

Matej Janík

Autoreferát dizertačnej práce

**VÝSKUM FYZIOLOGICKÉHO OSLNENIA VODIČOV PRI SÚBEHU POZEMNÝCH
KOMUNIKÁCIÍ**

na získanie akademickej hodnosti doktor (philosophiae doctor, PhD.)

v doktorandskom študijnom programe: **Elektroenergetika**

v študijnom odbore 5.2.30. elektroenergetika

Miesto a dátum: Bratislava,

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Matej Janík

Autoreferát dizertačnej práce

**VÝSKUM FYZIOLOGICKÉHO OSLNENIA VODIČOV PRI SÚBEHU POZEMNÝCH
KOMUNIKÁCIÍ**

na získanie akademickej hodnosti doktor (philosophiae doctor, PhD.)

v doktorandskom študijnom programe:

Elektroenergetika

Miesto a dátum: Bratislava,

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia

Na Fakulte elektrotechniky a informatiky, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave
Ilkovičova 3, 812 19, Bratislava

Predkladateľ: Ing. Matej Janík
Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Školiteľ: doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Oponenti: doc. Ing. Stanislav Darula, PhD.
Slovenská akadémia vied, Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava 45

prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.
Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Autoreferát bol rozoslaný:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná: dňa o hodine

Na Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ilkovičova 3, 812 19, Bratislava

prof. Dr. Ing. Miloš Oravec
dekan FEI STU

Obsah

Tézy dizertačnej práce	4
Úvod.....	5
1 Hodnotenie fyziologického oslnenia.....	6
1.1 Metóda Úrovne viditeľnosti (Visibility Level).....	6
1.2 Zhodnotenie metód pre hodnotenie oslnenia vo vzťahu ku riešenej problematike	8
2 Vlastné merania automobilových a vlakových svetlometov.....	9
2.1 Meranie vlakového svetlometu na goniofotometri	9
2.2 Terénne meranie vlakového svetlometu	10
3 Verifikácia metodiky Úrovne viditeľnosti pre hodnotenie fyziologického oslnenia.....	11
4 Metodika pre obmedzenie fyziologického oslnenia a návrh zábran proti oslneniu.....	17
4.1 Rozmiestnenie zábran v závislosti od geometrie cestnej premávky.....	17
4.2 Určenie minimálnej výšky zábrany proti oslneniu	18
5 Posúdenie témy pre mezopickú oblasť videnia.....	20
Záver	22
Prínosy dizertačnej práce	23
Odporúčania pre ďalší výskum.....	23
Vybraný zoznam literatúry	23
Publikácie autora.....	24

Tézy dizertačnej práce

1. Komparatívno-analytická štúdia existujúcich systémov na hodnotenie oslnenia vo vonkajších priestoroch
2. Analýza fotometrických parametrov zdrojov oslnenia v doprave
3. Overenie metódy Visibility level pre prípad súbehu pozemných komunikácií
4. Návrh limitných podmienok pri aplikácii metódy Visibility level na súbeh pozemných komunikácií
5. Návrh metodiky na výpočet zábran proti oslneniu v absolútnej súradnicovej sústave
6. Posúdenie miery oslnenia pri súbehu pozemných komunikácií v podmienkach mezopického videnia

Úvod

Práca sa zaoberá meraním a hodnotením oslnenia a jeho pôsobením na pozorovateľa v doprave. Oslnenie môžeme rozdeliť na psychologické a fyziologické. Psychologické oslnenie predstavuje pocit nepohodlia spôsobený zdrojom oslnenia v zornom poli pozorovateľa. V súčasnosti exaktná definícia psychologického oslnenia neexistuje. Je totiž závislé od mnohých faktorov akými sú napríklad: emočný stav, nálada, únava alebo zdravotný stav. V dopravných situáciách je tento jav veľmi častý, avšak z hľadiska bezpečnosti cestnej premávky nie je podstatný.

Fyziologické oslnenie je spôsobené priamym pôsobením zdroja oslnenia, ktorého svetlo sa rozptýli v oku, kde pôsobí najmä na rohovku, šošovku a sklovec a spôsobuje závojový jas cez zorné pole pozorovateľa. Pôsobenie tohto typu oslnenia ovplyvňuje zrakové schopnosti a reakčný čas pozorovateľa. V prípade dopravy bývajú najčastejšie spôsobené stretávacími alebo diaľkovými svetlometmi protiúčastníkov, prípadne od nesprávne navrhutej sústavy verejného osvetlenia.

Táto práca rieši fyziologické oslnenie v prípade súbehov komunikácii (najmä automobilovej a vlakovej). V súčasnosti neexistuje exaktná metodika pre návrh geometrického rozmiestnenia zábran proti oslneniu pre prípad súbehov komunikácii. Práca obsahuje analýzu zdrojov oslnenia a metodík pre jeho hodnotenie. Hlavným prínosom sú však praktické merania verifikujúce využitie jestvujúcej metódy Úrovne viditeľnosti pre hodnotenie špecifických situácií v doprave a na základe týchto meraní odvodenie vzťahu pre návrh zábran proti oslneniu.

1 Hodnotenie fyziologického oslnenia

Pre hodnotenie oslnenia v doprave existuje v súčasnosti množstvo metód. Ako najvhodnejšou pre hodnotenie fyziologického oslnenia od iných účastníkov dopravy sa po ich analýze javila metóda Úrovne viditeľnosti (z angl. Visibility Level – VL). Základ metódy však stále chádza z hodnotenia ekvivalentného závojového jasú od zdroja oslnenie charakterizovaným rovnicou č.1. Zo vzťahu je vyplýva závislosť závojového jasú od intenzity osvetlenia na oku pozorovateľa a uhlu pod ktorým sa nachádza zdroj oslnenia. Zo vzťahu pre ekvivalentný závojový jas neskôr vznikla rovnica CIE pre hodnotenie fyziologického oslnenia. Cie rovnica predstavuje vzťah 1 upravený o koeficient veku, pigmentáciu oka a väčší rozsah pozorovacích uhlov. Finálny tvar CIE rovnice pre hodnotenie fyziologického oslnenia je charakterizovaná rovnicou č.2.

$$L_{eq} = \frac{10 \cdot E_g}{\theta^2} \quad (1)$$

$$\left[\frac{L_{eq}}{E_g} \right] = \frac{10}{\theta^3} + \left[1 + \left(\frac{V}{62.5} \right)^4 \right] * \left[\frac{5}{\theta^2} + \frac{0.1p}{\theta} \right] + 0.025p \quad (2)$$

kde: L_{eq} - ekvivalentný závojový jas (cd.m^{-2}), E_g - osvetlenie oka (lx), θ - uhol oslnenia, k - koeficient veku, V - vek pozorovateľa, p - pigmentácia oka

1.1 Metóda Úrovne viditeľnosti (Visibility Level)

Úroveň viditeľnosti (VL – angl. „Visibility Level“) je najsofistikovanejšou metódou pre hodnotenie fyziologického oslnenia v doprave. Model VL je podrobne rozpracovaný v publikácii ANSI-IESNA-RP-8:00 [1]. Tento model je stručnejšie implementovaný aj do publikácie CIE 115:2010 [2].

Hlavnou myšlienkou tohto modelu je charakterizovať svetelnú inštaláciu na cestách z hľadiska ako dobre vie vodič zaregistrovať na malé teleso nachádzajúce sa na ceste v takej vzdialenosti, v ktorej zvyčajne zbierame informácie. VL charakterizuje schopnosti vodiča lepšie alebo horšie zareagovať na definované teleso nachádzajúce sa na ceste. Táto schopnosť závisí od viacerých faktorov:

- rozdiel medzi jasom pozorovaného objektu a jasom pozadia,
- schopnosti oka adaptovať sa vo vzťahu ku objektu,
- veľkosti oslnenia,
- vizuálnej zložitosti pozadia a dynamiky pohybu,
- farby, veľkosti a tvaru pozorovaného objektu
- veku a stavu zraku vodiča

Jas objektu môže byť väčší ako jas pozadia (pozitívny kontrast) alebo naopak (negatívny kontrast). Pre oba prípady je pre včasný reakčný čas vodiča potrebný určitý minimálny rozdiel jasov.

Metóda VL je vzťahnutá na preddefinovaného pozorovateľa aj pozorovaný objekt.

Štandardizovaný pozorovateľ je definovaný v dokumente ANSI-IESNA-RP-8 ako 60 ročná osoba s pozorovacím časom 0,2 sekundy. Štandardizovaný objekt je ploché teleso 18 cm x 18 cm

s odrazivosťou 50 %, ktoré sa nachádza vo vzdialenosti 83,07 m od pozorovateľa. Samotný výpočet VL sa nachádza len v dokumente ANSI-IESNA-RP-8-00 a je daný základnou rovnicou 3.

$$F_{VL} = \frac{\Delta L_a}{\Delta L_p} \quad (3)$$

kde: F_{VL} - úroveň viditeľnosti, L_a - skutočný jas, L_p - prahový jas

Hodnota ΔL_a predstavuje rozdiel jasov medzi jasom pozorovaného objektu a jasom pozadia. Výpočet je daný rovnicou 4.

$$\Delta L_a = L_f - L_b \quad (4)$$

kde: L_f - jas pozorovaného objektu (cd.m^{-2}), L_b - jas pozadia (cd.m^{-2})

Podrobný výpočet ΔL_p je uvedený v ANSI-IESNA-RP-8:00 - Príloha A. Samotný vzorec bol vytvorený Adrianom a po úpravách ho vyjadruje rovnica 5 .

$$\Delta L_p = k \cdot \left(\frac{\sqrt{\phi}}{\alpha} + \sqrt{F_L} \right)^2 \cdot \frac{\alpha(\alpha, L_b) + t_g}{t_g} \cdot F_{cp} \cdot F_v \quad (5)$$

kde: k - činiteľ pravdepodobnosti postrehnutia ($k = 2.6$ pre 100%), Φ - funkcia svetelného toku, F_L - funkcia jasov, $\alpha(\alpha, L_b)$ - parameter závislý od veľkosti telesa, t_g - pozorovací čas (0.2s podľa ANSI-IESNA-RP-8-00), F_{cp} - korekčný činiteľ, F_v - činiteľ veku vodiča

Hodnota VL menšia ako 1.0 hovorí, že jas predmetu nachádzajúceho sa na komunikácii je menší ako prahový jas takže tento predmet štandardným pozorovateľom nebude viditeľný. Veľmi veľké hodnoty VL naopak vypovedajú, že pozorovaný objekt bude ľahko postrehnuteľný.

Publikácia CIE 115:2010 priamo prideluje minimálne udržiavané hodnoty VL ku triede osvetlenia komunikácie.

Tab. 1: Požiadavky na VL v zmysle publikácie CIE115:2010

Trieda osvetlenia	VL - minimálny udržiavaný
M1	7,5
M2	7
M3	6,5
M4	6
M5	5,5

1.2 Zhodnotenie metód pre hodnotenie oslnenia vo vzťahu ku riešenej problematike

Z analýzy metód pre hodnotenie fyziologického oslnenia v doprave sa ako najvhodnejšia javí metóda Úrovne viditeľnosti. Táto metodika však nikdy nebola verifikovaná priamo pre účel riešenej problematiky. V minulosti však boli riešené štúdie a výskumy využívajúce a verifikujúce VL pre hodnotenie oslnenia v doprave.

Najdôležitejšie výskumy zaoberajúce sa praktickými meraniami VL na účastníkoch dopravy uskutočnili v roku 2001 Sivak a kolektív [3] a v roku 2004 Bacelar [4]. Sivak sa vo svojom výskume zameril na priame a nepriame oslnenie od stretávacích automobilových svetlometov vo vzdialenostiach 25 a 50 metrov od pozorovaného telesa. Bacelar sa vo svojom výskume venoval vplyvu svetlometov na viditeľnosť a pre vyhodnotenie výsledkov využil metódu VL. Výskumu metodiky VL sa venovali aj Ůncü a Kayakus [5], ktorí vo svojej práci riešili vplyv veku pozorovateľa a rozmerov pozorovaného telesa na výslednú hodnotu VL. Verifikácii metódy VL vo vzťahu k verejnému osvetleniu sa vo svojich prácach venovali aj Onaygil a Güler [6,7,8].

Metóda VL a požiadavky pre hodnotenie sú pre podmienky USA stanovené v publikácii ANSI RP-8-00 a pre podmienky Európy v publikácii CIE115:2010. Medzi týmito publikáciami sú však značné rozdiely, na ktoré poukázala vo svojej práci Zalesińska [9].

Najpodstatnejšie rozdiely sú:

1. Odrazivosť a rozmery pozorovaného telesa.

Americká norma udáva odrazivosť telesa 50 % a rozmery 18 cm x 18 cm. Európska publikácia CIE stanovuje podstatne nižšiu odrazivosť 20 % pri mierne väčších rozmerov 20 cm x 20 cm.

2. Vek pozorovateľa

V dokumente ANSI je vek pozorovateľa stanovený na 60 rokov. V európskych podmienkach je zvyčajne uvažovaný 23 ročný pozorovateľ.

3. Klasifikácia triedy osvetlenia podľa komunikácie a interpretácia výsledkov

Práve z dôvodu odlišností medzi dokumentmi nebolo možné objektívne porovnávať jestvujúce štúdie zaoberajúce sa výskumom metodiky VL keďže každá štúdia vychádza z odlišných vstupných parametrov. Neexistuje ani žiadna štúdia ktorá by využívala metódu VL pre hodnotenie oslnenia medzi železničnou dopravou a automobilovou dopravou ani pri súbežoch komunikácii riešených v tejto práci.

Pre overenie a prípadnú úpravu metodiky VL vo vzťahu ku riešenej problematike som uskutočnil sériu vlastných meraní. Merania boli zamerané najmä na verifikáciu VL pri oslnení vodiča automobilu bežne používaným vlakovým svetlometom.

2 Vlastné merania automobilových a vlakových svetlometov

V podmienkach cestnej dopravy sa stretávame s viacerými variáciami vzájomného oslnenia účastníkov cestnej, prípadne vlakovej dopravy. Najčastejším prípadom oslnenia je oslnenie od stretávacích svetlometov protiidúceho, prípadne viacerých protiidúcich automobilov. Nastávajú však aj menej časté prípady oslnenia na súbehoch komunikácii. S takýmto druhom sa stretáme najčastejšie pri súbehoch cestných komunikácii rôznych tried, prípadne pri súbehoch automobilovej a železničnej komunikácie.

Z hľadiska miery pôsobenia je práve fyziologické oslnenie spôsobené priamym pôsobením stretávacích svetlometov iných účastníkov cestnej premávky najnepriaznivejšie. Svetelný tok týchto svetlometov je distribuovaný do relatívne malého priestoru, čo spôsobuje veľký závojový jas na oku pozorovateľa. Po zväžení adaptácie oka na relatívne nízke jasy pozadia a potreby rýchleho reakčného času vodičov je eliminácia fyziologického oslnenia vodičov nevyhnutná.

Dizertačná práca je zameraná najmä na najnepriaznivejší a zároveň najmenej riešený prípad oslnenia účastníka cestnej premávky od vlakového svetlometu. Z tohto dôvodu v tejto časti uvádzam najmä merané svetlno-technické parametre vlakového svetlometu. Príklady merania automobilových svetlometov sú uvedené v kapitole 2.4 dizertačnej práce. Pri zbere vstupných parametrov pre dizertačnú prácu som nenašiel žiadne presné svetlno-technické parametre hlavných vlakových svetlometov. Z tohto dôvodu som vypracoval vlastné merania týchto svetlometov.

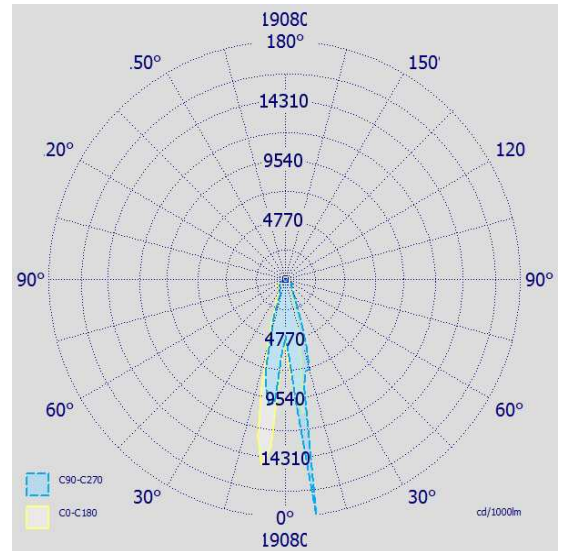
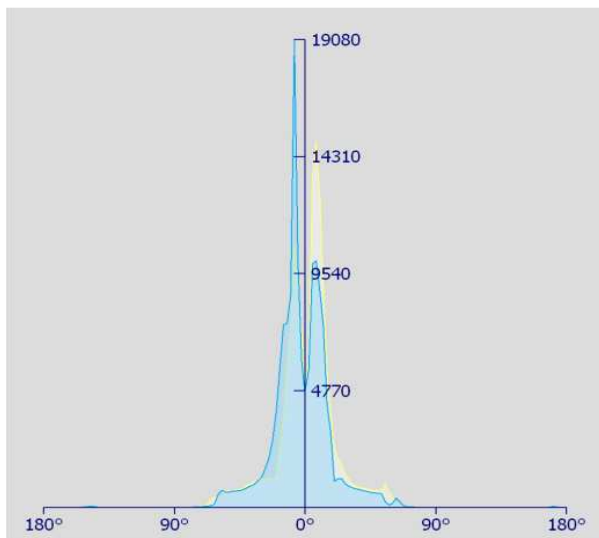
Merania svetlno-technických parametrov vlakových svetlometov boli vyhotovené na svetlomete ktorý je v podmienkach Slovenskej republiky najbežnejšie používaným v dieselových hnacích vozidlách. Práve dieselové hnacie vozidla sa najčastejšie vyskytujú v situáciách súbehov rôznych typov komunikácii. Ako svetelný zdroj je v danom vlakovom svetlomete používaná číra žiarovka s príkonom 500W (meraný svetelný tok 9861 lm).

Pre verifikáciu meraných výsledkov a systému merania sme daný svetlomet merali dvoma spôsobmi. Prvým bolo laboratórne meranie pomocou zrkadlového goniofotometra a druhým terénne meranie pomocou meracej steny a jasového analyzátora.

2.1 Meranie vlakového svetlometu na goniofotometri

Laboratórne merania boli vyhotovené na zrkadlovom goniofotometri. Krok merania v meracej rovine C bol 45° pri natáčaní vlakového svetlometu po $2,5^\circ$ (od 0° po 180°).

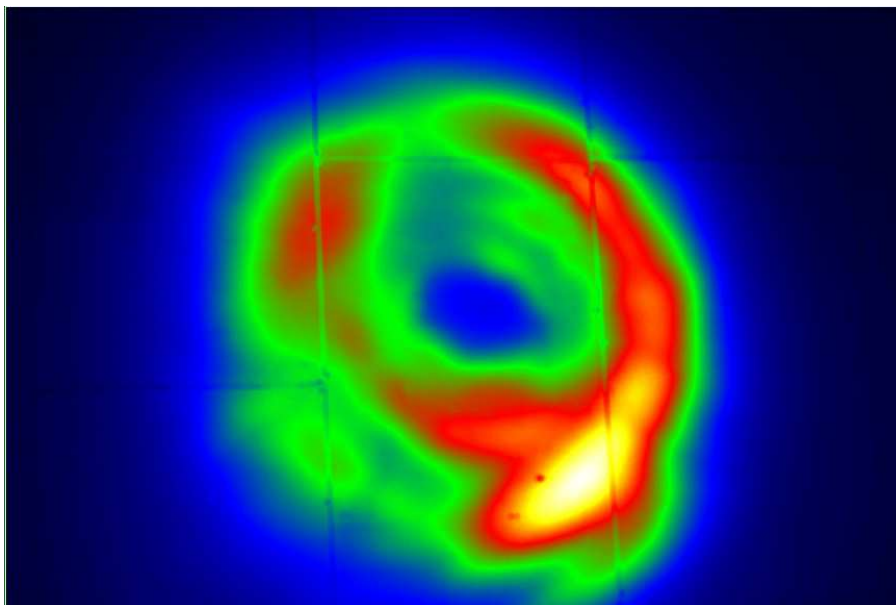
Z nameraných hodnôt sme vytvorili krivky svietivosti znázornené na obrázku č. 1 (v polárnych a pravoúhlych súradniciach). Krivky svietivosti sme pre lepšiu interpretáciu výsledkov neprepočítavali na 1000 lm.



Obr. 1: Krivky svietivosti vlakového svetlometu – meranie goniofotometer

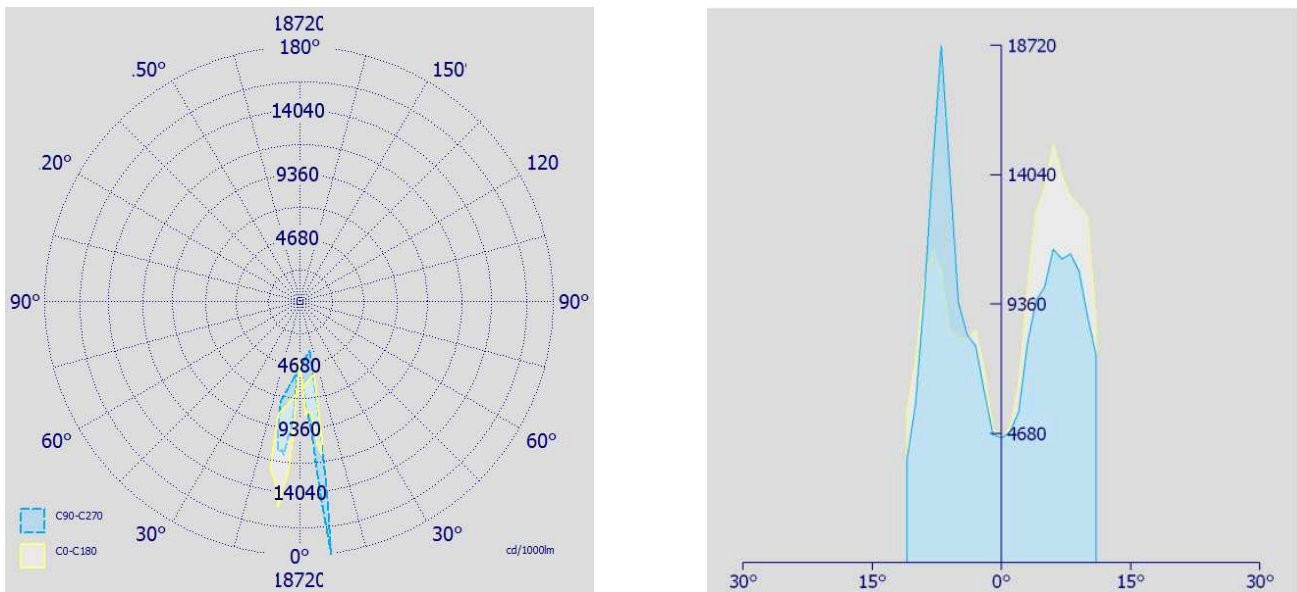
2.2 Terénne meranie vlakového svetlometu

Terénne merania vlakového svetlometu boli vyhotovené na skonštruovanej meracej stene s jednotným činiteľom odrazu 80 % pomocou jasového analyzátora. Meracia stena bola vyhotovená v prostredí s možno najväčším obmedzením rušivých vplyvov s jasom pozadia blížiacim sa k 0 cd/m^2 . Jas meracej steny bol následne zaznamenaný jasovým analyzátorom LMK 2000. Na obrázku 2 je znázornený výstup z jasového analyzátora LMK 2000.



Obr. 2: Rozloženie jasového svetlometu na meracej stene

Z nameraných hodnôt sme vytvorili krivky svietivosti znázornené na obrázku č. 3 (v polárnych a pravoúhlych súradniciach). Krivky svietivosti sme pre lepšiu interpretáciu výsledkov neprepočítavali na 1000 lm.



Obr. 3: Krivky svietivosti vlakového svetlometu – jasový analyzátor

Získaná krivka svietivosti predstavuje vstupný parameter pre teoretické výpočty oslnenia pomocou metódy VL riešeného v tejto práci. Keďže bolo merania krivky svietivosti verifikované dvomi principiálne odlišnými metódami a každou sme získali takmer identický výsledok považujem získanú krivku svietivosti za presnú a vhodnú pre ďalšie výpočty.

3 Verifikácia metodiky Úrovnne viditeľnosti pre hodnotenie fyzilogického oslnania

Ako už bolo v úvodných kapitolách tejto práce spomenuté, metóda Úrovnne viditeľnosti (VL – angl. „Visibility Level“) nebola nikdy verifikovaná v medziach riešenej problematiky. Pre potvrdenie platnosti tejto metódy sme vykonali sériu praktických terénnych meraní, ktoré sme porovnali s teoreticky vypočítanými hodnotami.

Princíp praktických meraní spočíval v zámernom oslňovaní pozorovateľa nachádzajúceho sa vo vozidle na komunikácii. Meraniami sme sa snažili čo možno najvernejšie demonštrovať reálnu situáciu. Celkovo bolo pre účel meraní použitých 6 rôznych pozorovateľov. Každý z pozorovateľov bol oslňovaný vlakovým svetlometom zo vzdialenosti 70 až 750 m ktorý sa nachádzal v uhloch 0°, 7,5°, 15°, 30°, 45° od osi komunikácie.

Vozidlo sa nachádzalo na asfaltovej komunikácii bez verejného osvetlenia. Rušivé svetelné vplyvy na túto komunikáciu boli minimálne. Vozidlo malo spustené stretávacie svetlomety, ktoré boli pred meraním vyčistené a nastavené. V osi jazdného pruhu sa vo vzdialenosti 83,07 m od pozorovateľa nachádzali pozorované predmety. Vzhľadom na rôznorodé situácie na komunikácii bola každá situácia hodnotená pre štyri rôzne pozorované predmety. Prvým predmetom bol objekt štandardizovaný dokumentom ANSI-IESNA-RP-8 s veľkosťou strany 18 cm a činiteľom odrazu 50 %. Druhý objekt mal totožné rozmery s prvým objektom ale predstavoval tmavší a horšie viditeľný predmet s činiteľom odrazu 30 %. Ďalšie dva objekty boli väčšie štvorcové telesá so stranou 50 cm s činiteľmi odrazu 30 % a 50 %.

Z praktického merania boli zozbierané vstupné informácie pre výpočet činiteľa VL. Vypočítané hodnoty VL boli následne porovnané so subjektívnymi pocitmi pozorovateľa. Každý pozorovateľ hodnotil subjektívne všetky pozorované telesá v zmysle tabuľky č.2.

Tab. 2: Slovná interpretácia subjektívneho hodnotenia oslnenia pozorovateľom

Stupeň	Pozorovateľnosť telesa	Popis
1	Nepozorovateľné	Teleso nie je možné na komunikácii detekovať
2	Slabo pozorovateľné	Teleso je možné detekovať, ale nie je možná jednoznačná identifikácia tvaru a veľkosti telesa
3	Pozorovateľné teleso	Je možné rozoznať tvar, rozmery a typ telesa. Zdroj oslnenia ale stále spôsobuje fyziologické oslnenie.
4	Dobre pozorovateľné	Zdroj oslnenia nezhoršuje kvalitu videnia

V tabuľkách č.3,4,5 a 6 sú uvedené výsledné hodnoty VL a subjektívne výsledky terénneho merania pre každého z pozorovateľov v závislosti od veľkosti a činiteľa odrazu pozorovaného telesa.

Z hľadiska celkového vyhodnotenia výsledkov rozdelím výsledky tejto práce do dvoch základných skupín. V prvej skupine sa budú nachádzať výsledky pre polohy zdroja oslnenia od 15° do 45° od smeru pohľadu pozorovateľa. V tomto prípade sa zdroj oslnenia nenachádzal v priamom smere pohľadu pozorovateľa a z výsledkov je jednoznačne vidno, že miera oslnenia nie je taká veľká ako tomu je pri polohe zdroja v osi pohľadu pozorovateľa. Ako hraničná hodnota VL pre pozorovanie a detekciu telesa hodnota VL v rozmedzí 3 - 4. Vzhľadom na skutočnosti o chybách a skreslení terénnych meraní uvedených v úvode tejto kapitoly a na zložitosť cestnej premávky, maximálne povolené rýchlosti všetkých účastníkov dopravy, reakčné časy a brzdné dráhy automobilov na komunikáciách pri triede M1 v zmysle publikácie CIE115:2010 považujem hodnotu $VL=7,5$ za vhodne zvolenú a nepovažujem za potrebné túto hodnotu upravovať.

V druhej skupine sa nachádzajú výsledky pre polohy zdroja oslnenia do 15° od smeru pohľadu pozorovateľa. Ako možno vidieť, hraničná hodnota VL pre pozorovanie a detekciu telesa sa v tomto prípade posunula ku podstatne vyšším hodnotám ako tomu bolo v predchádzajúcej situácii. V tomto prípade sa nám ako hraničná hodnota VL javí hodnota cca $VL = 15$ čo je dvojnásobne vyššia hodnota ako minimálna udržiavaná hodnota VL v zmysle dokumentu CIE115:2010. Pri umiestnení takto silného zdroja oslnenia prakticky priamo do osi jazdného pruhu sa nám javí metodika Úrovne viditeľnosti ako benevolentná. Vzhľadom na široké spektrum v súčasnosti používaných vlakových svetlometov (vrátane LED svetlometov s relatívne veľkými maximami svietivosti v niektorých smeroch) je nevyhnutná úplná eliminácia zdroja oslnenia na pozorovateľov osi komunikácie.

Ako podstatný sa javil aj vplyv rozmerov a činiteľa odrazu telesa na viditeľnosť. Pri pozorovaní telesa rozmerov 18 cm x 18 cm s činiteľom odrazu 30 %, ani pri najväčších meraných vzdialenostiach svetlometu od zdroja oslnenia, nepresiahla hodnota vypočítaného činiteľa VL hodnotu 3,7. V praxi potrebujeme na komunikáciách vnímať najmä dopravné značenie, ostatných účastníkov cestnej premávky alebo chodcov vedľa komunikácie, prípadne objekty na komunikácii ktoré by mohli spôsobiť nehodu alebo poškodenie motorového vozidla. Z tohto dôvodu odporúčam pre hodnotenie činiteľa Úrovne viditeľnosti využívať referenčný objekt stanovený publikáciou ANSI.

Tab. 3: Subjektívne hodnotenie pozorovateľov - teleso 18 cm x 18 cm, činiteľ odrazu 30 %

18x18; 30%	Priamy smer						7,5 stupňa						15 stupňov						30 stupňov						45 stupňov										
Vzdialenosť [m]	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6
70	0,03	1	1	1	1	1	1	0,87	1	1	1	1	1	1	1,63	1	1	1	1	1	1	2,61	1	1	1	1	1	1	3,10	1	1	1	1	1	1
100	0,03	1	1	1	1	1	1	1,24	1	1	1	1	1	1	2,14	2	1	1	1	1	1	3,06	3	3	3	3	3	3	3,40	3	3	3	3	3	3
140	0,04	1	1	1	1	1	1	1,68	1	1	1	1	1	1	2,63	2	2	2	2	2	2	3,35	3	3	3	3	3	3	3,55	3	3	3	3	3	3
150	0,04	1	1	1	1	1	1	1,77	1	1	1	1	1	1	2,72	3	3	3	3	3	3	3,40	3	3	3	3	3	3	3,57	3	4	3	4	3	3
200	0,04	1	1	1	1	1	1	2,19	2	1	1	1	1	1	3,07	3	3	3	3	3	3	3,54	4	4	4	4	4	4	3,63	4	4	4	4	4	4
210	0,04	1	1	1	1	1	1	2,26	2	1	1	1	2	2	3,12	3	3	3	4	3	4	3,55	4	4	4	4	4	4	3,64	4	4	4	4	4	4
250	0,91	1	1	1	1	1	1	2,51	2	2	2	2	2	2	3,27	4	3	4	4	4	4	3,60	4	4	4	4	4	4	3,66	4	4	4	4	4	4
280	1,01	1	1	1	1	1	1	2,67	3	3	2	3	3	3	3,36	4	4	4	4	4	4	3,62	4	4	4	4	4	4	3,67	4	4	4	4	4	4
300	1,07	1	1	1	1	1	1	2,76	3	3	2	3	3	3	3,40	4	4	4	4	4	4	3,63	4	4	4	4	4	4	3,67	4	4	4	4	4	4
350	1,23	1	1	1	1	1	1	2,95	3	3	3	3	3	3	3,48	4	4	4	4	4	4	3,65	4	4	4	4	4	4	3,68	4	4	4	4	4	4
400	1,39	1	1	1	1	1	1	3,10	3	3	3	3	3	3	3,54	4	4	4	4	4	4	3,66	4	4	4	4	4	4	3,68	4	4	4	4	4	4
450	1,53	1	1	1	1	1	1	3,21	4	4	3	3	4	4	3,58	4	4	4	4	4	4	3,67	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4
500	1,66	2	1	1	1	2	1	3,30	4	4	4	4	4	4	3,60	4	4	4	4	4	4	3,68	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4
550	1,79	2	1	1	1	2	2	3,36	4	4	4	4	4	4	3,62	4	4	4	4	4	4	3,68	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4
600	1,90	2	2	2	2	2	2	3,42	4	4	4	4	4	4	3,63	4	4	4	4	4	4	3,68	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4
650	2,02	2	2	2	2	2	2	3,46	4	4	4	4	4	4	3,64	4	4	4	4	4	4	3,68	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4
700	2,12	2	2	2	2	2	2	3,50	4	4	4	4	4	4	3,65	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4
750	2,21	3	2	2	2	2	2	3,52	4	4	4	4	4	4	3,66	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4	3,69	4	4	4	4	4	4

Tab. 4: Subjektívne hodnotenie pozorovateľov - teleso 18 cm x 18 cm, činiteľ odrazu 50 %

18x18; 50%	Priamy smer						7,5 stupňa						15 stupňov						30 stupňov						45 stupňov										
Vzdialenosť [m]	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6
70	0,07	1	1	1	1	1	1	1,88	2	3	2	2	2	2	3,54	4	3	4	4	3	4	5,68	4	4	4	4	4	4	6,74	4	4	4	4	4	4
100	0,07	1	1	1	1	1	1	2,70	3	3	3	3	3	3	4,66	4	4	4	4	4	4	6,64	4	4	4	4	4	4	7,38	4	4	4	4	4	4
140	0,08	1	1	1	1	1	1	3,65	3	4	3	3	4	3	5,71	4	4	4	4	4	4	7,28	4	4	4	4	4	4	7,72	4	4	4	4	4	4
150	0,08	1	1	1	1	1	1	3,86	4	4	3	4	4	4	5,91	4	4	4	4	4	4	7,38	4	4	4	4	4	4	7,76	4	4	4	4	4	4
200	0,08	1	1	1	1	1	1	4,76	4	4	4	4	4	4	6,66	4	4	4	4	4	4	7,68	4	4	4	4	4	4	7,89	4	4	4	4	4	4
210	0,08	1	1	1	1	1	1	4,92	4	4	4	4	4	4	6,77	4	4	4	4	4	4	7,72	4	4	4	4	4	4	7,91	4	4	4	4	4	4
250	1,97	1	1	1	1	1	1	5,46	4	4	4	4	4	4	7,11	4	4	4	4	4	4	7,82	4	4	4	4	4	4	7,95	4	4	4	4	4	4
280	2,19	1	1	1	1	1	1	5,80	4	4	4	4	4	4	7,29	4	4	4	4	4	4	7,87	4	4	4	4	4	4	7,96	4	4	4	4	4	4
300	2,33	1	1	1	1	1	1	5,99	4	4	4	4	4	4	7,39	4	4	4	4	4	4	7,89	4	4	4	4	4	4	7,97	4	4	4	4	4	4
350	2,68	1	1	1	1	1	1	6,40	4	4	4	4	4	4	7,57	4	4	4	4	4	4	7,93	4	4	4	4	4	4	7,99	4	4	4	4	4	4
400	3,01	1	1	1	1	1	1	6,72	4	4	4	4	4	4	7,69	4	4	4	4	4	4	7,96	4	4	4	4	4	4	8,00	4	4	4	4	4	4
450	3,32	1	1	1	1	1	1	6,97	4	4	4	4	4	4	7,77	4	4	4	4	4	4	7,97	4	4	4	4	4	4	8,00	4	4	4	4	4	4
500	3,61	2	1	2	1	2	1	7,16	4	4	4	4	4	4	7,82	4	4	4	4	4	4	7,98	4	4	4	4	4	4	8,01	4	4	4	4	4	4
550	3,88	2	1	2	2	2	1	7,31	4	4	4	4	4	4	7,86	4	4	4	4	4	4	7,99	4	4	4	4	4	4	8,01	4	4	4	4	4	4
600	4,13	2	2	2	2	2	2	7,42	4	4	4	4	4	4	7,89	4	4	4	4	4	4	8,00	4	4	4	4	4	4	8,01	4	4	4	4	4	4
650	4,38	2	2	2	2	2	2	7,52	4	4	4	4	4	4	7,92	4	4	4	4	4	4	8,00	4	4	4	4	4	4	8,02	4	4	4	4	4	4
700	4,59	2	2	3	2	2	2	7,59	4	4	4	4	4	4	7,93	4	4	4	4	4	4	8,01	4	4	4	4	4	4	8,02	4	4	4	4	4	4
750	4,80	3	2	3	3	2	3	7,65	4	4	4	4	4	4	7,95	4	4	4	4	4	4	8,01	4	4	4	4	4	4	8,02	4	4	4	4	4	4

Tab. 5: Subjektívne hodnotenie pozorovateľov - teleso 50 cm x 50 cm, činiteľ odrazu 30 %

50x50; 30%	Priamy smer						7,5 stupňa						15 stupňov						30 stupňov						45 stupňov										
Vzdialenosť [m]	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6
70	0,04	1	1	1	1	1	1	2,86	3	3	2	3	3	3	5,56	4	4	4	4	4	4	9,76	4	4	4	4	4	4	12,37	4	4	4	4	4	4
100	0,05	1	1	1	1	1	1	4,15	3	3	3	3	3	4	7,63	4	4	4	4	4	4	12,08	4	4	4	4	4	4	14,27	4	4	4	4	4	4
140	0,05	1	1	1	1	1	1	5,75	4	4	3	4	4	4	9,82	4	4	4	4	4	4	13,96	4	4	4	4	4	4	15,54	4	4	4	4	4	4
150	0,05	1	1	1	1	1	1	6,13	4	4	4	4	4	4	10,28	4	4	4	4	4	4	14,28	4	4	4	4	4	4	15,74	4	4	4	4	4	4
200	0,05	1	1	1	1	1	1	7,84	4	4	4	4	4	4	12,14	4	4	4	4	4	4	15,40	4	4	4	4	4	4	16,37	4	4	4	4	4	4
210	0,05	1	1	1	1	1	1	8,14	4	4	4	4	4	4	12,43	4	4	4	4	4	4	15,55	4	4	4	4	4	4	16,44	4	4	4	4	4	4
250	3,00	1	1	1	1	1	1	9,27	4	4	4	4	4	4	13,42	4	4	4	4	4	4	16,01	4	4	4	4	4	4	16,68	4	4	4	4	4	4
280	3,35	1	1	1	1	1	1	10,02	4	4	4	4	4	4	13,99	4	4	4	4	4	4	16,24	4	4	4	4	4	4	16,80	4	4	4	4	4	4
300	3,57	1	1	1	1	1	1	10,47	4	4	4	4	4	4	14,31	4	4	4	4	4	4	16,37	4	4	4	4	4	4	16,85	4	4	4	4	4	4
350	4,12	1	1	1	1	1	1	11,47	4	4	4	4	4	4	14,95	4	4	4	4	4	4	16,59	4	4	4	4	4	4	16,96	4	4	4	4	4	4
400	4,67	2	1	1	1	1	1	12,31	4	4	4	4	4	4	15,42	4	4	4	4	4	4	16,75	4	4	4	4	4	4	17,04	4	4	4	4	4	4
450	5,19	2	1	1	1	1	1	13,00	4	4	4	4	4	4	15,76	4	4	4	4	4	4	16,86	4	4	4	4	4	4	17,09	4	4	4	4	4	4
500	5,70	2	1	2	1	2	1	13,57	4	4	4	4	4	4	16,03	4	4	4	4	4	4	16,93	4	4	4	4	4	4	17,12	4	4	4	4	4	4
550	6,17	2	1	2	2	2	1	14,04	4	4	4	4	4	4	16,22	4	4	4	4	4	4	16,99	4	4	4	4	4	4	17,15	4	4	4	4	4	4
600	6,64	2	2	2	2	2	2	14,43	4	4	4	4	4	4	16,38	4	4	4	4	4	4	17,04	4	4	4	4	4	4	17,17	4	4	4	4	4	4
650	7,09	2	2	2	2	2	2	14,78	4	4	4	4	4	4	16,51	4	4	4	4	4	4	17,07	4	4	4	4	4	4	17,18	4	4	4	4	4	4
700	7,51	2	2	3	3	3	2	15,05	4	4	4	4	4	4	16,60	4	4	4	4	4	4	17,10	4	4	4	4	4	4	17,19	4	4	4	4	4	4
750	7,92	3	3	3	3	3	3	15,29	4	4	4	4	4	4	16,69	4	4	4	4	4	4	17,12	4	4	4	4	4	4	17,21	4	4	4	4	4	4

Tab. 6: Subjektívne hodnotenie pozorovateľov - teleso 50 cm x 50 cm, činiteľ odrazu 50 %

50x50; 50%	Priamy smer						7,5 stupňa						15 stupňov						30 stupňov						45 stupňov										
Vzdialenosť [m]	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6	VL	Poz. 1	Poz. 2	Poz. 3	Poz. 4	Poz. 5	Poz. 6
70	0,09	1	1	1	1	1	1	6,21	3	3	3	3	4	3	12,08	4	4	4	4	4	4	21,19	4	4	4	4	4	4	26,86	4	4	4	4	4	4
100	0,10	1	1	1	1	1	1	9,02	4	4	3	4	4	4	16,57	4	4	4	4	4	4	26,24	4	4	4	4	4	4	31,00	4	4	4	4	4	4
140	0,10	1	1	1	1	1	1	12,50	4	4	4	4	4	4	21,33	4	4	4	4	4	4	30,31	4	4	4	4	4	4	33,76	4	4	4	4	4	4
150	0,10	1	1	1	1	1	1	13,31	4	4	4	4	4	4	22,33	4	4	4	4	4	4	31,02	4	4	4	4	4	4	34,19	4	4	4	4	4	4
200	0,11	1	1	2	1	1	1	17,02	4	4	4	4	4	4	26,36	4	4	4	4	4	4	33,44	4	4	4	4	4	4	35,55	4	4	4	4	4	4
210	0,11	1	1	2	1	1	1	17,69	4	4	4	4	4	4	27,00	4	4	4	4	4	4	33,77	4	4	4	4	4	4	35,72	4	4	4	4	4	4
250	6,52	2	1	2	1	2	1	20,14	4	4	4	4	4	4	29,14	4	4	4	4	4	4	34,76	4	4	4	4	4	4	36,23	4	4	4	4	4	4
280	7,27	2	2	2	1	2	1	21,77	4	4	4	4	4	4	30,40	4	4	4	4	4	4	35,28	4	4	4	4	4	4	36,48	4	4	4	4	4	4
300	7,75	2	2	2	2	2	2	22,75	4	4	4	4	4	4	31,09	4	4	4	4	4	4	35,55	4	4	4	4	4	4	36,61	4	4	4	4	4	4
350	8,95	2	2	3	2	2	2	24,91	4	4	4	4	4	4	32,47	4	4	4	4	4	4	36,04	4	4	4	4	4	4	36,85	4	4	4	4	4	4
400	10,14	3	2	3	3	2	3	26,74	4	4	4	4	4	4	33,49	4	4	4	4	4	4	36,38	4	4	4	4	4	4	37,00	4	4	4	4	4	4
450	11,27	3	2	3	3	3	3	28,23	4	4	4	4	4	4	34,24	4	4	4	4	4	4	36,61	4	4	4	4	4	4	37,11	4	4	4	4	4	4
500	12,37	3	3	3	3	3	3	29,48	4	4	4	4	4	4	34,81	4	4	4	4	4	4	36,78	4	4	4	4	4	4	37,19	4	4	4	4	4	4
550	13,41	3	3	3	3	3	3	30,49	4	4	4	4	4	4	35,24	4	4	4	4	4	4	36,91	4	4	4	4	4	4	37,24	4	4	4	4	4	4
600	14,41	3	3	3	3	3	3	31,35	4	4	4	4	4	4	35,57	4	4	4	4	4	4	37,00	4	4	4	4	4	4	37,29	4	4	4	4	4	4
650	15,41	3	4	4	3	4	3	32,10	4	4	4	4	4	4	35,85	4	4	4	4	4	4	37,08	4	4	4	4	4	4	37,32	4	4	4	4	4	4
700	16,31	4	4	4	4	4	4	32,69	4	4	4	4	4	4	36,06	4	4	4	4	4	4	37,14	4	4	4	4	4	4	37,35	4	4	4	4	4	4
750	17,19	4	4	4	4	4	4	33,21	4	4	4	4	4	4	36,24	4	4	4	4	4	4	37,19	4	4	4	4	4	4	37,37	4	4	4	4	4	4

4 Metodika pre obmedzenie fyzilogického oslnenia a návrh zábran proti oslneniu

Systémy zábran proti oslneniu v súčasnosti riešia dve normy. Prvou je STN EN 12676-1 [10] ktorá sa zaoberá účinnosťou a funkčnými charakteristikami zábran na pozemných komunikáciách. Druhá norma STN EN 12676-2 [11] sa zaoberá skúšobnými metódami ktoré sa na týchto zábranách vykonávajú. V normách sú stanovené charakteristiky systémov z hľadiska optickej účinnosti, mechanického prevedenia a údržby prvkov.

Analyzovane normy neriešia úpravu zábrany proti oslneniu ani účinnej výšky pre prípad oslnenia medzi automobilovou a železničnou dopravou. Aktuálne používaný systém návrhu zábran proti oslneniu vykazuje viacero nedostatkov:

1. Norma rieši len redukciu účinkov oslnenia na strednom deliacom páse smerovo rozdelených pozemných komunikácií. Norma rieši prakticky iba clony upevnené na zvodidlá.
2. Norma žiadnym spôsobom neudáva úpravu výpočtov pre prípad oslnenia od rušňa železničnej dopravy ani od iného podobne silného zdroja oslnenia nachádzajúceho sa mimo pozemnej komunikácie.
3. Norma žiadnym spôsobom nezvažuje mieru oslnenia ani neudáva žiadny výpočet minimálnu vzdialenosť železničnej dopravy od komunikácie pri ktorej nie je potreba inštalácie clôn proti oslneniu.

Z vyššie uvedených dôvodov považujem za nevyhnutné upraviť metodiku návrhu clôn na základe reálneho geometrického usporiadania vyskytujúceho sa pri súbehu železničnej a automobilovej dopravy.

Navrhovaná metodika výpočtu zábran proti oslnenie vychádza z jasových pomerov pri súbehu komunikácii. Riešením je navrhnúť clonu tak aby obmedzovala oslnenie pre najhorší možný prípad. Pre účely tejto dizertačnej práce to je prípad oslnenia vodiča nákladného automobilu (oko vodiča sa nachádza najvyššie nad povrchom vozovky z pomedzi všetkých účastníkov dopravy) svetlometom vlaku (svetelným zdroj s úzkou krivkou svietivosti a vysokou svietivosťou).

4.1 Rozmiestnenie zábran v závislosti od geometrie cestnej premávky

V prípadoch keď nie je exaktne daná krivka svietivosti osľňujúceho zdroja odporúčam ako základné charakteristiky vlakového svetlometu uvažovať maximálnu hodnotu svietivosti a uhol desatinnej svietivosti. Uhol desatinnej svietivosti je uhol medzi osovým smerom 0° a smerom, pri ktorom je hodnota svietivosti rovná jednej desatine svietivosti. Z takejto charakteristiky vieme relatívne spoľahlivo vyhodnotiť skutočnú situáciu na komunikácii. V zmysle vypočítaných hodôt VL a subjektívneho hodnotenia pozorovateľov je definícia potreby rozmiestnenia zábran rozdelená do troch základných skupín.

1. Zdroj oslnenia v centre foveálneho videnia a zároveň pozorovateľ v uhle desatinnej svietivosti vlakového svetlometu

Pri súbehoch komunikácii, kde sa zdroj oslnenia nachádza v centre foveálneho zorného poľa pozorovateľa (do 15° od osi komunikácie) a zároveň sa pozorovateľ nachádza v uhle desatinnej svietivosti svetlometu na súbežnej komunikácii, musí byť zábrana proti oslneniu umiestnená medzi pozorovateľom a zdrojom oslnenia tak, aby bola hodnota činiteľa VL pre referenčné teleso 18 cm x 18 cm s činiteľom odrazu 50% limitovaná na minimálnu udržiavanú úroveň VL=10. Pokiaľ riešená komunikácia nie je osvetlená prostredníctvom verejného osvetlenia a jas pozadia sa blíži ku hodnote 0, závojový jas L_v od zdroja oslnenia nesmie presiahnuť hodnotu $0,01 \text{ cd/m}^2$.

2. Zdroj oslnenia v okrajových častiach foveálneho videnia a v periférnom videní a zároveň pozorovateľ v uhle desatinnej svietivosti vlakového svetlometu

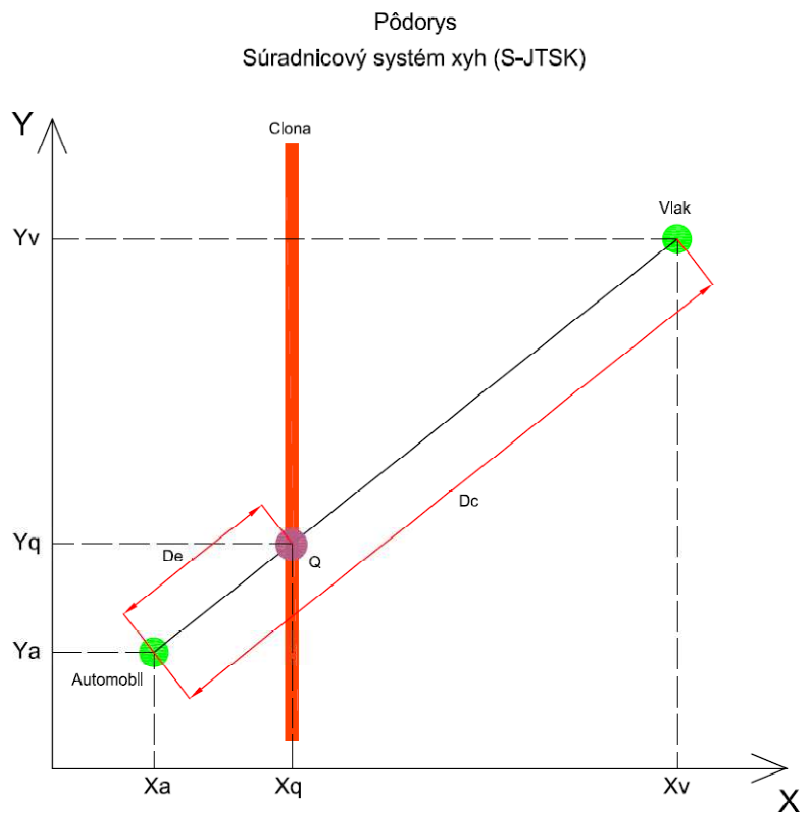
Pri súbehoch komunikácii, kde sa zdroj oslnenia nachádza v okrajových častiach foveálneho zorného poľa (od 15° od osi komunikácie) a v periférnej oblasti videnia pozorovateľa a zároveň sa pozorovateľ nachádza v uhle desatinnej svietivosti svetlometu na súbežnej komunikácii, musí byť zábrana proti oslneniu umiestnená medzi pozorovateľom a zdrojom oslnenia tak, aby bola hodnota minimálna hodnota činiteľa VL pre referenčné teleso 18 cm x 18 cm s činiteľom odrazu 50% určená v zmysle publikácie CIE 115-2010.

3. Zdroj oslnenia mimo foveálneho a periférneho videnia alebo pozorovateľ mimo uhla desatinnej svietivosti vlakového svetlometu

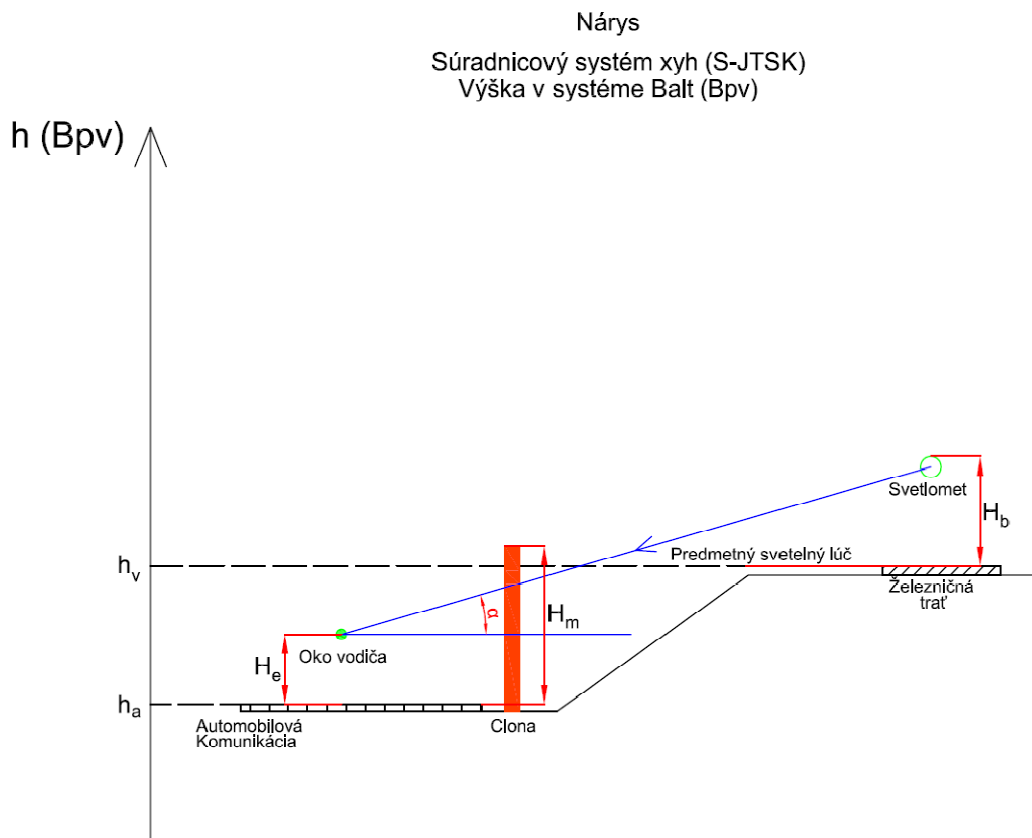
Pri súbehoch komunikácii, kde sa zdroj oslnenia nenachádza v okrajových častiach foveálneho zorného poľa (od 15° od osi komunikácie) ani v periférnej oblasti videnia pozorovateľa alebo sa pozorovateľ nenachádza v uhle desatinnej svietivosti svetlometu na súbežnej komunikácii nemusí byť vyhotovená zábrana proti oslneniu.

4.2 Určenie minimálnej výšky zábrany proti oslneniu

Na základe vyššie zvolenej kategorizácie geometrie cestnej premávky (pozorovateľa a zdroja oslnenia) je zjavné kedy musí byť vyhotovená zábrana proti oslneniu. Nie je však definované, akej výšky táto zábrana musí byť. Pre určenie minimálnej výšky clony proti oslneniu bola vypracovaná metodika založená na princípe tienenia riešeného svetelného lúča medzi zdrojom oslnenia a okom pozorovateľa. Na obrázku č.4 sa nachádza modelová situácia a definovanie vstupných parametrov pre výpočet minimálnej výšky clony. Vstupné parametre polohy pozorovateľa, zdroja oslnenia a clony proti oslneniu sú zadávané v absolútnej súradnicovej sústave. Ako referenčné systémy sú zvolené geodetické súradnicové systémy S-JTSK, ETRS89 alebo WGS84 v kartografických zobrazeniach xyh (dvojrozmerné pravouhlé rovinné súradnice x, y príslušného kartografického zobrazenia a h nadmorská výška v systéme Balt po vyrovnaní).



Obr. 4: Situácia pre určenie výšky clony - pôdorys



Obr. 5: Situácia pre určenie výšky clony - nárys

V zmysle definovanej geometrie je minimálna výška zábrany H_m definovaná od komunikácie na ktorej sa nachádza pozorovateľ a jej hodnota je definovaná rovnicou č.6:

$$H_m = \left[\left(\frac{(H_b + h_v) - (H_e + h_a)}{D_c} \right) \times D_e + H_e \right] \times K_c \quad (6)$$

kde:

- H_e - výška očí vodiča nad vozovkou (odporúčanie = 2,4 m)
- H_b - výška predných svetlometov zdroja oslnenia (odporúčanie = 3,9 m)
- H_m - minimálna účinná výška clony od komunikácie na ktorej sa nachádza pozorovateľ pre vyšetrovaný lúč, ktorý má byť clonený
- D_e - vzdialenosť medzi očami vodiča, ktorý by mohol byť oslnený a clonou premietnutá pôdorysne do osy x a y
- D_c - vzdialenosť medzi očami vodiča, ktorý by mohol byť oslnený a zdrojom oslnenia premietnutá pôdorysne do osy x a y
- K_c - Korekčný činiteľ uvažujúci presah clony nad nad priesečník riešeného svetelného lúču a rovinu clony (odporúčanie = 1,2)
- h_v - Nadmorská výška koľajníc v systéme Balt po vyrovnaní
- h_a - Nadmorská výška vozovky v systéme Balt po vyrovnaní

Parametre D_e a D_c sú definované vzťahmi:

$$D_c = \sqrt{(x_v - x_a)^2 + (y_v - y_a)^2} \quad (7)$$

$$D_e = \sqrt{(x_q - x_a)^2 + (y_q - y_a)^2} \quad (8)$$

Pri viacprúdových komunikáciách je potrebné výpočet aplikovať na všetky jazdné pruhy a vybrať takú výšku clony, aby boli proti oslneniu chránené všetky jazdné pruhy.

5 Posúdenie témy pre mezopickú oblasť videnia

Mezopické videnie predstavuje stav zraku pri ktorom sa adaptačné jasy pohybujú v rozsahu od $0,001 \text{ cd.m}^{-2}$ do 5 cd.m^{-2} . Fotometriou mezopického videnia sa zaoberá publikácia CIE 191-2010 [41]. Ako sme mohli vidieť v predošlých kapitolách tejto práce, práve takýmto hodnotám adaptačných jasov boli pozorovatelia vystavení počas meraní.

Parametre svetelných zdrojov (aj merania ktoré boli vyhotovené v tejto práci) sú udávané pre oblasť fotopického videnia (kalibrované na krivku $V(\lambda)$). Taktiež je dôležité poznamenať, že svetelný tok zdroja (a z toho vyplývajúce účinky svetelného zdroja na pozorovateľa) je taktiež parameter, ktorý vychádza z vlastností zraku a výrobcom udávaná hodnota svetelného toku sa vzťahuje na fotopické videnie.

Z dôvodu reálnejšieho hodnotenia stavu zraku v oblasti mezopického videnia vznikol takzvaný S/P pomer (z angl. Scotopic/Photopic). Ide v podstate o pomer medzi skotopickým a fotopickým svetelným tokom, ktoré lineárnou kombináciou dávajú svetelný tok pre mezopickú oblasť [12]

Z doterajších vedomostí o mezopickom videní však vieme povedať, že pokiaľ budú na súbehoch komunikácii využívané svetelné zdroje s vysokým S/P pomerom (napríklad LED s vysokým obsahom spektra v modrej oblasti), tak síce bude svetelný tok týchto zdrojov po prepočte pre mezopické videnie vyšší ako udávaný pre fotopické videnie, ale taktiež budú tieto zdroje oslňovať vo väčšej miere.

Ako príklad môžeme uviesť bežnú náhradu vlakového svetlometu zo žiarovky za LED. S/P pomer žiaroviek sa pohybuje okolo hodnoty 1,3 a S/P pomer pre LED sa pohybuje až do hodnoty 2,15. Z týchto údajov vyplýva, že pokiaľ sa pri takejto výmene vychádza z tabuľkových údajov pre fotopickú oblasť (bežná prax), tak môže byť finálny svetelný tok (a tým pádom aj svietivosť v danom smere) pre mezopickú oblasť až o cca 60 percent vyššia ako pri pôvodnom svetelnom zdroji. Takáto výmena môže zároveň spôsobiť aj intenzívnejšie oslnenie ostatných účastníkov dopravy.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že ako najvhodnejšie sa javí hodnotiť oslnenie priamo v mezopickej oblasti zraku. V súčasnosti však neexistuje exaktne vypracovaná metodika pre hodnotenie adaptačných jasov v mezopickej oblasti videnia a tak nie je možné správne hodnotiť oslnenie v mezopickej oblasti videnia.

Záver

Práca sa zameriava na pomerne vážny problém nastávajúci pri súbehoch komunikácii, ktorým je fyziologické oslnenie. Z dôvodu maximálnych povolených rýchlostí, nízkych jasoch pozadia, zložitosti premávky a reakčných časov účastníkov premávky, je tento jav najproblematickejší pri rýchlostných komunikáciách bez verejného osvetlenia a je nevyhnutné ho eliminovať. V praxi sa táto problematika vyskytuje aj pri súbehoch automobilovej komunikácie s vlakovou (čo možno predpokladať z hľadiska miery pôsobenia ako najnepriaznivejšiu situáciu). Vlakové svetlomety majú úzkou krivkou svietivosti a vysoký svetelný tok z dôvodu, aby bolo osvetlenie železničnej trate pred rušňom čo možno najlepšie. Takýto svetlomet však môže spôsobovať tak intenzívne oslnenie, že účastník premávky idúci v protismere na súbežnej komunikácii môže byť fyziologicky oslnený, čo spôsobuje prechodné zhoršenie kvality videnia a tým ohrozuje bezpečnosť cestnej premávky.

Úvod práce sa zaoberá najmä štúdiom metodík pre hodnotenie fyziologického oslnenia s ohľadom na riešenú situáciu. Ako najvhodnejšia pre ďalšie využitie sa javila metóda Úrovne viditeľnosti (z angl. Visibility Level; skrátene VL), ktorej princíp hodnotenia spočíva v tom, ako dobre je pozorovateľ schopný detekovať definované teleso na komunikácii pri oslňovaní. Zvolená metodika je v súčasnosti implementovaná aj v publikácii CIE 115:2010 a dokumente ANSI IES-ANSI-RP-8 kde sú stanovené aj medzné hodnoty. Problémom však je, že metodika nebola nikdy testovaná pre problematiku ktorá je témou tejto práce ani iný podobne intenzívny zdroj oslnenia.

Z týchto dôvodov boli vyhotovené merania krivky svietivosti referenčného vlakového svetlometu a zároveň boli vyhotovené praktické terénne merania a testy metodiky Úrovne viditeľnosti na vzorke pozorovateľov. Praktický test prebiehal formou reálneho oslňovania pozorovateľov, pričom každý pozorovateľ nezávisle subjektívne hodnotil možnosť detekcie referenčného telesa. Merania boli vyhotovené pre viacero pozorovaných telies, aj rôzne polohy zdroja oslnenia. Počas meraní boli zmerané aj svetelnotechnické parametre potrebné pre výpočet činiteľa Úrovne viditeľnosti.

Z výsledkov terénnych meraní a po porovnaní s vypočítanými hodnotami Úrovne viditeľnosti bolo zistené, že najkritickejším prípadom fyziologického oslnenia je prípad, keď sa zdroj oslnenia nachádza v centre zorného poľa pozorovateľa a zároveň je na neho smerovaný. Takýto prípad sa javil ako absolútne neprípustný aj pri relatívne veľkých vzdialenostiach zdroja oslnenia od pozorovateľa. Oslnenie však vznikalo aj v okrajových oblastiach zorného poľa pozorovateľa pri menších vzdialenostiach od zdroja oslnenia. V práci sú vyvedené závery v závislosti od geometrie riešenej situácie.

Na základe hodnotenia činiteľa VL a po porovnaní so stanovenými medznými hodnotami bola vyhotovená metodika pre návrh zábran proti oslneniu v absolútnej súradnicovej sústave (použitie geodetické súradnicové systémy ETRS 89, S-JTSK, prípadne WGS84). Princíp metodiky spočíva v clonení priameho pohľadu na zdroj oslnenia, umiestnením zábrany adekvátnej výšky.

V závere práce je poukázané na problematiku mezopického videnia v súvislosti s jasovými pomermi vyskytujúcimi sa na daných komunikáciách. Z dôvodu aktuálnych výskumov v oblasti mezopického videnia, však v súčasnosti nie je možné exaktne vyhotoviť metodiku priamo pre oblasť s jasmi spadajúcimi do mezopickej oblasti.

Prínosy dizertačnej práce

Práca prezentuje nový návrh metodiky pre určenie minimálnej výšky zábrany proti oslneniu v doprave pri súbahu pozemných komunikácií. Prínosy autora dizertačnej práce spočívajú v:

- zmeraní svetelnotechnických parametrov relevantných zdrojov oslnenia
- verifikácii metodiky Úrovne viditeľnosti terénnymi meraniami v reálnych podmienkach.
- navrhnutí hraničných podmienok a vyhotovenie novej metodiky pre určenie minimálnej výšky zábrany proti oslneniu.
- zhodnotení pre mezopickú oblasť.

Odporúčania pre ďalší výskum

- Určenie ďalších vplyvov na hodnotu činiteľa VL. Jedná sa najmä o znečistenie čelného skla, znečistenie svetlometov, vek vodiča, zrkové pomôcky).
- Návrh metodiky hodnotenia oslnenia v mezopickej oblasti videnia.

Vybraný zoznam literatúry

- [1] IES-ANSI, RP-8, "American national standard practice for roadway lighting", (Reaffirmed 2005)
- [2] CIE Pub. No. 115-2010, "Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic", (2010)
- [3] Sivak, M., Flannagan, M. J., Schoettle B., Nakata Y., (2002): Field measurements of direct and rearview-mirror glare from low-beam headlamps, *Lighting Research & Technology*, Vol. 34.
- [4] Bacelar, A. (2004): The contribution of vehicle lights in urban and peripheral urban environments, *Lighting Research & Technology*, Vol. 36.
- [5] Üncü I. S., Kayakus M. (2010): Analysis of visibility level in road lighting using image processing techniques, *Scientific Research and Essays* Vol. 5 (18), pp. 2779-2785
- [6] Onaygil S. and Guler O., Visibility level in road lighting calculations, Istanbul Technical University
- [7] Onaygil S. and Guler O., Evaluation of Visibility level formula in road lighting with field measurements, Istanbul Technical University
- [8] Guler O, Onaygil S (2003b). The Effect Of Luminance Uniformity On Visibility Level In Road Lighting. *Lighting Res. Technol.*, 35(3): 199-215.
- [9] Zalesińska M. (2011): Visibility concept in road lighting, *Lighting in Engineering, Architecture and the Environment*. ISBN 978-1-84564-550-2, pp.159-170
- [10] STN EN 12 676-1 (73 6050): Zariadenia proti oslneniu na pozemných komunikáciách. Časť 1 – Účinnosť a funkčné charakteristiky (2001), Zmena A1 10/2003
- [11] STN EN 12 676-2 (73 6050): Zariadenia proti oslneniu na pozemných komunikáciách. Časť 2 – Skúšobné metódy (2001)
- [12] Gašparovský, D. -- Dubnička, R.. MEZOPICKÉ VIDENIE – ČO TO JE A ČO TO PRINESIE PRE PRAX?. In *Slovalux 2015 : Svetelnotechnický seminár*. Smrdáky, 9.-10. jún 2015
- [13] Gašparovský, D. -- Dubnička, R.. MEZOPICKÉ VIDENIE – ČO TO JE A ČO TO PRINESIE PRE PRAX?. In *Slovalux 2015 : Svetelnotechnický seminár*. Smrdáky, 9.-10. jún 2015
- [14] Adrian, W. Visibility of targets; Model for calculation, *Lighting Research & Technology*, Vol. 21. 1989
- [15] Vos, J. (2003): Reflections on Glare, *Lighting Research and Technology*, 35.2.
- [16] CIE Pub. No. 146-2002, "CIE Equations for Disability Glare", (2002)
- [17] CIE Pub. No. 31-1976, "Glare and uniformity in road lighting installations", (1976)
- [18] CIE Pub. No. 140-2000, " Road Lighting Calculations", (2000)

Publikácie autora

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

ADF01 KRASŇAN, František - JANÍK, Matej. Meranie núdzového osvetlenia. In *EE časopis pre elektrotechniku, elektroenergetiku, informačné a komunikačné technológie*. Roč. 17, č. 5 (2011), s.príloha Volt, s. 12-14. ISSN 1335-2547.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

AFC01 BALAŠ, Zlatko - JANÍK, Matej - RUSNÁK, Anton - SMOLA, Alfonz. LED v obytných priestoroch. In *Kurz osvětlovací techniky XXIX : Kouty nad Desnou, Czech Republic, 15.-17. 10. 2012*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita v Ostravě, 2012, s.291-297. ISBN 978-80-248-2832-9.

AFC02 JANÍK, Matej - GAŠPAROVSKÝ, Dionýz. Study of Glare Evaluation Methods for Application in Traffic. In *Lux Junior 2011. Tagungsband Proceedings : 10.Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs. Dörfeld bei Ilmenau, Germany, 23.-25.9.2011*. Ilmenau : TU, 2011, s.CD-Rom.

AFC03 JANÍK, Matej. Assessment of Disability Glare in Traffic. In *Světlo 2011. Light 2011. Ekologie - ekonomika - efektivita : 19.mezinárodní konference. Praha, 21.-23.9.2011*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2011, s.99-102. ISBN 978-80-248-2480-2.

AFC04 JANÍK, Matej - RUSNÁK, Anton. Expozícia ľudského oka slnečnému žiareniu a jeho ochrana. In *Kurz osvětlovací techniky XXIX : Kouty nad Desnou, Czech Republic, 15.-17. 10. 2012*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita v Ostravě, 2012, s.123-128. ISBN 978-80-248-2832-9.

AFC05 KRASŇAN, František - JANÍK, Matej. Metodika merania núdzového osvetlenia. In *Světlo 2011. Light 2011. Ekologie - ekonomika - efektivita : 19.mezinárodní konference. Praha, 21.-23.9.2011*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2011, s.79-81. ISBN 978-80-248-2480-2.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD01 BARČÍK, Michal - JANÍK, Matej. Use of the Luminance Analyzer to Measure Luminous Curves of Automobile and Train Headlights. In *Svetlo - Light 2013 : 20. medzinárodná konferencia. Podbanské, Slovakia, 23.-25.10. 2013*. 1. vyd. Bratislava : KONGRES Management, 2013, s.264-269. ISBN 978-80-89275-37-3.

AFD02 BARČÍK, Michal - JANÍK, Matej. Practical Measurement of Glare from the Train Headlight using Visibility Level Method. In *Svetlo - Light 2013 : 20. medzinárodná konferencia. Podbanské, Slovakia, 23.-25.10. 2013*. 1. vyd. Bratislava : KONGRES Management, 2013, s.258-263. ISBN 978-80-89275-37-3.

AFD03 BARČÍK, Michal - JANÍK, Matej - FUTÓ, Tomáš. Measurement of Automobile and Train Headlights Using Luminance Analyzer. In *ELITECH'13 [elektronický zdroj] : 15th Conference of Doctoral Students; Bratislava, Slovakia, 5 June 2013*. 1. vyd. Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2013, s.CD-ROM, [4] s. ISBN 978-80-227-3947-4.

AFD04 JANÍK, Matej. Suitability for Use de Boer Glare Rating Method in Traffic. In *ELITECH'11 : 13th Conference of Doctoral Students Faculty of Electrical Engineering and Information Technology. Bratislava, Slovak Republic, 17 May, 2011*. Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2011, s.1-4. ISBN 978-80-227-3500-1.

AFD05 JANÍK, Matej - KRASŇAN, František - FILÍPEK, Peter. Meranie jasú pomocou digitálneho fotoaparátu. In *Slovalux 2011 : Svetelnotechnický seminár. Smrdáky, 8.-*

10. jún 2011. Bratislava : Slovenská svetelnotechnická spoločnosť, 2011, s.155-158. ISBN 978-80-89275-28-1.

- AFD06 JANÍK, Matej - RUSNÁK, Anton. Analysis of Protective Sunglasses in Terms of Protection against Ultraviolet Radiation. In *ELITECH '12 [elektronický zdroj] : 14th Conference of Doctoral Students. Bratislava, Slovak Republic, 22 May 2012.* Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2012, s.CD-ROM, [5] s. ISBN 978-80-227-3705-0.
- AFD07 JANÍK, Matej - RUSNÁK, Anton - GAŠPAROVSKÝ, Dionýz - SMOLA, Alfonz - BARČÍK, Michal. Optical Efficiency of Still-Operated Obsolete Interior Luminaires. In *LUMEN V4 : 4. konferencia Vyšehradských krajín pre osvetlenie. Bratislava, Slovensko, 26.-28. 9. 2012.* Bratislava : KONGRES Management, 2012, s.251-257. ISBN 978-80-89275-32-8.
- AFD08 JANÍK, Matej - GAŠPAROVSKÝ, Dionýz - PÍPA, Marek - CINTULA, Boris - CERMAN, Anton. Use of the Visibility Level Method for Evaluation of Glare in Traffic. In *LUMEN V4 : 4. konferencia Vyšehradských krajín pre osvetlenie. Bratislava, Slovensko, 26.-28. 9. 2012.* Bratislava : KONGRES Management, 2012, s.361-366. ISBN 978-80-89275-32-8.
- AFD09 JANÍK, Matej - RUSNÁK, Anton - KULKA, Branislav. Human Eye and his Protection Against UV Radiation of Sun. In *ELOSYS. Elektrotechnika, informatika a telekomunikácie 2012 [elektronický zdroj] : Trenčín, 9.-12.10.2012.* Bratislava : FEI STU, 2012, s.CD-ROM, s. 197-200. ISSN 1335-2547.
- AFD10 KULKA, Branislav - RUSNÁK, Anton - JANÍK, Matej. Energetický aspekt osvetľovania budov. In *ELOSYS. Elektrotechnika, informatika a telekomunikácie 2012 [elektronický zdroj] : Trenčín, 9.-12.10.2012.* Bratislava : FEI STU, 2012, s.CD-ROM, s. 208-211. ISSN 1335-2547.
- AFD11 RUSNÁK, Anton - JANÍK, Matej. Osvetľovacia sústava s využitím denného svetla. In *EE časopis pre elektrotechniku, elektroenergetiku, informačné a komunikačné technológie : ELOSYS, Trenčín, 11.-14.10.2011.* Roč. 17, mimoriadne č (2011), s.156-160. ISSN 1335-2547.
- AFD12 RUSNÁK, Anton - JANÍK, Matej - KULKA, Branislav. Problematika svetelných sústav v školských zariadeniach. In *ELOSYS. Elektrotechnika, informatika a telekomunikácie 2012 [elektronický zdroj] : Trenčín, 9.-12.10.2012.* Bratislava : FEI STU, 2012, s.CD-ROM, s. 235-238. ISSN 1335-2547.
- BDE Odborné práce v ostatných zahraničných časopisoch**
- BDE01 JANÍK, Matej - GAŠPAROVSKÝ, Dionýz. Metódy hodnotenia fyziologického oslnenia v doprave. In *Svetlo.* Roč. 17, č. 4 (2014), s. 21-23. ISSN 1212-0812.
- BEF Odborné práce v domácich nerecenzovaných zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)**
- BEF01 JANÍK, Matej - KRASŇAN, František. Požitie žiariviek vo svietidlách núdzového osvetlenia. In *Slovalux 2011 : Svetelnotechnický seminár. Smrdáky, 8.-10. jún 2011.* Bratislava : Slovenská svetelnotechnická spoločnosť, 2011, s.149-154. ISBN 978-80-89275-28-1.
- BEF02 JANÍK, Matej - RUSNÁK, Anton. Normatívne požiadavky a návrh núdzového osvetlenia. In *Slovalux 2011 : Svetelnotechnický seminár. Smrdáky, 8.-10. jún 2011.* Bratislava : Slovenská svetelnotechnická spoločnosť, 2011, s.143-148. ISBN 978-80-89275-28-1.