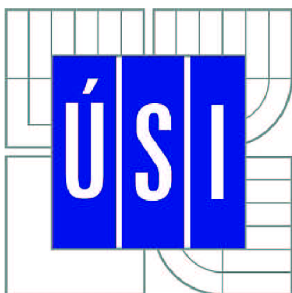


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA MODERNÍCH VOZIDEL A MĚŘENÍ DOHLEDNOSTI NA KONCOVÁ SVĚTLA

THE LIGHTING EQUIPMENT USED IN MODERN VEHICLES AND THE MEASUREMENT OF THE
RANGE OF VISIBILITY OF THE REAR LIGHTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL BELÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ VÉMOLA, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Michal Belák

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na koncová světla

v anglickém jazyce:

The Lighting Equipment Used in Modern Vehicles and the Measurement of the Range of Visibility of the Rear Lights

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se bude zabývat osvětlovací technikou moderních vozidel a měřením dohlednosti na koncová světla vozidel.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce bude, po důkladné analýze současné moderní osvětlovací techniky motorových vozidel, provést měření včetně vyhodnocení dohlednosti na různé druhy koncových světel motorových vozidel.

Seznam odborné literatury:

BRADÁČ, A. a kol.: Soudní inženýrství, CERM s.r.o., Brno, 1999.

BRADÁČ, A. a kol.: Analýza silničních nehod – příručka znalce II., Dům techniky ČSVTS, Ostrava, 1985.

VLK, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel, nakladatelství a vydavatelství prof. Ing. František Vlk, DrSc. Brno, 2005.

BRADÁČ, A.; KREJČÍR, P.; GLIER, L.: Znalecký standard č. II. Vybrané metody zajišťování podkladu pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod, Brno, Nakladatelství VUT, 1990, 110.

KROPÁČ, F.: Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla za snížené viditelnosti, Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství, Brno, 2002.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 30.11.2010

L.S.

prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.
Ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Tato práce se zabývá osvětlovací technikou moderních vozidel jejím historickým vývojem, současným stavem a možnostmi jejího dalšího vývoje a měřením dohlednosti na koncová světla vozidel.

První část je zaměřená na osvětlovací techniku používanou v současných moderních vozidlech jako celek. Popisuje zdroje světla, jejich princip, konstrukci, výhody a nevýhody. Dále se zabývá světlomety a ostatními svítidly a podobně jako při světelných zdrojích, jejich postupným vývojem, konstrukcí, moderními řešeními, které jsou v nich používány a jejich vývojem do budoucnosti.

V druhé části se práce zaměřuje na popis způsobů používaných v praxi na měření dohlednosti, jejich možné použití při měření dohlednosti na koncová světla a dále na návrh konkrétní metodiky pro toto měření. Součástí práce je také realizace a vyhodnocení praktického měření na základě navrhnuté metodiky.

Abstract

This work is about lighting equipment of modern vehicles, its historical development, present condition and possibilities of its further progress and measuring of the range of visibility of the rear lights.

First part is aimed at lighting equipment used in modern vehicles as a whole. It describes sources of light, their principle, construction, advantages and disadvantages. Next it deals with searchlights and other lighting devices, their gradual development, construction and modern solutions which are used in them, and also their future development.

Second part of the work is aimed at characterization of ways of measuring the range of visibility used in practice, their possible application to measuring of the range of visibility of the rear lights and on proposal of presentive methodics for this measurement. Realization and interpretation of practical measurement by this methodics is included.

Klíčová slova

Světlomet, zdroj světla, dohlednost, svítidlo, měření dohlednosti.

Keywords

Headlight, light source, visibility, lamp, measurement of the visibility

Bibliografická citace

BELÁK, M. *Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na koncová světla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2011. 80 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D..

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému *Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na koncová světla* som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto práce som neporušil autorské práva tretích osôb, predovšetkým som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení § 152 trestného zákona č. 140/1961 Sb.

V Brne dňa

.....

Podpis diplomanta

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som sa v prvom rade chcel poďakovať doc. Ing. Alešovi Vémolovi, PhD. za poskytnutie materiálov, konzultácie a vyhradený čas. Ďalej Ing. Albertovi Bradáčovi. PhD. a Ing. Bc. Marekovi Semelovi Ph.D. za zapožičanie techniky a poskytnutie materiálov a v neposlednej rade všetkým účastníkom merania, ktorí si vyhradili čas a poskytli vozidlá alebo iným spôsobom prispeli k zrealizovaniu merania.

OBSAH

1	Úvod.....	11
2	Súčasný stav riešenej problematiky	13
3	Vymedzenie cieľov	17
4	Riešenie cieľov diplomovej práce	19
4.1	Základné pojmy.....	19
4.1.1	Svetlo.....	19
4.1.2	Fyzikálne veličiny	22
4.2	Legislatíva.....	24
4.3	Zdroje svetla.....	27
4.3.1	Žiarovky	27
4.3.2	Žiarovky Bilux.....	28
4.3.3	Halogénové žiarovky.....	29
4.3.4	Moderné konštrukcie halogénových žiaroviek.....	32
4.3.5	Výbojky	33
4.3.6	Xenónové výbojky.....	34
4.3.7	LED	36
4.4	Osvetľovacia technika motorových vozidiel.....	38
4.4.1	Svetlomety motorových vozidiel.....	39
4.4.2	Moderné konštrukcie svetlometov	44
4.4.3	Svietidlá.....	46
4.5	Špeciálne funkcie a inovatívne technológie v osvetľovacej technike automobilov.....	48
4.5.1	Adaptívne svetlomety	48
4.5.2	Inovatívne svetlomety	51
4.5.3	Systémy nočného videnia	53
4.6	Metodika merania dohľadnosti	54

4.6.1	Jasový analyzátor LumiDISP – LDA.....	58
4.6.2	Návrh metodiky merania dohľadnosti na koncové svetlá.....	59
4.7	Praktické meranie dohľadnosti.....	60
4.7.1	Vyhodnotenie merania.....	67
5	Záver.....	71
6	Použitá literatúra.....	73
	Zoznam tabuliek.....	77
	Zoznam symbolov a skratiek.....	78
	Zoznam príloh.....	80

1 ÚVOD

V posledných rokoch nastal prudký rozvoj automobilizmu a množstvo automobilov na cestách sa stále zvyšuje. V dôsledku tohto však vznikajú aj nároky na väčšiu bezpečnosť cestnej premávky. Výskumy dokazujú, že väčšina závažných dopravných nehôd sa stáva za zníženej viditeľnosti či v noci. Automobilky a firmy zaoberajúce sa vývojom a výrobou osvetľovacej techniky sa preto snažia prinášať inovatívne riešenia, ktoré umožnia zvýšiť bezpečnosť osádok vozidiel ale aj ostatných účastníkov cestnej premávky za zhoršených svetelných podmienok. Cieľom tejto práce je ozrejniť čitateľovi súčasnú situáciu v tomto odbore.

V prvom rade sa zameriava na osvetľovaciu techniku vozidiel, ktoré v súčasnej dobe možno stretnúť v cestnej premávke. Aby bolo jednoduchšie pochopiť funkciu jednotlivých svetelných systémov a terminológiu použitú v literatúre, z ktorej čerpá, na začiatku rozboru problému sú uvedené základné pojmy a jednotky používané v oblasti svetelnej techniky. Následne na to nadväzuje podrobný rozbor svetelných zdrojov využívaných v osvetľovacej technike súčasných vozidiel. Jedná sa o históriu ich postupného vývoja a podrobný popis funkcie jednotlivých zdrojov s ich výhodami a nevýhodami. V ďalšej časti nadväzuje práca popisom svetlometov. Taktiež sa zameriava na postupný vývoj a súčasné trendy v konštrukcii moderných svetlometov a zaoberá sa aj popisom osvetľovacích zariadení, ktoré sa v blízkej dobe zrejme objavia v konštrukcii predných svetlometov. Keďže aj osvetľovacia technika má svoje hranice a v niektorých situáciách neumožňuje napomôcť ideálnemu rozhl'adu pred vozidlo, objavujú sa aj technológie na báze kamier schopných snímať infračervené žiarenie. Stručný popis týchto technológií je tiež obsahom tejto práce.

Druhá časť práce je zameraná na meranie dohľadnosti na koncové svetlá. V dostupnej literatúre však neexistuje metodika určená priamo pre takýto druh merania. V prvom rade je teda potrebné si zo všetkých dostupných zdrojov vytvoriť predstavu o existujúcich možnostiach merania. Na základe takto nadobudnutých poznatkov je potom možné navrhnuť metodiku, ktorú by bolo možné použiť pri meraní dohľadnosti na koncové svetlá. V ideálnom prípade je vhodné takto navrhnutú metodiku overiť v praxi a overiť tak teoretické vedomosti. Na základe zistení potom treba určiť či metodika je vhodná a použiteľná, prípadne navrhnuť možné vylepšenia alebo iné spôsoby, ako dosiahnuť relevantné výsledky. Z tohto dôvodu sa táto práca snaží, na základe poznatkov z odbornej literatúry, navrhnuť dve metodiky založené na rozdielnom princípe získania hodnôt.

2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

S rozvojom automobilizmu rastú nároky na pohodlie, rýchlosť a samozrejme aj bezpečnosť vozidiel. V prípade ak hovoríme o osvetľovacej technike moderných automobilov, zaoberáme sa v podstate všetkými troma spomenutými požiadavkami. Ku komfortu cestujúcich napomáha interiérové osvetlenie a v prípade vodiča komfort ďalej zvyšuje aj správne navrhnuté a nastavené podsvietenie prístrojov ale samozrejme aj vhodne skonštruovaná osvetľovacia sústava vozidla, ktoré riadi a osvetľovacie sústavy vozidiel, ktoré sú s ním súčasne na komunikácii. Takýto komfort napomáha k lepšej pohode vodiča, zmenšeniu jeho únavy a samozrejme lepšej viditeľnosti, čo samozrejme prispieva k dosahovaniu väčších rýchlostí a v neposlednom rade aj väčšej bezpečnosti cestnej premávky. Známemu zaužívanému heslu „vidieť a byť videný“ sa dostáva čoraz väčšej pozornosti z dôvodu snahy o zníženie počtu a následkov dopravných nehôd za zníženej viditeľnosti. Aj z tohto dôvodu automobilky stále prinášajú novinky v oblasti osvetľovacej techniky a prístrojov umožňujúcich čo najlepšie naplňať obe požiadavky vyššie spomenutého hesla.

V prípade zhodnotenia súčasného stavu riešenej problematiky je potrebné ju rozdeliť na dva základné ciele, ktorými sú:

1. Osvetľovacia technika moderných vozidiel
2. Meranie dohľadnosti na koncové svetlá

Ad 1. Osvetľovacia technika moderných vozidiel

Danou problematikou sa v posledných rokoch zaoberalo niekoľko autorov. Jednou z prvých publikácií zaoberajúcich sa komplexnou analýzou osvetľovacej techniky moderných vozidiel je zborník [1] vydaný pri príležitosti konania VIII. Výročnej konferencie Európskeho združenia pre výskum a analýzu dopravných nehôd konanej 23. – 25.9.1999 v Krakove. Príspevky uvedené v zborníku [1] sa zaoberajú históriou vývoja osvetlenia vozidiel, konštrukciou svetlometov a svetelných zdrojov používaných vo vozidlách, krivkami svietivosti v závislosti na použítom svetlomete a svetelnom zdroji a meraním svietivosti svetlometov. Spomenuté príspevky sa stali podkladmi pre ďalších autorov, zaoberajúcich sa touto problematikou. Čerpal z neho i Ing. František Kropáč, PhD., ktorý obsah zborníka [1] v svojej práci [2] s názvom „Problematika znaleckého posudzování střetu vozidla za snížené viditelnosti“ zhrnul takto: „Zoborníka prednášok si je možné vytvoriť ucelenú predstavu o vývoji svetlometov, ich konštrukcii, o požiadavkách na svetlomety a to nie len z hľadiska tvaru (designu) ale aj z hľadiska ich funkčnosti (svietivosti), čo je vlastne zásadné. Je to popis

konštrukcie svetlometov z hľadiska optiky či už klasického svetlometu s paraboloidným systémom alebo elipsoidným, tzv. projekčné systémy, tak ako aj v dnešnej dobe stále častejšie viac používaného systému FF, tzv. voľnej plochy a systému SUPER DE (kombinácia s FF), kedy tieto svetlometry sú vizuálne rozpoznateľné čistým krycím sklom optiky. Grafy s pôdorysným nákresom jednotlivých vrstevníc intenzity osvetlenia v lx na povrchu vozovky sú potom nedeliteľnou súčasťou popisu jednotlivých svetlometov a ich výhod.“

Osvetľovacou technikou vozidiel sa vo svojich prácach zaoberalo značné množstvo ďalších autorov. Možno spomenúť autorov ktorý sa touto témou zaoberali v bakalárskych prácach: Lenka Žaludová v [3] „Vnější osvětlení osobních automobilů“, Ladislav Špaček v [4] „Moderní systémy osvětlení vozidel“, Jiří Pařízek v [5] „Moderní systémy osvětlení vozidel“, Milan Mareš v [6] „Moderní trendy ve vývoji osvětlovací techniky“, Tomáš Vala v [7] „Optimalizace systémů osvětlení vozidel“, Tibor Ficza v [8] „Osvětlení vozidel“, ďalej v diplomových prácach Bc. Michal Martínek v [9] „Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na dosvit hlavních světlometů“, Bc. Tomáš Grof v [10] „Aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel“ a ďalej v materiáli [11] určenom pre výučbu na Technickej univerzite v Liberci nazvanom „Světlomety a elektronika světlometů“ autori František Vaník a Vilém Holeček. Na záver spomeniem ešte šiesty diel učebnice „Automobily“ s podtitulom „Elektrotechnika motorových vozidel II.“ [12] od trojice autorov Ing. Zdeněk Jan, Ing Bronislav Dánský a PaedDr. Jindřich Kubát. V spomenutých prácach sa autori venujú viac či menej vyčerpávajúco základným pojmom z oblasti svetla a svetelnej techniky, legislatíve v oblasti osvetľovacej techniky automobilov a samozrejme samotnej osvetľovacej technike automobilov, a teda svetelným zdrojom a svietidlám, jej súčasnému stavu, postupnému vývoju, trendom ktoré sa objavujú a samozrejme vývoju. Väčšina prác je okrem iného úzko zameraná na predné reflektory a túto tému rozoberá dostatočne podrobne. Problematika zvyšných druhov automobilových svietidiel je vo väčšine prác spomenutá len okrajovo.

Ad 2. Meranie dohľadnosti na koncové svetlá

V literatúre sa s témou dohľadnosti možno stretnúť v rôznych variáciách. Nie vždy sa však používa priamo pojem dohľadnosť či dohľad. V prípade danej problematiky by bolo teda vhodné význam slova dohľadnosť zdefinovať.

Ing. Vlastimil Rábek, PhD. v zborníku prevzatých cudzojazyčných publikácií [13] „Vybrané postupy analýzy dopravných nehod“ uvádza preklad príspevku nemeckého autora Franza Sigla pod názvom „Rozpoznatelnost méně kontrastních překážek na tlumená světla

vozidla s ohľadom na moderní konstrukce světlometů“. Ako meracia technika bolo v tomto prípade zvolené fotografické meranie jasů kde sa výsledná fotografia porovnáva s jasovým etalónom. Výsledkom tohto merania je konštatovanie, že vďaka technickému pokroku v oblasti svetelnej techniky automobilov je v súčasnej dobe možné dosiahnuť aj u vozidiel nižších kategórií pri použití tlmených svetiel dohľad, aký bolo v minulosti možné docieľiť len u vozidiel vyššej triedy. Autor ďalej konštatuje, že pre dráhu dohľadu je dôležitý jednak použitý zdroj svetla ale zároveň aj použitý reflektor, výška v ktorej je umiestnený a jeho sklon. V závere sa vyjadruje k možným prínosom technických zmien.

Ing. František Kropáč, PhD. sa vo svojej dizertačnej práci [1] zaoberá definovaním pojmu rozhľad. Mimo iného napríklad uvádza: „*Vo výkladoch sa prelínajú rôzne slovné zrovnania s termínom rozhľad, potom aj výklad v podaní znalca môže byť rôzny a taktiež v skutočnosti je. Ved' slovo rozhľad sa v komentároch uvádza v rôznom podaní, a to rozhľad je:*

- *Vzdialenosť na ktorú vodič pred seba vidí.*
- *Jedná sa o tzv. dohľadnú vzdialenosť alebo inak povedané jazdu na dohľad.*
- *Rozhľad znamená viditeľnosť.*
- *Rozhľad je vzdialenosť dosahu svetlometov na vozovku.*
- *Rozhľad je dosvit svetlometov na vozovku.“*

Je zrejmé, že obaja spomenutí autori ako aj ďalší, ktorí spomenutí ešte len budú, riešili problematiku dohľadu resp. rozhľadu pri jazde za zníženej viditeľnosti. Vo vyššie citovanom texte Ing. František Kropáča, PhD. sa stretáme s pojmom **dohľadná vzdialenosť**, ktorý by bolo možné považovať za synonymum dohľadnosti. Abeceda leteckého slovníka [14] definuje dohľadnosť takto: „*Za dohľadnosť na letecké účely sa považuje väčšia hodnota z nasledujúcich:*

- a) najväčšia vzdialenosť, na ktorú je možné vidieť a rozoznať čierny predmet vhodných rozmerov umiestnený v blízkosti povrchu zeme, ak je pozorovaný oproti svetlému pozadiu;*
- b) najväčšia vzdialenosť, na ktorú je možné vidieť a identifikovať svetlá so svietivosťou približne 1 000 kandel oproti tmavému pozadiu.*

Poznámka: Vo vzduchu s daným koeficientom zoslabenia majú tieto dve vzdialenosti rozdielne hodnoty, pričom hodnota uvedená v b) sa mení podľa osvetlenia pozadia. Hodnota uvedená v a) predstavuje meteorologickú optickú dohľadnosť (MOR - Meteorological optical range).“

Ak hľadáme definíciu dohľadnosti, naskytá sa možnosť oprieť sa o pramene práva, avšak ani v prípade Zákona č.361/2000Sb., o provoze na pozemných komunikáciach

a o změnách někt. zákonů [15] či zákona č. 8/2009 Z. z., o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov [16] nenachádzame formuláciu pojmov dohľadnosť či dohľad vo vzťahu k vodičovi a podmienkam viditeľnosti. Je teda na mieste nájsť analógiu medzi jednotlivými pojmami a pre prípad tejto práce zdefinovať pojem dohľad ako vzdialenosť, na ktorú je vodič schopný za akýchkoľvek podmienok s istotou rozpoznať a vyhodnotiť zvolenú funkciu koncových svetiel vozidla jazdiaceho pred ním.

K utvoreniu uceleného pohľadu na súčasný stav danej problematiky je vhodné spomenúť ďalej článok [17] „Porovnání odlišností při rozpoznání objektu řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla na základě jízdních zkoušek v reálném silničním provozu“, ktorý bol uverejnený na 19. Výročnej konferencii EVU 2010 v Prahe. Článok prezentuje výsledky výskumu, ktorým sa zaoberal Ústav súdneho inžinierstva v Brne a ktorého cieľom bolo určiť rozdiely vnímania objektu vodičom zo stojaceho a idúceho vozidla za zníženej viditeľnosti.

Zrejme posledným počínom v danej problematike je diplomová práca [9] Bc. Martínka, ktorý sa zaoberal meraním dohľadnosti na dosvit hlavných svetlometov a okrem iného sa zameril na dosvit bi-xenónových svetlometov.

Ako už bolo aj spomenuté, je zrejme, že všetci spomenutí autori sa z rôznych dôvodov zaoberali problematikou dohľadu (dohľadnej vzdialenosti) pri použití predných svetlometov. Téma dohľadnosti na koncové svetlá je témou novou, možno však pri nej uplatniť poznatky a metódy používané spomenutými autormi.

3 VYMEDZENIE CIEĽOV

Analýza súčasného stavu riešenej problematiky naznačuje ciele, ktoré by mali byť výsledkami tejto práce. Tak ako je samotná analýza súčasného stavu rozdelená na dve hlavné časti, bude sa aj riešenie cieľov členiť na dva základné problémy.

V prvej časti sa bude jednať o ozrejenie *základných pojmov z oblasti svetla a svetelnej techniky*. Následne sa bude zaoberať čo najširším *popisom svetelných zdrojov, konštrukciou svetlometov a ostatných svietidiel využívaných v súčasných automobiloch*. Nutné je nezabudnúť aj na *nové technológie*, ktoré *umožňujú vodičovi lepšie analyzovať situáciu*, ktorá sa deje *okolo vozidla najmä za zníženej viditeľnosti a v rizikových situáciách*.

V druhej časti sa bude jednať o *navrhnutie metodiky* použiteľnej pri meraní *dohľadnosti na koncové svetlá* s využitím dostupných poznatkov, tak so znaleckej praxe a prác autorov, ako aj s použitím poznatkov z vývoja v rámci merania svetelných podmienok v oblasti svetelnej techniky.

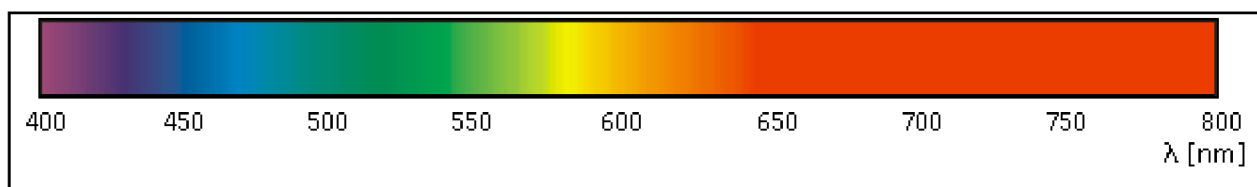
4 RIEŠENIE CIEĽOV DIPLOMOVEJ PRÁCE

4.1 ZÁKLADNÉ POJMY

Keďže sa práca zaoberá osvetľovacími sústavami vozidiel je vhodné si na začiatok zopakovať a uviesť základné pojmy z oblasti svetla a svetelnej techniky ako napríklad vzťahy, veličiny a i.

4.1.1 Svetlo

Svetlo je zložka elektromagnetického žiarenia s vlnovou dĺžkou v rozsahu približne (380÷780) nm a frekvenciou $(3,8\div 7,5)\times 10^{14}$ Hz. Žiarenie s dĺžkou menšou ako je vlnová dĺžka svetla nazývame ultrafialové a nachádza sa zhruba v rozsahu 100 nm až 380 nm a žiarenie s vlnovou dĺžkou väčšou ako viditeľné svetlo je vlnenie infračervené. O infračervenom žiarení hovoríme v rozsahu vlnových dĺžok 760 nm až 1mm. Svetlo má tri základné vlastnosti: svietivosť (amplitúda), farba (frekvencia) a polarizácia (uhol vlnenia). Rôzne vlnové dĺžky svetla sú zastúpené jednotlivými farbami od červenej (760 nm) cez oranžovú, žltú, zelenú, modrú až po fialovú (380 nm). Slnéčné svetlo obsahuje žiarenie so všetkými vlnovými dĺžkami teda svetlo všetkých farieb, ktoré sa po zmiešaní javia ako svetlo biele. [18] Toto viditeľné spektrum je znázornené na obr. č. 4 -1.



Obr. č. 4 – 1 Spektrum viditeľného žiarenia [18]

„Svetlom nazývame tú časť elektromagnetického žiarenia, ktorá je detekovateľná ľudským zrakom. Oko, ako čidlo zraku, je schopné toto elektromagnetické žiarenie zachytiť vrátane jeho priestorového rozloženia a čiastočne aj spektrálneho zloženia, pričom výsledkom kompletnej analýzy prijatého signálu je zrakový vnem. Aby však mohol vnem vzniknúť, musí existovať zdroj svetla, ktorý do priestoru svetlo vyžaruje. Po dopade na osvetľované plochy sa časť svetla pohltí, časť odrazí a časť môže materiálom prechádzať. Pre zrak je dôležitá tá časť, ktorá po odraze (alebo aj prestupe) putuje smerom k oku, prechádza jeho časťami a dopadne na svetlocitlivé bunky sietnice, kde vyvolá patričnú fotochemickú reakciu. Ako bude reakcia silná, určuje nie len absolútne množstvo energie ale tiež jej spektrálne zloženie. Hovoríme, že oko má svoju spektrálnu citlivosť, resp. hovoríme o svetelnej účinnosti

optického žiarenia, tj. Aký významný je podiel jednotlivých vlnových dĺžok pri vzniku zrakového vnemu.

Je dôležité si uvedomiť rozdiel medzi fyzikálne merateľnou žiarivou energiou, ktorá má svoj tepelný alebo mechanický ekvivalent energie a energiou svetelnou, ktorej ekvivalent zodpovedá určitému zrakovému vnemu v zmysle vnímanej jasnosti svetla. Bolo nutné stanoviť určitým predpisom normatívne chovanie oka normálneho fotometrického pozorovateľa ako určitý štandard fyzikálneho prijímača svetla. Rozdiel medzi normou a skutočnosťou je v tom, že oko reálneho pozorovateľa sa môže od tohto normálu aj významne líšiť, čo môže spôsobovať rozpory v interpretácii množstva farby a aj kvality svetla u rôznych pozorovateľov.

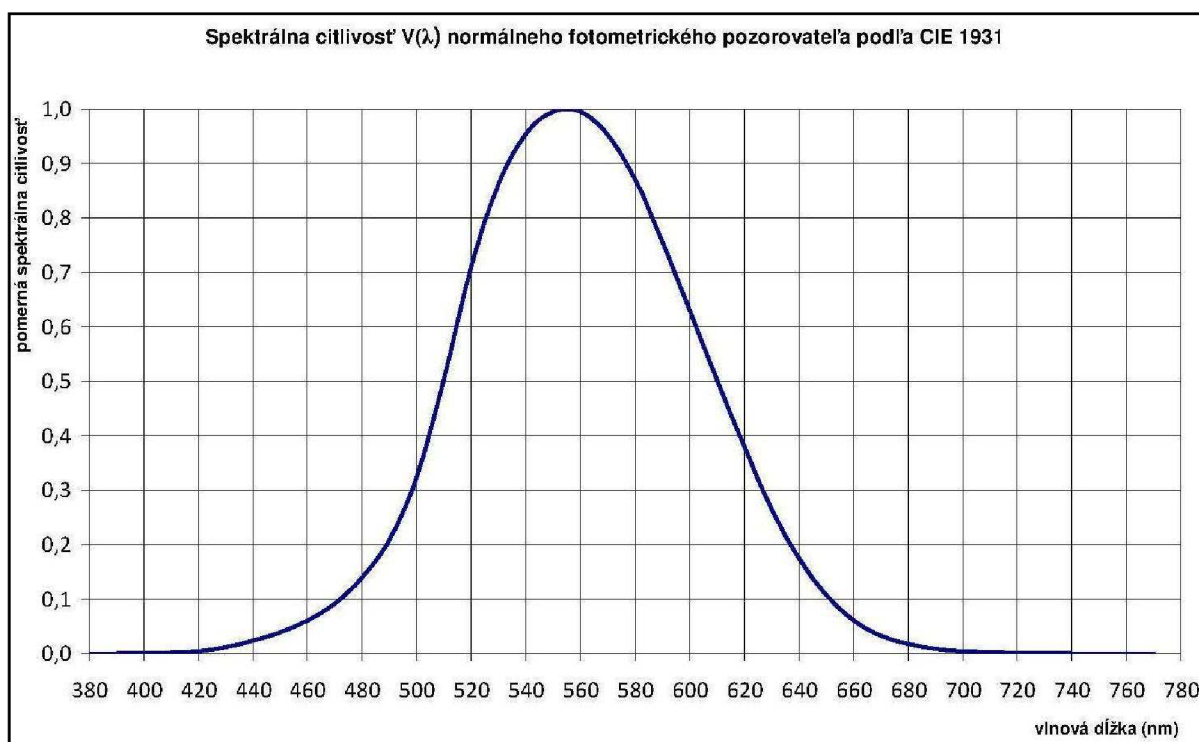
Zatiaľ čo žiarivá energia (resp. výkon) sa udáva a meria vo wattoch, rovnako ako každý iný výkon, svetelná energia (svetelný výkon) sa udáva a meria v lumenoch (lm). Lumen je teda základnou jednotkou svetelnej techniky a vyjadruje výkon svetelného zdroja v ekvivalente, ktorý je možné psychosenzoricky vyhodnotiť ľudským zrakom. Z hľadiska veľkosti môžeme 1 lumen definovať ako 1/683 W monochromatického žiarenia s frekvenciou 540×10^{12} Hz, čo je frekvencia, pre ktorú má oko normálneho fotometrického pozorovateľa stanovenú najvyššiu účinnosť optického žiarenia rovnú 100%.

Vďaka rôznorodosti populácie je pochopiteľné, že rôzni jedinci majú spektrálnu citlivosť rôznu. Pre každého z nás môže byť teda svetlom niečo iné. Nieкто bude „vidieť“ žiarenie s vlnovou dĺžkou 380 nm a pre niekoho možnosť „vidieť“ siaha len po hranicu 450 nm. Aby bolo svetlo a výpočty s ním chápané jednotne, bol zavedený práve tzv. normálny fotometrický pozorovateľ a stanovená krivka pomernej účinnosti optického žiarenia, ktorá popisuje citlivosť oka na rôzne vlnové dĺžky žiarenia. Táto krivka bola štandardizovaná medzinárodnou komisiou pre osvetľovanie CIE už v roku 1924 a výsledkom je tzv. V_λ krivka popísaná číselne tabuľkou hodnôt pomernej účinnosti pre jednotlivé vlnové dĺžky žiarenia. Jej skrátenú verziu po 10 nm uvádza tab. č. 4 – 1.“ [19]

Tab. č. 4 – 1 Hodnoty pomernej spektrálnej účinnosti optického žiarenia [19]

λ	V_λ	λ	V_λ
380	0,0000	580	0,8700
390	0,0001	590	0,7570
400	0,0004	600	0,6310
410	0,0012	610	0,5030
420	0,0040	620	0,3810
430	0,0116	630	0,2650
440	0,0230	640	0,1750
450	0,0380	650	0,1070
460	0,0600	660	0,0610
470	0,0910	670	0,0320
480	0,1390	680	0,0170
490	0,2080	690	0,0082
500	0,3230	700	0,0041
510	0,5030	710	0,0021
520	0,7100	720	0,0010
530	0,8620	730	0,0005
540	0,9540	740	0,0003
550	0,9950	750	0,0001
560	0,9950	760	0,0001
570	0,9520	770	0,0000

Graficky je priebeh spektrálnej citlivosti oka zobrazený na obr. č. 4 – 2

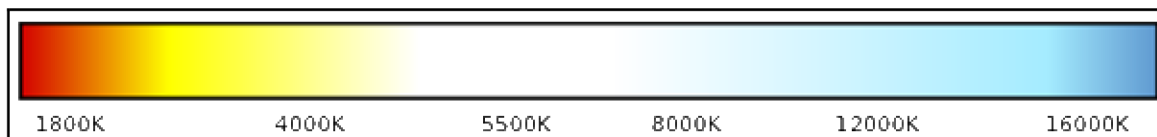


Obr. č. 4 – 2 Krivka pomernej spektrálnej citlivosti oka normálneho fotometrického pozorovateľa [19]

V prípade svetla ďalej hovoríme aj o jeho farebnej teplote resp. teplote chromatickosti a náhradnej teplote chromatickosti. „*Teplota chromatickosti T je opísaná čiarou teplotného žiariča, ktorá zodpovedá žiareniu absolútne čierneho telesa pri rôznych teplotách. Jednotkou je Kelvin (K) alebo Mired (μrd). Teplota chromatickosti T slúži na opis farby svetla.*“ [20]

O teplote chromatickosti teda hovoríme u teplotných žiaričov ako je napríklad žiarovka. V súčasnej dobe je však v praxi používaných mnoho neteplotných žiaričov ako výbojky či LED diódy. U takýchto zdrojov svetla sa zavádza pojem náhradná teplota chromatickosti v príspevku [20] je definovaná takto: „*Náhradnou teplotou chromatickosti T_{cp} sú opísané svetelné zdroje, ktorých spektrálny priebeh nezodpovedá spektrálnemu zloženiu teplotných žiaričov.*“ Pre neteplotné zdroje svetla teda platí, že svetlo určitej farebnej teploty má farbu tepelného žiarenia vydávaného čiernym telesom, zahriatym na túto teplotu. [21]

Na obr. č. 4 - 3 je znázornená teplota farby pre jednotlivé časti spektra bieleho svetla tzv. teplota farby.



Obr. č. 4 – 3 Teplota chromatickosti [21]

4.1.2 Fyzikálne veličiny

Svetelný tok [$(\Phi)=lm$] - fotometrická fyzikálna veličina vyjadrujúca množstvo svetelnej energie vydané zdrojom svetla za jednotku času jednu sekundu. Jednotkou svetelného toku je lúmen.

Svietivosť (zdroja) [$(I)=cd$] – základná fotometrická veličina, ktorá je definovaná ako hustota elektrickej energie, vyžarovaná do určitého smeru. Vyjadruje vlastne množstvo svetelného toku, ktoré vyšle zdroj do jednotkového priestorového uhla. Jednotkou svietivosti je kandela. Je to základná jednotka sústavy SI a je definovaná ako svietivosť zdroja, ktorý v danom smere vysiela monochromatické žiarenie s frekvenciou 540×10^{12} Hz, a ktorého žiarivosť v tomto smere je $1/683$ W/sr (watt na steradián).

Intenzita osvetlenia (osvetlenosť) [$(E)=lx$] – je hustota svetelného toku, ktorý dopadá na určitú plochu. Jednotkou intenzity osvetlenia je lux a je definovaný ako intenzita osvetlenia spôsobená svetelným tokom $\Phi = 1$ lm dopadajúceho na plochu $S = 1$ m². Osvetlenosť je teda

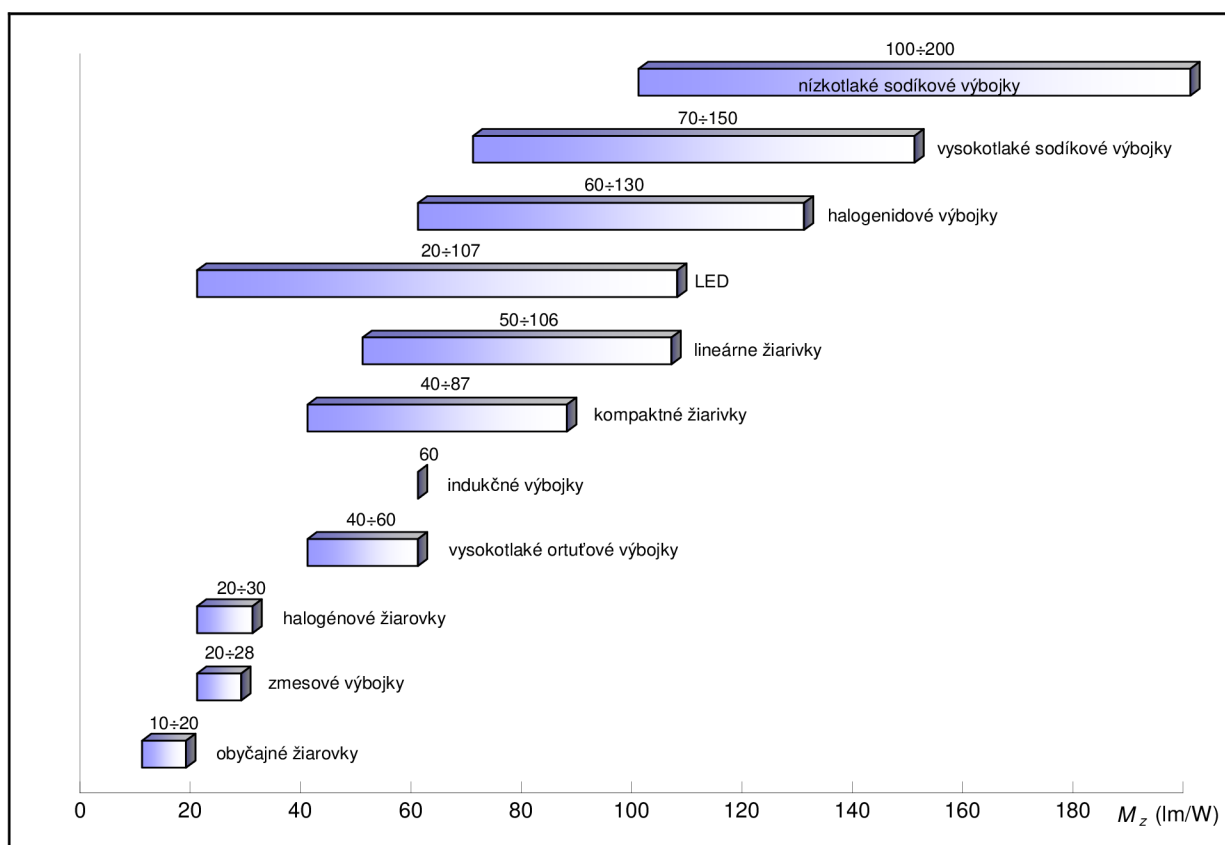
daná vzťahom :

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (4.1)$$

Merný výkon [$(M_z)=\text{lm/W}$] – vyjadruje vzťah medzi svetelným tokom a elektrickým príkonom svetelného zdroja, jedná sa vlastne o svetelnú účinnosť svetelného zdroja. Hodnotu merného výkonu možno určiť nasledovným vzťahom:

$$M_z = \frac{\Phi}{P} \quad (4.2)$$

Hodnota merného výkonu svetelných zdrojov sa v súčasnej dobe pohybuje v rozmedzí 10÷200 lm/W. Prehľad merného výkonu dosahovaného súčasnými svetelnými zdroji je na obr. č. 4 – 4.



Obr. č. 4 – 4 Merné výkony bežných zdrojov svetla [19]

Jas [$(L)=\text{cd.m}^{-2}$] – fotometrická fyzikálna veličina definovaná ako merná veličina svietivosti. Je daný podielom svietivosti plošného elementu zdroja v danom smere a priemetu tohto plošného elementu do roviny kolmej k danému smeru.

$$L = \frac{dI}{dS \cos \alpha} \quad (4.3)$$

Kontrast (kontrast jasu) [$(K)=(-)$] – „vizuálne hodnotená odlišnosť vzhľadu dvoch častí zorného poľa videných súčasne alebo dvoch nerovnakých podnetov postupne pôsobiacich na zrak.“ [22] Inak povedané kontrast jasu určuje stupeň rozoznateľnosti objektov a je daný vzťahom:

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad (4.4)$$

kde L_a je jas rozlišovaného detailu a L_b je jas jeho okolia.

Doc. Baxant v [19] ďalej uvádza: „Najmenší rozlíšiteľný rozdiel jasov sa nazýva prah rozlíšiteľnosti jasu a odpovedá mu tzv. **prahový kontrast** K_{min} . Prevrátenou hodnotou prahového kontrastu je definovaná kontrastná citlivosť, ktorej veľkosť závisí nie len na jase bezprostredného okolia rozlišovaného detailu ale tiež na veľkosti kritického detailu. Pre danú veľkosť detailu rastie kontrastná citlivosť s adaptačným jasom a optimálnych hodnôt dosahuje pre jasy približne 300 až 5000 $cd.m^{-2}$.

Hladina adaptačného jasu je pre rozoznanie dvoch plôch s rozdielnym jasom veľmi dôležitá. Pri nízkom adaptačnom jase, napr. 0,0015 $cd.m^{-2}$ je človek schopný rozlíšiť plošky s pomerom jasov 1:3. Pri vyšších adaptačných jasoch, napr. 10⁴ $cd.m^{-2}$ je možné dokonca rozoznať plochy s pomerom jasov iba 1:1,01.“

4.2 LEGISLATÍVA

Osvetľovacia technika automobilov podlieha rôznym legislatívnym norám. A to na medzinárodnej a národnej úrovni. Martínek v [9] uvádza: „Svetelné zariadenia podliehajú istým smerniciam a nariadeniam. Skôr sa jednalo o Smernice Rady EHS (Európske hospodárske spoločenstvo) z roku 1976 a 1977. V dnešnej dobe sa problematikou predpisov pre automobily a ich časti kompletne a komplexne zaoberá Európska hospodárska komisia (ďalej EHK) pri Organizácii spojených národov (ďalej OSN). Smernica rady z roku 1976 nadväzovala na schvaľovacie procesy z roku 1958. Európske hospodárske spoločenstvo sa rozhodlo ustanoviť jednotné pravidlá pre schvaľovanie osvetľovacej techniky na nových vozidlách. Smernica ustanovuje nepreberné množstvo konštrukčných ale aj právnych podmienok. Či už sa jedná o spôsob informovania vodiča (zapnutím sa rozsvieti príslušná kontrolka na prístrojovom paneli) tak aj geometrického umiestnenia jednotlivých svietidiel na vozidle apod.

Podľa rozdelenia EHK/OSN sa predpisy pre automobilové súčasti a príslušenstvo delia do troch základných skupín. **Súčasti pre aktívnu bezpečnosť, súčasti pre pasívnu bezpečnosť, súčasti pre ochranu životného prostredia.**“

V tab. č. 4 – 2 je uvedený výpis predpisov EHK/OSN zaoberajúcich sa osvetľovacou technikou automobilov.

Tab. č. 4 – 2 Výpis predpisov EHK/OSN [32]

Číslo predpisu	Názov
	Jednotné ustanovenie pre homologizáciu:
1	svetlometov motorových vozidiel s asymetrickým stretávacím svetlom a/alebo diaľkovým svetlom vybavených žiarovkami kategórie R2 a/alebo HS1
3	odrazových skiel motorových vozidiel a ich prípojných vozidiel
4	zariadení na osvetlenie zadného evidenčného čísla motorových vozidiel (s výnimkou motocyklov) a ich prípojných vozidiel
5	svetlometov motorových vozidiel typu "sealed beam" (SB), ktoré vyžarujú európske asymetrické stretávacie svetlo, diaľkové svetlo alebo oboje
6	smerových svetiel motorových vozidiel a ich prípojných vozidiel
7	predných a zadných obrysových svetiel, brzdových a doplnkových obrysových svetiel motorových vozidiel (s výnimkou motocyklov) a ich prípojných vozidiel
8	svetlometov pre motorové vozidlá vyžarujúce asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo obidve a vybavené halogénovými žiarovkami (H1, H2, H3, HB3, HB4, H7, H8, H9, HIR1, HIR2 a/alebo H11)
19	motorových vozidiel vzhľadom na predné hmlové svetlomety motorových vozidiel
20	svetlometov motorových vozidiel, ktoré vyžarujú asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo oboje a ktoré sú vybavené halogénovými žiarovkami (žiarovky H4)
23	spätných svetlometov motorových vozidiel a ich prípojných vozidiel
31	halogénových svetlometov motorových vozidiel typu sealed beam (HSB) vyžarujúcich asymetrické stretávacie svetlo alebo diaľkové svetlo alebo obidve
37	vláknových žiaroviek na používanie v homologizovaných svetlometoch a svietidlách motorových vozidiel a ich prípojných vozidiel
38	zadných hmlových svetiel motorových vozidiel a ich prípojných vozidiel
48	vozidiel z hľadiska montáže zariadení pre osvetlenie a svetelnú signalizáciu
50	predných obrysových svetiel, zadných obrysových svetiel, brzdových svetiel, smerových svetiel a zariadení k osvetleniu zadnej registračnej tabuľky pre mopedy, motocykle a podobné vozidlá
53	vozidiel kategórie L3 z hľadiska montáže zariadenia na osvetlenie a svetelnú signalizáciu
56	svetlometov pre mopedy a takto posudzované vozidlá
57	svetlometov pre motocykle a takto posudzované vozidlá
72	svetlometov motocyklov vyžarujúcich asymetrické stretávacie svetlo a diaľkové svetlo, vybavených halogénovými žiarovkami (žiarovky HS1)
74	vozidiel kategórie L1 z hľadiska montáže zariadení na osvetlenie a svetelnú signalizáciu
76	svetlometov pre mopedy, ktoré vyžarujú diaľkové a stretávacie svetlá
77	parkovacích svetiel motorových vozidiel
82	svetlometov pre mopedy, vybavené halogénovými žiarovkami (HS2 žiarovky)
87	denných svetiel motorových vozidiel
91	bočných obrysových svetiel motorových a ich prípojných vozidiel
98	svetlometov motorových vozidiel, vybavených svetelnými zdrojmi s plynovými výbojkami
99	svetelných zdrojov s plynovou výbojkou používaných v homologizovaných svetlách s plynovou výbojkou u motorom poháňaných vozidiel
112	svetlometov motorových vozidiel emitujúcich asymetrické stretávacie alebo diaľkové svetlo (alebo obe) vybavených žiarovkami
113	svetlometov motorových vozidiel emitujúcich symetrické stretávacie alebo diaľkové svetlo (alebo obe) vybavených žiarovkami
119	rohových svietidiel motorových vozidiel
123	adaptívnych systémov predného osvetlenia (AFS) pre motorové vozidlá

Okrem medzinárodných predpisov EHK sa k problematike osvetľovacej techniky vyjadrujú aj národné zákony a vyhlášky. Pôvodne sa schvaľovaním technickej spôsobilosti a technickými podmienkami prevádzky cestných vozidiel na pozemných komunikáciách zaoberala prevádzacia vyhláška č.102/1995 Sb., zákona č. 38/1995 Sb., s účinnosťou od 1. júla 1995 do 30. júna 2002. V súčasnej dobe sa osvetľovacia technika v Českej republike riadi podľa zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemných komunikáciách a o zmene zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla) ve znění zákona č. 307/1999 Sb., s prevádzacou vyhláškou č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemných komunikáciách, ve znění vyhlášky č. 283/2009 Sb.. Vyhláška č. 341/2002 Sb. je účinná od 1. 8. 2002 Vyhláška č. 341/2002 Sb., bola ďalej zmenená vyhláškou Ministerstva dopravy a spojov č. 283/2009 Sb. V tab. č. 4 – 3 je uvedený výpis základných paragrafov týkajúcich sa osvetlenia vozidiel, tak ako ich uvádzala vyhláška č. 102/1995 Sb.. V slovenskej republike sa táto problematika riadi vyhláškou č. 464/2009 Z. z. .

Tab. č. 4 – 3 Výpis paragrafov vyhlášky č. 102/1995 Sb. [9]

Paragraf	Predmet
57	Světlomety
58	Obrysová a parkovací světla
60	Brzdová světla
61	Směrová světla
62	Odrazky
63	Světlomety a svítilny se světly do mlhy, zpětnými světly a s hledacím světlem
64	Výstražná světla

Okrem už spomínaných predpisov a zákonov sa osvetľovacia technika vozidiel riadi normami na národnej úrovni sú to normy ČSN ktorých výpis je uvedený v tab. č. 4 – 4 a na úrovni medzinárodnej normami ISO ktoré sú uvedené v tab. č. 4 – 5.

Tab. č. 4 – 4 Normy ČSN [3]

Norma	Predmet
ČSN 30 0024	Základní automobilové názvosloví. Druhy silničních vozidel. Definice základních pojmů.
ČSN 30 4002	Elektrická zařízení motorových vozidel.
ČSN 30 4304	Optické vložky automobilových světlometů. Základní připojovací rozměry
ČSN ISO 7227	Silniční vozidla. Osvětlovací a světelné signalizační zařízení. Slovník.

Tab. č. 4 – 5 Normy ISO [3]

<i>norma</i>	<i>predmet</i>
ISO 303:1986	Montáž zariadení pre osvetlenie a svetelnú signalizáciu motorových vozidiel a prípojných vozidiel
ISO 4182:1986	Sklon stretávacieho svetla ako funkcia zaťaženia
ISO 4148:1978	Varovné a výstražné svetlá
ISO 9819:1991	Porovnávacie tabuľky regulácie fotometrických požiadaviek svetelných signalizačných zariadení
ISO 10603:1992	Zákony vzťahujúce sa k osvetleniu a a k svetelnej signalizácii
ISO 7227:1993	Terminológia osvetlenia

4.3 ZDROJE SVETLA

V súčasných motorových vozidlách sa využíva niekoľko rozličných zdrojov svetla fungujúcich na rôznych princípoch. Jednotlivé zdroje si v tejto časti bližšie popíšeme.

4.3.1 Žiarovky

Stále najpoužívanejším zdrojom svetla v automobiloch sú bežné žiarovky. Používajú sa vo všetkých druhoch svietidiel automobilov od osvetlenia interiéru, podsvietenia palubnej dosky, až po jednotlivé vonkajšie svietidlá vozidla. V súčasnosti používané žiarovky pracujú na princípe zhavenia volfrámového vlákna v sklenenej banke v ktorej je pre menšie výkony do 15 wattov vákuum alebo pri väčších výkonoch sa najčastejšie plní zmesou argónu a dusíka. Jedná sa teda vlastne o tepelný zdroj. Náplň banky umožňuje dosiahnuť vyššiu teplotu vlákna a súčasne zabraňuje odprašovaniu materiálu z povrchu vlákna. Samotné žiarovky sa vyrábajú v rôznych vyhotoveniach či už výkonových najčastejšie 5 W alebo 12 W, jedno- prípadne dvojvláknové a samozrejme, s čírym alebo zafarbeným sklom a samozrejme s rôznym tvarom banky a päťice. Jednotlivé typy 12 V žiaroviek používaných v automobiloch sú uvedené v tab. č. 4 – 6.

Parametre žiaroviek [12] :

Menovité napätie:	6÷24 V
Menovitý príkon:	2÷75 W
Svetelný tok:	20÷1250 lm
Merný výkon:	10÷20 lm/W

Tab. č. 4 – 6 Prehľad používaných typov žiaroviek

<i>Typ</i>	<i>príkonnosť (W)</i>	<i>použitie</i>	<i>poznámka</i>
W21W	21	smerové svetlo, brzdové svetlo, prídavné brzdové svetlo, svetlo spiatocky, zadná hmlovka	
P21W	21	smerovka (predná, zadná), brzdové/koncové svetlo, brzdové svetlo	
PY21W	21	smerové svetlo	oranžová
P21/5W	21/5	zadné smerové svetlo, brzdové/koncové svetlo, brzdové svetlo, koncové svetlo, obrysové svetlo, parkovacie/polohové svetlo, svetlo spiatocky, zadná hmlovka	
P21/4W	21/4	brzdové/koncové svetlo, brzdové svetlo, koncové svetlo, zadné hmlové svetlo, zadná hmlovka	
H21W	21	predné a zadné smerové svetlo	
W5W	5	bočné smerové svetlo, predné obrysové svetlo	
WY5W	5	bočné smerové svetlo	oranžová
W3W	3	parkovacie/obrysové svetlo	
W5W	5	parkovacie/obrysové svetlo	
T4W	4	parkovacie/obrysové svetlo	
R5W	5	parkovacie/obrysové svetlo	
R10W	10	zadné smerové svetlo, brzdové/koncové svetlo, koncové svetlo, obrysové svetlo, osvetlenie tabuľky s EČ, osvetlenie vnútorného priestoru, parkovacie/polohové svetlo, prídavné brzdové svetlo, svetlo spiatocky	
H6W	6	parkovacie/obrysové svetlo	
W16W	16	smerové svetlo, prídavné brzdové svetlo, svetlo spiatocky	
C5W	5	osvetlenie vnútorného priestoru	

4.3.2 Žiarovky Bilux

Žiarovka typu Bilux bola vyvinutá v roku 1925 firmou Osram. V tej dobe sa jednalo o prevratný vynález pretože jej konštrukcia, umiestnenie dvoch vlákien do jednej banky, umožňovala spojiť funkciu tlmeného a diaľkového svetla do jedného svetlometu. Umiestnenie dvoch vlákien v jednej žiarovke si vyžiadalo aj novú konštrukciu päťice žiarovky a konektora umiestneného na prívodnom káblovom zväzku. Päťica zaisťuje správnu polohu žiarovky v svetlomete a súčasne správne zapojenie prívodnej kabeláže. Tento druh žiarovky sa v moderných automobiloch nepoužíva. Stretnúť sa s ním ale môžeme hlavne v oblasti malých motocyklov a malej mechanizácii prípadne v svetlometoch veteránov. Obecne je tento druh považovaný za predchodcu v súčasnosti často používanej halogénovej žiarovky H4.

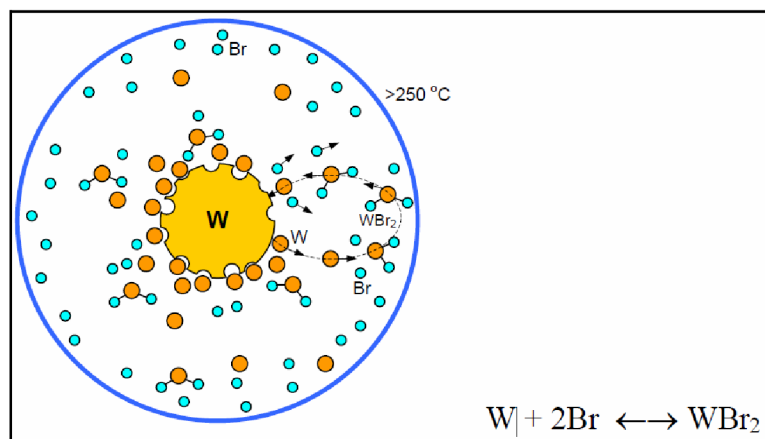


Obr. č. 4 – 5 Žiarovka Bilux typ R2[33]

4.3.3 Halogénové žiarovky

Ďalším vývojovým typom žiaroviek sú halogénové žiarovky. Vyznačujú sa vyššou svietivosťou a dlhšou životnosťou ako už spomínané bežné žiarovky. V roku 1959 sa objavuje žiarovka, v ktorej sa ako prímies plynnej náplne používal jód. Následne v roku 1962 bol firmou Hella na trh uvedený prvý svetlomet využívajúci ako zdroj svetla halogénovú žiarovku. Ako je zrejmé z názvu, používa sa na plnenie tohto typu žiaroviek plyn s prímiesou halových prvkov, ktorý potláča usadzovanie volfrámu odparovaného z vlákna žiarovky na banku žiarovky a tým zvyšuje stabilitu svetelného toku počas jej životnosti a súčasne predlžuje jej životnosť. V žiarovkách používaných v automobiloch sa ako plniaci plyn používa metylénbromid a ako halov prvok bróm. Vo vnútri banky prebieha takzvaný halogénový cyklus. Doc. Baxant ho v [19] popisuje takto: „*Halogénové prvky, predovšetkým bróm a jód, ktoré sa aplikujú v malých dávkach do plynnej náplne žiaroviek, reagujú s wolfrámom a vzniká halogénová zlúčenina bromid alebo jodid wolfrámu. Molekuly halogenidu sa pohybujú v smere proti gradientu teploty. V blízkosti vlákna za pôsobenia vysokej teploty dochádza k disociácii molekúl halogenidu a k oddeleniu wolfrámu a halogénu. Tým sa zvyšuje koncentrácia pár wolfrámu v blízkosti vlákna s znižuje sa proces jeho ďalšieho odparovania. Uvoľnené atómy putujú späť k banke, kde sa môžu zúčastňovať ďalších reakcií.*“

Popisovaný halogénový regeneračný cyklus je znázornený na obr. č. 4 – 6.



Obr. č. 4 – 6 Halogénový regeneračný cyklus [19]

Aby sa dosiahla požadovaná teplota vo vnútri banky, je banka menšia ako pri bežnej žiarovke. Vyššia teplota a teda aj väčšie tepelné namáhanie si vyžaduje použitie kremičitého skla namiesto klasického skla, ktoré sa ale vyznačuje veľkou citlivosťou na znečistenie predovšetkým masťou. Z tohto dôvodu je potrebné so žiarovkou manipulovať opatrne a v prípade znečistenia povrchu banky ju očistiť, inak hrozí narušenie štruktúry skla a explózia žiarovky. Na životnosť žiarovky má okrem znečistenia vplyv aj napájacie napätie a preto je potrebné zaistiť jeho minimálne kolísanie a hlavne zabrániť prekročeniu menovitého napätia žiarovky. Vplyv napájacieho napätia na životnosť a intenzitu svetla žiarovky sú uvedené v tab. č. 4 - 7. Žiarovka môže byť zničená ďalej aj únavovým lomom, ktorý vzniká ako následok dlhodobého pôsobenia zdroja kmitania v blízkosti žiarovky ale napríklad aj tvrdými rázmi odpruženej hmoty vozidla, ktorého pérovanie je opotrebované a neplní správne svoju funkciu.

Tab. č. 4 – 7 Vplyv napájacieho napätia na životnosť halogénových žiaroviek [6]

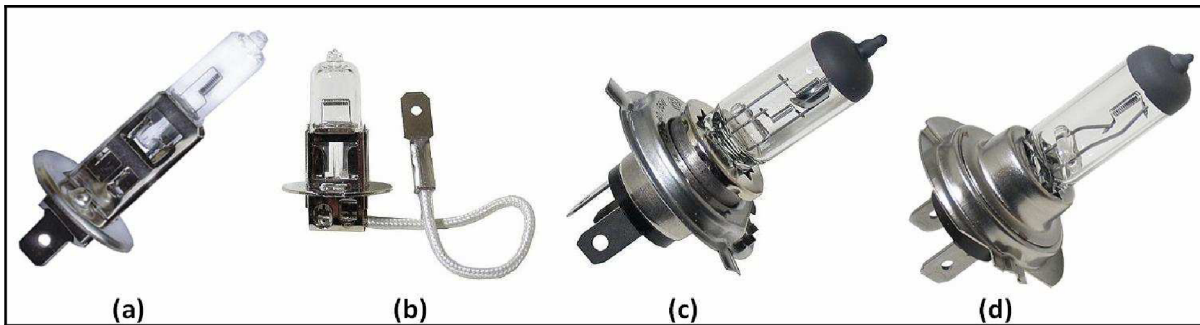
		<i>podpätie</i>			<i>menovité napätie</i>	<i>prepätie</i>		
<i>Napätie</i>	(%)	85	90	95	100	105	110	120
<i>Životnosť</i>	(%)	1000	440	210	100	50	28	6
<i>Intenzita svetla</i>	(%)	53	67	87	100	120	145	200

Halogénové žiarovky využívané v automobiloch sú vyrábané v mnohých prevedeniach. Medzi najznámejšie patria hlavne typy H1, H3, H4 a H7, ktoré sú zobrazené na obr. č. 4 - 7. Existuje ale i mnoho iných typov používaných napríklad v motocykloch prípadne napríklad vo vozidlách vyrábaných v USA a i. Výrobcovia žiaroviek sa snažia hlavne o to, aby žiarovky boli čo najúčinnnejšie a teda presné a mali vyšší svetelný výkon. Vo vzťahu k moderným svetlometom to znamená čo najpresnejšiu konštrukciu žiarovky. Príkladom je žiarovka typu H7 kde je vlákno uložené s toleranciou 0,25 mm. Všetky novo

vyvíjané svetelné zdroje sa uberajú týmto trendom. V tab. č. 4 - 8 je uvedený prehľad halogénových žiaroviek používaných v predných reflektoroch automobiloch. Je nutné uviesť, že informácia o výkone sa môže líšiť napríklad z dôvodu použitého palubného napätia vozidla. V európskych vozidlách sa používa napätie 12 V ale americké vozidlá majú často palubné napätie 12,8 V. Ďalšou dôležitou skutočnosťou je fakt, že napríklad žiarovky H4 sa vyrábajú a predávajú aj v prevedení 100/90 W, takéto žiarovky ale nie sú homologované a schválené pre použitie vo vozidlách prevádzkovaných na pozemných komunikáciách a obdobné je to aj pri väčšine iných typov žiaroviek. Aj keď by sa mohlo zdať, že halogénové žiarovky sú vytlačané modernejšími svetelnými zdrojmi ako napríklad xenónové výbojky a LED diódy, nie je tomu tak úplne. Dôkazom je napríklad žiarovka modernej konštrukcie typu H15 vyvinutá spoločnosťou *Osram* ktorá spája funkciu svetelného zdroja pre diaľkové svetlo a svetla pre denné svietenie používaná vo vozidle *VW Golf VI* a elektromobile *Tesla*.

Tab. č. 4 – 8 Prehľad používaných typov halogénových žiaroviek

<i>Typ</i>	<i>príkion (W)</i>	<i>pätica</i>	<i>použitie</i>	<i>pozn.</i>
H1	55÷100	P14, 5s	diaľkové, tlmené a hmlové svetlomety	
H2	55÷100	X511	hmlové svetlomety	
H3	35÷100	PK22s	hmlové svetlomety, diaľkové svetlomety	
H4	60÷100/55÷90	P43t	dvojláknová žiarovka tlmené + diaľkové svetlomety	
H7	55÷100	PX26d	diaľkové, tlmené a hmlové svetlomety	
H8	35	PGJ19-1	hmlové svetlomety	moto
H9	65÷100	PGJ19-5	diaľkové svetlomety	moto
H10	42÷100	PY20d	hmlové svetlomety	
H11	55÷70	PGJ19-2	tlmené, diaľkové a hmlové svetlomety	moto
H12	27÷55	PZ20d	hmlové svetlo	
H13	60÷65/55	P26, 4t	dvojláknová žiarovka tlmené + diaľkové svetlomety	
H15	55÷60/15÷19	PGJ23t-1	dvojláknová žiarovka diaľkové svetlomety a denné svietenie	
HB1	65÷100/45÷80	P29t	dvojláknová žiarovka tlmené + diaľkové svetlomety	
HB2				ekv. H4
HB3	40÷100	P20d	diaľkové, tlmené a hmlové svetlomety	
HB4	51÷75	P22d	diaľkové, tlmené a hmlové svetlomety	
HB5	65÷100/55÷80	PX29t	dvojláknová žiarovka tlmené + diaľkové svetlomety	
HB12				ekv. R2
HS1	35/35	PX43t	dvojláknová žiarovka tlmené + diaľkové svetlomety	moto
R2 - halogen	45÷130/40÷100	P45t	dvojláknová žiarovka tlmené + diaľkové svetlomety	



Obr. č. 4 – 7 Najbežnejšie typy halogénových žiaroviek: (a) H1, (b) H3, (c) H4 a (d) H7[34]

4.3.4 Moderné konštrukcie halogénových žiaroviek

Spoločnosti zaoberajúce sa vývojom a výrobou svetelných zdrojov pre automobily prinášajú rôzne vylepšenia. Príkladom sú napríklad žiarovka *Blue Vision* spoločnosti *Philips* a obdobný svetelný zdroj *Cool Blue* vyrábaný firmou *Osram*. Obe tieto žiarovky produkujú podobne ako xenónová výbojka svetlo podobné dennému (4000 K). To zlepšuje viditeľnosť a znižuje únavu zraku vodiča a teda aj chráni zrak. Obe firmy ďalej ponúkajú aj žiarovky pri ktorých garantujú až o 50% svetla a viditeľnosť predĺženú o 20 m *Osram Silverstar* a *Philips Vision Plus*. Ďalším konštrukčným riešením je *Osram Night Breaker*. Táto žiarovka poskytuje ešte belšie svetlo a výrobcom uvádzanú až o 90% vyššiu svietivosť. Daňou za tieto výhody je však až o 50 % nižšia životnosť oproti bežným halogénovým žiarovkám. Za zmienku stoja určite aj žiarovky *Philips Diamond Vision* a *Osram Cool Blue Hyper H1*, ktorých farebná teplota je až 5000 K. A teda svetlo je ešte viac podobné dennému svetlu. Na záver je nutné podotknúť, že zlepšenie parametrov žiaroviek sa dosahuje úpravou plniaceho plynu, konštrukciou vlákna a úpravou banky žiarovky a teda žiarovky spĺňajú podmienky pre homologizáciu pri nezmenených parametroch elektrického príkonu.

Inštitut Ekspertyz Sadowych v Krakove sa zaoberal výskumom skutočných parametrov, ktoré dosahujú spomínané upravené konštrukcie halogénových žiaroviek. Výsledky výskumu sú uvedené v príspevku [23] zo zborníka, ktorý bol vydaný pri príležitosti XV. Medzinárodnej konferencie analytikov dopravných nehôd konanom v roku 2010 v Brne. Za zmienku stojí uviesť stručný popis priebehu a parametrov výskumu z príspevku: „Skúmanie bolo zamerané na zistenie parametrov osvetlenia vozovky svetlometmi a zistenie vzdialenosti rozoznania prekážky v závislosti na jej farbe. Skúšané boli žiarovky H7 s príkonom 55 W, ktoré boli nasadené v svetlometoch typu FF (Free Form) automobilu Renault Mégane ako tlmené svetlá. Skúmanie bolo prevedené za dobrého počasia a suchom povrchu vozovky.“

Výskum sa zamerlal na dva druhy úprav žiaroviek. V prvom prípade sa jednalo o žiarovky s bielym svetlom, ktorých banky boli opatrené modrým filtrom, ktorý spôsobuje, že svetlo dávané žiarovkami má belšiu farbu (vyššiu teplotu farby) ako v prípade bežných halogénových žiaroviek. V druhom prípade išlo o žiarovky s vyšším svetelným výkonom (silnejšou koncentráciou svetla), ktorý sa dosahuje už spomínanou úpravou vlákna žiarovky. Pre potreby merania bolo zadovážených 14 žiaroviek od výrobcov *Philips*, *Osram*, *Narva* a *Tungsram*. V oboch skupinách mal zastúpenie aspoň jedným modelom žiarovky každý výrobca. Výsledky výskumu vybraných žiaroviek uvedené v príspevku [23] sú nasledovné: „Nie všetky skúmané žiarovky osvetľujú vozovku na širšom a dlhšom úseku v porovnaní so štandardnými žiarovkami. Vylepšené žiarovky zlepšujú osvetlenie pravej strany vozovky v šírke do 10 m pozdĺžnej osi vozidla na vzdialenosť 70 m pred automobilom. Príkladne dosah isoluxy 8 lx je pre vylepšenú žiarovku v rozpätí 46 až 50 m v porovnaní s 40 m pre štandardnú žiarovku.

Vylepšené žiarovky dovoľujú spozorovať prekážku z väčšej vzdialenosti ako žiarovky štandardné. Zo skúmaných žiaroviek jednoznačne najlepšie boli žiarovky Philips Blue Vision. V ich svetle bolo možné prekážku pozorovať zo vzdialenosti väčšej o 22 m (teda nárast o 46 %) v porovnaní s štandardnou žiarovkou. Druhé miesto pripadlo žiarovke Osram Cool Blue.“

4.3.5 Výbojky

V súčasnej svetelnej technike existuje veľké množstvo rôznych výbojok. Výbojové zdroje svetla sú založené na princípe elektrického výboja v plynoch alebo parách pevných látok najčastejšie kovov. Elektrický výboj je nestabilný a s nárastom prúdu klesá napätie výboja. To má za následok zvýšenie ionizácie a ďalšie zvyšovanie prúdu a pokles napätia. Z tohto dôvodu je nutné do obvodu výbojky zaradiť obmedzujúci prvok, ktorý zaistí stabilizáciu elektrických parametrov do oblasti pracovného bodu. Ďalšou odlišnosťou oproti žiarovkám, je charakteristický proces štartu výbojky, kedy plný výkon nedosahujú okamžite ale až po určitej dobe, ktorá môže trvať niekoľko sekúnd až desiatok minút. K zapáleniu výboja je pritom vo väčšine prípadov nutné zvýšené alebo vysoké napätie generované špeciálnymi štartovacími obvodmi. Rozlišujeme nízkotlakové výbojky, ktoré sa ďalej delia na žiarivky, kompaktné žiarivky a nízkotlakové sodíkové výbojky. Z týchto sa vo vozidlách používajú len žiarivky (nízkotlakové ortuťové výbojky s vrstvou fluorescenčnej látky) na vnútorné osvetlenie vozidiel hromadnej dopravy. Ďalšou skupinou výbojok sú vysokotlakové

výbojky. V tejto skupine sa nachádzajú ortuťové, sodíkové, zmesové a halogenidové výbojky. Ďalej poznáme výbojky indukčné, sírne a výbojky s krátkym oblúkom. A práve k poslednému spomenutému typu sa radí aj v súčasnosti v automobiloch veľmi rozšírená xenónová výbojka.

4.3.6 Xenónové výbojky

Xenónové výbojky označované tiež HID z anglického High-Intensity Discharge, čo v preklade znamená výboj s vysokou intenzitou, sú z historického hľadiska novším svetelným zdrojom s počiatku používaným hlavne v svetlometoch luxusných vozidiel, postupom času si však nachádzajú, hlavne pre svoje výhody, cestu aj do vozidiel nižších kategórií. Vo vnútri xenónovej výbojky je umiestnené vzduchotesné jadro vyrobené z kremičitého skla, ktoré sa pod vysokým tlakom, tlak v trubici potom obvykle pohybuje okolo hodnoty 7 barov, naplní xenónom s prímiesami metalických solí (halogenidy). Na oboch koncoch tejto trubice sú zatavené elektródy. Pre zapálenie výboja je potrebné vysoké striedavé napätie obvykle 23 kV až 24 kV. Vysoké napätie v trubici spôsobí preskok iskry a počiatočnú ionizáciu plynu, v ktorom následne začne horieť elektrický oblúk, ktorý je zdrojom svetla. Prostredie, v ktorom oblúk horí, xenón, pary solí a alkalických kovov, určuje farbu svetla výbojky v rozsahu 4100÷8000 K. O dodávku vysokého štartovacieho napätia pre výbojku sa stará riadiaca jednotka, ktorá zabezpečuje aj jeho následnú prevádzku s menovitým napätím 85 V prípadne 42 V a frekvenciou 100÷300 Hz a zaručuje aj prevádzku výbojky s konštantným príkonom 35 W počas celej doby prevádzky a súčasne chráni výbojku proti poškodeniu nadprúdom. Porovnanie xenónových výbojok a halogénových žiaroviek je uvedené v tab. č. 4 - 9.

Tab. č. 4 – 9 Porovnanie xenónových výbojok a halogénových žiaroviek

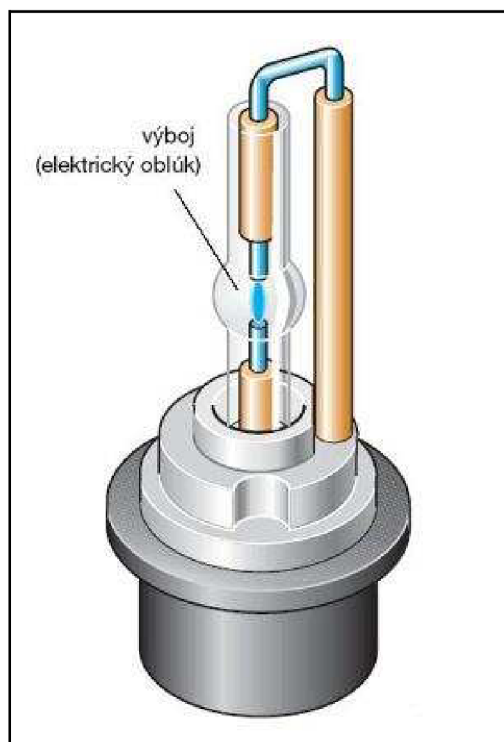
<i>parameter</i>	<i>halogénová žiarovka</i>	<i>xenónová výbojka</i>
Príkon (W)	55	35
Teplota farby (chromatickosti) (K)	3200	4100÷8000
Svetelný tok (lm)	900÷1500	2800÷3400
Životnosť (hod)	400÷550	2000÷3200
Index Ra	100	80÷90
Svietivosť (cd)	67500	152875

Z tab. č. 4 - 9 sú zrejme nesporné výhody xenónových výbojok oproti halogénovým žiarovkám. Pri menšom menovitom príkone (výkone) dokážu poskytnúť lepšie svetelné

podmienky a dlhšiu životnosť. Ďalšou ich výhodou je, že svetlomety využívajúce tento druh svetelného zdroja dokážu lepšie osvetliť krajinu vozovky. Výhodou je aj nižšia prevádzková teplota vďaka ktorej výbojka nespôsobuje tepelné škody na telese svetlometu, je to súčasne ale aj určitá nevýhoda pretože v zimných mesiacoch z tohto dôvodu môže na svetlometoch zamŕzať sneh a voda. Ďalšou nevýhodou, ktorá zabraňuje využitiu xenónových výbojok v diaľkových svetlometoch, tak ako je to u zdrojov halogénových, je skutočnosť, že výbojka nedosahuje ihneď maximálnu svietivosť. Z tohto dôvodu sa používajú špeciálne konštrukcie xenónových svetlometov kde sa využíva výbojka ako spoločný zdroj tlmeného aj diaľkového svetla. Podobne ako u mnohých iných svetelných zdrojov aj v prípade xenónovej výbojky má na ich životnosť vplyv časté zapínanie a vypínanie (blikanie), to dokáže životnosť výbojky skrátiť až na hodnotu 800 hodín. Obdobne ako u halogénových žiaroviek existuje aj v prípade xenónových výbojok niekoľko typov. Výbojky sú označované kombináciou 3 znakov. Prvým znakom je vždy písmeno D za ním nasleduje číslica 1 až 4 a na tretej pozícii môže byť písmeno R alebo S a teda označenie výbojky môže byť napríklad D1S, D2S, D2R a i.. Význam jednotlivých znakov je uvedený v tab. č. 4 - 10.

Tab. č. 4 – 10 Význam značenia xenónových výbojok

<i>znak</i>	<i>pozícia</i>	<i>význam</i>
D	1	plynová (xenónová) výbojka, znak D musí byť aj na svetlomete znamená, že ten je pre použitie výbojky homologovaný
1	2	pracovné napätie 85 V, obsahuje ortuť, zabudovaný štartér
2		pracovné napätie 85 V, obsahuje ortuť
3		pracovné napätie 42 V, neobsahuje ortuť, pomalší nábeh, zabudovaný štartér
4		pracovné napätie 42 V, neobsahuje ortuť, pomalší nábeh
R	3	tieniaci pásik na sklenenej trubičke, využitie v reflektorových svetlometoch
S		bez tieniaceho pásika, využite v projekčných svetlometoch



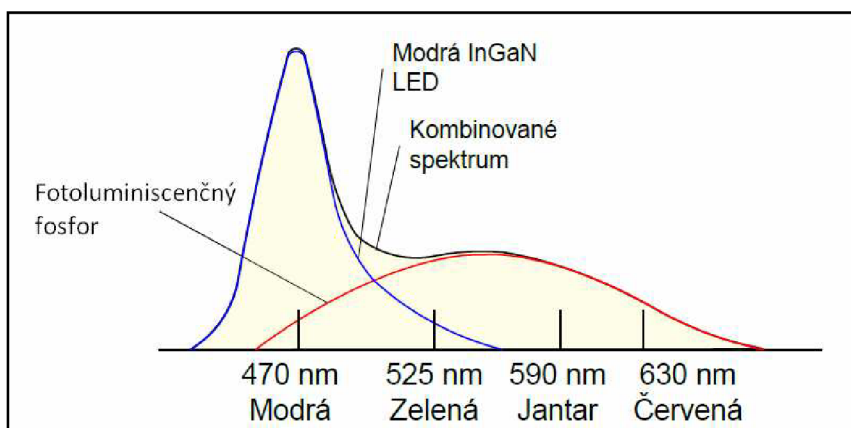
Obr. č. 4 – 8 Xenónová výbojka [10]

4.3.7 LED

LED je skratka z anglického Light Emitting Diode a znamená Svetlo emitujúca dióda. Po prvý krát sa v komerčnej sfére objavili LED v roku 1962 vyrábané spoločnosťou *General Electric*. Tieto diódy sa vyznačovali relatívne malou intenzitou vyžarovaného svetla, ktoré mohlo byť len červené. Následný vývoj postupoval veľmi pomaly a až v roku 1972 bola spoločnosťou *Siemens Semiconductor* uvedená prvá radiálna červená dióda. V 80. a 90. rokoch sa vývoj zameriaval na zvýšenie svetelného toku červenej, zvýšenie účinnosti a vývoj LED vyžarujúcich biele, modré, zelené a žlté svetlo. V 90. rokoch sa súčasne objavujú prvé aplikácie LED v automobiloch koncernu *Volkswagen* a následne ostatných nemeckých automobiliek. Na konci tejto dekády nachádzajú LED uplatnenie v treťom brzdom svetle. V súčasnej dobe sa LED čoraz častejšie využívajú na celkovú stavbu zadného združeného svetla automobilu. Okrem už bežného využitia na denné svietenie v predných svetlometoch sa začínajú objavovať aj konštrukcie predných svetlometov vystavané len na základe technológie LED. Príkladom sú napríklad vozidlá *Audi R8*, *Audi A6* a i..

Svetlo emitujúca dióda je polovodičový prvok, ktorý dokáže pri prechode elektrického prúdu PN prechodom v priepustnom smere vyžarovať svetlo, prípadne iné žiarenie, v úzkom spektre. Spektrum vyžarovania LED je dané chemickým zložením polovodičov použitých na konštrukciu PN prechodu. Keďže dióda dokáže vyžarovať len žiarenie v úzkom pásme

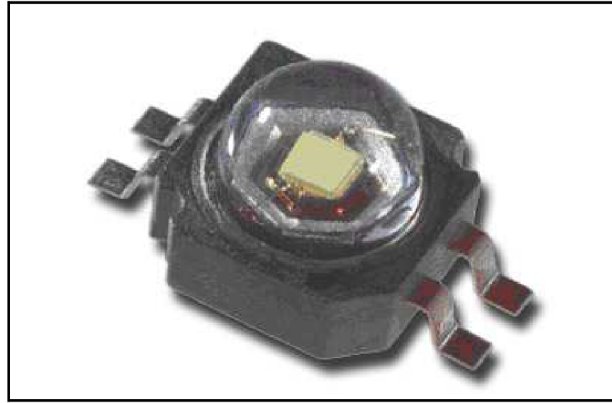
spektra, je jasné, že nedokáže vyžarovať priamo biele svetlo. Vzhľadom na túto skutočnosť boli výrobcovia nútení vytvoriť určité konštrukčné úpravy, aby bolo možné LED použiť aj v aplikáciách, kde je kladená požiadavka na biele svetlo. V starších konštrukciách „bielych“ svetlo emitujúcich diód sa stretávame troma farebnými čipmi (zväčša model RGB) umiestnenými v telese diódy. Vzájomným miesením farebných svetiel vo vrchlíku diódy vzniká výsledný efekt bieleho svetla. Nevýhodou tejto konštrukcie je aj fakt, že pri rozličných uhloch pohľadu na vrchlík, je možné spozorovať jednotlivé zložky svetla. Novšie konštrukcie takzvané „pravé biele LED“ využívajú k tvorbe bieleho svetla luminofor. Uplatňuje sa podobný princíp ako pri kompaktných žiarivkách, kde sa zväčša ultrafialové žiarenie pomocou luminoforu mení na svetlo. V prípade LED sa tiež jedná o zdroj žiarenia (ultrafialového alebo modrého svetla) kde žiarenie (svetlo) je priamo na čipe transformované na svetlo (v prípade modrého svetla LED sa transformuje na svetlo žlté a vzájomným miesením sa dosahuje vo výsledku biele svetlo vyžarované diódou, v prípade ultrafialového žiarenia je priamo vyžarované biele svetlo).



Obr. č. 4 – 9 Spektrum LED s luminoforom [19]

Výhody tohto zdroja svetla napríklad voči bežným žiarovkám sú nesporné, je to napríklad nízky príkon, stálosť farby svetla, stálosť svetelného toku pri zmene napätia, nábeh do plného výkonu rádovo v jednotkách milisekúnd, vyšší merný výkon, odpadá potreba farebných filtrov (skiel) pri potrebe iného ako bieleho svetla (pokrytie celého potrebného farebného spektra), dlhá životnosť (až 100 tisíc hodín), vysoká odolnosť voči rázom, smerovosť (svetelný tok môže byť sústredený na určité miesto), absencia napäťových rázov pri vypínaní a zapínaní. [9]

Na obr. č. 4 – 9 je zobrazený prvý LED zdroj skonštruovaný pre použitie v predných svetlometoch Luxeon K2 SMT – white LED. Výrobca garantuje životnosť 10 tisíc hodín. [11]



Obr. č. 4 – 10 Luxeon K2 SMT [24]

V osvetľovacej technike automobilov sa v poslednej dobe uplatňuje nová technológia LED. Jedná sa o organickú svetlo emitujúcu diódu nazývanú skrátene OLED. Jedná sa o svetelný zdroj na báze LED, kde sa na generovanie svetla využíva organický materiál. Konštrukciou OLED je dané, že svetlo má dostatočnú intenzitu avšak v dnešnej dobe ešte nie dostatočný svetelný výkon. Výhodou tohto zdroja sú veľmi malé rozmery a konštantné rozloženie svetla na celej ploche (povrchu) diódy. V súčasnej dobe nachádzajú OLED uplatnenie prevažne v interiérovom signalizačnom osvetlení vozidiel, objavujú sa už ale aj prototypy napr. smerových svetiel vyvíjané spoločnosťou *HELLA*. [9]

4.4 OSVETĽOVACIA TECHNIKA MOTOROVÝCH VOZIDIEL

Osvetľovaciu techniku motorových vozidiel možno rozdeliť do dvoch základných skupín, ktorými sú svetlomety a ostatné svetlá (svietidlá). V tejto časti budú obe skupiny podrobne rozobrané a pre lepšiu orientáciu v problematike si uvedieme pár základných pojmov.

Svetlomet je zariadenie konštruované na osvetlenie vozovky. V praxi sa stretáme s niekoľkými funkciami, ktoré svetlomet plní:

- a) **tlmené svetlo** – znamená svetlomet, ktorý je určený na osvetlenie vozovky pred vozidlom tak, aby neboli osľňovaní prípadne obťažovaní vodiči jazdiaci v protismere prípadne iní účastníci cestnej premávky na komunikácii kde sa vozidlo pohybuje.
- b) **dial'kové svetlo** - znamená svetlomet, ktorý je určený na osvetlenie vozovky na veľkú vzdialenosť pred vozidlom.
- c) **svetlomet do hmly** – znamená svetlomet, ktorý je určený na zlepšenie osvetlenia

vozovky za hmly, sneženia, búrky alebo v prachových mračnách.

- d) rohový svetlomet** - znamená svetlomet, ktorý je určený pre zaistenie doplňujúceho osvetlenia tej časti komunikácie, ktorá je v blízkosti predného okraja vozidla na strane vozidla, na ktorú sa vozidlo bude stáčať. [11]

Svietidlo alebo **svetlo** je zariadenie určené na vysielanie svetelného signálu ostatným účastníkom cestnej premávky. Svetidlá zabezpečujúce vonkajšie osvetlenie a podľa funkcie sa delia na:

- a) smerové svetlo** – znamená svietidlo určené na informovanie ostatných účastníkov cestnej premávky o úmysle vodiča zmeniť smer jazdy vpravo alebo vľavo.
- b) denné svetlo** – znamená svietidlo smerované dopredu, ktoré robí vozidlo ľahšie viditeľné počas jazdy cez deň.
- c) predné obrysové svetlo** – znamená svietidlo určené na označenie prítomnosti vozidla a jeho šírky pri pohľade spredu.[11]
- d) zadné obrysové svetlo** – znamená svietidlo určené na označenie prítomnosti vozidla a jeho šírky pri pohľade zozadu.
- e) bočné obrysové svetlo** – znamená svietidlo určené na označenie prítomnosti vozidla a jeho šírky pri pohľade z boku.
- f) brzdové svetlo** – znamená svietidlo určené na informovanie ostatných účastníkov cestnej premávky o úmysle vodiča znížiť rýchlosť alebo zastaviť vozidlo.

K svietidlám je ešte možné doplniť **interiérové osvetlenie**, ktoré slúži ku komfortu vodiča a pasažierov pri nastupovaní a vystupovaní z vozidla najmä za znížených svetelných podmienok prípadne na osvetlenie odkladacích priestorov a i. a ďalej osvetlenie palubných prístrojov a ovládačov vozidla.

4.4.1 Svetlomety motorových vozidiel

Rovnako ako iné konštrukčné prvky vozidiel aj svetlomety podliehajú neustálemu vývoju. V súčasnosti sa v automobiloch môžeme z konštrukčného hľadiska stretnúť s rôznymi tvarmi predných svetiel, ktoré spájajú či už základné funkcie svetlometu - tlmeného a diaľkového svetla a v dnešnej dobe najčastejšie aj smerového a obrysového svetla ale aj svetla do hmly, denného svetla a v niektorých prípadoch (prevažne na severoamerickom kontinente) aj bočného obrysového svetla. V literatúre sa možno stretnúť s rôznymi

rozdeleniami druhov svetlometov. Prof. Ing. František Vlk, DrSc. v skriptách „Elektronické systémy motorových vozidel“ [25] uvádza rozdelenie:

„U súdobých vozidiel sa používajú tieto svetlá:

- a) parabolické svetlá*
- b) elipsoidné svetlá*
- c) svetlometry s volnou plochou*
- d) kombinácia elipsoidného svetlometu a svetlometu s volnou plochou“*

Autori Ing. Michal Fabian, Ph.D. a Ing. Jana Fabiavá Ph.D. vo svojej práci „Vývoj automobilových reflektorov a bezpečnosť jazdy v noci“ [26] uvádzajú rozdelenie podľa vzniku lomu svetla.

- a) lom svetla pomocou vrúbkovaného skla – parabolický svetlomet s optikou na skle*
- b) lom svetla za pomoci paraboly s viacnásobnou odrazovou plochou*
- c) usmernenie svetla šošovkou*

Ďalší autori tiež uvádzajú rôzne rozdelenia svetlometov často v závislosti na autorovi od ktorého oni sami čerpali. Bolo by teda na mieste vyhodnotiť a uviesť ucelene a čo najpresnejšie aké druhy svetlometov sa v súčasných automobiloch používajú. Význam pojmu svetlomet sme si už vysvetlili a tu by bolo zrejme vhodné si vysvetliť aj ďalšie pojmy so svetlometom späté. Prof. Ing. František Vlk, DrSc. v skriptách „Elektrická zařízení motorových vozidel“ [27] uvádza:

*„**Reflektor** je odrazová plocha svetlometu, pôvodne sa vyrábali z ocelového plechu, v súčasnosti sa pre zložitosť odrazových plôch vyrábajú z plastov. Povrch reflektora musí byť hladký, trvanlivý, s malou pohltivosťou a musí dobre odrážať svetelné lúče. Pôvodne používané postriebrené a leštené odrazové plochy sú dnes nahradzované plochami s hliníkovou vrstvou naparenou vo vákuu, ja ktorej je nanosený ochranný lakový alebo kremenný povlak.*

***Krycie sklo** je sklo, ktoré vhodne láme a usmerňuje svetelné lúče. Sklo musí byť číre a bez kazov s vysokou optickou priepustnosťou. V súčasnej dobe sa používajú aj krycie sklá z mechanicky a tepelne vysoko odolných plastov. U moderných odrazových plôch môže byť sklo hladké bez optických elementov. Chráni vnútro svetlometu pred nečistotami a mechanickým poškodením.“*

Na základe týchto poznatkov teda možno povedať, že v prípade konštrukcie samotného svetlometu sa stretávame s niekoľkými základnými konštrukciami optického systému:

- a) parabolický reflektor*

- b)* elipsoidný reflektor
- c)* reflektor s voľnou odrazovou plochou FF (Free-Form)
- d)* facetový reflektor
- e)* projekčný systém

A ďalej s dvoma druhmi krycieho skla:

- a)* s optikou (s optickými formami / elementmi)
- b)* hladké (čisté, bez optických elementov)

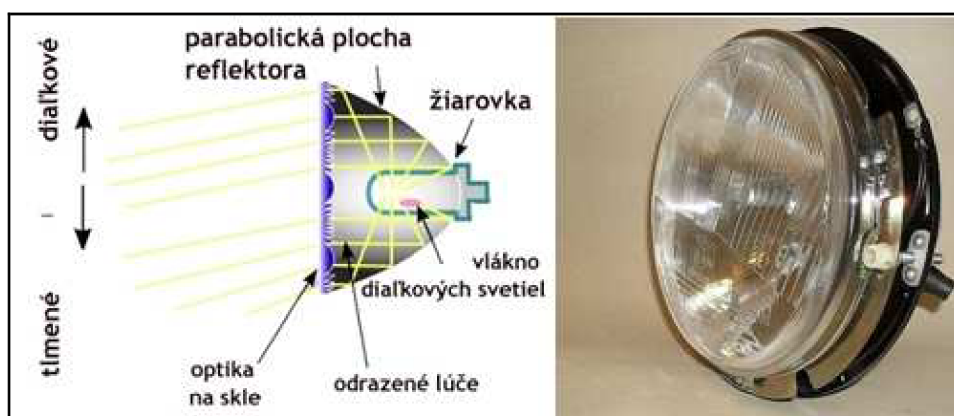
Kombináciou týchto dvoch základných konštrukčných prvkov teda vzniká teleso svetlometu a v praxi sa následne stretáme s tromi skupinami svetlometov ktoré využívajú :

- a)* reflektor s optikou na skle
- b)* reflektorovú optiku
- c)* projekčné systémy

Parabolický svetlomet s optickými elementmi

Využíva parabolický reflektor, ktorý najstarší používaný druh reflektora v kombinácii s optikou na skle. Môže byť určený len pre jednu funkciu svetla, často však plní spoločne s dvojvláknovou žiarovkou funkciu tlmeného a diaľkového svetla. V tomto prípade sa pre tlmené svetlo využíva horná časť. Zdroj svetla je umiestnený tak aby sa svetlo vyžiarilo cez optickú os na vozovku. Rozdelenie svetla na vozovku, tak aby vyhovovalo všetkým požiadavkám, je zabezpečené krycím sklom s optickými elementmi. [25]

Zdroj svetla, ktorým je žiarovka, je umiestnený v ohnisku paraboloidu.



Obr. č. 4 – 11 Parabolický reflektor s optikou na krycom skle [26]

Elipsoidný svetlomet

Je ďalším vývojovým stupňom svetlometov. Už z názvu je jasné, že odrazová plocha (reflektor) má elipsoidný tvar. Svetlomety využívajúce elipsoidný reflektor sú označované DE (Dreiachse Elipsoid) projekčné svetlomety a to z dôvodu, že fungujú podobne ako projekčné

zariadenia. Výhodou tohto druhu reflektora je možnosť konštrukcie svetlometov s malými rozmermi a vysokým svetelným výkonom. Svetlo zdroja, ležiaceho v ohnisku reflektora, je preberané reflektorom a sústredované do druhého ohniska z ktorého svetelné lúče ďalej smerujú do šošovky, ktorá funguje ako objektív projekčného prístroja a premieta rozdelenie svetla. Dôležitou časťou svetlometu využívajúceho elipsoidný reflektor je clona ktorá ohraničuje rozdelenie svetla a vytvára hranicu svetla a tmy. Práve spomenutá hranica svetla a tmy je súčasne výhodou aj nevýhodou tejto konštrukcie. Ostrá hranica svetla a tmy je vhodná za hmly no za tmy je niekedy vhodnejšie aby dochádzalo k určitému podielu rozptylu svetla. [25]

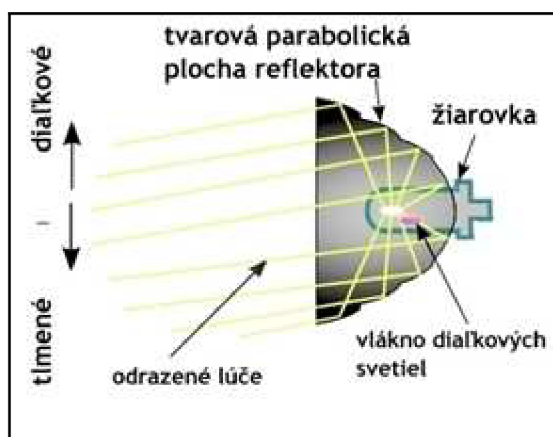
Svetlomet s voľnou odrazovou plochou (FF)

Jedná sa o svetlomet využívajúci reflektorovú optiku. Plocha reflektora nie je tvorená symetrickým priestorovým útvarom ako u predošlých typov ale je voľne vytvorená v priestore extrémne veľkým množstvom čiastkových optických segmentov a jednotlivé segmenty osvetľujú rôzne časti vozovky. Vznik tohto druhu svetlometov umožnila moderná výpočtová technika, za pomoci ktorej je možné usporiadať plochy reflektora tak, aby sa svetelné lúče zo všetkých spodných segmentov odrážali na vozovku. Keďže ohyb a rozptyl svetelných lúčov je realizovaný priamo plochou reflektora odpadá potreba skla s optickými elementmi a používa sa čisté sklo. [25, 11]

Svetlomet s facetovým reflektorom

Je konštrukčne podobný ako svetlomet s reflektorom FF. Celková odrazová plocha reflektora je rozdelená na jednotlivé čiastkové optické segmenty – tzv. facety. [11]

V prípade reflektorových svetlometov sa používajú ako halogénové žiarovky tak aj xenónové výbojky.



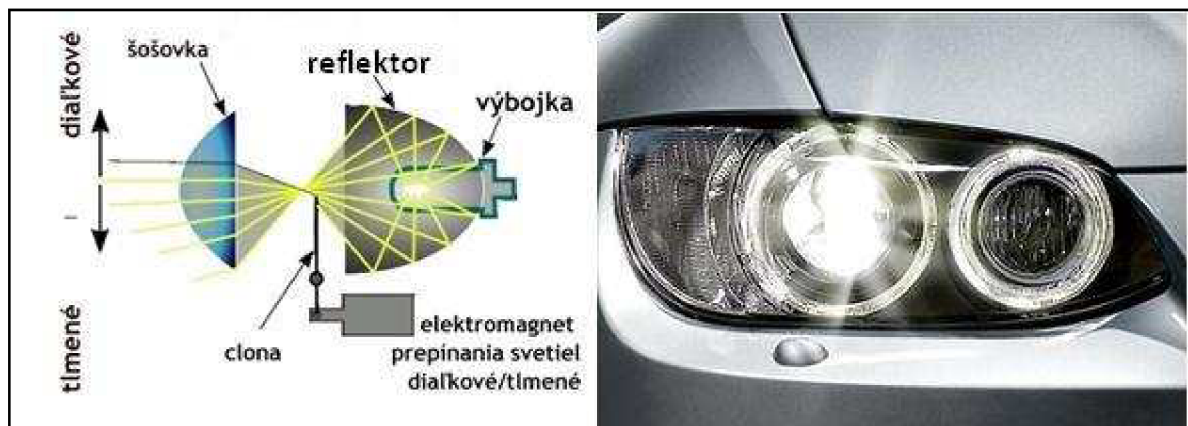
Obr. č. 4 – 12 Parabolický reflektor s reflektorovou optikou[26]



Obr. č. 4 – 13 a) FF H7reflektor, b) Facetový H4 reflektor [11]

Svetlomet s projekčnou optikou

Konštrukciou sa svetlomet podobá diaprojektoru. Rozptyl svetla sa vyobrazuje reflektorom a šošovkou sa prenáša na vozovku. Výsledný svetelný objekt pozostáva z reflektorom vytvoreného rozptylu svetla a obrysu hrany clony. Podľa použitého svetelného zdroja môže byť clona pevná (halogénové žiarovky, funkcia len jedného druhu svetla) alebo pohyblivá čo umožňuje u xenónových výbojek prepínanie medzi tlmeným a diaľkovým svetlom.



Obr. č. 4 – 14 Svetlomet s projekčnou optikou [26]

Kombinované konštrukcie svetlometov

Jedná sa o projekčné svetlomety, u ktorých je použitý reflektor s voľnou odrazovou plochou. Reflektor zachytáva čo možno najviac svetla prichádzajúceho od zdroja a smeruje ho tak, aby čo možno najväčšie množstvo dopadlo cez clonu na šošovku. Pritom je svetlo reflektorom smerované takými smermi, aby vo výške clony vznikalo rozdelenie svetla, ktoré šošovka premieta na vozovku. [25]

K takto konštruovaným svetlometom patrí napríklad svetlomet *Super DE* firmy *HELLA* alebo systém *PES* (polyellipsoid) firmy *BOSCH*. Systém *PES* má ďalej reflektor krytý kruhovým krycím sklom, ktoré je opatrené optickými formami a podľa nastavenia clony a ohniska reflektora sa využíva jeho príslušná časť.

4.4.2 Moderné konštrukcie svetlometov

V predošlej časti boli popísané klasické používané konštrukcie svetlometov s dôrazom predovšetkým na základný optický systém v nich použitý. Ďalej sa oboznámime s rôznymi konkrétnymi konštrukciami používanými v súčasných vozidlách.

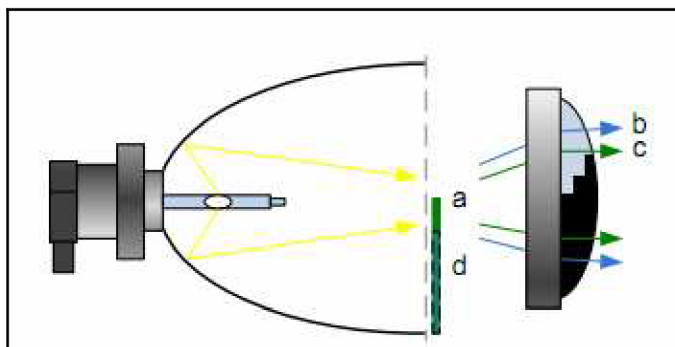
Litronic

Je svetlomet vyvinutý firmou *BOSCH* využívajúci ako svetelný zdroj xenónovú výbojku. Jedná sa o celý systém skladajúci sa z optickej jednotky s výbojkou a elektronického predradníka. Tak ako všetky xenónové svetlomety aj tento je vybavený jednotkou automatickej regulácie vertikálneho sklonu a čistiaceho zariadenia tak ako to vyžaduje predpis EHK R-48. Tento systém je najčastejšie používaný v tzv. štvorreflektorovom systéme, kedy je výbojka použitá v reflektore pre tlmené svetlo a funkcia diaľkového svetla je zabezpečená reflektorom s halogénovou žiarovkou. Použitie je možné v projekčných systémoch (použitie výbojky bez tieniaceho pásika) a rovnako aj v reflexných (reflektorových) svetlometoch kde sa použije výbojka s tieniacim pásikom slúžiacim na vytvorenie hranice svetla a tmy. [25]

Bi-Litronic a Bi-xenon

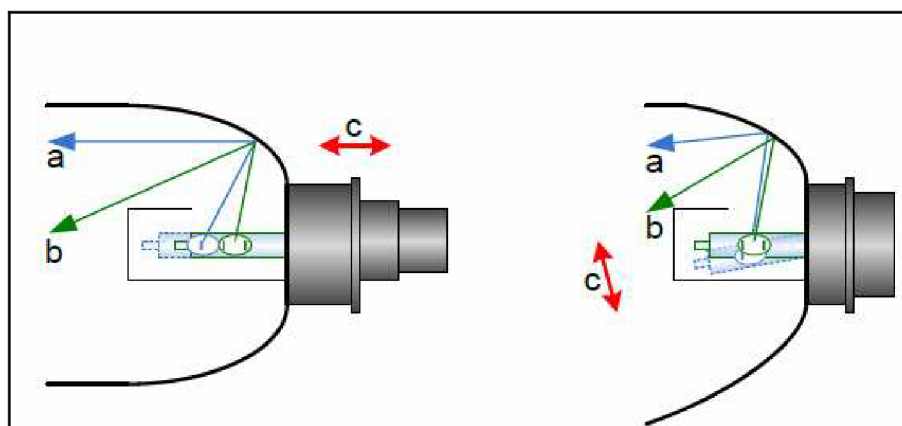
Z dôvodu oneskorenia nábehu maximálneho svetelného výkonu xenónovej výbojky vyplýva nevýhoda, že nemôže fungovať samostatne ako zdroj diaľkového svetla, tak ako je to pri halogénových žiarovkách. Táto nevýhoda bola odstraňovaná pridaním halogénovej žiarovky do svetlometu, ktorá zabezpečila okamžitý nábeh jasú potrebného pre diaľkové svetlo a vykryla čas pokým výbojka nedosiahla svoj plný výkon.

Pre lepšie využitie xenónových výbojok boli vyvinuté nové systémy umožňujúce v jednom optickom systéme spojiť dohromady funkciu tlmeného aj diaľkového svetla. Je to dosiahnuté elektromechanickým alebo elektromagnetickým pohybom určitej časti svetlometu a v závislosti od konštrukčnej úpravy je možné použiť takýto systém v projekčných aj reflexných svetlometoch. V projekčných svetlometoch je výbojka pevne uchytená a o prepínanie funkcie svetla sa realizuje clonou umiestnenou v optickom systéme. V prípade reflexných svetlometov sa rozdelenie svetelného toku dosahuje pohybom výbojky. Posun výbojky môže byť horizontálny alebo sa môže jednať o sklápanie. [9]



Obr. č. 4 – 15 Schéma projekčného svetlometu Bi-xenon

(a – priestor ohnísk, b – diaľkové svetlo, c- tlmené svetlo, d – pohyblivá clona) [9]



Obr. č. 4 – 16 Schéma reflexného svetlometu Bi-litronic BOSCH (vľavo) a Bi-xenon HELLA

(vpravo) (a – diaľkové svetlo, b – tlmené svetlo, c- smer pohybu) [9]

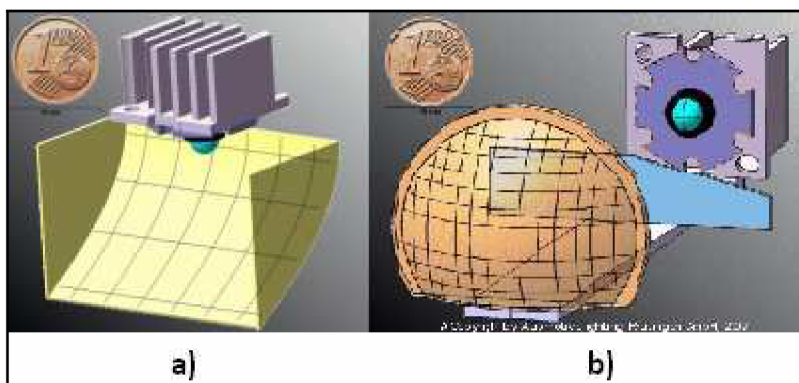
Svetlomety využívajúce ako zdroj svetla LED

Ako už bolo spomenuté v kapitole o svetelných zdrojoch, vývoj elektroluminiscenčných diód v posledných rokoch napreduje a nachádzajú uplatnenie už aj v hlavných svetlometoch vozidiel. Prvým vozidlom využívajúcim túto technológiu bol v roku 2008 *Lexus LS 600* avšak len ako tlmené svetlá. Na obr. č. 4 – 17 je prototyp svetlometu postavený spoločnosťou *HELLA* využívajúci čisto len LED technológiu.



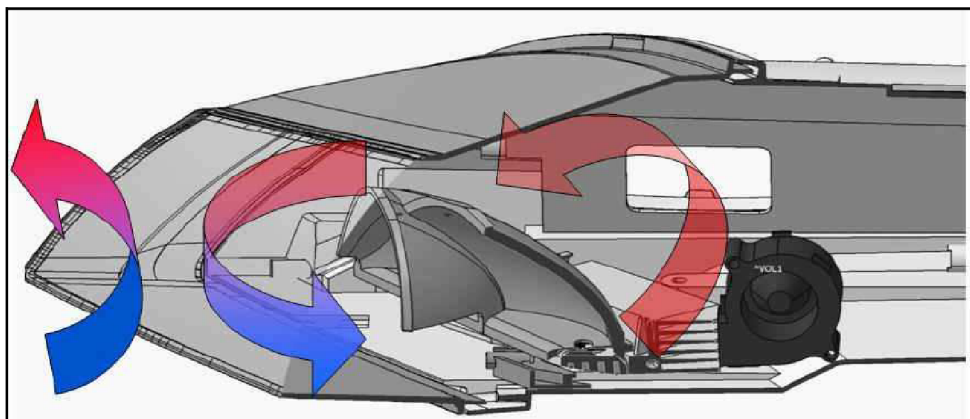
Obr. č. 4 – 17 Prototyp LED svetlometu [11]

V prípade LED svetlometov sa na rozdelenie svetla na vozovku využívajú podobne ako aj v predošlých prípadoch reflektorové alebo projekčné systémy. [8]



Obr. č. 4 – 18 LED a) reflektorový b) projekčný systém [8]

Luminiscenčné diódy emitujú tzv. „chladné“ („cold“) svetlo, ktorého súčasťou nie je infračervené žiarenie ale súčasne teplo vzniká v polovodičovom čipe a musí byť odvádzané pomocou chladiča. Parametre svetla ako svetelný tok a farba a ďalej prípustné napätie PN prechodu sú závislé na teplote a v prípade, že je teplota nízka stúpa množstvo vyprodukovaného svetla a pri zvýšenej teplote naopak klesá a ďalej hrozí obmedzenie životnosti prípadne aj zničenie diód. Z dôvodu ochrany LED a stabilizácie teploty umožňujúcej pracovať dióde v ideálnych podmienkach, boli vyvinuté vzdušné chladiace systémy. Na obr. č. 4 – 19 je naznačená schéma cirkulácie vzduchu v svetlomete. [8]



Obr. č. 4 – 19 Cirkulácia vzduchu v LED svetlomete [8]

4.4.3 Svietidlá

V prípade svietidiel hovoríme o tzv. návestných svetlách ktoré sa ďalej delia:

- **signalizačné** - brzdové
- smerové
- varovné

- **identifikačné** - obrysové

- osvetlenie EČ
- koncové svetlá do hmly
- svetlá pre denné svietenie

Aj v tomto prípade možno sledovať postupný vývoj. Dlhodobo sme sa v prípade návestných svetiel stretali s klasickou konštrukciou, kedy bolo teleso svetla zložené z odrazovej plochy a farebného krycieho skla (plastu) s elementmi zaručujúcimi rozptyl svetla. Ďalšou možnosťou u smerových svetiel využívanou v prípade hlavných svetlometov a bočných smerových svetiel je použitie nezafarbeného krycieho skla a žiarovky, ktorej povrch je zafarbený.

V súčasnosti sa môžeme stretnúť s ďalšími spôsobmi riešenia:

- a) kombinácia hladkého skla a tvarovanej odrazovej plochy
- b) využitie LED
- c) využitie svetlovodov (vzhľadom na nízku svetelnú účinnosť sa používa výhradne v obrysovaných svetlách)

Vzhľadom na narastajúci objem dopravy či už v mestách alebo aj na diaľniciach a pre ľahšiu identifikáciu možných vznikajúcich dopravných situácií sú moderné vozidlá vybavené špeciálnymi funkciami návestných svetiel. Jedná sa napríklad o **adaptívne brzdové svetlá** nazývané tiež ako **funkcia panického brzdienia**. V prípade ak elektronika vo vozidle rozozná, že sa jedná o prudké či núdzové brzdzenie, začnú brzdové svetlá blikať s frekvenciou štyrikrát vyššou ako svetlá smerové (*Mercedes*), prípadne je brzdové svetlo rozdelené na dve časti pričom pri bežnom brzdení sa rozsvetuje len jedna a v prípade brzdienia núdzového sa rozsvieti ďalšia s väčšou intenzitou jasu (*BMW*). Niektorí výrobcovia na núdzovú situáciu upozorňujú tak, že po prudkom brzdení sa automaticky aktivuje výstražná funkcia smerových svetiel. V moderných vozidlách sa čoraz častejšie v zadnom združenom svetle využívajú vysoko svietivé LED. Ich hlavným prínosom je doba nábehu svietivosti len 50 ms, ktorá je výrazne kratšia ako pri bežných žiarovkách. Tento fakt umožňuje skrátiť brzdnú dráhu vozidla idúceho za vozidlom, ktoré začne brzdiť asi o 5,5 m pri počiatkovej rýchlosti 100 km/h.

Svetlá pre denné svietenie

V súčasnej dobe má množstvo krajín zavedenú povinnosť celodenného svietenia. Plní sa tým druhá časť hesla „vidieť a byť videný“. Je dokázané, že vozidlo, ktoré má aj počas dňa

rozžaté svetlá je na komunikácii lepšie viditeľné najmä v rôznych zhoršených svetelných situáciách napríklad pri ostrom svetle prípadne v šere lesa a i.. Automobilový výrobcovia aj z tohto dôvodu (od februára 2012 povinne) zavádzajú vo vozidlách svetlá pre denné svietenie, ktoré sa spúšťajú automaticky pri štarte vozidla a pri zapnutí hlavných svetlometov sa automaticky deaktivujú. V závislosti od výrobcu a modelu sa možno stretnúť s rôznym umiestnením tohto svetidla a zdrojom svetla. Svetlá pre denné svietenie môžu byť súčasťou konštrukcie hlavného svetlometu a často bývajú umiestnené aj v nárazníku vozidiel samostatne alebo ako súčasť predného svetlometu do hmly. Ako zdroj sa používajú žiarovky na to určené alebo diódy LED. V prípade žiarovkových zdrojov sa jedná o bežný reflektorový svetlomet. Ak svetlá pre denné svietenie využívajú ako zdroj svetla LED, jedná sa taktiež o reflektorový princíp, pričom sú takéto reflektory zoradené do skupín. LED čip má vysoký výkon a reflektor je navrhnutý tak, aby netvoril dlhý svetelný kužeľ ako pri bežných svetlometoch ale naopak, aby zabezpečil silný rozptyl svetelných lúčov.

V súvislosti so zavádzaním denného svietenia a rôznymi snahami a úmyslami vodičov sa možno v praxi stretnúť aj s rôznymi dodatočne montovanými setmi LED svetiel pre denné svietenie. Nutné je podotknúť, že aby sa svetlá mohli označiť ako svetlá pre denné svietenie a teda mohli plniť túto funkciu musia byť označené symbolom **RL** umiestneným na krycom skle svetidla nad homologizačnou značkou. V prípade ak sa takáto značka na svetlách nenachádza jedná sa o pozičné svetlá určené na umiestnenie na autobusoch a nákladných vozidlách pre zdôraznenie rozmerov vozidla. [9]

4.5 ŠPECIÁLNE FUNKCIE A INOVATÍVNE TECHNOLOGIE V OSVETĽOVACEJ TECHNIKE AUTOMOBILOV

Čoraz väčšie nároky kladené najmä na bezpečnosť ale aj svetelnú pohodu všetkých účastníkov cestnej premávky nielen za zníženej viditeľnosti sú dôvodom prečo automobilky stále prinášajú rôzne inovácie. Dôvodom je najmä zlepšenie osvetlenia vozovky pri jazde zákrutou alebo pri odbočovaní.

4.5.1 Adaptívne svetlomety

Myšlienka svetlometov meniacich smer svetelného toku nie je úplne nová, po prvý krát sa objavili už v šesťdesiatych rokoch vo vozidle *Citroen DS 21*, kde bolo horizontálne natáčanie diaľkových svetlometov realizované mechanicky v závislosti od natočenia volantu. Po niekoľkých desaťročiach sa myšlienka na svetlomety schopné osvietiť napríklad zákrutu,

začala byť opäť aktuálna, avšak mechanický princíp je nahradený elektronikou, ktorá natáča svetlá nie len v závislosti na natočení volantu ale aj na rýchlosti, vonkajších svetelných podmienkach, zapnutí smerových svetiel prípadne dokážu spolupracovať s GPS a reagovať na množstvo iných aspektov v niektorých prípadoch aj na klesanie a stúpanie a podľa toho upravovať aj horizontálny sklon svetlometov.

Novodobý vývoj moderných adaptívnych svetlometov začal v roku 1993, kedy z iniciatívy niekoľkých výrobcov vznikol projekt *AFS Eureka* (Advanced Front Light System) a jeho výsledkom bol svetlomet *AFS*. V prípade adaptívnych svetlometov sa môžeme ďalej v závislosti od výrobcu stretnúť s mnohými označeniami ako napríklad *VARIO X* a *VARILIS*, *AFL* (Adaptive Forward Light), *AHL* (Adaptive Head Lights), a i. a taktiež s rozličnými funkciami, ktoré tieto systémy ponúkajú.

Statické svetlometry

Statické svetlometry ktoré sa po prvý krát objavili v roku 2002 inak nazývané aj odbočovacie alebo *Corner Light* možno považovať za predchodcu či lacnejšiu alternatívu moderných adaptívnych svetlometov, označovanú aj ako prvú generáciu *AFS*. V prípade statického svetlometu sa žiadna jeho časť nenatáča ale do konštrukcie hlavného svetlometu alebo svetlometu do hmly je pridaný ďalší reflektor umiestnený a nasmerovaný tak, aby pri zmene smeru jazdy osvetlil oblasť v uhle 60° až 80°. Svetlomet je riadený elektronickou jednotkou prijímajúcou údaje o aktuálnej rýchlosti, uhle natočenia volantu a zapnutých smerových svetlách a na ich základe plynule zvyšuje a znižuje intenzitu prídavného svetelného kužeľa. Tento systém sa hodí napríklad pri potrebe osvetlenia úzkych zákrut, serpentín, križovatiek a manévrovaní v tesných priestoroch so zlou viditeľnosťou v okolí vozidla. [28]

VARIO X

Jedná sa o produkt firmy *HELLA* a je to skratka pre variabilný xenónový systém. Skladá sa z projekčného modulu s výbojkou kde je pevná clona nahradená otáčajúcim sa valčekom, na ktorý sú po obvode pripevnené rôzne clonky a vďaka tomu svojim otáčaním umožňuje dosiahnuť 5 svetelných režimov:

- a) mestský režim – do 50 km/h – krátky ale široký kužeľ
- b) tlmené svetlo
- c) diaľnica – úzky ďaleký pruh svetla, do 110m symetrický svetelný kužeľ na celú šírku vozovky

- d) diaľkové svetlo
- e) nepriaznivé počasie – svetelný kužeľ mierne naklonený ku krajnici, široký záber

Valček otáča krokový motor rádovo v jednotách milisekúnd. Konštrukcia umožňuje prepínať svetlomety na prevádzku pre ľavostranný i pravostranný režim jazdy.

VARILIS

Je ďalším produktom firmy *HELLA* a je to skratka pre *Variables Intelligentes Lichtsystem* čo v preklade znamená variabilný inteligentný svetelný systém. Je postavený na základe *VARIO X* doplnenom o možnosť natáčania modulu do zákrut.

AFS

Skratku *AFS* používa pre označenie svojho produktu napríklad firma *Visteon* [4].

V praxi sa objavujú tri generácie či tri stupne systému:

AFS I – funkcia odbočovacieho svetla (*Corner*) v prípade ak sú zapnuté tlmené svetlá

AFS II – *Corner* + natáčanie svetlometov pri prejazde zákrut

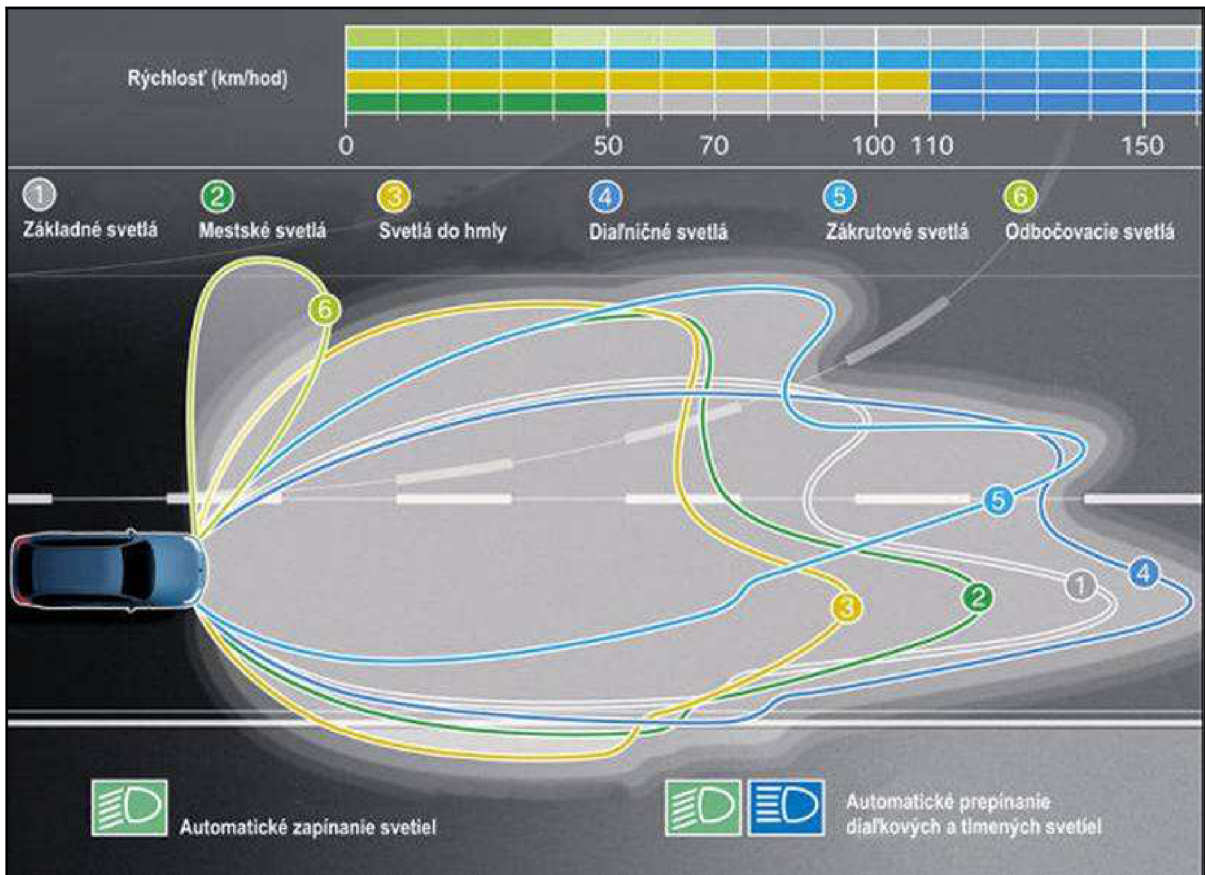
AFS III – *Corner* + mestské svetlo + diaľničné svetlo + svetlo pre nepriaznivé počasie (dážď a hmla)

AFL

Označenie používané napríklad automobilkou *Opel*. Umožňuje spoluprácu s *GPS*, meniť horizontálny sklon či funkciu automatického zapnutia pri vjazde napríklad do tunela. Svetlomety použité vo vozidle *Opel Insignia* dokážu poskytnúť až 8 svetelných režimov a ďalej aj nezávislú funkciu denného svetla. Možné režimy[6]:

- a) **svetlá v pešej zóne** – 0÷30 km/h, svetelný kužeľ rozšírený o 8° na každú stranu.
- b) **svetlá v meste** – 30÷55 km/h, aktivovaný na základe rýchlosti a identifikácie mestského osvetlenia na základe čoho rozšíri svetelný kužeľ a skráti jeho dosah.
- c) **svetlá v krajine** - 55÷100 km/h, aktivuje sa rýchlosťou, širší a jasnejší svetelný kužeľ ako tlmené svetlá dosah 70 m.
- d) **svetlá na diaľnici** - nad 100 km/h, aktivované na základe snímača riadenia, dosah 140 m.
- e) **svetlá pri nepriaznivom počasí** – do 70 km/h, aktivácia dažďovým senzorom, skrátený svetelný kužeľ ľavého svetlometu a predĺžený kužeľ pravého.
- f) **diaľkové svetlá s asistenciou** – automaticky prepína medzi diaľkovými a tlmenými svetlami v prípade detekcie iného vozidla.

- g) **dynamické natáčanie svetlometov** – svetlomety sa natáčajú o 15° v každom smere na základe rýchlosti vozidla a pohybu volantom, odozva je závislá na zvolenom jazdnom režime.
- h) **Statické odbočovacie svetlo** – 0 ÷ 40 km/h, automaticky aktivované pri odbočovaní alebo parkovaní, osvetľuje až 90° v smere manévrovania, aktivované aj v prípade zaradeného spätného prevodového stupňa.



Obr. č. 4 – 20 Možné funkcie adaptívnych svetlometov [26]

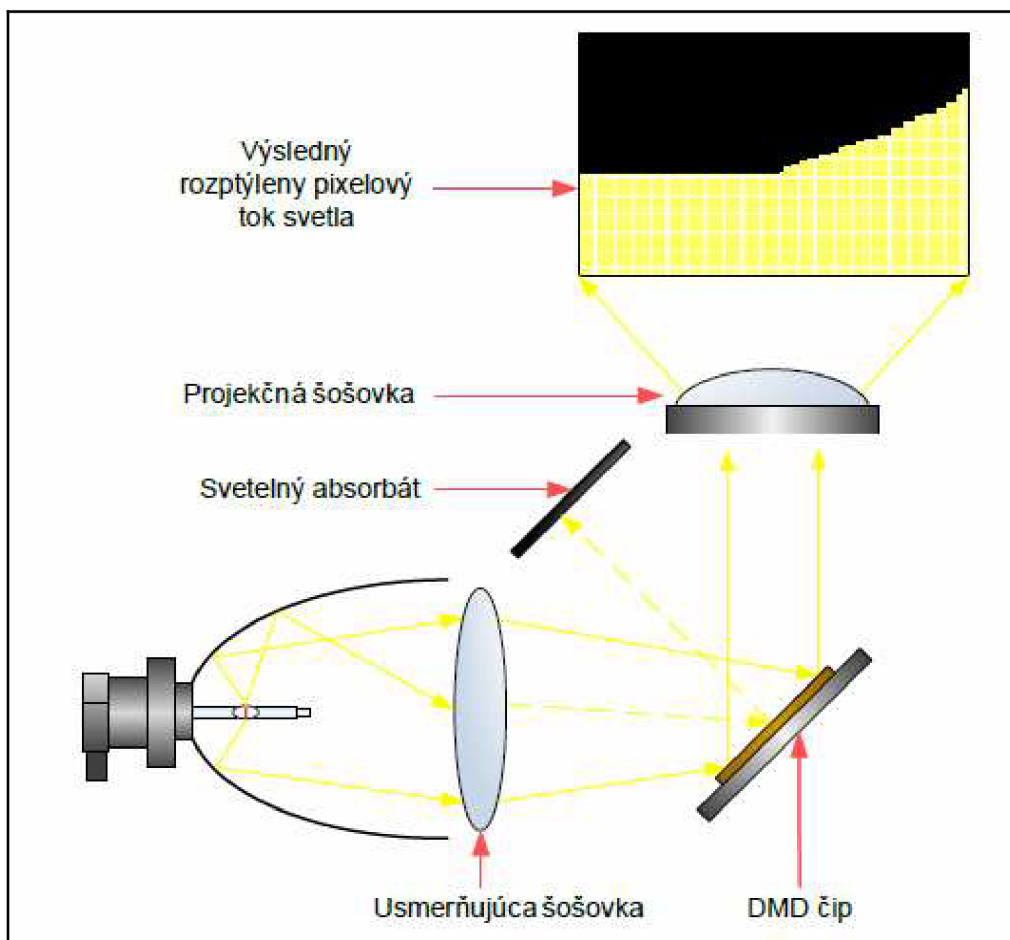
4.5.2 Inovatívne svetlomety

Pixelové svetlomety

Jedná sa o projekčný systém, v ktorom je svetelný tok cez šošovku prenášaný na *DMD* (Digital Micromirror Device) čip. Je to vlastne obdoba dataprojektoru. *DMD* čip sa skladá z 480 tisíc mikroskopických zrkadielok, ktoré sa dajú ľubovoľne individuálne riadiť a naklápať čím sa dá dosiahnuť vytvorenie akéhokoľvek rozhrania svetla a tmy inak povedané možnosť vytvorenia akéhokoľvek tvaru svetelného kužeľa, ktorý možno rôzne smerovať a vytvárať na vozovke napríklad aj rôzne tvary, pomáhajúce napríklad pri navigácii. Ďalej

možno vytvoriť stále aktívne diaľkové svetlo, ktoré však neoslňuje protiidúcich vodičov či intenzívnejšie osvetliť dopravné značenie. [28]

Na obr. č. 4 – 21 je zobrazený princíp funkcie pixelového svetlometu. Svetlo zo zdroja je odrazené reflektorom a usmernené pomocou šošovky na *DMD* čip, ktorý vytvorí požadovaný tvar svetelného toku a cez projekčnú šošovku sa vyžiari na vozovku. Zvyšné svetlo, ktoré nie je potrebné či žiadané na vozovku vyžiariť je odrazené do priestoru, kde je absorbované. [9]



Obr. č. 4 – 21 Projekčný svetlomet s *DMD* čipom [9]

DLS (Distributive Lighting System)

Systém používa jeden centrálny zdroj svetla, od ktorého sa svetlo odvádza svetlovodmi. Skladá sa zo zdroja svetla, svetelného modulu, svetlovodov a činnejšej optiky. Pre prípad poruchy je tlmené svetlo zálohované náhradou. Môže byť doplnený o *GPS* modul zabezpečujúci prepínanie jednotlivých funkcií v závislosti na polohe a rýchlosti. [4]

4.5.3 Systémy nočného videnia

Aj s prihliadnutím na vývoj a stále lepšie dosahované výkony v oblasti osvetľovacej techniky automobilov bude mať táto vždy určité obmedzenia. V snahe zlepšenia kontroly situácie pred vozidlom za zníženej viditeľnosti sa výrobcovia obrátili na technológiu infračervených kamier, ktorých obraz sa premieta vodičovi a tým mu umožňuje vidieť aj to, čo by pri použití svetlometov vidieť nemohol a tak zabrániť prípadnej kolízii. V súčasnej dobe sa môžeme stretnúť s dvoma technológiami *NIR* a *FIR*.

NIR (Near Infra Red)

Je aktívny systém pracujúci na princípe infračerveného žiarenia. Priestor pred vozidlom ožarujú diódy vyžarujúce infračervené žiarenie zabudované v hlavných svetlometoch vozidla. Obraz je potom snímaný kamerou citlivou na IR žiarenie a zobrazený na displeji. Tento systém je používaný v automobiloch *Mercedes* a zobrazovanie je realizované pomocou displeja pred vodičom (head-up alebo v kaplnke prístrojov). Dosah systému je 150 m a priemerná vzdialenosť, na ktorú dokáže rozoznať osoby je 59 m. Nevýhodou je predovšetkým citlivosť na iné zdroje svetla ako svetlá ostatných vozidiel, semaforey, odraz od dopravného značenia, pouličné osvetlenie a i. V testoch bolo navyše dokázané, že prepojenie skutočného obrazu pred vozidlom a virtuálneho zobrazeného na head-up displeji je pre vodiča rušivé. [29]



Obr. č. 4 – 22 Systém nočného videnia vo vozidle Mercedes [5]

FIR (Far Infra Red)

Je pasívna technológia fungujúca na princípe snímania situácie pred vozidlom infračervenou kamerou. Táto kamera reaguje len na predmety, ktorých teplota je vyššia ako teplota okolia a tým umožňuje zobrazit' osoby, zvieratá alebo aj neosvetlené vozidlá či iné predmety. Jej výhodou oproti *NIR* je aj to, že má dosah až 300 metrov a osoby dokáže rozoznať priemerne na vzdialenosť 165 metrov. Túto technológiu využívajú napríklad vozidlá BMW a snímané údaje sú po konverzii zobrazené na displeji navigácie aby vodiča nerušili.



Obr. č. 4 – 23 Systém nočného videnia vo vozidle BMW [5]

4.6 METODIKA MERANIA DOHL'ADNOSTI

Ako už bolo spomenuté v časti o súčasnom stave riešenej problematiky, problematika merania dohl'adnosti na koncové svetlá je problematikou novou. Základným zdrojom pri snahe o určenie metodiky pre meranie dohl'adnosti je „Znalecký standard č. II“ [30], ktorý sa v kapitole „Metodika zjišťování dohlednosti v místě dopravní nehody“ delí na dve časti a to „Zjišťování dohlednosti za denního světla“ a „Zjišťování dohlednosti za snížené viditelnosti“. Jednotlivé metodiky sú si podobné, no pri meraní za denného svetla sa nevyžaduje použitie prístrojov potrebných na meranie optických parametrov. Pre utvorenie predstavy je uvedená metodika, ktorú „Znalecký standard č. II“ uvádza v časti „Zjišťování dohlednosti za snížené viditelnosti“ nazvaná „Dohlednost na pohybujícího se chodce“ :

„Cielom pokusu je zistiť , na akú vzdialenosť je možné zbadat' chodca pohybujúceho sa súbežne s osou vozovky, proti či v smere jazdy vozidla, kolmo alebo šikmo k osi vozovky za svetelných podmienok zhodných s podmienkami v dobe dopravnej nehody (ďalej len DN).

Postup merania

Vyšetrovací pokus začne ešte za denného svetla, kedy sa prevedie orientácia miesta DN, prípadne aj zameranie. Orientácia sa prevedie porovnaním výrazných orientačných bodov popísaných v spise (protokol, plánik k DN, snímky, výpovede účastníkov a svedkov DN) so situáciou v dobe vyšetrovacieho pokusu. Je nutné porovnať aj úpravy a značenie vozovky, nájsť východiskový bod merania (VBM) určený pri vyšetrowaní DN a identifikovať miesto stretu. Vymedzí sa koridor pohybu chodca a vozidla. Pri pohybe chodca kolmo či šikmo k pozdĺžnej osi vozovky sa vyznačí celá trajektória pohybu alebo aspoň začiatok – miesto vstupu chodca do vozovky, miesto vstupu chodca do nebezpečného koridoru a miesto stretu (popr. Podľa žiadosti zadávateľa posudku aj miesta ďalšie). Na okraji vozovky alebo krajinou, a počiatkom na päte kolmice k miestu stretu podľa plánika vyšetrovacieho pokusu vyhotoveného v predbežnom posudku, sa po 10 m proti smeru pohybu vozidla vyznačí stupnica do vzdialenosti 100 m, ak bude pokus realizovaný **stretávacími svetlami**, 200 m pre **svetlá diaľkové**. Pokiaľ bol vstup chodca do vozovky za päťou kolmice – počiatku – v smere jazdy vozidla, vyznačí sa stupnica staničenia aj v tomto smere (na plániku údaje stupnice so znamienkom mínus). Na značky sa postaví tabuľky s číslami tak, aby boli mimo zorné pole vodiča. O miesta stretu proti smeru pohybu vozidla, vo vzdialenosti, ktorá s ohľadom na adhézne podmienky postačí pre bezpečné zastavenie vozidla brzdením z rýchlosti 25 km/h pri uvažovaní reakčnej doby 3 sekundy, sa mimo vozovku, mimo zorné pole vodiča, umiestni „stop“ tabuľa. Tabuľa musí byť umiestnená tak, aby bola spoľahlivo viditeľná spolujazdcom – vedúcim pokusu. Miesto vyšetrovacieho pokusu je tým pripravené a vyčká sa doba, odpovedajúca dobe DN.

V dobe, kedy má byť vyšetrovací pokus prevádzaný. Sa do miesta stretu priamo na vozovku umiestni cieľová tabuľka v kontrastnej farbe k povrchu vozovky (postačí farba biela a čierna) s rozmermi 200 x 200 mm, odrazovou plochu kolmo k smeru pohybu vozidla. Vozidlo obsadené vodičom a vedúcim pokusu (ev. ďalšími osobami ako v dobe DN) sa postaví do koridoru pohybu (bočný odstup od kraja vozovky ako v dobe DN, pokiaľ nie je určený, potom zodpovedajúcemu obvyklému spôsobu jazdy v mieste DN a príslušným predpisom) vo vzdialenosti cca 100 m pri stretávacích svetlách, 200 m pri diaľkových svetlách od miesta stretu. Pokiaľ by už z tejto polohy bola cieľová tabuľka viditeľná, vzdialenosť sa zväčší. Vozidlo sa rozbehne rýchlosťou 20 km/h (skúšobná rýchlosť) k miestu stretu. V okamihu, kedy vodič zbadá cieľovú tabuľku, zastaví. Miesto zastavenia sa mimo vozovku, mimo zorné pole vodiča, označí orientačnou tabuľou tak, aby ju bezpečne videl spolujazdec – vedúci pokusu. Tabuľa slúži na upozornenie vedúceho pokusu, že vozidlo

vchádza do sektoru dohľadnosti na vozovku v mieste stretu. Miesto umiestnenia orientačnej tabule sa porovná s umiestnením ‚stop‘ tabule. Táto musí byť od orientačnej tabule vzdialená najmenej 25 m v smere jazdy vozidla (vo vzdialenosti zodpovedajúcej dráhe, ktorú vozidlo rýchlosťou 20 km/h prejde za dobu v rozmedzí 4 až 5 s). Pokiaľ je táto vzdialenosť kratšia, musí sa pokus realizovať nižšou skúšobnou rýchlosťou, 10 ev. 15 km/h. ‚Stop‘ tabuľa sa presunie bližšie k miestu stretu, do vzdialenosti zodpovedajúcej dráhe pre zastavenie vozidla z tejto nižšej rýchlosti. Potom vozidlo cúvne do východiskového postavenia pokusu – cca 20 m pred orientačnú tabuľu a zrealizuje sa overenie umiestnenia ‚stop‘ tabule. Z miesta stretu sa odstráni cieľová tabuľka. Vozidlo sa rozbehne skúšobnou rýchlosťou smerom k miestu stretu. Hneď ako spolujazdec – vedúci pokusu zbadá ‚stop‘ tabuľu, dá povel na zastavenie vozidla. Overí sa, či vozidlo zastavilo v bezpečnej vzdialenosti pred miestom stretu. Pokiaľ zastavenie nie je bezpečné, ‚stop‘ tabuľa sa posunie proti smeru pohybu vozidla, ev. sa zníži skúšobná rýchlosť a overenie bezpečného zastavenia sa opakuje.

Teraz je možné pristúpiť k vlastnej realizácii pokusu. Do miesta na trajektórii pohybu chodca, do ktorého má byť zistená dohľadnosť (miesto stretu, miesto vstupu do vozovky ev. ďalšie) sa postaví figurant. Vozidlo cúvne do východiskového postavenia pokusu. Na pokyn vedúceho pokusu sa vozidlo skúšobnou rýchlosťou rozbehne k miestu, kam je zisťovaná dohľadnosť. Pokyn pre rozjazd vozidla je súčasne pokynom pre figuranta, aby v mieste svojho postavenia začal plynule prechádzať, a to cca 2 kroky za a 2 kroky pred miesto postavenia po trajektórii pohybu chodca. Figurantovi je pokyn daný buď vysielaczkou alebo svetelným či zvukovým znamením. Pri zbadaní chodca – figuranta, ktoré vodič ohlásí (napr. slovom ‚teraz‘), vodič vozidlo brzdením zastaví. Vedúci pokusu dá figurantovi znamenie, aby sa tiež zastavil. Dohľadnosť sa zisťuje vzdialenosťou predného okraja vozidla k najbližšej značke v smere jazdy a zaznamená. Figurant dostane pokyn k opätovnému prechádzaniu a vozidlo cúva, pokiaľ figurant zmizne vodičovi v tme. Tu vozidlo opäť zastaví, staničenie vozidla sa dohľadnosť k najbližšej značke a zaznamená. Pokus sa niekoľkokrát opakuje rovnakým spôsobom (najmenej 5x). Potom sa rovnakým spôsobom zrealizuje zistenie dohľadnosti do ďalšieho miesta trajektórie pohybu chodca“.

„Po zastavení vozidla v mieste zbadania chodca možno realizovať aj meranie intenzity osvetlenia v mieste staničenia figuranta luxmetrom (povrch vozovky, osvetlenie figuranta v rôznej výške, hranica tmy). Pre každé postavenie figuranta sa vyhodnotí samostatná tabuľka.“

„Fotodokumentácia pokusu

Spravidla sa dokumentuje dohľad vodiča vozidla. Statív s fotoaparátom sa postaví k vozidlu zo strany vodiča tak, aby objektív fotoaparátu bol vo výške očí vodiča. Vhodné je použiť statív s vyoseným uchytением fotoaparátu. Nesúhlasné bočné umiestnenie fotoaparátu vzhľadom k očiam vodiča však neovplyvní dokumentačný účel snímky. Expozícia sa realizuje plne otvorenou clonou s časom 3 s. Citlivosť filmu sa volí v rozmedzí 20 až 27 Din. Realizácia snímky sa zaznamená do príslušnej tabuľky. Obdobne je možné realizovať fotodokumentáciu dohľadu z určitého postavenia chodca.“

Pre utvorenie uceleného obrazu je vhodný tiež článok [17] „Porovnaní odlišností při rozpoznání objektu řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla na základě jízdnic zkušek v reálném silničním provozu“ trojice autorov Kledus, Bradáč a Semela uvedený v zborníku príspevkov XIX. Výročnej konferencie v prahe EVU v prahe. Pri pokuse sa statické merania realizovali na základe odporúčaní vyššie spomenutého znaleckého štandardu. Po zmeraní vzdialenosti medzi vozidlom a figurantom bola zmeraná intenzita osvetlenia figuranta v miestach členkov, kolien, pásu a hrude a ďalej bol pomocou jasomeru zmeraný jas hornej a dolnej časti figurantovho trupu a vybraných prvkov v jeho okolí. [17]

V už bolo spomenuté v príspevku „Rozoznatelnost méně kontrastních překážek na tlumená světla vozidla s ohledem na konstrukci světlometů“ zo zborníka prevzatých cudzojazyčných publikácií [13] bola na meranie jasou použítá fotografická metóda kedy sa vyhotovená fotografia porovnávala s určitým etalónom.

Využitím, v tomto prípade ale už digitálnej, fotografie pre určenie jasových pomerov sa zaoberal aj Ing. František Kropáč, PhD., ktorý v [2] uvádza:

„Pre detekciu detailov ľudským zrakom sú dôležité dva faktory: prahový kontrast a veľkosť kritického detailu. Oba tieto základné faktory sú ovplyvňované ďalšími vplyvmi, ktoré sa stávajú parametrami (prahový kontrast a veľkosť kritického detailu sú na nich závislé). Medzi ne patrí adaptačná úroveň zraku, rýchlosť vnímania, farebná skladba priestoru, mimo iné taktiež fyzická a psychická kondícia jedinca (vodiča).

Prahový kontrast a veľkosť kritického detailu sú informácie obsiahnuté v obrazovej scéne vnímanej zrakom a sú teda detekovateľné meracími prístrojmi a teda aj fotografiou. Parametre ovplyvňujúce výsledný efekt zrakového vnemu sú závislé na konkrétnej situácii a na konkrétnom pozorovateľovi. Každá analýza je podmienená existenciou metodiky, ktorá štandardizuje postupy vedúce k hľadanému cieľu analýzy. V tomto smere predstavuje analýza digitálnej fotografie problém, pretože metodiky pre spracovanie digitálnej fotografie

z hľadiska zrakového vnímania neexistujú. Každá analýza bude teda v súčasnej dobe preto experimentom.“

V ďalšom sa potom zaoberá aj rôznymi úpravami fotografie pomocou výpočtovej techniky a získaniu potrebných parametrov pre z takto upravených fotografií. Nutné je podotknúť, že práca bola publikovaná v roku 2003 a odvtedy využitie digitálnej fotografie vo fotometrii nadobudlo úplne nové rozmery.

4.6.1 Jasový analyzátor *LumiDISP – LDA*

Jedná sa prakticky o fotometrický merací systém skladajúci sa z dvoch častí fotoaparátu a softvéru. Fotoaparát *NIKON D90*, jednooká digitálna zrkadlovka, je kalibrovaný na základné druhy svetla a je možné ho spojiť s rôznymi objektívmi, ktoré vyhovujú daným požiadavkám merania. Použitý softvér vychádza z koncepcie programu *LumiDISP* vyvinutého v rámci grantovej úlohy s názvom „Využití digitální fotografie v novém systéme hodnocení osvětlovacích soustav“. Program pomocou kalibračných funkcií prevádza dáta z fotoaparátu, z ktorých vytvorí tzv. jasovú mapu. S touto mapou je potom možné realizovať ďalšie výpočty a štatistiky ako sú napríklad výpočty kontrastov, histogramy, jasové rezy a i.. Dodávateľ systému ponúka úpravy softvéru priamo podľa požiadaviek zákazníka. Systém ako celok ďalej umožňuje prepojenie fotoaparátu s počítačom a ovládanie fotoaparátu na diaľku či priebežné hodnotenie výsledkov merania a i. Fotografiu je možné zhotoviť s akýmkoľvek dostatočne kvalitným fotoaparátom a potom ho prepojiť s programom *LumiDISP* avšak aby bolo meranie relevantné musí sa daný fotoaparát manuálne skalibrovať pretože program takúto možnosť zatiaľ neumožňuje. [31]



Obr. č. 4 – 24 Jasová mapa vytvorená systémom *LumiDISP – LDA* [31]

4.6.2 Návrh metodiky merania dohľadnosti na koncové svetlá

Z informácií uvedených v predošlej časti možno vytvoriť dve metodiky, ktoré by bolo možné použiť pri meraní dohľadnosti na koncové svetlá. V oboch prípadoch sa jedná o využitie poznatkov z vyšetrovacieho pokusu pričom v prvom prípade je možné na meranie jasou použiť bežný jasomer a v prípade druhom sa využije na meranie jasou fotografická metóda. Postup pri meraní je však v oboch prípadoch rovnaký rozdiel je len v zariadení použitom na meranie.

Postup merania:

1. Na komunikácii alebo priestranstve určenom na meranie vyznačíme pomocou pásma alebo meracieho kolieska od východiskového bodu merania značky zvolenej vzdialenosti, ktoré budú slúžiť vodičovi vozidla určeného na meranie k orientácii, tak aby pri zastavení na značke bola zadná časť automobilu v požadovanej vzdialenosti od východiskového bodu merania. Na značky je možné umiestniť tabuľky označujúce vzdialenosť pre uľahčenie určovania a zaznamenávania vzdialenosti pri meraní jasomerom, v prípade fotografickej metódy potom odpadá potreba zaznamenávania vzdialenosti.
2. V bode nulovej vzdialenosti (východiskový bod merania) umiestnime na statív jasomer a fotoaparát určený pre fotodokumentáciu alebo v prípade fotografickej metódy kalibrovaný fotoaparát pre vyhotovenie fotografií pre ďalšie spracovanie pomocou softvéru. Prístroje sa upevnia do statívov tak, aby geometrická os šošovky ich objektívu súhlasila s výškou očí vodiča, na ktorého má byť meranie aplikované.
3. Na prvú značku sa postaví vozidlo a vodič na požiadanie vedúceho merania zapne požadované svetlo. V prípade merania jasomerom sa zmeria jas a zapíše do pripravenej tabuľky a zhotoví sa dokumentačná snímka, v prípade fotografickej metódy sa vyhotoví fotografia. Tento postup možno zopakovať (napríklad 5 krát) pre získanie priemerného údaja.
4. Postup sa opakuje pre ďalšie vzdialenosti, pokiaľ sa nedosiahne požadovaná vzdialenosť alebo vedúci merania, môže aj po vzájomnej dohode s ostatnými pozorovateľmi, neusúdi, že nie je možné rozoznať či pozorovať zvolenú funkciu svetla.

Hodnoty získané meraním je potom vhodné pomocou tabuľkového editora zosumarizovať a spracovať grafy, z vytvorených priebehov si možno následne utvoriť jasnejšiu predstavu o výsledku merania.

4.7 PRAKTICKÉ MERANIE DOHĽADNOSTI

Pre experiment merania dohľadnosti bola zvolená metóda pomocou jasomeru. Meranie bolo realizované v mestskej časti Juh v meste Trenčín na slepom úseku ulice Východná. Približné GPS súradnice východiskového bodu merania 48°52'14.65"N, 18°3'15.69"E .



Obr. č. 4 – 25 Miesto realizácie merania [35]

Pre účely merania boli použité tri vozidlá:

1. *Volkswagen Passat* (B 5,5, typ 3BG, 2000÷2005, žiarovky P21W, R5W)
2. *Škoda Octavia II* (typ 1Z, 2004÷2008, žiarovky P21/5W, R5W)
3. *Volkswagen Sharan* (1,5, typ 1A, 2000÷2004, žiarovky P21W, R5W)

Bol určený východiskový bod merania kde sa na statívy umiestnili jasomer a fotoaparát. Prístroje boli v statívoch umiestnené tak, aby uvažovaná os šošoviek ich objektívov bola vo výške 135 cm od roviny vozovky. Táto hodnota bola určená ako priemer troch nameraných výšok očí vodiča od roviny vozovky v troch rozličných vozidlách. Pomocou meracieho kolieska bola nameraná prvá vzdialenosť, pre účely experimentálneho merania boli zvolené desať metrové úseky, následne bolo pristavené vozidlo tak, aby najzadnejšia časť krycieho skla svetla bola nad uvažovanou značkou 10 m. Po tomto úkone bol k ľavému prednému kolesu vozidla priložený kužeľ a od neho boli potom namerané ďalšie vzdialenosti, vždy po desať metrov, a do takto získaných bodov boli umiestnené kužele pre orientáciu vodiča vozidla pri pohybe do novej pozície. Pre účely pokusu bola vytýčená dráha s dĺžkou 50 m.

Fotoaparát sa nastavil na dané parametre, ktoré počas merania zostali nezmenené:

Rýchlosť uzávierky - 1/83 s

Clona objektívu	- F/8
Ohnisková vzdialenosť	- 15 mm
Čas expozície	- 1/80 s
Citlivosť ISO	- ISO-200

Po týchto prípravných úkonoch sa začalo samotné meranie jasů koncových svetiel. Postupne sa premeral jas pri zapnutých obrysových svetlách, zapnutých obrysových svetlách a brzďových svetlách a kombinácia svetiel obrysových, brzďových a smerových. Namerané hodnoty boli zaznačené do tabuľky a pre každú pozíciu a kombináciu svetiel bola zhotovená fotografická snímka. Rovnaký postup bol zvolený pre všetky tri vozidlá použité pri meraní.

V nasledujúcich tabuľkách tab. č. 4 – 11, tab. č. 4 – 12 a tab. č. 4 – 13 sú uvedené hodnoty jasů pre jednotlivé vozidlá.

Tab. č. 4 – 11 Hodnoty jasů namerané pre vozidlo Volkswagen Passat

Vzdialenosť [m]	Jas [cd.m ⁻²]					
	pozadie	svetlo	pozadie	svetlo	pozadie	svetlo
	svetlo					
	obrysové		obrysové + brzďové		obrysové + brzďové + smerové	
10	2134	1135	1964	7334	2130	4253
20	2225	1197	1968	3108	2199	4994
30	2300	1070	1615	2407	2000	2994
40	1795	1350	2400	1990	2042	2192
50	1660	1260	1710	1696	2059	2027

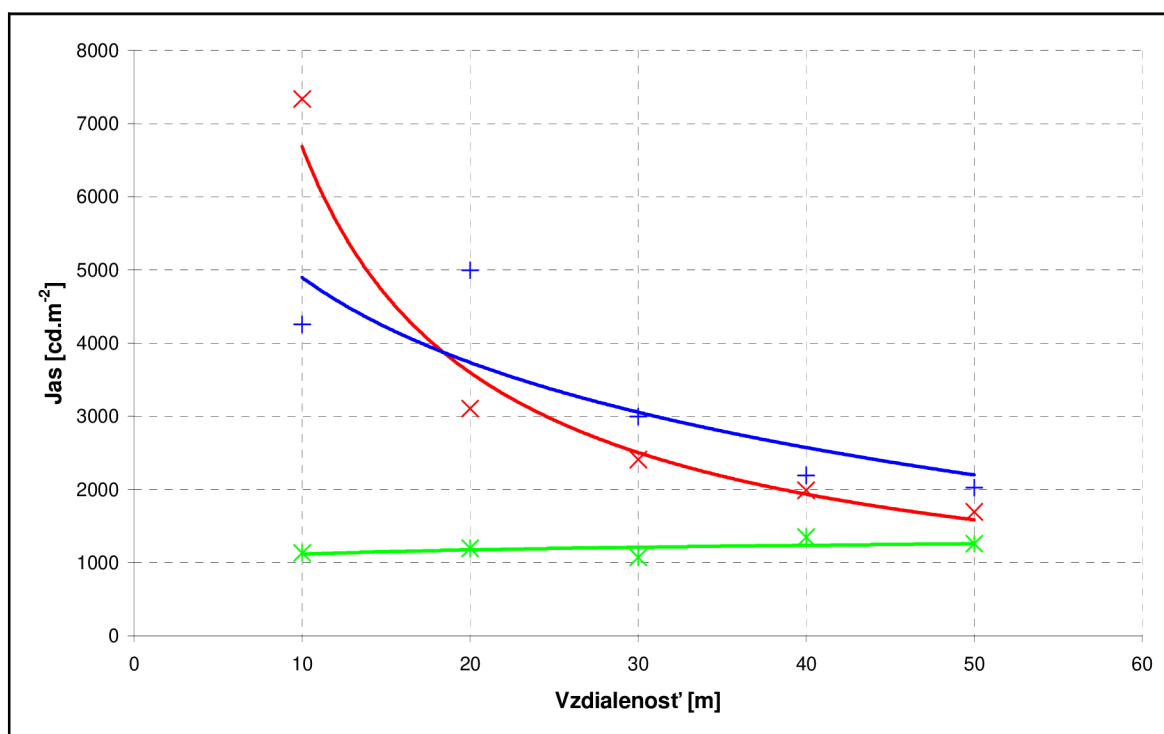
Tab. č. 4 – 12 Hodnoty jasů namerané pre vozidlo Škoda Octavia II

Vzdialenosť [m]	Jas [cd.m ⁻²]					
	pozadie	svetlo	pozadie	svetlo	pozadie	svetlo
	svetlo					
	obrysové		obrysové + brzďové		obrysové + brzďové + smerové	
10	1960	750	1800	6000	1850	12 000
20	1700	848	1752	4215	1919	11 750
30	1680	590	1809	2140	2001	6690
40	1726	640	1731	1400	2020	2240
50	1427	547	1657	909	1955	1023

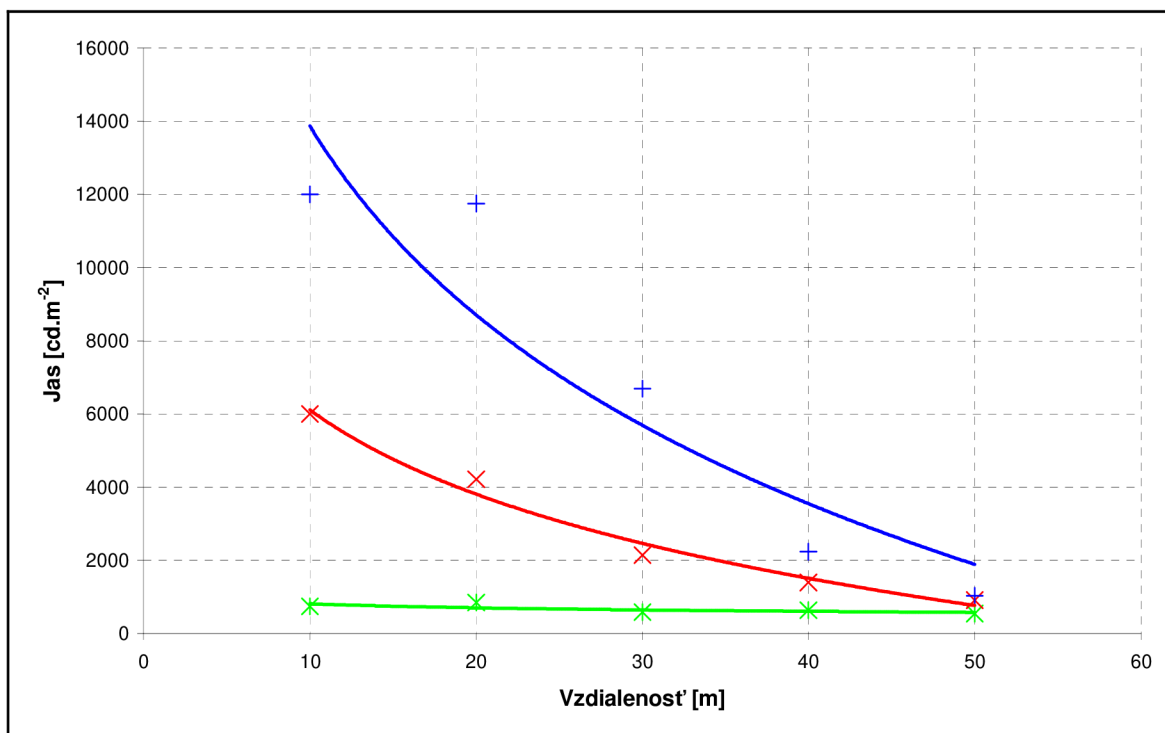
Tab. č. 4 – 13 Hodnoty jasů namerané pre vozidlo Volkswagen Sharan

Vzdialenosť [m]	Jas [cd.m ⁻²]					
	pozadie	svetlo	pozadie	svetlo	pozadie	svetlo
	svetlo					
	obrysové		obrysové + brzdové		obrysové + brzdové + smerové	
10	2291	2019	1707	9758	1783	11 120
20	2696	1392	1429	4026	1711	8204
30	2575	910	1446	2199	1537	1517
40	1906	734	1523	1444	1559	1631
50	1800	671	1573	1056	1657	1368

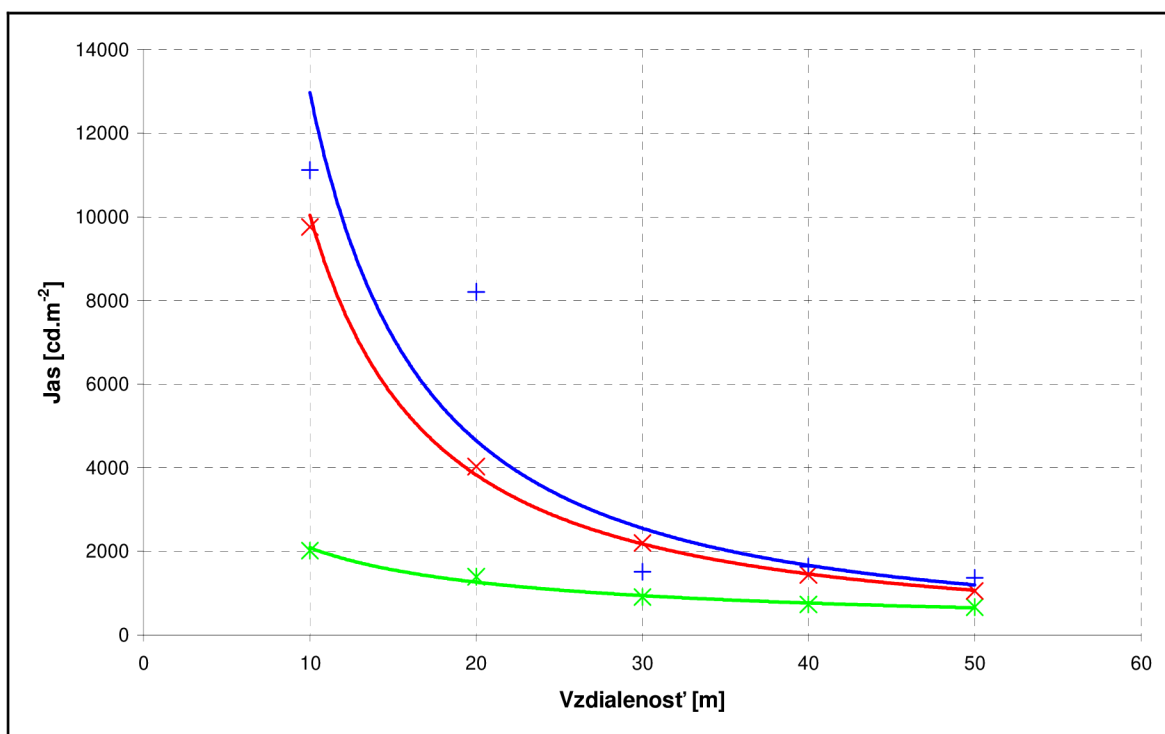
Na obrázkoch obr. č. 4 – 26, obr. č. 4 – 27 a obr. č. 4 – 28 sú závislosti jasů na vzdialenosti, zostrojené z nameraných hodnôt jasů pre danú vzdialenosť, jednotlivých kombinácií svetiel vozidiel. Jednotlivé kombinácie svetiel sú vždy značené rovnakou farbou. Obrysové svetlá sú značené zelenou farbou, kombinácia obrysových a brzdových svetiel je značená červenou farbou a modrou farbou je označená kombinácia obrysových, brzdových a smerových svetiel.



Obr. č. 4 – 26 Závislosť jasů svetiel na vzdialenosti pre vozidlo Volkswagen Passat



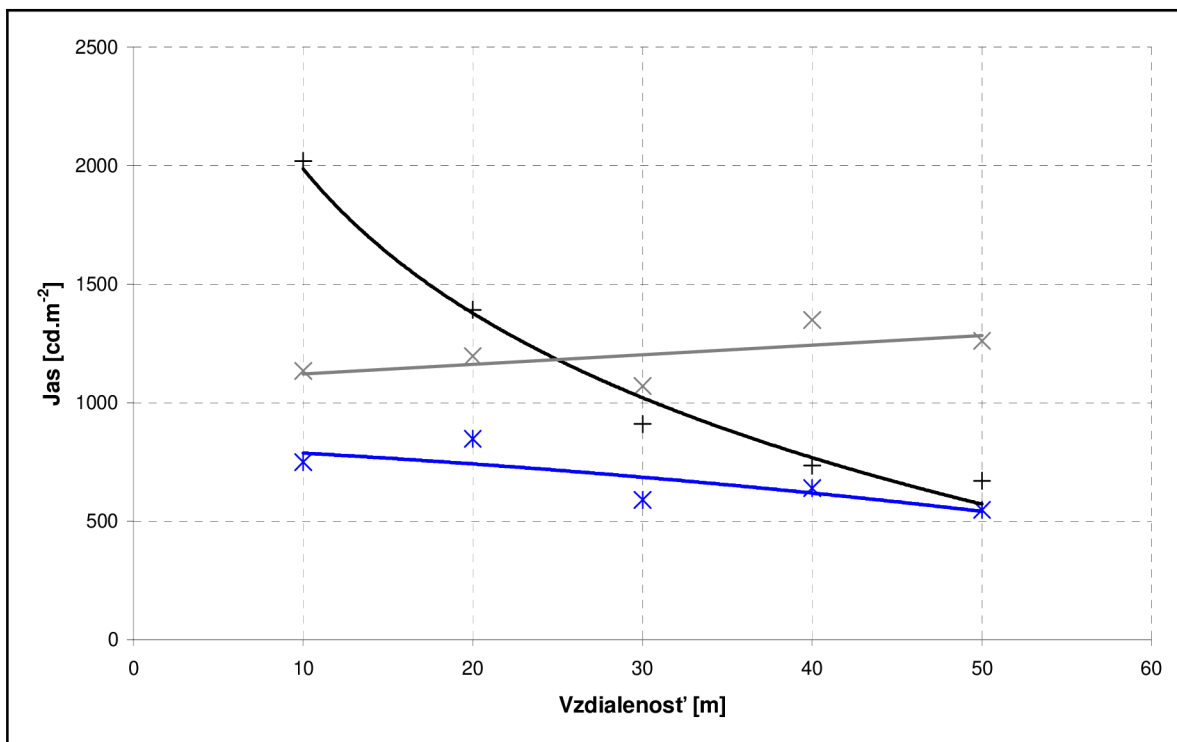
Obr. č. 4 – 27 Závislosť jasu svetiel na vzdialenosti pre vozidlo Škoda Octavia II



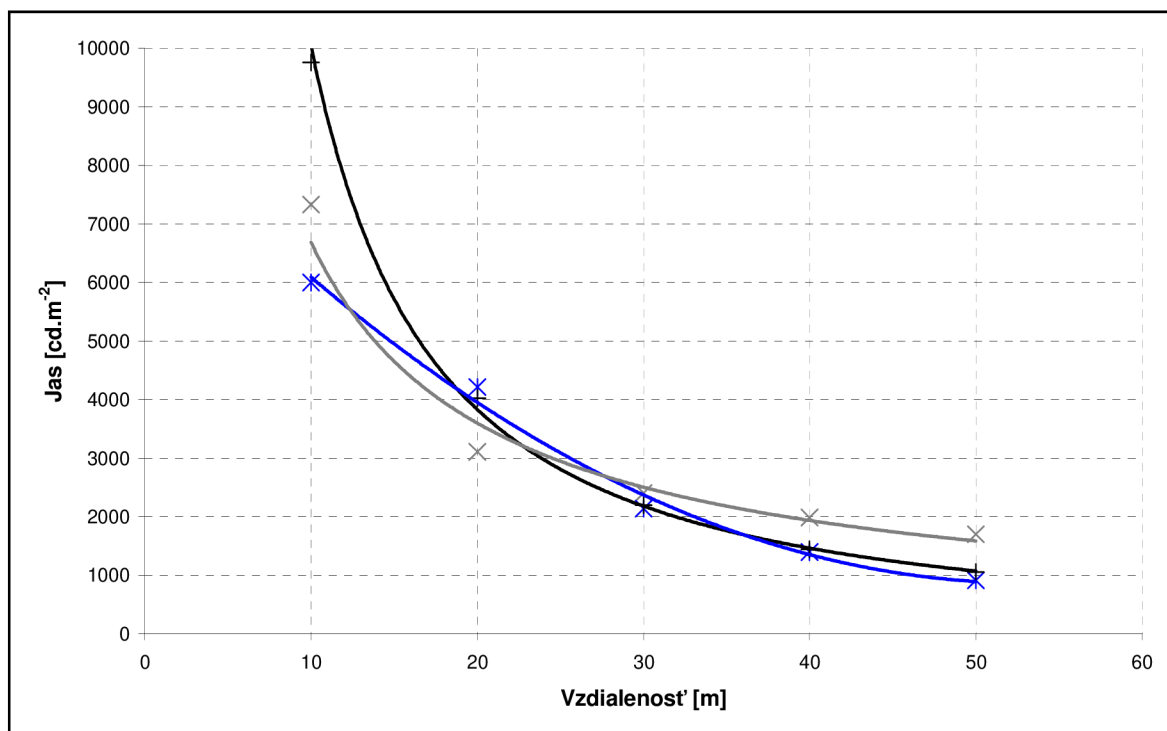
Obr. č. 4 – 28 Závislosť jasu svetiel na vzdialenosti pre vozidlo Volkswagen Sharan

Na obrázkoch obr. č. 4 – 29, obr. č. 4 – 30 a obr. č. 4 – 31 je zobrazené porovnanie jasu identických svetiel jednotlivých vozidiel. Pre rozlíšenie má každé vozidlo určenú farbu závislosti, pre Volkswagen Passat je zvolená šedá farba, pre vozidlo Škoda Octavia II je to

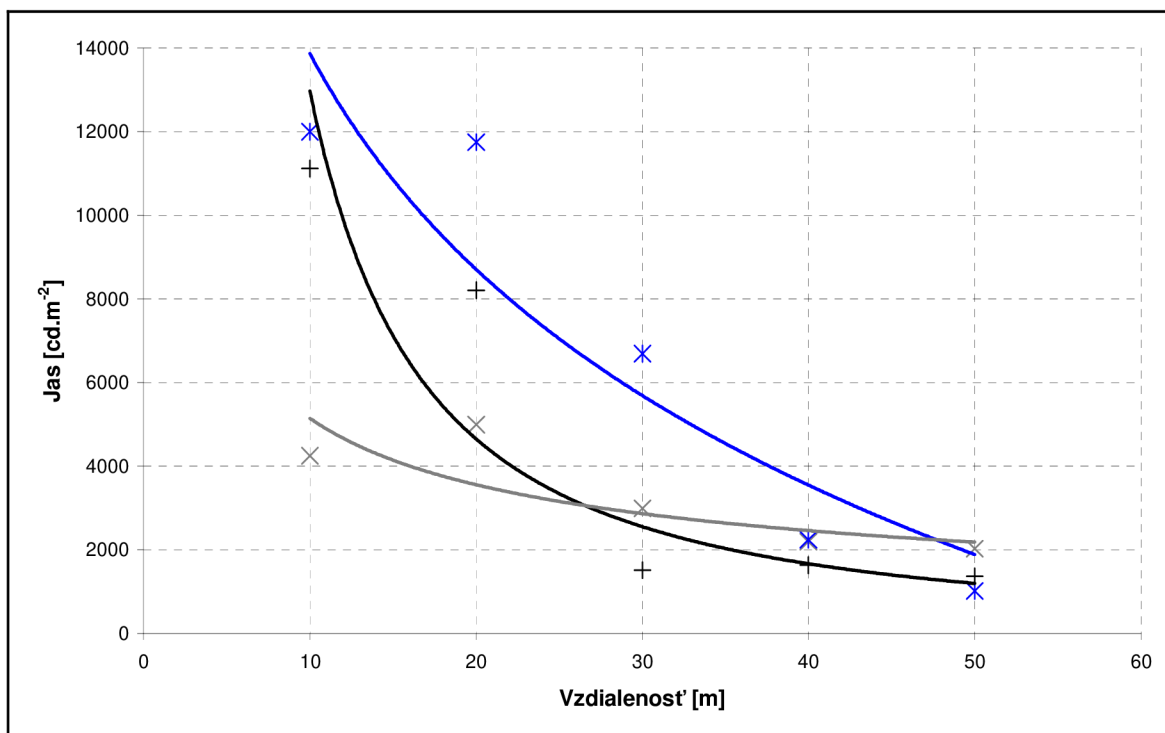
modrá farba a pre Volkswagen Sharan farba čierna.



Obr. č. 4 – 29 porovnanie jasů obrysových svetiel jednotlivých vozidiel



Obr. č. 4 – 30 porovnanie jasů kombinácie obrysových a brzdoých svetiel jednotlivých vozidiel



Obr. č. 4 – 31 porovnanie jasů kombinácie obrysových, brzdoých a smerových svetiel jednotlivých vozidiel

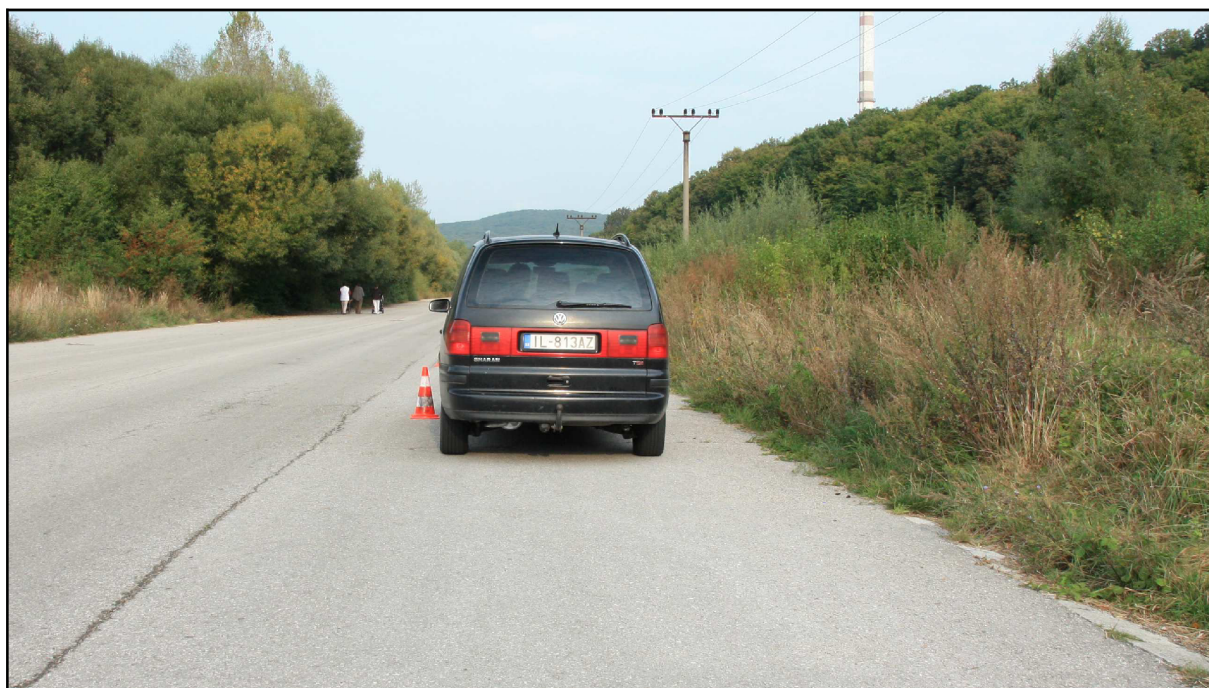
Na obrázkoch obr. č. 4 – 32, obr. č. 4 – 33 a obr. č. 4 – 34 sú znázornené jednotlivé vozidlá s rozličnými zapnutými kombináciami svetiel v rôznych vzdialenostiach od VBM. Zvyšná fotodokumentácia priebehu merania je priložená ako Príloha A formou CD-ROMu.



Obr. č. 4 – 32 Vozidlo Volkswagen Passat so zapnutými obrysovými a brzdoými svetlami vo vzdialenosti 20 m od VBM



Obr. č. 4 – 33 Vozidlo Škoda Octavia II so zapnutými obrysovými, brzdoými a smerovými svetlami vo vzdialenosti 40 m od VBM



Obr. č. 4 – 34 Vozidlo Volkswagen Sharan so zapnutými obrysovými svetlami vo vzdialenosti 10 m od VBM

Prístroje použité pri meraní:

Jasomer	- KONICA MINOLTA LS- 110, SAP:000000315380-0000, statív HAMA STAR 61
Luxmeter	- PU 550, SAP:001000086900-0000
Meracie koliesko	- M 410.A08, SAP:001000086437-0000
Fotoaparát	- Canon EOS 450D, objektív Canon EF-S 15-85 mm f/3.5-5.6 IS USM, polarizačný filter Hoya HD CIR-PL 72mm, statív HAMA STAR 62

4.7.1 Vyhodnotenie merania

Všetky použité vozidlá využívali ako zdroj svetla, v závislosti od druhu svetla, 5 W alebo 21 W žiarovku. Konštrukcia zadného združeného svetla bola tiež vo všetkých prípadoch s malými rozdielmi rovnaká. Líšili sa v usporiadaní jednotlivých svetiel, tvare reflektora a tvarom elementov v krycom skle.

Z nameraných výsledkov a priloženej fotodokumentácie vyplývajú nasledovné skutočnosti:

- Jas svetiel u vozidiel *Škoda Octavia II* a *Volkswagen Sharan* v závislosti na vzdialenosti prirodzene klesá a taktiež logicky sú rozložené v grafoch aj krivky jasů v závislosti na kombinácii zapnutých svetiel, a teda pri obrysových svetlách je hladina jasů najmenšia a pri kombinácii obrysových, brzdových a smerových svetiel jas nadobúda najvyššie hodnoty.
- V prípade vozidla *Volkswagen Passat* závislosť jasů pri zapnutých obrysových svetlách mierne stúpa čo však môže byť spôsobené možnými chybami merania, ktoré budú uvedené neskôr. V toto prípade ďalej krivka jasů pri kombinácii obrysového a brzdového svetla nadobúda na začiatku väčšej hodnoty ako krivka pri zapnutých všetkých troch svetlách. Táto skutočnosť môže byť daná konštrukciou zadného združeného svetla prípadne taktiež chybou merania.
- Pri porovnaní jasů obrysových svetiel jednotlivých vozidiel je zreteľné, že v prípade vozidla *Volkswagen Sharan* je hodnota jasů vo vzdialenosti 10 m najväčšia potom však strmo klesá, Pri vozidle *Škoda Octavia II* je počiatočná hodnota pri prvých dvoch kombináciách zo všetkých najnižšia, avšak klesá len pozvoľne, v prípade poslednej kombinácie svetiel nadobúda najvyšších hodnôt.
- Z grafov je ďalej zreteľné, že najmenej strmý pokles jasů v závislosti na vzdialenosti nastáva pri vozidle *Volkswagen Passat*.
- V prípade zapnutých obrysových svetiel, ako je viditeľné aj z priloženej

fotodokumentácie, je vo vzdialenosti 20 m od VBM veľmi ťažké na základe vizuálneho vnemu určiť či svietia. Pri vozidle *Volkswagen Passat* sa táto skutočnosť nedala jednoznačne určiť ani na vzdialenosť 10 m,

Z vyššie uvedených skutočností možno utvoriť záver, že samotná konštrukcia jednotlivých svetiel ale aj ich usporiadanie v združenom zadnom svetle má vplyv na možnosti dohľadu na ne.

Možné zdroje chýb

- V prípade vozidla *Volkswagen Passat* bolo na krycom skle zadného združeného svetla možné pozorovať značné opotrebenie. Plast už nebol hladký a ľahko priehľadný ale jeho povrch bol zdrsnený a zmenili sa aj jeho optické vlastnosti. To mohlo pri meraní spôsobiť menšiu priepustnosť svetelného toku jednotlivých svetiel od svetelného zdroja a taktiež odraz svetla dopadajúceho na krycie sklo z okolia.
- Svetelné podmienky počas merania sa neustále menili. Počas dňa sa vyskytovala premenlivá oblačnosť pričom v určitých momentoch bolo zamračené a v krátko časovom intervale sa vyjasnilo. Takýto cyklus sa v rôznych nepravidelných časových intervaloch opakoval. Počas merania bolo pomocou luxmetra realizované aj priebežné meranie intenzity osvetlenia ktorej hodnoty sa pohybovali v rozmedzí (9000÷20000) lx.
- Meranie jasnosti svetla pomocou jasomeru môže mať na odchýlky merania taktiež vplyv, jednak nie je možné zamerať jasomer na to isté miesto, pričom krycie sklo je tvarované, má rôzne optické elementy a môže byť znečistené a toto všetko má vplyv na zmeraný údaj. Ďalej pomocou jasomeru nie je možné zamerať sa na rovnako veľkú časť svetla (pri malej vzdialenosti je zameraný na celú plochu svetla pri väčších vzdialenostiach už sa ale zameriava aj na časť okolia a vozidlo).

Na základe vyššie uvedených skutočností teraz možno vyvodit' určité závery a otázky ktoré sú s danou problematikou späté.

- na dohľadnosť na koncové svetlá má vplyv konštrukcia svetla, jeho celkový stav a svetelné podmienky
- rovnaké aspekty vplývajú aj na presnosť výsledkov merania
- pre presnosť výsledkov merania by bolo vhodné dosiahnuť rovnaké svetelné podmienky počas celého priebehu merania.

- z priebehu merania a dosiahnutých výsledkov sa taktiež naskytá otázka či je meranie pomocou použitého jasomeru ideálne.
- použitým jasomerom nie je možné zmerať jas jednotlivých svetiel a teda nie je možné ani vyhodnotiť ich rozdielový kontrast.
- pre presnejšie meranie by bolo vhodné disponovať jasomerom, ktorý by umožňoval priblížiť meraný objekt obdobne ako pri fotoaparáte
- vzniká tiež otázka, či by nebolo pre danú problematiku vhodnejšie použiť fotografickú metódu merania jasu.

5 ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo spracovanie dôkladnej analýzy súčasnej modernej osvetľovacej techniky motorových vozidiel a následná realizácia merania dohľadnosti na rôzne druhy koncových svetiel motorových vozidiel vrátane vyhodnotenia tohto merania. Oba tieto ciele boli splnené.

Na základe analýzy súčasného stavu danej problematiky, z dostupných zdrojov, sa v prvom rade venuje širokej problematike osvetľovacej techniky počnúc klasickými žiarovkami cez žiarovky halogénové, výbojky a luminiscenčné diódy. Ďalej sa zaoberá popisom rozličných druhov svetlometov a svietidiel používaných v súčasných vozidlách a načrtáva možné smery, ktorými sa osvetľovacia technika bude v budúcnosti uberať. Okrajovo sa zaoberá aj termovíznymi systémami používanými vo vozidlách.

Po rozsiahlom popise osvetľovacej techniky vozidiel sa práca zaoberá vytvorením metodiky pre meranie dohľadnosti na koncové svetlá. K vytvoreniu metodiky sú použité dostupné zdroje autorov, ktorí sa zaoberali rôznymi problematikami spätými s prednými svetlometmi vozidla. A ďalej nové poznatky v oblasti využitia fotografickej techniky vo fotometrii. Na základe týchto poznatkov sú potom navrhnuté dve možné metodiky použiteľné pri meraní dohľadu na koncové svetlá vozidiel. Jedna z metodík je následne použitá pri experimentálnom meraní a výsledky tohto merania sú prehľadne graficky spracované a vyhodnotené.

Na záver možno povedať, že problém dohľadnosti na koncové svetlá nadobúda v dnešnej dobe zavádzania rozličných konštrukcií združených zadných svetiel automobilov a aplikovania nových svetelných zdrojov zaujímavé postavenie. Samotné meranie dohľadnosti na koncové svetlá by mohlo pomôcť napríklad vo vývoji nových konštrukcií svetiel, tak aby za rôznych svetelných podmienok poskytli vždy čo najväčšie množstvo svetla v čo najlepšej možnej forme. Pre presné dosiahnutie výsledkov, metódou použitou v experimentálnom meraní, by bolo vhodné dosiahnuť počas celého merania rovnaké svetelné podmienky. Takýto stav by bolo možné dosiahnuť napríklad v uzavretom priestore s umelým osvetlením, ktoré by bolo schopné simulovať rôzne svetelné podmienky vyskytujúce sa pri reálnej prevádzke vozidiel na verejných komunikáciách.

K presným výsledkom by taktiež mohlo dopomôcť využitie fotografickej metódy ktorú ponúka systém *LumiDISP – LDA*. Pomocou kalibrovaného fotoaparátu by bolo možné zhotoviť fotografiu danej situácie a tú potom softvérom vyhodnotiť. Na základe jasovej mapy by bolo potom v počítači jednoduché vyhodnotiť jas daného svetla ale prípadne aj určiť

kontrast jednotlivých druhov svetiel.

Ponúka sa taktiež možnosť, porovnať dohľadnosť na svetlá na základe svetelného zdroja, ktorý je v nich použitý ale aj samotnej konštrukcie svetiel. A teda prípadne porovnať výhody či nevýhody bežných žiarovkových svetiel a svetiel v ktorých sú použité LED prípadne svetlovodné vlákna.

Metóda by zrejme našla uplatnenie aj pri vyšetrovaní niektorých dopravných nehôd kedy vodič tvrdí, že nevidel e vozidlo idúce pred ním brzdí prípadne dáva znamenie o zmene smeru jazdy. Pre realizáciu takéhoto pokusu by však bolo potrebné dosiahnuť identické alebo veľmi podobné podmienky aké boli počas nehody.

Z výsledkov je teda možné utvoriť záver, že meranie dohľadnosti na koncové svetlá by našlo širokú škálu uplatnenia v rôznych oblastiach. Preto by bolo zrejme vhodné tému ďalej rozvíjať či už experimentmi s inými druhmi jasomerov prípadne využitím modernej fotografickej metódy.

6 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] *VIII Doroczna Konferencja Europejskiego Towarzystwa Badania Wypadków Drogowych : Zbiór referatów*. Kraków : Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sadowych, 1999. 274 s. ISBN 83-87425-40-0.
- [2] KROPÁČ, František. Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla za snížené viditelnosti. Brno, 2003. 106 s. Dizertačná práca. Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství.
- [3] ŽALUDOVÁ, Lenka. *Vnější osvětlení osobních automobilů* [online]. Praha, 2010. 76 s. Bakalářská práca. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní . Dostupné z WWW: <http://k622.fd.cvut.cz/downloads/BK_zaludova_2010.pdf>.
- [4] ŠPAČEK, Ladislav. *Moderní systémy osvětlení vozidel* [online]. Brno, 2009. 46 s. Bakalářská práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16818>.
- [5] PAŘÍZEK, Jiří. *Moderní systémy osvětlení vozidel* [online]. Brno, 2008. 56 s. Bakalářská práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6394>.
- [6] MAREŠ, Milan. *Moderní trendy ve vývoji osvětlovací techniky* [online]. Brno, 2009. 72 s. Bakalářská práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17797>.
- [7] VALA, Tomáš. *Optimalizace systémů osvětlení vozidel* [online]. Brno, 2010. 60 s. Bakalářská práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28567>.
- [8] FICZA, Tibor. *Osvětlení vozidel* [online]. Brno, 2008. 57 s. Bakalářská práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=9395>.

- [9] MARTÍNEK, Michal. *Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na dosvit hlavních světlometů* [online]. Brno, 2011. 126 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=38847>.
- [10] GROF, Tomáš. *Aktivní bezpečnost zaměřená na osvětlení vozidel* [online]. Brno, 2007. 107 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta. Dostupné z WWW: <http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/28815/1/GrofT_Aktivni%20bezpecnost_JP_2008.pdf>.
- [11] VANÍK, František; HOLEČEK, Vilém. *Http://intech2.tul.cz* [online]. 13.11.2009 [cit. 2011-04-15]. Světlomety a elektronika světlometů. Dostupné z WWW: <http://intech2.tul.cz/dokumenty/vystupy_z_projektu/09~Partner%20-%20C5%A0KODA%20Auto/P2-06_Sv%C4%9Btlomety%20a%20elektronika%20-%20Hole%C4%8Dek.pdf>.
- [12] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav; KUBÁT, Jindřich. *Automobily : Elektrotechnika motorových vozidel II.* 1. vydání. Brno : Avid, 2008. 211 s. ISBN 978-80-87143-07-0.
- [13] RÁBEK, Vlastimil. *Vybrané postupy analýzy dopravních nehod.* Olomouc : Vlastimil Rábek, 2009. 199 s. ISBN 978-80-554-0033-4.
- [14] *Www.vrtulniky.sk : Dohľadnosť* [online]. 2003 [cit. 2011-09-22]. Abeceda leteckého slovníka. Dostupné z WWW: <<http://www.vrtulniky.sk/portal/letecky-slovnik/?q=dohladnost>>.
- [15] *Zákon o silničním provozu : Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách někt. zákonů* [online]. 2000 [cit. 2011-09-23]. Dostupné z WWW: <<http://business.center.cz/business/pravo/zakony/silnicni-provoz/cast1h1.aspx>>.
- [16] Slovenská republika. 8 ZÁKON z 3. decembra 2008 : o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov. In *Zbierka zákonov č. 8/2009*. 2009, 4, s. 38-94. Dostupný tiež z WWW: <<http://www.zbierka.sk/zz/predpisy/default.aspx?PredpisID=208782&FileName=zz2009-00008-0208782&Rocnik=2009>>.

- [17] KLEDUS, R.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A., *Porovnání odlišností při rozpoznání objektů řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla na základě jízdních zkoušek v reálném silničním provozu*, příspěvek na konferenci XIX. výroční konference EVU Praha 2010, sborník příspěvků, ISBN 978-80-7399-128-9, Tribun EU s.r.o., Brno, 2010
- [18] *Wikipédia* [online]. 2008, 14. september 2011 [cit. 2011-09-15]. Svetlo. Dostupné z WWW: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Svetlo>>.
- [19] BAXANT, Petr. *Světelná technika*, Elektronický text č. EEN608. Brno : Neuvedené, 2011. 68 s.
- [20] *Mavys* [online]. 2011 [cit. 2011-09-14]. KOLORIMETRICKÉ PARAMETRE LED PÁSOV. Dostupné z WWW: <<http://www.mavys.sk/wp-content/uploads/2011/06/Bala%C5%A1-Kras%C5%88an-Rusn%C3%A1k-Kolorimetrick%C3%A9-parametre-LED-p%C3%A1sov.pdf>>.
- [21] *Wikipedie* [online]. 2005, 7. august 2011 [cit. 2011-09-14]. Barevná teplota. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Barevná_teplota>.
- [22] *Wikipédia* [online]. 2006, 27. marec 2011 [cit. 2011-09-15]. Kontrast. Dostupné z WWW: <<http://sk.wikipedia.org/wiki/Kontrast>>.
- [23] CIEPKA, Piotr; REZA, Adam; KRZEMIENÍ, Piotr. Vliv zlepšených žárovek na úroveň osvětlení vozovek a viditelnost chodců. In *Sborník příspěvků XV. mezinárodní konference analytiků dopravních nehod*. 1. Brno : ÚSI, červen 2010. ISBN 978-80-214-4109-5.
- [24] *AnalogZONE* [online]. 6.2.2006 [cit. 2011-09-26]. Lumiled's LUXEON HBLEDs Deliver Higher Light Output, Thermal and Electrical Properties. Dostupné z WWW: <<http://www.analogzone.com/grnp0206.htm>>.
- [25] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel : Díl 2*. 1. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.
- [26] FABIAN, Michal; FABIANOVÁ, Jana. Vývoj automobilových reflektorov a bezpečnosť jazdy v noci. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 2. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/auto-reflektory.html>>. ISSN 1803-3687.
- [27] Vlk, František. *Elektrická zařízení motorových vozidel : [palubní síť, baterie, alternátory, startéry, zapalování, osvětlení]*. 1. vyd. Brno : František Vlk, 2005. 251 s. ISBN 80-239-3718-9.

- [28] VLK, František. *Systémy řízení podvozku a komfortní systémy: Automobilová elektronika 2*. 2006. vyd. Brno: Ben – Technická literatura, 2006. 308 s. ISBN 80-239-7062-3.
- [29] CACEK, Jan . *Autoweb* [online]. 18.07.2005 [cit. 2011-09-01]. BMW má noční vidění. Dostupné z WWW: <<http://www.autoweb.cz/bmw-ma-nocni-videni/>>.
- [30] BRADÁČ, A.; KREJČÍR, P.; GLIER, L.: Znalecký standard č. II. Vybrané metody zajišťování podkladů pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod, Brno, Nakladatelství VUT, 1990, 110 s.
- [31] *LumiDISP* [online]. 27.3.2011 [cit. 2011-09-02]. Dostupné z WWW: <www.lumidisp.eu>.
- [32] *Predpisy EHK OSN* [online]. august 2011 [cit. 2011-10-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.telecom.gov.sk/externe/ehk/ehkmain.htm>>.
- [33] *Preisroboter* [online]. 2010 [cit. 2011-5-03]. LAMPE BILUX 12V,45/40W, P45T, SPAHN. Dostupné z WWW: <http://www.schrauberladen.de/product_info.php?info=p1718_lampe-bilux-12v-45-40w--p45t--spahn.html>.
- [34] *Automax* [online]. 2007 [cit. 2011-10-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.automax.sk>>.
- [35] *Mapy* [online]. 2011 [cit. 2011-10-05]. Dostupné z WWW: <<http://maps.google.com/>>.

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. č. 4 – 1 Hodnoty pomernej spektrálnej účinnosti optického žiarenia [19]</i>	21
<i>Tab. č. 4 – 2 Výpis predpisov EHK/OSN [32]</i>	25
<i>Tab. č. 4 – 3 Výpis paragrafov vyhlášky č. 102/1995 Sb. [9]</i>	26
<i>Tab. č. 4 – 4 Normy ČSN [3]</i>	26
<i>Tab. č. 4 – 5 Normy ISO [3]</i>	27
<i>Tab. č. 4 – 6 Prehľad používaných typov žiaroviek</i>	28
<i>Tab. č. 4 – 7 Vplyv napájacieho napätia na životnosť halogénových žiaroviek [6]</i>	30
<i>Tab. č. 4 – 8 Prehľad používaných typov halogénových žiaroviek</i>	31
<i>Tab. č. 4 – 9 Porovnanie xenónových výbojok a halogénových žiaroviek</i>	34
<i>Tab. č. 4 – 10 Význam značenia xenónových výbojok</i>	35
<i>Tab. č. 4 – 11 Hodnoty jasů namerané pre vozidlo Volkswagen Passat</i>	61
<i>Tab. č. 4 – 12 Hodnoty jasů namerané pre vozidlo Škoda Octavia II</i>	61
<i>Tab. č. 4 – 13 Hodnoty jasů namerané pre vozidlo Volkswagen Sharan</i>	62

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratka / Symbol	Popis skratky / symbolu
AHL	Adaptive Head Lights, Adaptívne predné svetlá
AFL	Adaptive Forward Lighting; Adaptívne predné svetlá
AFS	Adaptive Frontlight System; Adaptívny systém predných svetiel
CIE	Medzinárodná komisia pre osvetľovanie
ČSN	Česká štátní norma
DE	Dreiachse Elipsoid; Trojosí elipsoid
DMD	Digital Micromirror Device; Digitálne mikrozrkadlové zariadenie
DN	Dopravná nehoda
EHK	Európska hospodárska komisia
EHS	Európske hospodárske spoločenstvo
EVU	Európska spoločnosť pre výskum a analýzu nehôd
FF	Free form; Voľná plocha
FIR	Far infra-red
ISO	International Organisation for Standardization; Medzinárodná organizácia pre normalizáciu
LED	Light-Emitting Diode; Svetlo emitujúca dióda
Litronic	Light-Electronics
NIR	Near infra-red
OLED	Organic light-emitting diode; Organická svetlo emitujúca dióda
OSN	Organizácia spojených národov
PES	Polyellipsoid
VARILIS	Variables Intelligentes Lichtsystem; Variabilný inteligentný svetelný systém
Φ	Svetelný tok, jednotka lm (lúmen)

Skratka / Symbol	Popis skratky / symbolu
AHL	Adaptive Head Lights, Adaptívne predné svetlá
T	Teplota chromatickosti, jednotka K (Kelvin)
T _{cp}	Náhradná teplota chromatickosti, jednotka K (Kelvin)
E	Intenzita osvetlenia, jednotka lx (lux)
I	Svietivosť, jednotka cd (kandela)
I _e	Žiarivosť, jednotka W/sr (Watt na steradián)
K	Kontrast, bezrozmerná fyzikálna veličina
K _{min}	Prahový kontrast, bezrozmerná fyzikálna veličina
L	Jas, jednotka cd/m ² (kandela na meter štvorcový)
M _z	Merný výkon, jednotka lm/W (lúmen na Watt)
S	Plocha, jednotka m ² (meter štvorcový)

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A – Fotodokumentácia merania.....CD-ROM