

Zenitný jas z pohľadu posudzovania svetelnej klímy v budovách

Stanislav Darula

Ústav stavebníctva a architektúry SAV, ul. Dúbravska cesta 9, SK-842 20 Bratislava

ÚVOD

Svetelnú klímu v interiéroch budov počas dňa určujú momentálne exteriérové svetelné podmienky a konštrukčno - architektonické riešenie priestoru. Podľa účelu a požiadaviek na zrkovú prácu sa vnútorné priestory budov osvetľujú najčastejšie bočným alebo horným osvetľovacím systémom. Množstvo denného svetla, ktoré dopadá na pracovnú plochu pri výkone zrkovej práce je závislé od veľkosti jasov oblohy v priestorovom uhle ohraničenom osvetľovacími otvormi. Úroveň dennej osvetlenosti v priebehu dňa vykazujú veľkú premenlivosť, ktorá súvisí so zmenami exteriérových podmienok počas jednotlivých dní v roku. Problém normovania exteriérových podmienok v minulosti CIE riešila zavedením pomeru úrovne jasov na oblohe k zenitnému jasov. Súčasná doba, v ktorej návrh budov už v štádiu projektovania podmieňujú hygienické a ekonomicko prevádzkové požiadavky, je potreba poznania distribúcie absolútnych hodnôt jasov po oblohe. V tomto smere zenitný jas pôsobí ako indikátor nasvetľovania alebo stmievania charakteristického typu oblohy a umožňuje zisťovať jas ľubovoľného elementu oblohy a následne úrovne oblohového svetla. Príspevok prezentuje možnosť zisťovania zenitného jasov pri známej globálnej a difúznej osvetlenosti, parametrov exteriérovej svetelnej klímy, ktoré sa merajú na staniciach IDMP rozmiestnených po celom zemskom povrchu, a tým riešiť kvalitu svetelnej klímy hlavne v horne osvetľovaných interiéroch.

MERANIE PARAMETROV SVETELNEJ KLÍMY

Tab. č.1 Prehľad meraných veličín

Označenie	Jednotka	Popis
Evg	lx	Globálna horizontálna osvetlenosť
Evd	lx	Difúzna horizontálna osvetlenosť
Evgn	lx	Severná vertikálna osvetlenosť
Evge	lx	Východná vertikálna osvetlenosť
Evgs	lx	Južná vertikálna osvetlenosť
Evgw	lx	Západná vertikálna osvetlenosť
Eeg	W/m ²	Globálna horizontálna ožiarenosť
Eed	W/m ²	Difúzna horizontálna ožiarenosť
Lvz	cd/m ²	Zenitný jas

Na ÚSTARCH SAV v Bratislave je v činnosti stanica IDMP (International Daylighting Measurement Programme) typu General class (zem. šír. 48.17°, zem. dĺžka 17.08°, výška n.m. 195m, miestny čas GTM +1) na ktorej sa od 4.1.1994 v jednomínútových inter-valoch merajú okamžité úrovne exteriérovej osvetlenosti a ožiarenosti i zenitný jas, pozri Tab. č.1. Prevádzka stanice sa riadi podľa požiadaviek CIE platných pre stanice IDMP - General class.

KONTROLA KVALITY A ÚDAJE

Získané údaje automaticky prechádzajú kontrolou kvality podľa [1]. Archivujú sa v mesačných súboroch ako 1-minútové okamžité hodnoty a 5-minútové priemery. Čidla meracích prístrojov boli prvý raz ciachované pred zahájením pravidelných meraní počas novembra 1993. V roku 1995 sa uskutočnila rekalibrácia čidiel na všetkých stanicích IDMP podľa etalónu GAP Ženeva. V apríli až máji 1995 boli prekalibrované čidlá na ÚSTARCH SAV.

SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA PROBLÉMU

V súčasnosti pre návrh denného osvetlenia interiérov budov a tvorbu svetelnej klímy v budovách platí na Slovensku norma STN 73 0580. Podľa nej základným kritériom pre určovanie podmienok vnútornej svetelnej klímy je rovnomerne zamračená obloha, normovaná CIE, s gradovaným jasom od horizontu k zenitu v pomere 1:3, pozri [2], [3] vzťah (1).

$$L_{\varepsilon} = \frac{1}{3} L_{vz} (1 + 2 \sin \varepsilon) \quad \text{cd/m}^2 \quad (1)$$

kde L_{ε} - jas oblohy v uhe ε nad horizontom, cd/m^2

L_{vz} - jas oblohy v zenite, cd/m^2

Vnútorne priestory budov sú osvetľované denným svetlom počas dňa nielen za podmienok zamračenej oblohy. V našej klimatickej oblasti sa vyskytuje ešte osvetlenie od jasnej oblohy a oblohy s premenlivou oblačnosťou. Povojnové štúdie ukazujú na významnú súvislosť medzi rozložením jasnosti na oblohe a zenitným jasom. Doteraz väčšina publikovaných vzťahov pre výpočet zenitného jasnosti má veľké obmedzenia platnosti. Najviac vzťahov bolo odvodených pre závislosť L_{vz} od výšky slnka a od Linkeho zákalového činiteľa atmosféry. Taktiež boli vyhodnocované sporadické merania L_{vz} za rôznych podmienok oblačnosti. Stručný prehľad najvýznamnejších výsledkov je uvedený v Tab. č.2.

Doteraz najlepšie výsledky výpočtu L_{vz} dáva Perezov model (1990) [16]. V čase, keď autor tvoril model, neboli k dispozícii systematické výsledky svetelnotechnických meraní. Autor zaviedol pojem „pseudo svetelnej účinnosti“ a vzťah (2) odvodil pomocou metódy najmenších štvorcov fittingom 22000 údajov získaných meraniami na piatich amerických stanicích. Chybu modelovania uvádza pre zamračenú oblohu v rozsahu $MBE = -9.0-3.2\%$ a $RMSE = 17.6-25.1\%$, pre medziľahlé $MBE = -2.3-4.9\%$ a $RMSE = 21.9-24.9\%$ a pre jasné oblohy $MBE = -1.2-0.8\%$ a $RMSE = 21.5-30.6\%$.

$$L_{vz} = E_{ed} [a_i + c_i \cos Z + c_{ii} \exp(-3 Z) + d_i \Delta] \quad \text{cd/m}^2 \quad (2)$$

$$\text{prièom } \Delta = E_{ed} m / E_e \quad \varepsilon = [(E_{ed} + E_{ep}) / E_{ed} + \kappa Z^3] / [1 + \kappa Z^3]$$

kde Δ - koeficient svetlosti oblohy

a_i, c_i, c_{ii}, d_i - tabelované koeficienty, určia sa podľa koeficienta priehľadnosti ε

E_{ep} - normálna priama ožiarenosť, lx

Z - zenitný odklon slnka, rad

κ - konštanta 1.04 pre Z v rad

m - pomerná hrúbka atmosféry

E_e - extraterestriálna ožiarenosť, W/m^2

Tab. č. 2 Prehľad vzťahov pre výpočet zenitného jasu, Lvz

Autor	Zenitný jas v kcd/m ²	Podmienky
Krochman (1963), [4]	$Lvz = 0.123 + 8.6 \sin h_o$	zamračená obloha, tmavý terén
Kittler (1968), [5]	$Lvz = 4.3 (1 + 1.5 \sin h_o) \sin h_o$	zamračená, tmavý terén $\rho_T = 0$
Nakamura, [6] (1980)	$Lvz = 0.15 + 6 \tan h_o$	
NBS (1983), [7]	$Lvz = 0.123 + 10.6 \sin h_o$	zamračená obloha
Kittler (1970), [8]	$Lvz = 0.3 + 3.0 \tan h_o$	$2.25 < T_L < 3.25, h_o < 65^\circ$
Dogniaux (1971), [9]	$Lvz = (1.234 T_L - 0.252) \tan h_o + 0.112 T_L - 0.0169$	$2 < T_L < 7, h_o < 65^\circ$
Krochman, [10]	$Lvz = (h_o (h_o - 30) / 100) e^{0.0346(h_o - 68)} + 0.1 + 0.063 h_o$	$T_L = 2.75$
Gusev (1971), [10]	$Lvz = 0.9 + 6.5 \tan h_o$	$5 < T_L < 6.5, h_o < 60^\circ$
Liebelt (1978), [11]	$Lvz = (1.34 T_L - 3.46) \tan h_o + 0.1 T_L + 0.9$	$3 < T_L < 7.5, h_o < 65^\circ$
Kirejev (1982), [12]	$Lvz = 0.06 (1 + h_o \cos^2 2h_o) + 4.8 h_o^{1.55}$	$T_L = 2.75$
LBL (1984), [10]	$Lvz = (1.376 T_L - 1.81) \tan h_o + 0.38$	$1.5 < T_L < 8.5, h_o < 76^\circ$
Nakamura (1986), [13]	$Lvz = 15.0 (\tan h_o)^{1.068} + 0.07$	zamračená obloha
Nakamura (1986), [13]	$Lvz = 4.47 (\tan h_o)^{1.13} + 0.14$	jasná obloha
Nakamura (1986), [13]	$Lvz = 0.47 \left\{ 4.47 (\tan h_o)^{1.13} + 0.14 \right\} + 6.66 \left\{ 15.0 (\tan h_o)^{1.68} + 0.07 \right\}$	stredná obloha
Matsuura (1988), [14]	$Lvz = 9,630 (\sin h_o)^{1.19} + 0,09$	zamračená obloha
Matsuura (1988), [14]	$Lvz = 7580 (\sin h_o)^{1.36} + 100$	stredne zamračená
Perraudeau (1994), [15]	$Lvz = 100 + \sum_{i=1}^{i=3} C_i \times h_o^i$	koeficienty C_i tabelované pre zamračenú, stredne zamračenú, strednú, stredne jasnú a jasnú oblohu.

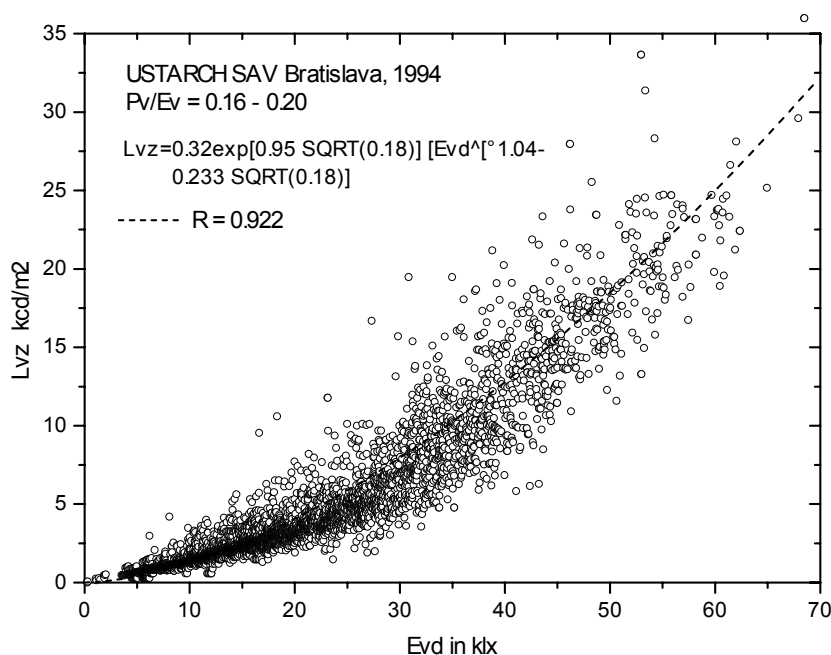
Poznámky : h_0 - výška Slnka

T_L - Linkeho zákalový činiteľ^{3/4} atmosféry

ρ_T - činiteľ^{3/4} odrazu terénu

MOŽNOSTI MODELOVANIA ZENITNÉHO JASU POMOCOU OSVETLENOSTÍ

Veľkou nevýhodou Perezovho modelu je prepočítavanie údajov ožiarenosti na osvetlenie pomocou svetelnej účinnosti. Ako už poukázali viacerí autori, svetelná účinnosť je značne nestabilný parameter. Vznik stanice IDMP na ÚSTARCH SAV dovolil začať realizovať systematické merania parametrov svetelnej klímy a ich vyhodnocovať. Na modelovanie zenitného jasú sa použili namerané údaje osvetlenia a zenitného jasú z celého



Obr. 5 Závislosť medzi L_{vz} a E_{vd} pre interval $P_v/E_v=0.16-0.20$ počas r. 1994

roka 1994, celkom 234887 záznamov. Sledoval sa vplyv výšky slnka na úroveň hodnôt L_{vz} . Na obr. č.1 a č.2 sú prezentované denné priebehy pre vybraný jasný a zamračený deň a deň s premenlivou oblačnosťou počas mesiacov november (najnižší slnečný svit) a júl (najvyšší slnečný svit). Počas jasných dní je zreteľne vidieť doobedňajší a popoludňajší priebeh. V čase zamračených dní a dní s premenlivou oblačnosťou hodnoty sú rozkolísané. So zvyšujúcou sa výškou slnka rastie i hodnota rozptylu. Ukazuje sa, že pri rovnakej výške slnka môže L_{vz} dosahovať značne rozdielne hodnoty. Najlepšia závislosť sa našla medzi L_{vz} a E_{vd} , pozri obr. č.3 a č.4. Počas jasných a zamračených dní možno sledovať pravidelný rast úrovně L_{vz} i rast E_{vd} . Počas dní s premenlivou oblačnosťou registrujeme väčší rozptyl hodnôt, ktorý je spôsobený striedaním sa situácií bez vplyvu priameho slnečného svetla a s jeho vplyvom. Analýza naznačuje dôležitosť zohľadnenia týchto situácií pri modelovaní úrovni L_{vz} . Vplyv priamej osvetlenia E_{vs} možno určiť pomerom E_{vs}/E_v , kde E_v je extraterestriálna osvetlenie. Pre prezentáciu na obr. č.5 sú vynesené všetky údaje L_{vz} v závislosti na E_{vd} namerané v roku 1994 pre interval $E_{vs}/E_v=0.16-0.20$. Priebeh bodov ukazuje na možnosť

modelovania L_{vz} pomocou exponenciálnych funkcií, dôkazom čoho je dosiahnutý pomerne vysoký korelačný koeficient. Postupne bol odvodený vzťah (3).

$$L_{vz} = \alpha \exp(\beta B) E_{vd}^{\gamma - AB} \quad \text{kcd/m}^2 \quad (3)$$

kde $\alpha \exp(\beta B)$ predstavuje vplyv priameho slnečného svetla a exponent $\gamma - AB$ svetlosť oblohy.

Koeficienty α , β a γ boli vypočítané iteračnou metódou. Automaticky sa hľadali ich hodnoty dovtedy, pokiaľ χ^2 za sebou idúcich iterácií bol nižší než táto hodnota. Postupnou analýzou jednotlivých mesiacov v roku sa dospelo k vzťahu (4).

$$L_{vz} = 0.32 \exp(9.15 B) E_{vd}^{1.04 - AB} \quad \text{kcd/m}^2 \quad (4)$$

$$\text{pričom} \quad A = 2.33 - 0.013 \frac{E_{vp}}{E_v} \quad B = \left(\frac{E_{vp}}{E_v} - 0.8 \right) \sqrt{\frac{E_{vp}}{E_v}}$$

Vzťah (4) indikuje u zamračených oblôh takmer lineárnu závislosť medzi L_{vz} a E_{vd}. V prípade jasných oblôh a oblôh s premenlivou oblačnosťou podiel priamej ku extraterestriálnej osvetlenosti ovplyvňuje svetlosť oblohy.

POROVNANIE DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Perezov model [16] je jediný, ktorý modeluje L_{vz} pri všetkých stavoch oblohy. Pre odvodenie vzťahu (4) sa použili údaje zo všetkých situácií, ktoré sa vyskytujú v našich klimatických podmienkach. Ak zavedieme hypotézu, že pri rovnakých svetelných podmienkach bude mať ohloha rovnaké svetelnotechnické parametre, je predpoklad zhody výsledkov získaných na ľubovoľnom mieste Zeme. V tab. č.3 sú uvedené chyby modelovania L_{vz} pre každý mesiac v roku 1994 podľa Pereza a vzťahu (4). Porovnanie dokumentuje pomerne vysokú koreláciu vypočítaných hodnôt s nameranými, R=0.873-0.936 pre mesiace január až december v roku 1994. Nižšie odchýlky poskytuje vzťah (4), pozri hodnoty MBD a RMSD. Chyba modelovania podľa mesiacov vychádza pre MBD= -2.584-24.858 % a RMSD=28.022-49.858 %.

Je tiež zaujímavé poznať správanie sa modelu za počas rôznych situácií. V tab. č. 4 ako príklad je uvedená chyba modelovania pre niektoré vybrané jasné dni, dni s premenlivou oblačnosťou a zamračené dni. Pre tieto dni modelovanie podľa (4) dáva niečo nižšie hodnoty oproti nameraným, naproti tomu podľa Pereza niečo vyššie. Chyba modelovania v čase týchto zvolených situácií vychádza pre jasné dni MBD= -9.343-18.44 %, RMSD=19.728-23.569 % a R=0.92-0.946, pre zamračené dni MBD= -7.164 - -8.722 %, RMSD= 12.868-35.457 % a R= 0.973 - 0.987 a pre dni s premenlivou oblačnosťou MBD= -14.346-16.597 %, RMSD=41.718-50.362 % a R=0.719-0.918. Ako príklad je na obr. 6, 7, 8, 9, 10 a 11 zobrazené porovnanie medzi nameranými a modelovanými hodnotami L_{vz} počas vybraných dní.

Ukazuje sa, že Perezov vzťah dáva lepšie hodnoty pri situáciách s presvitajúcim slnkom vyšších výšok. Rozdiely medzi obidvoma modelmi nie sú výrazné. Každý z nich bol odvodený štatistickými postupmi so samostatnou databázou údajov v iných klimatických podmienkach. Lepšie výsledky Perezovho modelu pri situáciách s priamou slnečnou

osvetlenosťou naznačujú na klímu s vyšším výskytom slnečných dní v mieste amerických staníc v porovnaní so stredoeurópskou svetelnou klímou.

Tab. č. 3 Porovnanie chyby modelovania Lvz pre rok 1994

Mes	Počet zázna mov	Lvz max kcdm ⁻²	Vzťah (4)					Perez (1990), [16]				
			MBD	RMSD	MBD	RMSD	R	MBD	RMSD	MBD	RMSD	R
			kcdm ⁻²		%			kcdm ⁻²		%		
Jan	9635	8.57	0.060	0.574	5.351	28.478	0.913	23.501	65.199	17.725	38.101	0.900
Feb	14742	13.593	0.492	0.972	24.858	49.858	0.933	64.727	108.417	35.098	61.232	0.929
Mar	19962	21.539	0.210	1.183	6.581	29.612	0.932	56.939	144.527	18.231	41.858	0.914
Apr	22354	24.539	0.209	1.451	8.480	29.249	0.936	70.730	183.293	19.166	41.373	0.919
Maj	25874	31.146	0.092	1.878	7.805	31.825	0.936	106.034	225.210	24.999	45.534	0.936
Jun	26280	36.354	-0.191	2.172	-7.881	35.137	0.923	92.139	225.201	24.085	47.200	0.934
Jul	26506	29.486	-0.423	1.934	-2.344	32.169	0.917	35.049	173.921	12.222	39.397	0.935
Aug	24238	22.389	0.068	1.588	7.495	30.594	0.927	54.647	221.925	16.728	40.365	0.865
Sep	20496	19.389	0.416	1.269	13.087	33.375	0.928	78.221	158.692	24.592	45.754	0.914
Okt	17732	18.053	0.160	0.966	6.373	29.587	0.930	42.128	115.282	17.191	42.067	0.917
Nov	14191	12.263	0.011	0.657	0.651	28.022	0.922	25.641	80.774	14.922	41.549	0.897
Dec	12877	11.703	-0.064	0.617	-2.584	28.482	0.884	17.649	66.887	13.476	38.879	0.873

Tab. č.4 Porovnanie chyby modelovania pre vybrané dni

Deň	Lvz max kcdm ⁻²	Vzťah (4)					Perez (1990), [16]				
		MBD	RMSD	MBD	RMSD	R	MBD	RMSD	MBD	RMSD	R
		kcdm ⁻²		%			kcdm ⁻²		%		
22.7	13.82	-0.767	1.279	-18.440	23.569	0.920	-0.173	0.799	-0.601	13.657	0.927
22.11	1.536	-0.085	0.154	-9.343	19.728	0.946	0.220	0.248	20.111	26.130	0.955
10.7	29.133	0.035	2.236	16.597	41.718	0.918	1.001	2.527	37.824	64.876	0.909
29.11	8.840	-0.048	1.128	-14.346	50.362	0.719	0.547	1.282	37.520	69.541	0.726
5.7	29.486	-0.348	1.863	-8.723	35.457	0.973	0.286	1.939	25.614	52.462	0.969
12.11	8.84	-0.126	0.303	-7.164	12.868	0.987	0.109	0.361	5.944	14.400	0.979

Poznámka : 22.7.94, 22.11.94 - jasný deň, 10.7.94, 29.11.94 - deň s premenlivou obľanosťou, 5.7.94, 12.11.94 - zamračený deň

ZÁVER

Jasové podmienky oblohy určujú celkovú úroveň dennej osvetlenosti v exteriéri a prostredníctvom osvetľovacích otvorov i vo vnútorných priestoroch budov. Integráciou jasov z celej hemisféry môžeme získať úroveň exteriérovej osvetlenosti. Vzhľadom k tomu, že denná osvetlenosť je počas dňa veľmi premenlivá, v technickej praxi sa pre návrh denného osvetlenia budov používajú vzťahy, ktoré normujú jas oblohy v uhle nad horizontom k jasom oblohy v zenite. Možnosť výpočtu úrovne zenitného jasom umožňuje kvantifikovať tieto pomerné rozloženia jasov oblohy.

Príspevok poskytuje možnosť výpočtu Lvz na základe svetelných veličín, ktoré sa systematicky merajú na staniách IDMP, a dáva prostriedok pre posúdenie jasových pomerov v mieste zrakovej práce napr. z dôvodu oslnenia príp. nežiadúceho kontrastu alebo

pri výpočtoch energetických bilancií budov, hlavne v priestoroch budov s horným osvetlením.

PodĎakovanie : Meranie parametrov svetelnej klímy sa uskutočnilo s pomocou grantu Európskej Únie CIPD CT 5033, kým realizáciu vyhodnotenia umožnil grant US-SK 92052 a grant SK-VP 95/5305/013.

ABSTRACT

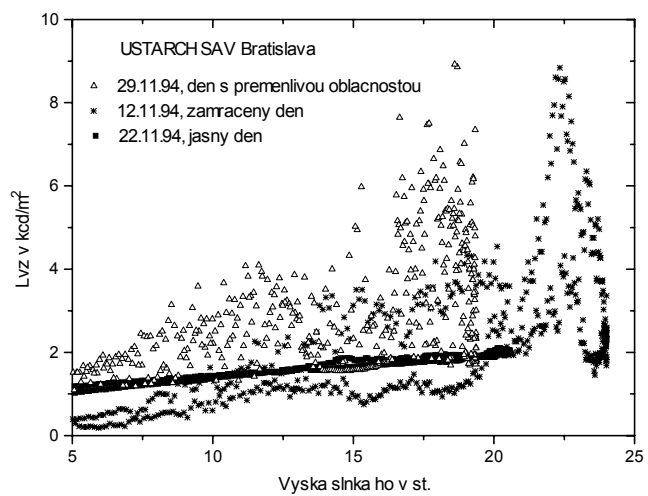
In this paper is presented a method of modelling zenith luminance. In the current Perez's model the best results are obtained when utilizing luminous efficacy for the transfer from irradiance to zenith illuminance as a function of diffusion, normal solar and extraterrestrial illuminance is proposed. This method was compared with Perez's utilizing results of 1-minute measurements of the zenith luminance recorded in Bratislava during the whole 1994 year.

LITERATÚRA

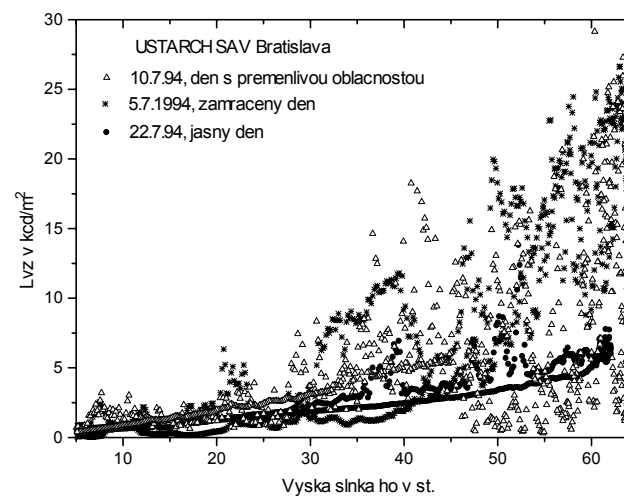
- [1] CIE 108-1994. Guide to recommended practice of daylight measurement.
- [2] STN 73 0580 Denné osvetlenie budov.
- [3] Moon, P., Spencer, D. E.: Illumination from a non-uniform sky. Sky Illum. Eng., 37, 10, 1942, s. 707-726.
- [4] Kochman J.: Über die Horizontalbeleuchtungsstärke der Tagesbeleuchtung. Lichttechnik, 15, 11, 1963, s. 559-562.
- [5] Kittler R., Kittlerová L.: Návrh a hodnotenie denného osvetlenia. ALFA Bratislava 1968, 1975.
- [6] Nakamura, H., Oki, M., Higa, S.: Standardization of the zenith luminance in Japan. In: Proc. of the daylight symposium, Techn. Univ. Berlin 1980, s. 51-58.
- [7] Treado, S., Gillette, G.: Measurements of sky luminance and horizontal solar radiation. Journ. IES, 12, 4, 1983, s. 130-135.
- [8] Kittler, R.: Some considerations concerning the zenith luminance of the cloudless sky. Note to CIE E-3.2 Committee, 7.7.1970.
- [9] Dogniaux, R.: Distribution des luminances zenithales pour des conditions de ciel serein. Communication CIE, E-3.2 Meeting Barcelona 14.9.1971.
- [10] Karayel, M., Navvab, M., Ne'eman, E., Selkowitz, S.: Zenith luminance and sky luminance distributions for daylight calculations. Energy and Buildings, 6, 2-4, 1984, s. 283-291.
- [11] Liebelt, Ch.: Leuchtdichte-und Strahldichte-Verteilung des Himmels. Dr. Ing. Dissertation, Univ. Karlsruhe 1978.
- [12] Kirejev, N. N.: Letter to TC-4.2 Chairman, 4.5.1982.
- [13] Nakamura, H., Oki, M., Hayashi, Y., Iwata, T.: Daylighting availability theory and measurements. International Daylighting Conference, Long Beach, California, p. 61-66, 1986.
- [14] Matsuura K.: Luminance distributions of various reference skies. CIE Technical report, T.C.3-09 (Draft), 1988.
- [15] Perraudeau M.: Climat lumineux á Nantes. Analyse des mesures effectuées en 1991-1994. CSTB Nantes, december 1994.
- [16] Perez, R., Ineichen, P., Seals, R., Michalsky J. and Stewart R.: Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. Solar Energy, 44, 5, 1990, s. 271-289.
- [17] Kittler R., Pulpitlová J.: Základy využívania prírodného svetla. Veda Bratislava 1988.

Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XII. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Velké Bílovice, 1996

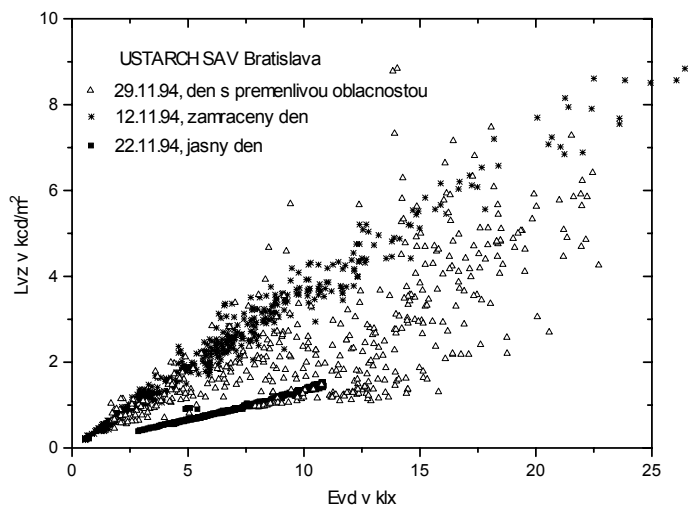
[18] EUR 15006 EN Daylighting in architecture. A European reference book. Commission of the European Communities DG XII, Brussels 1993.



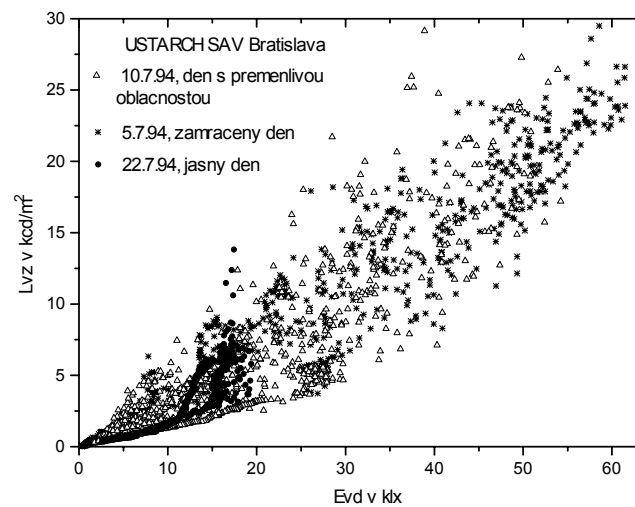
Obr.1 Priebehy Lvz pre vybrané novembrové dni r. 1994



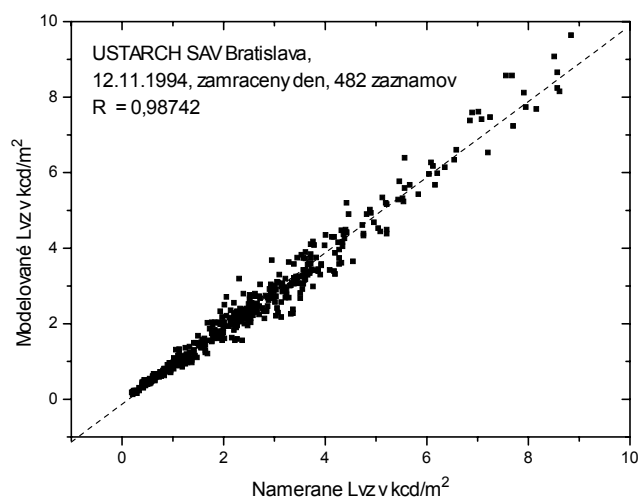
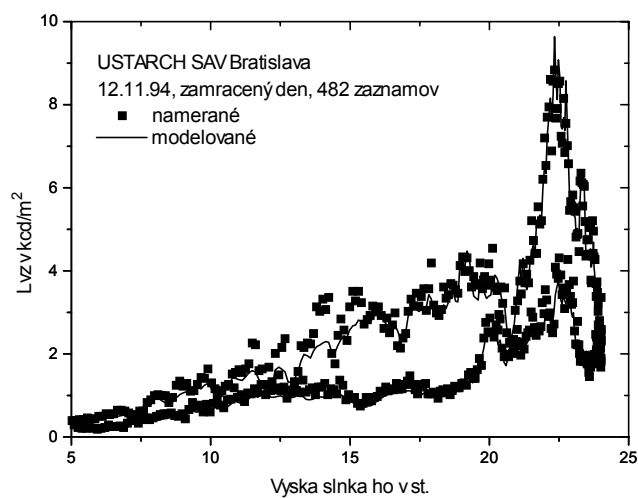
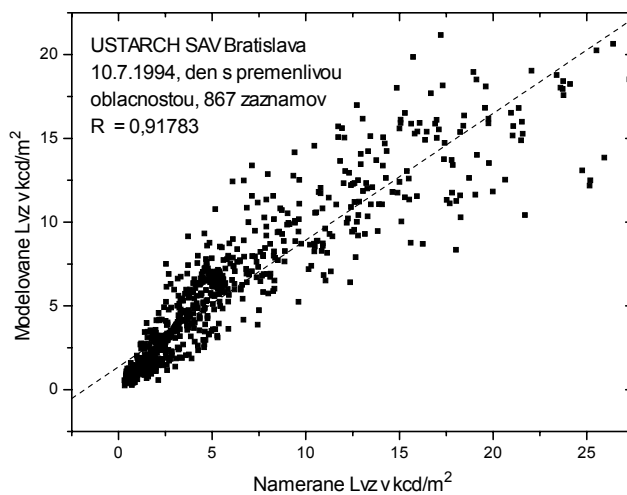
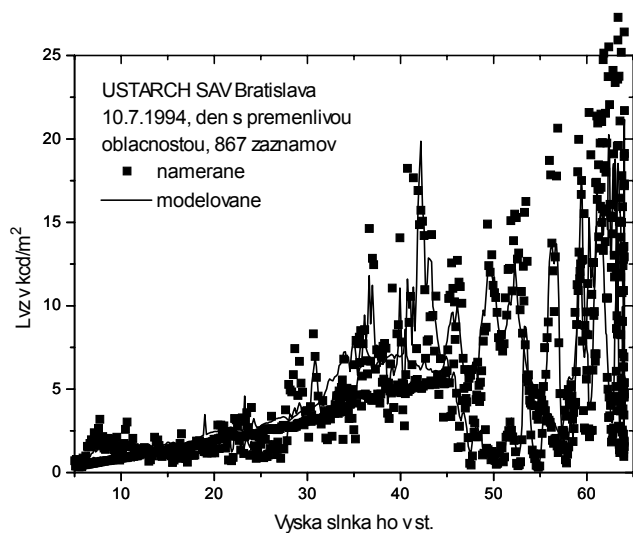
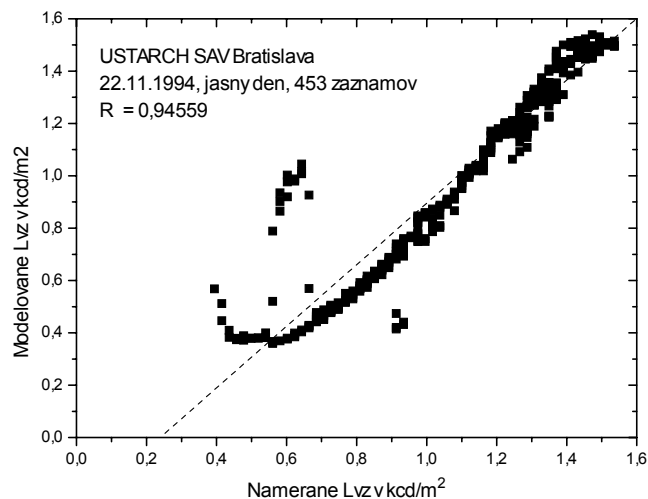
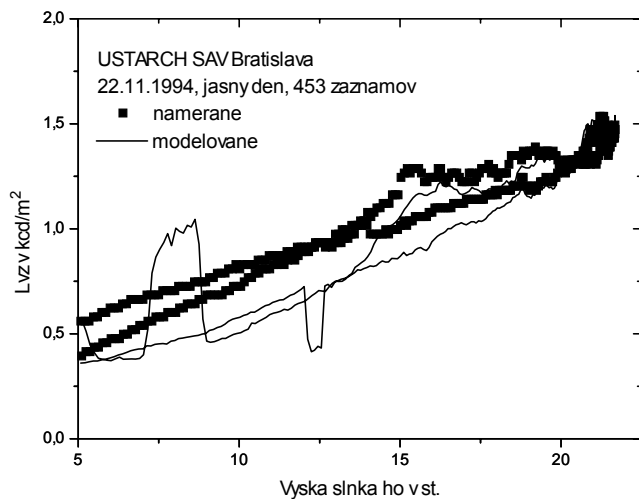
Obr. 2 Priebehy Lvz pre vybrané júlové dni v roku 1994



Obr.3 Úrovně Lvz v závislosti od Evd počas vybraných novembrových dní v roku.



Obr.4 Úrovně Lvz v závislosti od Evd počas vybraných júlových dní v roku 1994



Obr. č. 6, 7, 8, 9, 10 a 11 Porovnanie Lvz medzi nameranými a modelovanými hodnotami pre vybrané dni s charakteristickými svetelnotechnickými situáciami