že vertikálna osvetlenosť roviny, ktorej normála smeruje k oknu, je vo výške 1,2 m približne dvojnásobná v porovnaní s horizontálnou osvetlenosťou vo výške 0,85 m. To znamená, že ak sa v strede miestnosti dosiahne činiteľ dennej osvetlenosti na horizontálnej rovine 0,9 %, tak činiteľ dennej osvetlenosti na vertikálnej rovine bude približne 1,8 %. V prípade mediánu horizontálnej oblohovej difúznej osvetlenosti 16 300 lx bude na očiach sediaceho človeka v strede obytnej miestnosti, ktorý sa pozerá smerom k oknu, fotopická osvetlenosť približne 293 lx. To znamená, že v prípade použitia spektrálne

neutrálneho zasklenia (čierneho) a spektrálne neutrálnych povrchov (napr. bielych, sivých) sa dá očakávať, že melanopická osvetlenosť na očiach človeka v podmienkach husto zamračenej oblohy bude vyššia ako 250 melanopických luxov, a to dlhšie ako polovicu z celoročného času výskytu denného svetla v Bratislave.

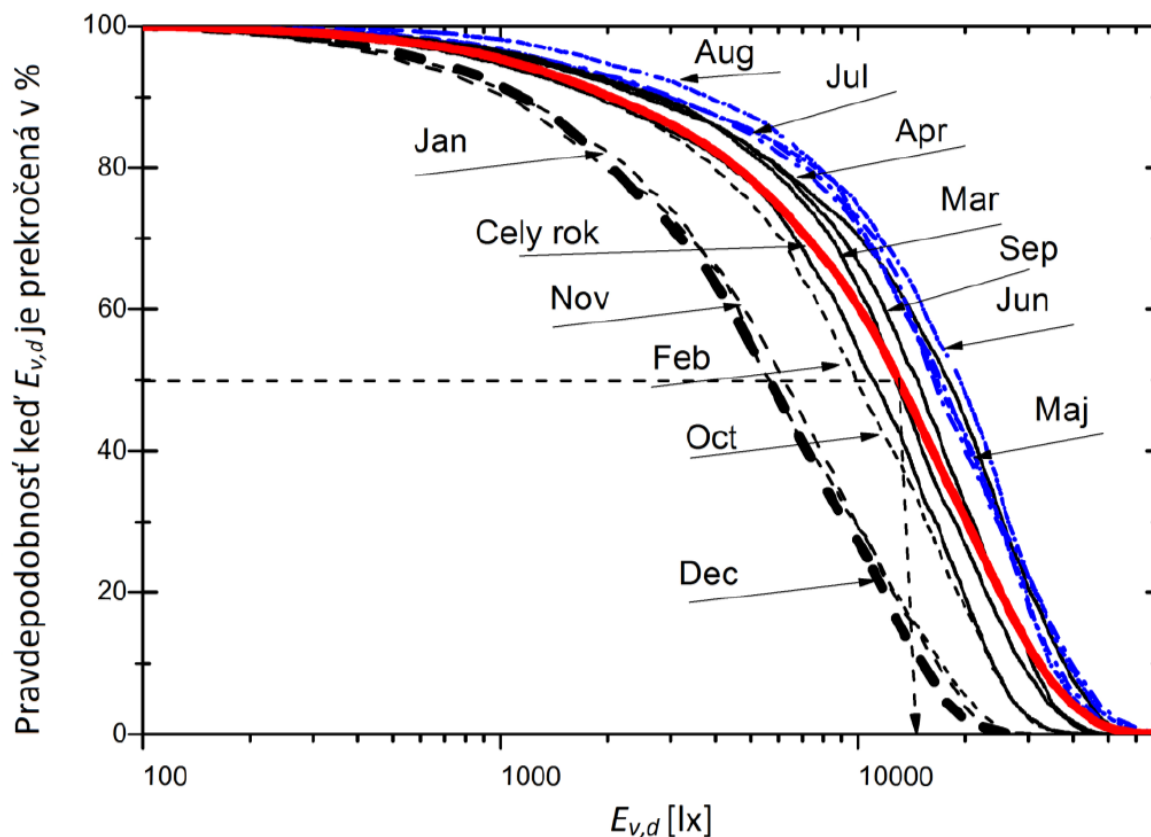


Obr. 3 – Priemerný výskyt oblačných, slnečných a daždivých dní v Bratislave

Zdroj: Meteoblue, 2022

Podľa STN EN 17037 sa na horizontálnej rovine na polovici plochy miestnosti požaduje minimálny činiteľ dennej osvetlenosti 1,8 %, teda na vertikálnej rovine bude hodnota činiteľa okolo 3,6 %. Z hodnoty mediánu oblohovej osvetlenosti 16 300 lx to predstavuje 587 lx. To samozrejme vysoko prekračuje odporúčanie podľa [2]. Problém však je, že sa reálne takéto hodnoty osvetlenosti denným svetlom počas zamračených dní v obytných miestnostiach nedajú dosahovať. Obr. 3 dokumentuje, že v Bratislave sa v decembri a januári vyskytuje polovica dní s husto zamračenou oblohou. V takýchto dňoch je denné svetlo v bytoch najžiadanejšie. Na obr. 4 je graficky znázornený mesačný a aj celoročný výskyt úrovní exteriérových difúzných horizontálnych osvetleností $E_{v,d}$ v Bratislave tvare kriviek, ktoré udávajú pravdepodobnosť prekročenia určitej úrovne difúznej oblohovej osvetlenosti [9]. V decembri je pravdepodobnosť prekročenia vonkajšej difúznej horizontálnej osvetlenosti 10 000 lx iba približne 20 %. Počas veľmi husto zamračených dní sa hodnota $E_{v,d}$ spravidla pohybuje aj na poludnie iba okolo 5 000 lx. V takýchto dňoch sa požadované úrovne vertikálnej melanopickéj osvetlenosti 250 lx v strede obytnej miestnosti nedajú dosiahnuť. Autori tohto článku v novembri a decembri 2021 a januári 2022 merali denné osvetlenie na okne a na vertikálnej rovine v strede miestnosti, ktorá bola orientovaná smerom k oknu. Miestnosť sa nachádza v Bratislave, je hlboká 5,5 m, široká 2,8 m so svetlou výškou 2,67 m. Hliníkové okno zasklené čírym trojsklom prepúšťajúcim 70 % svetla je vysoké 1,65 m a široké 2,8 m. Steny a strop miestnosti sú biele, podlahová krytina tmavosivá. V miestnosti sa nachádzalo iba 6 školských stolov so stoličkami, ktoré boli umiestnené pri jej dlhších stenách. Okno je orientované na severovýchod a je iba minimálne tienené okolitou zástavbou.

Podmienky denného osvetlenia miestnosti sú nadštandardné. Výsledky meraní vo vybraných charakteristických dňoch ilustruje obr. 5.

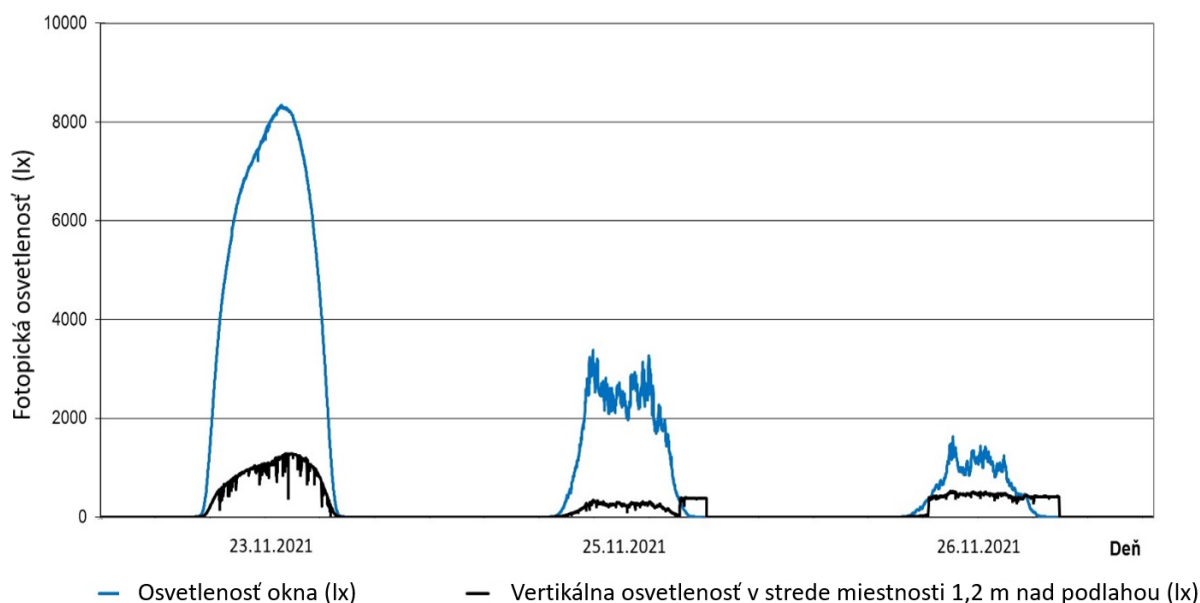


Obr. 4 – Pravdepodobnosť výskytu difúznej oblohovej horizontálnej osvetlenosti v Bratislave
Zdroj: Ferencíková a Darula, 2013

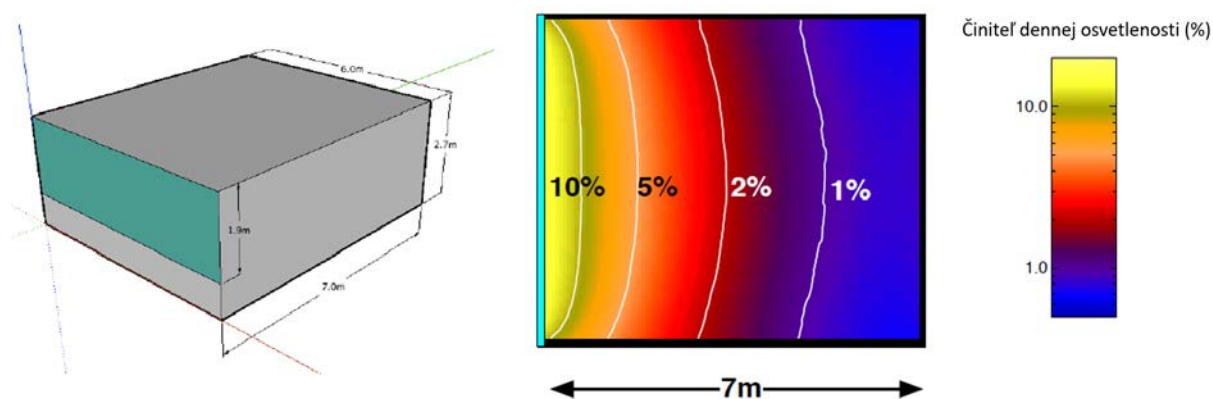
Priame slnečné svetlo nemohlo v čase meraní dopadať na okno. Intenzita fotopického svetla počas jasného slnečného dňa (23. 11. 2021), v ktorom dominovalo odrazené priame slnečné svetlo od terénu a okolitej zástavby, presiahla na okne okolo poludnia 8 000 luxov. Vertikálna fotopická osvetlenosť roviny v strede miestnosti vo výške 1,2 m presiahla v tomto dni intenzitu 250 lx v trvaní 8 hodín. Počas zamračeného dňa 25. 11. 2022 sa zväčša osvetlenosť okna pohybovala medzi 2 000 až 3 000 lx. V týchto podmienkach sa osvetlenosť nad 250 luxov na meranej vertikálnej rovine v miestnosti dosiahla 5,4 hodiny (z celkovej dĺžky dňa 8,5 hodiny). Deň 26. 11. 2021 bol husto zamračený, osvetlenosť okna denným svetlom počas väčšiny dňa kolísala iba okolo 1 500 luxov. Ľudia, ktorí v tejto miestnosti pracovali, okamžite po príchode zapli umelé osvetlenie, ktoré bolo zapnuté počas celého času ich pobytu. Umelé osvetlenie vertikálnej roviny, sčasti doplnené denným svetlom, bolo celý deň nad 250 lx. Bez umelého osvetlenia sa intenzita osvetlenosti 250 melanopických luxov na očiach ľudí v miestnosti počas extrémne zamračených dní nedá dosiahnuť. V týchto prípadoch je dôležitý zdroj umelého svetla. Počas dňa by malo svietiť také umelé svetlo, ktoré sa svojim spektrálnym zložením blíži dennému svetlu.

Na obr. 5 je typické rozloženie činiteľov dennej osvetlenosti v bočne osvetľovanej miestnosti. V tomto ilustratívnom obrázku je použité veľmi veľké okno, ktoré nie je tienené. V takýchto podmienkach je v blízkosti okna 5-násobne viac svetla na porovnávacej

horizontálnej roviny ako množstvo svetla v strede miestnosti. Pri menších oknách, ktoré sú čiastočne tienené okolitou zástavbou je tento pomer menší, spravidla však môžeme v zóne miestnosti v blízkosti okna očakávať 3-násobné množstvo svetla v porovnaní s množstvom v strede bežnej obytnej miestnosti. V prípade minimálnych kritérií normy STN 73 0580-2 bude mať človek sediaci (prípadne aj stojaci) asi 1 m od okna a pozerajúci sa von z okna, v ktorom je zasklenie prepúšťajúce 75 % svetla, na očiach osvetlenosť 255 lx pri difúznej osvetlenosti exteriérovej horizontálnej roviny 6 300 lx.



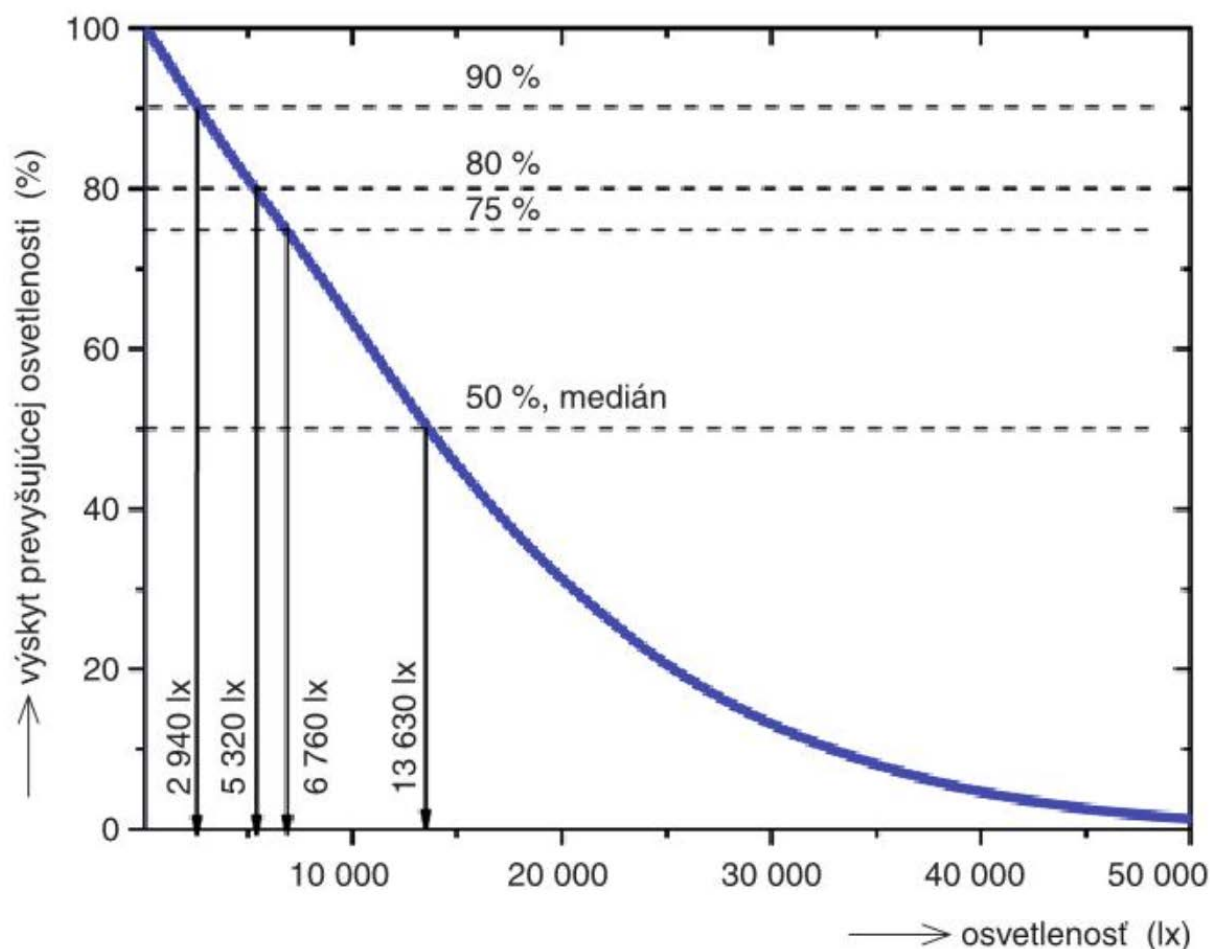
Obr. 5 – Namerané fotopické osvetlenosti na okne a v strede miestnosti
vo vybraných dňoch novembra 2021 v Bratislave
Zdroj: autori



Obr. 6 – Charakteristické rozloženie činiteľov dennej osvetlenosti
v bočne osvetľovanej miestnosti v podmienkach štandardnej zamračeney oblohy
Zdroj: Mardaljevic a Christoffersen, 2013

Z uvedeného je zrejmé, že spodný limit dennej osvetlenosti v rámci miestnosti je ťažké jednoznačne stanoviť. Počas husto zamračených zimných dní sa požadované úrovne

fotopickej aj melanopickej osvetlenosti nedajú dosiahnuť na väčšine plochy miestnosti. V takýchto situáciách sa zapína umelé osvetlenie. Ak nastavíme požiadavky a kritériá spodného limitu denného osvetlenia v budove tak, aby sa dosiahli pri úrovni difúznej oblohovej osvetlenosti 5 000 lx, tak denné osvetlenie bude vyhovovať zhruba 80 % z celoročného času dní, obr. 7.



Obr. 7 – Pravdepodobnosť prevýšenia určitých úrovní difúznej oblohovej osvetlenosti vonkajšej horizontálnej roviny v Bratislave podľa meraní realizovaných v 90. rokoch 20. storočia

Zdroj: Darula, 2015

Veľkosť osvetľovacích otvorov a druh ich výplní má priamy dopad nielen na úroveň denného osvetlenia, ale aj na ďalšie fyzikálne parametre vnútorného prostredia a celkovú energetickú hospodárnosť. Na obr. 8 vidíme časť juhozápadného priečelia 13 podlažného panelového bytového domu na Znievskej ulici v Bratislave – Petržalke. Byty za oknami nemajú priečne vetranie a lodžie v prípade juhozápadného priečelia nedostatočne tienia okná. V dôsledku pomerne veľkých okien bez účinného tienenia dochádza v bytoch k nadmernému letnému prehrievaniu. Ľudia si lodžie zasklievajú a zatieňujú rozmanitým spôsobom. Zasklievanie lodžií slúži aj ako ochrana pred vetrom hnaným dažďom a nadmernou infiltráciou vzduchu do bytov. V prípade rozľahlého priečelia tohto domu vytvára tlak vetra aj podmienky na penetráciu vody do bytov. Na obr. 8 vľavo je situácia z leta 2018 a vpravo v októbri 2022 po zateplení domu. Porovnaním obrázkov vidíme, že počet zasklených lodžií stúpol, resp. časť z

nich sa vymenila. Niektoré zasklenia lodžií sú z reflexných skiel, ktoré celoročne znižujú množstvo svetla v obytných miestnostiach. Väčšina tieniacich prvkov v lodžiách je mobilná. Mnohí ľudia sa však správajú tak, že tienenie iba v malej miere prispôsobujú momentálnemu počasiu. Táto skutočnosť sa dá interpretovať aj tak, že letné prehrievanie bytov ľudia pociťujú ako vážnejší problém v porovnaní so znížením úrovne dennej osvetlenosti obytných miestností. Rozšírená prax, keď ľudia rozličným spôsobom znižujú dostupnosť denného svetla vo svojich bytoch, relativizuje úsilie o „presnosť“ celoročných simulácií denného osvetlenia v bytoch, ktorá sa požaduje v STN EN 17037.



Obr. 8 – Pohľad na časť priečelia panelového bytového domu v Bratislave – Petržalke.

Fotografia vľavo je z leta 2018 a vpravo v októbri 2022 po zateplení domu

Zdroj: autori

Záver

Denné svetlo je ideálne na videnie aj na reguláciu cirkadiánnych oscilácií z dôvodov svojho prirodzeného 24-hodinového cyklu, vysokých intenzít a spektrálneho zloženia, vďaka čomu poskytuje správny cirkadiánný stimul v každom čase. Zvyšovanie hustoty zástavby obytných súborov, nové komplexné formy obytných budov, navrhovanie hlbších obytných miestností, používanie nových druhov zasklení v oknách a aj ďalšie trendy vyvolávajú otázky, do akej miery tieto skutočnosti môžu mať dôsledky na zdravie a kvalitu života obyvateľov. Žiaľ, na túto otázku nemáme zatiaľ medicínsky dôsledne overenú odpoveď.

Na otázku uvedenú v nadpise tohto článku môžeme odpovedať tak, že požiadavky a kritériá na denné osvetlenie obytných miestností podľa STN 73 0580-2 [23] považujeme za vhodnejšie nastavené ako tie, ktoré požaduje harmonizovaná európska norma STN EN 17037 [25]. Kritériá denného osvetlenia podľa [23] zabezpečujú dostatok svetla na videnie a vizuálnu pohodu na väčšine plochy obytnej miestnosti a aj primeranú vertikálnu melanopickú osvetlenosť v blízkosti okien a to aj počas väčšiny zamračených dní. V rámci prispôbovania národných noriem o dennom svetle požiadavkám [25] sa v Nemecku

postupovalo tak, že sa takmer úplne ponechalo pôvodné znenie národnej normy [8]. Podobne sa postupovalo vo Veľkej Británii, v Česku a analogický smer má aj aktuálny vývoj procesu zosúladovania slovenských národných noriem o dennom svetle v budovách s európskou normou EN 17037.

*Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
prof. Ing. Ivan Chmúrny, PhD.*

*Článok bol vypracovaný s podporou výskumných projektov APVV-18-0174
a VEGA 1/0042/21.*

Použitá literatúra

1. BROWN, T. M., G. C., BRAINARD, C., CAJOCHEN, C. A., CZEISLER, J. P., HANAFIN, S. W., LOCKLEY, et al., (2022). *Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults*. In: PLoS Biol 20(3): e3001571. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>
2. BROWN, T. M., 2020. *Melanopic illuminance defines the magnitude of human circadian light responses under a wide range of conditions*. In: Journal of Pineal Research, 2020;69:e12655. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jpi.12655>
3. CIE (1955). Commission Internationale de l'Éclairage: *Natural Daylight, Official recommendation*. Compte Rendu CIE 1st Session, 2, part 3.2, p. 2-4.
4. CIE S 026/E:2018; *CIE System for Metrology of Optical Radiation for IpRGC-Influenced Responses to Light*. International Commission on Illumination (CIE), CIE Central Bureau: Vienna, Austria.
5. CRISP, V. H. C., P. J., LITTLEFAIR, 1984. *Average daylight factor prediction*. In: Proceedings of the National Lighting Conference, Cambridge. London: CIBSE, p. 234–243.
6. DARULA, S., 2015. *Normovanie požiadaviek na denné osvetlenie a insoláciu interiérov v CEN*. In: Světlo č. 4, s. 38-42. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2015/04/Svetlo_04_2015/index.html#p=42
7. DIN SPEC 67600:2013-04 *Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen*.
8. DIN 5034-1:2021-08 *Tageslicht in Innenräumen – Teil 1*.
9. FERENČÍKOVÁ, M. a S., DARULA, 2013. *Príspevok k parametrizácii svetelnej klímy v Bratislave*. In: Zborník z 20. medzinárodnej konferencie Svetlo 2013. Editor D. Gašparovský – Kongres management. s. 129-132.
10. HESCHONG MAHONE GROUP, 2012. *Daylight Metrics - PIER Daylighting Plus Research Program*. Final Report to the California Energy Commission, CA, USA.
11. HRASKA, J., 2012. *A proposal of simplified standardization of dwellings daylighting in Slovakia*. In: Lumen V4, 2012: IV. Lighting Conference of the Visegrad Countries, Bratislava: SSTS, p. 86-93.
12. HRAŠKA, J., 2018. *New Daylighting Metrics*. In: VII. Lighting Conference of the Visegrad Countries, Lumen V4, p. 1-5.
13. International WELL Building Institute, 2022. *WELL v2 Building Standard, Light, Feature L03, Circadian Lighting Design*. Dostupné z: <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/light/feature/3>.
14. MARCUS VITRUVIUS POLLIO, 2010. *Deset knih o architektuře*. Vydavateľstvo TeMi CZ Arista-Baset, ISBN 978-80-86410-58-6, 440 s.
15. MARDALJEVIC, J. and CHRISTOFFERSEN, J., 2013. *A roadmap for upgrading national/EU standards for daylight in buildings*. In: Proceedings of CIE Centenary Conference „Towards a New Century of Light“, Paris, France, 12-19 April, OP25, p. 178-187.

16. MARDALJEVIC, J. and CHRISTOFFERSEN, J., 2017. 'Climate connectivity' in the daylight factor basis of building standards. In: Building and Environment, 113, p. 200-209.
17. METEOBLUE, 2022. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/sk/po%C4%8Dasie/historyclimate/climatemodelled/bratislava_slovensk%c3%a1-republika_3060972
18. MOON, P. and D. E. SPENCER, 1942. *Illumination from a non-uniform sky*. Illuminating Engineering Society, vol 14, issue 37, p. 707-726.
19. NIK LUKMAN, N. I., S., HAYMAN and R., HYDE, 2008. *Daylighting Rule of Thumb for Rooms with External Obstructions*. In: Proceedings of the 42nd Conference of the Australian and New Zealand Architectural Science Association organised by University of Newcastle in Newcastle on 26-28 November 2008.
20. SEIDL, M., 1978. *Ausreichendes Tageslicht und akzeptable Fensterabmessungen in Wohnräumen*. Dissertation. Berlin, 1978, 113 s.
21. SEIDL, M., H., FREYMUTH und R., WEEBER, 1978. *Mindestabstände zwischen Gebäuden und Fenstergrößen für ausreichende Tagesbeleuchtung (Forschungsbericht)*. Stuttgart, 317 s.
22. STN 73 0580-1: Z2, 2000. *Denné osvetlenie budov. Časť 1: Základné požiadavky*.
23. STN 73 0580-2, 2000. *Denné osvetlenie budov. Časť 2: Denné osvetlenie budov na bývanie*.
24. STN 73 4301, 2021. *Bytové budovy*.
25. STN EN 17037, 2020. *Denné svetlo v budovách*.
26. UL DG 2448022, 2019. *Design Guideline for Promoting Circadian Entrainment With Light for Day-Active People*.
27. Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 541/2007 Z.z. a č. 206/2011 Z.z. o podrobnostiach a požiadavkách na osvetlenie pri práci.
28. Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 259/2008 Z.z., 210/2016 Z.z. a 124/2017 Z.z. o podrobnostiach o požiadavkách na vnútorné prostredie budov a o minimálnych požiadavkách na byty nižšieho štandardu a na ubytovacie zariadenia.
29. WALDRAM, P. J. and J. M., WALDRAM, 1923. *Window Design and the Measurement and Predetermination of Daylight Illumination*. In: The Illuminating Engineer (April-May 1923), XVI(45), p. 86-87-122, 247.
30. ZHANG, S. L. and SEHGAL, A., 2019. Circadian Rhythms and Disease. In: PYERITZ, R., KORF, R. and GRODY, W., (eds.), *Emery and Rimoin's Principles and Practice of Medical Genetics and Genomics. Clinical Principles and Applications. (7th Edition)*. p. 299-314. Academic Press. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812536-6.00011-0>

Mladá veda

Young Science

ISSN 1339-3189